



Nghiên cứu ảnh hưởng của suy giảm trầm tích đến biến đổi hình thái lòng sông Sông Tiền và Sông Hậu

Phan Kiều Ngân, Nguyễn Xuân Tùng*, Phạm Thị Thu Hằng,
Nguyễn Thị Nhân, Phạm Đức Hùng, Trần Thị Thuý Hương

Viện Các Khoa học Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST)

* Corresponding address: nxtung@ies.vast.vn

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18788001>

Tóm tắt:

Nghiên cứu này sử dụng mô hình TELEMAC-2D kết hợp với mô hình SISYPHE để mô phỏng chế độ vận chuyển bùn cát và biến đổi hình thái lòng sông trên đoạn sông Hậu giai đoạn 2014–2017. Kết quả cho thấy: nồng độ bùn cát vào mùa lũ cao hơn mùa kiệt khoảng 4 lần; dọc dòng sông, nồng độ bùn cát giảm dần từ trạm Châu Đốc về phía Cần Thơ trong mùa lũ, còn vào mùa kiệt thay đổi rất ít. Đặc biệt, nồng độ bùn cát ở đoạn từ Châu Đốc đến ngã ba Vàm Nao tương đối thấp so với nhánh sông tiệm cận, nhưng tăng đột ngột ngay sau ngã ba do sự vận chuyển khoảng 40–50 % lượng bùn cát từ nhánh sông Tiền sang. Từ mô hình mô phỏng, đáy sông Hậu bị xói nhiều hơn bị bồi: tốc độ xói trung bình khoảng $-0,23$ m/năm (tương đương độ sâu xói $-0,68$ m giai đoạn 2014–2017). Dự báo đến năm 2026 cho thấy đáy sông Hậu có thể bị hạ thấp nghiêm trọng, nhiều hố xói sâu có thể xuất hiện — và những hố này trùng với vị trí bờ sông bị sạt lở. Kết quả cho thấy rằng biến động đáy sông đóng vai trò quan trọng trong rủi ro sạt lở bờ và đề xuất rằng các cơ quan quản lý cần lưu tâm, triển khai giải pháp giảm thiểu thiệt hại sạt lở bờ sông.

Từ khóa: TELEMAC-2D, SISYPHE, Sông Tiền, Sông Hậu, trầm tích, xói lở, bồi tụ

Ngày nhận bài: 08/11/2025 Ngày sửa lại: 04/12/2025 Ngày chấp nhận đăng: 06/12/2025 Ngày xuất bản: 28/02/2026

Study on the Impact of Sediment Decline on Morphological Changes of the Tien River and Hau River

Phan Kiều Ngân, Nguyễn Xuân Tùng*, Phạm Thị Thu Hằng,
Nguyễn Thị Nhân, Phạm Đức Hùng, Trần Thị Thuý Hương

Institute of Earth Sciences, VAST

* Corresponding address: nxtung@ies.vast.vn

Abstract:

In this study, we employed the TELEMAC-2D hydrodynamic model coupled with the SISYPHE sediment transport module to simulate sediment dynamics and riverbed morphodynamic changes of the Hau River over the period 2014–2017. The results show that suspended sediment concentrations (SSC) during the flood season are approximately four times higher than during the low-flow season. Along the river reach, SSC declines progressively from Chau Doc toward Can Tho during the flood period, whereas in the low-flow period the change in SSC longitudinally is minimal. Notably, SSC levels from Chau Doc to the Vam Nao confluence are relatively low compared to the adjacent branch (Tien River), but abruptly increase just downstream of the junction, consistent with the transfer of about 40–50 % of the Tien River's sediment load. Modelled bed changes indicate predominance of scour over deposition on the Hau River: an average scour depth of -0.68 m corresponds to a mean annual scour rate of -0.23 m/year. Forecasts to 2026 suggest severe bed lowering and formation of deep scour holes, many of which coincide with bank-erosion hotspots. These findings underscore that bed lowering is strongly linked to bank instability and highlight the urgent need for management measures to mitigate bank-erosion risk.

Keywords: TELEMAC-2D, SISYPHE, Tien River, Hau River, sediment transport, erosion, accretion

Submission received: 08/11/2025

Revised: 04/12/2025

Accepted: 06/12/2025

Published: 28/02/2026



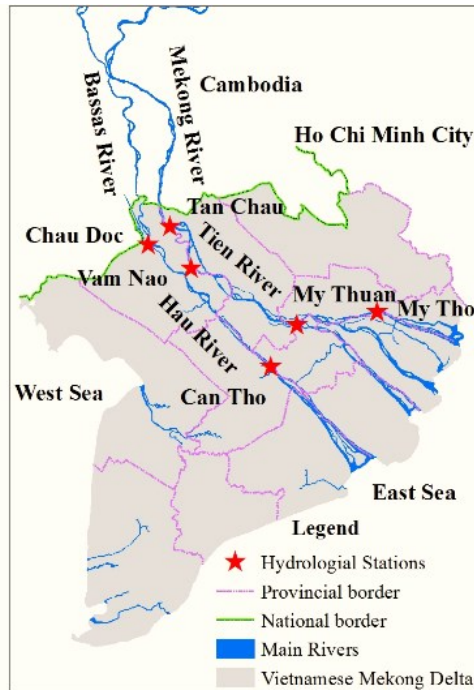
1. Giới thiệu

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) (Hình 1) là một trong những vùng phù sa châu thổ quan trọng bậc nhất trên thế giới, đặc biệt trong việc sản xuất và xuất khẩu lương thực và nguồn lợi thủy sản [1,2]. Nó có được là do kết quả của dòng lũ mang một lượng phù sa dồi dào và sản lượng thủy sản rất lớn từ sông Mê Kông đổ về hàng năm [3]. Dòng lũ hàng năm được điều tiết một phần nhờ vào hồ Tonle Sap ở Cambodia (được biết đến với tên gọi là biển hồ); biển hồ nhận dòng lũ từ dòng chính Mê Kông vào mùa lũ và chảy ngược ra dòng chính xuống ĐBSCL vào mùa kiệt. Chính vì vậy, biển hồ là một phần rất quan trọng giúp hạn chế và giảm thiệt hại do lũ và xâm nhập mặn ở ĐBSCL.

ĐBSCL có diện tích tự nhiên khoảng 39.000 km² với 13 tỉnh và dân số khoảng 18 triệu người. ĐBSCL là vùng châu thổ nằm ở cuối dòng Mê Kông. Nó được hình thành với dòng phù sa dồi dào (khoảng 160 triệu tấn/năm) suốt từ khoảng 6.000 năm trước [4]. Về vị trí địa lý thì ĐBSCL trải dài từ biên giới Việt Nam-Cambodia đến biển Đông và Biển Tây với 8 cửa sông (một cửa sông đã bị bồi lấp). Sông Tiền và sông Hậu là hai con sông chính với chiều dài lần lượt là khoảng 250 km và 220 km. Độ cao trung bình là khoảng 0,7-1,2 m trên mực nước biển, dao động từ 3-4 m gần biên giới và 0,3-0,5 m ở các khu vực lân cận biển.

