

Bài báo khoa học

Đánh giá ổn định bờ sông Cổ Chiên, tỉnh Vĩnh Long

Văn Hữu Huệ^{1*}

¹ Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, Vĩnh Long; huuhuevan@gmail.com

*Tác giả liên hệ: huuhuevan@gmail.com; Tel.: +84-919235799

Ban Biên tập nhận bài: 14/6/2023; Ngày phản biện xong: 26/7/2023; Ngày đăng bài: 25/8/2023

Tóm tắt: Nghiên cứu đánh giá ổn định bờ sông Cổ Chiên khu vực thành phố Vĩnh Long và huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long, góp phần làm rõ nguyên nhân sạt lở ngày càng gia tăng và trầm trọng. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát, đánh giá địa chất, lưu tốc dòng chảy, hình thái lòng sông từ đó xác định các nguyên nhân gây mất ổn định bờ sông và đề xuất các giải pháp bảo vệ. Nghiên cứu đã kết hợp sử dụng các phương pháp điều tra khảo sát, thống kê, mô hình toán, sử dụng công nghệ GIS, ArcGIS, Google Earth, Geoslope. Kết quả nghiên cứu cho thấy những nguyên nhân chủ yếu gây mất ổn định bờ sông là do hạ thấp lòng dẫn, dòng chủ lưu áp sát bờ, tỷ lệ phân lưu dòng chảy, suy giảm bùn cát từ thượng nguồn. Nghiên cứu cũng kiến nghị một số giải pháp khắc phục và có khả năng áp dụng kết quả nghiên cứu vào giám sát, cảnh báo sạt lở cho khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: Hạ thấp lòng dẫn; Nguyên nhân mất ổn định bờ sông; Ổn định bờ sông Cổ Chiên; Sạt lở ở Đồng bằng sông Cửu Long.

1. Giới thiệu

Hạ thấp lòng dẫn gây mất ổn định bờ sông nhiều nơi trên thế giới. Hoạt động khai thác đang thay đổi hình thái dòng chảy Sông Kangsabati ở Ấn Độ [1]. Khai thác các bãi biển ở vùng Suriname đã thu hẹp bãi biển Braamspunt - sinh cảnh quan trọng cho rùa biển làm tổ. Khai thác cát ở bờ biển Mozambique dẫn đến lũ quét chưa từng thấy. Khai thác cát đang hạ thấp lòng dẫn Mekong, gây bất ổn bờ sông và làm thay đổi dòng chảy, đe dọa các cộng đồng và động vật hoang dã dọc theo chiều dài hơn 4.000 km của sông [1]. Lòng Mekong đang giảm trung bình 10 cm mỗi năm nhưng hình ảnh định vị thủy âm cho thấy sự xuất hiện của những hố xói lớn mà tác giả [1] cho rằng “Có thể thay đổi hoàn toàn hình dạng dòng sông”.

Trước đây, giao thông thủy ở ĐBSCL là chủ yếu, nhiều đô thị được thành lập ở ngã ba sông như Cần Thơ, Vĩnh Long..., nên nhiều nhà cửa, trụ sở, đường xá, chợ được xây dựng ven sông để thuận tiện cho giao thông. Các công trình ven sông trên đều ổn định do cao trình đáy sông còn cao, gần đây việc hạ thấp lòng dẫn cùng các nguyên nhân khác làm cho các công trình xây dựng từ trước mất dần ổn định, gây sạt lở nhiều nơi, cụ thể như: Ngày 23/4/2017, bờ sông Vàm Nao ở xã Mỹ Hội Đông (Huyện Chợ Mới, An Giang) xảy ra sạt lở, nhấn chìm 14 căn nhà và nền nhà xuống sông; nhiều đê kè ven biển Bạc Liêu liên tục sạt lở nghiêm trọng; Đặc biệt, bờ sông Cổ Chiên (đoạn từ vàm Mương Lộ đến rạch Bà Bống), thuộc ấp Bình Thuận 1, xã Hòa Ninh, Huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long đã xảy ra vụ sạt lở nghiêm trọng, vào khoảng 16 giờ 30 phút ngày 05/12/2022, chiều dài đoạn sạt lở khoảng 350 m, rộng khoảng 160 m, tổng diện tích khoảng 41.516 m², thiệt hại 13 căn nhà, 01 nhà kho, 01 xe cuốc, 02 ao cá, 01 ghe tải trọng 2,5 tấn, cùng các vật dụng trong gia đình. Thiệt hại khoảng 35 tỷ đồng, ảnh hưởng rất lớn đến tài sản, đời sống của người dân [2].



Hình 1. Bản đồ và hình ảnh sạt lở tại xã Hòa Ninh, Huyện Long Hồ, Tỉnh Vĩnh Long.

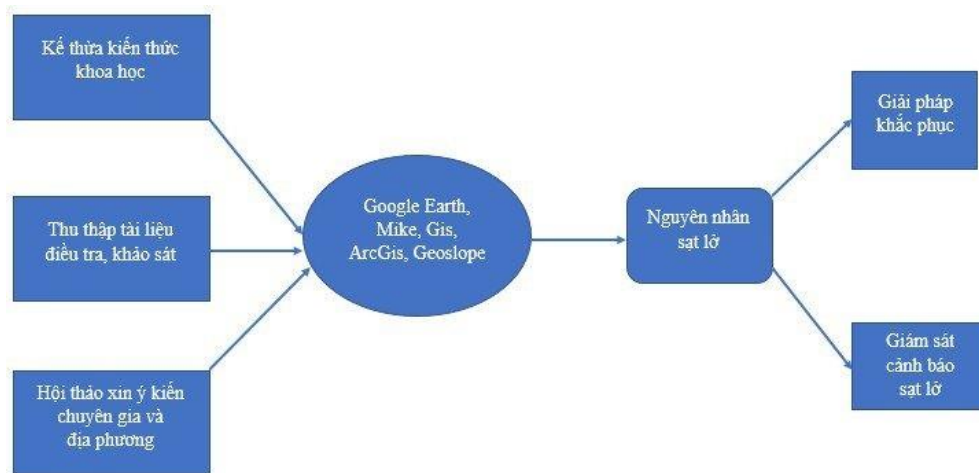
Để tìm nguyên nhân sạt lở, mục tiêu nghiên cứu cụ thể là: (1) Khảo sát, đánh giá về địa chất, lưu tốc dòng chảy, hình thái lòng sông, từ đó đưa ra đánh giá chung về mức độ ổn định, các nguy cơ xảy ra sạt lở bờ sông Cổ Chiên đoạn từ Mỹ Thuận đến bến phà Đình Khao; đánh giá cụ thể khu vực từ rạch Cái Cá đến rạch Bà Bống; (2) Đề xuất các giải pháp bảo vệ khu vực đảm bảo ổn định lâu dài.

2. Tài liệu thu thập và phương pháp nghiên cứu

Thu thập các tài liệu địa hình, thủy văn, khai thác cát, điều tra khảo sát tình hình sạt lở, phỏng vấn người dân [3].

Phạm vi nghiên cứu: Bờ sông Cổ Chiên (đoạn từ rạch Cái Cá đến rạch Bà Bống), khu vực Tp. Vĩnh Long và Huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long.

Phương pháp nghiên cứu, kỹ thuật được sử dụng trong nghiên cứu thể hiện trên sơ đồ hình 2.



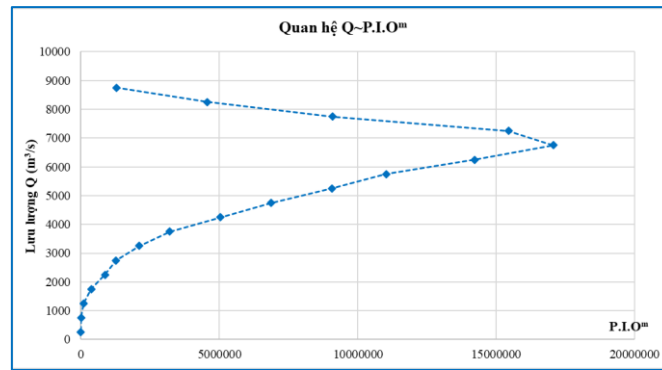
Hình 2. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Xác định chiều rộng, chiều sâu (B , h) ổn định lòng dẫn

3.1.1. Tính toán lưu lượng tạo lòng tại vị trí xảy ra sạt lở

Từ chuỗi số liệu mô phỏng dòng chảy năm 2005÷2020, nghiên cứu xây dựng đường tần suất lưu lượng dòng chảy tại điểm sạt lở. Dựa trên chuỗi dữ liệu mô phỏng có kiểm chứng số liệu thực tế tại vị trí sạt lở, tính toán lưu lượng tạo lòng (phương pháp của Mac-ca-ve-ép) [4] theo TCVN 8419:2010. Kết quả tính và vẽ quan hệ giữa Q và $P.I.Q^m$ từ biểu đồ, ứng $P.I.Q^m$ lớn nhất có được lưu lượng tạo lòng là $Q_{TL} = 6.750 \text{ m}^3/\text{s}$.



