

**BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**  
**CHƯƠNG TRÌNH KC.08/16-20**

**“Nghiên cứu khoa học và công nghệ phục vụ bảo vệ môi trường và  
phòng tránh thiên tai”**

---

**ĐỀ TÀI**

**NGHIÊN CỨU DỰ BÁO DIỄN BIẾN SẠT LỎ, ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI  
PHÁP ĐỂ ÔN ĐỊNH BỜ SÔNG VÀ QUY HOẠCH SỬ DỤNG VÙNG VEN  
SÔNG PHỤC VỤ MỤC TIÊU PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI VÙNG  
HẠ DU HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI**

**Mã số: KC.08.28/16-20**

**BÁO CÁO SẢN PHẨM 01**

**Kết quả phân tích tổng hợp quá trình diễn biến lòng  
dẫn, nguyên nhân và cơ chế sạt lở bờ sông vùng hạ du  
hệ thống sông Đồng Nai**

Cơ quan thực hiện: **Viện Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu – Trường Đại học  
Thủy lợi**

Địa điểm : **175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội**

Chủ nhiệm đề tài : **GS. TS. Phạm Thị Hương Lan**

**CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI**

**VIỆN TRƯỞNG**

**GS. TS. Phạm Thị Hương Lan**

**Hà Nội, 2020**

## MỤC LỤC

MỤC LỤC .....	1
MỞ ĐẦU .....	3
I. Sự cần thiết nghiên cứu diến biến lòng dãy vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.....	3

Trong những năm gần đây, tình hình diến biến sạt lở hệ thống sông ĐNSG hiện nay diễn ra theo chiều hướng khá phức tạp, hàng năm hai bên bờ sông bị lún vào bờ khá lớn gây nguy hại cho dân cư sống hai bên bờ sông. Nó ảnh hưởng trực tiếp tới đời sống và sinh hoạt của người dân, tính ổn định của công trình ven sông, công trình trên sông, gây thiệt hại nặng nề cho các hoạt động dân sinh kinh tế vùng ven sông như gây mất đất nông nghiệp, hư hỏng nhà cửa, chết người, thậm chí có thể hủy hoại toàn bộ một khu dân cư, đô thị, ảnh hưởng đến các hoạt động kinh tế ven bờ, cụ thể hiện trạng sạt lở bờ sông Đồng Nai trong những năm gần đây phải kể đến như sau: Theo tài liệu của Sở Nông nghiệp và PTNT tỉnh Đồng Nai, đọc theo bờ phải khu vực các đoạn bị sạt lở trên sông Đồng Nai thuộc địa phận các xã Tân Hạnh và Hóa An thuộc TP. Biên Hòa người dân đã xây bờ kè bằng đá hộc, cù tràm nên đoạn này đã tương đối ổn định, tuy nhiên tháng 9/2016 đã xảy ra sạt lở phần đất trống dài 4m vào đất nhà ông Tân và bà Lê Thị Tại. Đoạn đường bờ trái sông Đồng Nai từ trạm kiểm soát giao thông thủy thuộc phường Bửu Long đến cầu Hóa An có nhiều đoạn sạt lở nhẹ, nhưng người dân đã thả đá hộc, đóng cù tràm và một số nơi còn thả các rọ đá để bảo vệ nhà cửa, ruộng vườn của họ. .... 5

### 1.2. Các vấn đề nghiên cứu diến biến lòng dãy, chính trị ổn định bờ sông..... 7

a) Cỏc dạng sạt lở bờ sụng.....	8
b) Nguyòn nhõn gõy sạt lở bờ sụng .....	11
c) Cỏc yếu tố ảnh hưởng đến xói lở bờ sụng: .....	12
d) Tốc động của xói lở bờ sụng, diến biến lũng dãy .....	14

### 1.3. Các phương pháp nghiên cứu dự báo sạt lở bờ sông ..... 15

## CHƯƠNG II ..... 18

### HIỆN TRẠNG VÀ CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SẠT LỞ BỜ SÔNG VÙNG HẠ DU HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI ..... 18

#### 2.1. Hiện trạng sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai..... 18

#### 2.2. Các dạng sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai. .... 26

#### 2.3. Các yếu tố ảnh hưởng xói lở bờ sông Đồng Nai – Sài Gòn..... 28

##### 2.3.1. Nhóm do tác động của sự phát triển trên lưu vực ..... 28

###### 2.3.1.1. Do xây dựng hồ chứa và các công trình trên sông .....28

###### 2.3.1.2. Do khai thác cát: .....34

###### 2.3.1.3. Do phát triển dân số và cơ sở hạ tầng .....36

##### 2.3.2. Nhóm do tác động do yếu tố dòng chảy, biến đổi khí hậu. .37

###### 2.3.2.1. Ảnh hưởng của yếu tố thủy văn, thủy lực, bùn cát.....37

<b>2.3.2.2. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, nước biển dâng, lũ lụt.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.3. Nhóm do tác động do yếu tố tự nhiên, địa hình, địa chất, quy luật vận động tự nhiên của lòng đất, khai thác nước ngầm.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.3.1. Ảnh hưởng của địa hình, địa mạo.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.3.2. Ảnh hưởng của địa chất.....</b>	<b>45</b>
<b>2.4. Các công trình kè bảo vệ bờ đê được xây dựng ở hạ du hệ thống sông Đồng Nai.....</b>	<b>46</b>
<b>2.4.1. Trên sông Đồng Nai: .....</b>	<b>46</b>
<b>2.4.2. Trên sông Sài Gòn .....</b>	<b>47</b>
<b>2.5. Ảnh hưởng của xói lở bờ sông đến sự phát triển kinh tế, xã hội và môi trường trong vùng, đặc biệt vùng không gian ven sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2.5.1. Ảnh hưởng đến phát triển kinh tế xã hộiError! Bookmark not defined.</b>	
<b>2.5.2. Ảnh hưởng đến môi trường .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## MỞ ĐẦU

### I. Sự cần thiết nghiên cứu diến biến lòng đất vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

Theo quy luật tự nhiên của dòng chảy “*Dòng sông bên lở bên bờ*” đã được ông cha ta đúc kết. Quy luật tự nhiên đó bị chi phối bởi tác động của con người. Dòng sông bao giờ cũng mang hai mặt của nó, đó là lợi ích to lớn như: cấp nước, nuôi trồng thủy sản, phát triển giao thông và cả một vùng kinh tế phát triển đa dạng. Mặt khác lũ lụt, xói lở bờ sông, bồi tụ cũng đã gây thiệt hại lớn ảnh hưởng đến quy trình phát triển kinh tế - xã hội của khu vực. Một nhà triết học cổ Hy Lạp đã nói “*không ai tắm hai lần trong cùng một dòng sông*”. Đúng vậy, dòng sông luôn luôn biến đổi khôn lường theo một qui luật riêng của nó, nếu hiểu và nắm vững qui luật vận động của chúng thì con người mới có thể tác động một cách có phương pháp khoa học, mới mong chinh phục được dòng sông để phục vụ con người.

Sông ngòi là nguồn tài nguyên quý giá khai thác, sử dụng để phát triển thủy điện, thủy lợi, giao thông thủy... và các ngành kinh tế quốc dân khác. Các hoạt động khai thác các công trình này mang lại những lợi ích thiết thực cho kinh tế - dân sinh, song cũng có một số hoạt động khai thác chưa được như ý muốn, thậm chí còn gây tác động xấu, nhất là sự diến biến sạt lở bờ sông gây phá vỡ môi trường sinh thái. Do vậy, muốn khai thác và sử dụng hợp lý dòng sông cần hiểu rõ bản chất sông ngòi, các qui luật diến biến cũng như các tác động tiêu cực của nó để khai thác hiệu quả.

Sạt lở bờ không phải là hiện tượng cá biệt của Việt Nam mà đã và đang xảy ra ở nhiều nơi trên thế giới. Hội Kỹ sư Công chánh Hoa Kỳ năm 1981 đã ước tính trong tổng số hơn 5,63 triệu km chiều dài sông suối ở nước này thì đã có khoảng 925.000 km đường bị sạt lở chiếm 16%. Ở Việt Nam, trong những năm gần đây, tình hình sạt lở bờ sông, bờ biển trên phạm vi cả nước đang có xu thế gia tăng và diến biến ngày càng phức tạp gây ra những thiệt hại không nhỏ đến dân sinh, kinh tế. Theo con số thống kê, trên các lưu vực sông suối cả nước, hiện có trên 737 điểm sạt lở với tổng chiều dài trên 1257km. Trong đó, miền Bắc có 165 điểm với chiều dài 252 km, miền Trung có 307 điểm với chiều dài 555km và miền Nam có 265 điểm với chiều dài 450 km.

Theo con số thống kê, trên các lưu vực sông suối cả nước, hiện có 2.229 điểm sạt lở với tổng chiều dài trên 2.837 km, trong đó:

- Các tỉnh Bắc Bộ và Thanh Hóa: 439 điểm/394 km;
- Các tỉnh ven biển miền Trung từ Nghệ An đến Bình Thuận: 815 điểm/1.200 km;
- Các tỉnh Tây Nguyên: 388 điểm/394 km;
- Các tỉnh Đông Nam Bộ: 117 điểm/ 160 km;
- Các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long: 470 điểm/689 km.

Trong số các điểm sạt lở nêu trên, theo tiêu chí về phân loại sạt lở bờ sông, bờ biển quy định tại Quyết định số 01/2011/QĐ-TTg ngày 04/01/2011 của Thủ tướng Chính phủ, hiện có:

- 96 điểm sạt lở đặc biệt nguy hiểm (sạt lở gay nguy hiểm trực tiếp đến an toàn khu tập trung dân cư và cơ sở hạ tầng quan trọng), tổng chiều dài 197 km.
  - + Các tỉnh Bắc Bộ và Thanh Hóa: 28 điểm/52 km;
  - + Các tỉnh ven biển miền Trung từ Nghệ An đến Bình Thuận: 26 điểm/51 km;
  - + Các tỉnh Tây Nguyên: 9 điểm/14 km;

- + Các tỉnh Đông Nam Bộ: 8 điểm/5 km;
- + Các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long: 25 điểm/74 km.
- 651 điểm sạt lở nguy hiểm, tổng chiều dài 1.007 km.
- 1.482 điểm sạt lở bình thường, tổng chiều dài 1.633km.



Cùng với các công trình xây dựng không theo các qui hoạch của thành phố thì nạn lấn chiếm bờ sông, khai thác các nguồn lợi ven sông như khai thác cát hay chặt phá cây cối ven sông, xây dựng nhà cửa lấn chiếm bờ sông đa làm cho lòng dẫn của sông bị thay đổi, làm lệch hướng dòng chảy và nhất là làm cho đường bờ chịu những tải trọng rất lớn vượt qua mức cho phép cho nên rất nhiều nơi dọc theo hệ thống sông khu vực hạ du Đồng Nai-Sai Gòn bị sạt lở nghiêm trọng và trong những năm vừa qua gây ra rất nhiều thiệt hại về tinh mạng và tài sản vật chất của nhân dân.

Quá trình đô thị hóa, các công trình dần dần che khuất các dòng sông, thậm chí do quá trình chiêm dụng đát hai bên sông làm cho nhiều đoạn sông không còn có thể tiếp cận đối với mọi người. Tp Hồ Chí Minh vốn là một đô thị sông nước cũng đang nằm trong tình trạng đó. Ngoài nguy cơ bị xói lở theo quy luật tự nhiên của dòng chảy, đất dọc bờ sông còn có nguy cơ bị chiêm dụng và xây dựng tuy tiện, quỹ đất và mặt nước bị lãng phí, cảnh quan sông nước bị hủy hoại, môi trường bị ô nhiễm và cộng đồng dân cư thành phố mất cơ hội tiếp cận không gian rộng lớn tươi đẹp của sông nước.

Do không có đường dọc bờ sông, nên mặc dù nằm bên sông Sài Gòn, nhưng dân chung thanh phố chỉ có thể tiếp cận bờ sông một đoạn ngắn dọc công viên Bạch Đằng Q.1. Chỉ những nơi chưa có công trình như khu vực Bình Quới Thanh Đa, Cầu Giò hay Hóc Môn, Củ Chi mới có thể nhìn thấy dòng sông từ trên bờ. Mặc dù đã có những dự án cải tạo môi trường nước và đô thị lớn, chi phí hàng tỷ USD, đa thay đổi bộ mặt Thành phố dọc theo các kênh Nhiêu Lộc – Thị Nghè, Tàu Hủ - Bến Nghé, Lo Gốm – Tân Hoa, v.v... nhưng tình trạng nhà trên kênh rạch có từ trước Giải phóng vẫn còn tồn tại, không những che khuất dòng kênh mà con gây ô nhiễm và làm mất mỹ quan đô thị. Theo Chương trình đột phá chỉnh trang đô thị, hành lang các bờ sông, kênh, rạch sẽ được giải tỏa, tạo ra cơ hội chỉnh trang bộ mặt đô thị và khai thác có hiệu quả quỹ đất hai bên bờ sông kênh rạch của Thành phố.

Trên thế giới, dòng sông còn được coi như biểu tượng bộ mặt của đô thị, tượng trưng cho văn hóa, thỏi nhuốm của khu vực đó. Do đó, cần phải nhận thức rằng việc cải tạo dòng sông liên quan đến sự phát triển thịnh vượng, bền vững của thành phố.

Vùng ven sông có nhiều tiềm năng và điều kiện thuận lợi cho phát triển kinh tế. Do đó các khu vực kinh tế, khu dân cư đông đúc thường tập trung ở vùng ven sông. Vì vậy khi sạt lở bờ sông gây ra mất ổn định khu vực thi những tác động của nó nhạy cảm hơn, ảnh hưởng mạnh hơn và liên quan tới nhiều mặt, nhiều lĩnh vực của kinh tế xã hội.

Sông Đồng Nai là hệ thống sông lớn thứ 3 của Việt Nam, sau hệ thống sông Hồng-Thái Bình và sông Mê Công, là hệ thống sông nội địa lớn nhất nước ta. Hệ thống sông Đồng Nai chảy qua địa phận hành chính của 11 tỉnh/thành phố là Lâm Đồng, Đắc Nông, Đồng Nai, Bình Phước, Bình Dương, Tây Ninh, Long An, Bình Thuận, Bà Rịa-Vũng Tàu và thành phố Hồ Chí Minh. Đây là hệ thống sông có vai trò rất quan trọng trong cấp nước phục vụ công cuộc phát triển kinh tế-xã hội các tỉnh miền Đông Nam bộ.



Hình 1: Lưu vực hệ thống sông Đồng Nai

Trong những năm gần đây, tình hình diễn biến sạt lở hệ thống sông ĐNSG hiện nay diễn ra theo chiều hướng khá phức tạp, hàng năm hai bên bờ sông bị lấn vào bờ khá lớn gây nguy hại cho dân cư sống hai bên bờ sông. Nó ảnh hưởng trực tiếp tới đời sống và sinh hoạt của người dân, tính ổn định của công trình ven sông, công trình trên sông, gây thiệt hại nặng nề cho các hoạt động dân sinh kinh tế vùng ven sông như gây mất đất nông nghiệp, hư hỏng nhà cửa, chết người, thậm chí có thể hủy hoại toàn bộ một khu dân cư, đô thị, ảnh hưởng đến các hoạt động kinh tế ven bờ, cụ thể hiện trạng sạt lở bờ sông Đồng Nai trong những năm gần đây phải kể đến như sau: Theo tài liệu của Sở Nông nghiệp và PTNT tỉnh Đồng Nai, đọc theo bờ phải khu vực các đoạn bị sạt lở trên sông Đồng Nai thuộc địa phận các xã Tân Hạnh và Hóa An thuộc TP. Biên Hòa người dân đã xây bờ kè bằng đá hộc, cù tramura nên đoạn này đã tương đối ổn định, tuy nhiên tháng 9/2016 đã xảy ra sạt lở phần đất trống dài 4m vào đất nhà ông Tân và bà Lê Thị Tại. Đoạn đường bờ trái sông Đồng Nai từ trạm kiểm soát giao thông thủy thuộc phường Bửu Long đến cầu Hóa An có nhiều đoạn sạt lở nhẹ, nhưng người dân đã thả đá hộc, đóng cù tramura và một số nơi còn thả các rọ đá để bảo vệ nhà cửa, ruộng vườn của họ.

Phía bờ hữu trên địa bàn xã Hòa An và phường Bửu Hòa có khoảng 900m đường bờ bị sạt lở. Bên bờ tả thuộc phường Hòa Bình và Quyết Thắng có khoảng 400m đường bờ bị sạt lở đều ở mức độ nhẹ, từ  $0,5 \div 3,0$ m/năm. Trên cồn Gáo trước đây vẫn có nhà dân (dài 70-80 m rộng khoảng 20 m) và đã bị xói mòn sau những đợt lũ lụt khoảng sau năm 1980. Đồng thời, trong thời gian nhiều năm gần đây thì việc bơm hút cát từ lòng sông diễn ra với quy mô cao, tạo nên các hố sâu. Tốc độ xói mòn bờ sông cũng có khuynh hướng tăng ở dọc bờ tả (cù lao Phố) so với bờ hữu. Ngày 26/10/2017, tại khu phố Ba Định, phường Thái Hòa, TX.Tân Uyên xuất hiện điểm sạt lở kéo dài hàng chục mét làm nhiều phần đất bị đổ xuống sông Đồng Nai. Sáng sớm 27/6/2017, tại khu vực sông Kinh Lộ thuộc Ấp 3, xã Hiệp Phước, huyện Nhà Bè, TPHCM, đã xảy ra một vụ sạt lở bờ sông làm 5 căn nhà bị sập đổ và 3 căn nhà lân cận bị ảnh hưởng. Tổng diện tích khu vực sạt lở dài 50m, sâu 20m; còn tổng diện tích nhà bị thiệt hại hiện xã đang thống kê. Hiện có 5 hộ bị sạt lở và 3 hộ có nguy cơ bị sạt lở. Địa phương đã di dời 8 hộ ra khỏi khu vực sạt lở.



Hình ảnh sạt lở bờ sông Phường Thái Hòa ngày 26/10/2016



Khu vực bờ sông Kinh Lộ, xã Hiệp Phước, huyện Nhà Bè bị hàm ếch khoét sâu vào gây sạt lở nhà dân (ngày 27/6/2017)

Dòng sông gồm 02 yếu tố cơ bản cấu thành đó là lòng dẫn và dòng nước chảy trên nó. Hai yếu tố này thay đổi theo không gian và thời gian và giữa chúng không ngừng tác động lẫn nhau thông qua lực cơ học, lý học và hóa học. Dưới tác động của dòng nước, lòng dẫn bị thay đổi về hình dạng, kích thước, độ lớn. Ngược lại sau khi lòng dẫn đã thay đổi lại có tác động trở lại dòng nước làm thay đổi trạng thái, kết cấu của dòng nước....Điều này chứng tỏ rằng hiện tượng xói bồi, biến hình lòng dẫn sông là một hiện tượng tự nhiên mà nguyên nhân chính là do sự tác động qua lại không ngừng giữa dòng chảy và lòng dẫn. Hiện nay, dưới tác động của biến đổi khí hậu, các hoạt động khai thác, sử dụng nước và phát triển KTXH trên lưu vực đã làm cho tình hình sạt lở bờ sông ngày càng diễn biến phức tạp gây ảnh hưởng lớn đến các hoạt động dân sinh kinh tế vùng ven sông. Bên cạnh đó nhu cầu khai thác sử dụng vùng ven sông phục vụ phát triển kinh tế xã hội ngày càng nhiều. Trước thực tế đó, việc chủ động phòng chống và đưa ra được những giải pháp thích hợp, khả thi về khoa học công nghệ và quản lý phục vụ phòng chống sạt lở, quy hoạch phát triển kinh tế xã hội, khai thác sử dụng có hiệu quả không gian ven sông thực sự cấp thiết.

Đã có một số nghiên cứu về diễn biến lòng dẫn, đề xuất các giải pháp khoa học công nghệ để ổn định lòng dẫn hạ du hệ thống sông Đồng Nai phục vụ phát triển kinh tế xã hội, tuy nhiên các nghiên cứu chuyên sâu về vấn đề sạt lở bờ, đánh giá hiện trạng, nguyên nhân và cơ chế, các yếu tố ảnh hưởng đến sạt lở bờ sông, giải pháp công nghệ bảo vệ bờ có tính khả thi là chưa nhiều, đặc biệt liên quan đến việc quy hoạch sử dụng vùng ven sông phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế xã hội vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai. Các nghiên cứu trước đây còn rời rạc, chưa tìm ra đầy đủ các nguyên nhân, cơ chế và các yếu tố ảnh hưởng đến sạt lở bờ sông hạ du hệ thống sông Đồng Nai và dự báo trong tương lai có xét ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và nước biển dâng, cũng như chưa

có được những giải pháp tổng thể mang tính bền vững và thực tiễn về khoa học công nghệ và quản lý phục vụ phòng chống sạt lở, quy hoạch phát triển bền vững, khai thác sử dụng có hiệu quả không gian ven sông phục vụ phát triển kinh tế xã hội.

Vì vậy cần thiết phải nghiên cứu dự báo diễn biến sạt lở để đánh giá một cách tổng hợp hiện trạng, xác định các nguyên nhân, cơ chế và các yếu tố ảnh hưởng đến sạt lở bờ sông cũng như đề xuất được các giải pháp khoa học công nghệ và quản lý phục vụ phòng chống sạt lở, quy hoạch phát triển bền vững, khai thác sử dụng có hiệu quả không gian ven sông vùng hạ du sông Đồng Nai. Và đây vẫn là chủ đề nóng, cần phải tiếp tục nghiên cứu, giải quyết để đáp ứng các nhu cầu về phát triển kinh tế xã hội.

Để đạt được mục tiêu đặt ra của bài toán, các vấn đề sau cần được xem xét khi đánh giá tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu của đề tài:

- Thứ nhất cần tìm hiểu phân tích về các dạng sạt lở bờ sông, diễn biến lòng dãy hiện nay, phân loại các loại hình xói lở, nguyên nhân và cơ chế gây sạt lở bờ sông, các yếu tố ảnh hưởng đến sạt lở bờ sông và tác động của sạt lở bờ sông đến hoạt động dân sinh kinh tế.

- Thứ hai cần phân tích, đánh giá về những công trình nghiên cứu khoa học về diễn biến sạt lở bờ, lòng dãy, định hướng cho nghiên cứu của đề tài trong việc tiếp cận những công nghệ mới, phương pháp mới, công cụ mới, phân tích những tồn tại và hướng cần giải quyết của đề tài

- Thứ ba cần phân tích yêu cầu của các ngành KT-XH và môi trường đối với ổn định bờ sông và quy hoạch sử dụng vùng ven sông phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế xã hội.

- Thứ tư cần phân tích, đánh giá những giải pháp để ổn định bờ sông và quy hoạch sử dụng vùng ven sông phục vụ phát triển kinh tế xã hội, khai thác ổn định dòng sông như nào của các nước tiên tiến, định hướng áp dụng cho nghiên cứu của đề tài.

## 1.2. Các vấn đề nghiên cứu diễn biến lòng dãy, chính trị ổn định bờ sông

Hiện nay, đề nghiên cứu chính trị sông, bảo vệ bờ, ổn định lòng dãy và quy hoạch sử dụng vùng ven sông phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế xã hội, các nghiên cứu thường tập trung vào các vấn đề chính sau:

- Cơ chế xói lở bờ sông, nguyên nhân và các yếu tố ảnh hưởng, các tác động của xói lở bờ sông.

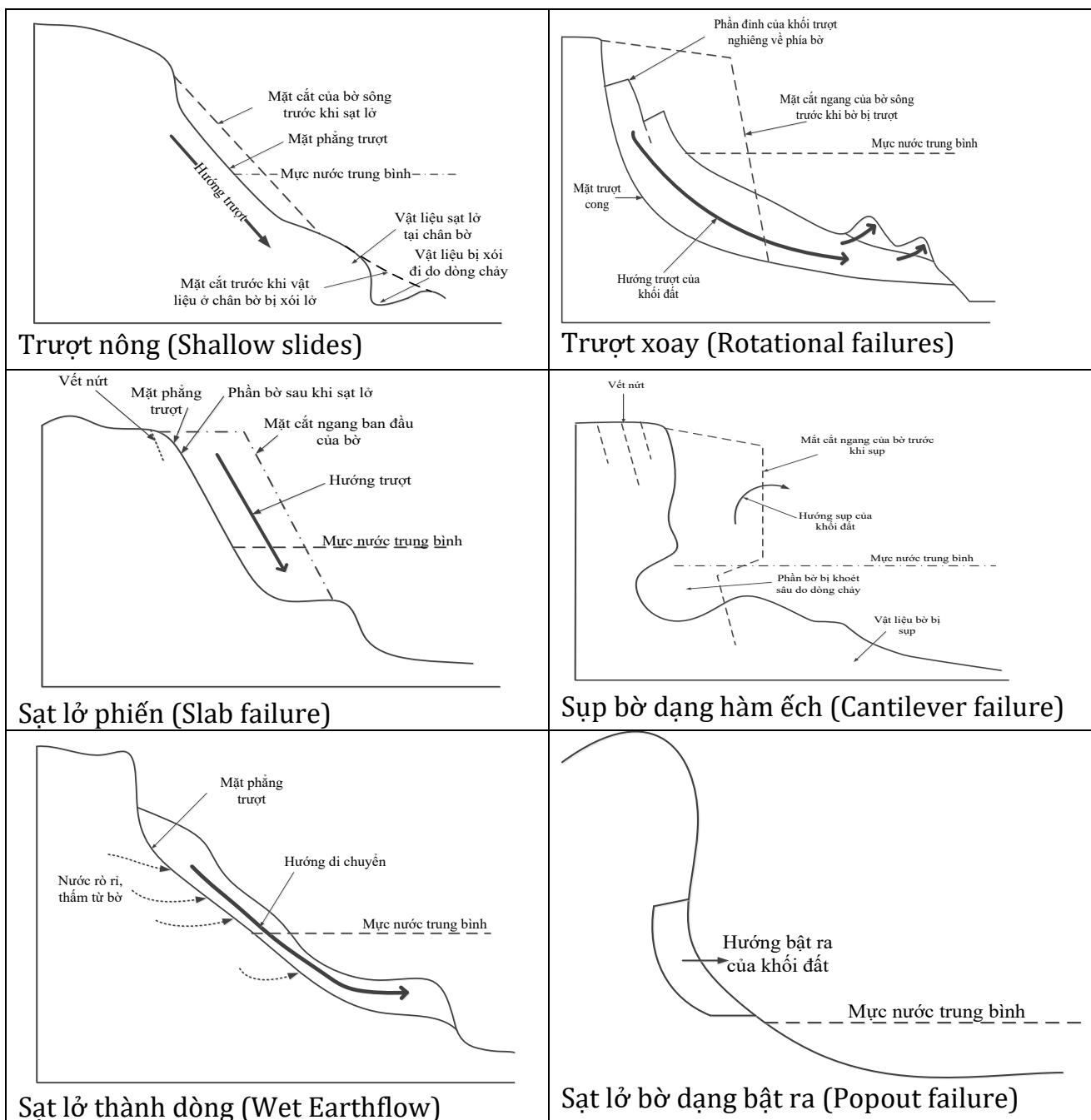
- Nghiên cứu dự báo sạt lở bờ sông, diễn biến lòng dãy.

- Các giải pháp khoa học công nghệ bảo vệ ổn định bờ sông.

Sạt lở bờ sông đã và đang là mối nguy hiểm cho đời sống của con người ở nhiều nước trên thế giới. Những nước có địa hình phẳng dị mạnh mẽ, cấu trúc địa chất, kiến tạo hiện đại phức tạp, lại nằm trong những miền khí hậu có mưa nhiều, cường độ lớn, như: Trung Quốc, Ấn Độ, Nhật Bản, các nước ở khu vực Alpo, Bắc Mỹ, Nam Mỹ là những nước thường xuyên xảy ra hiện tượng xói lở bờ sông, diễn biến lòng dãy nói riêng. Nhận thức được mối hiểm họa này, hầu hết các nước như: Mỹ, Nga, Ấn Độ, Nhật Bản, Trung Quốc đã tập trung nghiên cứu dự báo diễn biến xói lở bờ sông, lòng dãy đưa ra các giải pháp phòng chống, phòng tránh, giảm đến mức thấp nhất thiệt hại do chúng gây ra, mang lại hiệu quả thiết thực cho đời sống của con người. Do đó, những nghiên cứu về diễn biến sạt lở bờ, lòng dãy ở các nước nói trên đã đạt được những thành tựu to lớn, thực sự đã làm giảm nhẹ và phòng tránh tai biến có hiệu quả.

### a) Các dạng sạt lở bờ sông

Environment Agency(1999) đã chỉ ra các dạng sạt lở bờ sông như sau:

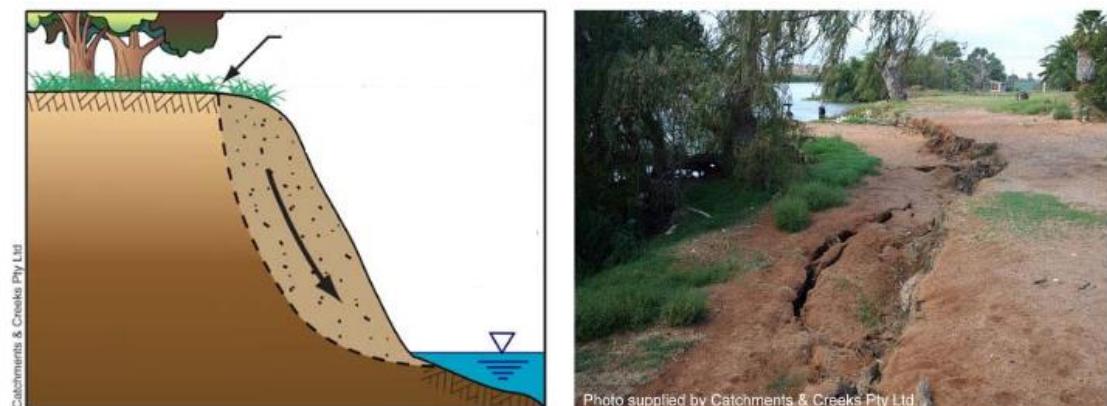


**Sạt lở dạng trượt nông (Shallow slides)** còn được gọi là trượt theo mặt phẳng. Với dạng trượt này thì các lớp vật liệu di chuyển dọc theo mặt phẳng bì mặt của bờ dưới tác dụng của tải trọng. Đây là kiểu điển hình cho loại đất với độ kết dính thấp, thường xảy ra khi góc nghiêng của bờ lớn hơn góc ma sát trong của vật liệu bờ. Kiểu trượt nông này thường xảy ra ở những bờ có độ dốc trung bình. Trượt nông thường xảy sau khi các kiểu trượt xoay (rotaiton slides) hoặc trượt phiến (slab slides) xảy ra (Thorne, 1998). Các kiểu sạt lở này làm mất đi một lượng lớn trầm tích góc của bờ ở những vị trí mà dễ dàng bị cuốn đi bởi tác động của dòng chảy thông thường (Environment Agency, 1999).

**Sạt lở dạng trượt xoay (Rotational failures)** là sự di chuyển của vật liệu nằm sâu ở dưới theo cả hai chiều: xuống dưới và hướng ra ngoài dọc theo mặt trượt cong, thường phổ biến ở bờ có vật liệu kết dính và độ dốc nhỏ hơn  $60^{\circ}$ . Sau khi trượt phần đỉnh của khối trượt thường nghiêng hướng về phía bờ. Chúng thường gắn liền với những vết nứt thẳng đứng bên trong cấu trúc của bờ. Trượt xoay thường có khối lượng lớn hơn

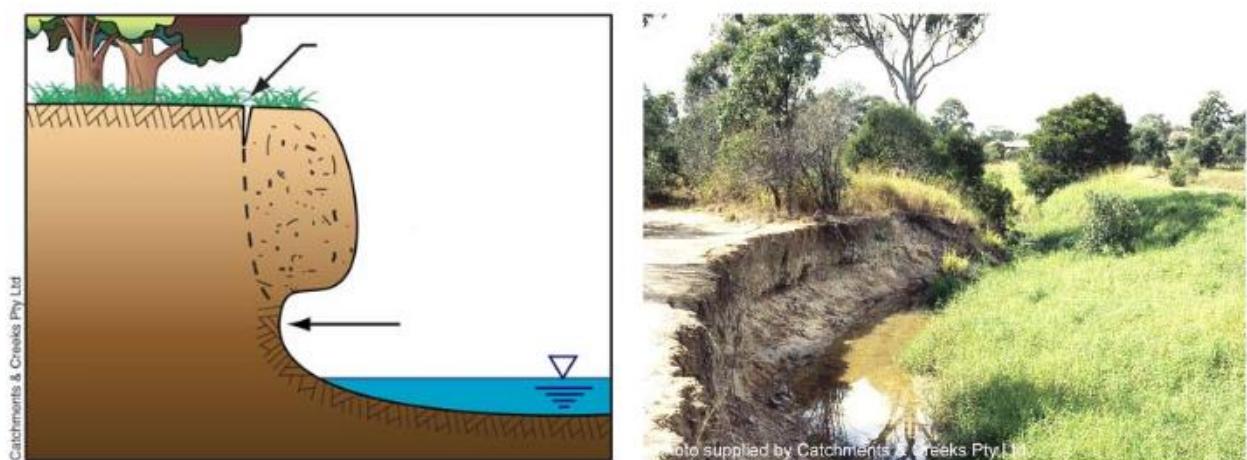
truột phiến (Dapporto và cộng sự, 2003) và đây cũng thường là kết quả của việc xói mòn chân bờ hoặc/và áp suất nước trong lỗ rỗng cao trong vật liệu bờ. Thường thường trượt xoay xảy ra trong suốt quá trình rút nhanh chóng của lũ.

**Sạt lở phiến (Slab failure)** là kiểu trượt mà khối vật liệu bờ sẽ có xu hướng lật xuống dòng sông. Chúng liên quan đến độ dốc, độ cao bờ thấp, sự gắn kết các hạt mịn của vật liệu bờ và thường xảy ra trong điều kiện dòng chảy thấp. Sạt lở phiến là kết quả kết hợp của xói lở ở chân bờ, áp lực nước lỗ rỗng trong vật liệu bờ và sự phát triển của các vết nứt ở trên bờ. Dưới những điều này thì sự ổn định của bờ phụ thuộc vào sức bền kéo của vật liệu bờ (Environment Agency, 1999). Sự bồi tụ của các khối đất bị sụp có thể tạm thời bảo vệ được phần chân bờ khỏi xói lở trong thời gian ngắn. Khả năng xảy ra trượt phiến đặc trưng bởi các vết nứt hình thành cách định bờ sông một đoạn nhỏ. Sự khô hạn và ứng suất căng làm cho các khe nứt nhanh chóng được hình thành. Các khe nứt hình thành có thể làm nước từ dòng chảy bề mặt hoặc dòng chảy dưới bề mặt xâm nhập vào bờ, làm tăng áp lực thẩm và thường làm giảm tính ổn định của bờ, tác động và làm các khối vật liệu bờ trượt xuống và hướng ra phía lòng sông như kiểu sạt lở khôi (Simons và Li, 1982).



Hình 1. 1: Ví dụ sạt lở dạng phiến

Sạt lở bờ dạng hàm éch (Cantilever failure) là kiểu sạt lở của của khối vật liệu nhô ra bên ngoài phía dòng chảy, thường xảy ra sau khi chân bờ bị khoét sâu vào dưới tác động của dòng chảy. Chúng có xu hướng xảy ra nơi các vật liệu thô và mịn trộn lẫn với nhau, và xảy ra trong điều kiện dòng chảy thấp. Ở nhiều nơi, rễ thực vật của cây giúp tăng độ kết dính vật liệu của khối đất nhô ra. Những khối vật liệu tạo ra do quá trình sạt lở này có thể bị phá vỡ, tác động và bị cuốn đi bởi các tác động thủy lực của dòng chảy. Nhưng khi các khối đất sạt lở này đang nằm lại ở dưới chân thì chúng có tác dụng bảo vệ bờ khỏi sự xói mòn (Watson 2006).

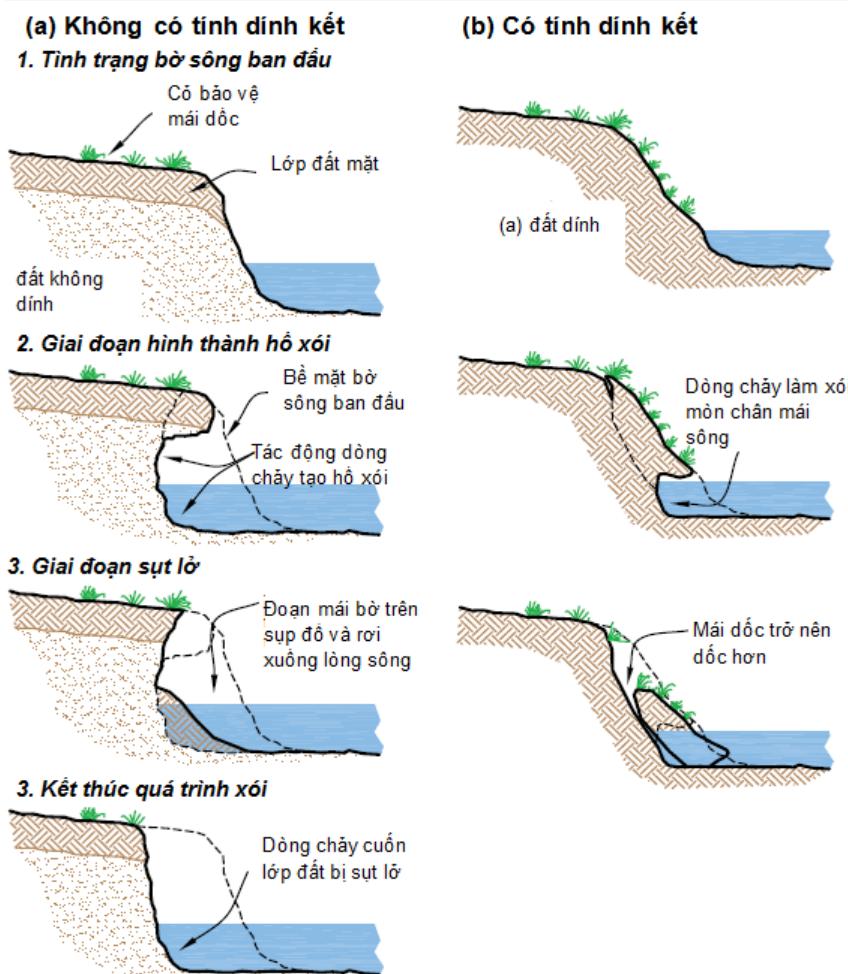


Hình 1. 2: Ví dụ sạt lở dạng hàm éch

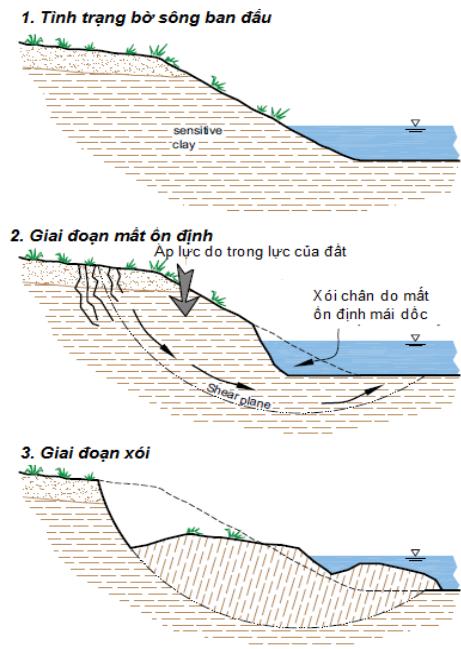
**Sạt lở thành dòng (Wet Earthflow)** xảy ra ở các vị trí mà bờ yếu, do việc tăng khối lượng và sự giảm sức bền vật liệu bờ đến một thời điểm mà vật liệu bờ chảy lỏng ra thành dòng và có độ nhót cao. Loại sạt lở này xảy ra ở bờ có góc dốc thấp và làm dòng vật liệu chảy xuống và tạo thành các thùy ở phần chân của bờ. Các loại vật liệu này rất yếu và dễ bị loại bỏ thậm chí là dòng chảy nhỏ (Thorne, 1998). Dòng hoang thổ xảy ra ở các bờ có độ thâm lớn và thoát nước kém. Thường thì chúng xảy ra do mưa lớn, tuyết tan hoặc là do sự hạ thấp mực nước nhanh chóng của dòng chảy.