ĐBSCL được chia thành 4 vùng chính: vùng Đồng Tháp Mười (8.000 km²), vùng Tứ Giác Long Xuyên (5.000 km²), vùng giữa sông Tiền và sông Hậu, và vùng cửa biển [5]. Với sản lượng lúa gạo hàng năm rất lớn, ĐBSCL là vựa lúa lớn nhất của cả nước. Nó đóng góp khoảng 50% lượng lương thực thực phẩm và 90% lượng lúa; góp phần đưa Việt Nam đứng thứ 2 thế giới về xuất khẩu gạo (Anthony và cộng sự, 2015). Năng suất và sản lượng lúa gạo cao một phần là do lượng phù sa dồi dào được mang theo bởi dòng lũ. Chính dòng phù sa này đã đóng góp khoảng 50% lượng phân bón tự nhiên và làm cho thổ nhưỡng rất phì nhiêu [2].

Mô hình toán đã và đang được áp dụng rộng rãi để mô phỏng chế độ thủy lực, bùn cát và thay đổi hình thái sông ở nhiều nơi trên thế giới. Điều này là do sự hạn chế về các số liệu thực đo (cả về không gian và thời gian) do chi phí đo đạc thực tế là rất lớn. Vì vậy các số liệu đo đạc chưa đủ để cung cấp đầy đủ các thông tin về chế độ thủy lực và bùn cát. Cũng vì hạn chế về số liệu nên những người nghiên cứu thường dùng phương pháp phân tích độ nhạy để hiệu chỉnh các mô hình toán. Cụ thể, họ thường tiến hành mô phỏng tổng quát không cần độ chính xác cao để xác định các đại lượng quan trọng có ảnh hưởng chính đến mô hình. Sau đó, các mô phỏng chi tiết hơn được tiến hành để xác định giá trị cụ thể của từng đại lượng.



Hình 6. Bản đồ tổng thể hệ thống sông và các trạm quan trắc thủy văn ở ĐBSCL

Mục tiêu của nghiên cứu này là thiết lập và sử dụng mô phỏng kết hợp giữa mô hình thủy động lực 2 chiều TELEMAT-2D với mô hình vận chuyển bùn cát và thay đổi hình thái sông SISYPHE để mô phỏng chế độ thủy lực, bùn cát và hình thái sông. Phạm vi nghiên cứu là 2 nhánh sông Tiền và sông Hậu từ Tân Châu, Châu Đốc đến Mỹ Thuận, Cần Thơ. Giữa 2 sông này nối với nhau qua sông Vàm Nao (Hình 1).

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu sử dụng

Số liệu đầu vào cho mô hình là lưu lượng, mực nước và nồng độ bùn cát lơ lửng tại trạm Tân Châu, Châu Đốc, Vàm Nao, Mỹ Thuận và Cần Thơ. Liệt tài liệu theo ngày hoặc giờ từ năm 2014 đến năm 2017. Ngoài ra, địa hình đáy sông cũng được thu thập vào năm 2014 và 2017.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình Sisyphus có thể nội hoặc ngoại kết hợp với mô hình Telemac-2D. Trong trường hợp ngoại kết hợp, chế độ thủy động lực học và hình thái sông được mô phỏng độc lập. Trước tiên, chế độ thủy động lực học được mô phỏng bằng mô hình Telemac-2D với giả định đáy sông không xói. Sau đó, kết quả này, chủ yếu là độ sâu và vận tốc, sẽ được đưa vào làm số liệu đầu vào cho mô hình Sisyphus để mô phỏng sự thay đổi đáy sông. Mô hình ngoại kết hợp chỉ nên dùng trong các trường hợp mô phỏng đơn giản. Trong trường hợp nội kết hợp, tại



mỗi bước thời gian, giá trị ứng suất đáy và các yếu tố thủy động lực khác được mô phỏng bằng cách giải phương trình liên tục và phương trình động lượng trong Telemac-2D sẽ tự động chuyển sang mô hình Sisyphe để mô phỏng vận chuyển bùn cát và thay đổi đáy sông. Sau đó, các giá trị mô phỏng từ Sisyphe sẽ được chuyển sang Telemac-2D để tính cho bước thời gian tiếp theo. Trình tự này sẽ được lặp lại cho đến khi quá trình mô phỏng kết thúc.

Đánh giá độ tin cậy của mô hình

Hệ số tương quan (R^2) và hệ số Nash-Sutcliffe (NSE) và sai số toàn phương trung bình (RMSE) thường được dùng để đánh giá độ tin cậy của mô hình:

$$R^2 = \left(\frac{n \sum_{i=1}^n (y_i \times f_i) - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n f_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n f_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n f_i \right)^2}} \right)^2 \quad (9)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - f_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (10)$$

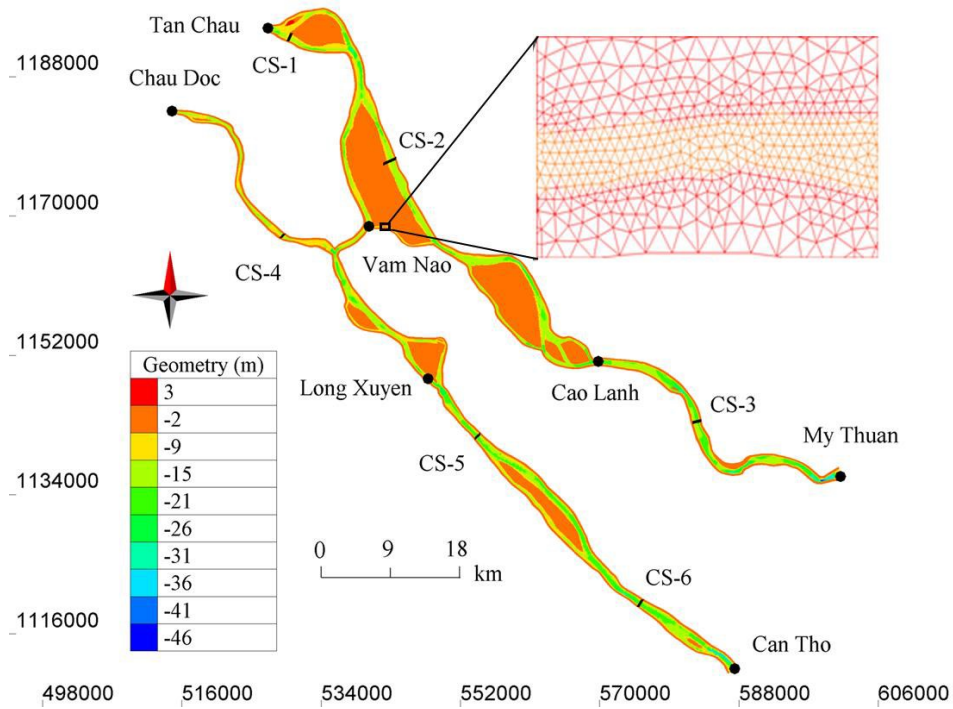
$$RMSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - f_i)^2}{n} \quad (11)$$

Trong đó, $y_i, i=1, 2, \dots, n$ là số liệu thực đo với n giá trị; $f_i, i=1, 2, \dots, n$ là giá trị mô phỏng tương ứng với y_i . R^2 and NSE dao động từ 0 đến 1: giá trị càng lớn thì mô hình càng tin cậy. RMSE có giá trị dương lớn hơn 0: giá trị càng nhỏ càng có độ tin cậy cao.