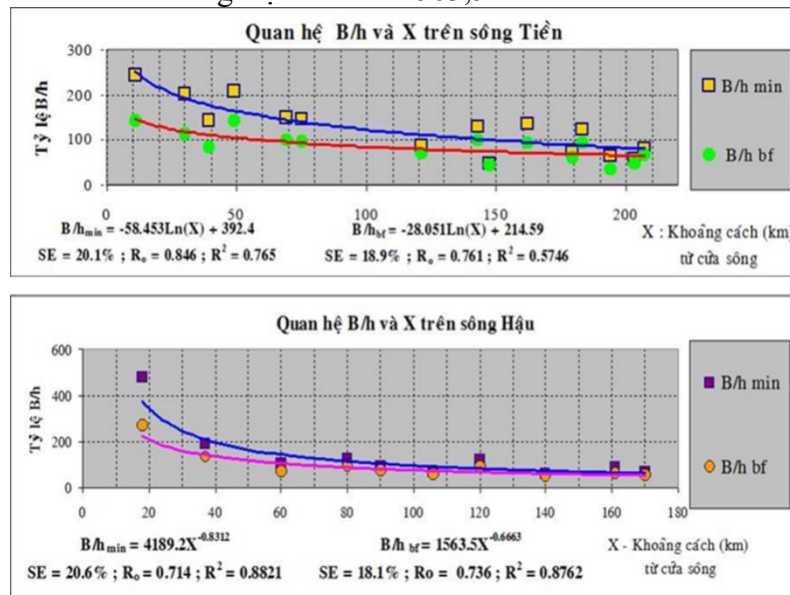
Hình 3. Đường quan hệ giữa Q và P.I.O^m.

3.1.2. Tính toán mặt cắt (MC) (B, h) ổn định lòng dẫn

Công thức hình thái ổn định lòng dẫn trên Mekong [5] xác định tỷ lệ B/h như trình bày trên Hình 4.

$$\text{Đối với sông Tiền: } B/h = 214,59 - 28,05 \ln(X) \quad (1)$$

$$\text{Đối với sông Hậu: } B/h = 1563,5X^{-0,6663} \quad (2)$$



Hình 4. Quan hệ B/h trên mặt cắt ngang Mekong [2].

Lưu vực sông Tiền, khoảng cách từ cửa sông đến mặt cắt tính toán là 90 km. Do vậy, quan hệ B/h theo (1) ta được: $B/h = 88,37$, kết quả tính toán B/h như Bảng 1.

Bảng 1. Các tham số ổn định lòng dẫn.

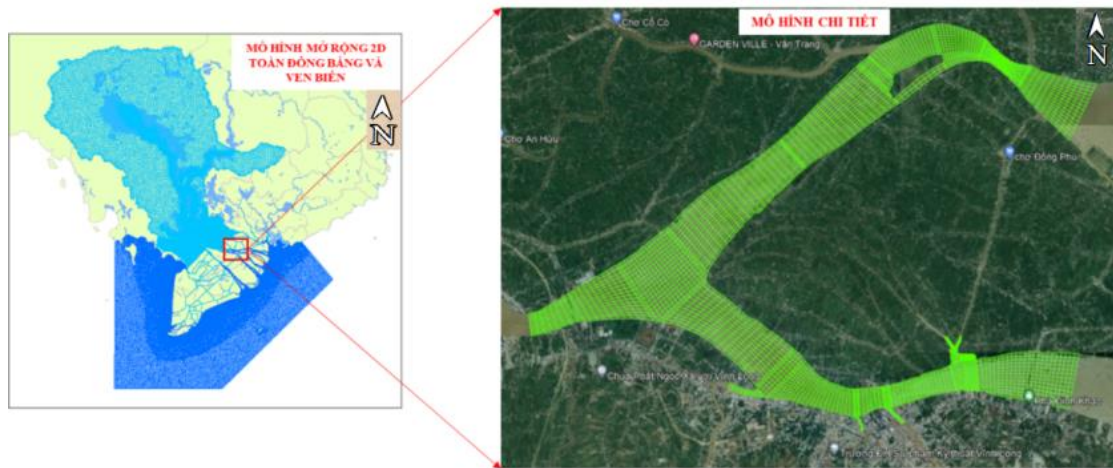
Q_{TL} (m ³ /s)	h (m)	B (m)	X (km)
6750,0	12,10	1068,86	90,0

Chiều sâu lòng dẫn hiện nay (từ 15÷35 m) đã sâu hơn chiều sâu ổn định lòng dẫn.

3.2. Xác định các nguyên nhân xói lở

3.2.1. Thủy văn và chế độ dòng chảy

Để xác định nguyên nhân sạt lở bờ sông Cỏ Chiên (khu vực từ Rạch Cái Cá đến rạch Bà Bống), tỉnh Vĩnh Long, phương pháp mô hình toán được sử dụng trong đó các mô hình với tỉ lệ và mức độ chi tiết khác nhau được thiết lập (Hình 5).



Hình 5. Phân vùng nghiên cứu mô hình.

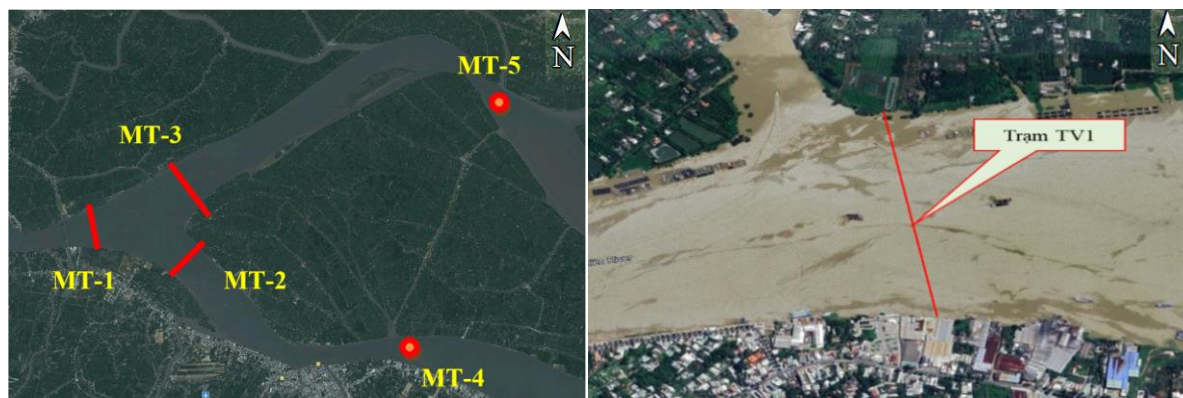
Nhóm mô hình 1 (mô hình mở rộng) bao gồm các mô hình: (1) 1D cho hệ thống sông kênh Mekong và Sài Gòn - Đồng Nai; (2) 2D cho vùng nghiên cứu mở rộng phía biển từ Bà Rịa - Vũng Tàu đến Campuchia. Kết quả của mô hình này được dùng để trích xuất biên cho mô hình nghiên cứu chi tiết (nhóm mô hình 3). Đối với các mô hình 1D độc lập, các module được sử dụng sẽ là MIKE 11 HD, AD. Đối với mô hình 2D độc lập, các module sử dụng sẽ là MIKE 21 FM HD, SW và MT. Đối với mô hình mở rộng được kế thừa từ kết quả nghiên cứu [6] và cập nhật điều kiện biên đến năm 2022.

Nhóm mô hình 2 (mô hình chi tiết) bao gồm các mô hình 2D chi tiết được xây dựng để nghiên cứu chế độ thủy động lực, vận chuyển bùn cát và biến đổi hình thái khu vực bờ sông Cỏ Chiên (khu vực từ Rạch Cái Cá đến rạch Bà Bống), tỉnh Vĩnh Long và vùng phụ cận. Các module của bộ mô hình MIKE được sử dụng cho các mô hình chi tiết tương tự các module được sử dụng cho mô hình 2D mở rộng ở trên.

Nghiên cứu đã thu thập các trạm khảo sát lưu lượng ngắn của các đề tài dự án trước [7] trong phạm vi nghiên cứu mô hình chi tiết phục vụ công tác hiệu chỉnh, kiểm định mô hình. Trong nghiên cứu này, đã bổ sung quan trắc lưu lượng tại 01 trạm tại trị trí xảy ra sạt lở (Hình 6 và Bảng 2).

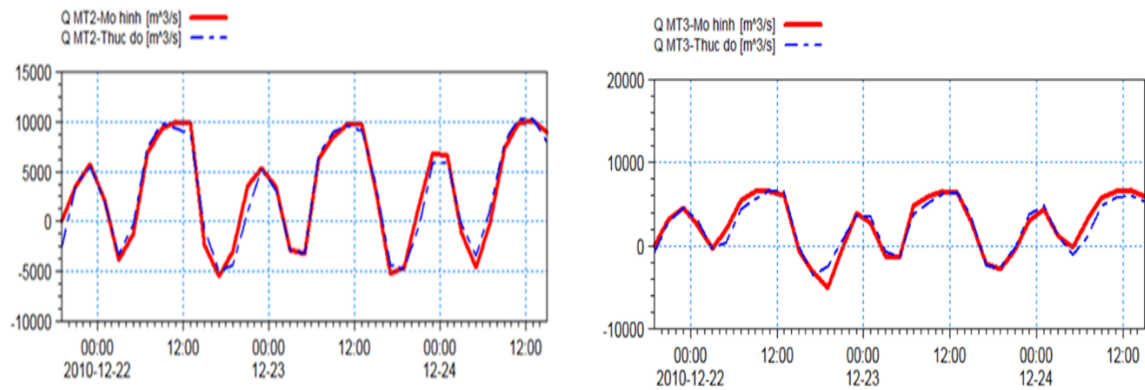
Bảng 2. Vị trí và thời gian đo lưu lượng [2].

