

PHÂN TÍCH, XÁC ĐỊNH NGUYÊN NHÂN GÂY SẠT LỞ BỜ CÒN PHÚ ĐA, HUYỆN CHỢ LÁCH, TỈNH BẾN TRE

Lê Văn Tuấn, Hoàng Thị Kim Anh, Nguyễn Thị Kim Thảo

Viện Kỹ thuật Biển

Phạm Ngọc Thịnh

Phân hiệu Trường Đại học thủy lợi

Nguyễn Quốc Thịnh

Ban quản lý dự án đầu tư xây dựng các công trình Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Bến Tre

Tóm tắt: Hiện tượng sạt lở bờ cồn Phú Đa đã xảy ra từ nhiều năm nay. Tuy nhiên, từ năm 2016 trở lại đây hiện tượng này đang diễn biến phức tạp và gây ra những hậu quả nghiêm trọng. Quá trình sạt lở bờ là hệ quả tương tác của nhiều yếu tố tự nhiên và con người. Trong nội dung bài báo này, nhóm tác giả đã khảo sát, đo đạc địa hình, địa chất kết hợp mô phỏng bằng mô hình toán để phân tích, xác định nguyên nhân gây sạt lở bờ cồn. Kết quả nghiên cứu cho thấy tại khu vực cồn Phú Đa, các yếu tố chính gây sạt lở bờ cồn là dòng chảy, hình thái sông và địa chất. Vào mùa lũ, dòng chảy với vận tốc lớn khi gặp hình thái bất lợi của lòng sông sẽ dễ tạo thành các hố xói sâu áp sát bờ phía cù lao. Diễn biến sạt lở trở nên nhanh hơn do có sự xuất hiện của lớp cát dễ xói nằm ở cao trình -6m trở xuống. Các nguyên nhân trên làm bờ sông bị sạt lở xảy ra liên tục, có xu hướng mở rộng và lan rộng xói lở về hạ lưu đuôi cù lao.

Từ khóa: Sạt lở, cồn Phú Đa, dòng chảy, hình thái sông, địa chất.

Summary: The phenomenon of riverbank erosion at Phu Da island has been occurring for many years. However, since 2016, this phenomenon has been worsening and causing serious consequences. The process of riverbank erosion is the result of the interaction of multiple natural and human factors. In this article, the authors surveyed and measured the topography and geology, combined with simulation using mathematical models, to analyze and identify the causes of riverbank erosion. The result indicate that the main factors causing erosion at Phu Da islet are flow dynamics, morphology, and geological structure. During flood seasons, high-velocity flow, when encountering unfavorable riverbed morphology, becomes even more dangerous in combination with the weak geological structure of the riverbed and bank (-6m), leading to continuous erosion and a tendency to expand.

Keywords: Landslide, erosion, Phu Da island, flow, morphology, geology.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cồn Phú Đa thuộc xã Vĩnh Bình, huyện Chợ Lách, tỉnh Bến Tre, nằm trên sông Cổ Chiên và thuộc nhánh thứ hai của sông Tiền. Chu vi cồn khoảng 11 km, chiều dài khoảng 5 km, chiều rộng nhất khoảng 2 km, cách biển

khoảng 84 km. Theo báo cáo thống kê ngày 02 tháng 01 năm 2018 của Ủy ban nhân dân (UBND) xã Vĩnh Bình, cồn Phú Đa có dân số khoảng 1.199 người, diện tích đất canh tác 495 ha gồm nông nghiệp, thủy sản,...

Kết quả điều tra hiện trạng toàn bộ phạm vi cồn Phú Đa kết hợp ứng dụng viễn thám và GIS [14] đã xác định phạm vi sạt lở là 1.130m ở đầu cồn, 450m đuôi cồn và 4.000m bờ cồn nhánh chính (xem Hình 2).

Ngày nhận bài: 24/8/2024

Ngày thông qua phản biện: 12/9/2024

Ngày duyệt đăng: 02/10/2024



Hình 1: Vị trí cồn Phú Đa



Hình 2: Phạm vi sạt lở cồn Phú Đa [14]

Tình trạng sạt lở cồn Phú Đa đã và đang diễn biến phức tạp, gây thiệt hại về tài sản, cơ sở hạ tầng và đe dọa đến an toàn tính mạng người dân. Trước tình hình đó, UBND tỉnh đầu tư gần 60 tỷ đồng để xây dựng kè, đê bao chống sạt lở và bảo vệ cồn [13]. Tuy nhiên, giải pháp hiện tại chưa mang lại hiệu quả cao, thậm chí có những đoạn kè vừa xây xong đã bị sụp lún, uy hiếp đến sự an toàn của toàn bộ tuyến kè (sự cố kè Phú Đa ngày 21 tháng 10 năm 2020).