3. Thiết lập mô hình cho ĐBSCL

3.1. Thiết lập mô hình

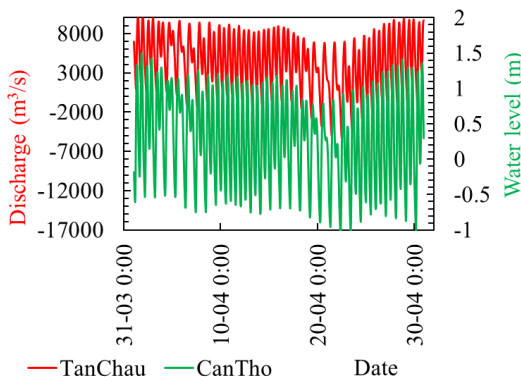
Mô hình được thiết lập cho sông Tiền, Hậu, Vàm Nao từ Tân Châu, Châu Đốc đến Mỹ Thuận, Cần Thơ (Hình 2). Lưới dạng tam giác có chiều dài cạnh là 80 m ở sông chính và 30-40m ở các sông nhánh. Do đó, vùng nghiên cứu được chia ra hơn 100.000 điểm lưới và hơn 200.000 ô lưới. Số liệu địa hình là DEM được đo vào năm 2014.



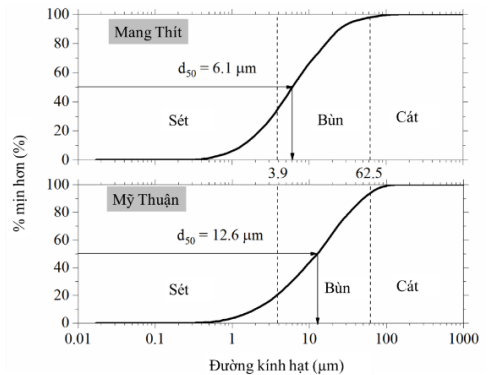
Hình 7. Thiết lập mô hình Telemac-2D kết hợp Sisyphé.

3.2. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu

Có 4 biên trong mô hình (Hình 2). 2 biên thượng lưu tại Tân Châu và Châu Đốc dùng số liệu lưu lượng và nồng độ bùn cát theo giờ. 2 biên hạ lưu tại Mỹ Thuận và Cần Thơ dùng số liệu mực nước theo giờ và sự dịch chuyển tự do qua biên của nồng độ bùn cát. Trong mô hình này, chúng tôi chỉ mô phỏng bùn cát lơ lửng của thay đổi hình thái sông do bùn cát đáy ở ĐBSCL chiếm chưa tới 1% tổng lượng bùn cát. Sự thay đổi lưu lượng và mực nước tại các biên được thể hiện trong Hình 3.



Hình 8: Điều kiện biên thượng và hạ lưu trong mô hình.



Hình 9: Đường phân bố hạt phù sa lơ lửng ở ĐBSCL vào tháng 8/2017.

Hơn 95% bùn cát lơ lửng là bùn và sét (Hình 4) trong khi đó hơn 90% bùn cát đáy là cát. Vì vậy mô hình Sisyphé sử dụng phương trình bùn cát hỗn hợp để mô

phòng chế độ bùn cát và thay đổi đáy sông. Vì chỉ có khoảng 5% hạt bùn được chứa trong trầm tích đáy nên chúng tôi chỉ mô phỏng bùn cát lơ lửng tại các biên thuộc dạng kết dính. Tỷ lệ ban đầu của bùn cát đáy là 95% là bùn cát rời rạc (cát) và 5% là bùn cát kết dính. Đường kính d_{50} được sử dụng đại diện cho đường kính của hạt bùn cát; $d_{50} = 12.63 \mu\text{m}$ cho bùn cát kết dính và $d_{50} = 214 \mu\text{m}$ cho bùn cát rời rạc.

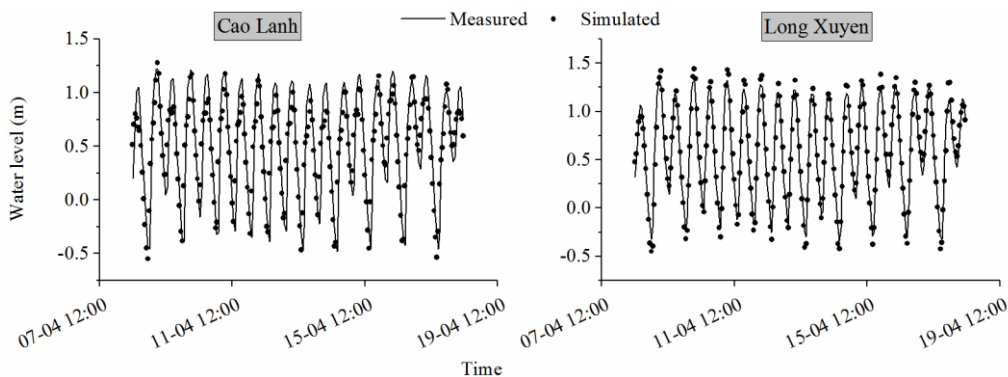
Điều kiện ban đầu của mô hình chính thức được lấy từ kết quả chạy khởi động nóng (hotstart) cho 10 ngày với giá trị lưu lượng, mực nước và nồng độ bùn cát là hằng số. Trong mô phỏng hotstart, chúng tôi sử dụng đáy sông không thay đổi cao trình.