**Popout failure – sạt lở bờ dạng bật ra** là một định nghĩa dùng để chỉ các quá trình sạt lở bờ có các khối vật liệu với kích thước từ nhỏ đến trung bình bị đẩy ra ngoài ở gần hoặc ở tại lớp đáy của bờ sông. Nguyên nhân là do áp suất nước trong lỗ hổng bị thừa và bị sức ép quá mức. Một khối vật liệu dạng phiến ở phía dưới của bờ (gần chân bờ) sẽ rơi ra ngoài và hình thành các hốc. Dạng sạt lở bờ này thường là sự kết hợp giữa bờ dốc và các vật liệu bờ kết dính bị bão hòa, điều này làm tăng áp suất nước trong lỗ hổng và/hoặc rò rỉ mạnh trong cấu trúc đó. Phần nhô ra tại hốc có thể sụp đổ xuống như một dạng sụt bờ hàm ếch. Bằng chứng cho dạng sạt lở này gồm có: vật liệu kết dính, bờ dốc với các vùng rò rỉ nằm ở vị trí thấp của bờ và các hốc ở bờ sông (Thorne, 1998).

Bentrup (1998) phân tích quá trình sạt lở bờ sông đối với (a) đất không dính và (b) đất kết dính dưới tác động của dòng chảy như sau:



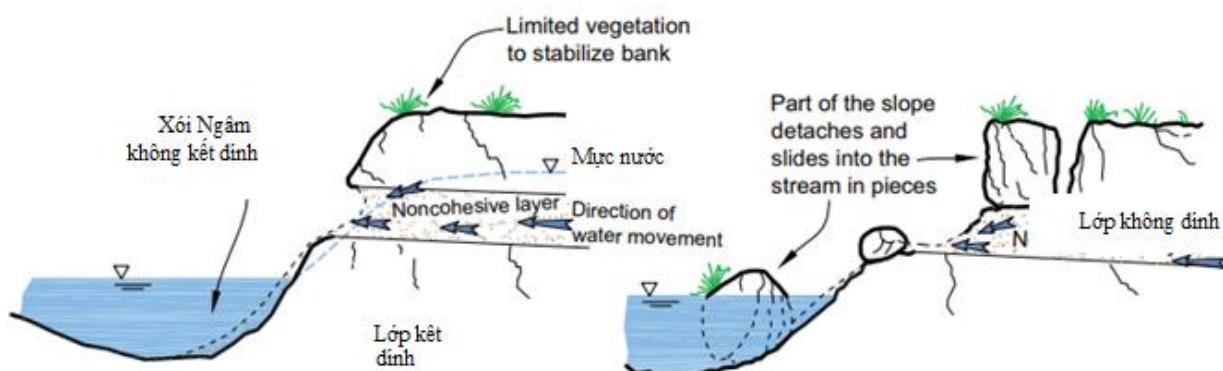
Nghiên cứu của Luc Lemieux (2005) cho thấy sự sạt lở bờ sông xảy ra khi các vật liệu tạo thành các bờ sông không còn khả năng chống lại lực hấp dẫn nữa. Cơ chế này xảy ra chủ yếu ở các loại đất kết dính mà có xuất hiện dòng thám, cộng với trọng lượng của bờ sông và làm giảm lực kết dính giữa các thành phần hạt. Kết quả là mái bờ sông bị sụt lở. Khi độ dốc hoặc chiều cao của bờ tăng lên, trọng lượng của đất cuối cùng vượt quá lực kết dính giữ nó lại với nhau, phần trên cùng của các khe nứt tách rời ra và trượt xuống lòng dẫn. Trong đất kết dính, bề mặt bị sạt lở có hình dạng hình cung tròn. Nếu cấu tạo bờ là đất ít có tính dính thì dễ bị sạt lở bờ. Sạt lở thường xảy ra sau khi mưa lớn hoặc trong thời kỳ bờ sông đã đạt trạng thái bão hòa nước.



Couper (2001) đã nghiên cứu chỉ ra các loại hình tương ứng với tình hình xói lở như sau: xói lở bờ ở bờ sông cong có các hố xói cục bộ sát bờ; xói lở bờ ở đầu và đuôi các bãi giữa, xói lở bờ ở vùng sông phân lạch không ổn định và xói lở bờ ở những đoạn sông vùng cửa sông do ảnh hưởng của triều.

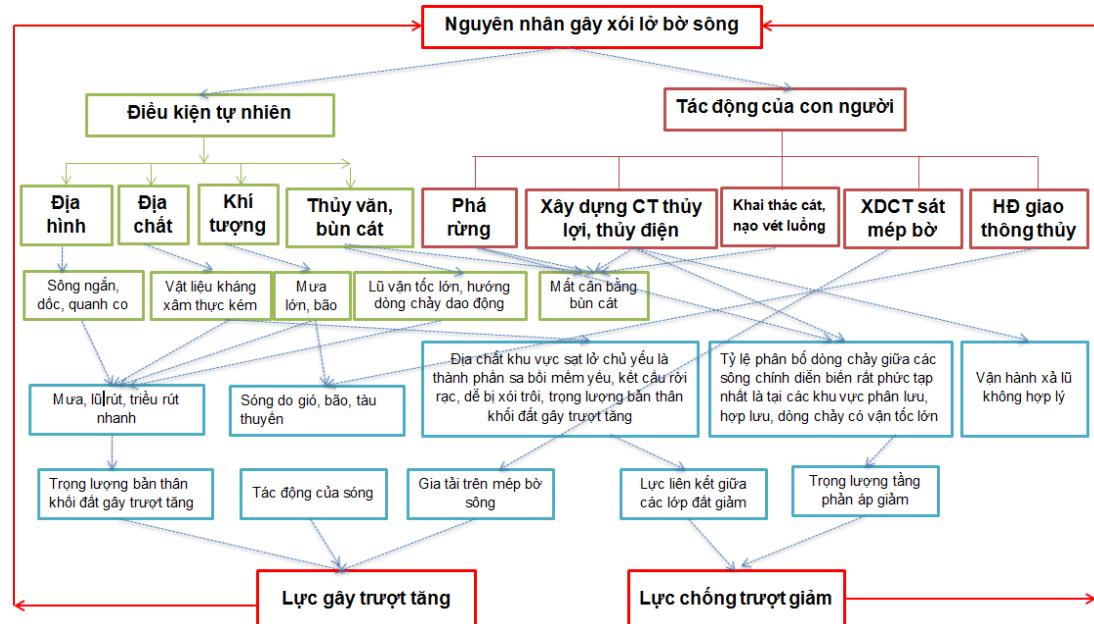
### b) Nguyên nhân gây sạt lở bờ sông

Sạt lở bờ sông, bồi lắng lòng dẫn trong sông thiên nhiên là hiện tượng tự nhiên, tất yếu, thông qua việc tạo ra các hố xói sâu, các cồn bãi, các đoạn sông uốn thành bờ lõm, bờ lồi, lòng dẫn dần dần tiến tới hình thành một dạng ổn định mới. Do đó, sạt lở bờ sông, bồi lắng lòng dẫn là một quy luật tất yếu của tự nhiên. Hiện tượng xói lở bờ sông diễn ra rất phức tạp và đa dạng do nhiều nguyên nhân gây ra. Theo phân tích của các nhà khoa học thì có nhiều cách để tiếp cận: Tiếp cận theo các nguyên nhân khách quan và chủ quan, tiếp cận theo yếu tố nội sinh và ngoại sinh. Sạt lở bờ là biến hình ngang của lòng dẫn, xảy ra do tổ hợp của quá trình xói lở lòng dẫn và lở bờ, trong đó xói lở lòng dẫn là tiền đề còn lở bờ là kết quả. Xói lở lòng dẫn là một quá trình tương tác giữa dòng chảy và lòng dẫn mà kết quả là các hạt bùn cát bị tách ra khỏi lòng dẫn và được vận chuyển đi nơi khác. Còn lở bờ là do sự mất cân bằng của các lực cơ học, mất cân bằng khối đất bờ (lực gây trượt hoặc lật lớn hơn lực chống trượt hoặc lật), kết quả dẫn đến khối đất mái bờ sông bị trượt hoặc sạt lở từng mảng xuống sông.

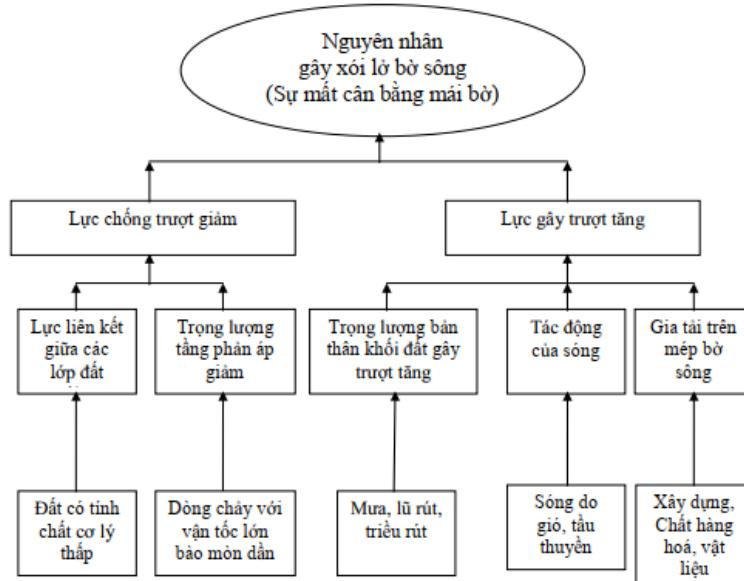


Các yếu tố làm gia tăng lực gây trượt chính là các yếu tố tác động lên khối đất gây trượt, làm gia tăng trọng lượng khối đất này, còn các yếu tố làm giảm lực chống trượt là

những yếu tố làm trọng lượng khối đất chống trượt nhỏ đi, làm lực liên kết giữa khối đất với bờ giảm đi. Khi phân tích đầy đủ các yếu tố quan và chủ quan, các yếu tố nội sinh và ngoại sinh chúng ta sẽ có được sơ đồ tổng hợp khá đầy đủ các nguyên nhân gây sạt lở bờ được thể hiện theo sơ đồ như sau:



Hình 1. 3: Nguyên nhân gây xói lở bờ sông theo cách tiếp cận từ trên xuống



Hình 1. 4: Nguyên nhân gây xói lở bờ sông theo cách tiếp cận từ dưới lên

Từ hình trên, dễ dàng nhận thấy rằng có hai nhóm nguyên nhân chính gây nên sạt lở bờ sông.

- Nhóm thứ nhất, là các nhân tố làm giảm lực chống trượt, cho khối đất phản áp giữ ổn định cho mái bờ.
- Nhóm thứ hai là tổ hợp các yếu tố tác động làm tăng lực gây trượt mái bờ.

### c) Các yếu tố ảnh hưởng đến xói lở bờ sông:

Có rất nhiều các yếu tố, các quá trình gây ra xói lở bờ, đó là: yếu tố thời tiết - khí hậu, thủy văn (bao gồm: mưa lớn, gió bão, Lũ vận tốc lớn, hướng dòng chảy dao động...), yếu tố vật lý bề mặt (bao gồm: địa hình, địa chất, thảm phủ, thổ nhưỡng, hình dạng sông ngòi, vật liệu bờ, nước ngầm, độ ẩm trong đới bờ...), cuối cùng là yếu tố con

người (bao gồm: các hoạt động kinh tế xã hội của con người, các công trình do con người xây dựng như hồ chứa, khai thác vật liệu lòng sông...). Cụ thể như sau:

**Vật liệu bờ:** Vật liệu các vùng bờ được chia thành 3 dạng: không gắn kết, gắn kết và phân tầng. Vật liệu bờ không gắn kết thường là các hạt tương đối thô và thoát nước tốt. Vì thế áp suất nước trong các lỗ rỗng không phải vấn đề đáng kể (Thome và Tovey, 1981). Tỉ lệ các hạt vật liệu bị loại bỏ chịu tác động bởi các nhân tố như: thảm tháu, mao dẫn, cường độ, hướng và sự biến động của vận tốc dòng chảy ven bờ. Các nhân tố này thường tác động cộng gộp với nhau. Vật liệu gắn kết có thể bị xói mòn nhanh bởi sự di chuyển khôi. sạt lở xảy ra do các khối vật liệu bờ trượt xuống dốc do chịu lực tác dụng mạnh của trọng lực và chịu lực đẩy của áp suất nước trong các lỗ rỗng. Bởi vì các vật liệu kết dính có khả năng thoát nước kém, nên áp suất nước trong các lỗ rỗng có thể phát triển trong quá trình hạ thấp dòng chảy (Thome và Tovey, 1981). Tính ổn định của bờ kết dính cũng bị ảnh hưởng với sự hiện diện của các ứng suất nứt. Bờ càng yếu đi khi mà nước theo các khe nứt xâm nhập vào bên trong đó làm tăng nguy cơ xảy ra trượt theo vết nứt. Vật liệu phân tầng thường là sản phẩm bồi tụ của sông qua các giai đoạn lịch sử, nó bao gồm các lớp vật liệu với các kích cỡ khác nhau, tính thẩm và độ kết dính vật liệu tùy thuộc vào sự trộn lẫn của 2 dạng vật liệu kết dính và vật liệu không kết dính (Simon và Li, 1982; Feral interagency Stream Restoration Work Group, 2001). Các lớp vật liệu không gắn kết sẽ bị xói mòn nhanh hơn và kiểu địa hình hình thành là các dải tương đối lồi lõm hoặc tương đối bằng. Xói lở bờ là nguồn đáng kể bổ sung lượng bùn cát cho lòng sông. Nghiên cứu vận chuyển bùn cát trên sông Sacramento cho thấy 11,5 triệu tấn tổng số vận chuyển bùn cát vào sông có 6,8 triệu tấn (59%) do xói lở bờ đưa vào (Odgaard, 1987)

**Hình thái bờ:** Chiều cao và độ dốc của bờ là hai nhân tố quan trọng trong đánh giá nguy cơ sạt lở bờ và đặt biệt khi xem xét đến các bờ là vật liệu kết dính (Rosgen, Dapporto và cộng sự, 2003). sạt lở do xói mòn bờ và đáy dưới tác động cẩu dòng chảy ở ven bờ sẽ làm tăng chiều cao và độ dốc của bờ, và vào thời điểm nào đó bờ sẽ mất đi sự ổn định (A. J. Watson and L. R. Basher ,2006).

**Tác động của dòng chảy:** Khi dòng chảy có vận tốc lớn hơn vận tốc khởi động bùn cát của lòng dẫn sẽ làm cho lòng dẫn bị đào xói, khói đất phản áp của mái bờ bị suy giảm dần. Đến một thời gian nhất định mái bờ sẽ bị mất ổn định và sạt lở sẽ xảy ra. Xói lở dạng này thường xảy ra vào thời gian đầu mùa mưa, thời điểm mực nước kiệt. Các đợt sạt lở xảy ra ngắn quãng và có chu kỳ dài hơn so với dạng sạt lở do sóng thuyền bè gây ra. Tuy nhiên khói đất mỗi một đợt sạt lở thường lớn hơn và nguy hiểm hơn.

#### **Tác động của con người:**

Việc sử dụng các xe cộ, xây dựng nhà cửa, đường xá có thể làm ảnh hưởng đến thực vật trên bờ và tác động đến bề mặt đất. Đất bị đè nén làm giảm khả năng thẩm của đất, khi mưa xuống các dòng chảy được hình thành nhanh chóng và dễ làm xói lở bờ. Lúc này khói đất bờ sẽ không còn khả năng kháng trượt. Điều này đặc biệt nguy hiểm khi kết hợp với sự xuất hiện của các yếu tố khác quan trọng tự nhiên: lũ xuống, triều rút làm tăng lượng khói đất bờ hay giảm áp lực thay đổi, mưa làm bão hòa khói đất bờ và phát sinh áp lực thẩm... khiến bờ sông bị gia tải quá mức. Điều này lý giải cho hiện tượng sạt lở mạnh ở các khu vực có nhiều nhà cửa, cơ sở hạ tầng được xây cất ven sông,...

Khai thác vật liệu trên song không có quy hoạch, đào luồng, lạch cho tàu bè đi,... dẫn đến đất bờ mất ổn định và sụp lở.

Nạn phá rừng gây nên cường suất lũ gia tăng, làm tăng đáng kể hàm lượng bùn cát trong dòng chảy, gây nên hiện tượng lắng đọng bùn cát ở các hồ thượng nguồn làm giảm

khả năng điều tiết lũ của các hồ chứa đó. Việc mất cân bằng của bùn cát sẽ làm gia tăng khả năng xói lở lòng dân và sạt lở bờ

Việc gia tăng hoạt động đi lại tàu thuyền trên sông gây song va đập bờ song gây sạt lở bờ

Xây dựng các công trình trên sông chưa đảm bảo kỹ thuật cũng là nguyên nhân gây sạt lở bờ sông

Tổng hợp những phân tích ở trên cho thấy sạt lở bờ thường xảy ra ở những đoạn sông hội tụ đủ các yếu tố sau:

Có dòng chảy ngang hoặc xiên góc với đường bờ mạnh (yếu tố ngoại sinh).

Cấu tạo bờ yếu (yếu tố nội sinh).

Yếu tố tác động của con người.

Shofiqul Islam (2008) đã phân tích những yếu tố thủy động lực học và bùn cát cần xem xét trong quá trình đánh giá diễn biến sạt lở bờ sông như sau:

1. Thủy lực (Mực nước – lưu lượng, kết cấu dòng chảy, lưu lượng dòng chảy, vận tốc dòng chảy gần bờ lớn nhất, phân bố ứng suất cắt, dòng thứ cấp và độ rối, sự thay đổi mực nước...).

2. Hình thái (biến dạng đáy sông bằng cách tính toán ứng suất đáy, địa hình lòng sông, hình dạng sông, sự hình thành các bãi giữa...)

3. Vận chuyển bùn cát (bùn cát đáy, bùn cát lơ lửng, chất tạo lòng và chất không tạo lòng).

4. Độ ổn định của bờ sông và cấu trúc bờ sông (lớp phủ thực vật, mái dốc sông, chiều cao bờ sông....)

5. Đặc tính bùn cát (kích thước, thành phần hạt, thành phần trầm tích sông, mật độ, góc ma sát, tính dính kết...)

#### d) Tác động của xói lở bờ sông, diễn biến lòng dân

Có nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học trên thế giới chỉ ra tác động của xói lở bờ sông như sau:



Iqbal (2010) đã chỉ ra tác động của xói mòn bờ sông rất đa dạng: tác động đến xã hội, kinh tế, y tế, giáo dục và đối với chính trị. Tác động đầu tiên và quan trọng nhất là xã hội, nghĩa là dân cư sống tại các vùng bị xói lở bờ sông sẽ bị mất nhà cửa, diện tích đất canh tác....Những hộ dân thuộc diện phải di dời phải chịu đựng khủng hoảng kinh tế, mất việc làm và mất mát tài sản, và họ có nguy cơ đói nghèo và đối với tham gia vào các hoạt động tội phạm.

Subarna Chatterjee (2013), Mistri (2012) đã nghiên cứu tác động của sự xói lở bờ sông vào cuộc sống con người: Nghiên cứu diễn hình tại Shantipur Block, Nadia, Tây Bengal. Nghiên cứu đã phân tích tác động của sự xói lở bờ sông đến đời sống kinh tế xã hội của người dân nghèo, số hộ phải di dời do xói mòn, khả năng phục hồi và nhận thức của họ về các nguyên nhân gây ra xói lở bờ sông và các giải pháp phòng chống xói lở bờ sông.

### 1.3. Các phương pháp nghiên cứu dự báo sạt lở bờ sông

Nghiên cứu tính toán dự báo sạt lở bờ sông là một phần rất quan trọng trong nghiên cứu diễn biến lòng sông, quy luật hình thái sông và có ý nghĩa thực tiễn, đặc biệt đối với hệ thống sông chịu tác động của thượng nguồn và chịu tác động của thủy triều. Xác định tốc độ xói lở bờ sông thực chất là xác định tốc độ biến hình ngang của lòng sông, thông qua mối tương tác giữa các yếu tố thủy thạch động lực và tác động của con người

Qua phân tích các nghiên cứu trên thế giới cũng như trong nước cho thấy, hiện nay để nghiên cứu đánh giá diễn biến sạt lở bờ sông, diễn biến lòng dẫn thường thực hiện theo các phương pháp như sau:

- (1) **Phương pháp đo đạc, thu thập phân tích các tài liệu thực địa:** Sử dụng các tài liệu về địa hình, các tài liệu không ảnh, viễn thám, các số liệu có được trong nhiều năm tiến hành phân tích vị trí, quy mô, tốc độ xói, bồi trên mặt bằng, trên mặt cắt dọc, mặt cắt ngang, tìm ra quy luật thống kê và xu thế phát triển của đoạn sông nghiên cứu. Đối với phương pháp này cần có những thiết bị đo đạc hiện đại, nhanh chóng chính xác. Xác định được trường vận tốc dòng chảy ở các độ sâu khác nhau, xác định được độ sâu lòng dẫn theo các tọa độ địa lý mong muốn tuy nhiên đòi hỏi đầu tư về thời gian, kinh phí thực hiện.

Đây là phương pháp truyền thống, đã có từ lâu; nó cũng là phương pháp tốn kém tiền của và thời gian. Nội dung chính của phương pháp này bao gồm:

- + Tiến hành khảo sát, đo đạc các yếu tố địa hình, thủy văn, hải văn, đặc trưng bùn cát..., tại khu vực nghiên cứu .
- + Xử lý các số liệu đo đạc.
- + Phân tích diễn biến trong khu vực khảo sát.
- + Phán đoán xu thế bồi xói.
- + Thiết lập mối quan hệ giữa các yếu tố bồi xói với các yếu tố động lực chủ yếu.

Tuy là phương pháp cổ điển nhưng kết quả của phương pháp khảo sát đo đạc đóng vai trò quan trọng trong đánh giá tổng hợp nguyên nhân xói lở bờ, cung cấp các điều kiện biến, điều kiện ban đầu cho mô hình số trị thủy động và là cơ sở kiểm chứng các kết quả phân tích, tính toán theo những phương pháp khác như viễn thám, mô phỏng toán học các quá trình động lực ...

- (2) **Phương pháp công thức kinh nghiệm:** Từ những số liệu thực tế đo đạc hiện trường và trong phòng thí nghiệm thiết lập các công thức kinh nghiệm và bán kinh nghiệm để sử dụng các công thức kinh nghiệm để tính toán dự báo sạt lở bờ sông, diễn biến lòng dẫn. Phương pháp này đơn giản nhưng áp dụng cho những vùng nghiên cứu có nhiều số liệu đo đạc khảo sát hàng năm.

- (3) **Phương pháp viễn thám và GIS:** Sử dụng một loại thiết bị kỹ thuật chuyên dụng, đặt cách xa mục tiêu để đo đạc và ghi chép các đặc tính của mục tiêu quan trắc, thông qua truyền dẫn, xử lý cung cấp cho hệ thống sử dụng những thông tin cần thiết về đối tượng nghiên cứu. Đó là kỹ thuật Viễn thám. Chụp ảnh từ máy bay, từ vệ tinh chuyên

dụng là phương pháp được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật Viễn thám. Ảnh hàng không, ảnh vệ tinh chụp được toàn cảnh lũng sông, cho phép phát hiện các dấu vết của lòng sông cũ, ở dưới đất không thấy được. Dựa vào các dấu vết này có thể phục hồi được vận động của lòng sông trong một khoảng thời gian dài, giúp đắc lực cho việc phân loại sông và các đặc điểm vận động của lòng sông.

Phương pháp Viễn thám và GIS có thể mô phỏng được xu thế diễn biến lòng dãy theo chiều ngang nhưng không mô phỏng được diễn biến lòng dãy theo chiều sâu. Phương pháp này đòi hỏi số liệu phải cùng thời kỳ quan trắc, và phải qua các thời kỳ khác nhau, đòi hỏi lựa chọn các nguồn tư liệu ảnh phải được cân nhắc, hơn nữa giá thành của ảnh vệ tinh hiện nay còn cao. Mặc dù Việt Nam đã có trạm thu ảnh vệ tinh phân giải cao và trong tương lai sẽ có các hệ thống vệ tinh viễn thám (quang học và radar), kết quả dự báo xu thế diễn biến đường bờ phụ thuộc vào khả năng khai thác thông tin ảnh.

- (4) **Phương pháp mô hình toán:** Dựa vào các hệ phương trình toán mô tả quy luật của dòng chảy và bùn cát tại đoạn sông nghiên cứu, xác định các điều kiện biên, điều kiện ban đầu hợp lý, tìm các lời giải giải tích, lời giải số trị cho các vấn đề nghiên cứu. Phương pháp này, với sự giúp đỡ của máy tính điện tử đã cho phép mô tả những gì xảy ra trong quá khứ, những gì xảy ra trong tương lai với những điều kiện thay đổi theo các kịch bản khác nhau, nhưng phương pháp này chỉ có độ tin cậy khi số liệu đầu vào phải có đủ độ tin cậy. - *Ưu điểm:* Cho kết quả nhanh, độ chính xác tương đối cao, bản chất vật lý và cơ chế của quá trình diễn biến đường bờ được mô tả rõ ràng. Mặt khác, phương pháp này thường có kinh phí thực hiện thấp nhất so với các phương pháp khác. Ngoài ra còn dễ dàng, nhanh chóng khi cần thay đổi các phương án mô phỏng mà không đòi hỏi phải đầu tư thêm kinh phí. - *Nhược điểm:* Độ tin cậy mô hình phụ thuộc nhiều vào các số liệu đầu vào để kiểm định mô hình nhưng nhiều khi các số liệu này cũng không có đầy đủ. Mặt khác, trong mô hình mô phỏng thường phụ thuộc vào các giả thiết của người lập mô hình, khi đó người sử dụng cần hiểu và nắm rõ những loại hình mô hình nào được áp dụng.

- (5) **Phương pháp mô hình vật lý:** Mô phỏng thu nhỏ đoạn sông nghiên cứu lại trong một khu vực có trang thiết bị thí nghiệm, tái diễn dòng chảy trong sông thiên nhiên theo các định luật tương tự để quan sát, đo đạc và từ các số liệu đo đạc tìm ra quy luật diễn biến của đoạn sông. Phương pháp mô hình vật lý có hạn chế là rất khó thỏa mãn các điều kiện tương tự, nhất là các điều kiện tương tự về bùn cát nên có thể có những sai lệch nhất định giữa mô hình và nguyên hình, đặc biệt trong điều kiện nước ta hiện nay. Tuy nhiên phương pháp này đòi hỏi kinh phí lớn nhưng mô phỏng được ít kịch bản. *Ưu điểm:* Phương pháp này cho kết quả có độ tin cậy cao. Với những dự án quan trọng, có vốn đầu tư lớn, phương pháp này thường được dùng để kiểm chứng lại các kết quả của phương pháp khác. *Nhược điểm:* Xây dựng mô hình vật lý để mô phỏng lại các diễn biến đường bờ trong phòng thí nghiệm nên hết sức tốn kém và phức tạp. Yêu cầu nơi xây dựng và thí nghiệm mô hình phải được trang bị đầy đủ các thiết bị thí nghiệm, các thiết bị đo đạc, xử lý, phân tích số liệu đồng bộ và hiện đại, phải có đội ngũ chuyên gia và các kỹ thuật viên lành nghề và có chuyên môn cao.

Ngoài ra, hiện nay với tốc độ phát triển khoa học công nghệ, ứng dụng công nghệ thông tin trong tính toán xói lở bờ sông có các phương pháp khác như ứng dụng *công nghệ quét tia laser*, *công nghệ Rada Lidar*, *công nghệ địa vật lý gần bờ* để tính toán xác định tốc độ xói lở bờ sông.

Các phương pháp này không thể thiếu và phải hỗ trợ cho nhau nhằm đưa ra kết quả chính xác. Mỗi phương pháp khi áp dụng vào bài toán thực tế đều có những ưu, nhược điểm riêng. Ví dụ, phương pháp hiện trường đòi hỏi nhiều năm quan trắc một cách có hệ thống; phương pháp mô hình vật lý là cơ sở để xây dựng các công thức kinh

nghiệm và có khả năng mô phỏng chính xác nhất đoạn sông cần nghiên cứu... Tùy theo nhu cầu và khả năng kinh tế mà sử dụng các phương pháp phù hợp.

Dự báo sạt lở đất bờ sông phải dựa trên cơ sở nghiên cứu quy luật của dòng chảy, lòng dẫn và cấu trúc địa chất bờ sông [9, 13]. Trong đó phải coi cấu trúc địa chất bờ sông là nội lực và là yếu tố biến đổi theo thời gian với tốc độ biến đổi nhanh hay chậm tùy thuộc vào tác động của ngoại lực gây ra [3, 8, 10]. Nếu coi dự báo sự thay đổi dòng chảy, lòng dẫn là dài hạn thì các nghiên cứu đánh giá hiện trạng cấu trúc địa chất bờ sông là xếp vào dự báo ngắn hạn. Nếu biết được cấu trúc trầm tích gần mặt đất bờ sông một cách chi tiết, ta có thể tìm ra được nguồn gốc của chúng và góp phần quan trọng vào việc dự báo khả năng sạt lở góp phần thích ứng với biến đổi khí hậu hiện nay. Phần lớn, các nghiên cứu từ trước đến nay đều dựa chủ yếu vào tài liệu các lỗ khoan địa chất công trình và quan sát địa hình, địa mạo trên mặt [6, 14]. Bằng cách này, muốn đạt được những mặt cắt cấu trúc địa chất chi tiết thì phải tiêu tốn nhiều kinh phí và thời gian. Để khắc phục tình trạng này, chúng tôi đã nghiên cứu lựa chọn tổ hợp các phương pháp địa vật lý đo vẽ trên mặt đất để giải đoán hiện trạng cấu trúc địa chất bờ sông. Trong đó, phải kể đến công nghệ Georadar (GPR) kết hợp với phương pháp điện từ tần số rất thấp (VLF), các phương pháp điện trở như: đo sâu điện đôi xứng (VES), đo sâu mặt cắt điện (EP), đo ảnh điện, đo mặt cắt điện đa cực 2D, 3D,... [16, 19]. Phân tích tổng hợp các tài liệu đo vẽ bằng địa vật lý và địa chất đã đưa ra những mặt cắt cấu trúc địa chất tầng nông chi tiết với độ chính xác cao.

## CHƯƠNG II

### HIỆN TRẠNG VÀ CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SẠT LỞ BỜ SÔNG VÙNG HẠ DU HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI

#### 2.1. Hiện trạng sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

Để đánh giá tình hình sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai, chúng tôi tiến hành thu thập, đánh giá phân tích các tài liệu vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai và điều tra thực địa tại ba tỉnh Bình Dương, TP Hồ Chí Minh, Đồng Nai.

Hiện tượng sạt lở bờ sông Đồng Nai – Sài Gòn như sau:

-Theo không gian: Hiện tượng sạt lở bờ thường xảy ra ở khu vực có địa hình đặc biệt, ở bờ lõm của các khúc sông cong. Trong đoạn sông thăng hiện tượng xói lở ít hơn.

-Theo thời gian: Sạt lở bờ sông ở hạ du sông Đồng Nai - Sài Gòn thường tập trung vào các tháng lũ lớn và triều cường chiếm khoảng 30% thời gian trong năm.

Hiện tượng sạt lở bờ sông thường xảy ra vào các tháng bắt đầu **từ tháng 3 đến tháng 8** hàng năm (là các tháng có mực nước chân triều thấp nhất trong năm); thời gian xảy ra sạt lở thường **vào đầu và giữa tháng Âm lịch**, thời điểm xảy ra chân triều rút sâu làm gia tăng nguy cơ sạt lở **từ 22 giờ đêm đến 1 giờ sáng**.

Theo phương diện thăng đứng: Khi mực nước dâng cao, dòng chảy đào xói phần dưới của mái bờ sông. Sóng gió, sóng tàu gây xói lở tập trung ở phần bờ mặt. Mưa và mực nước trong sông lên xuông (dòng chảy lũ và thuỷ triều) sẽ gia tăng áp lực thấm về phía sông, làm giảm tính ổn định của mái bờ.

Tổng hợp thống kê tình hình sạt lở trên địa bàn tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, TP.Hồ Chí Minh trong năm 2019 như sau:

**- Địa bàn TP.Hồ Chí Minh:** có 48 vị trí sạt lở, tăng 11 vị trí so với cuối năm 2018; trong đó có 20 vị trí có mức độ nguy hiểm và 22 vị trí đặc biệt nguy hiểm.... Huyện Nhà Bè hiện dẫn đầu với 13 vị trí sạt lở, tiếp đó là huyện Cần Giờ với 10 vị trí, quận 2 có 6 vị trí, huyện Bình Chánh và quận Thủ Đức mỗi địa phương có 5 vị trí ...., ảnh hưởng lớn đến sự an toàn của hàng nghìn hộ dân sống ven sông. Đặc biệt phải kể đến 12 vị trí sạt lở đặc biệt nguy hiểm tại quận 8, quận 12, quận Bình Thạnh, huyện Cần Giờ, Nhà Bè, Bình Chánh...

#### **- Địa bàn tỉnh Bình Dương:**

+ Sông Sài Gòn: có 39 điểm sạt lở, với tổng chiều dài sạt lở khoảng 23.606m, chiều dài mỗi điểm từ 6÷735m, chiều rộng sạt lở vào phía bờ từ 1÷30m, trong đó có 36 điểm xuất hiện từ các năm trước (06 điểm vẫn tiếp tục sản lở trong năm 2018 thuộc xã Thanh Tuyền, huyện Dầu Tiếng) và 03 điểm mới xuất hiện trong năm 2018 đã ổn định ( có 02 điểm thuộc thành phố Thủ Dầu Một: 01 điểm thuộc khu quy hoạch Ecovillas thuộc phường Tương Bình Hiệp dài khoảng 6m; 01 điểm thuộc khu quy hoạch HUD thuộc Mỹ Hảo 2 phường Chánh Mỹ dài khoảng 70m) và một điểm thuộc khu phố 6 thị trấn Dầu Tiếng dài khoảng 25m, chiều rộng từ 01 đến 06m.

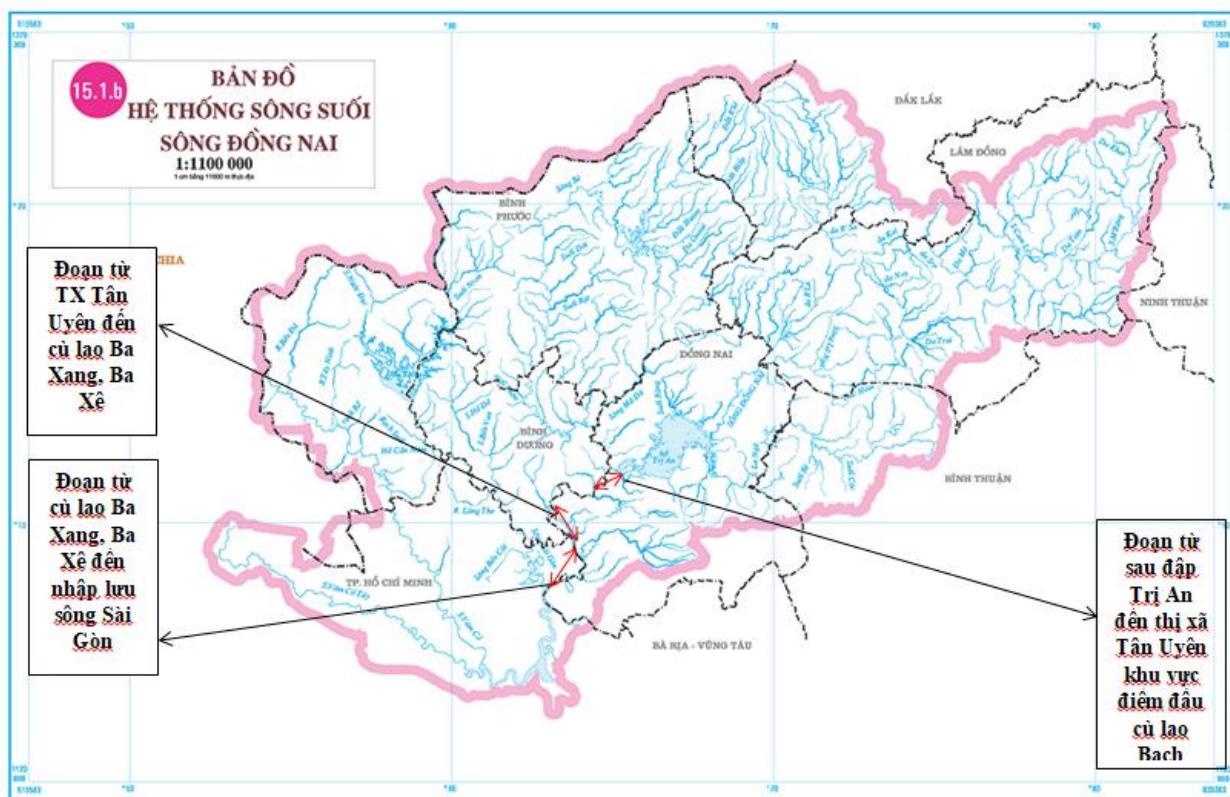
+ Sông Thị Tính: có 6 điểm Sạt lở thuộc địa bàn xã An Lập, huyện Dầu Tiếng, với tổng chiều dài sạt lở khoảng 6.490m đều xuất hiện từ có năm trước, hiện nay đã ổn định, không có điểm sạt lở mới.

+ Sông Đồng Nai: Bờ sông thuộc địa phận tỉnh Bình Dương có 21 điểm sạt lở (18 điểm sạt lở cũ từ những năm trước và có 3 điểm sạt lở mới trong năm 2018). Hiện nay, bờ sông Đồng Nai thuộc thị xã Tân Uyên và huyện Bắc Tân Uyên có

169 hộ dân có nhà nằm trong vùng có nguy cơ sạt lở, trong đó có 139 hộ dân thuộc diện cần di dời. Trong đó: 79 hộ dân thuộc thị xã Tân Uyên và 15 hộ dân thuộc huyện Bắc Tân Uyên chưa nhận tiền hỗ trợ di dời; 45 hộ thuộc huyện Bắc Tân Uyên đã nhận tiwwnf hỗ trợ nhưng chưa di dời do điều kiện của các hộ dân khó khăn, kinh phí hỗ trợ di dời thấp.

+ Sông Bé: Bờ sông có 17 điểm sạt lở xuất hiện từ năm 2013 trở về trước với tổng chiều dài sạt lở khoảng 3.600m, chiều rộng sạt lở vào phía bờ từ 01÷03m và làm ảnh hưởng đất sản xuất nông nghiệp của 25 hộ dân thuộc các xã An Thái, Vĩnh Hòa huyện Phú Giáo, hiện nay đã ổn định và không có điểm sạt lở mới. Ngoài ra, còn 04 điểm sạt lở đất phía hạ lưu đập Phước Hòa thuộc xã An Thái, huyện Phú Giáo xảy ra từ năm 2010 với tổng chiều dài sạt lở 220m, chiều dài mỗi điểm từ 20÷100m, chiều rộng mỗi điểm từ 20÷40m. Tình trạng sạt lở đất xảy ra từ khi chấn động sông Bé và tích nước trong hồ Phước Hòa.

Địa bàn tỉnh Đồng Nai: Để phân tích hiện trạng sát lở bờ sông, chia các đoạn để đánh giá như sau:



**\*) Đoạn từ sau đậm Trị An đến thị xã Tân Uyên khu vực điểm đầu cù lao Bạch Đằng.**

Đoạn sông này có chiều dài 34km, có nhiều khúc sông cong và nhiều đoạn hai bên bờ lởm chởm đá, lòng sông hẹp, bờ dốc đứng, là đoạn sông chịu ảnh hưởng mạnh khi hồ Trị An xả lũ. Theo tài liệu Khảo sát, nghiên cứu đánh giá tác động dòng chảy sông Đồng Nai đoạn qua khu vực xã Tân An và xã Thiện Tân, huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai thực hiện năm 2017 thì tốc độ sạt lở bờ trung bình từ  $3\div10$ m/năm. Trên sông Đồng Nai thuộc địa phận tỉnh Bình Dương có 21 điểm sạt lở. Hiện nay bờ sông Đồng Nai thuộc thị xã Tân Uyên và huyện Bắc Tân Uyên có 169 hộ dân có nhà ở nằm trong vùng nguy cơ sạt lở, trong đó có 139 hộ dân thuộc diện cần di dời.