Vấn đề sạt lở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đã được nghiên cứu khá nhiều [3, 5-11, 15, 16, 18, 19]. Tuy nhiên, các nghiên cứu về sông nội vùng, cồn nổi, cù lao vẫn còn hạn chế, một số nghiên cứu điển hình là Nguyễn Nghĩa Hùng [11], Lê Văn Tuấn [14, 17]. Các nghiên cứu cho thấy những nguyên nhân cơ bản gây sạt lở bờ sông khu vực ĐBSCL là chế độ thủy lực, địa hình và hình thái sông, địa chất, giao thông thủy, khai thác cát, suy giảm phù sa, xây dựng cơ sở hạ tầng.

Để ổn định toàn bộ khu vực cồn Phú Đa, phải xác định được nguyên nhân sạt lở, từ đó đề xuất các giải pháp bảo vệ phù hợp. Bài báo

này phân tích, xác định nguyên nhân chính gây sạt lở bờ khu vực cồn Phú Đa, là tiền đề cho các nghiên cứu về giải pháp sau này.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu địa hình:

- Bình đồ tỷ lệ 1/2000 thực đo năm 2020 tại khu vực nghiên cứu (KVNC) thuộc đề tài “Nghiên cứu nguyên nhân sạt lở, giải pháp công nghệ phòng chống và dự báo hành lang an toàn bờ sông trong điều kiện biến đổi khí hậu ở khu vực cồn Phú Đa, cồn Hưng Phong và rạch Vàm Rỗng” do Viện Kỹ thuật Biển (VKTB) thực hiện [14];
- Bình đồ tỷ lệ 1/1000, 1/500 thực đo năm 2018, 2020 thuộc dự án Kè chống sạt lở cồn Phú Đa huyện Chợ Lách” do VKTB thực hiện [1].

Dữ liệu địa chất:

- Kết quả khảo sát địa chất năm 2018 thuộc dự án Kè chống sạt lở cồn Phú Đa huyện Chợ Lách” do VKTB thực hiện [1].

Dữ liệu thủy văn:

- Dữ liệu mực nước thực đo tại trạm quốc gia Bến Trại, Đại Ngãi và Trần Đề (2000-2020), trạm Trà Vinh tháng 7 và tháng 10 năm 2016 do Đài khí tượng thủy văn cung cấp;
- Số liệu mực nước, lưu lượng, vận tốc thực đo năm 2020 thuộc đề tài “Nghiên cứu nguyên nhân sạt lở, giải pháp công nghệ phòng chống và dự báo hành lang an toàn bờ sông trong điều kiện biến đổi khí hậu ở khu vực cồn Phú Đa, cồn Hưng Phong và rạch Vàm Rỗng” do VKTB thực hiện [14].

Ngoài ra một số dữ liệu khác được kế thừa từ mô hình dự báo toàn cầu và các đề tài, dự án khác do Viện Kỹ thuật Biển và Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam thực hiện.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

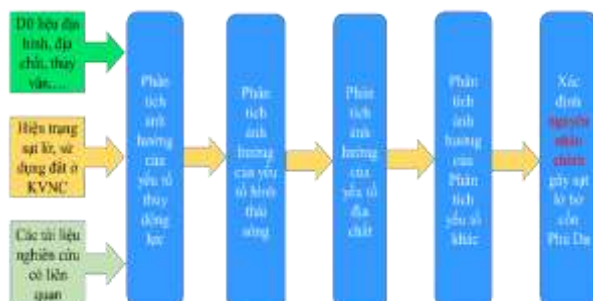
Bài báo sử dụng một số phương pháp nghiên cứu chính như sau:

- Phương pháp điều tra khảo sát thực tế: Điều tra hiện trường, đo đạc bổ sung các tài liệu địa hình, địa chất, thủy văn, thu thập tài liệu về dân sinh kinh tế của KVNC.