3.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

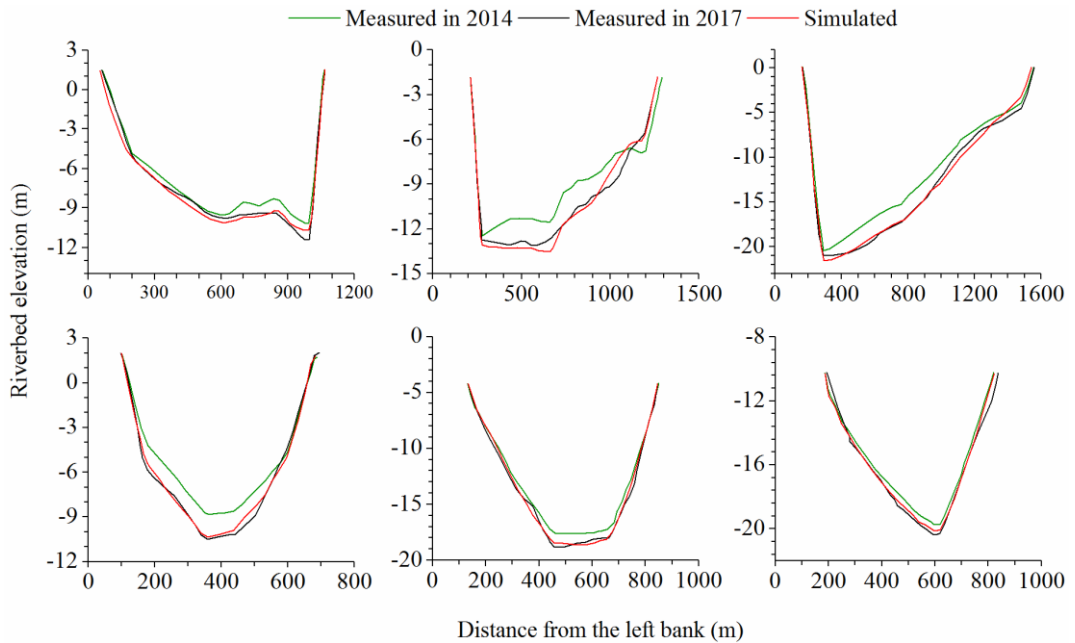
Hiệu chỉnh mô hình kết hợp là rất phức tạp vì có rất nhiều đại lượng rất nhạy. Chúng tôi đã chạy hơn 100 lần để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho giai đoạn 2014-2017. Chúng tôi thấy rằng, hệ số nhám là đại lượng ảnh hưởng nhiều nhất đến mô hình thủy động lực học. Trong khi đó, hệ số M và ứng suất giới hạn xói có ảnh hưởng lớn nhất đến mô hình bồi trong Sisyphé. Bảng 1 cho thấy rằng các hệ số R^2 , NSE và RMSE khá cao cho cả mô hình thủy động lực học và vận chuyển bùn cát. Sự tương quan giữa số liệu thực đo và giá trị mô phỏng được thể hiện trong Hình 5-6. Từ các kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy rằng mô hình được thiết lập có độ tin cậy cao, phù hợp với việc mô phỏng ở vùng nghiên cứu.

Bảng 1 Giá trị của R^2 , NSE và RMSE trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Trạm	Mực nước			Nồng độ bùn cát		
	RMSE (m)	NSE	R^2	RMSE (g/m^3)	NSE	R^2
Vàm Nao	0.12	0.81	0.89	0.04	0.69	0.83
Cao Lãnh	0.09	0.94	0.94			
Long Xuyên	0.07	0.96	0.98			



Hình 10. Mực nước thực đo và mô phỏng tại trạm Cao Lãnh và Long Xuyên



Hình 11. Cao trình đáy sông thực đo và mô phỏng tại 6 mặt cắt điển hình

3.4. Kích bản mô phỏng

Chúng tôi mô phỏng 3 kịch bản để đánh giá sự ảnh hưởng của sự sụt giảm bùn cát đến thay đổi hình thái sông từ năm 2017 đến 2026 (10 năm). Kịch bản 1 sử dụng lưu lượng và bùn cát của năm 2017 và giữ nguyên đến năm 2026. Trong kịch bản 2, chúng tôi sử dụng lưu lượng 2017 và giữ nguyên đến 2026 nhưng giảm nồng độ bùn cát theo tháng với các tỷ lệ được thể hiện trong Bảng 2. Theo nghiên cứu của Binh [1] nếu 133 đập được xây dựng ở lưu vực sông Mê Kông thì chỉ có 4% lượng bùn cát (so với thời kì chưa xây hồ) đến được ĐBSCL. Vì vậy, sau khi chỉnh lý, chúng tôi giảm 85% lượng bùn cát của năm 2017 trong kịch bản 3. Cụ thể là hàm lượng bùn cát của năm 2017 sẽ giữ nguyên từ 2017 đến 2019; sau đó giảm 85% vào năm 2020 và giữ nguyên lượng bùn cát của năm 2020 đến 2026.

Bảng 2: Sự sụt giảm nồng độ bùn cát theo tháng trong kịch bản 2

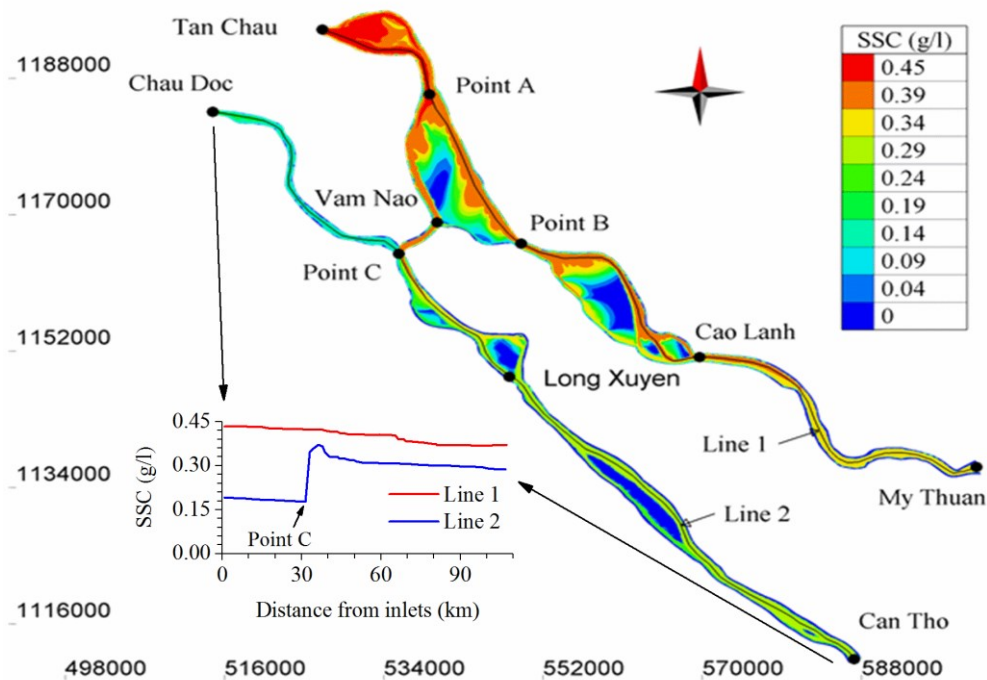
Tháng	% của năm	Tổng lượng trầm tích trước xây đập (Mt/yr)	Tỷ lệ giảm trầm tích (triệu tấn/năm)	% giảm lượng trầm tích hàng năm
6	2.5	4.2	-0.1	-2.3
7	10.0	16.7	-0.35	-2.1
8	24.3	40.6	-0.65	-1.6
9	27.1	45.2	-0.97	-2.1
10	19.4	32.3	-0.95	-3.0
11	10.0	16.6	-0.76	-4.6
12	4.1	6.7	-0.36	-5.3