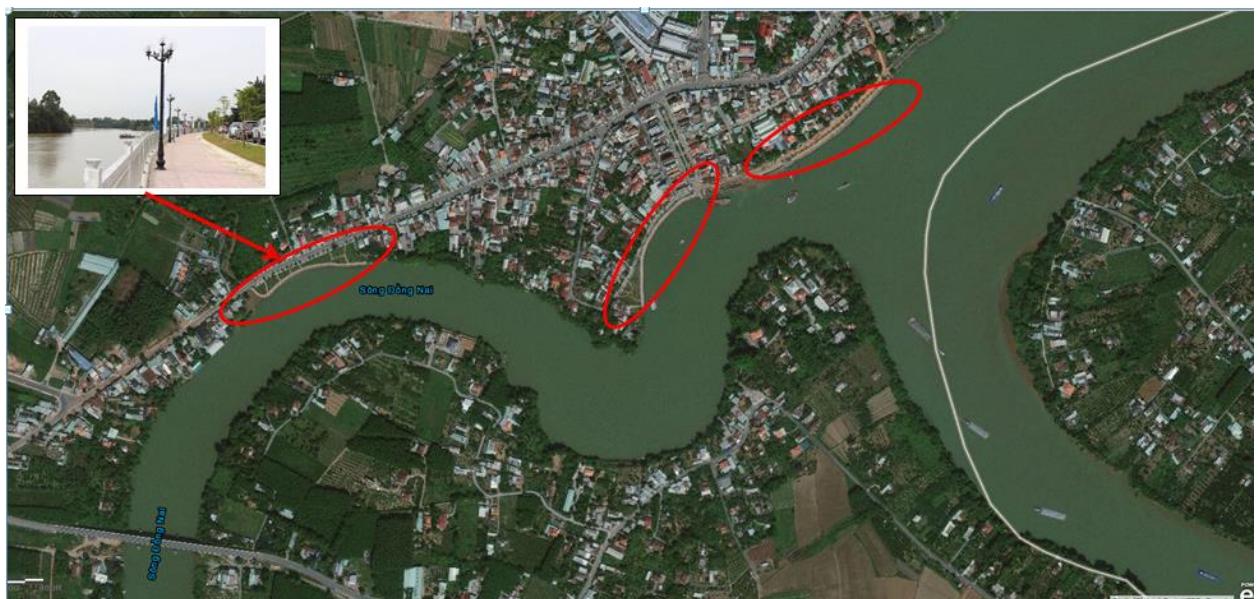


Hình 1. 5: Đoạn từ sau đập Trị An đến thị xã Tân Uyên khu vực điểm đầu cù lao Bạch Đằng.

Các vị trí xảy ra sạt lở tại các điểm sông cong như Ấp 2, xã Tân An, H.Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai, xã Lạc An, tỉnh Bình Dương, Ấp 1, xã Lạc An, H.Bắc Tân Uyên, Bình Dương, ấp Bình Chung, xã Tân An, H.Vĩnh Cửu, Đồng Nai, phường Uyên Hưng, TX.Tân Uyên.... Đây cũng là khu vực có mật độ tàu thuyền qua lại đông gây ảnh hưởng đến sạt lở bờ.



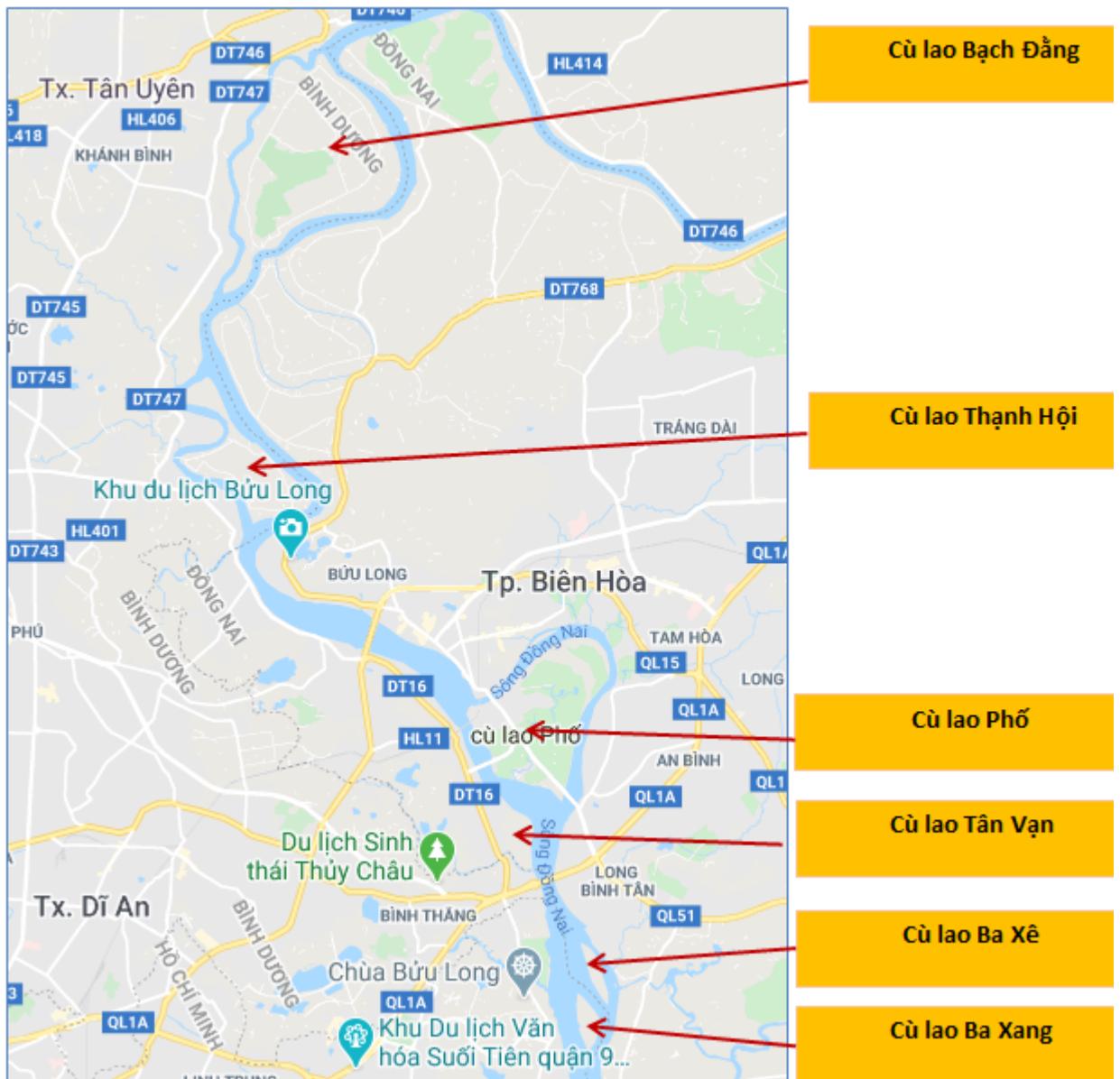
Hình 1. 6: Mật độ tàu thuyền qua lại khu vực xã Thiện Tân



Hình 1. 7: Vị trí kè đã được xây dựng bảo vệ bờ

### \* Đoạn từ TX Tân Uyên đến cù lao Ba Xang, Ba Xê:

Đoạn sông này dài khoảng 30km. Đây là đoạn sông chuyển tiếp từ vùng đồi núi cao nguyên xuống vùng đồng bằng. So với đoạn trước thì ở đoạn này sông Đồng Nai có những thay đổi cơ bản như sau: Hướng sông thay đổi từ hướng Đông - Đông bắc sang hướng Nam - Đông Nam, lòng sông mở rộng và phân lạch trên nhiều đoạn. Do sự thay đổi của tính chất sông cũng như những thay đổi về các điều kiện địa hình, địa chất nên đoạn sông có những diễn biến phức tạp hơn đoạn sông trước. Dựa vào những đặc điểm, có thể chia đoạn sông thành 2 phân đoạn chính: Đoạn 1 từ Uyên Hưng đến cuối cù lao Rùa và đoạn 2 chảy qua khu vực thành phố Biên Hòa, từ cù lao Rùa tới các cù lao Ba Xang, Ba Xê.



Đoạn từ Tân Uyên đến đoạn cù lao Thạnh Hội, sông Đồng Nai chia làm hai nhánh, nhánh lớn chảy theo hướng Tây – Đông, còn nhánh nhỏ chảy theo hướng gần như Bắc – Nam. Nhánh trái của cù lao có một số đoạn ngắn cũng bị sạt lở nhất là vào các tháng mùa lũ khi hồ Trị An xả lũ, nhánh phải sông Đồng Nai do dòng chảy có lưu lượng nhỏ, vận tốc nhỏ nên không xảy ra sạt lở bờ.

Đoạn cù lao Rùa (cù lao Thạnh Hội) có nhiều đoạn sông cong gấp khúc gây nên sạt lở bờ. Lưu lượng nước từ các khu công nghiệp của trung tâm thành phố mới Bình Dương đi qua cầu Tổng Bản thuộc phường Thạnh Phước đổ ra khu vực

xã Thạch Hội làm gia tăng dòng chảy, lưu lượng tàu, thuyền qua lại nhiều và nạn bơm hút cát làm cho cù lao bị sạt lở nhiều hơn. Trong năm 2014 đã xảy ra 01 vụ sạt lở lớn tại khu vực nhánh sông con (giáp Thạnh Phước) dài khoảng 75m, sâu vào bờ khoảng 20m tại đất của ông Mai Văn Cường và ông Hồ Văn Nghĩa thuộc khu vực này.

Địa hình sông Đồng Nai khu vực thành phố Biên Hòa ngoài tác động của việc vận hành điều tiết hồ chứa phía thượng nguồn, còn chịu tác động bởi các công trình như cầu Hóa An, cầu Ghềnh, cầu Rạch Cát, cầu Đồng Nai... Qua phân tích các tài liệu đo đạc khảo sát cho thấy đoạn sông chính chảy ngang Cù lao Phố thì có nhiều khối đá ngầm tập trung ở giữa dòng và bên phia bờ hữu đã làm lệch chủ lưu dòng chảy hướng về Cù lao này. Địa hình và cấu tạo lòng sông không ổn định. Đặc biệt là có nhiều khối đá xuất hiện khá nông, đồng thời nhiều hố sâu tới 17 – 18 mét (có nhiều khả năng do bơm hút cát tạo nên). Điều này làm cho cấu trúc dòng chảy trở nên rất phức tạp, nhất là khi có lưu lượng lớn vào mùa lũ. Cấu trúc địa chất lòng sông vốn đa dạng, gồm: đá gốc và trầm tích bờ rời là cát, bột sét, làm cho địa mạo lòng sông dễ bị biến dạng khi dòng chảy bị tác động. Có nơi do đá ngầm dưới lòng sông mà dòng chảy bị ép sát bờ tạo nên hố xói sâu sát bờ.

Đọc theo bờ phải khu vực các đoạn bị sạt lở trên sông Đồng Nai thuộc địa phận các xã Tân Hạnh và Hóa An thuộc TP. Biên Hòa người dân đã xây bờ kè bằng đá hộc, cù tràm nên đoạn này hiện nay đã tương đối ổn định, tuy nhiên theo điều tra tháng 9/2016 của dự án, tại xã Tân Hạnh đã xảy ra sạt lở phần đất trống dài 4m vào đất nhà ông Tân và bà Lê Thị Tại, UBND xã Tân Hạnh đã thỏa thuận bồi thường theo biên bản làm việc ngày 15/7/2016.

Đoạn đường bờ trái sông Đồng Nai từ trạm kiểm soát giao thông thủy thuộc phường Bửu Long đến cầu Hóa An có nhiều đoạn sạt lở nhẹ, nhưng người dân đã thả đá hộc, đóng cù tràm và một số nơi còn thả các rọ đá để bảo vệ nhà cửa, ruộng vườn của họ.

Phía bờ hữu trên địa bàn xã Hóa An và phường Bửu Hòa có khoảng 900m đường bờ bị sạt lở. Bên bờ tả thuộc phường Hòa Bình và Quyết Thắng có khoảng 400m đường bờ bị sạt lở đều ở mức độ nhẹ, từ 0,5÷3,0m/năm.

Trên cồn Gáo trước đây vẫn có nhà dân (dài 70-80 m rộng khoảng 20 m) và đã bị xói mất sau những đợt lũ lụt khoảng sau năm 1980. Đồng thời, trong thời gian nhiều năm gần đây thì việc bơm hút cát từ lòng sông diễn ra với quy mô cao, tạo nên các hố sâu. Tốc độ xói mòn bờ sông cũng có khuynh hướng tăng ở dọc bờ tả (cù lao Phố) so với bờ hữu. Trong thời gian gần đây, do thủy điện Trị An xả lũ và có triều cường thì đã gây ra tình trạng ngập úng nghiêm trọng ở Biên Hòa và vùng lân cận, như sau nhiều ngày xả thì ngày 2/10/2012, đập thủy điện Trị An tiếp tục tăng lưu lượng xả lũ từ 1.800m<sup>3</sup>/s lên 2.130m<sup>3</sup>/s đã gây ngập trên diện rộng. Hiện tượng ngập lụt cao bất thường này đã được lặp lại vào năm 2014 với lưu lượng xả nhỏ hơn.

#### **\*) Đoạn từ cù lao Ba Xang, Ba Xê đến nhập lưu sông Sài Gòn:**

Đoạn này có chiều dài khoảng 35km, sông Đồng Nai bị các cù lao lớn như cù lao Phường Long Phước, Q.9, TP. HCM, cù lao Đại Phước, huyện Nhơn Trạch, Đồng Nai chia cắt.

Cụ thể tình hình sạt lở bờ sông như sau:

Bờ sông Sài Gòn thuộc địa phận tỉnh Bình Dương có 39 điểm sạt lở, với tổng chiều dài sạt lở khoảng 23.606m, chiều dài mỗi điểm từ 6- 735m, chiều rộng

sạt lở vào phía bờ từ 1-30m, trong đó có 36 điểm xuất hiện từ các năm trước (06 điểm vẫn tiếp tục sạt lở trong năm 2016 thuộc xã Thanh Tuyền huyện Dầu Tiếng).

Bờ sông Thị Tính có 6 điểm sạt lở thuộc địa bàn xã An Lập, huyện Dầu Tiếng với tổng chiều dài sạt lở khoảng 6490m đều xuất hiện từ các năm trước, hiện nay đã ổn định và không có điểm sạt lở mới.

Bờ sông Đồng Nai có 21 điểm sạt lở (18 điểm sạt lở cũ từ những năm trước và 3 điểm sạt lở mới trong năm 2016). Hiện nay bờ sông Đồng Nai thuộc thị xã Tân Uyên và huyện bắc Tân Uyên có 169 hộ dân có nhà nằm trong vùng có nguy cơ sạt lở, trong đó có 139 hộ dân thuộc diện cần di dời.

Bờ sông Bé có 17 điểm sạt lở xuất hiện từ năm 2013 trở về trước với tổng chiều dài sạt lở khoảng 3600m, chiều rộng sạt lở vào phía bờ từ 1 – 3m và làm ảnh hưởng đến đất sản xuất nông nghiệp của 25 hộ dân thuộc các xã An Thái, Vĩnh Hòa huyện Phú Giáo.

#### *Trên sông Sài Gòn:*

Bờ sông Sài Gòn thuộc địa phận tỉnh Bình Dương năm 2017 có 39 điểm sạt lở với tổng chiều dài sạt lở khoảng 23.606m, chiều dài mỗi điểm sạt lở từ 6 -735m, chiều rộng sạt lở vào phía bờ từ 1 – 30m, trong đó có 36 điểm xuất hiện từ trước năm 2016, thuộc xã Thanh Tuyền huyện Dầu Tiếng, năm 2017 xuất hiện điểm sạt lở tại khu quy hoạch HUD thuộc Mỹ Hảo 2, phường Chánh Mỹ dài khoảng 70m và 01 điểm thuộc khu phố 6 thị trấn Dầu Tiếng khoảng 25m, chiều rộng từ 01m - 06m (chi tiết xem phụ lục báo cáo sản phẩm 1).

Trong tháng 6 năm 2015, có sự cố sạt lở bờ sông Sài Gòn dài khoảng 10 m, rộng khoảng 2 m tại địa chỉ: 78/5 - Đường số 1 - KP5 - phường Hiệp Bình Phước, quận Thủ Đức.

Trong ngày 01 tháng 7 năm 2015, khu vực bờ tả ven sông Sài Gòn tại tổ 19, khu phố 5, phường Hiệp Bình Phước bị sạt lở với kích thước rộng khoảng 20-25m, dài khoảng 100m.

Năm 2018, số vị trí sạt lở bờ sông trên địa bàn quận 2 là 05 vị trí (giảm 01 vị trí đặc biệt nguy hiểm tại rạch Giồng Ông Tố đoạn giáp Trường PTTH Giồng Ông Tố và tăng 01 trường hợp tại vị trí bờ sông Sài Gòn khu vực 61 Trần Ngọc Diện, phường Thảo Điền).

Năm 2019, tồn tại 05 vị trí sạt lở bờ sông -rạch, gồm 03 vị trí đặc biệt nguy hiểm (02 điểm tại bờ rạch Giồng Ông Tố, phường An Phú -Bình Trưng Tây; 01 điểm tại vị trí bờ sông Sài Gòn khu vực 61 Trần Ngọc Diện, phường Thảo Điền). tháng 8/2019 trên địa bàn thành phố xảy ra liên tiếp 2 vụ sạt lở, đều nằm ven sông Sài Gòn, tại phường 13 (quận Bình Thạnh) và phường An Phú Đông (quận 12). Năm 2019 lại phát sinh 4 vị trí mới với mức độ nguy hiểm là gói thầu 4A thuộc dự án Công trình Thủy lợi bờ hữu ven sông Sài Gòn (huyện Hóc Môn); bờ phải sông Sài Gòn, từ ngã ba kênh Thanh Đa - sông Sài Gòn về phía hạ lưu 550m (Q.Bình Thạnh); Rạch Giồng, từ Rạch Gò Me đến tiếp giáp kè tổ 3, áp 4, xã Hiệp Phước (huyện Nhà Bè); bờ phải Rạch Mốc Keo, khu dân cư An Hòa (huyện Cần Giờ).

Quận Bình Thạnh có 3 địa điểm sạt lở, nằm rải rác ở phường 27 và 28, thuộc tuyến sông Sài Gòn. Cả 3 điểm này đều xếp loại đặc biệt nguy hiểm. Cách đây nhiều năm, phường 27 từng đã xảy ra 4 vụ sạt lở làm mất hơn 1.000 m<sup>2</sup> đất, trong đó có 4 căn nhà đổ ập xuống dòng sông trong đêm.

Trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh Quận Thủ Đức có 4 vị trí sạt lở nằm quanh tuyến sông Sài Gòn. Trong đó có vị trí số 2 (nằm ở cuối đường số 7, khu phố 5, phường Hiệp Bình Phước, cách cầu Bình Phước khoảng 1.000m về phía hạ lưu), xếp loại đặc biệt nguy hiểm. Năm 2015, cũng ở ngay khu vực này, sạt lở đã nhấn chìm 2 căn nhà cùng đoạn bờ kè có diện tích khoảng 2.000 m<sup>2</sup> xuống sông Sài Gòn. Quận 2 có 5 điểm sạt lở. Trong đó, vị trí số 12 (nằm ở bờ trái sông Sài Gòn, cách cầu Sài Gòn 4,5 km về phía thượng lưu, khu vực khu đất số 61 Trần Ngọc Diện, phường Thảo Điền) là vị trí sạt lở mới, mức độ sạt lở đặc biệt nguy hiểm.

Quận 7 có duy nhất một vị trí sạt lở, nằm ở tuyến sông Rạch Đĩa - Rạch Roi, sông Phú Xuân, được xếp loại nguy hiểm. Vị trí sạt lở ở quận 8 thuộc kênh Tàu Hủ - Lò Gốm, trước kho 277-289, bến Bình Đông, phường 14. Huyện Bình Chánh có 4 địa điểm sạt lở. Trong số đó, có vị trí số 17 (nằm bờ phải sông Chợ Đệm - Bến Lức, xã Tân Kiên) được phát hiện mới, mức độ đặc biệt nguy hiểm. Đầu năm nay, thành phố đã chỉ đạo UBND huyện Bình Chánh có biện pháp xử lý nghiêm các trường hợp xây dựng, coi nói các công trình phụ trợ sát bờ làm gia tăng tải trọng, gây nguy cơ sạt lở tại tuyến sông này.

Huyện Nhà Bè là nơi có nhiều vị trí sạt lở nhất, 12 điểm. Trong đó có tới 8 nơi được xếp hạng đặc biệt nguy hiểm. Năm 2017, một vụ sạt lở nghiêm trọng đã xảy ra ở khu vực ven sông Kinh Lộ, đoạn gần cầu Kinh Lộ thuộc xã Hiệp Phước, khiến 5 căn nhà bị hư hại nghiêm trọng, hàng chục người phải sơ tán khẩn cấp.

Huyện Cần Giờ có 6 vị trí sạt lở, 4 trong số đó đặc biệt nguy hiểm. Gần đây nhất, tháng 6/2018, tại dự án xây dựng kè bảo vệ khu dân cư Tắc Sông Chà (Ấp Bình Mỹ, xã Bình Khánh) đã xảy ra vụ sạt lở nghiêm trọng khiến 160m kè dọc theo bờ sông bị cuốn theo dòng nước. Vụ việc khiến 4 hộ dân phải di dời khẩn cấp ra khỏi vùng bị ảnh hưởng.

Một vài hình ảnh sạt lở bờ sông như sau:



Hình 1. 8: Hình ảnh sạt lở khu vực cù lao Rùa tại đất của ông Mai Văn Cường



Đoạn bờ sạt lở tại Ấp 1, xã Lạc An, H.Bắc Tân Uyên, Bình Dương



Sạt lở sông Đồng Nai đoạn qua phường Uyên Hưng, TX.Tân Uyên



Sạt lở áp Tân Hội, xã Thạnh Hội, TX. Tân Uyên, Bình Dương



Sạt lở bờ sông Đồng Nai đoạn chảy qua xã Thạnh Hội, thị xã Tân Uyên, tỉnh Bình Dương.



Hiện trường vụ sạt lở bờ sông tại khu phố 5, phường Hiệp Bình Phước, quận Thủ Đức năm 2016.

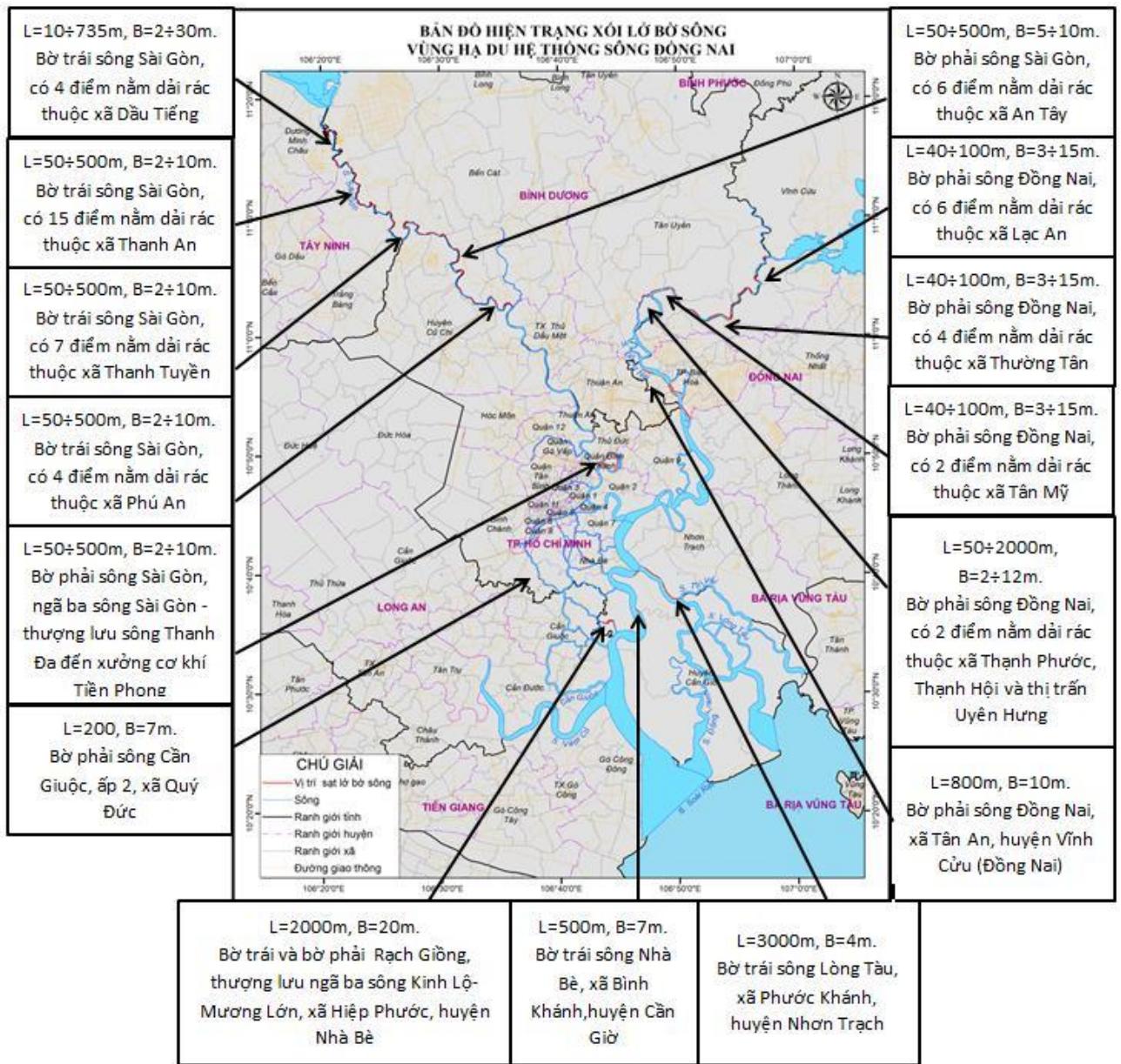


sạt lở bờ trái sông Sài Gòn, phường An Lợi Đông, phường Thạnh Mỹ Lợi, quận 2 (2016)



Bìa sòng cát đoạn qua KPHN số 1, phường Hiệp Hòa (TP) Biên Hòa có nhũng chỗ bị sạt lở kín do hoạt động khai thác cát trái phép

Hình 1. 9: Hình ảnh sạt lở bờ sông Phường Thái Hòa 10/2016



Hình 1. 10: Vị trí một số điểm sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

Thông kê chi tiết về tình hình sạt lở được trình bày trong phần phụ lục báo cáo.

## 2.2. Các dạng sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

Qua điều tra thực địa, thu thập phân tích số liệu cho thấy các dạng sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai-Sài Gòn có các dạng như sau:

- + Dạng hàm έch do xói lở tại chân bờ sông ( xói lở dạng hàm έch)
- + Dạng trượt xoay do dòng chảy hướng ngang tại đoạn sông cong
- + Dạng sạt lở thành dòng do chênh lệch áp lực nước trong bờ với ngoài sông (do dao động mực nước nhanh)

Cụ thể như sau:

### Loại 1: Dạng hàm έch do xói lở tại chân bờ sông (xói lở dạng hàm έch)

Do dòng chảy tác động vào chân bờ sông, sự gắn kết các hạt mìn của vật liệu bờ yếu và thường xảy ra trong điều kiện dòng chảy thấp, *Xói lở chân bờ → tạo thành hang → dòng chảy bên dưới chân bờ và bên trong hang → sạt lở bờ*.

Một số vị trí sạt lở điển hình dạng xói lở hàm έch như nhà ông Nguyễn Đình Quang (ngụ tại đường số 7, khu phố 5, phường Hiệp Bình Phước) năm 2015



Xói lở hầm ếch tại căn nhà ông Nguyễn Đình Quang (ngụ tại đường số 7, khu phố 5, phường Hiệp Bình Phước) năm 2015

### Loại 2: Dang trượt xoay do dòng chảy hướng ngang tại đoạn sông cong.

Mô hình xói lở bờ: Xói tại mép bờ sông gần mực nước → trượt sạt → Xói lở mở rộng trên toàn bộ chiều cao bờ sông

Loại xói lở chân bờ sông thường xảy ra đoạn sông cong, được cấu tạo bởi các trầm tích mềm như cát, cát pha sét, bùn sét pha, bùn hữu cơ, dễ gây xói ngầm và sạt lở đất, khi triều rút dòng chảy thường tác động rất mạnh và hướng dòng chảy đâm trực tiếp vào bờ gây sạt lở chân bờ, kéo theo sụp bờ sông.

Một số vị trí sạt lở điển hình dạng xói lở do dòng chảy hướng ngang tại đoạn sông cong như trên sông Sài Gòn tại năm ở cuối đường số 7, khu phố 5, phường Hiệp Bình Phước, cách cầu Bình Phước khoảng 1.000 về phía hạ lưu, Năm 2015, cũng ở ngay khu vực này, sạt lở đã nhấn chìm 2 căn nhà cùng đoạn bờ kè có diện tích khoảng 2.000 m<sup>2</sup> xuống sông Sài Gòn; tại Quận Bình Thạnh có 3 địa điểm sạt lở, nằm rải rác ở phường 27 và 28, thuộc tuyến sông Sài Gòn. Cả 3 điểm này đều xếp loại đặc biệt nguy hiểm. Cách đây nhiều năm, phường 27 từng đã xảy ra 4 vụ sạt lở làm mất hơn 1.000 m<sup>2</sup> đất, trong đó có 4 căn nhà đổ ập xuống dòng sông trong đêm.



Sạt lở năm 2015 tại căn nhà hạ lưu cầu Bình Lợi lại khu vực cuối đường số 7 (phường Hiệp Bình Phước),

Biển báo khu vực sạt lở hạ lưu cầu Bình Lợi

### Loại 3: Dang sạt lở thành dòng do chênh lệch áp lực nước trong bờ với ngoài sông (do dao động mực nước nhanh)

Mô hình xói lở bờ: Mực nước trên sông hạ nhanh → mực nước ngầm dâng cao tại bờ đất + áp lực đất → chênh lệch áp lực nước → trượt sạt.

Đây là loại xói lở có thể xảy ra nơi có mực nước biển động mạnh như hạ lưu hồ chứa hoặc vùng cửa sông có ảnh hưởng triều. Hiện tượng xói lở này xảy ra dọc theo sườn dốc bờ sông với tốc độ chậm khó quan sát được dấu hiệu sạt lở.

Một số vị trí sạt lở điển hình như tại Huyện Nhà Bè là nơi có nhiều vị trí sạt lở nhất, 12 điểm. Trong đó có tới 8 nơi được xếp hạng đặc biệt nguy hiểm. Năm 2017, một vụ sạt lở nghiêm trọng đã xảy ra ở khu vực ven sông Kinh Lộ, đoạn gần cầu Kinh Lộ thuộc xã Hiệp Phước, khiến 5 căn nhà bị hư hại nghiêm trọng, hàng chục người phải sơ tán khẩn cấp. Huyện Cần Giờ có 6 vị trí sạt lở, 4 trong số đó đặc biệt nguy hiểm. Gần đây nhất, tháng 6/2018, tại dự án xây dựng kè bảo vệ khu dân cư Tắc Sông Chà (Ấp Bình Mỹ, xã Bình Khánh) đã xảy ra vụ sạt lở nghiêm trọng khiến 160m kè dọc theo bờ sông bị cuốn theo dòng nước. Vụ việc khiến 4 hộ dân phải di dời khẩn cấp ra khỏi vùng bị ảnh hưởng.

Trên sông Đồng Nai, xã Thạnh Hội, thị xã Tân Uyên, tỉnh Bình Dương, khu vực bờ sông đoạn qua ấp 1, xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu, Đồng Nai cũng xảy ra sạt lở nghiêm trọng.



Sạt lở tại nhà ông Hồ Văn Hùng xã Thạnh Hội, thị xã Tân Uyên, tỉnh Bình Dương

Sạt lở bờ kè Cù lao Rùa Bình Dương

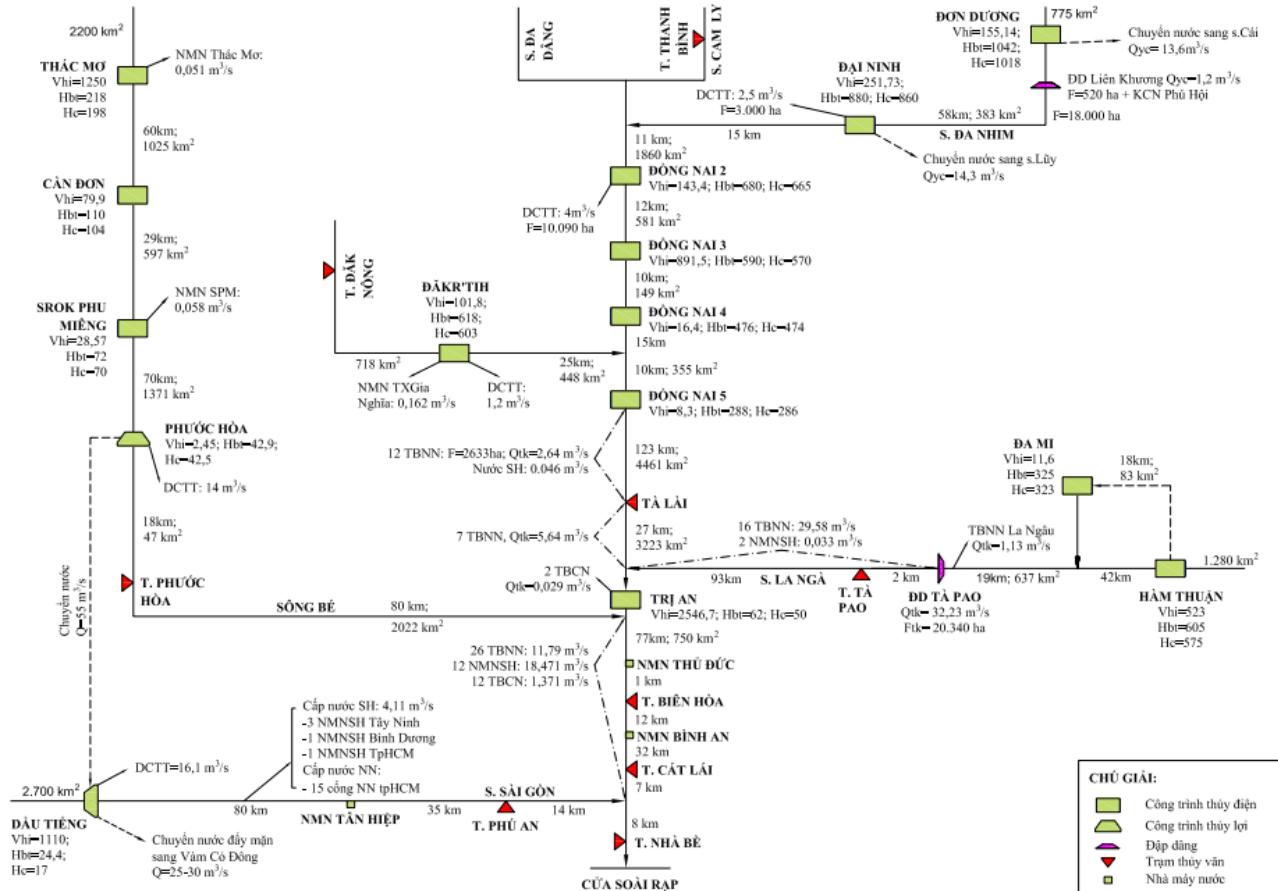
### 2.3. Các yếu tố ảnh hưởng xói lở bờ sông Đồng Nai – Sài Gòn

Các yếu tố ảnh hưởng đến xói lở bờ sông vùng hạ du sông Đồng Nai được chia thành nhóm như sau:

#### 2.3.1. Nhóm do tác động của sự phát triển trên lưu vực

##### 2.3.1.1. Do xây dựng hồ chứa và các công trình trên sông

Là một trong những lưu vực có tiềm năng thủy lợi, thủy điện, nên hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai phát triển mạnh. Tính đến nay, trên toàn lưu vực có khoảng hơn 200 hồ chứa thủy lợi, thủy điện lớn, trung bình, nhỏ (bao gồm cả những hồ đang vận hành, đang xây dựng và dự kiến xây dựng), trong đó một phần là các hồ chứa thủy điện còn lại chủ yếu là các hồ chứa thủy lợi. Tổng dung tích điều tiết của các hồ chứa trên lưu vực khoảng trên 6 tỷ m<sup>3</sup>, công suất khoảng 3000 MW, trong đó chuyển gần 1 tỷ m<sup>3</sup> nước ra ngoài lưu vực sang vùng khô hạn ven biển Bình Thuận, Ninh Thuận. Hệ thống các hồ chứa thủy điện chính trên lưu vực sông Đồng Nai như sau:



Kết quả phân tích ảnh hưởng của việc xây dựng các hồ chứa thương nguồn như sau:

*Giảm lượng phù sa, bùn cát về phía hạ lưu*

Xây dựng các hồ chứa trên thượng lưu sông Sài Gòn và sông Đồng Nai làm suy giảm lượng bùn cát bồi đắp cho vùng hạ du. Ví dụ, hồ Dầu Tiếng làm bồi lắng với tốc độ trung bình vào khoảng 2,65 triệu m<sup>3</sup>/năm (VKHTLMN, 2013).

Hồ chứa thủy điện Tri An làm thay đổi sự vận chuyển dòng chảy rắn trong nhiều năm và gây ra sự thay đổi các quá trình biến hình lòng đất. Trong hồ chứa bắt đầu quá trình bồi lắng còn hạ lưu sau công trình bắt đầu quá trình xói lở diện rộng. Ở phần thượng lưu hồ, ngoài dòng chảy rắn còn có các loại đá do bờ hồ bị bào mòn đưa vào.

Vào mùa lũ, với lưu lượng trung bình là  $1520 \text{ m}^3/\text{s}$  thì độ đục tương ứng là  $190 \text{ g/m}^3$  và độ đục của phù sa tạo dòng là  $63 \text{ g/m}^3$ . Tổng lượng sòng chảy phù sa lơ lửng trung bình nhiều năm của tổ tạo dòng là  $0,5 \text{ triệu m}^3$ .

Chế độ làm việc của hồ chứa và biểu đồ lưu lượng dòng chảy đến cho thấy dòng đến với độ đục lớn nhất xảy ra khi hồ chứa mới bắt đầu tích nước.

Các kết quả tính toán cho thấy quá trình bồi lăng xảy ra rất chậm ở hồ chứa. Trong 20 năm đầu, thực tế các hạt sẽ rơi vào vùng nước chết của hồ chứa, ở phần gần đập sẽ lăng xuống các hạt từ 0,01 – 0,005 mm. Các hạt có đường kính nhỏ hơn 0,005 mm sẽ được di chuyển xuống hạ lưu sau công trình.

Sau 20 năm khai thác hồ chứa mới xảy ra quá trình bồi lắng một phần hữu ích của hồ chứa. Sau 40 năm trong hồ chứa có thể tích lại 8 triệu m<sup>3</sup> phù sa. Sau 100 năm là gần 21 triệu m<sup>3</sup> phù sa và sau 200 năm là 45 triệu m<sup>3</sup> phù sa.

Do nước được tích trong hồ chứa, các hạt chất rắn có thời gian lắng đọng tạo nên quá trình bồi lắng lòng hồ. Khi dòng nước trong hồ xả xuống hạ lưu gây

nên hiện tượng xói lở lòng sông. Quá trình này là kết quả của sự khôi phục độ đục đặc trưng của dòng nước và được điểm định tính của nó phụ thuộc nhiều vào đặc trưng thủy văn và cấu tạo địa chất lòng sông. Hậu quả quá trình xói lở lòng dẫn là mực nước sông giảm.

Sự xói lở và hạ lưu mực nước sông hạn chế bởi ảnh hưởng của các yếu tố sau:

Lòng sông có luồng đã gốc có tầng phủ bối tích aluvi mỏng. Dòng chảy không thể bào xói bối tích aluvi.

Sự giảm độ dốc mặt nước và tốc độ dòng chảy;

Sự có mặt ở đáy các hạt cỡ lớn mà tốc độ dòng nước không đủ mang đi;

Sự tích lũy trên bờ mặt đáy lòng sông các hạt cỡ lớn vỏ bảo vệ gọi là sự thô hóa tự nhiên.

Dòng chảy sông Đồng Nai sau hạ lưu đập Trị An thường xuyên chịu ảnh hưởng của thủy triều. Tuy nhiên, các diễn biến của thủy triều được xem là ảnh hưởng không đáng kể tới quá trình xói lở mà thường phát triển mạnh khi triều rút ở trạng thái nước ròng không bị dồn.

Các khảo sát, nghiên cứu trên đoạn sông dài 50km tính từ tuyến đập xuống hạ lưu cho thấy: khoảng 16 km từ cửa kênh xả có cấu tạo từ loại đá cứng cà chì có một vài nơi được phủ bằng lớp mỏng aluvi. Ở đoạn tiếp theo, trên bờ và bãi bồi là đất kết dính (đất sét, đất thịt), lòng sông là cát. Độ sâu lớp kết dính ở bãi bồi là 8-12m và dưới đáy bồi tích cuộn sỏi. Lòng sông phía bên dưới Biên Hòa có cấu tạo phức tạp: đáy là cát, bờ và bãi bồi được cấu thành từ đất dính.

Ảnh hưởng của quá trình điều tiết ngày đêm khi nhà máy thủy điện trong mùa khô cũng được coi là không đáng kể. Các ảnh hưởng chỉ được lưu ý khi lưu lượng tạo dòng cực đại. Đối với nghiên cứu này, cần thiết phải tinh đến dòng chảy của sông Bé kết hợp với dòng chảy qua tuyến công trình thủy điện.

Kết hợp các số liệu đo đạc, nghiên cứu về độ dốc lòng sông, sự thô hóa, kết quả tính toán độ xói mòn hay sự tụt giảm mực nước được tiến hành trong trường hợp lưu lượng lũ bằng  $3.000\text{m}^3/\text{s}$  và lưu lượng nhỏ nhất đi qua nhà máy là  $120\text{ m}^3/\text{s}$ . Kết quả xác định rằng xói diện rộng kéo dài khoảng 70-75km tính từ cửa kênh xả. Độ giảm trung bình của đáy là 0,9m (không kể các đoạn có đáy là đá). Ở một đoạn đáy aluvi không có hạt lớn, xói đạt đến 1,8 -2,2m. Quá trình xói xảy ra ở giữa đoạn 25-29km và 38-42km. Có đoạn xói không đáng kể (0,1m) hoặc hoàn toàn không xói đó là đoạn 30-34km và 45km. Tại Biên Hòa đáy sông giảm đi 0,6/0,8m.