- Phương pháp mô hình toán: Đầu tiên bài báo sử dụng mô hình toán Mike 21/3 Couple module FM để mô phỏng mực nước, dòng chảy tại khu vực cồn Phú Đa theo mùa và trong 1 năm điển hình, sau đó sử dụng mô đun Slope/w để tính toán ổn định bờ cồn.

Một số phương pháp khác: Phương pháp kế thừa các tài liệu nghiên cứu đã và đang thực hiện có liên quan đến KVNC sau đó tổng hợp, phân tích, đánh giá. Phương pháp chuyên gia là tham khảo ý kiến của các chuyên gia đầu ngành về lĩnh vực chính trị sông để đánh giá kết quả nghiên cứu.

Các dữ liệu và phương pháp được sử dụng theo trình tự trong sơ đồ nghiên cứu (Hình 3).



Hình 3: Sơ đồ nghiên cứu của bài báo

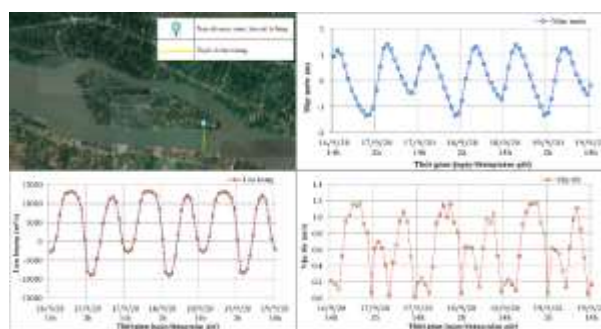
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Phân tích yếu tố thủy động lực

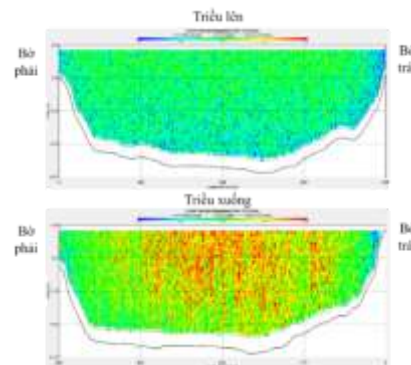
Cồn Phú Đa nằm trên đoạn sông bị ảnh hưởng triều. Dao động mực nước trong khu vực đặc trưng bởi chế độ bán nhật triều từ biển Đông truyền qua hai cửa sông Cổ Chiên và Cung Hầu với biên độ khá lớn (khoảng 3m) [18]. Số liệu quan trắc mực nước tháng 9/2020 [18] cũng cho thấy điều này. Một ngày có 2 lần nước lên và 2 lần nước xuống. Mực nước thấp nhất là -1,35m, cao nhất là 1,42m (Hình 4). Biên độ dao động mực nước là 2,77m, diễn ra trong thời gian ngắn tạo ra áp lực lớn lên mái

bờ cồn. Điều này kết hợp với địa chất lớp mặt là lớp bùn sét yếu có khả năng chịu lực kém, dễ tan rã làm giảm lực chống trượt của khối đất, mất cân bằng khối đất mái bờ sông gây ra hiện tượng trượt, sạt lở từng mảnh khối đất mái bờ [4].

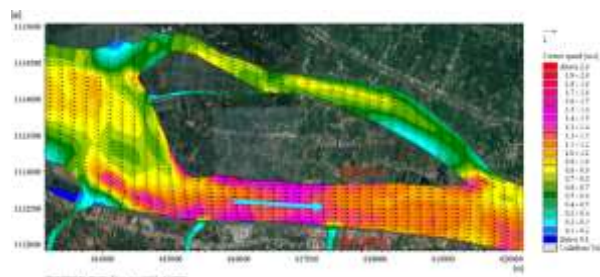
Theo số liệu thực đo tháng 9/2020 tại mặt cắt nhánh phải cồn Phú Đa như Hình 4 lưu lượng lớn nhất khi triều xuống là 13.347,0 m³/s, khi triều lên là 9.022,3 m³/s. Vận tốc dòng chảy qua mặt cắt lớn nhất là 1,176 m/s, trung bình là 0,310 m/s (xem Hình 4, Hình 5, Hình 6).