4. Kết quả và Thảo luận

4.1. Chế độ bùn cát lơ lửng trên sông Hậu

Hình 7 thể hiện sự thay đổi theo không gian của nồng độ bùn cát lơ lửng ở ĐBSCL trong mùa lũ được mô phỏng bằng mô hình. Nhìn chung, nồng độ bùn cát ở sông Hậu thấp hơn nhiều so với nồng độ bùn cát ở sông Tiền vì hơn 80% lượng nước và bùn cát từ sông Mê Kông được vận chuyển qua sông Tiền. Nồng độ bùn cát tại trạm Châu Đốc chỉ bằng khoảng một nửa nồng độ bùn cát ở trạm Tân Châu. Trong khi đó nồng độ bùn cát tại trạm Cần Thơ và Mỹ Thuận là tương đương nhau. Trên sông Hậu, nồng độ bùn cát tại ngã 3 sông Hậu và sông Vàm Nao có sự thay đổi lớn. Cụ thể, phía thượng lưu ngã ba sông này, nồng độ bùn cát trên sông Hậu rất thấp, thường nhỏ hơn 0.2 g/l. Nhưng ngay phía hạ lưu ngã ba sông, nồng độ bùn cát tăng đột ngột lên hơn 0.3 g/l. Sự tăng này là do sự chuyển tải bùn cát từ sông Tiền sang sông Hậu qua sông Vàm Nao. Một điểm quan trọng nữa là nồng độ phù sa có xu hướng giảm theo hướng từ Châu Đốc về Cần Thơ.

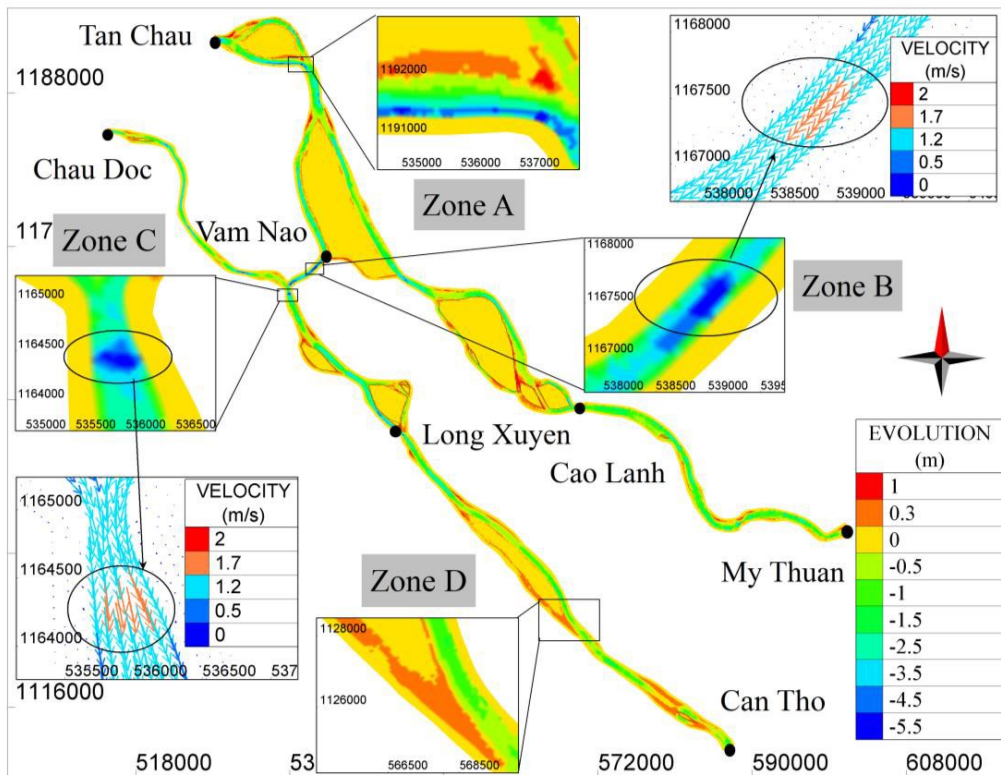
Trong mùa ít nước, nồng độ phù sa trên ĐBSCL nhìn chung là thấp hơn rất nhiều so với mùa lũ. Cụ thể, nồng độ phù sa vào tháng 8 năm 2014 cao hơn khoảng 4 lần nồng độ phù sa vào tháng 11 năm 2014. Một trong những kết quả quan trọng của mô hình là sông Tiền chuyển khoảng 40-50% lượng phù sa sang sông Hậu thông qua sông Vàm Nao trong giai đoạn tháng 6 đến tháng 12 năm 2014. Trung bình cho giai đoạn 2014-2017, tỉ lệ này là 44%.



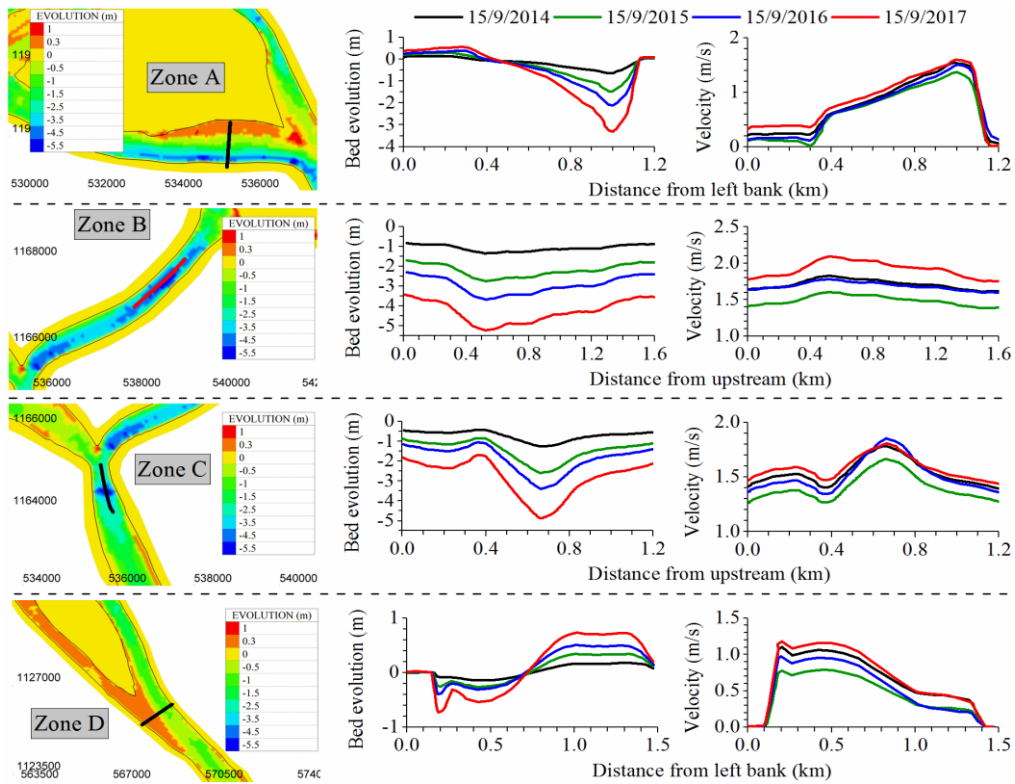
Hình 12. Phân bố nồng độ phù sa dọc sông Hậu vào mùa lũ