TT	Trạm	Vị trí	Thời gian quan trắc	Yếu tố quan trắc
1	MT2	Sông Tiền (đầu cù lao An Bình)	21 ÷ 23/12/2010	Lưu lượng
2	MT3	Sông Cỏ Chiên (đầu cù lao An Bình)	21 ÷ 23/12/2010	Lưu lượng
3	TV 1	Bờ trái 10.267192°, 105.989015° Bờ phải 10.2614191°, 105.990048°	4 ÷ 17/12/2022	Lưu tốc, lưu lượng, mẫu bùn cát

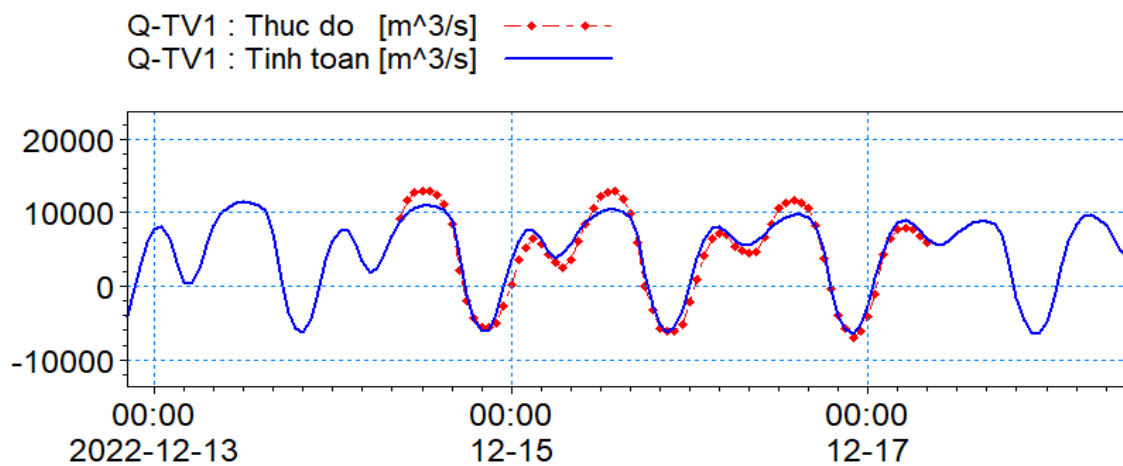


Hình 6. Vị trí các trạm quan trắc lưu lượng, mực nước.

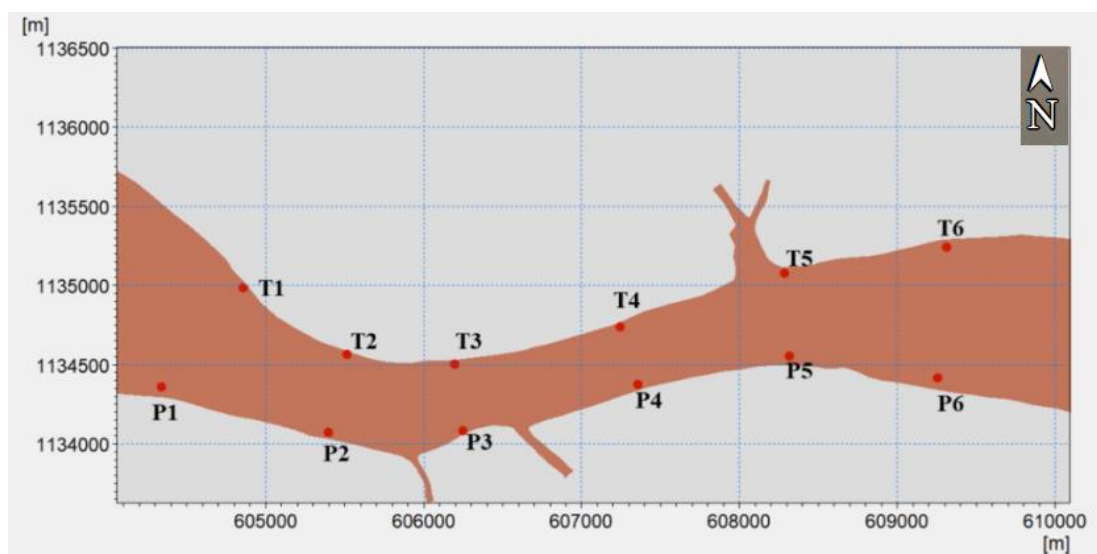
Mức nước thực đo tại các trạm thủy hải văn quốc gia ven biển và khu vực nghiên cứu mở rộng, gồm Tân Châu, Châu Đốc, Cần Thơ, Mỹ Thuận, Vũng Tàu, Phú An, Nhà Bè, Vàm Kênh, Bình Đại, An Thuận, Bến Trại, Mỹ Thanh, Gành Hào, Ông Đốc... từ 2007÷2022 đã được thu thập và sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định các mô hình mô hình mở rộng. Đối với mô hình nghiên cứu chi tiết kết quả hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng xem (Hình 7-8) [8].



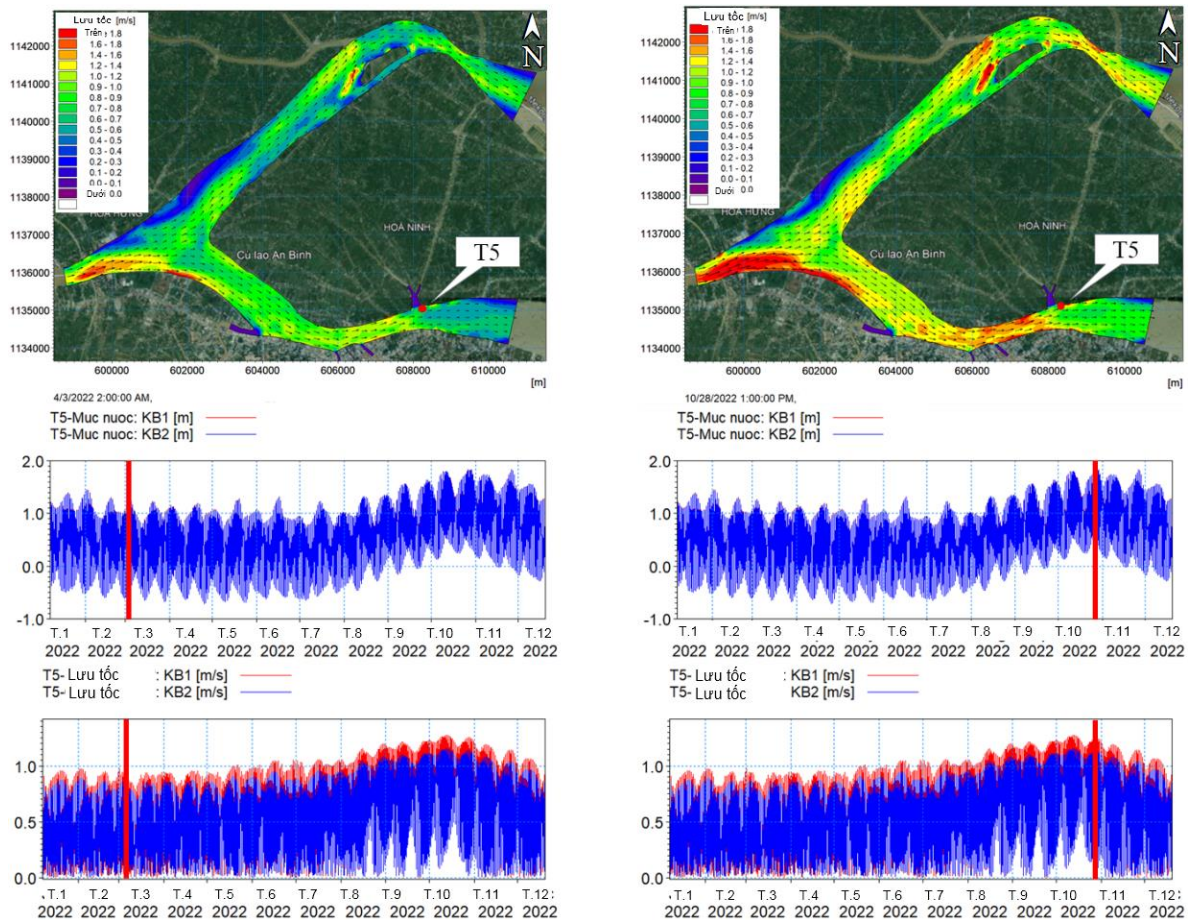
Hình 7. Kết quả hiệu chỉnh lưu lượng tại vị trí MT2, MT3.



Hình 8. Kết quả kiểm định lưu lượng tại vị trí TV1.



Hình 9. Vị trí các điểm phân tích kết quả tính toán.



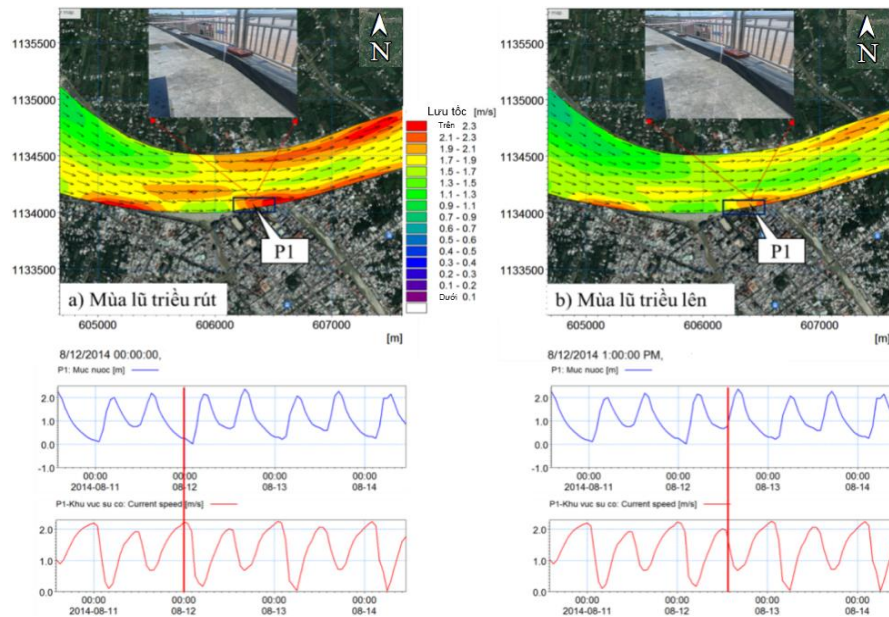
Hình 10. Trường phân bố dòng chảy trong mùa kiệt và mùa lũ lúc triều rút (phía trên), đường quá trình mực nước và dòng chảy tổng hợp tại vị trí T5 (phía dưới) [2].