Xói lòng sông gây nên sự sụt giảm mực nước. Mực nước khi triều rút ứng với  $Q=3.000\text{m}^3/\text{s}$  giảm đi nhiều so với trường hợp  $Q=120\text{m}^3/\text{s}$ . Điều đó có liên quan đến hiện tượng độ dốc sông rất nhỏ khi lưu lượng nhỏ. Độ tụt giảm mực nước ở độ dốc này không thể có được vì bị khống chế bởi mực nước biển. Độ giảm mực nước lớn nhất với  $Q=3.000\text{m}^3/\text{s}$  đạt khoảng 0,5m (trên đoạn từ 20-45 km), tại tuyến kênh xả giảm 0,2 m và ở Biên Hòa giảm 0,3m. Đối với lưu lượng  $120\text{m}^3/\text{s}$ , độ giảm tương ứng là 0,45; 0,15 và 0,2.

Thời gian dự đoán quá trình xói lở kết thúc khoảng 50-60 năm. Trong 3-5 năm đầu, đồ xói lở xảy ra mạnh mẽ nhất ở hạ lưu công trình và đạt tới 60-70%. Phía dưới hạ lưu công trình, hiện tượng này diễn ra tương tự. Sau 5 năm đầu, độ giảm mực nước đạt cực đại 0,3m, tại tuyến kênh xả là 0,1-0,15 m và ở Biên Hòa 0,2 m.

### *Thay đổi chế độ dòng chảy hạ du hồ chứa:*

Trong quá trình hoạt động, Nhà máy thủy điện Trị An thuộc Công trình thủy điện Trị An cần cung cấp một lượng nước tối đa tương ứng với lượng nước cần để phát điện với tổng công suất 400 MW tại huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai. Tuy nhiên, kể từ khi hồ đi vào hoạt động vận hành đến nay đã làm ảnh hưởng đến chế độ dòng chảy ở hạ lưu đập, đặc biệt khu vực thành phố Biên Hòa chế độ dòng chảy chịu ảnh hưởng trực tiếp từ việc vận hành xả lũ của hồ Trị An và chế độ triều biển đồng.

Bảng 2. 1: Đặc trưng thống kê mực nước trạm Biên Hòa trước và sau khi có hồ Trị An

Thời kỳ	Hmax	Hmin	Cv	Cs	Hmax 0.1%	Hmax 0.5%	Hmax 1%	Hmax 5%	Hmax 10%	Hmax 20%
Trước khi có nhà máy TĐ Trị AN (1977-1987)	207	-195	0.17	0.54	244	227	219	198	187	175
Sau khi có nhà máy TĐ Trị AN (1988-2018)	219	-206	0.13	0.45	260	243	236	216	206	195

Bảng 2. 2: Các trị số đặc trưng của mực nước trạm Biên Hòa trước và sau khi có Nhà máy thủy điện Trị An

Thời kỳ	Mực nước cao nhất tháng (cm)				Mực nước thấp nhất tháng (cm)			
	Mùa mưa		Mùa khô		Mùa mưa		Mùa khô	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Trước khi có nhà máy TĐ Trị AN (1977-1987)	207	74	133	62	-32	-195	-104	-204
Sau khi có nhà máy TĐ Trị AN (1988-2018)	219	82	189	86	-44	-206	-106	-201

- Sau khi có hồ Trị An thì chế độ thủy văn đã được điều tiết bớt chênh lệch hơn so với khi chưa có hồ, chủ yếu trong giai đoạn sau khi có hồ Trị An đến năm 1999, tuy nhiên sau năm 2000, mực nước có xu hướng tăng lên nhiều.

- Mực nước cao mùa lũ ứng với các tần suất  $P=0,1$  đến  $2,0\%$  sau khi có hồ Trị An tăng hơn so với trước khi có hồ giai đoạn sau 2000 đến nay, điều này cho thấy sự gia tăng của mực nước triều và ảnh hưởng của mưa lớn trên lưu vực.

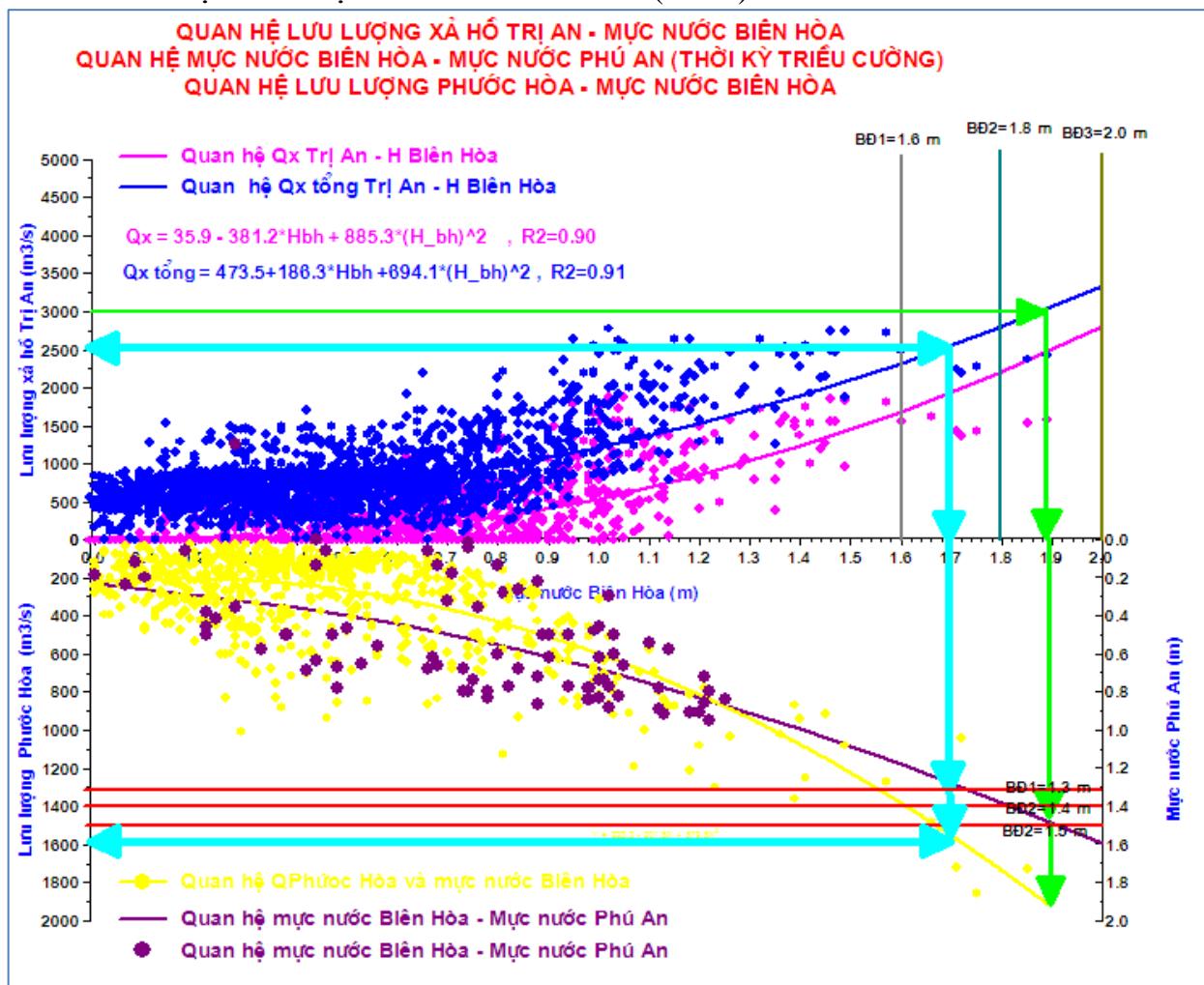
- Trong mùa khô mực nước thấp ứng với các tần suất  $P = 80; 90; 95$  sau khi có hồ đã được nâng lên.

Hồ Trị An xả với lưu lượng  $3000m^3/s$  thì  $H_{Biên Hòa}=1,9m$  lớn hơn báo động II là  $0,1m$ , mực nước tại  $H_{Nhà Bè}$  là  $1.7m$  và mực nước tại Phú An là  $1.62m$  lớn hơn báo động III là  $0,12 m$ , xảy ra nhiều điểm ngập úng như Ngập Vĩnh Cửu, Long Thành, Nhơn Trạch và TP. Biên Hòa; khu vực TP HCM ngập 11 điểm nghiêm trọng.

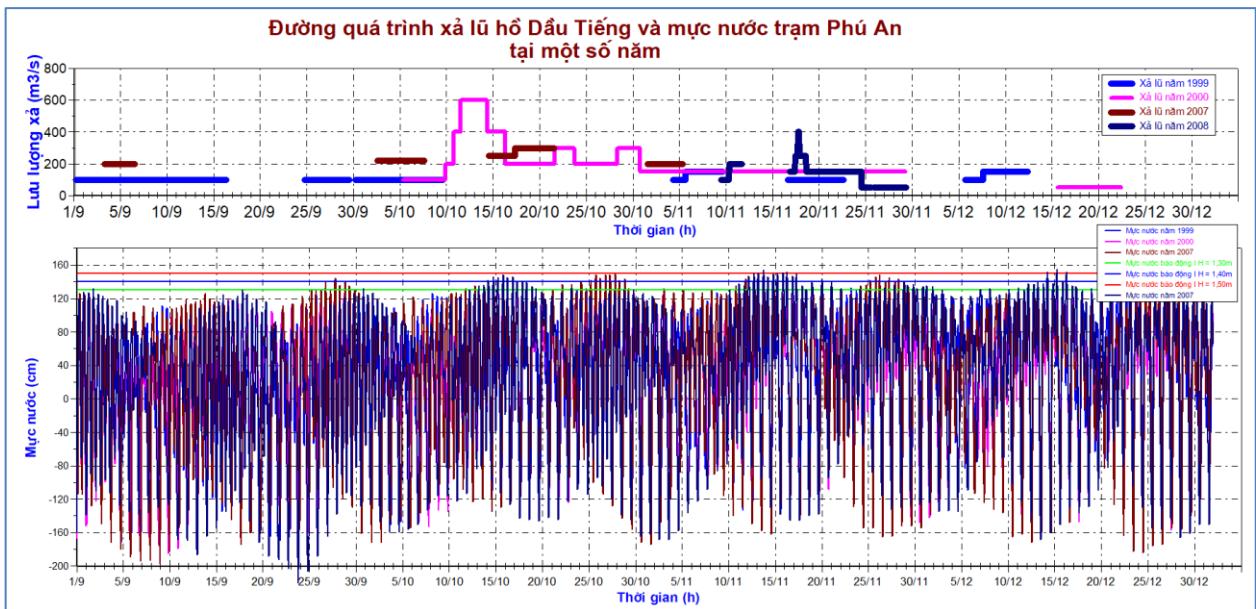
Theo số liệu thống kê tình hình xả lũ của hồ Trị An và quan hệ mực nước tại Biên Hòa cho thấy khi Trị An xả với lưu lượng  $< 2500m^3/s$  thì  $H_{Biên Hòa} < 1,7m$  nhỏ hơn báo động II là  $0,1m$ , mực nước tại  $H_{Nhà Bè}$  là  $< 1.53m$  và mực nước tại Phú An là  $< 1.40m$  (BĐII).

Diễn biến mực nước tại trạm Phú An cho thấy từ tháng VI trở đi, tuy mực nước trung bình, chân và đỉnh có xu thế tăng dần đến tháng X, XI nhưng chỉ có 3 tháng X-XII là có chân và đỉnh cao hơn cả (trên -160 cm), trong đó, tháng X và XI lại có nhiều khả năng xuất hiện đỉnh cao nhất trong năm hơn tháng XII. Tuy nhiên, tháng X thường có khả năng cho mưa trận cường suất cao nhiều hơn tháng XI, nên việc chọn tháng X làm tháng đặc trưng cho tính tiêu nước cả ở mạng lớn HLĐNSG và cả tiêu nước đô thị là hợp lý. Cũng nên lưu ý thêm rằng, nếu xem cấp mực nước từ 120cm trở lên tại Phú An và Nhà Bè là cấp bắt đầu có khó khăn về tiêu nước nói chung, thì tài liệu cho thấy, đối với cả hai nơi, mực nước khó tiêu xảy ra trong tháng VIII chỉ với tần số dưới 20%, tháng IX là 50-60% và tháng X là gần 100% nghĩa là đa phần các đỉnh triều trong tháng X đều khó tiêu.

Hồ Trị An xả với lưu lượng  $3000\text{m}^3/\text{s}$  thì  $H_{\text{Biên Hòa}}=1,9\text{m}$  lớn hơn báo động II là  $0,1\text{m}$ , mực nước tại  $H_{\text{Nhà Bè}}$  là  $1.7\text{m}$  và mực nước tại Phú An là  $1.62\text{m}$  lớn hơn báo động III là  $0,12\text{ m}$ . Khi Trị An xả với lưu lượng  $< 2500\text{m}^3/\text{s}$  thì  $H_{\text{Biên Hòa}} < 1,7\text{m}$  nhỏ hơn báo động II là  $0,1\text{m}$ , mực nước tại  $H_{\text{Nhà Bè}}$  là  $<1.53\text{m}$  và mực nước tại Phú An là  $< 1.40\text{m}$  (BĐII).

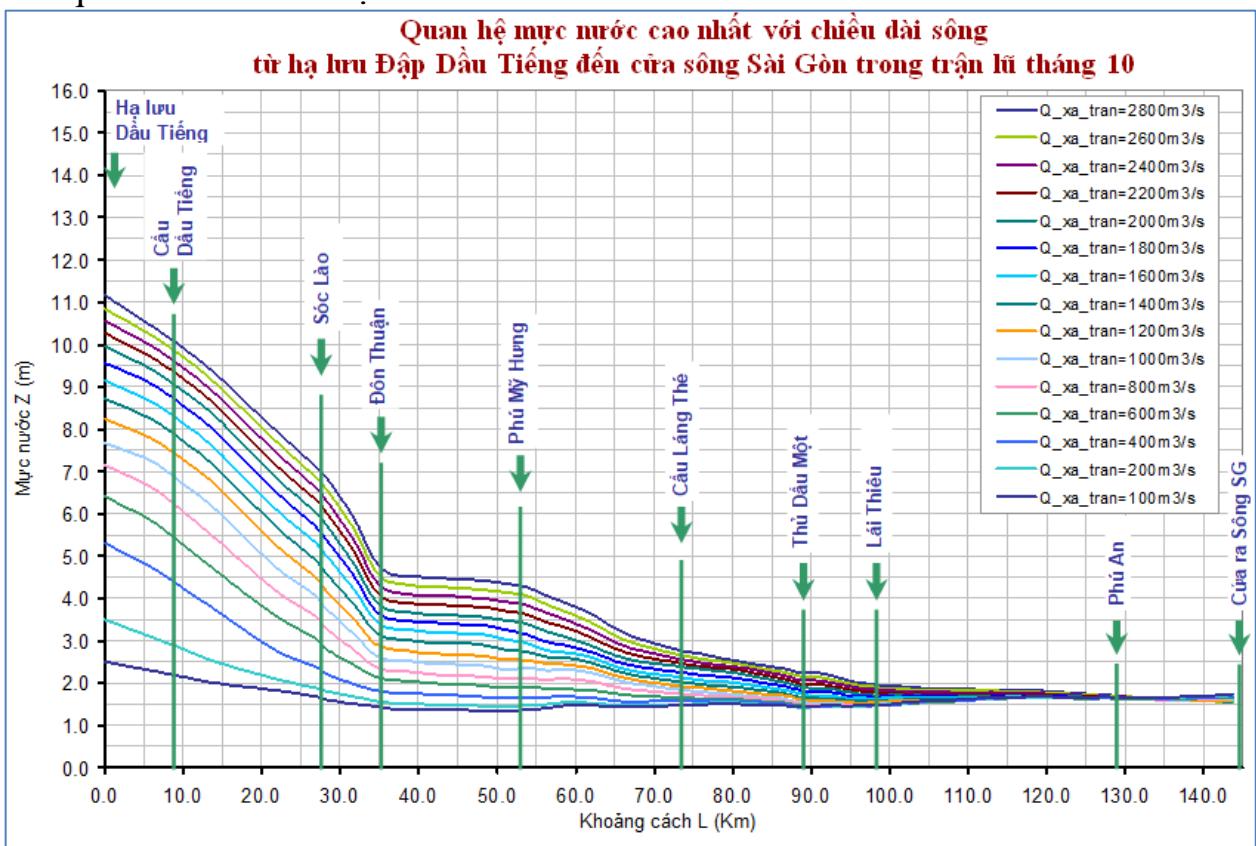


Hình 2. 1: Quan hệ lưu lượng xả hồ Trị An, Phước Hòa và mực nước Biên Hòa, Phú An



Hình 2. 2: Đường quá trình xả lũ hồ Dầu Tiếng và mực nước trạm Phú An trên sông Sài Gòn trong một số năm.

Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai theo quyết định số 1895/QĐ-TTg ngày 25/12/2019 bao gồm các hồ, đập: Thác Mơ, Càn Đơn, Srok Phu Miêng, Phước Hòa, Đơn Dương, Đại Ninh, Đồng Nai 2, Đồng Nai 3, Đồng Nai 4, Đăk R'Tih (bậc trên), Đồng Nai 5, Trị An, Hàm Thuận, Đa Mi, Dầu Tiếng, Đa Khai, Đa Dâng 3, Đăk Sin 1, Đa M'Bri, Đăk Kar và đập dâng Tà Pao. Trong đó vận hành điều tiết của hồ Dầu Tiếng từ 1/7 đến 15/7 mực nước cao nhất trước lũ của hồ trong mùa lũ là 20.3m. Sử dụng mô hình MIKE11 nêu trên với các biên lưu lượng hồ Dầu Tiếng được tính toán xả theo các cấp lưu lượng 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800  $m^3/s$ . Kết quả tính toán thể hiện như hình vẽ sau:



Qua phân tích trên cho thấy ảnh hưởng của vận hành công trình hồ chứa

phía thượng nguồn ảnh hưởng đến chế độ thủy lực và biến đổi lòng dãy phía hạ du. Khu vực Biên Hòa chịu ảnh hưởng trực tiếp của việc vận hành công trình hồ chứa thượng nguồn hồ Trị An, cụ thể làm thay đổi chế độ thủy động lực ảnh hưởng đến diễn biến lòng dãy, làm thay đổi lượng ngâm cát (lượng ngâm cát xuống hạ du giảm nhỏ) dẫn đến hiện tượng xói bồi lòng sông ở hạ du (sức tải cát thường có sự điều chỉnh tương ứng)...

### **2.3.1.2. Do khai thác cát:**

Hoạt động khai thác cát là do nhu cầu xã hội thúc đẩy, các yếu tố của nhu cầu xã hội do gia tăng dân số, phát triển kinh tế là động lực thúc đẩy cho việc xây dựng nhà ở, khu công nghiệp, cơ sở hạ tầng như vậy nhu cầu khai thác cát sẽ gia tăng.

Việc bơm hút cát lòng sông thời gian qua gây ra tác động tiêu cực và tích cực tới chế độ thủy văn-thủy lực, cụ thể: Làm tăng tiết diện mặt cắt ướt, hay tăng khả năng tiêu thoát cục bộ (tích cực). Làm thay đổi cấu trúc dòng chảy, chủ lưu dẫn tới những tác động ở vùng bờ lân cận, có trường hợp cực đoan gây hố xói sát sườn bờ làm tăng nguy cơ sạt lở bờ sông. (tiêu cực). Mặt khác, sự khai thác cát còn làm thay đổi trắc diện (trắc diện dọc, trắc diện ngang) tự nhiên lòng sông, nhất là thay đổi đường tụ thủy tạo nên sự bất thường của dòng chảy, gây xói lở bờ nhanh và bất quy luật.

Hoạt động khai thác cát, sỏi trên sông sẽ trực tiếp làm thay đổi dạng hình học kênh, thay đổi tỉ lệ bờ rộng/độ sâu, gây ra sạt lở bờ sông, thay đổi độ sâu lòng sông, chế độ dòng chảy, thay đổi sự uốn lượn tự nhiên do quá trình cân bằng của chế độ dòng chảy tạo ra, thay đổi sự cân bằng của dự trữ trầm tích.

Nguyên nhân gốc rễ của hoạt động khai thác cát là đào các hố sâu trong lòng sông. Khi khai thác cát, sỏi trên sông sẽ tạo ra các hào đào hay hố trong lòng sông. Như vậy các hình thái dòng chảy bị phá vỡ và một mức thâm hụt trầm tích cục bộ được tạo ra. Ngoài những thay đổi trực tiếp của môi trường sông, khai thác cát sỏi có thể làm nổi lên các ghềnh nước nông, làm thô cấu trúc lòng sông, và sự bất ổn định hai bên bờ kênh.

Khai trường khai thác cát lòng sông là công trình nhân tạo làm thay đổi chế độ dòng chảy và làm ảnh hưởng đến mức độ an toàn của các công trình xung quanh. Các thông số dòng chảy liên đới đến các ngành khác như: giao thông vận tải đường thủy hoặc chính khu vực mỏ lân cận, vì vậy, cần kiến nghị làm rõ yếu tố nào ảnh hưởng để tăng mức an toàn cho công trình xung quanh như: khoảng cách giữa 2 mỏ liền kề tại một khu vực, khoảng cách an toàn cho các công trình đê điền, cầu cảng, khoảng cách an toàn cho vận tải đường thủy ...

Khai trường khai thác cát lòng sông là công trình nhân tạo làm thay đổi chế độ dòng chảy và làm ảnh hưởng đến mức độ an toàn của các công trình xung quanh. Các thông số dòng chảy liên đới đến các ngành khác như: giao thông vận tải đường thủy hoặc chính khu vực mỏ lân cận, vì vậy, cần kiến nghị làm rõ yếu tố nào ảnh hưởng để tăng mức an toàn cho công trình xung quanh như: khoảng cách giữa 2 mỏ liền kề tại một khu vực, khoảng cách an toàn cho các công trình đê điền, cầu cảng, khoảng cách an toàn cho vận tải đường thủy ...

Theo đánh giá quy hoạch sử dụng cát sỏi xây dựng vùng Đông Nam Bộ đến năm 2020 nhu cầu cát xây dựng là 17.634.000 m<sup>3</sup> cát. Do đó với nhu cầu ngày càng gia tăng phục vụ xây dựng thì vấn đề khai thác cát trái phép ngày càng nhiều.

Trong 2 năm 2009, 2010, Sở tài nguyên và Môi trường, UBND các huyện thị xã Long Khánh và Thành phố Biên Hòa đã kiểm tra, phát hiện và bắt giữ 93 trường hợp khai thác cát bất hợp pháp. Năm 2011 có 43 trường hợp khai thác cát bất hợp pháp, Năm 2012 có 138 trường hợp khai thác cát bất hợp pháp (*Nguồn Báo cáo số 5705/BC-UBND*).

Tại Lâm Đồng hiện tượng khai thác cát cũng diễn ra ngày càng trầm trọng làm ảnh hưởng đến hạ du sông Đồng Nai. Từ đầu năm 2016 đến nay, cơ quan chức năng địa phương huyện Đạ Huoai gồm các lực lượng Công an, Phòng Tài nguyên và Môi trường và Thanh tra huyện đã phát hiện, xử lý gần 50 vụ vi phạm về khai thác cát trái phép trên sông Đồng Nai (đoạn chảy qua địa bàn huyện Cát Tiên). Ngày 22-10, UBND huyện Cát Tiên (Lâm Đồng) cho biết, qua thống kê dọc hai bên sông Đồng Nai, đoạn qua địa bàn huyện này đã có 110.256m<sup>2</sup> đất bị sát lở do hoạt động khai thác cát của nhiều doanh nghiệp, gây thiệt hại lớn cho người dân (*Nguồn Báo cáo số 5705/BC-UBND*).



Hình 2. 3: Hình ảnh khai thác cát tại Lâm Đồng trên sông Đồng Nai



Hình 2. 4: Khai thác cát trái phép trên sông Đồng Nai ngày 8/6/2016 đoạn qua phường Bửu Long, TP Biên Hòa (Nguồn: <http://nld.com.vn/chinh-tri/vay-rap-cat-tac-tren-song-dong-nai-trong-dem>)

### **2.3.1.3. Do phát triển dân số và cơ sở hạ tầng**

Do tốc độ đô thị hóa các công trình dần dần che khuất các dòng sông, thậm chí do quá trình chiếm dụng đất hai bên sông làm cho nhiều đoạn sông không còn có thể tiếp cận đối với mọi người. Tp Hồ Chí Minh vốn là một đô thị sông nước cũng đang nằm trong tình trạng đó. Ngoài nguy cơ bị xói lở theo quy luật tự nhiên của dòng chảy, dải đất dọc bờ sông còn có nguy cơ bị chiếm dụng và xây dựng tùy tiện, quỹ đất và mặt nước bị lãng phí, cảnh quan sông nước bị hủy hoại, môi trường bị ô nhiễm và cộng đồng dân cư thành phố mất cơ hội tiếp cận không gian rộng lớn tươi đẹp của sông nước.

Về tình trạng lấn chiếm, xây dựng trái phép trong phạm vi hành lang bảo vệ trên bờ sông, kênh, rạch: Với tốc độ đô thị hóa ngày càng phát triển, nhu cầu ở và sinh hoạt người dân ngày càng tăng cao, nguy cơ tình trạng lấn chiếm, xây dựng trái phép trong phạm vi hành lang bảo vệ trên bờ tiếp tục có thể xảy ra. Tình trạng này sẽ gây tác động xấu đến ổn định bờ sông, gây mất trật tự, cảnh quan đô thị.

Hiện nay, thực trạng hai bên bờ các tuyến sông, kênh, rạch có năng lực vận tải thủy lớn như: sông Sài Gòn (khu vực phường Bình An, Thảo Điền, quận 2) và khu vực ven rạch Giồng Ông Tố đoạn giáp cầu Giồng Ông Tố 1 (phường An Phú - Bình Trưng Tây)... vẫn còn tồn tại nhà ở trên và ven bờ sông dày đặc. Trong quá trình sinh sống, người dân xả rác và nước thải sinh hoạt xuống lòng sông gây ô nhiễm, mất mỹ quan đô thị; đồng thời, việc sinh sống trên và ven sông, kênh, rạch tiềm ẩn nguy cơ sạt lở và gây nguy hiểm cho tính mạng và tài sản người dân sinh sống dọc ven và trên sông, kênh, rạch.

Trong những năm qua, dù địa phương đã có nhiều chủ trương và biện pháp để bảo vệ và phát triển rừng trong lưu vực sông, tuy nhiên diện tích rừng và đất rừng vẫn bị giảm một cách đáng kể. Đến hết năm 2009, mới chỉ giảm trên 2,6%, nhưng đến năm 2013, con số này đã là 4,3% so với số liệu tổng kiểm kê của năm 1999.

Nguyên nhân chính gây mất diện tích rừng được cho là: Do dân số tiếp tục gia tăng, nên nhu cầu sử dụng đất càng nhiều; năng suất cây trồng nông nghiệp và cây công nghiệp thấp nên dẫn đến thu nhập và sinh kế cộng đồng hộ, hộ dân giảm, từ đó tạo áp lực mở rộng diện tích sản xuất cây trồng vào đất rừng.

Thêm vào đó, thủy điện cũng một phần là nguyên nhân dẫn đến diện tích đất rừng bị giảm. Theo thống kê, từ năm 2006 đến nay, đã có 1.886 ha đất rừng tự nhiên chuyển đổi sang xây dựng các công trình thủy điện.

Các hoạt động của các bến bãi nội địa, các bến đò ngang, neo đậu tàu thuyền không theo vị trí quy định... gây cản trở, làm thay đổi, ảnh hưởng đến ổn định lòng dẫn. Một số tàu thuyền lưu thông với tốc độ cao quá quy định cho phép, chở hàng quá tải, tạo ra sóng và dòng chảy tác động trực tiếp vào bờ gây sạt lở bờ.

Dưới tác động của sóng do thuyền bè qua lại gây ra, đất mái bờ bị phá vỡ, bị bào xói rồi lôi kéo đi nơi khác. Trong trường hợp các tác động này xảy ra trong thời gian mưa lũ, mực nước cao thì xói lở chủ yếu diễn ra phía bờ mặt mái bờ sông rạch. Khối đất mỗi một đợt sạt lở thường không lớn. Trường hợp các tác động của sóng thuyền bè xảy ra vào thời kỳ mưa kiệt, mực nước thấp thì xói lở mái bờ chủ yếu diễn ra trên mực nước thấp tạo thành hàm ếch, làm giảm dần ổn định mái bờ. Khi gặp mưa hay một tác nhân nào đó làm gia tăng

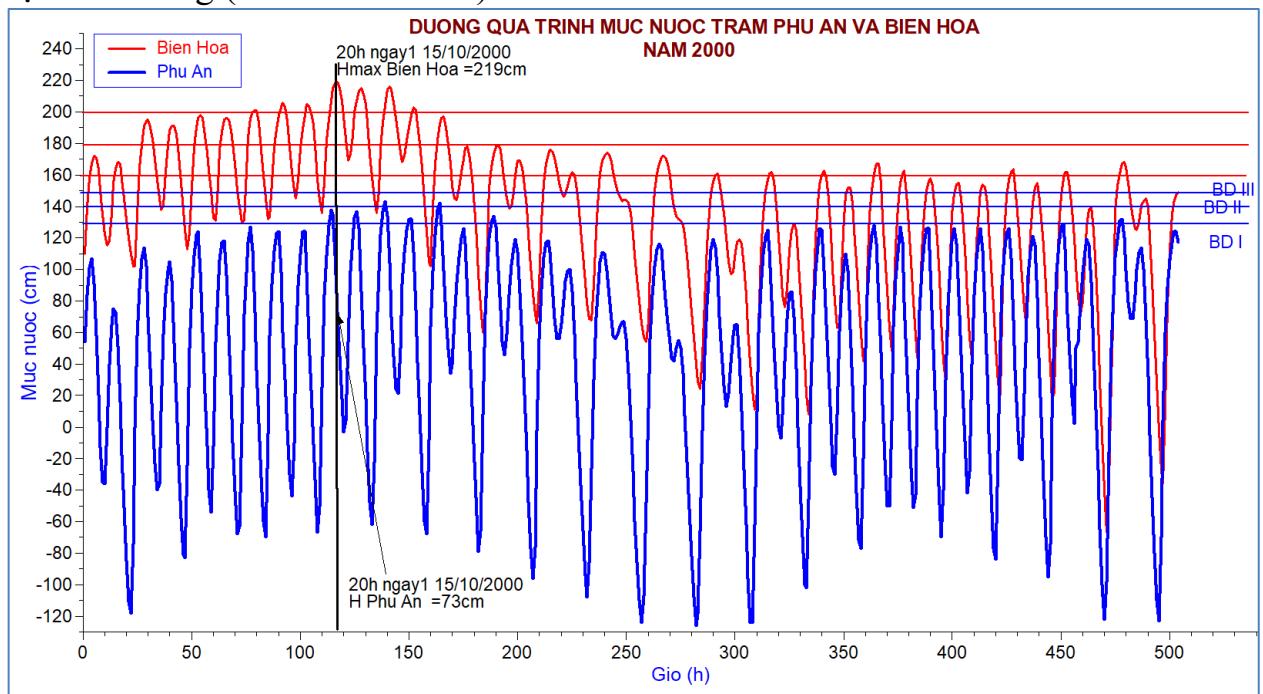
tải trọng khói đất trên hàm éch, khói đất sẽ hình thành nhiều vết nứt, trước khi sụt lở, tan rã rót từng mảng nhỏ xuống lòng sông.

### **2.3.2. Nhóm do tác động do yếu tố dòng chảy, biến đổi khí hậu.**

#### **2.3.2.1. Ảnh hưởng của yếu tố thủy văn, thủy lực, bùn cát**

Mực nước sông lên xuống theo chế độ bán nhật triều (02 lần/ngày đêm) trong mùa kiệt và mùa lũ đã làm cho đất bờ sông bị khô ướt liên tục, quá trình kéo dài làm suy giảm liên kết giữa các hạt đất và ảnh hưởng đến ổn định bờ.

Mực nước sông vùng hạ du sông Đồng Nai Sài Gòn thuộc chế độ bán nhật triều (2 lần/ ngày đêm) cả trong mùa kiệt và mùa lũ làm cho đất bờ sông bị khô ướt liên tục, quá trình kéo dài làm suy giảm liên kết giữa các hạt đất và ảnh hưởng đến ổn định bờ. Mực nước lên xuống đã làm cột nước trong đất và ngoài sông chênh lệch, tạo ra gradient đẩy khói đất gây trượt về phía lòng sông. Mực nước vùng hạ du sông Đồng Nai có biên độ triều lớn (3 – 4m) nên ảnh hưởng mạnh đến sát lở bờ sông (xem hình vẽ ...)



Hình 2.5: Đường quá trình mực nước lũ tháng 10 trạm Phú An và Biên Hòa

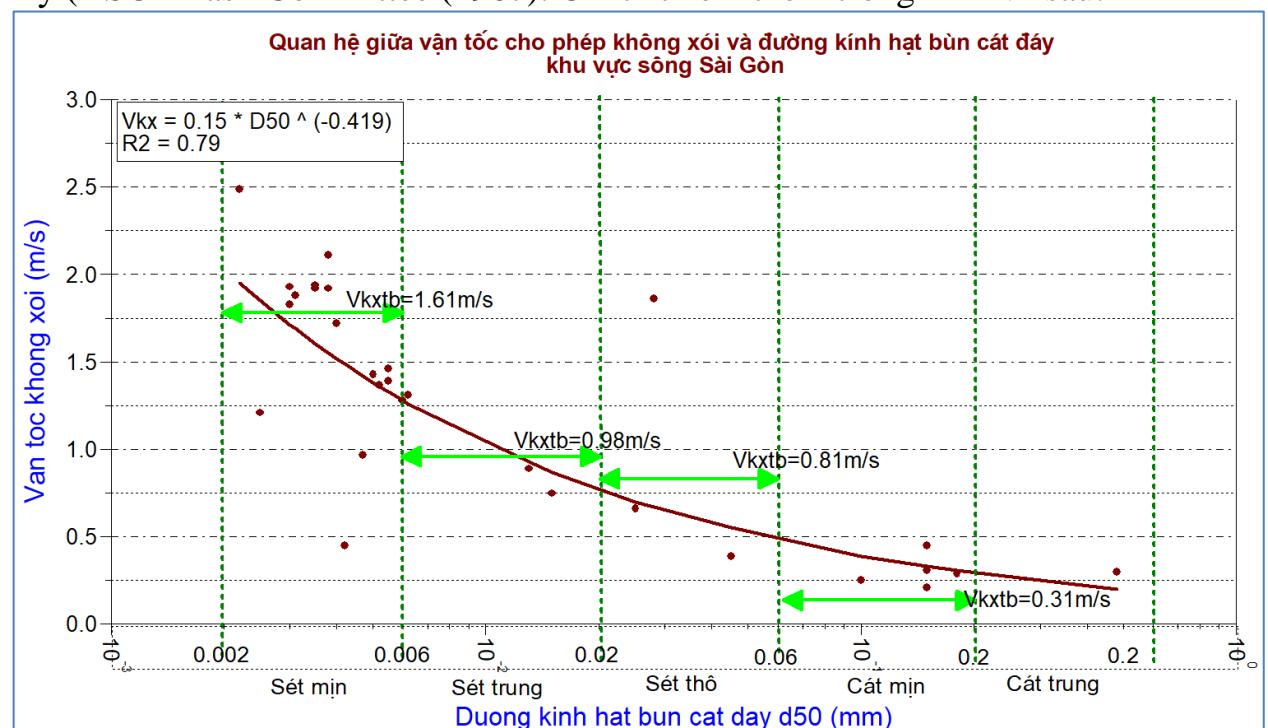
Sự gia tăng mực nước trong sông, dòng chảy mạnh hơn khi triều xuống làm gia tăng xói lở, biến đổi lòng dẫn. Biên độ và tốc độ dòng chảy lớn đặc biệt khi triều rút tốc độ dòng chảy max  $v=1,2$  đến  $2\text{m/s}$ , và có nhiều thời gian  $vdc > vkđ$  vật liệu lòng dẫn dẫn đến mực nước tăng lên vào mùa lũ và khi triều lên, mực nước thấp hơn khi triều xuống, vận tốc dòng chảy cũng tăng hơn trước dẫn đến quá trình bào mòn lòng dẫn tăng lên. Hiện tượng sạt lở thường xảy ra khi mực nước phía ngoài sông xuống thấp nhất, thời điểm xảy ra thường vào thời điểm mực nước dòng thấp nhất trong năm là tháng VI, tháng VII.

Quá trình truyền triều trong sông cũng là yếu tố ảnh hưởng đến diễn biến lòng dẫn. Thủy triều biển đông khu vực nghiên cứu có biên độ 3.5-4.0m, lên xuống ngày 2 lần (bán nhật triều không đều) với 2 đỉnh xấp xỉ nhau và hai chân lênh nhau khá lớn. hàng tháng, triều xuất hiện 2 lần nước cao (triều cường) và 2 lần nước thấp (triều kém) theo chu kỳ mặt trăng. Dạng triều lúc cuwongf và lúc kém cũng khác nhau và trị số trung bình của các chu kỳ ngày cũng tạo thành một sóng có chu kỳ 14,5 ngày với biên độ 0.3 – 0.4m. Trong năm đỉnh triều có xu thế cao hơn trong thời gian từ tháng XII-I và chân triều có xu thế thấp hơn trong

khoangrt từ tháng VII – VIII. Đường trung bình của các chu kỳ nửa tháng cũng là một sóng có trị số thấp nhất vào tháng VII – VIII và cao nhất vào tháng XII-I. Triều cũng có các dao động rất nhỏ theo chu kỳ nhiều năm (18 năm và 50-60 năm). Theo hệ cao độ Hòn Dầu, triều ven biển đông có mực nước đỉnh trung bình vào khoảng  $1.1 \div 1.2$ m, các đỉnh cao có thể đạt đến  $1.3 \div 1.4$ m và mực nước chân trung bình từ  $-2.8 \div -3.0$ m, các chân triều xuống thấp tới mức  $-3.2$ m.

Bùn cát lơ lửng là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến diễn biến dãy và biến đổi lòng dãy vùng hạ du sông Đồng Nai Sài Gòn. Sự thiếu hụt nồng độ bùn cát lơ lửng (hàm lượng phù sa) của dòng nguồn cung cấp cho dòng chảy hạ du đã góp phần gây nên hiện tượng xói sâu lòng dãy phô biến trên sông Đồng Nai – Sài Gòn. Nguồn bùn cát bão hòa càng tăng cao khi lưu tốc gia tăng, khi đó dòng chảy ở các vị trí có lưu tốc lớn như khu vực bờ lõm sông cong, khu vực có rối động mạnh (khu vực phân và hợp lưu), đoạn bờ sông bị thu hẹp đột ngột (các nút hình thái sông cong) thì sức tải cát bão hòa của dòng chảy trong sông cũng tăng lên, hình thành các hố xói sâu. Kết quả khảo sát hàm lượng phù sa lơ lửng trên sông Đồng Nai, Sài Gòn tại một số vị trí cho thấy quá trình lưu tốc dòng chảy và hàm lượng bùn cát lơ lửng có quan hệ tương quan chặt chẽ.

Ảnh hưởng của bùn cát đối với lòng dãy được đánh giá đồng thời với vận tốc dòng chảy trong sông. Bùn cát đáy và vị trí của nó trong lòng dãy quyết định khả năng kháng xói của bùn cát. Kết quả khảo sát bùn cát đáy khu vực sông Sài Gòn đoạn từ cầu Bình Phước đến Cầu Sài Gòn từ năm 2003, cập nhật năm 2019 cho thấy dạng bùn cát dạng hạt bụi chiếm tỷ trọng lớn nhất, chiếm khoảng 41%, dạng sét mịn chiếm 27% và dạng hạt cát mịn chiếm khoảng 32%. Mẫu bùn cát có đường kính từ 0.002 đến 0.006mm với vận tốc không xói trung bình là 1.61m/s. Tính vận tốc cho phép không xói ứng với độ sâu thực tế của mẫu bùn cát đo đặc khảo sát được tính theo công thức của hiệp hội kỹ sư xây dựng Hoa Kỳ (ASCE Task Committee (1967). Chi tiết xem thêm trong hình vẽ sau:



Hình 2.6: Quan hệ giữa vận tốc cho phép không xói và đường kính hạt bùn cát đáy khu vực sông Sài Gòn

**Lưu tốc và lưu hướng dòng chảy:** Lưu hướng của dòng chảy có hướng tác dụng vào phía bờ sông khi triều lên và triều xuống, chế độ thủy lực diễn biến phức tạp với các xoáy nước, đồng thời với lưu tốc dòng chảy lớn hơn lưu tốc khởi động bùn cát (V<sub>kx</sub>) gây ra tác động xói của dòng chảy. Đặc biệt là ở khúc sông cong, trạng thái ứng suất tự nhiên của đất bờ biển đổi theo chiều hướng làm giảm lực chống trượt và làm gia tăng lực đẩy trượt khỏi đất bờ. Như vậy yếu tố dòng chảy là nguyên nhân chính gây sạt lở bờ sông.