4.2. Sự thay đổi hình thái sông trên sông Tiền và sông Hậu từ 2014 đến 2017

Hình 8 biểu diễn sự thay đổi hình thái sông được mô phỏng từ 2014 đến 2017. Nhìn chung, đáy sông Vàm Nao bị xói nhiều nhất. Sông Hậu bị bồi nhiều hơn và xói ít sông Tiền. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng, độ sâu xói rỗng (hiệu của xói và bồi) trung bình từ năm 2014 đến 2017 của sông Vàm Nao, sông Tiền và sông Hậu lần lượt là -2.38m, -1.12m và -0.68m. Các giá trị này tương ứng với tốc độ xói là -0.79, -0.37 và -0.23 m/năm. Tổng lượng trầm tích đáy sông bị xói trung bình ở khu vực mô phỏng trong giai đoạn 2014-2017 là hơn -65.3 triệu m³/năm (là hiệu số giữa thể tích bị xói và thể tích bị bồi). Có thể thấy rằng, xói lở đáy sông chủ yếu diễn ra ở những đoạn sông cong và những nơi dòng sông bị thu hẹp có vận tốc lớn. Trong khi đó đáy sông ở cuối những cù lao và cồn thường bị bồi khi mà vận tốc dòng chảy nhỏ. Độ sâu xói trung bình mặt cắt trên sông Hậu lớn nhất đạt gần -3 m; trong khi đó độ cao bồi trung bình lớn nhất khoảng 1 m. Đoạn có đáy sông bị xói lớn nhất là từ Châu Đốc đến Long Xuyên và khu vực Cần Thơ, đặc biệt khu vực ngã ba sông Hậu và Vàm Nao.

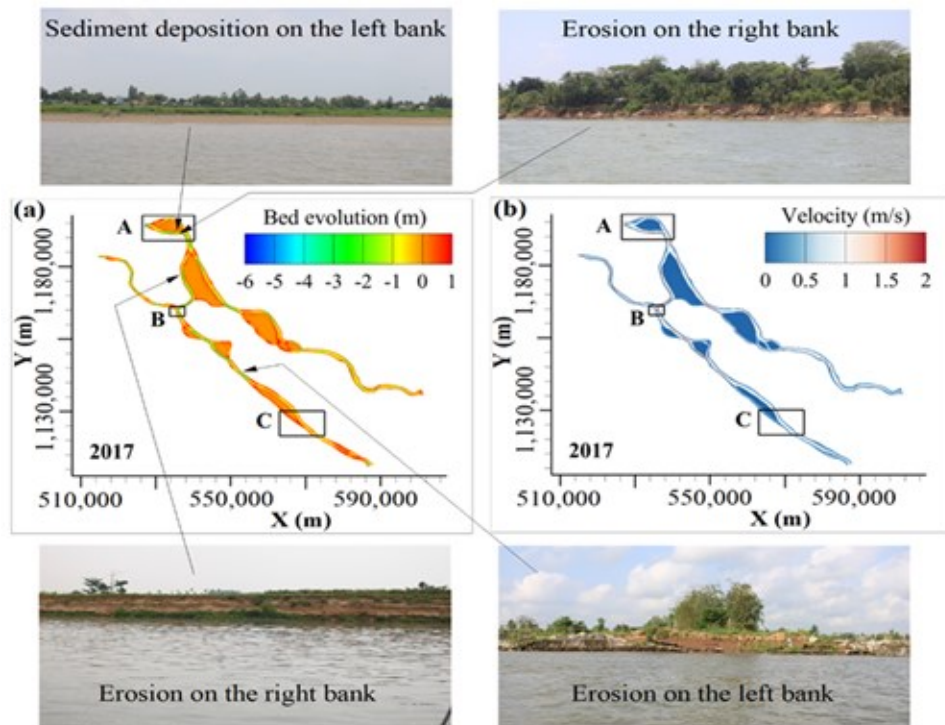


Hình 13. Sự thay đổi hình thái sông từ năm 2014 đến 2017



Hình 14. Vị trí những hố xói điển hình được mô phỏng bằng mô hình 2 chiều

Đặc biệt, chúng tôi xác định được nhiều hố xói xuất hiện trong phạm vi nghiên cứu, chẳng hạn như tại vùng A, B, và C trong Hình 9. Tại những hố xói này, tốc độ xói trong năm 2015 là nhỏ nhất trong giai đoạn mô phỏng vì đây là năm có lưu lượng đến là thấp nhất do hiện tượng El Nina gây ra. Trong khi đó, tốc độ xói của năm 2017 là lớn nhất vì lưu lượng dòng chảy lớn nhưng nồng độ phù sa lại rất nhỏ. Nồng độ phù sa nhỏ là do ảnh hưởng của các đập ở thượng nguồn đã ngăn chặn dòng phù sa chảy về ĐBSCL. Đặc biệt, từ kết quả mô phỏng và khảo sát thực địa chúng tôi thấy rằng, những vị trí xuất hiện hố xói đa số trùng với các khu vực xói lở bờ sông đã và đang diễn ra rất nghiêm trọng. Hình 10 thể hiện một vài vị trí điển hình cho thấy sự tương đồng giữa vị trí xuất hiện hố xói và xói lở bờ sông. Đặc biệt, chúng tôi mô phỏng được một hố xói rất sâu ngay tại ngã ba sông Hậu và Vàm Nao (vùng C). Tại khu vực này, vị trí sâu nhất đã bị xói đến -5.5m cho giai đoạn từ 2014 đến 2017. Đặc biệt, đây là khu vực đã xảy ra sạt lở bờ sông rất nghiêm trọng vào ngày 22 tháng 4 năm 2017, có chiều dài 130m và bề rộng 30m. Ngoài ra chúng tôi cũng kiểm tra hình ảnh vệ tinh tại các khu vực hố xói. Chúng tôi cũng nhận thấy rằng tại những vị trí hố xói thì bờ sông rất không ổn định và nhiều đoạn bị sạt lở rất nghiêm trọng.