Chế độ thủy động lực khu vực này khá rõ nét, mùa kiệt (từ tháng 12 đến tháng 6 năm sau) mực nước thấp, giá trị lớn nhất đạt được khoảng 1,0÷1,3 m, dòng chảy tổng hợp thời kỳ này cũng khá nhỏ. Mùa lũ mực nước, vận tốc dòng chảy tăng nhanh, giá trị lớn nhất có thể đạt 1,90 m và 1,3 m/s (Hình 10). Biên độ triều lớn nhất đạt 2 m, chịu chi phối mạnh của chế độ thủy lực thượng nguồn, vận tốc thời kỳ triều rút lớn hơn nhiều so với triều lên.

Khu vực nghiên cứu, mùa kiệt vận tốc dòng chảy lớn nhất đạt 1,37 m/s phía bờ phải và 1,58 m/s phía bờ trái (An Bình). Mùa lũ thì vận tốc dòng chảy lớn nhất là 1,78 m/s phía bờ phải và 1,82 m/s phía bờ trái, dòng chảy thường xuyên có xu hướng áp sát bờ phải (Hình 11) là một trong nguyên nhân chính gây sạt lở khu vực này.

Bảng 3. Thống kê giá trị vận tốc lớn nhất tại các vị trí P1÷T6.

Vị trí	Vmax (m/s)		Vị trí	Vmax (m/s)	
	Mùa lũ	Mùa kiệt		Mùa lũ	Mùa kiệt
P1	1,69	1,10	T1	1,17	0,73
P2	1,39	0,85	T2	1,70	1,08
P3	2,31	1,37	T3	1,87	1,58
P4	2,04	1,26	T4	2,37	1,53
P5	1,56	0,97	T5	1,65	1,07
P6	1,50	0,94	T6	1,50	0,96



Hình 11. Diễn biến vận tốc dòng chảy khu vực kè Phường 5 trong mùa lũ [9].

Khu vực sạt lở, Kè Phường 5 có vận tốc dòng chảy khi triều rút và triều lên đều vượt giá trị cho phép (0,7 m/s), mùa lũ có tác động bào xói lòng dẫn mạnh nhất.

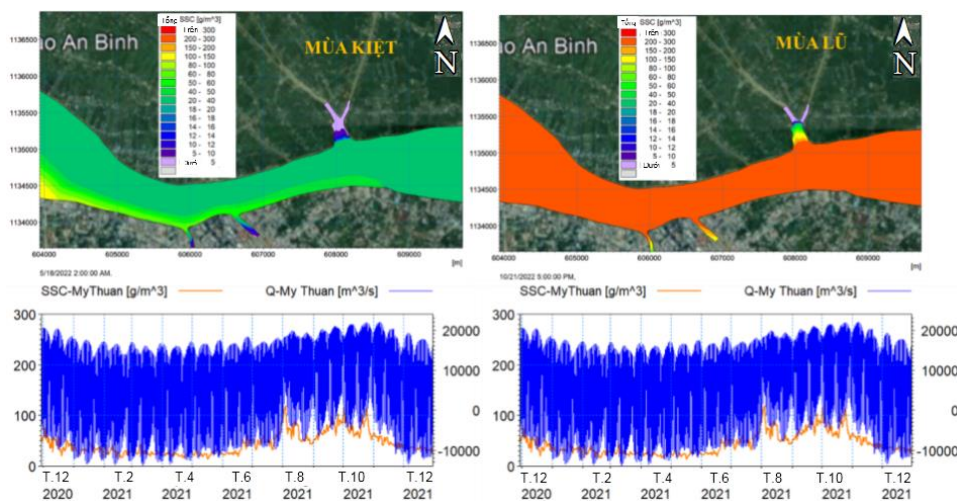
3.2.2. Kết quả tính toán tỷ lệ phân lưu khu vực nghiên cứu

Qua cầu Mỹ Thuận, sông Tiền được phân chia thành hai nhánh: nhánh sông Tiền và sông Cổ Chiên - chảy qua điểm sạt lở. Thập niên 60, tỷ lệ phân lưu tại hai nhánh sông này gần bằng nhau, do những năm 80, phía sông Tiền hình thành cồn giữa sông, ngăn cản dòng chảy, nên ngày nay tỷ lệ phân lưu tại hai nhánh sông này chênh lệch lớn; mùa lũ (từ tháng 7÷11), tỷ lệ phân lưu 61,5÷62,2% tại Cổ Chiên và 37,8÷38,5% tại sông Tiền. Mùa kiệt nhánh Cổ Chiên 60,8÷61,5%, nhánh sông Tiền 38,5÷39,2%, lưu lượng về nhánh sông Cổ Chiên lớn hơn; đây cũng là một nguyên nhân gây sạt lở cho nhánh Cổ Chiên.

3.2.3. Chế độ vận chuyển bùn cát và diễn biến hình thái

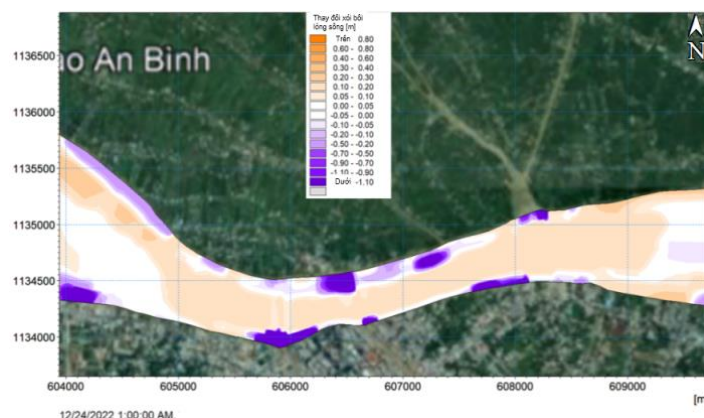
a) Chế độ vận chuyển bùn cát

Tương quan giữa diễn biến bùn cát với điều kiện khí hậu, chế độ thủy văn thượng nguồn (dòng chảy và bùn cát) tại Mỹ Thuận với chu kỳ một năm khí hậu [10].



Hình 12. Tương quan biến động bùn cát với các mùa khí hậu, thủy văn thượng nguồn (trạm Mỹ Thuận), thủy động lực tại vùng nghiên cứu với chu kỳ năm khí hậu [2].

Mùa mưa lũ, nguồn phù sa từ thượng nguồn dồi dào nhất trong năm, mùa lũ từ tháng 7÷11 được xem là thời kỳ cung cấp bùn cát chủ yếu cho vùng ĐBSCL [11]. Dòng chảy trong mùa này là lớn nhất trong năm. Quá trình bồi tụ, xói lở diễn ra chủ yếu trong thời kỳ này. Mùa kiệt, dòng chảy nhỏ, hàm lượng bùn cát khá thấp, điều kiện bồi tụ khá thuận lợi. Tuy nhiên, nguồn cung cấp bùn cát hạn chế dẫn đến xu thế xói lở chiếm ưu thế, đặc biệt là giai đoạn chuyển tiếp từ mùa kiệt sang mùa lũ. Hình 13 trình bày kết quả mô phỏng sau hai năm khu vực nghiên cứu. Diễn biến hình thái cho thấy một số vị trí phía kè Phường 1, Phường 5 xói chân khá lớn, tiềm ẩn nguy cơ mất ổn định của kè. Ngoài ra, phía thượng lưu kè TP. Vĩnh Long xuất hiện một số điểm có nguy cơ sạt lở cao. Phía An Bình, xói bồi xen kẽ, phía đầu cù lao đến Khu du lịch Vĩnh Sang tiềm ẩn nguy cơ sạt lở.



Hình 13. Phân bố xói/bồi vùng nghiên cứu sau hai năm mô phỏng.

b) Diễn biến hình thái vùng nghiên cứu

Kết quả tính toán diễn biến hình thái sau hai năm mô phỏng với điều kiện địa hình năm 2011 (chưa xét đến tác động hạ thấp lòng dẫn, biến đổi bùn cát thượng nguồn) thì khu vực nghiên cứu xói bồi xen kẽ, đáy sông bồi nhẹ với tốc độ trung bình 0,2 m/năm. Kè Phường 1, Phường 5 xói chân với tốc độ 1÷2 m/năm. Tác động của hạ thấp lòng dẫn và thiếu hụt bùn cát đến diễn biến hình thái vùng nghiên cứu.

Kết quả tính toán cho thấy việc kết hợp cả hạ thấp lòng dẫn và thiếu hụt bùn cát sẽ gây nguy hiểm nhất. Với kịch bản này sạt lở hai bên bờ khu vực nghiên cứu là lớn nhất, có những vị trí sạt lở trung bình từ 5÷10 m/2 năm mô phỏng. Qua so sánh giữa các kịch bản nhận thấy rằng hạ thấp lòng dẫn bất thường là nguy hiểm nhất, tình trạng xói lở gia tăng rất nhanh trong điều kiện bùn cát thượng nguồn suy giảm như hiện nay.

3.2.4. Kết quả tính ổn định và tác động tàu thuyền

Tính toán ổn định theo TCXDVN 285:2002 (Sử dụng Geoslope).

$$n_c \times N_{tt} \leq \frac{m}{k_n} \times R; \quad K = \frac{R}{N_{tt}} \geq \frac{n_c \times k_n}{m} \quad (3)$$

Trong đó K là hệ số an toàn chung của công trình; N_{tt} là tải trọng tính toán tổng quát (lực, mô men, ứng suất); R là sức chịu tải tính toán tổng quát; $n_c = 1,0$ là hệ số tổ hợp tải trọng.

- Nếu hệ số an toàn nhỏ nhất $K_{\min} < [K] = 1,15$: Vị trí mặt cắt này mất ổn định.