Hình 4: Số liệu thực đo tại trạm đo năm 2020



Hình 5: Phân bố vận tốc dòng chảy sườn triều lên và triều xuống [18]



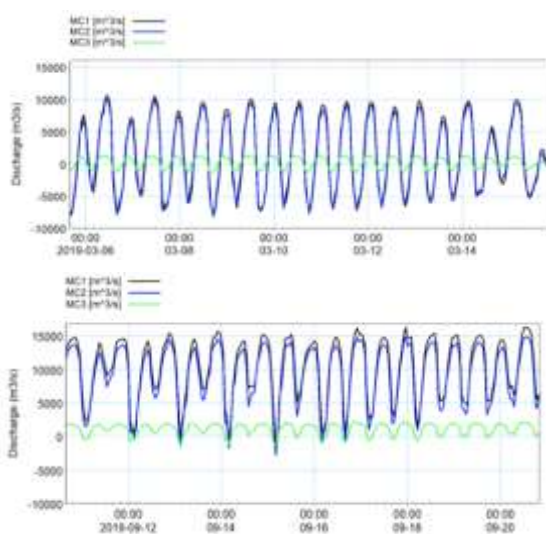
Hình 6: Trường vận tốc dòng chảy khi triều xuống vào mùa lũ [18]

Kết quả mô phỏng thủy động lực trong nghiên cứu [3], [18] cho thấy dòng chủ lưu áp sát bờ cồn nhánh phải, uy hiếp trực tiếp đến ổn định của đường bờ. Vận tốc dòng chảy lớn nhất vào thời kỳ đỉnh lũ có thể đạt 1,71m/s (Hình 4). Vận tốc này vượt quá giới hạn không xói cho phép của đất đường bờ và cấu tạo vật liệu lòng dẫn của đoạn sông (Hình 16).

Trích lưu lượng vào mùa khô và mùa mưa tại 3 mặt cắt như Hình 7. Khoảng 80% lưu lượng qua mặt cắt 1 (MC1) đổ về nhánh phải (MC2) và 20% qua nhánh trái (MC3), tỉ lệ này hầu như ít thay đổi theo mùa (xem Hình 8).



Hình 7: Vị trí mặt cắt trích lưu lượng



Hình 8: Lưu lượng qua các mặt cắt 1,2,3 vào mùa khô (trên) mùa mưa (mưa)

Nghiên cứu [11] đã chỉ ra thời điểm tháng 6/2008, tỷ lệ phân chia lưu lượng nhánh chính và nhánh phụ KVNC là 64-36. Tuy nhiên, đến tháng 9/2020, theo nghiên cứu [3], [18] thì tỷ lệ này đã thay đổi rõ rệt là 80-20, dòng chủ lưu lệch về nhánh chính (xem Hình 9).



Hình 9: Vị trí điểm phân lưu đầu cồn Phú Đa năm 2008 và năm 2020

Sự hình thành và phát triển của cồn nhỏ (cồn Phú Bình) thuộc phạm vi đầu nhánh phụ và sự tác động liên tục của dòng chảy với vận tốc lớn đến đầu cồn làm ảnh hưởng tới cơ chế sạt lở và hình thành hố xói cục bộ trong phạm vi này. Theo thời gian, hình dạng đầu cồn thay đổi và điều hướng dòng chủ lưu chuyển dần sang nhánh chính làm tăng bề rộng và lưu lượng dòng chính. Mặt khác, tại nhánh chính, dòng chảy khá mạnh kết hợp với địa chất yếu gây ra sạt lở bờ.

3.2. Phân tích yếu tố hình thái sông

3.2.1. Biến động theo mặt bằng

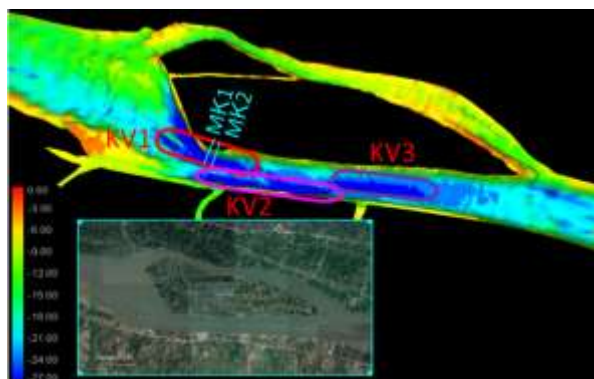
Chiều rộng nhánh chính có xu hướng tăng theo thời gian, nhánh phụ hầu như không thay đổi [18]. Theo hướng từ thượng nguồn xuống hạ nguồn, trích so sánh số liệu tại 3 mặt cắt cố định ở mỗi nhánh sông. Năm 2008, độ rộng nhánh chính lần lượt là 767m, 498m, 616m, năm 2024 lần lượt là 1244m, 551m, 659m (Hình 10). Từ năm 2008 đến năm 2024, chiều rộng nhánh chính tăng 477m, 53m, 43m.