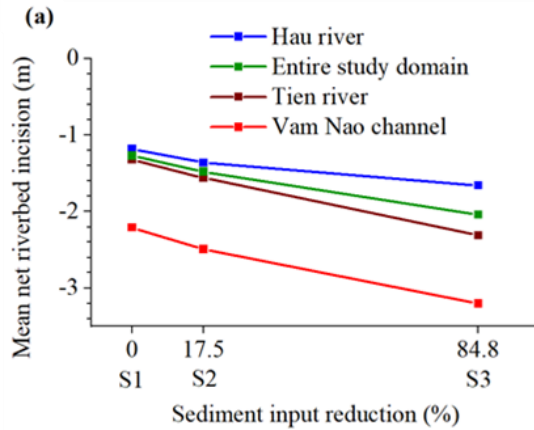


Hình 15. Kết quả mô phỏng

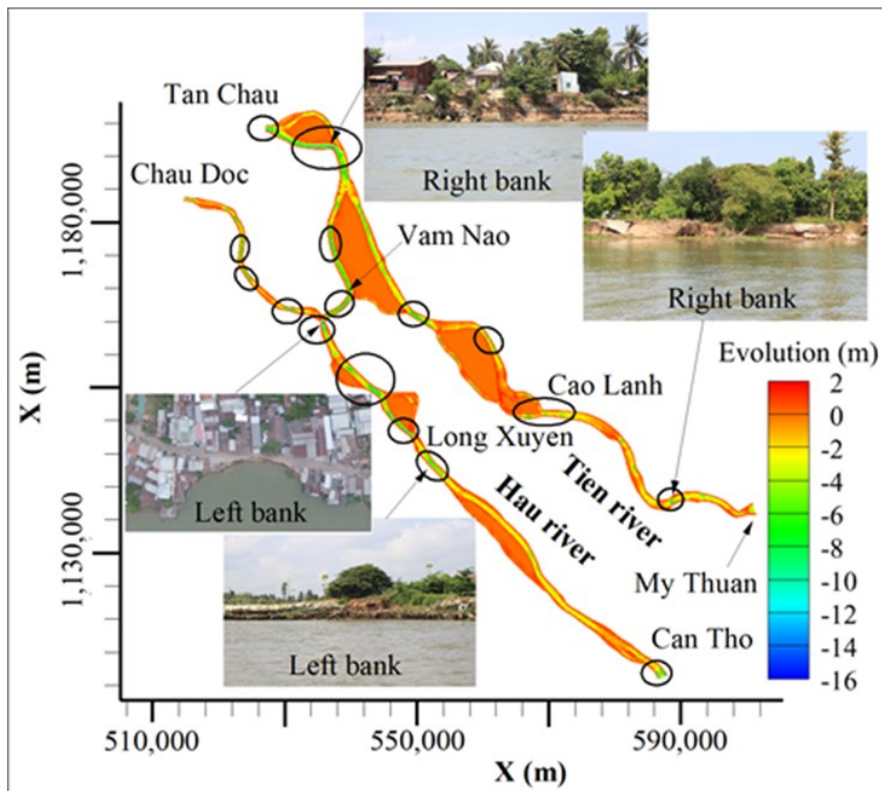
Kết quả mô phỏng: a) thay đổi hình thái sông từ 2014 đến 2017 và b) vận tốc dòng chảy. Một vài vị trí hồ xói trùng với các khu vực sạt lở bờ sông. Hình ảnh được chụp vào đợt thực địa vào tháng 6/2019.

4.3. Dự báo sự thay đổi hình thái sông đến năm 2026 do sự sụt giảm bùn cát

Các nghiên cứu trước đây ở ĐBSCL kết luận rằng, các nguyên nhân chính gây ra sự thay đổi hình thái sông bao gồm xây đập ở thượng nguồn, biến đổi khí hậu, khai thác cát và nước biển dâng [6,7,8,9,10,11,12]. Tuy nhiên ảnh hưởng của biến đổi khí hậu có tính không chắc chắn do mỗi nghiên cứu có những kết quả khác nhau [13,3]. Ví dụ, [8] cho rằng biến đổi khí hậu làm giảm lượng bùn cát ở lưu vực sông MêKong, nhưng [11,12] lại cho rằng biến đổi khí hậu sẽ làm tăng cường độ và tần suất của các trận mưa cực đoan, dẫn đến tăng lượng bùn cát bị xói lở trên lưu vực. [3] kết luận rằng đập trên lưu vực Mê Kông là nguyên nhân chính gây ra sự thay đổi chế độ bùn cát ở ĐBSCL, vượt xa ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Ngoài ra, [6] kết luận rằng, đập chính là nguyên nhân số một gây ra sự sụt giảm bùn cát ở ĐBSCL, từ đó dẫn đến xói lở đáy sông. Ngoài ra ảnh hưởng của đập đến xói lở đáy sông lớn hơn rất nhiều so với ảnh hưởng của khai thác cát. Vì vậy, chúng tôi chỉ mô phỏng các kịch bản ảnh hưởng của sự sụt giảm bùn cát đến thay đổi hình thái sông trong nghiên cứu này.



Hình 16. Kết quả mô phỏng thay đổi hình thái sông cho ba kịch bản



Hình 17. Dự báo xói lở đáy sông cho giai đoạn đến năm 2026 trong Kịch bản 3.

Có nhiều hồ xói được hình thành. Đa phần vị trí các hồ xói trùng với khu vực có bờ sông bị sạt lở. Các ảnh sạt lở bờ sông được chụp trong đợt khảo sát thực địa tháng 6/2019.

Kết quả mô phỏng cho thấy rằng, sông Vàm Nao sẽ bị xói lở nhiều hơn sông Tiền và sông Hậu (Hình 11). Ví dụ, độ sâu xói trung bình của đáy sông Vàm Nao, sông Tiền và sông Hậu vào năm 2026 so với năm 2017 trong Kịch bản 3 (bùn cát giảm gần 85%) lần lượt là -3.2m, -2.31m và -1.66m. Phía trên sông Vàm Nao, xói



lở đáy sông Tiền nghiêm trọng hơn đáy sông Hậu, nhưng điều ngược lại ở phía dưới sông Vàm Nao, tức là xói lở trên sông Hậu nghiêm trọng hơn sông Tiền. Theo dọc sông thì xói lở đáy sông Tiền và sông Hậu ở phía trên sông Vàm Nao nghiêm trọng hơn phía dưới sông Vàm Nao. Chúng tôi ước tính tổng lượng bùn cát đáy sông trong phạm vi nghiên cứu bị mất đi từ năm 2017 đến 2026 là khoảng -2.47 và -3.32 tỷ m³ cho Kịch bản 2 (bùn cát giảm 17.5%) và Kịch bản 3 (bùn cát giảm gần 85%), tương ứng tăng khoảng 23% và 65% so với Kịch bản 1 (bùn cát không giảm).