- Nếu hệ số an toàn nhỏ nhất $K_{\min} > [K] = 1,15$: Vị trí mặt cắt này ổn định.

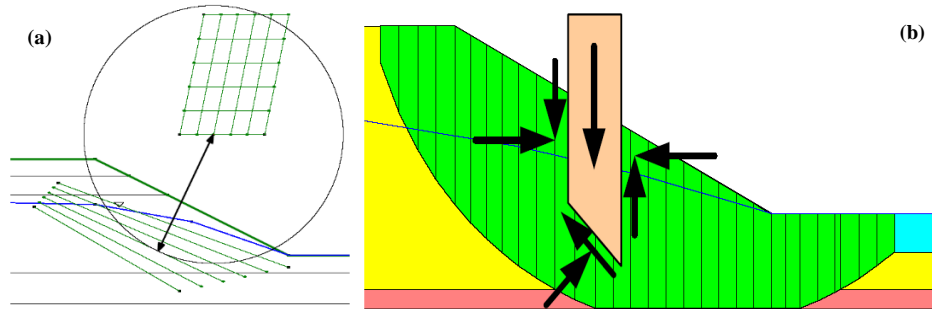
Công cụ tính toán: Sử dụng Geoslope tính toán ổn định chung của mái bờ theo sơ đồ trượt sâu với giả thiết mặt trượt trụ tròn và phương pháp tính Bishop, hệ số an toàn như sau [12]:

$$\frac{M_g}{M_{tr}} \geq [K] \quad (4)$$

Trong đó M_{tr} là tổng mô men của các lực gây trượt lấy với tâm cung trượt; M_g là tổng mô men của các lực chống trượt lấy với tâm cung trượt; $[K]$ là hệ số an toàn cho phép.

$$M_{tr} = R \sum (G_n) \sin \alpha_n; M_g = R [\sum (G_n) \cos \alpha_n \operatorname{tg} \varphi_n + \sum C_n L_n]$$

Trong đó R là bán kính cung trượt; h_1, h_2, h_3 là độ cao trung bình các lớp đất ở các dải; G_n là trọng lượng cột đất thứ n : $G_n = \gamma_n h_n b$; α_n là góc hợp bởi đường pháp tuyến của trung tâm dải n với phương đứng; b, L_n là chiều rộng của dải đất, chiều dài dải cung trượt thứ n ; C, φ là lực dính đơn vị và góc ma sát trong của đất.



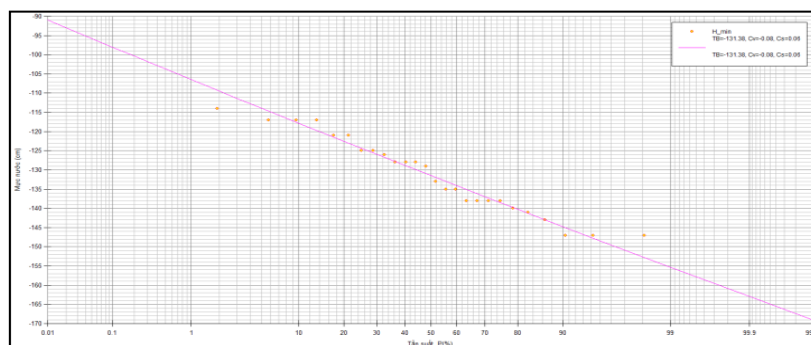
Hình 14. Sơ đồ xác định cung trượt và lực tác dụng lên khối đất: (a) Xác định cung trượt bằng vị trí tâm và tiếp tuyến đi qua; (b) Sơ họa các lực tác dụng lên một phần nhỏ trong cung trượt [13].

Tài liệu tính toán thủy văn: Theo tiêu chuẩn TCXDVN 285:2002 để tính ổn định mái bờ, mực nước tính toán là mực nước nhỏ nhất ứng với tần suất 95%.

Để xác định mực nước ứng với tần suất 95%, từ Bảng 4 giá trị đặc trưng mực nước nhỏ nhất trong vòng 26 năm (1987-2012) tại trạm Mỹ Thuận gần khu vực nghiên cứu, tiến hành tính toán tần suất, kết quả thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Phân phối tần suất mực nước nhỏ nhất (H_{min}) [2].

TT	Tần suất	H_{min} (cm)	TT	Tần suất	H_{min} (cm)
1	0,01	-90,93	15	40,00	-128,82
2	0,10	-98,00	16	50,00	-131,49
3	0,20	-100,36	17	60,00	-134,14
4	0,33	-102,15	18	70,00	-136,96
5	0,50	-103,71	19	75,00	-138,52
6	1,00	-106,46	20	80,00	-140,25
7	1,50	-108,18	21	85,00	-142,26
8	2,00	-109,45	22	90,00	-144,78
9	3,00	-111,34	23	95,00	-148,50
10	5,00	-113,91	24	97,00	-150,88
11	10,00	-117,84	25	99,00	-155,37
12	20,00	-122,57	26	99,90	-162,97
13	25,00	-124,35	27	99,99	-169,13
14	30,00	-125,95			



Hình 15. Đường tần suất mực nước nhỏ nhất (H_{min}).

Tài liệu địa hình: Tài liệu khảo sát đo đạc ngày 12/12/2022, sau khi đã xảy ra sạt lở, gồm có bình đồ địa hình tỷ lệ 1/5000; MC ngang tỷ lệ đứng 1/200, ngang 1/200 (lựa chọn các MC nguy hiểm nhất để kiểm tra ổn định).

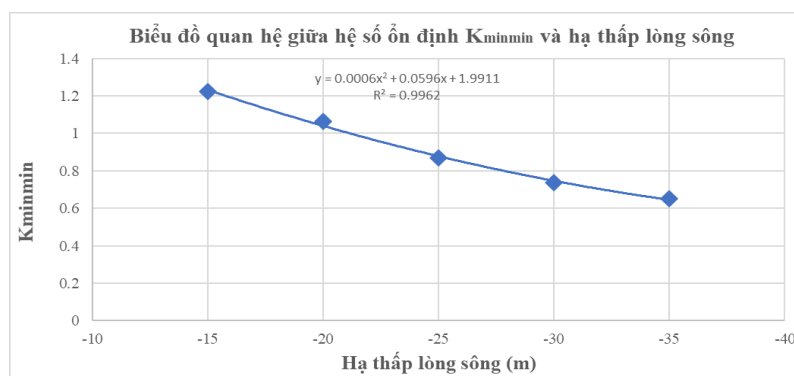
Tài liệu địa chất: Các tài liệu tại hố khoan địa chất khu vực sạt lở Hòa Ninh và các tài liệu khảo sát địa chất tham khảo của các dự án lân cận.



Hình 16. Vị trí các MC kiểm tra ổn định, lấy mẫu bùn khu vực sạt lở Hòa Ninh.

Bảng 5. Tổng hợp kết quả tính toán ổn định tại các MC [2].

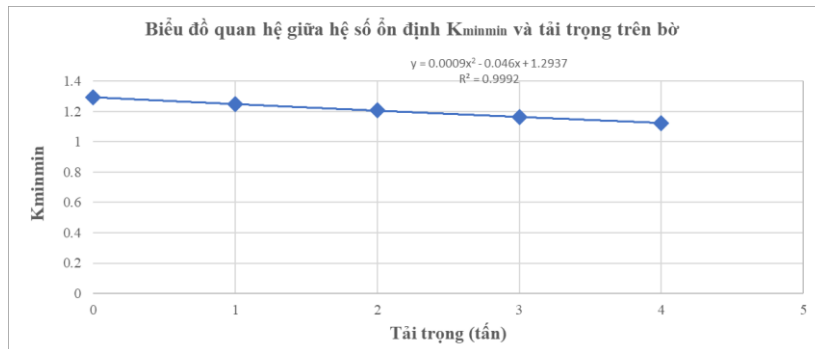
TT	MC tính toán	K_{minmin}	[K]	Nhận xét
<i>Trường hợp hiện trạng</i>				
1	MC Kè Phường 5	1,041	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở
2	MC 2	1,241	1,15	Mất cắt ổn định
3	MC 7	1,052	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở
4	MC 9 trước khi sạt lở	0,704	1,15	Sạt lở bờ
5	MC 9' khi xảy ra sạt lở	0,711	1,15	Sạt lở bờ
6	MC 9'' khi xảy ra sạt lở	0,806	1,15	Sạt lở bờ
7	MC 9''' sau khi sạt lở	1,057	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở
8	MC 11	1,228	1,15	Mất cắt ổn định
9	MC12	1,304	1,15	Mất cắt ổn định
<i>Trường hợp giả định</i>				
8	MC 11 giả định (hạ thấp lòng sông đến -20 m)	1,063	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở
9	MC 11 giả định (hạ thấp lòng sông đến -25 m)	0,869	1,15	Sạt lở
10	MC 11 giả định (hạ thấp lòng sông đến -30 m)	0,737	1,15	Sạt lở
11	MC 11 giả định (hạ thấp lòng sông đến -35 m)	0,652	1,15	Sạt lở



Hình 17. Quan hệ giữa K_{minmin} và việc hạ thấp lòng sông phía ngoài.

Bảng 6. Kết quả tính ổn định mái bờ sông ứng với cao trình đáy -15 [2].

STT	Trường hợp tính toán	K_{minmin}	[K]	Nhận xét
1	Chưa gia tải	1,294	1,15	Ổn định
2	Gia tải trên bờ P = 1 tấn	1,247	1,15	Ổn định
3	Gia tải trên bờ P = 2 tấn	1,206	1,15	Ổn định
4	Gia tải trên bờ P = 3 tấn	1,162	1,15	Ổn định
5	Gia tải trên bờ P = 4 tấn	1,125	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở



Hình 18. Quan hệ giữa K_{minmin} ứng với cao trình đáy sông -15.

Bảng 7. Kết quả tính toán ổn định mái bờ sông ứng với cao trình đáy -20 [2].