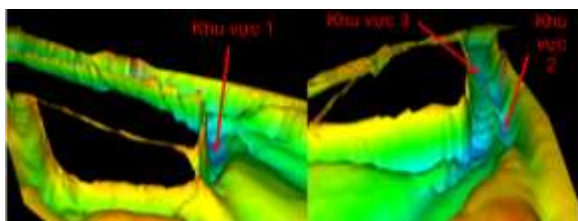
Hình 10: Vị trí mặt cắt đo bề rộng nhánh sông

Theo kết quả khảo sát địa hình năm 2020 thuộc Đề tài [14] cho thấy lòng sông nhánh chính sâu hơn nhánh phụ. Cao độ lòng sông nhánh chính dao động từ -18m đến -27m. Cao độ lòng sông nhánh phụ khoảng -6m đến -12m.

Trong phạm vi nhánh chính xuất hiện 3 khu vực xói sâu là khu vực (KV) 1, 2, 3 (xem Hình 11). KV1 và KV2 xuất hiện hố xói quy mô lớn với chiều dài lớn nhất lần lượt là 1750m, 1833m chiều rộng lớn nhất lần lượt là 300m, 100m, cao độ đáy sâu nhất -27m. KV3, hố xói có chiều rộng lớn nhất là 110m, chiều dài lớn nhất 1300m, cao độ đáy sâu nhất -26,5m (Hình 12). Xu hướng theo thời gian, các lạch sâu dần tiến sát bờ sông và bờ sông ngày càng dốc và hiện tượng sạt lở sẽ xảy ra.



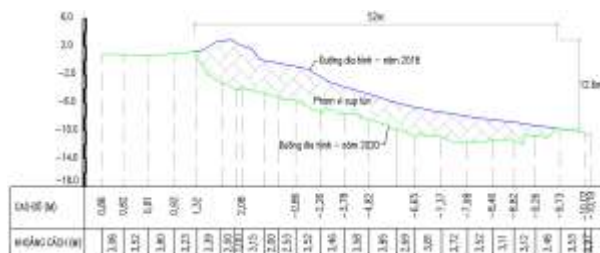
Hình 11: Vị trí mặt cắt chập địa hình



Hình 12: Vị trí hố xói, lạch sâu dọc nhánh chính cồn Phú Đa

3.2.1. Biến động theo mặt cắt ngang

Để phân tích sâu hơn diễn biến khu vực này, bài báo tiến hành chập mặt cắt ngang MK1, MK2 tại thời điểm năm 2018 và năm 2020 (Hình 11). Kết quả cho thấy năm 2020, tại vị trí MK1, địa hình bị hạ thấp 12,6m trong phạm vi 52m; tại vị trí MK2 địa hình bị hạ thấp 12m trong phạm vi 38m. Xu hướng hố xói áp sát bờ và tiến gần về đỉnh cong đầu cồn (Hình 15). Theo ghi nhận thực tế phạm vi này chính là khu vực xói lở mạnh nhất khu vực cồn Phú Đa (Hình 13, Hình 14).



Sau đó, bài báo tính toán vận tốc khởi động bùn cát theo công thức kinh nghiệm của Êri, Gôntraróp, Samóp. Xem Bảng 1.

Công thức của Êri:

$$V_{kd} = 3,9 \sqrt{\left(1 + \frac{0,004}{d}\right)gd}$$

Công thức của Gôntraróp:

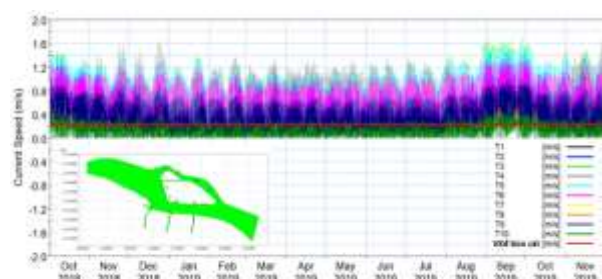
$$V_{kd} = \left(\lg \frac{8,8h}{d}\right) \sqrt{\frac{2}{1,75}agd}$$