Trong giai đoạn mô phỏng, có nhiều hố xói được hình thành (Hình 12). Một vài vị trí điển hình trên sông Hậu gồm khu vực ngã ba sông Hậu-sông Vàm Nao, khu vực Long Xuyên, Cần Thơ. Hố xói sâu nhất là tại vị trí giao nhau giữa sông Hậu- sông Vàm Nao. Đây cũng chính là nơi có bờ sông bị sụp lở vào năm 2017. Thật ra, hố xói này được phát triển liên tục từ năm 2014 (hoặc có thể từ trước nhưng vì nghiên cứu này chỉ mô phỏng từ năm 2014). Đáy sông bị xói lớn nhất tại hố xói này trong kịch bản 3 lên đến -16m vào năm 2026 so với 2017. Đặc biệt, đối chiếu với kết quả đợt khảo sát tháng 6/2019 và hình ảnh vệ tinh thì chúng tôi nhận thấy rằng, vị trí các hố xói này đa phần trùng với vị trí các khu vực có bờ sông đã và đang bị xói lở nghiêm trọng. Do đó, một lần nữa chúng tôi cho rằng các hố xói này trong tương lai sẽ làm gia tăng mức độ xói lở bờ sông. Đây là điều mà chính quyền địa phương cần đặc biệt chú ý để có những giải pháp phù hợp nhằm giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng mô hình Telemac-2D kết hợp với mô hình Sisyphus để mô phỏng chế độ bùn cát và thay đổi hình thái sông cho giai đoạn 2014-2017. Chúng tôi thấy rằng, nồng độ bùn cát trên sông Hậu vào mùa lũ lớn hơn mùa kiệt khoảng 4 lần. Dọc dòng sông, nồng độ bùn cát giảm dần từ Châu Đốc về Cần Thơ. Vào mùa kiệt, nồng độ bùn cát thay đổi không nhiều dọc sông Hậu. Đặc biệt, nồng độ bùn cát từ Châu Đốc đến ngã ba sông Hậu và Vàm Nao khá thấp so với sông Tiền, nhưng đột ngột tăng ngay sau ngã ba sông này. Đó là do sông Vàm Nao đã vận chuyển khoảng 40-50% lượng bùn cát của sông Tiền sang. Nhờ sự vận chuyển này, hàm lượng bùn cát tại khu vực Cần Thơ trên sông Hậu và Mỹ Thuận trên sông Tiền là tương đương nhau.

Từ mô hình mô phỏng cho giai đoạn 2014-2017, đáy sông Hậu bị xói nhiều hơn bị bồi. Các vị trí bị xói thường là những nơi có đoạn sông cong và nơi có vận tốc dòng chảy lớn do dòng sông bị co hẹp. Những nơi bị bồi thường ở cuối các cù lao và cồn. Độ sâu xói trung bình cho toàn khu vực nghiên cứu trên sông Hậu từ 2014 đến 2017 là -0.68 m, tương đương với tốc độ xói -0.23 m/năm. Ngoài ra,



chúng tôi xác định được nhiều vị trí có hố xói rất sâu trong khu vực nghiên cứu, đặc biệt là ngay ngã ba sông Hậu và Năm Nao. Những vị trí này đồng thời cũng là nơi có bờ sông rất không ổn định và trong nhiều trường hợp là những nơi có bờ sông bị sạt lở rất nghiêm trọng.

Mô phỏng dự báo đến năm 2026 cho thấy, đáy sông Hậu bị hạ thấp rất nghiêm trọng. Đặc biệt, có nhiều hố xói sâu có thể sẽ hình thành. Điều đáng lưu ý là các hố xói sâu này đa phần trùng với vị trí các đoạn sông bị sạt lở bờ. Do đó có thể nhận định rằng, xói lở đáy sông sẽ tạo ra nguy cơ rất cao làm cho bờ sông bị sạt lở. Do đó, kết quả nghiên cứu của chúng tôi rất đáng để các cấp chính quyền địa phương lưu tâm nhằm có những giải pháp thích hợp để giảm thiểu thiệt hại do sạt lở bờ sông gây ra.

Lời cảm ơn

Bài báo này sử dụng số liệu của đề tài: Nghiên cứu tác động ảnh hưởng của các lòng, bè cá trên sông đến cơ chế xói lở lòng sông khu vực Sông Tiền; Mã số đề tài: VAST05.01/24-25

Cam kết của các tác giả

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Binh, D.V., Kantoush, S., Sumi, T., Mai, N.P., 2018b. Impact of Lancang cascade dams on flow regimes of Vietnamese Mekong Delta. Annu. J. Hydraul. Eng. JSCE 62.
- [2] Manh, N. V., Dung, N. V., Hung, N.N., Merz, B., Apel, H., 2014. Large-scale suspended sediment transport and sediment deposition in the Mekong Delta. Hydrol. Earth Syst. Sci. 18, 3033–3053. doi:10.5194/hess-18-3033-2014.
- [3] Manh, N.V., Dung, N.V., Hung, N.N., Kummu, M., Merz, B., Apel, H., 2015. Future sediment dynamics in the Mekong Delta floodplains: Impacts of hydropower development, climate change and sea level rise. Glob. Planet. Change 127, 22–33. doi:10.1016/j.gloplacha.2015.01.001.
- [4] Ta, T.K.O., Nguyen, V.L., Tateishi, M., Kobayashi, I., Tanabe, S., Saito, Y., 2002. Holocene delta evolution and sediment discharge of the Mekong River, southern Vietnam. Quat. Sci. Rev. 21, 1807–1819. doi:10.1016/S0277-3791(02)00007-0.
- [5] Hung, N.N., 2011. Sediment dynamics in the floodplain of the Mekong Delta, Vietnam.
- [6] Binh, D.V., Kantoush, S., Sumi, T., 2020. Changes to long-term discharge and sediment loads in the Vietnamese Mekong Delta caused by upstream dams. Geomorphology, 353, 107011.
- [7] Darby, S.E., Hackney, C.R., Leyland, J., Kummu, M., Lauri, H., Parsons, D.R., Best, J.L., Nicholas, A.P., Aalto, R., 2016. Fluvial sediment supply to a mega-delta reduced by shifting tropical-cyclone activity. Nature, 539, 276-279.



- [8] Eslami, S., Hoekstra, P., Trung, N.N., Kantoush, S.A., Binh, D.V., Dung, D.D., Quang, T.T., Vegt, M.V.D., 2019. Tidal amplification and salt intrusion in the Mekong delta driven by anthropogenic sediment starvation. *Sci. Rep.* 9, 18746.
- [9] Hackney, C.R., Darby, S.E., Parsons, D.R., Leyland, J., Best, J.L., Aalto, R., Nicholas, A.P., Houseago, R.C., 2020. River bank instability from unsustainable sand mining in the lower Mekong River. *Nature Sustainability*, 3, 217–225.
- [10] Hoanh, C.T., Jirayoot K., Lacomme, G., Srunetr, V., 2010. Impacts of climate change and development on Mekong flow regimes First assessment - 2009. MRC Management Information Booklet Series No. 4, Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR.
- [11] Hoang, L.P., Lauri, H., Kummu, M., Koponen, J., van Vliet, M.T.H., Supit, I., Leemans, R., Kabat, P., Ludwig, F., 2016. Mekong River flow and hydrological extremes under climate change. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20, 3027-3041.
- [12] Jordan, C., Tiede, J., Lojek, O., Visscher, J., Apel, H., Nguyen, H.Q., Quang, C.N.X., Schlurmann, T., 2019. Sand mining in the Mekong Delta revisited – current scales of local sediment deficits. *Sci. Rep.* 9, 17823.
- [13] Lauri, H., De-Moel, H., Ward, P.J., Räsänen, T.A., Keskinen, M., Kummu, M., 2012. Future changes in Mekong River hydrology: Impact of climate change and reservoir operation on discharge. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(12), 4603-4619

Article © 2026 by Magazine of Geodesy - Cartography is licensed under CC BY 4.0