STT	Trường hợp tính toán	K_{minmin}	[K]	Nhận xét
1	Chưa gia tải	1,098	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở
2	Gia tải trên bờ P = 1 tấn	1,068	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở
3	Gia tải trên bờ P = 2 tấn	1,035	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở
4	Gia tải trên bờ P = 3 tấn	1,006	1,15	Tiềm ẩn nguy cơ sạt lở
5	Gia tải trên bờ P = 4 tấn	0,978	1,15	Sạt lở

Kết quả tính toán cho thấy ở những mái lòng sông dốc (MC 7, 9) mái bờ đã gần tới trạng thái ổn định tới hạn khi $K_{minmin} \approx 1$, chỉ cần một tác động nhỏ như đắp đê bao, chất tải dọc bờ sông cũng có thể gây ra sạt lở mái bờ. Với MC có đường đáy sông thoải (MC 11, 12) thì mái bờ tương đối ổn định ($K_{minmin} > 1,15$). Tuy nhiên, khi gia tải (đắp đê bao cao từ 1÷2 m) thì hệ số ổn định tổng thể giảm (giảm từ 3÷11% so với hiện trạng) và tiềm ẩn nguy cơ sạt lở.

Khi lòng sông bị hạ thấp từ cao trình -20 trở xuống thì hệ số ổn định giảm dần và dẫn đến mất ổn định bờ sông (giảm từ 13÷47% so với hiện trạng); kết quả cho thấy lòng sông bị hạ thấp là ảnh hưởng nhiều nhất đến ổn định của mái bờ sông. Tác động của sóng tàu thuyền chủ yếu xảy ra ở phía trên bề mặt, đặc biệt là loại xà lan có tải trọng 300 tấn trở lên. Sạt lở ngày 5/12/2022 xảy ra theo hình thức trượt sâu, vì thế có thể nói ảnh hưởng của sóng do tàu thuyền đến vụ sạt lở này là không nhiều.

3.2.5. Phân tích tương tác giữa dòng chảy và lòng dẫn

Vận tốc dòng chảy lớn hơn vận tốc không xói cho phép của đất lòng dẫn, thì sẽ xảy ra xói lở. Mức độ xói lở lệ thuộc vào độ lớn của vận tốc dòng chảy và thời gian duy trì vận tốc lớn. Vận tốc khởi động bùn cát lòng dẫn được xác định từ các công thức của Êri, Gôntrarốp, Samốp.

$$\text{Công thức của Êri: } V_{kd} = 3,9 \sqrt{\left(1 + \frac{0,0004}{d}\right)} g d \quad (5)$$

$$\text{Công thức của Gôntrarốp [14]: } V_{kd} = \lg \frac{8,8h}{d} \sqrt{\frac{2}{1,75}} agd \quad (6)$$

$$\text{Công thức của Samốp: } V_{kd} = 4,6 \sqrt{\left(\frac{d}{1000}\right)^2} h \quad (7)$$

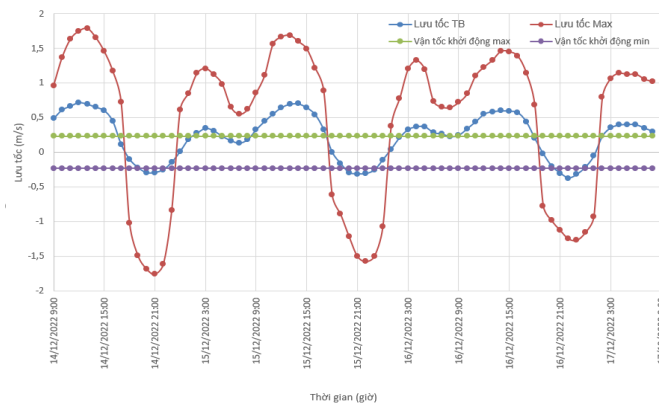
Trong đó V_{kd} là lưu tốc khởi động của bùn cát (m/s); K là hằng số; a là hệ số acsimet; $a = \frac{\gamma_s - \gamma}{\lambda}$ và thường lấy $a = 1,65$; γ_s, γ là trọng lượng riêng của bùn cát, nước (kg/m^3); g là gia tốc trọng trường (m/s^2); h, d là chiều sâu dòng nước, đường kính hạt (m).

Trên cơ sở tài liệu khảo sát địa chất bờ tại vị trí sạt lở, đã tính toán xác định vận tốc khởi động bùn cát của bờ sông bị sạt lở. Kết quả tính toán vận tốc khởi động bùn cát bờ sông như Bảng 8.

Bảng 8. Kết quả tính toán vận tốc khởi động bùn cát ở các độ sâu Hoà Ninh [2].

Mẫu bùn lấy	Đ. kính đTB (mm)	Độ sâu lấy mẫu(h) (m)	V _{kd} (m/s)			
			Êri	Gôntrarốp	Samốp	Trung bình
BCD1	0,0726	6,0	0,2655	0,2148	0,2587	0,2463
BCD2	0,0665	15,0	0,2638	0,2209	0,2927	0,2591
BCD3	0,0237	16,0	0,2514	0,1418	0,2097	0,2010
BCD4	0,0483	30,5	0,2586	0,2016	0,2961	0,2521
BCD5	0,0243	19,0	0,2516	0,1450	0,2176	0,2047
BCD6	0,0549	17,0	0,2605	0,2051	0,2803	0,2487
BCD7	0,0400	10,5	0,2562	0,1731	0,2328	0,2207
BCD8	0,0452	8,5	0,2577	0,1798	0,2341	0,2239

Trên cơ sở lưu tốc thực đo tại Hoà Ninh, thống kê vận tốc trung bình mặt cắt, so sánh giữa vận tốc lớn nhất với lưu tốc dòng chảy trung bình tại mỗi thời điểm đo trong khoảng thời gian từ ngày 14÷17/12/2022; các số liệu này được biểu diễn trên cùng một hệ tọa độ (Hình 19) để so sánh phân tích nguyên nhân gây ra sạt lở bởi tác động của dòng chảy. Qua kết quả, vận tốc thực tế nhiều thời điểm lớn hơn vận tốc tính toán trung bình.



Hình 19. So sánh lưu tốc dòng chảy và lưu tốc không xói của lòng dẫn.

3.2.6. Ảnh hưởng của áp lực thấm mái bờ tới sạt lở bờ sông

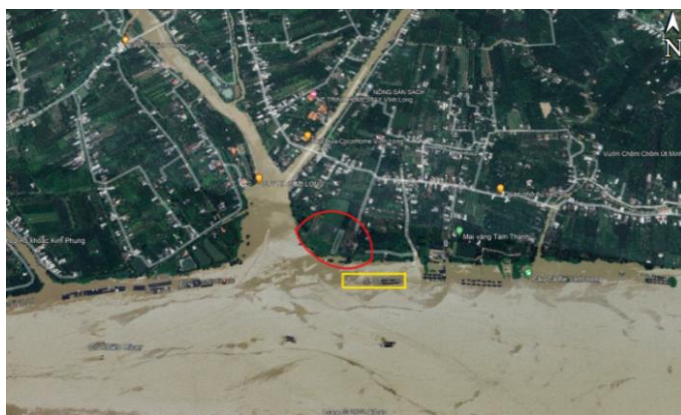
Áp lực thấm trong trường hợp cột nước thấm lớn, Gradient thấm tại vị trí dòng thấm thoát ra lớn hơn Gradient thấm của đất cấu tạo mái bờ $J > [J]_{cp}$, khi đó dòng thấm sẽ gây ra xói ngầm, tiền đề phát sinh và thúc đẩy quá trình xói lở [15].

Theo kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Nhà nước [10], ở ĐBSCL, mực nước sông thay đổi liên tục theo thời gian, cột nước sinh ra áp lực thấm chỉ trên dưới 3 m, hệ số thấm bờ sông lớn nhất khoảng $6 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$, Gradient thấm nhỏ hơn $[J]_{cp} = 0,25 \div 0,50$ rất nhiều. Vì vậy, tác dụng của dòng thấm lên mái bờ sông không nhiều, không đủ khả năng phá vỡ kết cấu bờ. Kết quả khảo sát khu vực xảy ra sạt lở có cột nước sinh ra áp lực thấm chỉ khoảng

hơn 2 m, hệ số thấm $0,08.10^{-5} \div 0,9.10^{-5}$ cm/s. Do đó ảnh hưởng của áp lực thấm mái bờ tới sạt lở bờ là không đáng kể.

3.2.7. Ảnh hưởng của bè cá đến sạt lở bờ sông

Từ đầu sông Cỏ Chiên đến phà Đình Khao, các bè nuôi được bố trí từ 15÷60 m, số lượng gần 1.000 bè lớn nhỏ; mật độ phân bố dày tại khu vực bờ phía của lao An Bình [16].



Hình 20. Khu vực sạt lở (màu đỏ) và các bè cá (màu vàng).

Neo đậu các bè cá sẽ thu hẹp MC ướt, tăng lưu tốc dòng chảy, gây xói lòng dẫn. Tuy nhiên, ở khu vực sạt lở, bề rộng mỗi bè chỉ khoảng từ 6÷7 m, so với bề rộng MC sông gần 1.000 m, nên ảnh hưởng làm thu hẹp MC ướt là không đáng kể.