Công thức của Samóp:

$$V_{kd} = 4,66 \sqrt{h \left(\frac{d}{1000}\right)^2}$$

Bảng 1: Kết quả tính toán vận tốc khởi động

Đường kính hạt (mm)	Độ sâu (m)	Vận tốc khởi động bùn cát V_{kd} (m/s)			
		Êri	Gôntraróp	Samóp	Trung bình
0,2	15	0,29	0,35	0,04	0,23



Hình 16: So sánh phân bố vận tốc tại các vị trí thời điểm đỉnh lũ và vận tốc khởi động bùn cát

Kết quả tính toán nhận thấy vận tốc khởi động bùn cát khu vực cồn Phú Đa nhỏ hơn rất nhiều so với vận tốc tính toán dòng chảy từ kết quả mô hình (Hình 16). Vì vậy, phần lớn địa hình lòng sông và bờ sông sẽ bị xói lở trong mùa lũ. Kết quả tính toán vận tốc khởi động kết hợp với chế độ dòng chảy cho nhánh phải cho thấy

xu thế nhánh phải ngày càng mở rộng và dịch chuyển về phía đuôi cù lao.

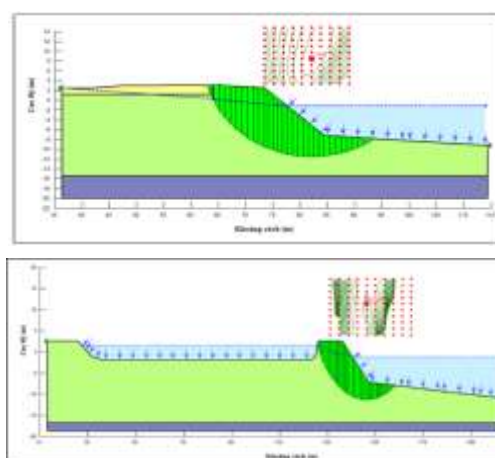
3.4. Tác động của con người (nuôi trồng thủy sản ven bờ sông, suy giảm bùn cát,...)

3.4.1. Nuôi trồng thủy sản ven bờ sông

Theo kết quả khảo sát thực tế, nhóm thực hiện nhận thấy hiện tượng đào ao để nuôi trồng thủy sản dọc theo bờ sông khá phổ biến. Vị trí đào ao nuôi luôn xuất hiện dòng thấm từ bờ ra dễ gây sạt lở.



Hình 17: Minh họa sạt lở do đào ao cá



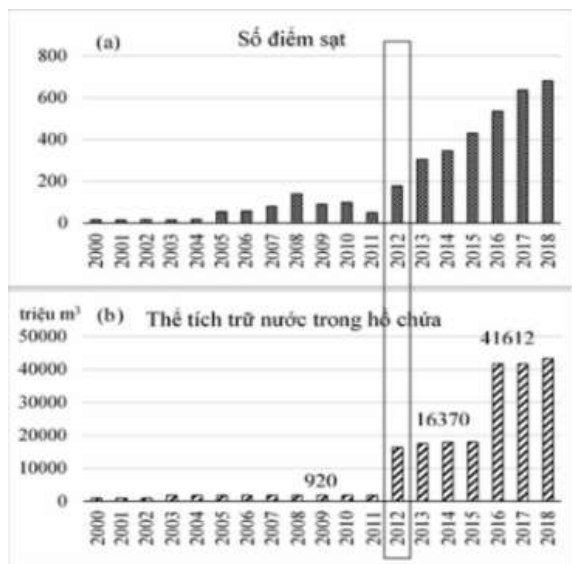
Hình 18: Kết quả mô phỏng sạt lở trường hợp có ao cá

Trong điều kiện khi mực nước sông rút, trời mưa lớn thì hệ số ổn định giảm một cách đáng kể. Vì vậy, việc nuôi trồng thủy sản ven bờ sông là một yếu tố dẫn đến sạt lở bờ.