### **2.3.2.2. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, nước biển dâng, lũ lụt**

Các kịch bản biến đổi khí hậu đều cho thấy lượng mưa có xu thế gia tăng về mùa mưa, giảm về mùa khô. Qua đó đã làm tăng lưu tốc dòng chảy về mùa lũ và tạo ra chênh lệch mực nước lớn hơn trước đây giữa mùa lũ và mùa kiệt cũng là những tác động làm gia tăng nguy cơ sạt lở bờ sông.

Dòng chảy do thuỷ triều là một trong những nguyên nhân gây nên tình trạng sạt lở bờ sông. Qua thống kê các số liệu sạt lở các năm qua, nhóm nghiên cứu nhận thấy hiện tượng sạt lở thường xảy ra vào những ngày có biên độ triều lớn nhất trong tháng, tại thời điểm mực nước có chân triều thấp tạo áp lực thuỷ ngang lớn gây ra sạt lở bờ sông, sạt lở. Thời điểm thường xảy ra sạt lở từ 22 giờ đến 02 giờ sáng hôm sau, vào các ngày 29, 30, 31, 01, 02, 03 âm lịch trong các tháng 8, 9, 10 âm lịch.

Mưa với cường suất lớn cũng là nguyên nhân gây sạt lở bờ sông. Do đặc điểm các điều kiện tự nhiên vùng hạ du sông Đồng Nai - Sài Gòn, khu vực Tp.Hồ Chí Minh thì yếu tố đất bờ cố kết yếu, các tác động từ dòng chảy và chế độ thủy triều là hai nguyên nhân chính gây nên tình trạng sạt lở bờ sông, kênh rạch như hiện nay.

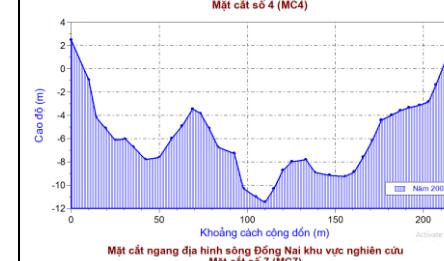
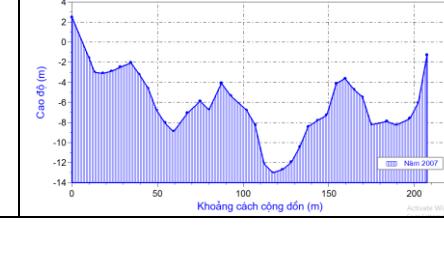
### **2.3.3. Nhóm do tác động do yếu tố tự nhiên, địa hình, địa chất, quy luật vận động tự nhiên của lòng dẫn, khai thác nước ngầm.....**

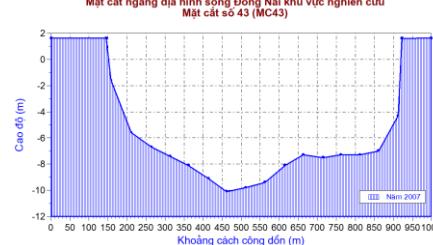
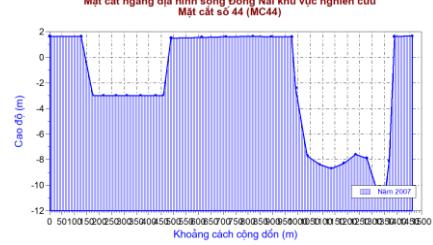
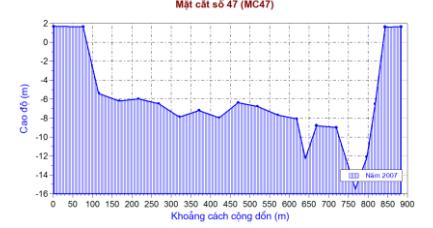
#### **2.3.3.1. Ảnh hưởng của địa hình, địa mạo**

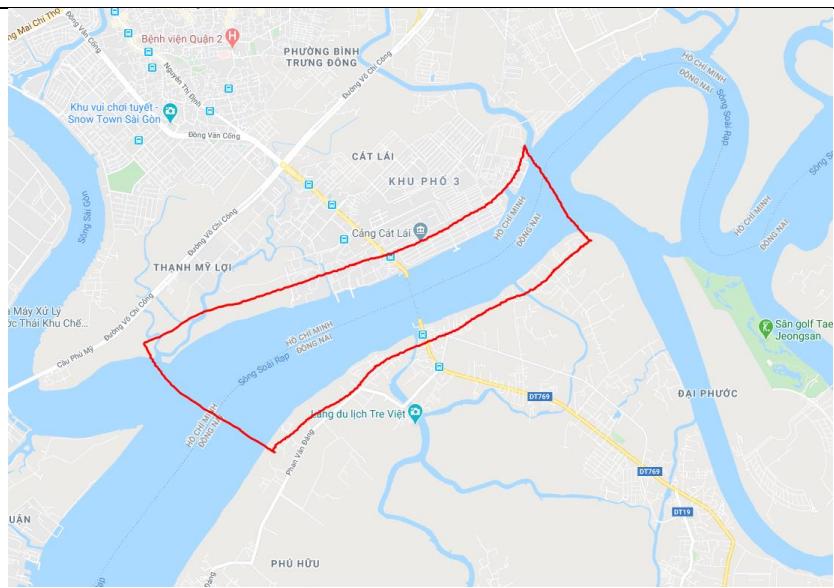
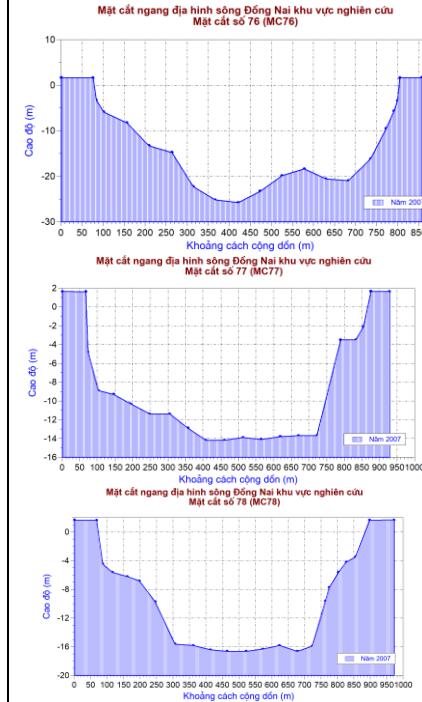
Sông Đồng Nai là sông nội địa dài nhất Việt Nam. Hạ du hệ thống sông Đồng Nai bao gồm TP.HCM, Đồng Nai, Bình Dương là những tỉnh có tốc độ phát triển kinh tế nhanh của cả nước. Đây cũng là lưu vực có số lượng hồ chứa lớn nhiều trên lưu vực. Hạ lưu lại ảnh hưởng của triều biển đông. Do tác động của điều kiện tự nhiên, biến đổi khí hậu, kinh tế xã hội ảnh hưởng đến quá trình diễn biến chế độ thủy văn, thủy lực, diễn biến lòng dẫn vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

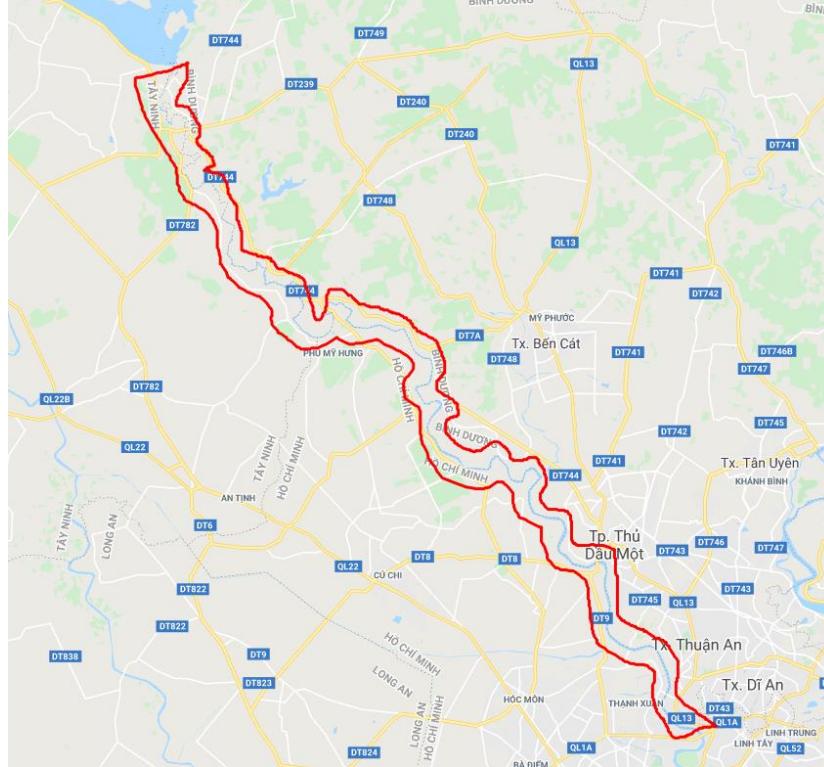
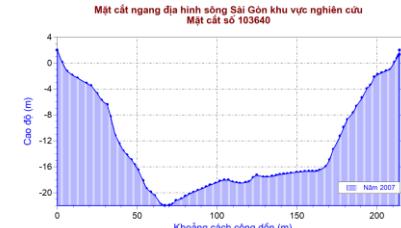
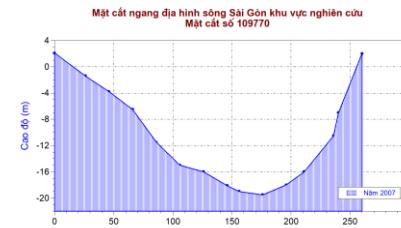
Các đoạn sông có đặc điểm địa hình là sông đơn tuyến, cong, đáy sông tại một số vị trí là đá gốc làm dòng chảy thay đổi tạo thành dòng chảy vòng và xoáy ngược vào bờ. Địa hình hai bên bờ sông cao và dốc gây gia tăng tốc độ dòng chảy và năng lượng dòng chảy trong sông. Các đặc trưng địa hình lòng dẫn trên dòng chính vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai như sau:

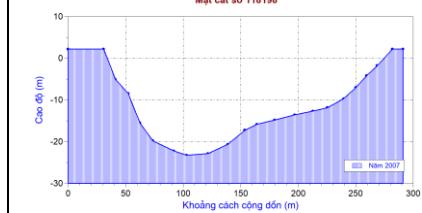
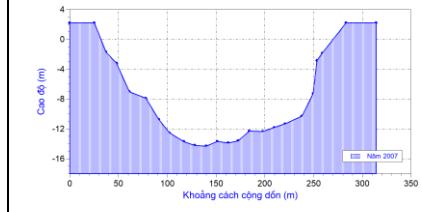
Bảng: Các đặc trưng địa lý thuỷ văn trên dòng chính vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

Đoạn sông	Vị trí/ Đặc điểm địa hình	Ls (km)	Js (%)	Hình dạng mặt cắt điển hình	Chiều rộng lòng sông (m)		
					Bmax	Btb	Bmin
Sông Đồng Nai từ NMTDT A đến cù lao Bạch Đằng:	 <p>Địa hình lòng dẫn sông đơn lạch, lòng dẫn sâu, bờ rộng hẹp, độ dốc lòng dẫn lớn, độ dốc mặt nước lớn, năng lượng dòng chảy lớn.  Mặt cắt lòng sông hình dạng chữ U hoặc chữ V lệch, dòng chủ lưu tập trung giữa sông.  Đáy sông một số vị trí đá gốc, khó xói, qua các vị trí này dòng chảy đổi hướng gây sát lở bờ</p>	33.682	0.23% - 0.25%	  	298	207	126

Đoạn sông	Vị trí/ Đặc điểm địa hình	Ls (km)	Js (%)	Hình dạng mặt cắt điển hình	Chiều rộng lòng sông (m)		
					Bmax	Btb	Bmin
Sông Đồng Nai đoạn từ cù lao Bạch Đằng đến cuối cù lao Ông Cò	 <p>-Địa hình lòng sông đơn, nhiều đoạn sông phân lạch, lòng sông mở rộng dần, độ dốc lòng sông nhỏ, độ dốc mặt nước không lớn, năng lượng dòng chảy không lớn như đoạn thượng lưu.  -Địa hình lòng sông hình dạng chữ U hoặc chữ V lệch, chữ W, sông phân lạch, xói mòn tại đầu cù lao, cuối cù lao có xu thế bồi, đoạn sông nhánh thường là đoạn sông cong, xảy ra xói phia bờ lõm. Đây sông một số vị trí đá gốc, khó xói, qua các vị trí này dòng chảy đổi hướng gây sát lở bờ.  -Bờ sông thấp, bằng phẳng ảnh hưởng đến thoát lũ từ vùng ven sông, gây hiện tượng ngập lụt.</p>	65.29	0.044% - 0.050%	  	1350	750	180

Đoạn sông	Vị trí/ Đặc điểm địa hình	Ls (km)	Js (%)	Hình dạng mặt cắt điển hình	Chiều rộng lòng sông (m)		
					Bmax	Btb	Bmin
Sông Đồng Nai đoạn từ cù lao Ông đến ba lưu Sài Gòn	 <p>- Đoạn sông thẳng, không phân lạch, lòng dẫn sâu và có độ dốc ngược do ảnh hưởng của thủy triều biển đông. Độ dốc đáy sông nhỏ, lưu tốc dòng chảy nhỏ, trực động lực dòng chảy giữa sông, phân bố lưu tốc trên mặt bằng đều.  - Mặt cắt ngang dạng chữ U, bờ rộng sông lớn, bãi bên thấp và rộng làm tăng nhanh diện tích mặt cắt uốn khi bị tràn bãi, làm giảm lưu tốc và tạo nên xu thế bồi lòng dẫn.</p>	5.85	0.015% — 0.025%		1661	1150	629

Đoạn sông	Vị trí/ Đặc điểm địa hình	Ls (km)	Js (%)	Hình dạng mặt cắt điển hình	Chiều rộng lòng sông (m)		
					Bmax	Btb	Bmin
Sông Sài Gòn đoạn thượng lưu đến cầu Bình Phước	 <p>Sông đơn lạch, bè rộng lòng sông nhỏ, độ dốc lòng sông lớn, độ dốc mặt nước lớn, năng lượng dòng chảy lớn, dòng chủ lưu tập trung giữa sông,, địa hình ven sông bằng phẳng, hạn chế tốc độ dòng chảy do mưa, dọc sông có thảm phủ hạn chế tác động dòng chảy tới bờ sông, bờ ôn định hơn, mặt cắt hình chữ U</p>	90.43	0.15% - 0.18%	  	200	100	95

Đoạn sông	Vị trí/ Đặc điểm địa hình	Ls (km)	Js (%)	Hình dạng mặt cắt điển hình	Chiều rộng lòng sông (m)		
					Bmax	Btb	Bmin
Sông Sài Gòn từ cầu Bình Phước đến ngã ba mũi đèn đỏ	 <p>Dạng mặt cắt sông là dạng chữ V lệch, dạng chữ U, chữ W. Địa hình ven sông bằng phẳng hạn chế tập trung dòng chảy do mưa vào sông, gây ngập lụt ven sông</p> <p>Bè rộng sông lớn, chiều sâu dòng chảy lớn, lòng dẫn có nhiều đoạn bị uốn khúc và đổi dòng, tạo các hố xói sâu và sát lở bờ cục bộ (đoạn Thanh Đa, Thủ Thiêm), độ dốc lòng dẫn nhỏ, có xu thế ngược,</p>	35.55	0.012% - 0.015%	  	916	600	290

### **2.3.3.2. Ảnh hưởng của địa chất**

Hạ du sông Đồng Nai-Sài Gòn nằm trong khu vực ảnh hưởng của cấu trúc Nam Trung bộ, là một miền nâng và cấu trúc Tây Nam bộ là một miền sụt trong Kanojoi. Hai hệ thống đứt gãy sông Đồng Nai và sông Vàm Cỏ Đông mang tính chất khu vực phân định các miền cấu trúc nêu trên. Hai hệ thống đứt gãy có phương Tây Nam-Tây Bắc-Đông Nam. Song song với hệ thống đứt gãy này còn có hệ thống đứt gãy cấp 2, sông Sài Gòn hình thành trong hệ thống đứt gãy này.

Sông Đồng Nai và sông Sài Gòn phần trung và hạ du đi qua địa hình bậc thềm của Đông Nam Bộ, trong đó gồm 2 kiểu chủ yếu là địa hình nâng bóc mòn xâm thực (phần trung du) và địa hình hạ tích tụ (phần hạ du). Các yếu tố ảnh hưởng của địa chất ảnh hưởng đến diễn biến lòng dẫn như: ảnh hưởng của khối bùn sét mềm yếu, giàu chất hữu cơ; ảnh hưởng của lớp cát mịn, cát trung hạt thô; bề mặt phân cách giữa 2 lớp trầm tích Holoxen và Pleistocen; lớp đất đắp có chiều dày lớn, ảnh hưởng của biển di địa chất các lớp đất bờ, ảnh hưởng của lớp đá gốc trên lòng dẫn sông Đồng Nai...

Sông Sài Gòn và sông Đồng Nai nằm ở các hệ thống đứt gãy thuộc các cấp khác nhau và các hệ thống đứt gãy làm cho cấu trúc của móng có dạng bậc thang. Do các khu vực thuộc hạ du sông Đồng Nai Sài Gòn nằm ở các đới cao thấp địa hình khác nhau đã ảnh hưởng nhất định đến việc hình thành độ dốc đáy sông và ảnh hưởng tới độ dốc dòng chảy (độ dốc mặt nước).

Trên sông Đồng Nai khu vực trung du và hạ du tồn tại lớp bùn sét có tính chất mềm yếu, giàu chất hữu cơ, đây là yếu tố dễ gây sạt lở bờ do sự gắn kết vật liệu không chắc chắn, các chỉ tiêu độ bền của lớp đất rất nhỏ, lớp này khi chịu tác động của sóng hoặc tàu thuyền hoặc dòng ven sẽ bị xói mòn, rửa trôi hoặc tan rã nhanh chóng. Dưới tác động của thủy triều nhất là khi triều rút có vận tốc dòng chảy lớn, đã làm cho vật liệu trong lớp trầm tích này dễ dàng bị bờ rời và cuốn trôi theo dòng nước, theo thời gian sẽ tạo các hàm ếch cục bộ, sức chịu tải của bờ sông giảm đi, hiện tượng sạt lở sẽ xảy ra. Ngoài ra do lớp trầm tích này có thể chứa nước (thoát nước yếu) tạo sự di chuyển nước ngầm giữa lớp này với lớp bên ngoài, tức là có sự thay đổi vận tốc dòng nước ngầm di chuyển trong lớp trầm tích này mỗi khi thủy triều lên, xuống hoặc có khi xảy ra mưa lớn, làm cho tính chất cơ lý của lớp trầm tích này thay đổi theo thời gian, chũng dễ bị bờ rời và rửa trôi theo dòng nước.

Khu vực địa tầng bán đảo Thanh Đa, khu vực Cù lao Phố... có lớp địa tầng cát mịn, cát thô phân bố trong lớp trầm tích Pleistocen nằm ở độ sâu 24-35m. Lớp này duỗi tác dụng của dòng thấm có áp có điều kiện thoát ra bên ngoài có nguy cơ sạt lở cao, dưới tác động của dòng chảy, tạo thành hàm ếch phần gần đáy bờ sông, gây mất ổn định sạt lở bờ sông.

Khu vực hạ du sông Đồng Nai cũng có đoạn có bề mặt phân cách giữa 2 lớp trầm tích Holoxen và Pleistocen là ranh giới giữa hai lớp vật liệu có tính chất cơ lý khác nhau, dễ tạo ra biến dạng, trượt lở... dọc theo bề mặt này, nguy cơ trượt lở tiềm ẩn rất lớn khi bị lực tác động của dòng nước.

Lớp đá gốc trên sông Đồng Nai làm hạn chế xói sâu lòng dẫn. Tuy nhiên tại một số vị trí, đá gốc nổi lên tại lòng dẫn làm cho lưu tốc dòng chảy tăng cao và hướng dòng chảy thay đổi bất lợi cho đường bờ dẫn tới hiện tượng xói lở bờ sông như khu vực hạ lưu Cầu Ghèn, khu vực Cù lao Phố, ảnh hưởng đến diễn biến lòng dẫn và phân bố vận tốc dòng chảy trên mặt cắt ngang.

Địa chất bờ và lòng dẫn thuộc vào loại đất yếu, phù sa trẻ, nhạy cảm với xói lở; lớp đất yếu thường có chiều dày khoảng 30m, Các trị số của lực dính  $C = 0,06$

kg/cm<sup>2</sup>, góc ma sát trong  $\varphi < 50$  vì thế khả năng kháng trượt của khối đất bờ rất yếu. Với nền địa chất như vậy, chỉ cần tải trọng khoảng 3T/m<sup>2</sup> là nguy cơ sụt lún, sạt lở xảy ra.

*Quy luật vận động tự nhiên của lòng đất:* Sạt lở, bồi lắng thường xảy ra ở những đoạn sông cong, các cửa phân lưu, nhập lưu, các khu vực sông phân lạch, nơi giao thoa giữa dòng chảy trong sông và dòng triều,... là những nơi dòng chảy không ổn định.

## 2.4. Các công trình kè bảo vệ bờ đã được xây dựng ở hạ du hệ thống sông Đồng Nai

### 2.4.1. Trên sông Đồng Nai:

Trên sông Đồng Nai đoạn qua Bình Dương có một số công trình kè do dân hoặc doanh nghiệp, nhà chùa tự xây dựng, chỉ có đoạn đoạn từ cầu Rạch Tre đến Thị uỷ Tân Uyên là được đầu tư xây dựng kiên cố. Còn lại các hình thức công trình chống sạt lở mang tính tạm như Đóng cù tràm hoặc cù dừa Loại này được sử dụng tại một số vị trí mà mức độ sạt lở không quá nghiêm trọng, không bị xói chân, chủ yếu để hạn chế sóng tàu thuyền tác động vào bờ.



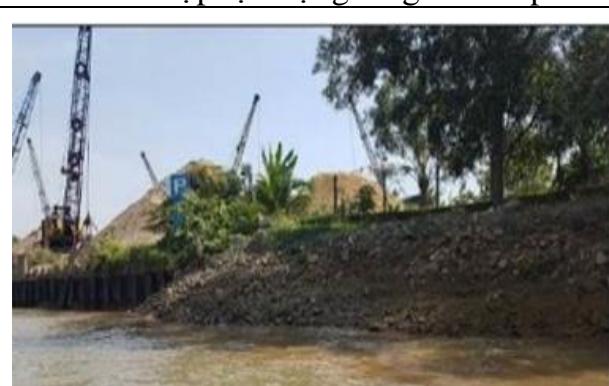
Hình 2. 7: Cù tràm chống sạt lở bờ sông Cù Lao Rùa

### Kè đá đỗ

Biện pháp này cũng được áp dụng tại một số vị trí có sóng lớn và bãi chân mài dốc tương đối rộng tại đầu cù lao và bến cảng cát. Đá đỗ là đá hỗn hợp tận dụng để giảm chi phí.



Kè đá đỗ tại đầu cù lao (đối diện kênh Tổng Bản)



Kè đá đỗ tại bến cảng cát

## Kè bằng tường cọc kết hợp tấm đan bê tông cốt thép

Loại kè này đang được người dân xây dựng tại cuối Cù Lao Rùa. Kết cấu của kè bao gồm các cọc Bê tông cốt thép 20x20cm hoặc 25x25cm đóng cách nhau từ 1m đến 1,5m, giữa các cọc đặt các tấm đan bê tông cốt thép tạo thành tường chắn đất; trên đỉnh tường có dầm mũ bê tông cốt thép, tường được neo vào các cọc trong bờ bằng thép hoặc dây cáp. Loại kè này thường được xây dựng ở những khu vực vừa bị xói mòn vừa bị xói chân ở mức thấp, chiều cao mái dốc sát lở nhỏ <2m, chân mái thoái. Loại kè này sau một thời gian sử dụng thường bị chuyển vị ra ngoài sông tương đối lớn.



Hình 2. 8. Đè cọc kết hợp tấm đan bê tông cốt thép chống sạt lở bờ sông Cù Lao Rùa

## Kè dạng tường đứng bằng đá xây hoặc bê tông cốt thép

Đây là hình thức kè kiên cố nhất với giá thành cao, thường được các hộ dân khá giả hoặc doanh nghiệp xây dựng trong phạm vi phần đất của gia đình, doanh nghiệp với mục đích vừa bảo vệ đất khỏi bị sạt lở, vừa mở rộng thêm ra bờ sông để làm nhà hoặc để kinh doanh, chiều dài mỗi đoạn kè chỉ từ 5m-20m. Loại hình kè này phổ biến nhất trên Cù Lao Rùa.

Kết cấu thường bằng bê tông hoặc đá xây trên nền cọc, điều kiện thường là những nơi có mức độ sạt lở trung bình, chiều cao mái dốc không quá cao, bờ sông chân mái dốc vẫn còn khá rộng.



Kè đá xây quán cà phê bên nhánh sông phụ

Kè Bê tông chùa Long Phước – nhánh sông Chính

Hình 2. 9: Kè bằng tường bê tông, đá xây kiên cố

### 2.4.2. Trên sông Sài Gòn

a) Đoạn từ ngã 3 Đèn Đỏ đến cầu Thủ Thiêm có 5,310 km kè/15 km đường thủy (trong đó: bờ phải 2,5 km kè, bờ trái 4,01 km kè). Về kết cấu: Bao gồm 04 đoạn kè đứng loại bê tông dự ứng lực, 01 đoạn kè đứng dạng tường chắn bê tông cốt thép, 02 đoạn kè mái nghiêng viền thảm bê tông và 01 đoạn kè mái nghiêng loại đá hộc.

b) Đoạn từ cầu Thủ Thiêm đến cầu Sài Gòn có 2,753 km kè/1,8 km đường thủy (trong đó: bờ phải 1,4 km kè, bờ trái 1,352 km kè) Về kết cấu: Bao gồm 02

đoạn kè đứng, 02 đoạn kè mái nghiêng loại viền thảm bê tông và 04 đoạn kè mái nghiêng loại đá hộc.

c) Đoạn từ cầu Sài Gòn đến ngã 3 Rạch Chiếc có 8,776 km kè/6 km đường thủy (trong đó: bờ phải 3,757 km kè, bờ trái 5,019 km kè) Về kết cấu: Bao gồm 03 đoạn kè đứng loại bê tông dự ứng lực, 06 đoạn kè đứng loại bê tông cốt thép, 08 đoạn kè mái nghiêng loại viền thảm bê tông và 06 đoạn kè mái nghiêng loại đá hộc.

d) Đoạn từ ngã 3 Rạch Chiếc đến ngã 3 Gò Dưa có 3,484km kè/3,3km đường thủy (trong đó: bờ phải 2,797km kè, bờ trái 0,687km kè). Về kết cấu: Bao gồm 01 đoạn kè đứng loại bê tông dự ứng lực, 01 đoạn kè mái nghiêng viền thảm bê tông.

d) Đoạn từ ngã 3 rạch Gò Dưa đến cầu Bình Triệu có 5,223 km kè/3,5km đường thủy (trong đó: bờ phải 3,5km kè, bờ trái 1,723km kè). Về kết cấu: Bao gồm 08 đoạn kè mái nghiêng loại viền thảm bê tông, 02 đoạn kè mái nghiêng loại đá hộc.

e) Đoạn từ cầu Bình Triệu đến ngã 3 sông Vĩnh Bình có 7,595 km kè/7,7km đường thủy (trong đó: bờ phải 1,574 km kè, bờ trái 6,021km kè). Về kết cấu: Bao gồm 06 kè đứng loại bê tông dự ứng lực, 02 kè đứng loại bê tông cốt thép, 03 kè mái nghiêng viền thảm bê tông, 02 kè mái nghiêng đá hộc

f) Đoạn thượng lưu rạch Vĩnh Bình đến huyện Củ Chi (bờ hữu) với chiều dài 74,7km: Đoạn này chủ yếu là đê bao, bờ sông chưa được gia cố kè kiên cố. Hiện nay, Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng các công trình Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đang triển khai đầu tư kè tại một số vị trí. Tổng cộng, trên tuyến sông Sài Gòn thuộc địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh hiện được đầu tư 33,141km kè/111,8km đường thủy, còn lại khoảng 190,459 km đường bờ (tính chiều dài cả hai bên bờ) chưa được xây dựng kè. Các đoạn kè xây dựng không đồng bộ; do nhiều chủ đầu tư, tổ chức, cá nhân tự lựa chọn loại kè phù hợp với khả năng tài chính và mức độ sạt lở. Ngoài một số đoạn kè được đầu tư từ ngân sách nhà nước có tính mỹ quan, chất lượng cao; các đoạn còn lại chỉ mang tính tạm thời và hiện nay chủ yếu đã xuống cấp không còn mang tính mỹ quan đô thị.

### **Dự án Xây dựng bờ tả sông Sài Gòn (từ rạch Cầu Ngang đến khu đô thị Thủ Thiêm).**

Mục tiêu: Xây dựng bờ tả sông Sài Gòn (từ rạch Cầu Ngang đến khu đô thị Thủ Thiêm) nhằm chống nước tràn do lũ từ thượng nguồn, do triều cường và thích ứng với điều kiện biến đổi khí hậu nhằm bảo vệ 1.600 ha đất đô thị với dân số khu vực khoảng 25.000 người.

Nguồn vốn: Ngân sách thành phố và ngân sách Trung ương hỗ trợ.

Phạm vi và kết cấu: Công trình nằm ven bờ tả sông Sài Gòn đi qua một số phường Trường Thọ, Thảo Điền, Bình An thuộc quận Thủ Đức và Quận 2. Công trình bắt đầu từ Rạch Thủ Đức (Rạch Cầu Ngang) và kết thúc tại vị trí bắt đầu khu đô thị Thủ Thiêm. Với kết cấu kè xây dựng chủ yếu là tường cù bê tông cốt thép dự ứng lực; Bệ neo cù là hàng cọc bê tông cốt thép 35x35x4000cm, neo cù với cọc bằng thép không gỉ; Cao trình đỉnh kè: + 2,7m; Kết cấu là dầm mõ bê tông cốt thép.

Tình hình thực hiện: Thời gian khởi công - hoàn thành (dự kiến): tháng 12/2017 ÷ tháng 2/2020.

Đã thi công 1.400/1.776m kè đat khoảng 70% khối lượng.

#### **Dự án xây dựng 04 đoạn Đê bao xung yếu khu vực quận Thủ Đức.**

Mục tiêu: Xây dựng mới 04 đoạn đê bao xung yếu quận Thủ Đức thuộc bờ tả sông Sài Gòn với tổng chiều dài 1.515m và 10 cống nhỏ dưới đê nhằm ngăn triều và lũ từ sông Sài Gòn, tiêu thoát nước mưa nội vùng và kết hợp chống sạt lở bờ sông, cải tạo cảnh quan môi trường ven sông.

Nguồn vốn: Ngân sách thành phố.

Phạm vi và kết cấu: Công trình 04 đoạn đê bao xung yếu khu vực quận Thủ Đức được xây dựng dọc theo mép bờ sông thuộc 02 phường Hiệp Bình Phước và phường Hiệp Bình Chánh. Với kết cấu chính đê bao dạng kết hợp tường đứng bằng cù ván bê tông cốt thép dự ứng lực SW500A dạng sóng kết hợp sàn giảm tải trên nền cọc bê tông cốt thép kết hợp đường bộ hành dọc phía sau đê. Cao trình đỉnh tường kè được thiết kế là +2,70m và cao trình mặt đê sau tường là +2,50m. Kết hợp giao thông bộ trên đê bao: chiều rộng mặt đường trên đê B=5,00 m; phục vụ đi bộ và phục vụ quản lý khai thác công trình. Tình hình thực hiện:

Thời gian khởi công - hoàn thành (dự kiến): tháng 12/2017 ÷ tháng 2/2020.

Đã thi công 860/1.515m cù ván bê tông cốt thép dự ứng lực SW500A đạt khoảng 40% khối lượng hoàn thành.

### **CHƯƠNG III**

#### **NGUYÊN NHÂN, CƠ CHẾ GÂY SẠT LỞ BỜ SÔNG**

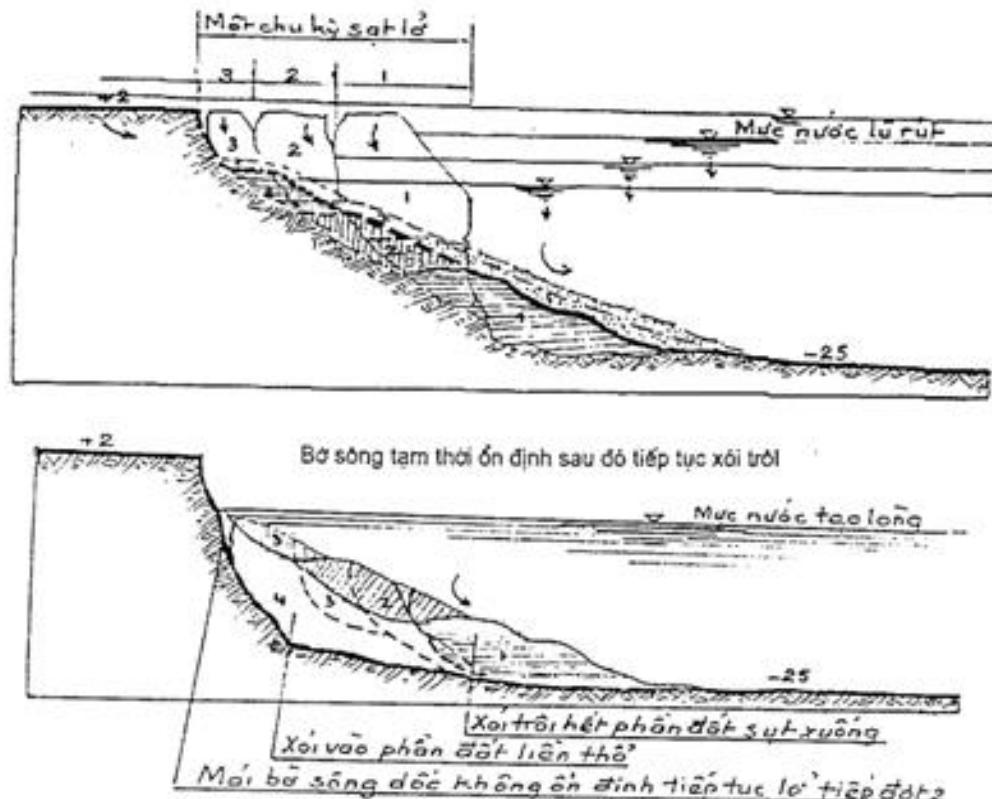
##### **2.5.1. Cơ chế gây sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai**

Cơ chế gây sạt lở bờ chính là sự mất cân bằng về sức tải cát và sự mất cân bằng về cơ học đất. Khi sự cân bằng bị phá vỡ hoặc do bùn cát do dòng nước mang đến không bù được lượng bùn cát do dòng nước cuốn đi hoặc các lực tác dụng lên đất bờ vượt quá khả năng chịu kháng của kết cấu đất bờ thì hiện tượng sạt lở sẽ diễn ra.

Dòng nước tác động đối với lòng sông và bờ sông có thể phân thành 2 loại trường hợp:

- Dòng nước tác động trực tiếp lên bờ sông, lòng sông làm xói tung lớp đất cát trên bờ mặt của lòng sông bờ sông và mang nó đi hoặc đem bùn cát đến bồi lấp trong lòng sông... cũng tức là dòng nước đến không phù hợp với khả năng sức tải cát của dòng nước tại chỗ gây xói lòng sông. Đó chính là sự mất cân bằng về sức tải cát của dòng nước gây xói lở lòng sông và sạt lở mái bờ sông;

- Dòng nước xói chân mái bờ sông làm gia tăng chiều sâu nước và độ dốc mái bờ sông, làm cho độ dốc mái bờ sông vượt quá mái dốc tối hạn cho phép, có khi tạo thành hàm éch làm cho lực chống trượt giảm, làm cho khối đất bờ phía trên bị sạt lở do tác dụng của trọng lực. Đó chính là sự mất cân bằng về cơ học đất gây sạt lở bờ sông.



**Hình: Cơ chế sạt lở bờ sông**

**2.5.2. Phân tích các nguyên nhân, cơ chế gây nên sạt lở bờ sông khu vực nghiên cứu vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai**

**1. Vận tốc dòng chảy lớn hơn vận tốc cho phép không xói của vật liệu đáy sông, bờ sông**

- Xác định vận tốc khởi động của bùn cát đáy:

*Công thức Vélikanov (1931):*

$$U_{kd} = 3.9 \left( 1 + \frac{0.0004}{d} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{gd}$$

*Công thức V.N. Gôntrarôp (1962): xét 3 lực FD, FL và G. Công thức có dạng:*

$$U_{kd} = \lg \frac{8.8h}{d} \sqrt{\frac{2}{1.75}} \sqrt{agd} .$$

- *Công thức Lévi - Knoroz (1955):*

$$u_{kd} = a_0 \sqrt{agd} \left( \frac{R}{d} \right)^m.$$

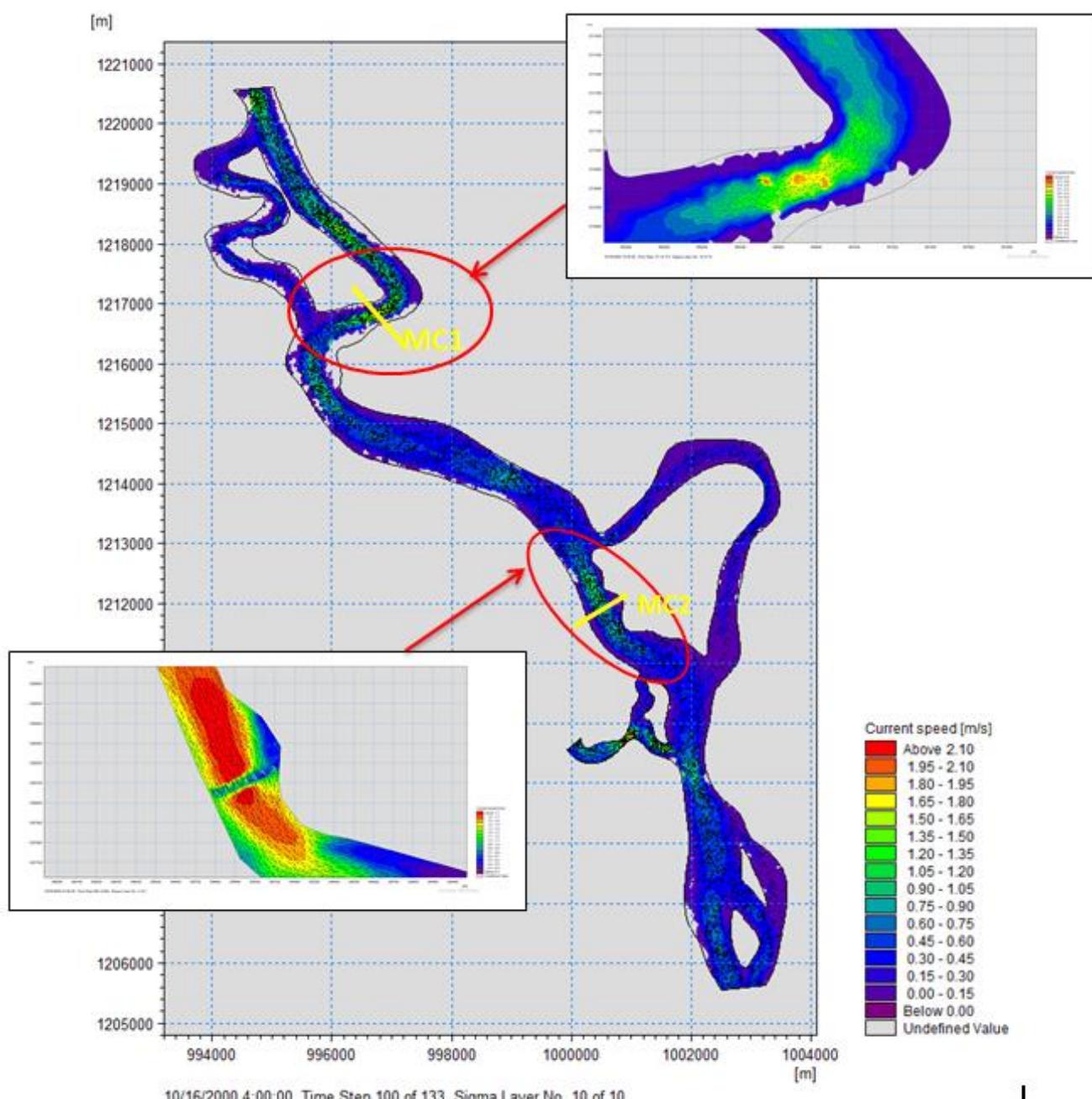
trong đó: R là bán kính thủy lực; chỉ số m  $m = \frac{1}{4} \div \frac{1}{6}$  nhưng thường lấy  $m = \frac{1}{6}$ ; hệ số  $a_0$  thay đổi phụ thuộc vào đường kính hạt: đối với  $d = 0.20 \div 0.25$  mm thì  $a_0 = 1.3 \div 1.4$ , đối với  $0.25 \text{ mm} < d < 0.7$  mm thì  $a_0 = 1.2$ , còn đối với  $d > 0.7$  mm thì  $a_0 = 1.0$ . Đường kính hạt thường lấy  $d_{90}$  hoặc  $d_{95}$ .