3.2.8. Thiếu hụt bùn cát do việc xây dựng các hồ chứa thượng nguồn

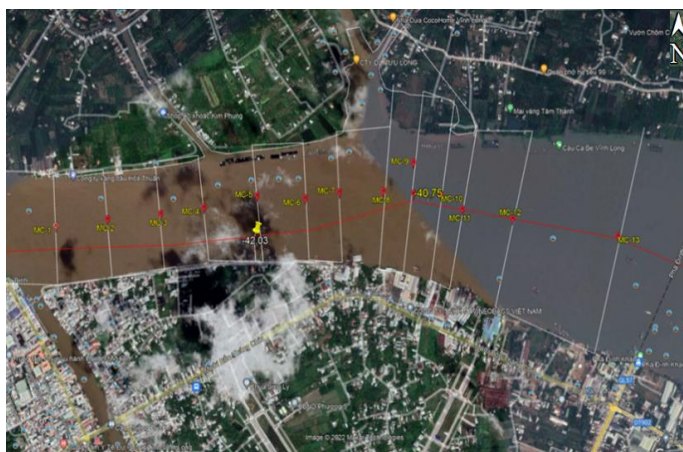
Tổng lượng dòng chảy năm trung bình của ĐBSCL khoảng 500 tỷ m³, 30 tỷ m³ hình thành trong lưu vực phía Campuchia và ĐBSCL, 470 tỷ m³ từ trung thượng lưu Mekong. Phân bố lượng mưa không đều hàng năm, dòng Mekong cũng phân bố theo mùa. Mùa lũ (tháng 7÷11), lượng dòng chảy chiếm 70÷85 % lượng dòng chảy năm [2].

Hàm lượng chất lơ lửng hai trạm Cần Thơ, Mỹ Thuận giảm mạnh từ năm 2015 đến nay. Lượng bùn cát trung bình trước năm 2015 tại Cần Thơ là 23,1 triệu tấn, lớn nhất đạt 46,61 triệu tấn (năm 2009), còn tại Mỹ Thuận trung bình là 32,73 triệu tấn, lớn nhất đạt 52,03 triệu tấn (năm 2009); sau năm 2015 Cần Thơ chỉ đạt 7,98 triệu tấn, Mỹ Thuận chỉ đạt 14,09 triệu tấn. Sự suy giảm bùn cát này do các đập thượng lưu Mekong.

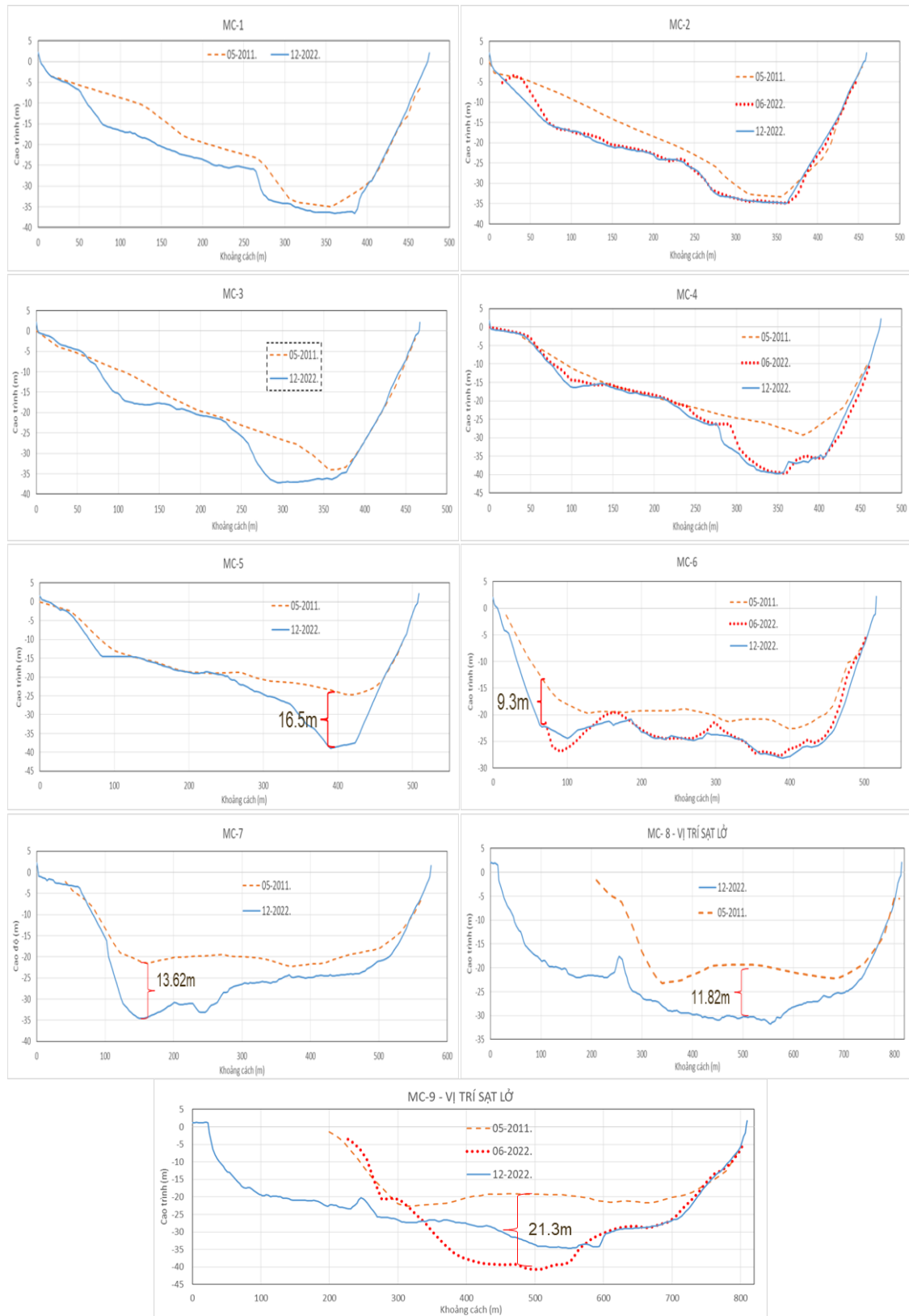
3.2.9. Ảnh hưởng của diễn biến hình thái đến sạt lở bờ sông

Kết quả khảo sát địa hình tháng 5/2011÷12/2022 được thu thập diễn biến hình thái trên MC ngang khu vực nghiên cứu [2] (Hình 21).

Từ kết quả cho thấy phía bờ phải (TP.Vĩnh Long) tuyến lạch sâu đang áp sát tuyến kè phường 5, cách bờ kè 100 ÷120 m có cao trình đáy từ -36 ÷ -42, sâu xuống 16,5 m so với năm 2011. Phía bờ trái (An Bình) tương đối ổn định, riêng mặt cắt MC 6 cách bờ khoảng 40 m, cao trình đáy -23,1, sâu 9,3 m so với năm 2011.

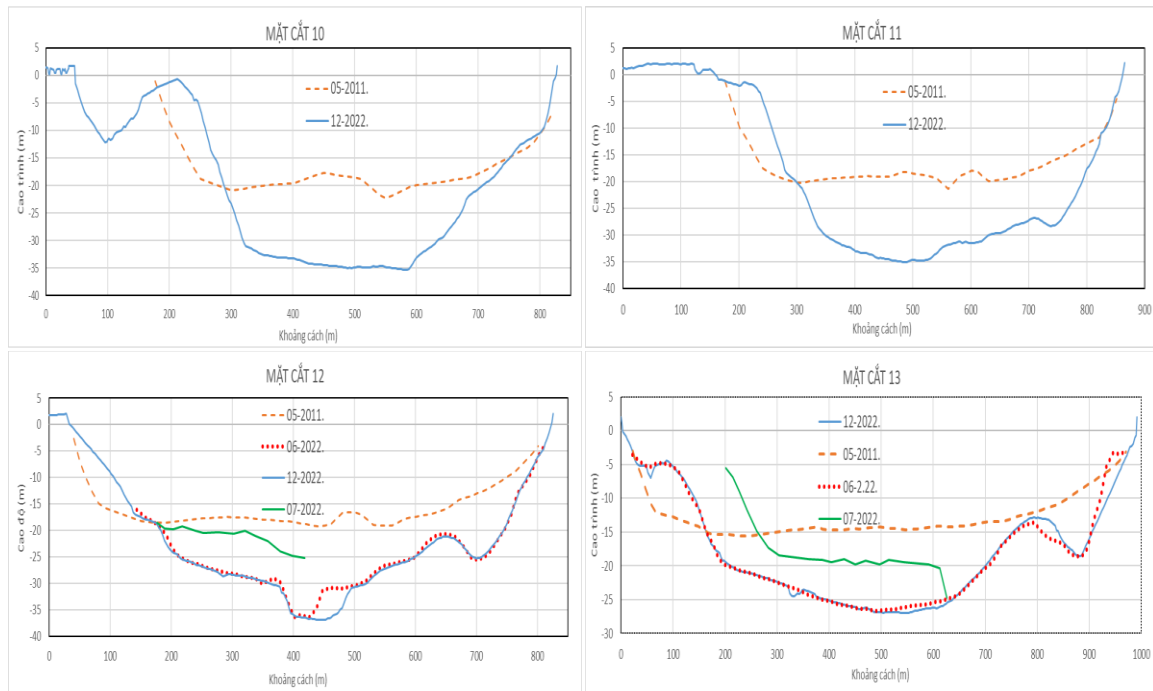


Hình 21. Định vị các MC ngang.



Hình 22. MC1 đến MC 9 giữa hai thời điểm đo năm 2011 và 2022.

Phía bờ phải MC 7 trước khu vực sạt lở ngày 5/12/2022, cách bờ 150 m có cao trình đáy -34,59, sâu xuống 13,62 m so với 2011, MC 8 và 9 đã sạt lở sâu vào bờ khoảng 150÷210 m, cao trình đáy sông khoảng -21. Đặc biệt MC 9 tuyến lạch sâu áp sát bờ trái (An Bình) có cao trình đáy lớn nhất -40,74 (6/2022), sâu xuống 21,3 m so với năm 2011, sự hạ thấp lòng dẫn bất thường và rất lớn làm cho bờ sông bị mất chân gây nên sạt lở.



Hình 23. MC 7 đến MC 11 giữa hai thời điểm đo năm 2011 và 2022.