3.4.2. Suy giảm bùn cát

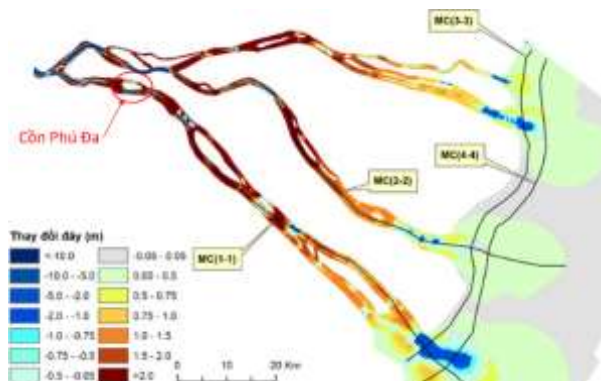
Theo [3] số liệu đo đạc tại trạm Tân Châu và Châu Đốc thì năm 2008 và 2017 lượng nước về ĐBSCL không thay đổi nhưng lượng bùn cát giảm 1/3. Thời điểm mà các điểm sạt lở gia tăng (sau 2010) trùng với thể tích nước trên dòng chính Mekong bị tích trữ lại trong hồ.

Điều này cho thấy việc giữ lại nước trong hồ chứa đồng thời cũng làm bùn cát bị giữ lại, làm giảm đáng kể lượng trầm tích đưa về hạ lưu các nhánh sông Tiền và sông Hậu. Xem Hình 19.



Hình 19: Số điểm sạt ở DBSCL và thể tích trữ nước hồ chứa trên dòng sông Mekong

Ngoài ra, KVNC nằm trên sông Cỏ Chiên là một nhánh của sông Tiền nên chịu ảnh hưởng trực tiếp của sự thiếu hụt này. Sự chênh lệch này đã thể hiện rõ trong Hình 13, Hình 14. Nhận định chung là sau 2 năm, bờ sông bị hạ thấp 12,6m (tại MK1) và 12m (MK2) và mái bờ sông ngày càng dốc. Mặt khác, nằm trong khu vực ST3 của nghiên cứu [12] kết quả mô phỏng cho thấy, sau 3 năm, độ sâu xói lớn nhất của cồn Phú Đa lên đến -16,5m. Xem Hình 20.



Hình 20: Kết quả mô phỏng hình thái khu vực ST3 sau 3 năm [12]

Điều này, chứng tỏ rằng KVNC chịu ảnh hưởng trực tiếp của sự thiếu hụt bùn cát từ thượng nguồn dẫn đến tốc độ biến đổi mặt cắt theo mùa diễn biến nhanh hơn theo hướng bất lợi, mái dốc hơn thúc đẩy quá trình sạt lở bờ xảy ra.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Khu vực cồn Phú Đa nằm trên sông Cỏ Chiên chịu ảnh hưởng bởi chế độ bán nhật triều không đều và dòng chảy thượng nguồn sông Tiền.

Kết quả nghiên cứu cho thấy nguyên nhân gây ra sạt lở bờ cồn Phú Đa đến từ các yếu tố **dòng chảy, hình thái** (hướng dòng không thuận, nhiều ngưỡng cạn xen lẫn hố sâu, lạch trái có xu thế bồi tụ rõ rệt) và **địa chất** (lớp cát thô nằm ở cao trình -6m trở xuống).

Sạt lở diễn biến mạnh vào mùa lũ, dòng chảy với vận tốc lớn khi gặp hình thái bất lợi của lòng sông sẽ xuất hiện xoáy ngang – xoáy đứng, kết hợp với yếu tố địa chất là lớp cát hạt thô nằm sâu sẽ dễ hình thành các hố xói sâu, theo thời gian hố xói gần bờ và làm bờ sông dốc hơn, thúc đẩy sạt lở xảy ra và có xu hướng mở rộng, xói lở lan truyền dần về phía hạ lưu khu vực đuôi cồn.

Các yếu tố khác từ con người (suy giảm bùn cát thượng nguồn, nuôi trồng thủy sản ven bờ, chất thải...) góp phần thúc đẩy quá trình sạt lở diễn ra nhanh hơn.

Hiện nay, tình trạng xói lở khu vực cồn Phú Đa vẫn đang tiếp tục diễn ra và xu hướng mở rộng trong tương lai. Trong điều kiện biến đổi khí hậu – nước biển dâng và suy giảm bùn cát thượng nguồn thì hiện tượng sạt lở các cồn nổi, cù lao càng trở nên phức tạp và nghiêm trọng hơn. Bài báo là cơ sở quan trọng để chính quyền địa phương định hướng quản lý