Kết quả tính toán cho thấy vận tốc khởi động (vận tốc không xói) tính toán được theo các công thức kinh nghiệm từ 0,35m/s đến 0,48 m/s (trung bình 0,43m/s) vận tốc này so với vận tốc dòng chảy đoạn sông khảo sát sẽ xác định được khả năng bồi xói trong khu vực nghiên cứu.

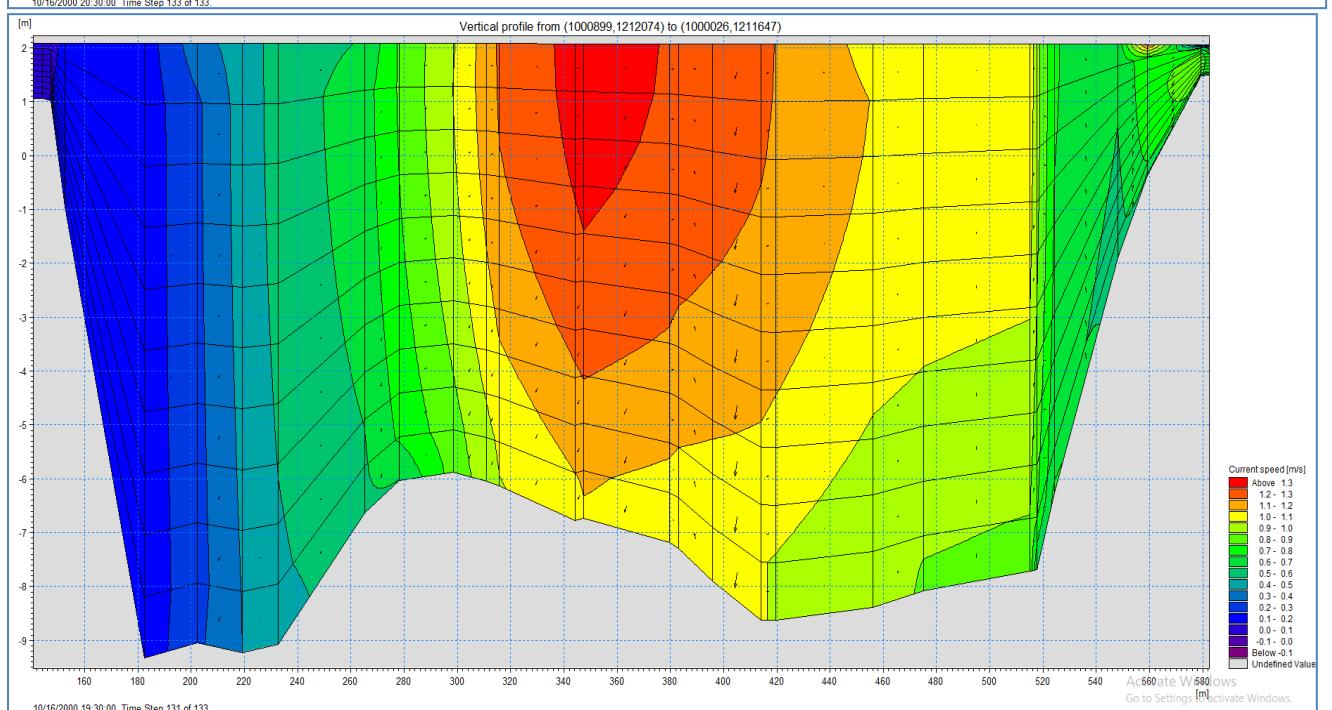
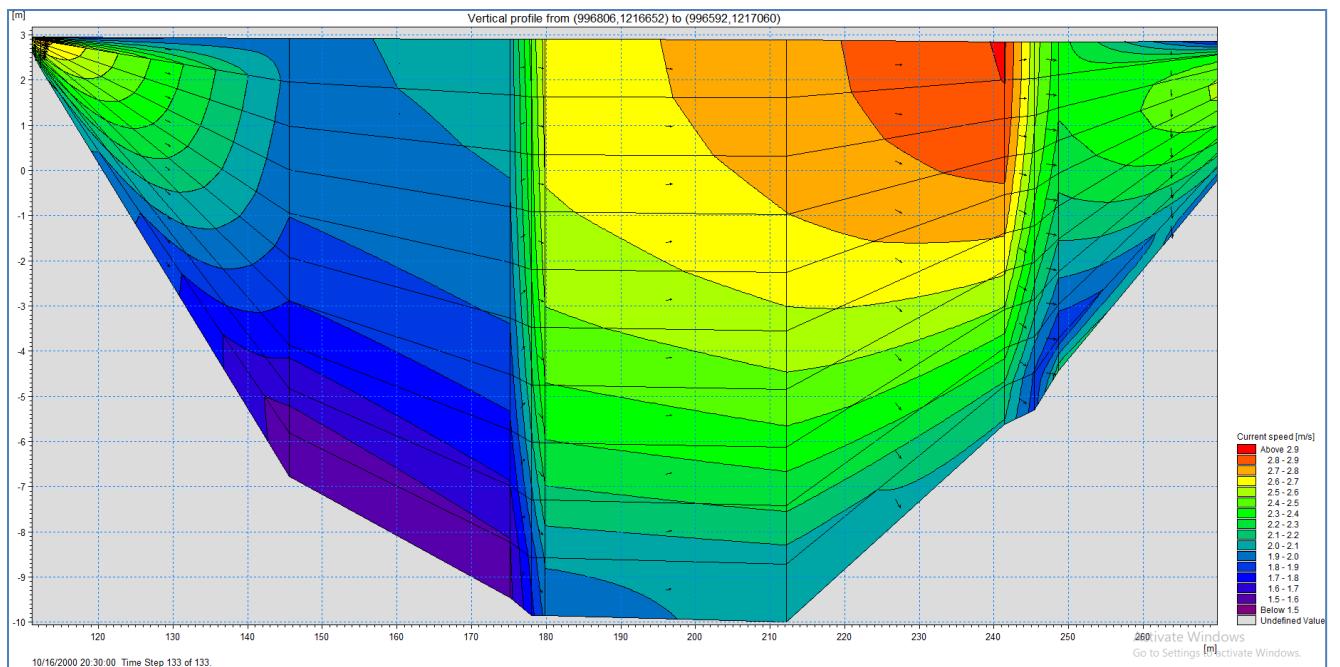
- Xác định vận tốc cho phép không xói của vật liệu bờ sông:

Qua khảo sát địa chất cho thấy cấu tạo địa chất của hai bờ sông khu vực dự án chủ yếu là sét dẻo mềm, dẻo chảy với thành phần chủ yếu là hạt bụi, sét có đường kính hạt trung bình  $d_{50}$  khoảng  $(0,005 \div 0,025)$ mm, nằm ở độ sâu từ mặt đất xuống từ đến cao độ khoảng -12m đến -16m (chiều sâu cột nước từ 0m đến >3m). Tra theo I1-Phụ lục 1 – TCVN 4118:2012, xác định được vận tốc không xói cho phép của lớp đất cấu tạo bờ sông dạng này  $[V_{kx}]_b = (0,12 \div 0,26)$ m/s.

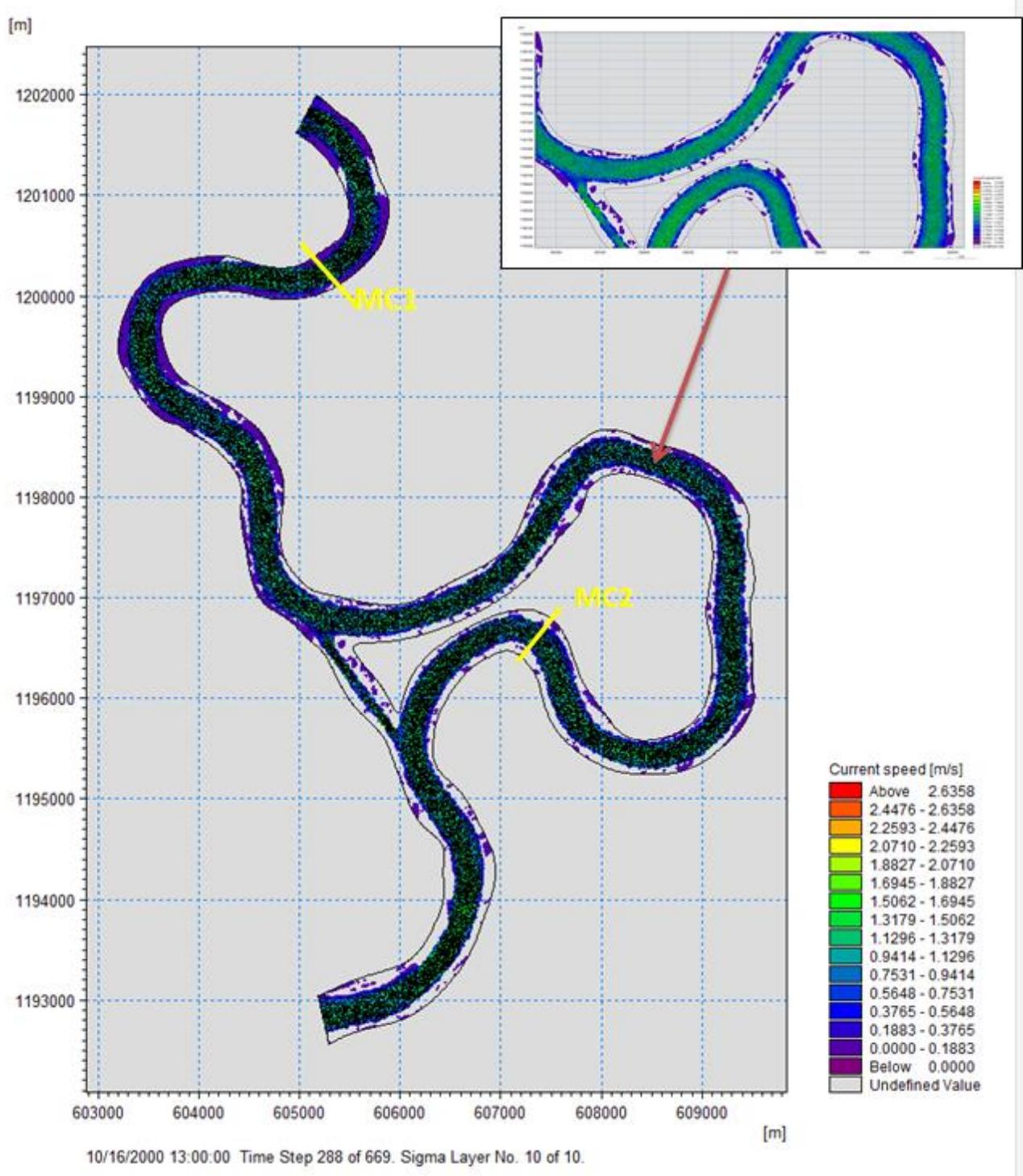
Kết quả mô phỏng trường vận tốc khu vực nghiên cứu trên sông Đồng Nai Sài Gòn và trích xuất vị trí mặt cắt tại điểm giữa lòng sông và điểm sát bờ khu vực các vị trí bị xói lở, kết quả như sau:



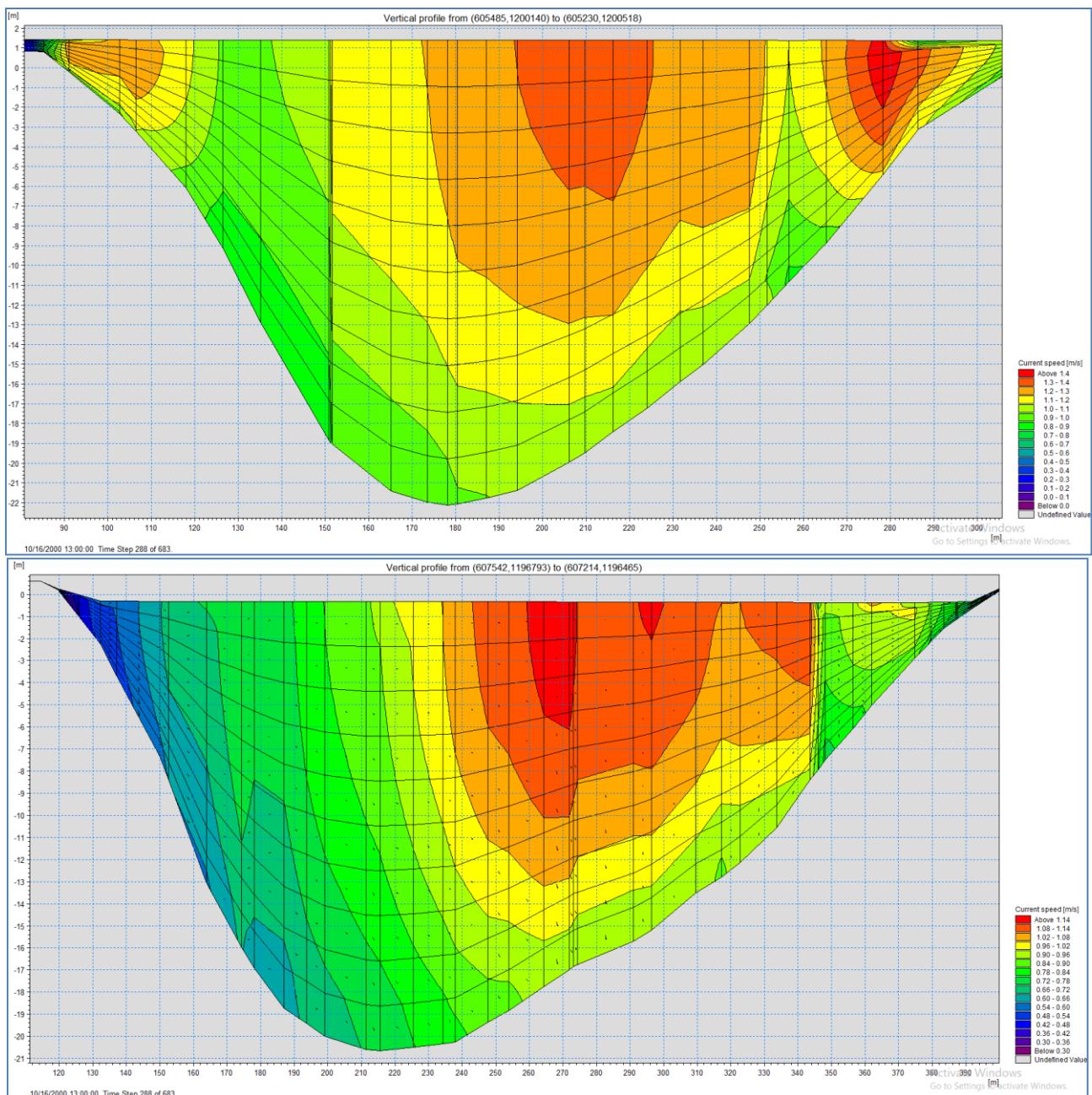
**Hình 92. Kết quả phân bố lưu tốc trên mặt bằng tính toán từ mô hình 3 chiều MIKE3FM trên sông Đồng Nai khu vực nghiên cứu**



Hình 93. Kết quả phân bố lưu tốc trên mặt cắt ngang tại vị trí MC1 và MC2



Hình 92. Kết quả phân bố lưu tốc trên mặt bằng tính toán từ mô hình 3 chiều MIKE3FM trên sông Sài Gòn khu vực nghiên cứu

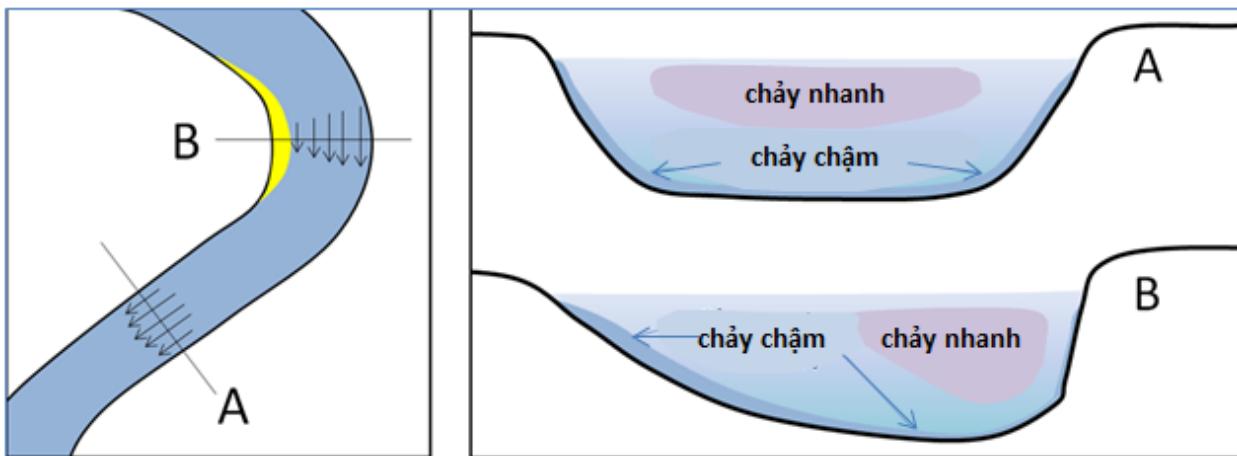


*Hình 93. Kết quả phân bố lưu tốc trên mặt cắt ngang tại vị trí MC1 và MC2*

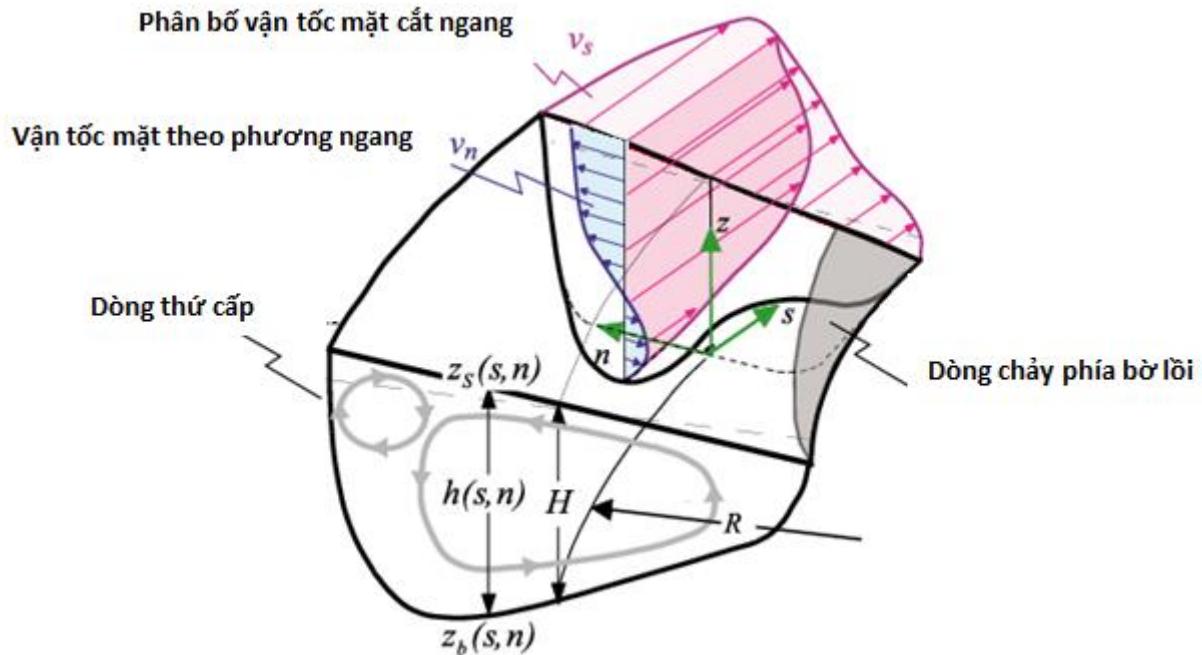
Kết quả tính toán phân bố lưu tốc trên mặt bằng và phân bố lưu tốc theo mặt cắt ngang tại vị trí xảy ra xói lở lòng sông, bờ sông cho thấy vận tốc tính toán nhiều khu vực luôn có xu thế lớn hơn vận tốc không xói của vật liệu đáy và bờ sông, do đó tác động của dòng chảy là nguyên nhân gây xói lở bờ sông.

## **2. Do hình thế lòng dẫn gây nên xói lở bờ sông.**

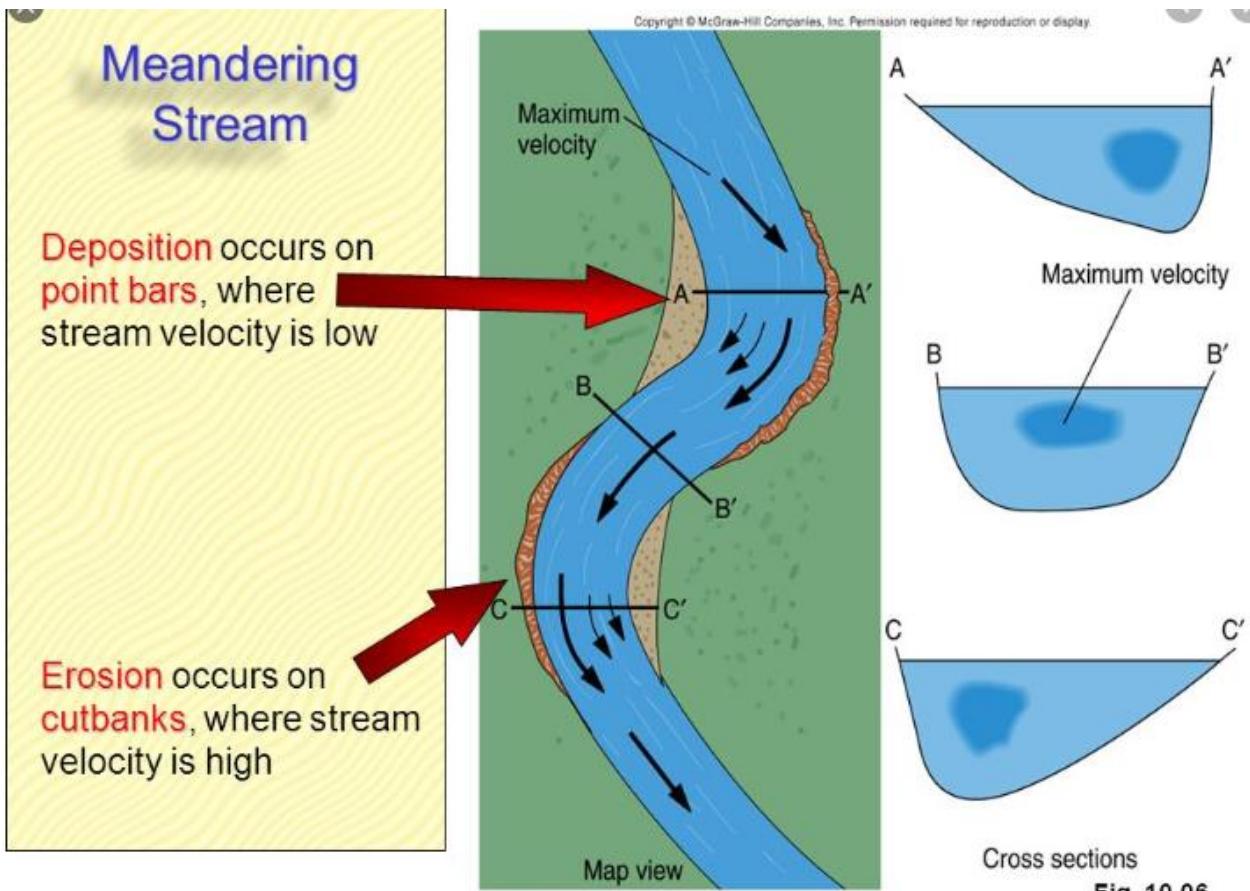
Kết quả tính toán diễn biến lòng dẫn bằng mô hình MIKE3FM cho thấy khu vực sạt lở xảy ra tại đoạn sông cong cù lao Thạnh Hội và cù lao Phố. Đây là khu vực đoạn sông cong. Dòng nước khi chảy qua khúc sông cong sẽ chịu tác dụng của lực hướng tâm, kết cấu dòng chảy ở khúc sông cong là sản phẩm của sự tổng hợp tác động của lực ly tâm và trọng lực, mực nước cao xuất hiện phía bờ lõm, mực nước thấp xuất hiện phía bờ lồi. Đường dòng tại khúc sông cong tương ứng với độ dốc ngang mặt nước, tồn tại dòng chảy theo phương ngang, dưới dạng hoàn lưu. Hoàn lưu ở đoạn sông cong có cường độ mạnh và thường là đơn nhất, phương chuyển động ổn định, kết hợp với dòng chảy dọc tạo thành dòng xoắn.



Phân bố vận tốc mặt cắt ngang



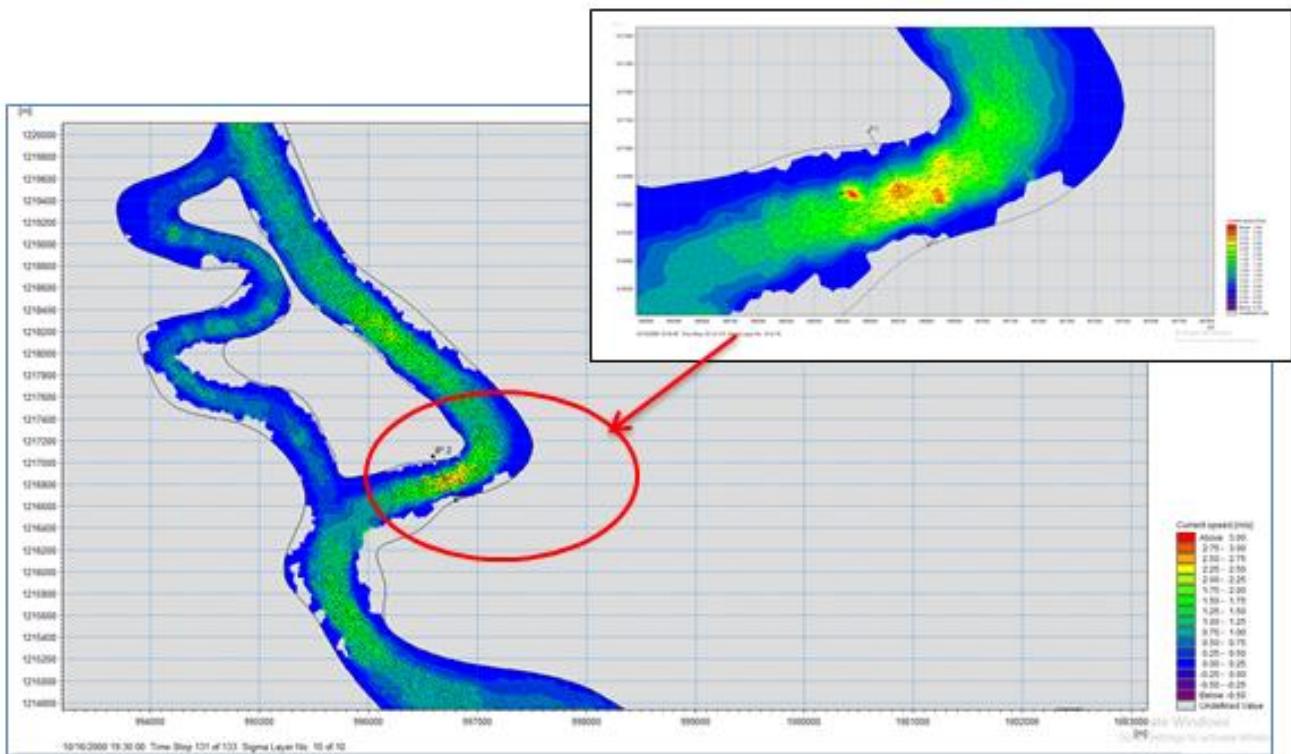
Hình 103. Dòng chảy qua khúc sông cong



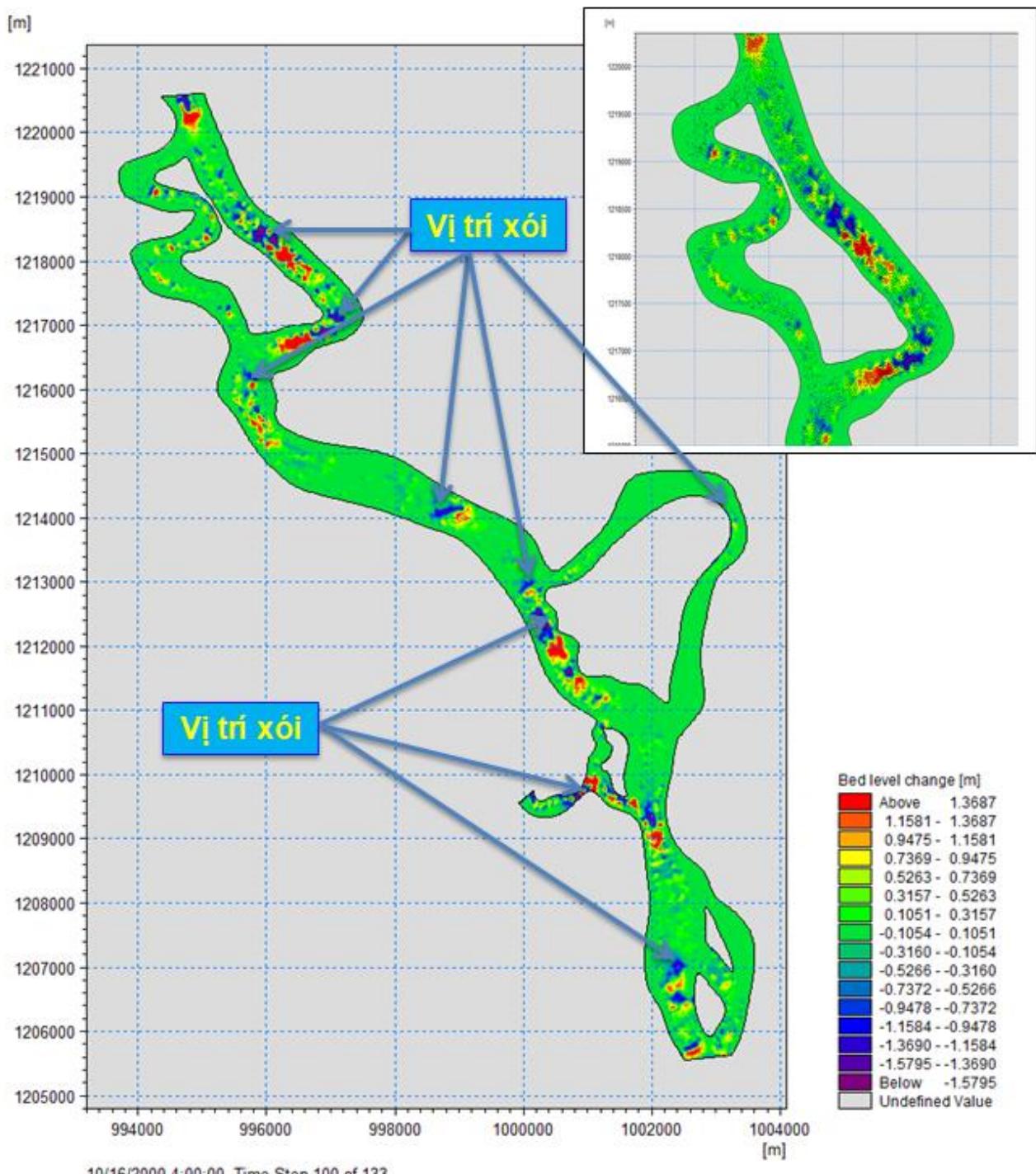
Sự cân bằng bồi lấp: dòng chảy với vận tốc luôn tạo ra lực kéo ở lòng sông, trầm tích đáy và đất bờ sông luôn có xu thế chống lại lực kéo bằng trọng lực và lực ma sát khi mất cân bằng giữa 2 lực này thì sẽ sinh ra hiện tượng bồi xói. Trong khu vực khúc sông cong luôn có sự thay đổi và dịch chuyển đường lạch sâu khi lũ lên nước chảy nhanh, mạnh khiến dòng chảy xoáy vòng tăng mạnh hơn dòng chủ lưu tại bờ lõm tăng mạnh khiến đường lạch sâu dịch chuyển xuống sâu hơn, hướng ra ngoài và sẽ mở rộng, đào sâu hố xói.

Tại các bờ lõm các đoạn sông cong, mức độ sạt lở bờ lớn hơn do hoàn lưu ở khúc sông cong làm cho dòng chảy mặt có hướng từ bờ lồi xô vào bờ lõm, dòng chảy đáy lại từ bờ lõm chuyển sang bờ lồi. Bờ lõm bị sạt lở vì dòng chảy mặt có vận tốc cao, lực xung kích lớn, có thể phá hoại kết cấu đất bờ làm cho đất bờ sạt lở xuống. Số đất bờ sạt lở xuống đáy bị dòng chảy đáy mang sang phía bờ lồi, vì vậy gây ra bồi lấp ở bờ lồi. Dòng nước khi chảy qua khúc sông cong sẽ chịu tác dụng của lực hướng tâm, kết cấu dòng chảy ở khúc sông cong là sản phẩm của sự tổng hợp tác động của lực ly tâm và trọng lực, mực nước cao xuất hiện phía bờ lõm, mực nước thấp xuất hiện phía bờ lồi. Đường dòng tại khúc sông cong tương ứng với độ dốc ngang mặt nước, tồn tại dòng chảy theo phương ngang, dưới dạng hoàn lưu. Hoàn lưu ở đoạn sông cong có cường độ mạnh và thường là đơn nhất, phương chuyển động ổn định, kết hợp với dòng chảy dọc tạo thành dòng xoắn. Sự cân bằng bồi lấp: dòng chảy với vận tốc luôn tạo ra lực kéo ở lòng sông, trầm tích đáy và đất bờ sông luôn có xu thế chống lại lực kéo bằng trọng lực và lực ma sát khi mất cân bằng giữa 2 lực này thì sẽ sinh ra hiện tượng bồi xói. Trong khu vực khúc sông cong luôn có sự thay đổi và dịch chuyển đường lạch sâu khi lũ lên nước chảy nhanh, mạnh khiến dòng chảy xoáy vòng tăng mạnh hơn dòng chủ lưu tại bờ lõm tăng mạnh khiến đường lạch sâu dịch chuyển xuống sâu hơn, hướng ra ngoài và sẽ mở rộng, đào sâu hố xói.

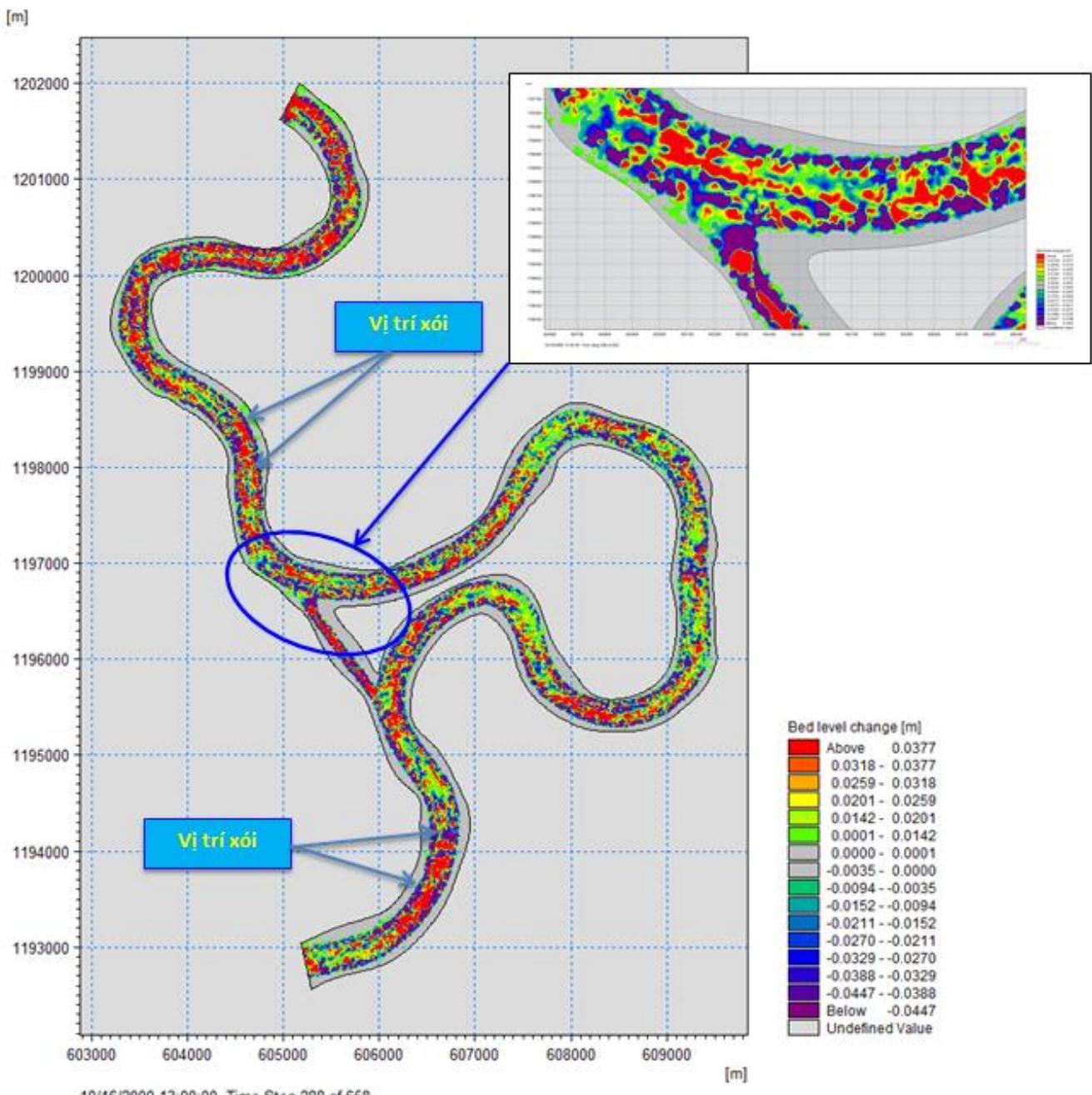
Kết quả tính toán từ mô hình 2 chiều đã thể hiện đúng bản chất và quy luật dòng chảy tại khu vực khúc sông cong. Mô phỏng với năm lũ lớn (lũ 10/2000) một số kết quả chính như sau:



Hình: Phân bố vận tốc và hướng dòng chảy tại các đoạn sông cong trên sông Đồng Nai  
khu vực nghiên cứu



Hình : Kết quả mô phỏng mức độ bồi xói lòng sông giai đoạn hiện trạng khu vực sông Đồng Nai



Hình : Kết quả mô phỏng mức độ bồi xói lòng sông giai đoạn hiện trạng khu vực sông Sài Gòn

### 3. Do sự dao động của mực nước và tải trọng đindh bờ.

Sự dao động mực nước khu vực nghiên cứu cho thấy:

- Khi truyền sâu lên thượng lưu, cả mùa kiệt lẫn mùa lũ, sự biến đổi mực nước đindh triều nhìn chung là ít hơn so với biến đổi mực nước chân triều. Mực nước chân triều thấp nhất hàng năm xuất hiện vào khoảng tháng V, VI.

- Mực nước sông lên xuống theo chế độ bán nhật triều (2 lần/ngày đêm) cả trong mùa kiệt và mùa lũ đã làm cho đất bờ sông bị khô ướt liên tục, quá trình kéo dài làm suy giảm kết giữa các hạt đất và ảnh hưởng đến ổn định bờ.

- Mực nước lên xuống đã làm cột nước trong đất và ngoài sông chênh lệch tạo ra gradient đẩy khói đất gây trượt về phía lòng sông, đồng thời luôn xuất hiện dòng thâm có xu thế chảy từ trong bờ ra khi mực nước ngoài sông thấp. Do có mực nước triều với biên độ lớn ( $2\div3$ m) nên ảnh hưởng càng mạnh, đặc biệt vài năm gần đây, mực nước thấp nhất các tháng trong năm đang có chiều hướng thấp hơn thì ảnh hưởng của mực nước đến sát bờ càng mạnh hơn.