Cách bờ phải khoảng 100 m đang hình thành tuyến lạch sâu có cao trình đáy khoảng -25, ở giữa lòng sông có cao trình đáy từ -26÷-36, hố xói sâu từ 12,0÷17,8 m so với năm 2011. Tại MC11 và MC12 đo vào tháng 6/2022 và tháng 12/2022 địa hình đáy sông là khá tương đồng (cao trình đáy khoảng -28 ở MC12 và -25÷-30 ở MC11) trong khi địa hình đo vào tháng 7/2022 do đơn vị quản lý khai thác cát cung cấp cao trình đáy sông là -20.

4. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận

Dòng sông Tiền sau khi qua cầu Mỹ Thuận được chia thành hai nhánh, nhánh sông Tiền và sông Cổ Chiên: Tỷ lệ phân lưu trung bình vào mùa lũ (từ tháng 7÷11) là 62% tại Cổ Chiên và 38% tại sông Tiền; mùa kiệt ở nhánh Cổ Chiên 61%, nhánh sông Tiền 39%; lưu lượng về nhánh sông Cổ Chiên (phía Vĩnh Long) lớn hơn, tiềm ẩn sạt lở nhiều hơn; trong tương lai cần chỉnh trị sông để phân bố lại tỷ lệ dòng chảy nhằm bảo vệ TP. Vĩnh Long trước nguy cơ sạt lở. Dòng chủ lưu áp sát Kè Phường 1, Phường 5 (TP. Vĩnh Long) với vận tốc vượt giá trị cho phép (0,7 m/s) đã gây sạt lở ở Nhà máy nước (Kè Phường 1); mùa lũ có tác động bào xói lòng dẫn mạnh nhất; cần chỉnh trị dòng chủ lưu ra xa bờ. Một số vị trí phía kè Phường 1, Phường 5 xói chân khá lớn, tiềm ẩn nguy cơ mất ổn định. Thượng lưu hai kè trên xuất hiện một số điểm có nguy cơ sạt lở cao. Phía An Bình, xói bồi xen kẽ, phía đầu cù lao đến Khu du lịch Vinh Sang tiềm ẩn nguy cơ sạt lở; phải thường xuyên theo dõi và ứng phó kịp thời.

Hàm lượng chất lơ lửng hai trạm Cần Thơ, Mỹ Thuận giảm mạnh từ năm 2015 đến nay do các đập thượng lưu Mekong, đây cũng là nguyên nhân hạ thấp lòng dẫn gây sạt lở; khu vực nghiên cứu bị hạ thấp lòng dẫn và thiếu hụt bùn cát hai bên bờ làm cho lòng sông bị hạ thấp từ cao trình -20 trở xuống, một số vị trí lòng sông bị hạ thấp từ -30÷-40 nên hệ số ổn định giảm dần (giảm từ 13 ÷ 47% so với hiện trạng) sẽ gây nguy hiểm, nguy cơ sạt lở lớn.

Hố xói gần bờ khu vực sạt lở Hòa Ninh là kết quả của quá trình khai thác cát; hố xói cách bờ 160 m có cao trình -30; theo WWF, vào tháng 6/2022 tại vị trí này thì độ sâu là -40 m [17]. Hố xói mở rộng, khối đất có tác dụng phản áp (chống trượt) bị mất dần dẫn đến bờ

sông mất ổn định. Đoạn sông có xu thế xói bồi xen kẽ, tốc độ xói bồi trung bình từ 0,1÷0,2 m/năm.

Khu vực nghiên cứu có cột nước sinh ra áp lực thấm khoảng 2 m [18], ảnh hưởng của áp lực thấm không đáng kể; Tác động của sóng tàu thuyền, đập bờ bao, thủy triều, địa chất yếu cũng góp phần làm suy giảm độ ổn định của mái bờ sông, nhưng không phải là nguyên nhân chủ yếu.

4.2. Kiến nghị

- Dừng khai thác cát từ Cầu Mỹ Thuận đến phà Đình Khao trên nhánh sông Cổ Chiên;
- Đánh giá lại quy hoạch khai thác cát toàn tuyến sông Tiền qua tỉnh Vĩnh Long;
- Thường xuyên đánh giá lòng dẫn và ổn định bờ hệ thống sông Tiền, Cổ Chiên;
- Quản lý các hoạt động xây dựng dọc theo bờ sông, nghiêm cấm việc chất tải sát bờ sông và xây dựng hành lang dự báo sạt lở dọc theo bờ sông Tiền, Cổ Chiên;
- Chính trị dòng chủ lưu ra xa bờ ở khu vực Kè Phường 1 và Phường 5;
- Nghiên cứu phân chia lại lưu lượng dòng chảy, giảm lưu lượng nhánh Cổ Chiên nhằm giảm thiểu sạt lở cho TP. Vĩnh Long.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.H.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: V.H.H.; Xử lý số liệu: V.H.H.; Tính toán kết quả: V.H.H.; Viết bản thảo bài báo: V.H.H.; Chỉnh sửa bài báo: V.H.H.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ kết quả dự án: “Đánh giá ổn định bờ sông Cổ Chiên tỉnh Vĩnh Long” của Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

Lời cam đoan: Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa từng được công bố, không sao chép các nghiên cứu trước đây.

Tài liệu tham khảo

1. Trục tuyến: <https://www.thiennhien.net/2020/08/07/cac-dong-song-tren-the-gioi-dang-bi-huy-hoai-vi-khai-thac-cat/>.
2. Tú, L.X. Dự án Đánh giá ổn định bờ sông Cổ Chiên (Khu vực từ rạch Cái Cá đến rạch Bà Bống) tỉnh Vĩnh Long. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2023.
3. Sở Tài nguyên và Môi trường Vĩnh Long. Khai thác cát san lấp trên lòng sông Tiền (mỏ An Bình) thuộc xã An Bình huyện Long Hồ, tỉnh Vĩnh Long. Báo cáo đánh giá tác động môi trường dự án, Vĩnh Long, 2011.
4. Bộ Thủy lợi. Sổ tay Kỹ thuật Thủy lợi. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, 1979.
5. Hùng, L.M.; Sãn, Đ.C. Xói lở bờ sông Cừ Long và giải pháp phòng tránh cho các khu vực trọng điểm. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, TP. HCM, 2002, tr. 196.
6. Hùng, L.M. Nghiên cứu ảnh hưởng hoạt động khai thác cát đến thay đổi lòng dẫn sông Cừ Long (sông Tiền, sông Hậu). Đề tài Độc lập cấp Nhà nước, mã số ĐTDL.2010-T/29, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2013.
7. Vinh, P.T. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp tổng thể cải thiện và bảo vệ môi trường nước phục vụ phát triển bền vững ĐBSCL. Đề tài khoa học cấp Nhà nước thuộc Chương trình KHCN phục vụ bảo vệ môi trường và phòng tránh thiên tai Mã số: KC.08-30, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2020.
8. Hậu, L.P. Động lực học dòng sông. Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 1992, tr. 193.
9. Hậu, L.P. 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. Đề tài KC08-14/06-10, 2010.
10. Hùng, L.M. và cs. Nghiên cứu dự báo xói lở-bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông ở ĐBSCL. Báo cáo đề tài cấp nhà nước KC.08.15, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2004.

11. Tú, L.X. 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. Đề tài KHCN độc lập cấp quốc gia, mã số: ĐTDL.CN-07/17, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2022.
12. Lareal, P. và cs. Công trình trên đất yếu trong điều kiện Việt Nam. Công trình hợp tác Việt - Pháp FST N° 4282901, 1989.
13. Whitlow, R. Cơ học đất (Tập 1, 2). Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 1999.
14. Kixêlep, P.G. và cs. Sổ tay tính toán thủy lực. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, 1984, tr. 312.
15. Dũng, H.A. Nghiên cứu đánh giá ổn định bờ kè ven sông trên đất yếu chịu lực ngang. Luận văn Cao học, ĐH. Bách khoa TP HCM, TP HCM, 2001.
16. Chi Cục Thủy sản Vĩnh Long. Báo cáo đánh giá công tác quản lý nuôi trồng thủy sản trong khu vực nghiên cứu, Vĩnh Long, 2012.
17. Hùng, N.N. Giảm thiểu các tác động của biến đổi khí hậu lên vùng ĐBSCL thông qua sự tham gia của khối công tư trong ngành công nghiệp cát. Dự án WWF, 2022.
18. Tsugaev, R.R. Cơ sở tính toán các công trình thủy lợi bằng đất. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1971.
19. Bích, L.N. và cs. Điều tra biến đổi lòng dẫn hệ thống sông Cửu Long, hạ du sông Đồng Nai - Sài Gòn và định hướng giải pháp kỹ thuật phòng chống sạt lở giảm nhẹ thiên tai trên sông Cửu Long. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 1995-1998.

Assessment of stability of Co Chien riverbank, Vinh Long province

Van Huu Hue^{1*}

¹ Mien Tay Construction University, Vinh Long; huuhuevan@gmail.com

Abstract: This paper presents the result of assessment of stability of the Co Chien riverbank of the Vinh Long city and Long Ho town in Vinh Long province; it contributes to clarify the cause of urgent erosions. The research objectives are to survey, evaluate geology, flow velocity, riverbed morphology, to determine the causes of riverbank instability and propose protection solutions. Research methods include inheritance method, document collection, survey, statistics, mathematical model; Professional solution; Using GIS technology, ArcGIS, Google Earth, Geoslope, etc. The results conclude that the main causes of instability are the lowering of the riverbed, the main flow close to the riverbank, the distributive rate of flow, and the lowering of the sand from upstream. The study also recommends some remedial solutions and can apply the research results to erosion monitoring and warning for the study area.

Keywords: Lowering the riverbed; Causes of riverbank instability; Stabilize Co Chien riverbank; Erosions in the Mekong Delta.