và đề xuất các giải pháp hợp lý bảo vệ và phát triển bền vững khu vực cồn Phú Đa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Viện Kỹ thuật Biển (2018), *Dự án "Kè chống sạt lở Cồn Phú Đa, huyện Chợ Lách, tỉnh Bến Tre"*, Viện Kỹ thuật Biển.
- [2] Viện Kỹ thuật Biển (2023), *Dự án "Kè chống sạt lở bờ biển khu vực xã Trường Long Hòa, thị xã Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh"*, Viện Kỹ thuật Biển.
- [3] Lê Thanh Chương (2010), *đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu chế độ dòng chảy và diễn biến lòng dẫn đoạn kênh đào nối giữa hai sông, kênh, rạch vùng Đồng bằng sông Cửu Long"*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [4] Lương Phương Hậu (2010), *đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu các giải pháp KHCN cho hệ thống công trình chính trị sông trên các đoạn trọng điểm vùng đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ"*.
- [5] Trần Bá Hoàng (2020), *Đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu tác động bất lợi của biến đổi hình thái hình thái lòng dẫn và hạ thấp mực nước hệ thống sông Cửu Long, đề xuất giải pháp giảm thiểu"*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [6] Trần Bá Hoàng (2023), *Đề tài cấp Tỉnh "Đánh giá, dự báo chế độ dòng chảy (lưu lượng, mực nước, chất lượng nước) và diễn biến bồi xói tuyến sông Cổ Chiên và sông Hậu tỉnh Trà Vinh"*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [7] Lê Mạnh Hùng (2004), *đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu dự báo xói bồi lòng dẫn và đề xuất giải pháp phòng chống cho hệ thống sông ở Đồng bằng sông Cửu Long"*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [8] Lê Mạnh Hùng (2004), *Nghiên cứu dự báo xói lở, bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông ở ĐBSCL*, NXB Nông nghiệp.
- [9] Lê Mạnh Hùng (2008), *Xác định nguyên nhân xói lở của hệ thống sông kênh nội vùng trên địa bàn tỉnh Tiền Giang và tỉnh Cà Mau*.
- [10] Lê Mạnh Hùng (2008), *Xói bồi hệ thống sông rạch Đồng bằng sông Cửu Long*, NXB Nông nghiệp.
- [11] Nguyễn Nghĩa Hùng (2015), *Đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu các giải pháp khoa học - công nghệ để điều chỉnh và ổn định các đoạn sông có cù lao đang diễn ra biến động lớn về hình thái trên sông Tiền, sông Hậu"*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [12] Viện Khoa học Tài nguyên nước (12/2021), *Báo cáo "Kết quả mô phỏng chế độ bùn cát bằng mô hình toán"*, Viện Khoa học Tài nguyên nước.
- [13] Lê Văn Tuấn (2019), *Dự án "Kè bảo vệ đoạn xung yếu bờ biển ấp Cồn Nhàn, xã Đông Hải, huyện Duyên Hải"*, Viện Kỹ thuật Biển.
- [14] Lê Văn Tuấn (2021), *đề tài cấp Tỉnh "Nghiên cứu nguyên nhân sạt lở, giải pháp công nghệ phòng chống và dự báo hành lang an toàn bờ sông trong điều kiện biến đổi khí hậu ở khu vực cồn Phú Đa, cồn Hưng Phong và rạch Vàm Rỗng"*, Viện Kỹ thuật Biển.
- [15] Lê Thanh Chương (2017), *Đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ chống*

xói lở bờ biển, cửa sông phù hợp vùng từ thành phố Hồ Chí Minh đến Kiên Giang, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

- [16] Lê Thanh Chương (2022), *Đề tài cấp Nhà nước “Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển và các cửa sông Cửu Long, đoạn từ Sóc Trăng đến mũi Cà Mau”*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [17] Nguyễn Thị Kim Thảo, Lê Văn Tuấn (2022), "Nghiên cứu chế độ thủy động lực đoạn sông Cỏ Chiên chảy qua cồn Phú Đa, Bến Tre", *Tuyển tập Hội nghị khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc*.
- [18] Lê Xuân Tú (2018), "Nghiên cứu quá trình vận chuyển bùn cát vùng cửa sông ven biển Đồng bằng Sông Cửu Long sử dụng mô hình toán 3 chiều DELFT 3D ", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi*
- [19] Lê Xuân Tú (2022), *Đề tài cấp nhà nước “Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển và các cửa sông Cửu Long, đoạn từ Tiền Giang đến Sóc Trăng”*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.