- Hiện tượng sạt lở thường xảy ra khi mực nước phía ngoài sông xuống thấp nhất. Các vụ sạt lở bờ sông đều xảy ra tại thời điểm trùng với thời điểm có mực nước ròng thấp nhất trong năm là tháng VI, VII. Đây cũng chính là mùa mưa lũ trong khu vực.

Để đánh giá mức độ an toàn của mái dốc, hệ số an toàn hay hệ số ổn định được xác định. Theo lý thuyết cân bằng giới hạn, hệ số ổn định được định nghĩa là tỷ số giữa sức chống cắn của đất ( $s$ ) và ứng suất cắn tại một điểm ( $\tau$ ) nằm trên mặt trượt như công thức sau:

$$FS = \frac{s}{\tau}$$

Mặt trượt là mặt phẳng thường xảy ra trong các vật liệu rời, trượt cung tròn thường xảy ra bên trong một khối đất dính nguyên thô, nhất là trong đất sét tương đối đồng nhất. Với giả thuyết mặt trượt phẳng, hệ số ổn định là tỷ số giữa lực chống trượt và lực gây trượt như biểu thức sau:

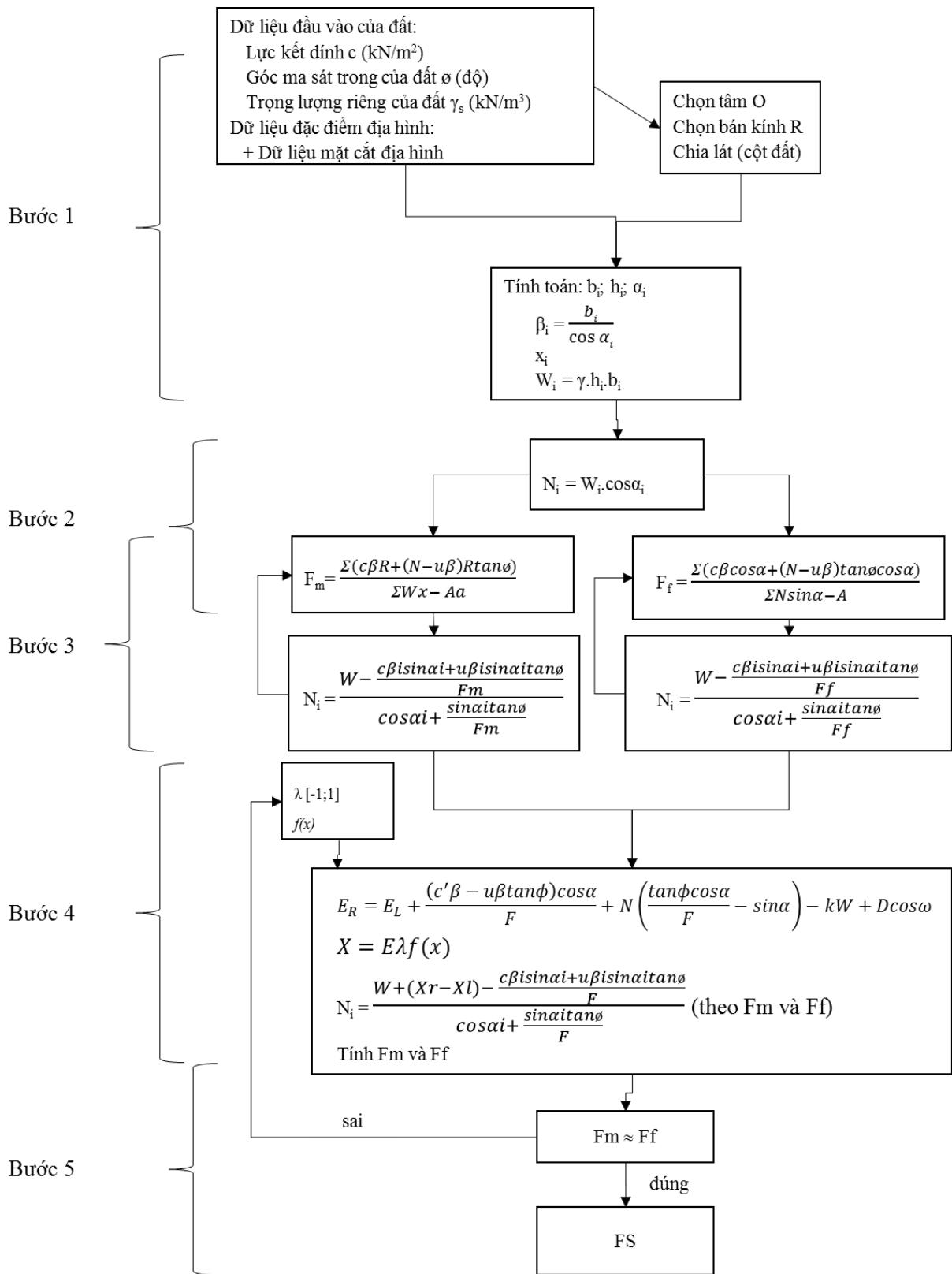
$$FS = \frac{\text{Lực chống trượt}}{\text{Lực gây trượt}}$$

Với giả thiết mặt trượt dạng cung tròn, hệ số ổn định được định nghĩa là tỷ số giữa moment chống trượt và mô men gây trượt như biểu thức sau:

$$FS = \frac{\text{Moment chống trượt}}{\text{Moment gây trượt}}$$

Theo lý thuyết mái dốc được xem như mất ổn định khi hệ số ổn định  $FS < 1$  và ngược lại. Tuy nhiên theo 22 TCN 262 – 2000 hệ số ổn định tối thiểu tính theo phương pháp Bishop phải không nhỏ hơn 1.4.

### Sơ đồ tính FS



Sử dụng phần mềm Slide của Rocscience, phần mềm GEOSLOPE/W kết hợp với kết quả tính toán dự báo xói lở lòng sông, bờ sông từ mô hình Mike 3FM để phân tích ổn định mái dốc bờ sông, xác định phạm vi có nguy cơ sạt lở cao (trong vùng cung trượt nguy hiểm). Phần mềm SLIDE V6 là sản phẩm mới nhất của hãng Rockscience – Canada. Chương trình được xây dựng từ những năm 1996 dưới sự cộng tác của nhiều kỹ sư xây dựng. SLIDE V6 là một chương trình tính ổn định mái trong môi trường 2D bằng phương pháp căn bằng giới hạn để đánh giá hệ số an toàn và khả năng xảy ra mặt trượt (mặt trượt trụ tròn hoặc mặt trượt bất kỳ) trên các mái đất hoặc

đá Phần mềm này phân tích ổn định của mái dốc nhờ việc phân tích cân bằng giới hạn của khối trượt theo phương đứng. SLIDE có thể phân tích thấm qua nền bằng phương pháp phần tử hữu hạn, cả bài toán thấm ổn định và thấm không ổn định. Cả hai phần mềm SLOPE/w và SLIDE đều cho kết quả có độ tin cậy cao đảm bảo yêu cầu.

Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của mực nước sông Sài Gòn đến ổn định bờ sông cần phân tích lựa chọn vị trí mặt cắt bất lợi về điều kiện địa chất bất lợi để tính toán. Vị trí mặt cắt điển hình tại mặt cắt nhánh sông Sài Gòn khu vực bán đảo Thanh Đa để tính toán. Với các thông số về địa chất ( $\phi$ , C,  $\gamma$ ) cố định, các thông số về tải đinh bờ cố định, tạm thời chưa xét đến dòng thấm của đất bờ sông. Tính toán hệ số ổn định Kmin với nhiều cung trượt khác nhau và với chiều sâu mực nước sông Đồng Nai thay đổi theo từng cấp mực nước từ thấp nhất đến cao nhất, vẽ biểu đồ quan hệ giữa mực nước và hệ số ổn định Kmin.

Các tài liệu phục vụ nghiên cứu:

Tài liệu địa chất:

+ Tài liệu địa chất khu vực bán đảo Thanh Đa như sau:

STT	Các đặc trưng cơ lý		Lớp 1 (bùn sét)	Lớp 2a (Sét)	Lớp 2 (Cát pha sét)
1	Bè dày lớp		11,5 - 22	3-4	4-15
2	Thành phần cõi hạt	Hạt sói sạn			3,8
		Hạt cát	9,4	22,9	82,5
		Hạt bụi	38,5	27,1	5,7
		Hạt sét	52,1	50,0	8,0
3	Dung trọng tự nhiên	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	14,74	19,77	19,52
4	Góc ma sát trong tiêu chuẩn	$\phi_{tc}$ (°)	03°40	14°28	21°09
5	Lực dính đơn vị tiêu chuẩn	C <sub>f</sub> (kPa)	6,9	24	9
6	Hệ số thấm	k (m/s)	$8,27 \times 10^{-8}$	$1,62 \times 10^{-8}$	$4,38 \times 10^{-6}$

Tài liệu thủy văn:

Các trường hợp tính toán theo các mực nước tại trạm thủy văn Phú An như sau: mực nước ngoài sông lớn nhất theo số liệu thống kê đến năm 2018 như sau:

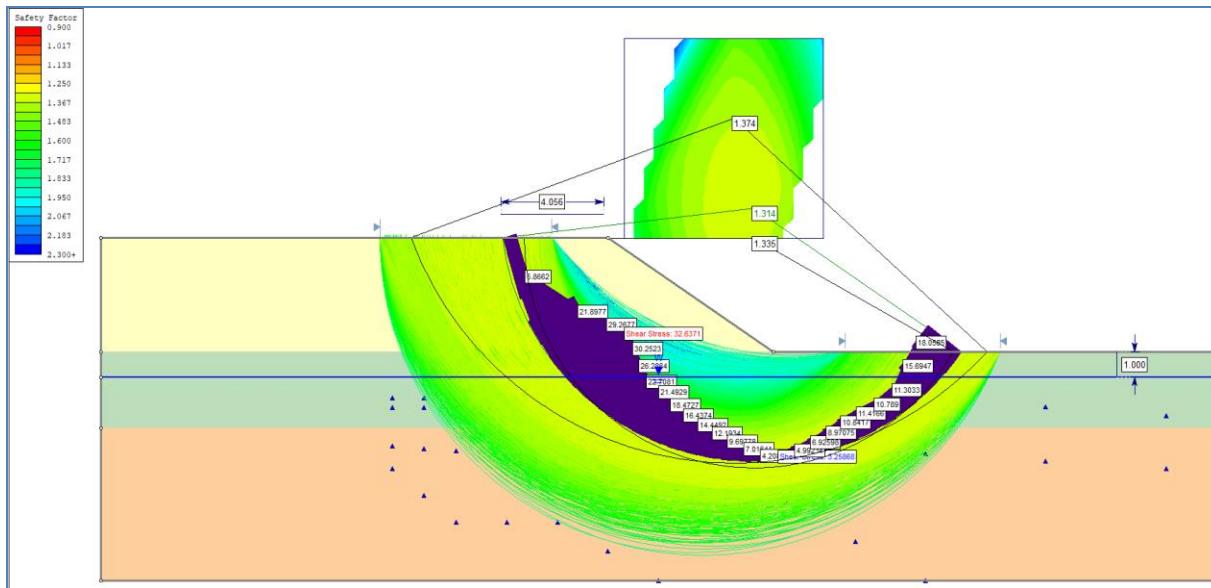
Mực nước lớn nhất: +1.71m

Mực nước nhỏ nhất: -2.58m

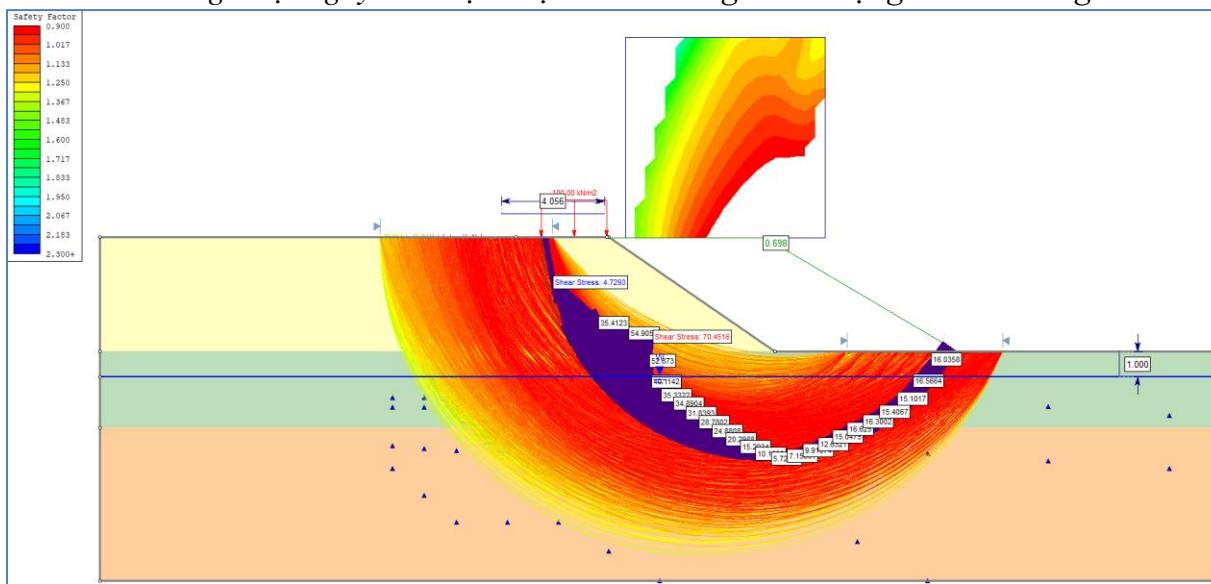
Tài liệu tải trọng:

Tải trọng tính toán bao gồm hoạt tải và tĩnh tải của công trình xây dựng ven sông. Số liệu tải trọng tính toán được dựa theo tiêu chuẩn Tải trọng và tác động, tiêu chuẩn thiết kế TCVN 2737 : 1995; tiêu chuẩn thiết kế áo đường cứng đường ô tô 22TCN233-95.

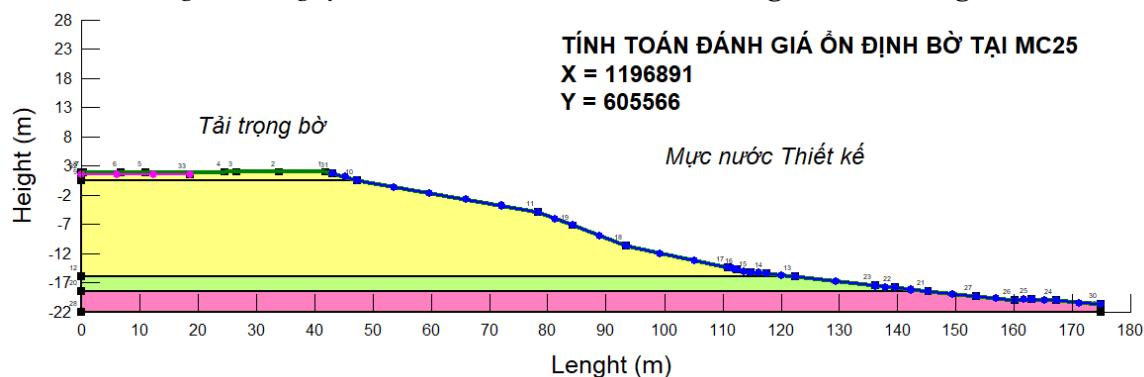
Kết quả tính toán như sau:



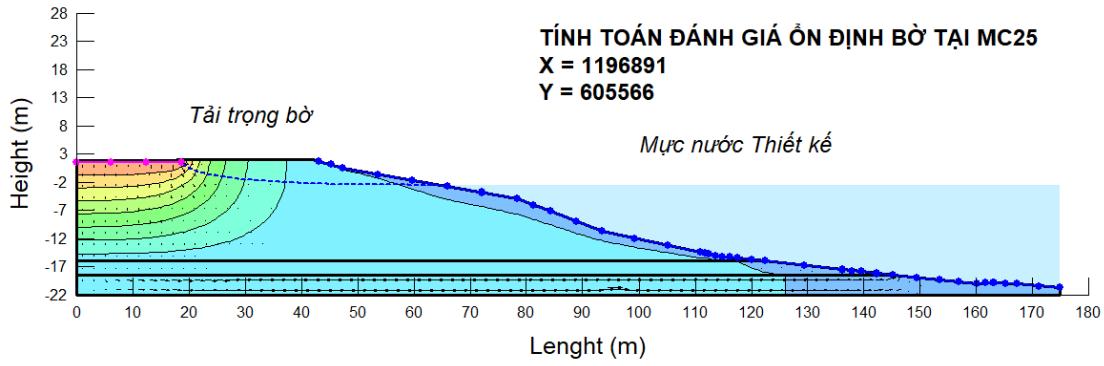
Hình 123. Cung trượt nguy hiểm vị trí sạt lở khi không có tải trọng đỉnh bờ bằng mô hình Slide



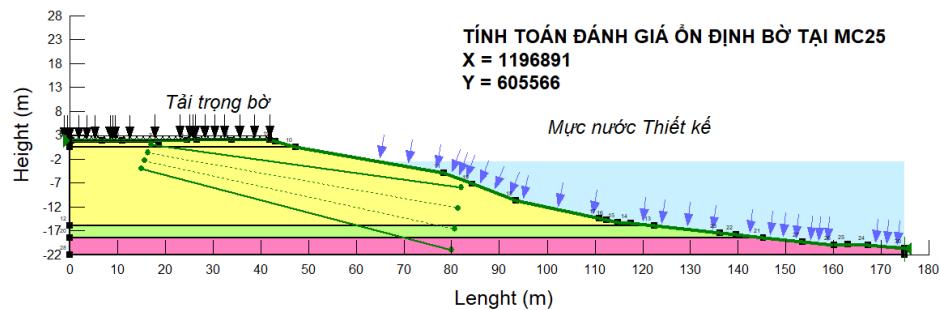
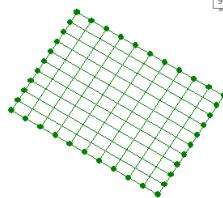
Hình 123. Cung trượt nguy hiểm vị trí sạt lở khi có tải trọng đỉnh bờ bằng mô hình Slide



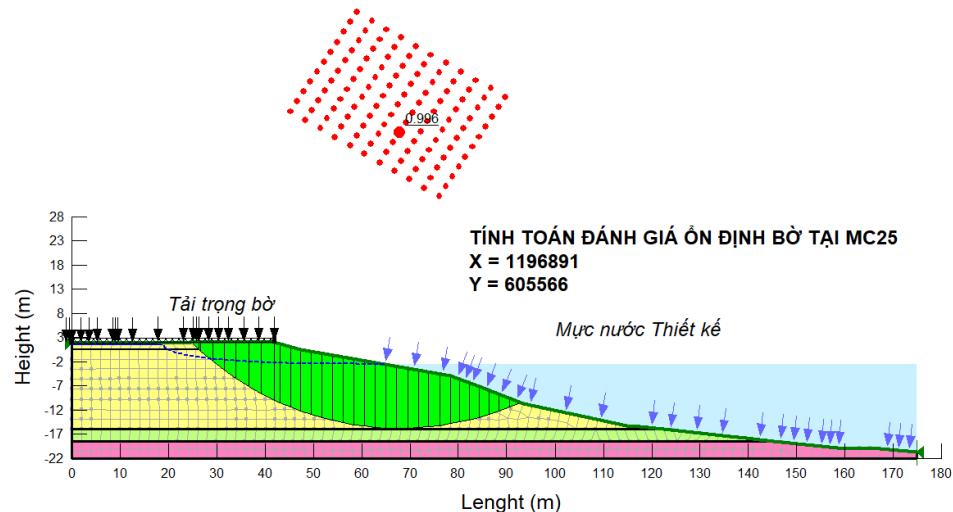
Hình: Mô phỏng mặt cắt trong Seep/W



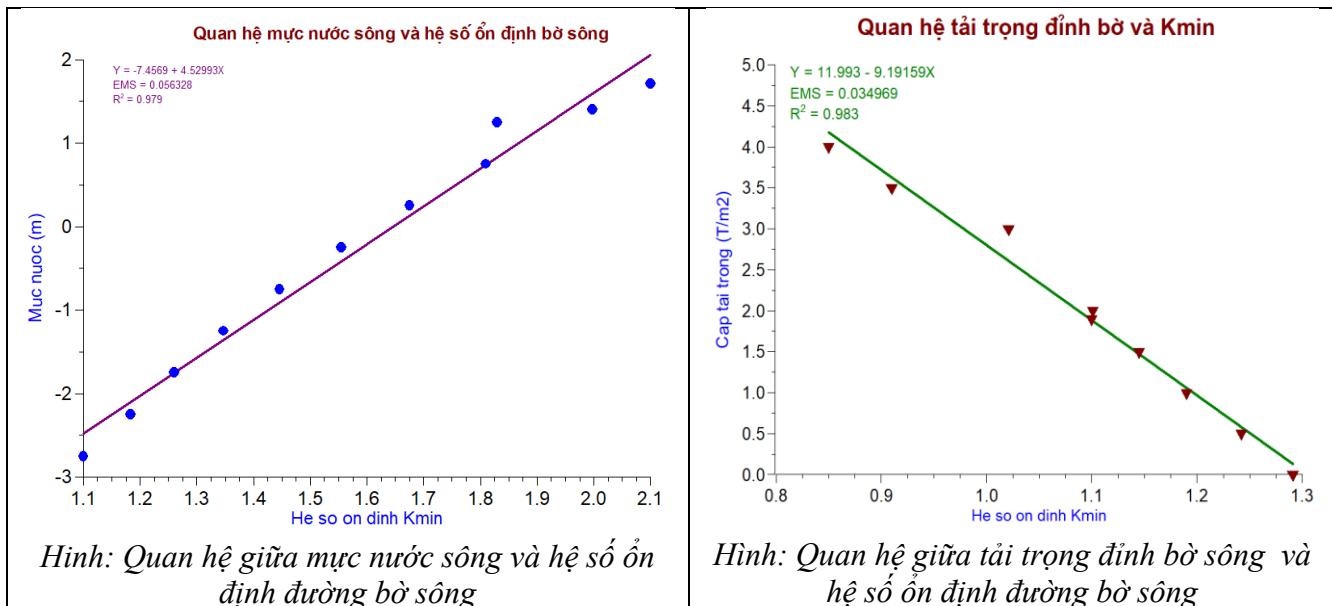
Hình: Kết quả tính toán mô phỏng đường bão trong Seep/W



Hình: Mô phỏng mặt cắt tính toán trong công cụ Slope/W



Hình: Kết quả tính toán mô phỏng cung trượt trong Slope/W



Kết quả tính toán cho thấy:

- Hệ số ổn định bờ sông giảm khi mực nước sông giảm. Khi mực nước tăng thì hệ số ổn định đường bờ sông tăng, khi mực nước rút xuống thấp thì hệ số ổn định bị giảm mạnh, cung trượt càng dễ xuất hiện. Đây chính là một trong những nhân tố ảnh hưởng đến tình trạng sạt lở tại khu vực nghiên cứu. Sự thay đổi mực nước là yếu tố ảnh hưởng đến sự cố sạt lở bờ sông vùng hạ du sông Đồng Nai

- Tải trọng đinh bờ có ảnh hưởng lớn đến hệ số ổn định đường bờ sông. Như tại mặt cắt đang xét, nếu tải trọng đinh bờ lớn hơn 3.1T/m<sup>2</sup> sẽ gây nên sụp lở bờ sông. Trường hợp không có tải trọng, hệ số ổn định khá cao. Như vậy chất tải càng nhiều hệ số ổn định bờ sông càng thấp.

- Quan hệ giữa hệ số ổn định và cường độ chất tải của bờ sông trong phạm vi cung trượt có quan hệ tuyến tính.

#### 4. Do vận hành hồ chứa phía thượng nguồn

Là một trong những lưu vực có tiềm năng thủy lợi, thủy điện, nên hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai phát triển mạnh. Tính đến nay, trên toàn lưu vực có khoảng hơn 200 hồ chứa thủy lợi, thủy điện lớn, trung bình, nhỏ (bao gồm cả những hồ đang vận hành, đang xây dựng và dự kiến xây dựng), trong đó một phần là các hồ chứa thủy điện còn lại chủ yếu là các hồ chứa thủy lợi. Tổng dung tích điều tiết của các hồ chứa trên lưu vực khoảng trên 6 tỷ m<sup>3</sup>, công suất khoảng 3000 MW, trong đó hàng năm chuyển gần 1 tỷ m<sup>3</sup> nước ra ngoài lưu vực sang vùng khô hạn ven biển Bình Thuận, Ninh Thuận.

Hệ thống các hồ chứa lớn trên lưu vực sông Đồng Nai gồm: Trị An, Thác Mơ, Đơn Dương, Đa Mi, Hàm Thuận, Cần Đơn, Đại Ninh, Skok Phu Miêng, Đồng Nai 3; Phước Hòa, Đồng Nai 2, Đồng Nai 4, Dầu Tiếng... Các hồ chứa có dung tích lớn nhất là hồ Trị An trên sông Đồng Nai (2764,73.106m<sup>3</sup>), hồ Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn (1580.106 m<sup>3</sup>). Các hồ chứa và các công trình đi kèm với nó thường có nhiều mục tiêu và nhiệm vụ khác nhau. Các mục tiêu quan trọng là chống lũ, phát điện, cấp nước,...

Dòng chảy mặt trên lưu vực sông Đồng Nai chịu sự chi phối chủ yếu của chế độ mưa nên biến đổi rất sâu sắc theo không gian và thời gian. Mùa lũ bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng XI, kéo dài 6 tháng. Tuy nhiên, thời gian này không đều ở từng vùng. Mùa kiệt thường duy trì trong khoảng từ tháng XII-V, với tháng kiệt nhất rơi

vào tháng III hoặc IV, thậm chí tháng V. Tùy cấp diện tích lưu vực, nhưng nhin chung, sự chênh lệch dòng chảy lũ-kiệt rất lớn, từ 5-20 lần, thậm chí hơn. Sự chênh lệch giữa ngày kiệt nhất và lũ cao nhất vì thế càng lớn hơn nhiều, từ 50-200 lần, thậm chí 500 lần. Sự phân hóa mạnh mẽ giữa dòng chảy hai mùa dẫn đến hướng khai thác nguồn nước trên toàn lưu vực là phải bằng các hồ chứa điều tiết có chu kỳ dài, ít ra là điều tiết năm. Một hệ thống khai thác kiểu bậc thang trên hệ thống sông là rất có lợi về mặt sử dụng tài nguyên nước.

Bảng 5. Tổng hợp khả năng xả của các hồ thời kỳ lũ chính vụ

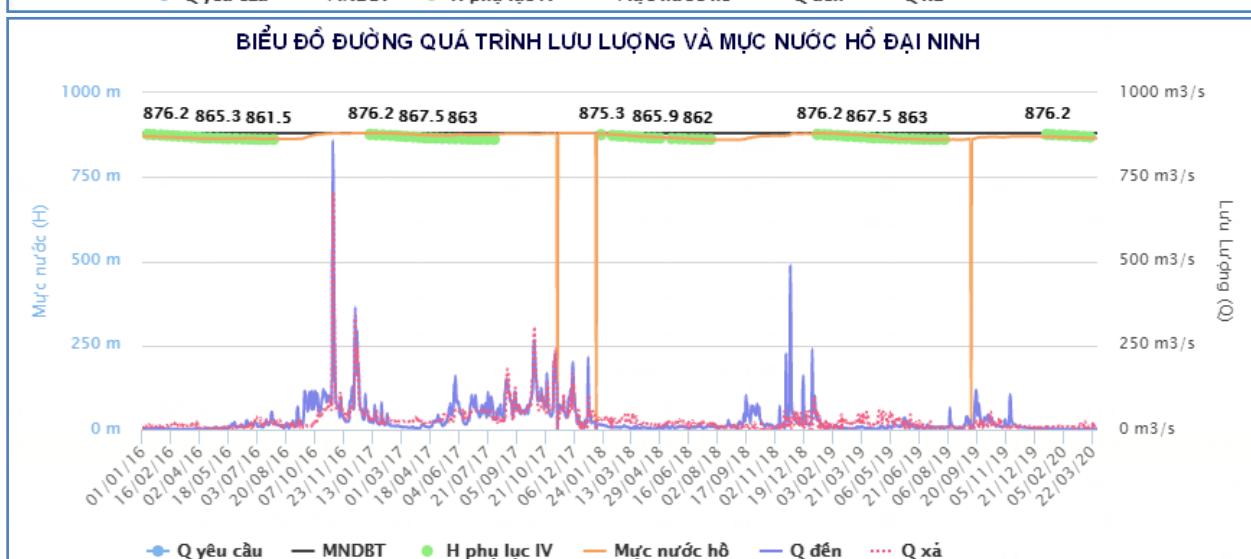
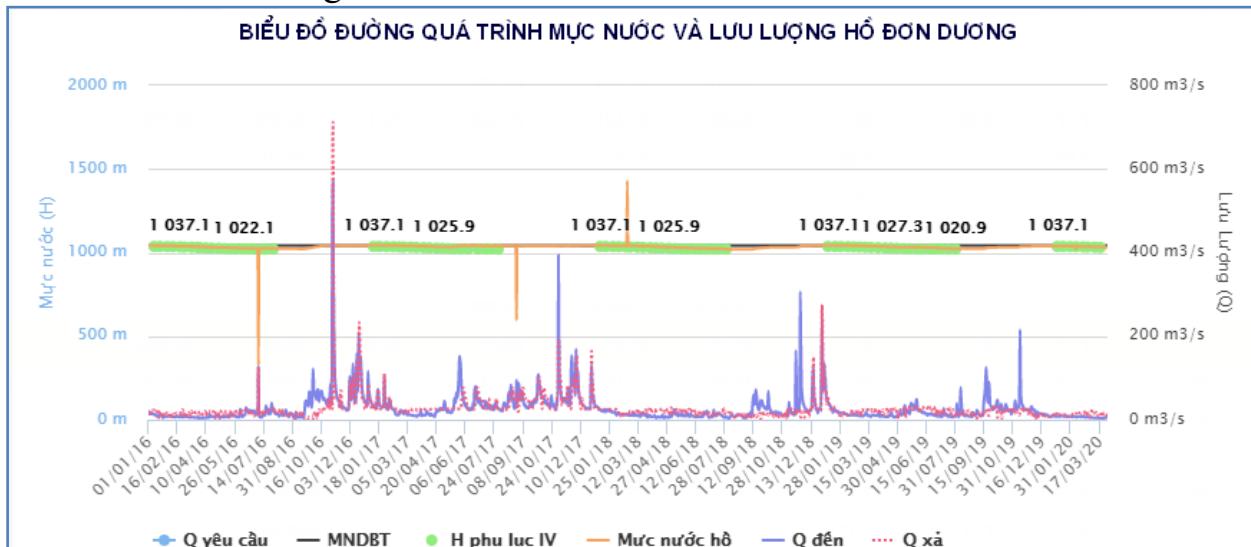
Nhánh sông	Hồ	MND BT	V <sub>hi</sub>	MN TL	V <sub>pl</sub>	MN ĐL	V <sub>đ</sub>	W <sub>h</sub> thêm đê đòn lũ	Q <sub>x</sub> thêm (không có lưu lượng đênh hồ)	Q <sub>x</sub> thêm (có lưu lượng đênh hồ)	Q <sub>pđ</sub> max	Q <sub>x</sub> thêm qua tràn (đã phát điện max)	Q <sub>x</sub> max qua tràn
		m	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Sông Bé - TTV Phước Hòa	Thác Mơ	218.0	1250.0	216.0	212.6	215.5	264.6	52	601.7	851.7	186.0	665.7	3539
	Cần Đơn	110.0	79.9	109.0	14.3	108.5	21.5	7	83.0	1014.7	269.6	745.1	5287
	Sroc Phu Miêng	72.0		72.0	0.0	72.0	0.0	0	0.0		302.0		6153
	Phước Hòa	42.9		42.9	0.0	42.9	0.0	0	0.0				6200
	Tổng		1329.9		226.9		286.1	59.2	684.7				
Sông Đông Nai - TTV Tà Lài	Đơn Dương	1042.0	155.1	1039.5	22.9	1038.5	31.7	8.7	101.0	147.0	26.4	120.6	4300.6
	Đại Ninh	880.0	251.7	878.0	34.5	877.4	44.9	10.4	119.9	292.4	55.4	237.0	6000
	Đồng Nai 2	680.0	143.40	678.0	22.36	677.5	27.95	5.6	64.70	455.74	121.70	334.04	8663
	Đồng Nai 3	590.0	891.5	587.5	131.0	586.7	172.9	41.9	485.2	724.9	215.0	509.9	10188
	Đồng Nai 4	476.0		476.0	0.0	476.0	0.0	0.0	0.0		216.0		10188
	Đăk RTih	618.0	101.8	616.5	14.8	616.0	19.7	4.9	56.9	132.9	50.0	82.9	2330
	Đồng Nai 5	288.0		288.0	0.0	288.0	0.0	0.0	0.0		287.6		11300
	Tổng		1543.6		225.6		297.1	72	828				
Sông La Ngà - TTV Tà Pao	Hàm Thuận	605.0	523.0	602.5	60.3	601.5	84	24	279.4	395.4	136.0	259.4	4500
	Đa Mi	325.0		325.0	0.0	325.0	0.0	0	0.0		137.0		820
	Tổng		523.0		60.3		84.5	24	279				
Sông Đồng Nai	Trị An xả lượng nước các hồ trên xã xuống	62.0	2546.7	60.8	370.2	60.5	462.7		1025.2	2175.2	880.0	1295.2	18700

Công trình thủy điện Trị An nằm ở bậc thang cuối cùng của sông Đồng Nai, cách TP.Hồ Chí Minh khoảng 65 km về phía Đông-Bắc. Nhà máy thủy điện Trị An nằm ở huyện Vĩnh Cửu – tỉnh Đồng Nai. Đây là một dự án thủy điện lớn với công suất 400 MW, điện lượng bình quân năm 1760 GWh). Cấp của công trình theo thiết kế kỹ thuật là cấp II phù hợp với quy phạm Liên xô (CHIП-1-50-74) và tiêu chuẩn Việt nam QPVN 08-76 tại thời điểm xây dựng (1985). Hiện nay theo Quy chuẩn quốc gia QCVN 04-05:2012/BNNTNT và Thông tư số 03/2016/TT-BXD ngày 10/03/2016 của Bộ Xây dựng, Cấp công trình thủy điện Trị An được xác định là cấp I với công suất lắp đặt 400 MW. Quy mô công trình: Mực nước dâng bình thường (MNDBT): 62 m; Mực nước chót (MNC): 50 m; Mực nước gia cường ứng với lũ thiết kế: 62,48 m; Mực nước gia cường ứng với lũ kiểm tra: 63,9 m; Diện tích lưu vực: 15400 km<sup>2</sup>; Diện tích mặt hồ ở MNDBT: 323,4 km<sup>2</sup>; Diện tích mặt hồ ở MNC: 63,1 km<sup>2</sup>; Diện tích mặt hồ ở MNGC: 351,5km<sup>2</sup>; Dung tích toàn bộ: 2764,73 triệu m<sup>3</sup>; Dung tích hữu ích: 2546,7 triệu m<sup>3</sup>; Dung tích chót: 218,03 triệu m<sup>3</sup>; Dung tích ở mực nước gia cường: 3407,11 triệu m<sup>3</sup>; Dòng chảy trung bình nhiều năm (Qo): 507 m<sup>3</sup>/s; Đỉnh lũ thiết kế (p = 0.1%): 19000 m<sup>3</sup>/s; Đỉnh lũ kiểm tra (p = 0.02%): 23500 m<sup>3</sup>/s. Hồ Trị An có dung tích lớn nhất trên lưu vực sông Đồng Nai. Phía thượng lưu hồ cách hồ Trị An khoảng 170km có hồ Đồng Nai 5 có dung tích 8.35 triệu m<sup>3</sup> vận hành năm 2015, hồ Đồng Nai 4 cách hồ Đồng Nai 5 về phía thượng lưu khoảng 25km, với dung tích hồ 16.4 triệu m<sup>3</sup>. Dung tích hồ Đồng Nai 5 là quá nhỏ so với dung tích hồ Trị An. Mặt khác, trên dòng chính sông Bé có các hồ Thác Mơ (Vh=1250 triệu m<sup>3</sup>), hồ Cần Đơn (Vh=79.9

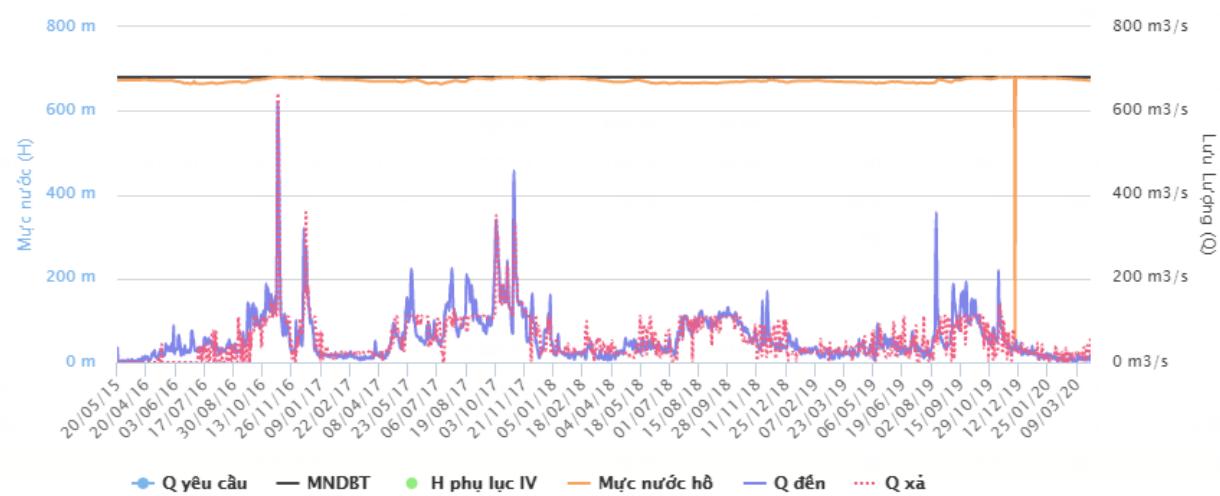
triệu m<sup>3</sup>), hồ Srok Phu Miêng (Vh=28.57 triệu m<sup>3</sup>), hồ Phước Hòa (Vh=2.45 triệu m<sup>3</sup>). Khi hồ Thác Mơ vận hành điều tiết xả lũ qua các hồ Cần Đơn, Srok Phu Miêng, Phước Hòa, thời gian truyền lũ đến trạm Biên Hòa khoảng 60h, trong khi đó thời gian truyền lũ từ hồ Trị An về đến Biên Hòa khoảng 9h, vì vậy trong phạm vi nghiên cứu chỉ xem xét đánh giá ảnh hưởng của hồ chứa Trị An đến dòng chảy phía hạ du trên sông Đồng Nai tại vị trí trạm thủy văn Biên Hòa. Trên sông Sài Gòn xem xét ảnh hưởng của hồ Dầu Tiếng đến trạm thủy văn Phú An.

Thông kê tình hình lũ đến và xả lũ hồ chứa như sau:

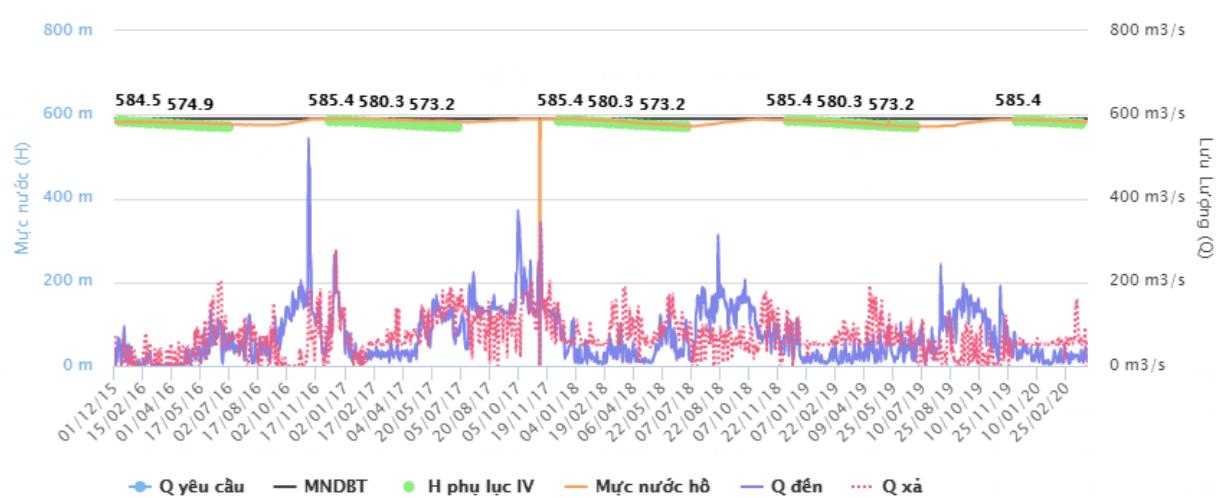
Trên nhánh Đồng Nai:



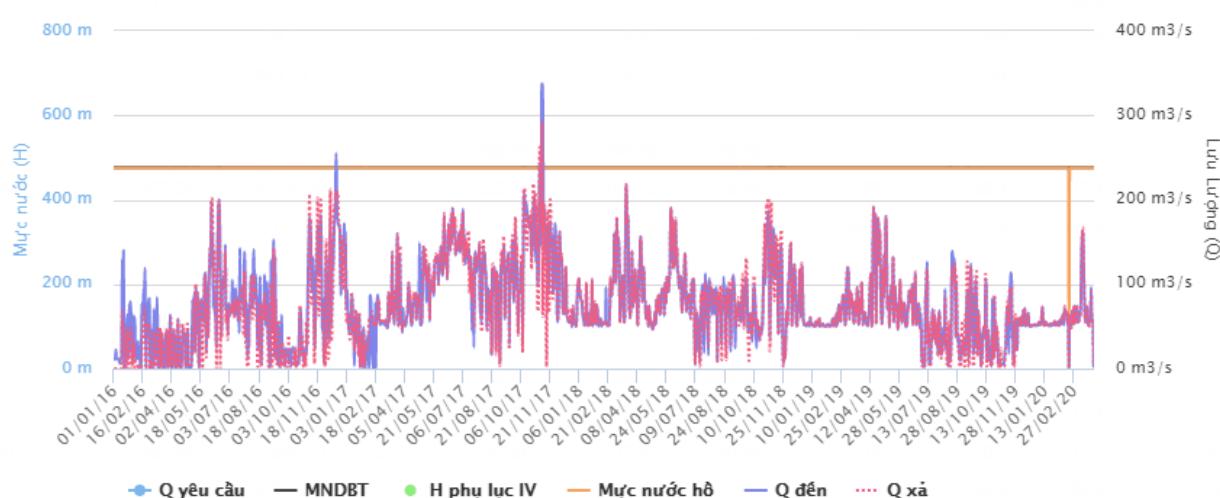
### BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỰC NƯỚC HỒ ĐỒNG NAI 2



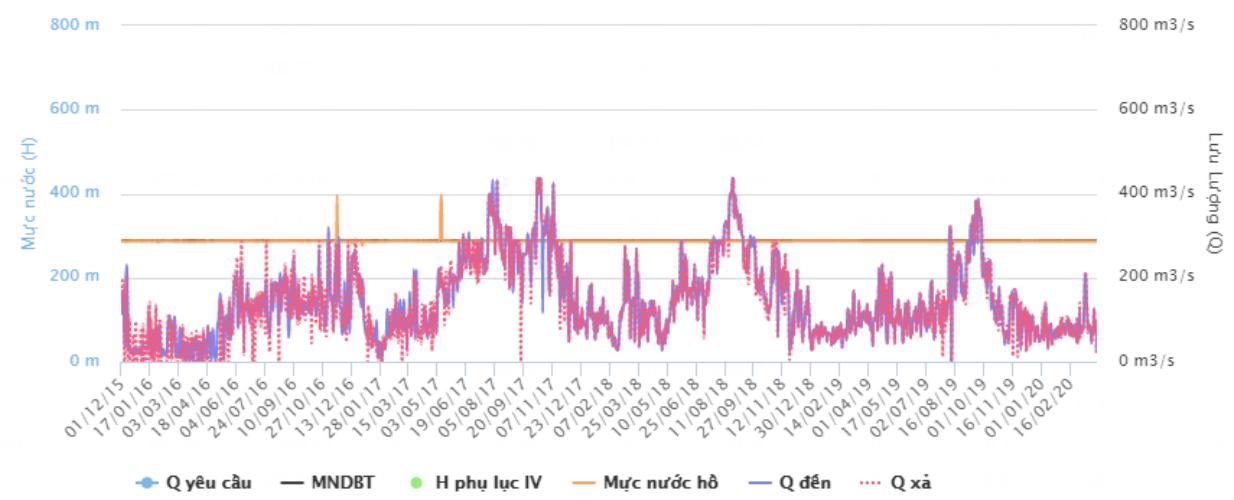
### BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỰC NƯỚC HỒ ĐỒNG NAI 3



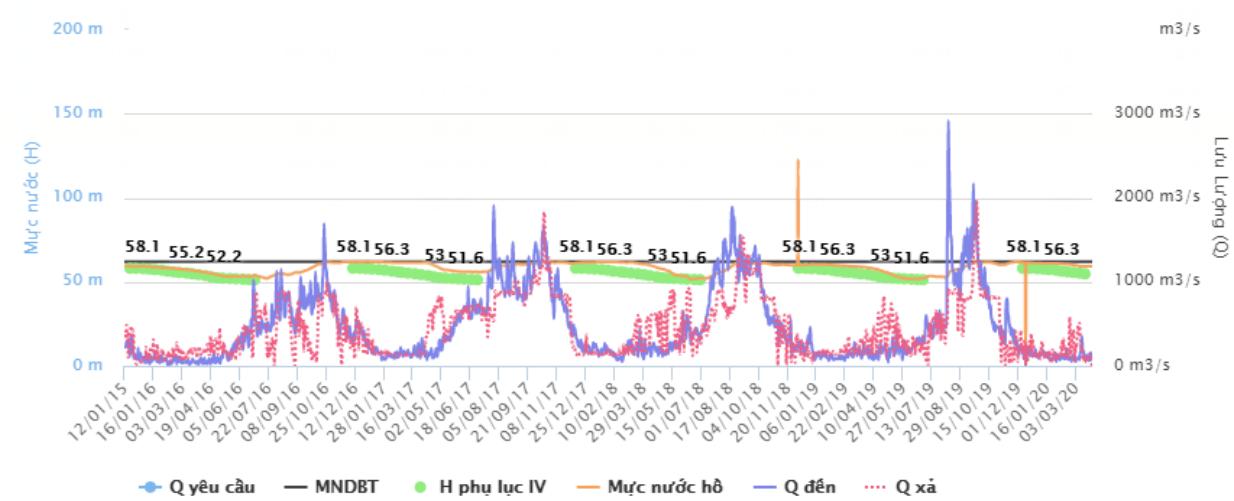
### BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỰC NƯỚC HỒ ĐỒNG NAI 4



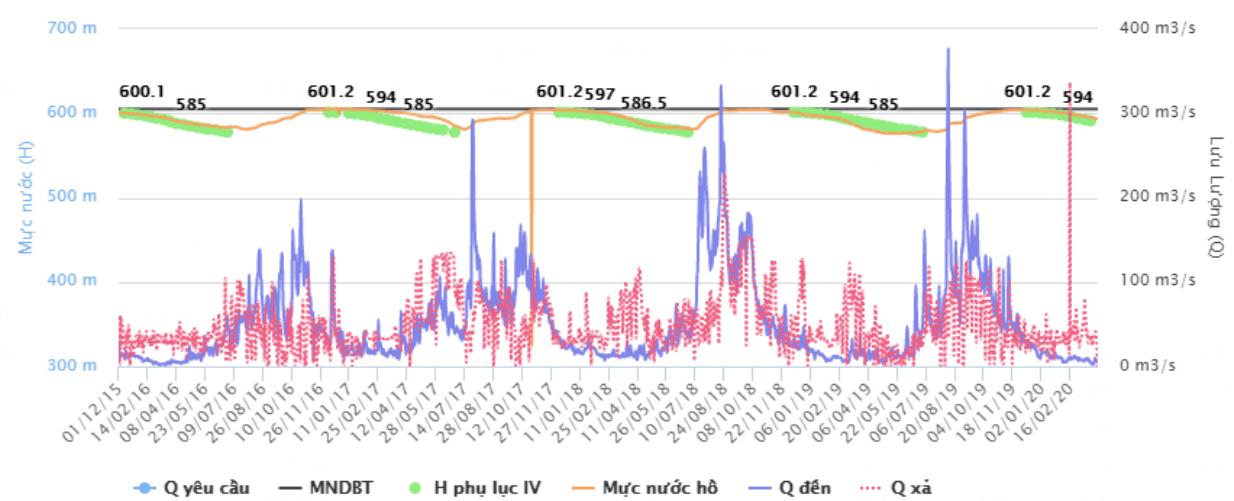
### BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỰC NƯỚC HỒ ĐỒNG NAI 5

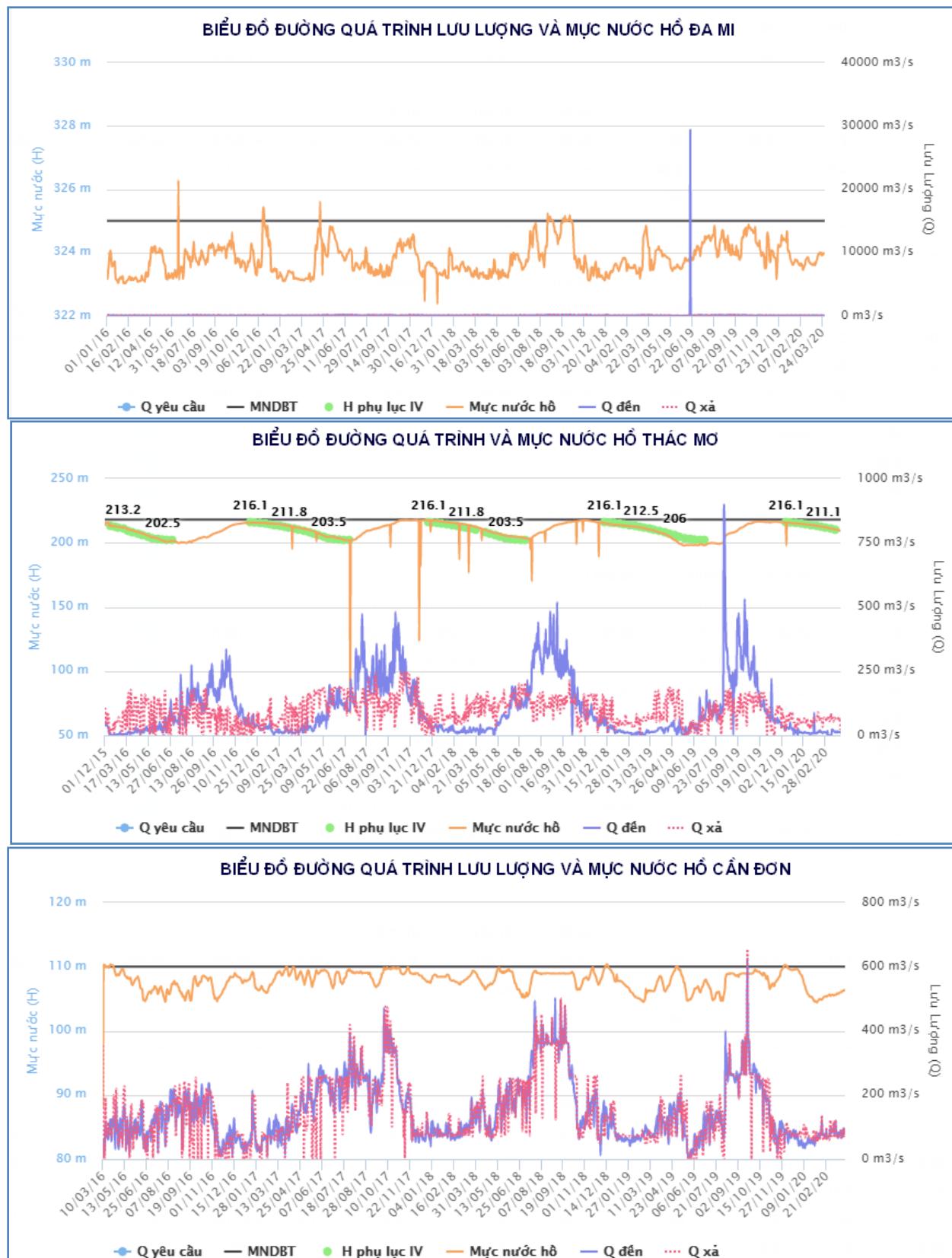


### BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỰC NƯỚC HỒ TRỊ AN

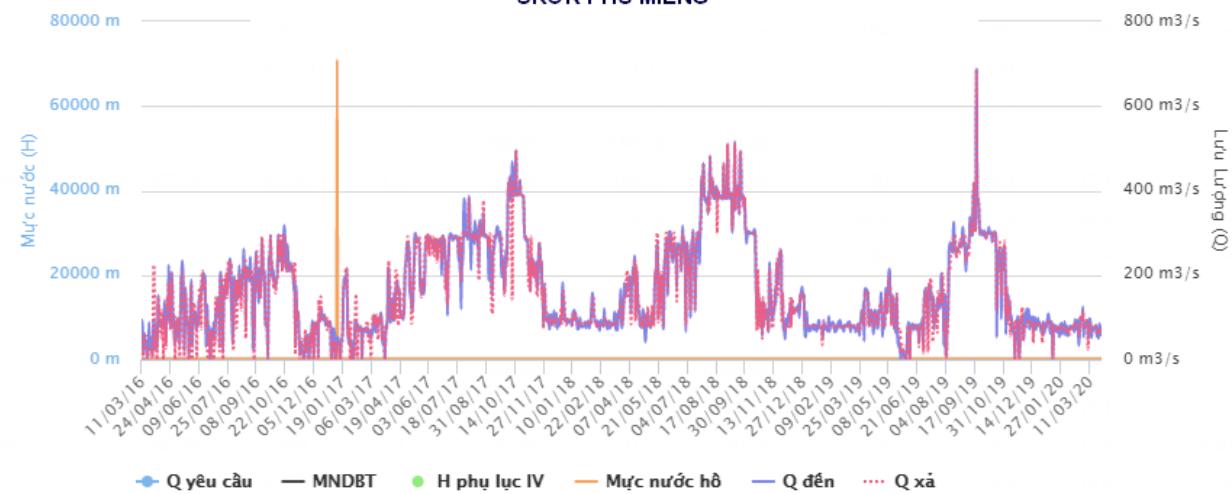


### BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỰC NƯỚC HỒ HÀM THUẬN

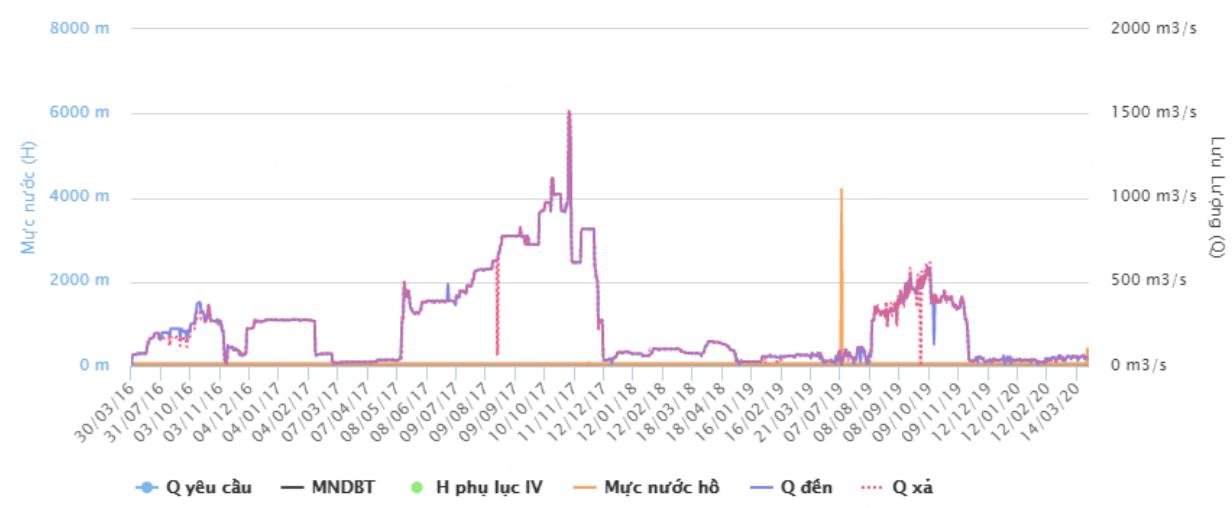




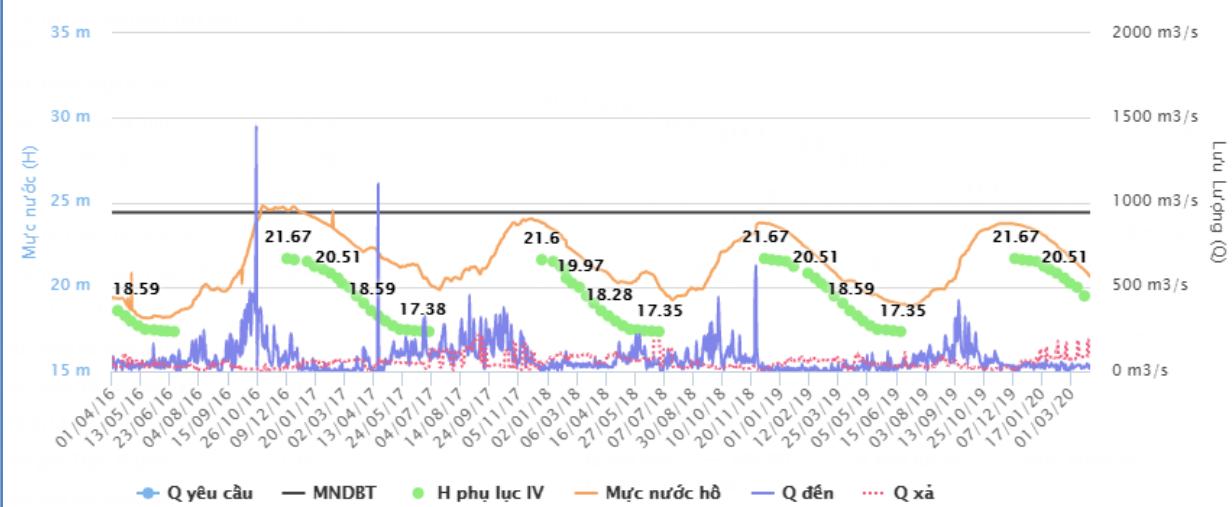
**BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NUỐC HỒ  
SROK PHU MIENG**

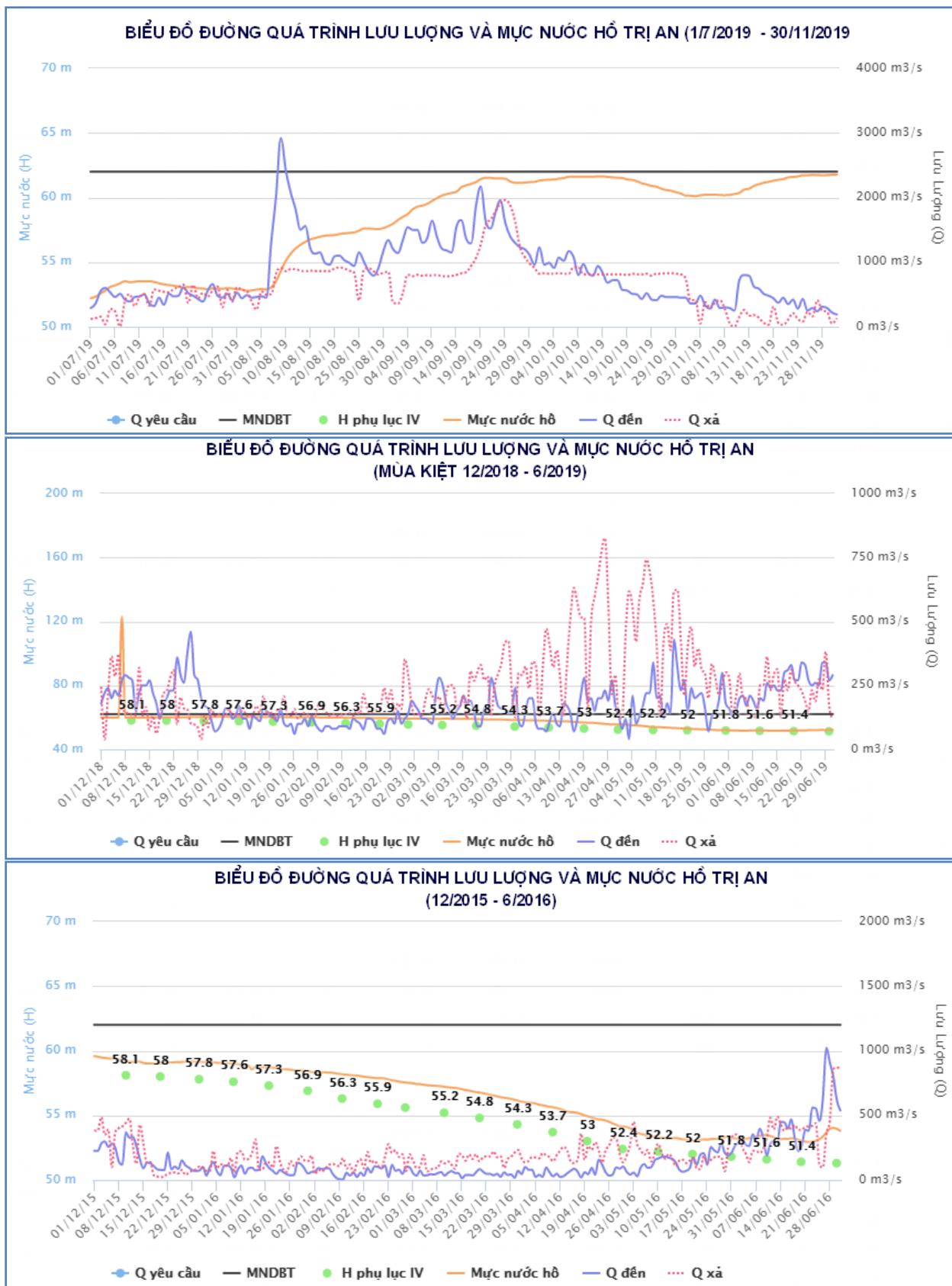


**BIỂU ĐỒ QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NUỐC HỒ PHUỐC HÒA**

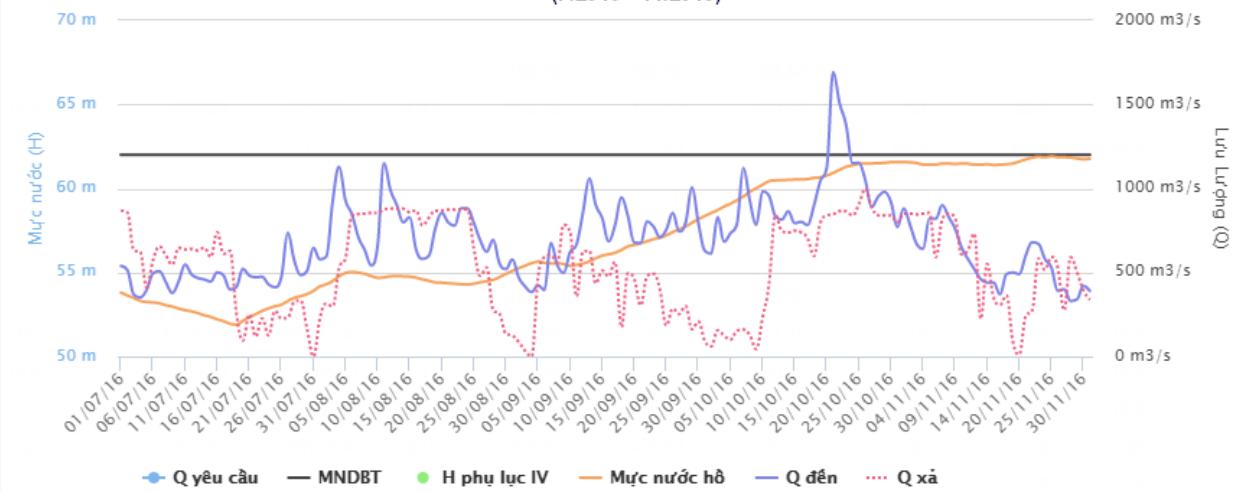


**BIỂU ĐỒ QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NUỐC HỒ DẦU TIẾNG**

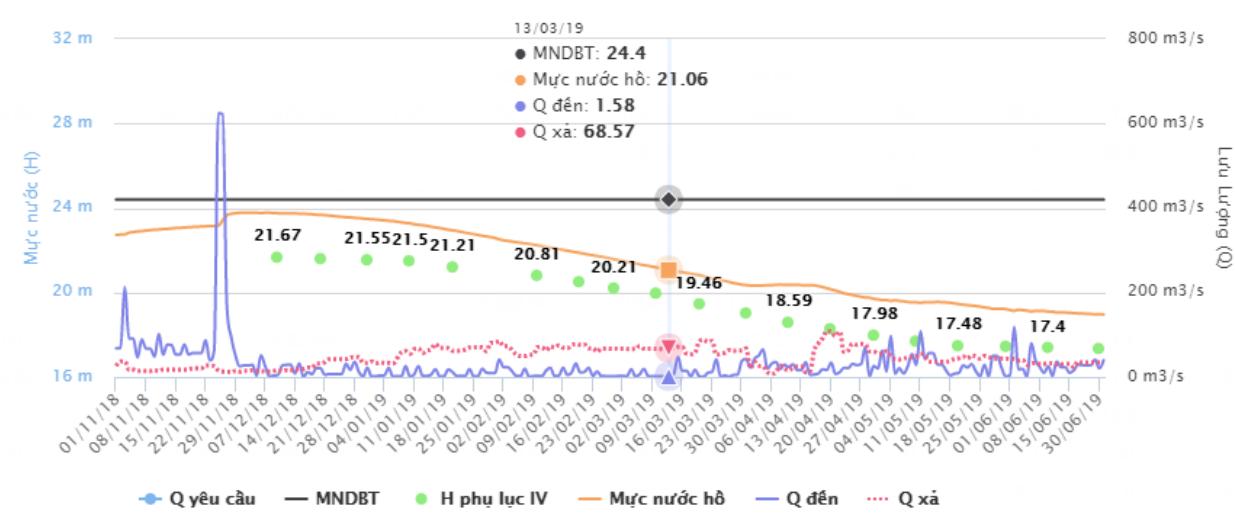




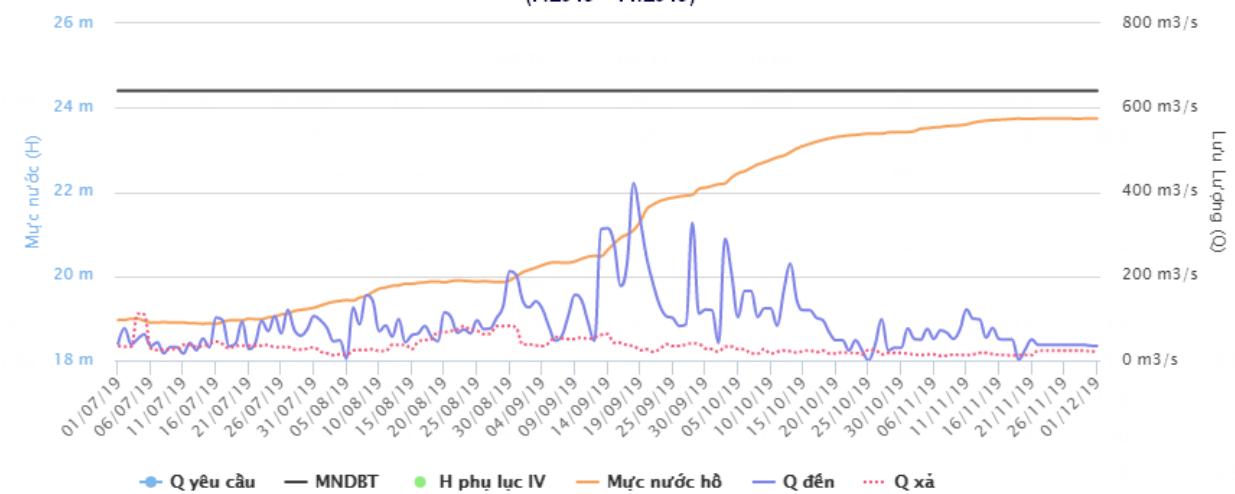
**BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NUỐC HỒ TRỊ AN**  
(7/2016 - 11/2016)



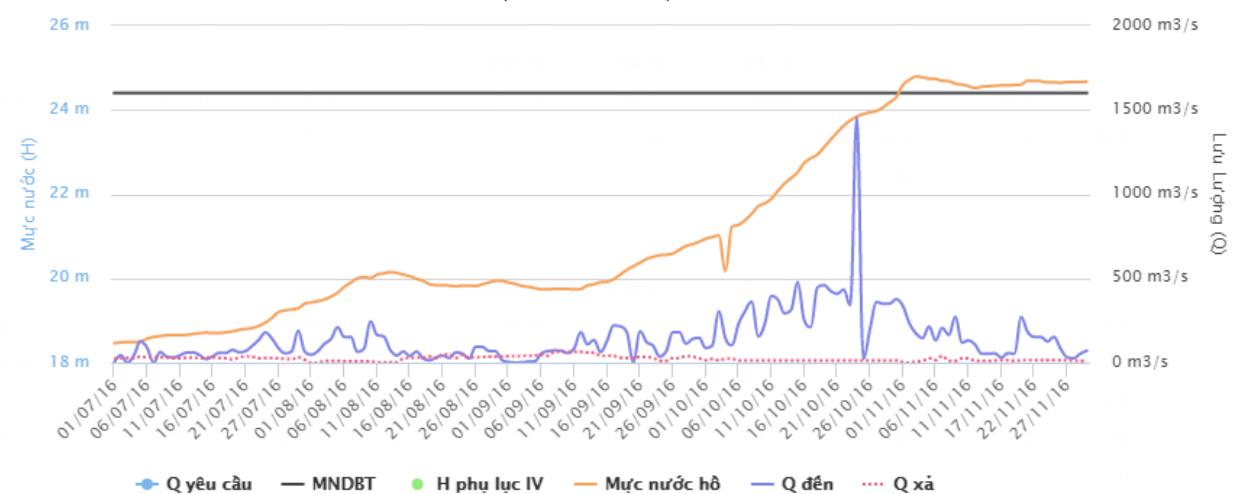
**BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NUỐC HỒ DẦU TIẾNG (12/2018 - 6/2019)**



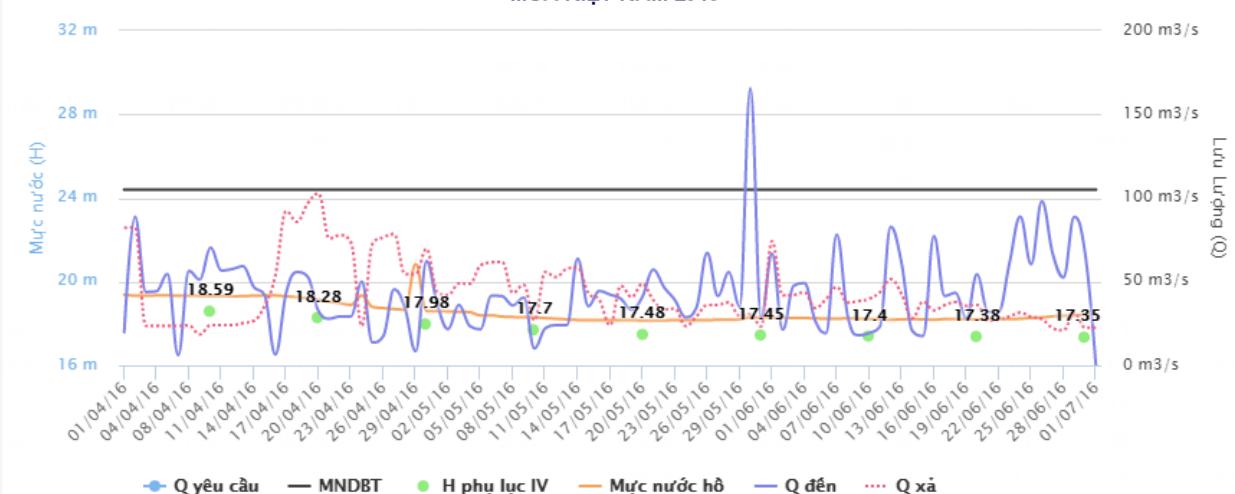
**BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NUỐC HỒ DẦU TIẾNG**  
(7/2019 - 11/2019)



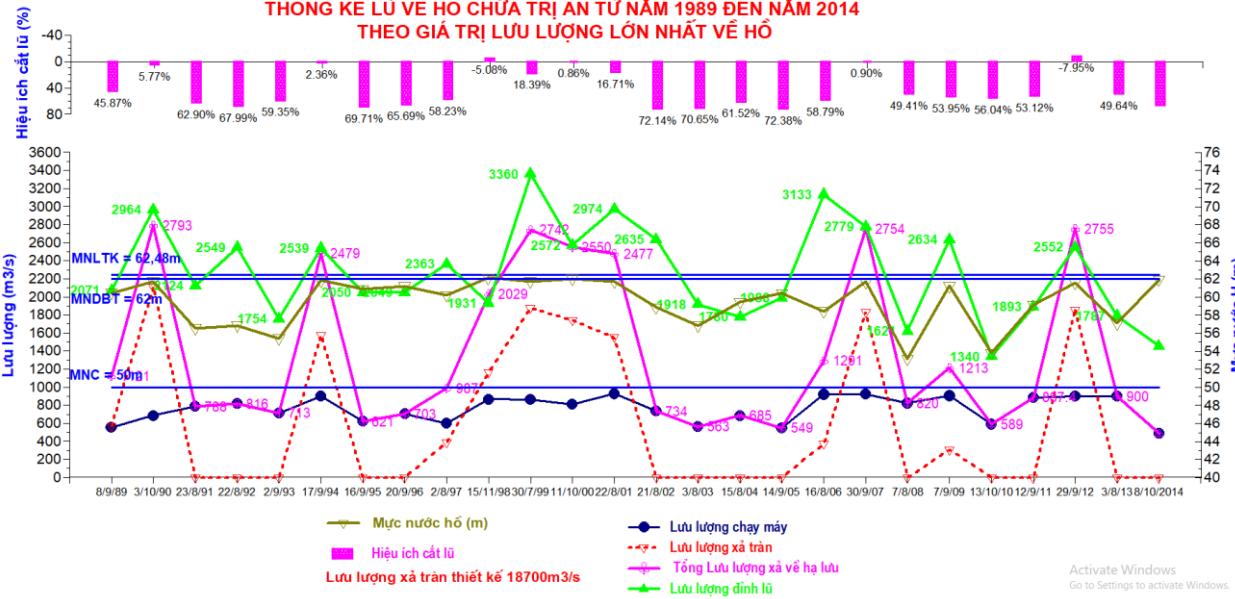
**BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NƯỚC HỒ DÂU TIẾNG**  
(7/2016 - 11/2016)

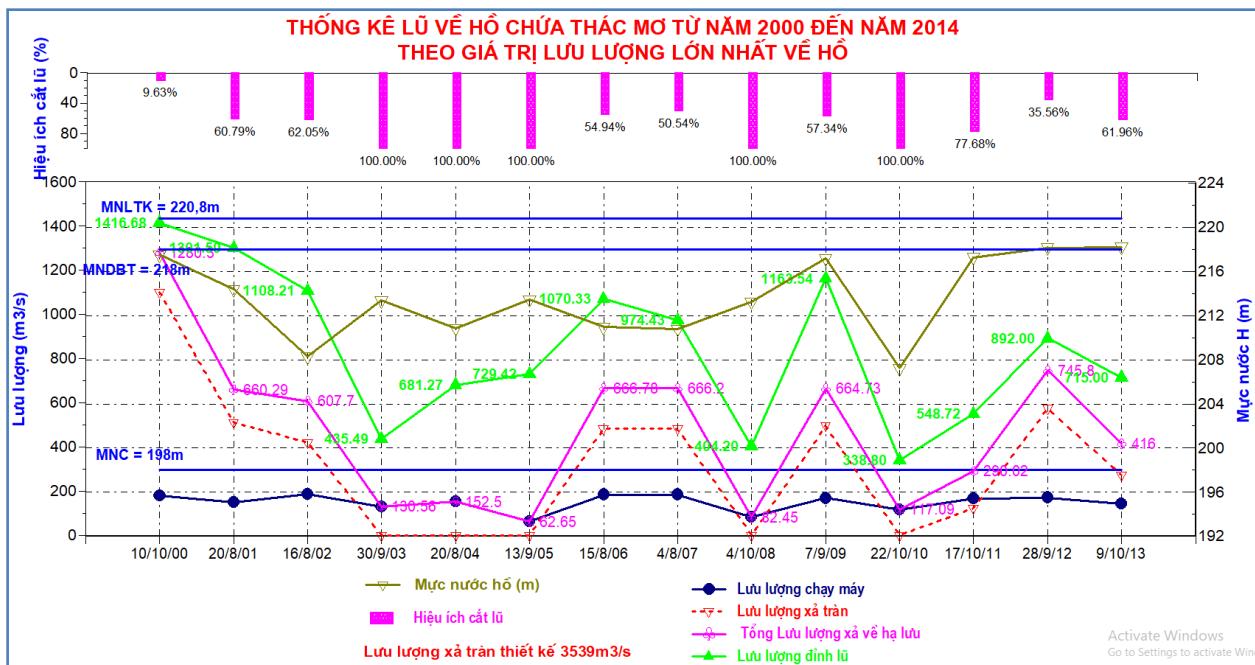


**BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUA TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NƯỚC HỒ DÂU TIẾNG**  
MÙA KIỆT NĂM 2016

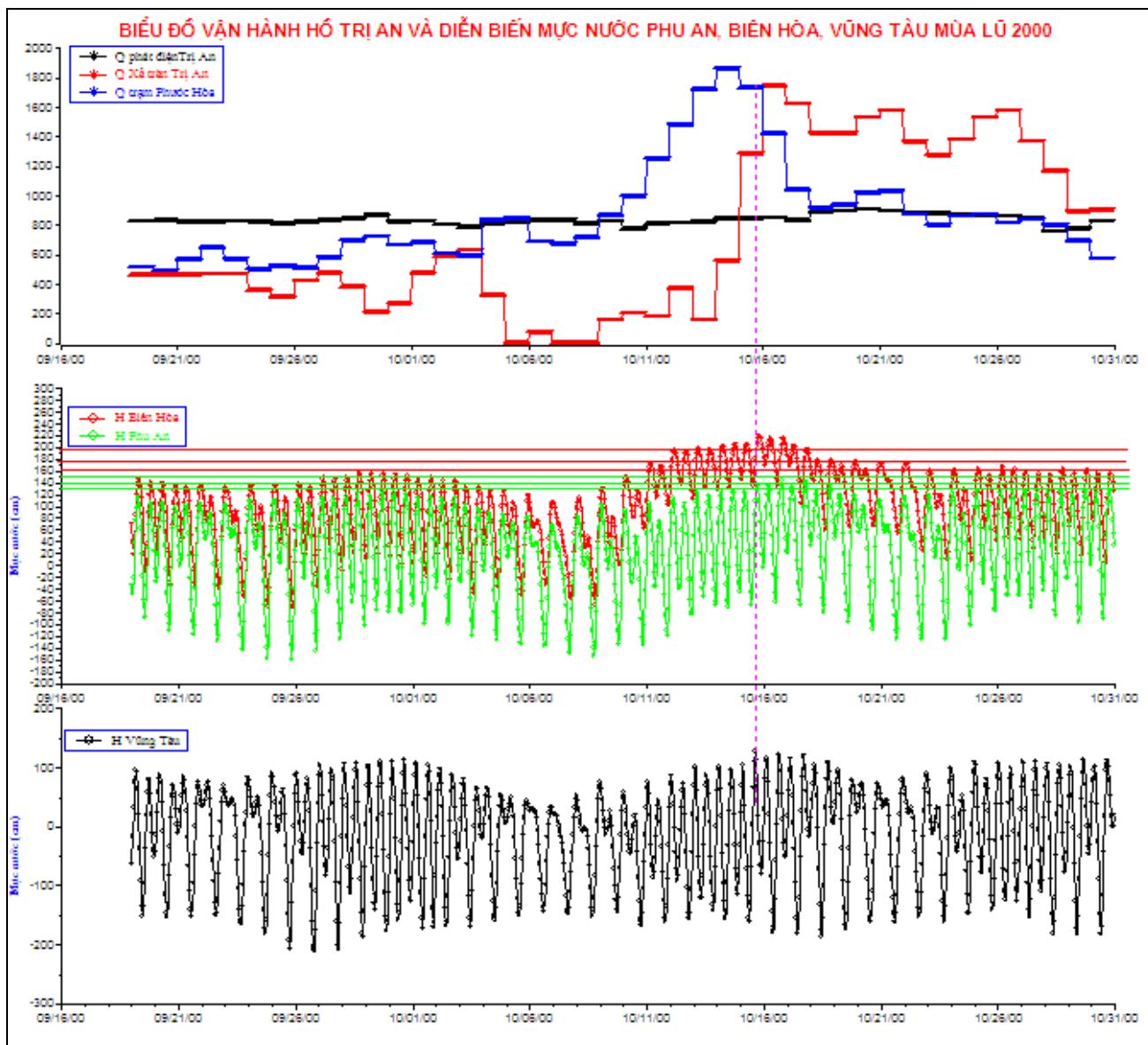


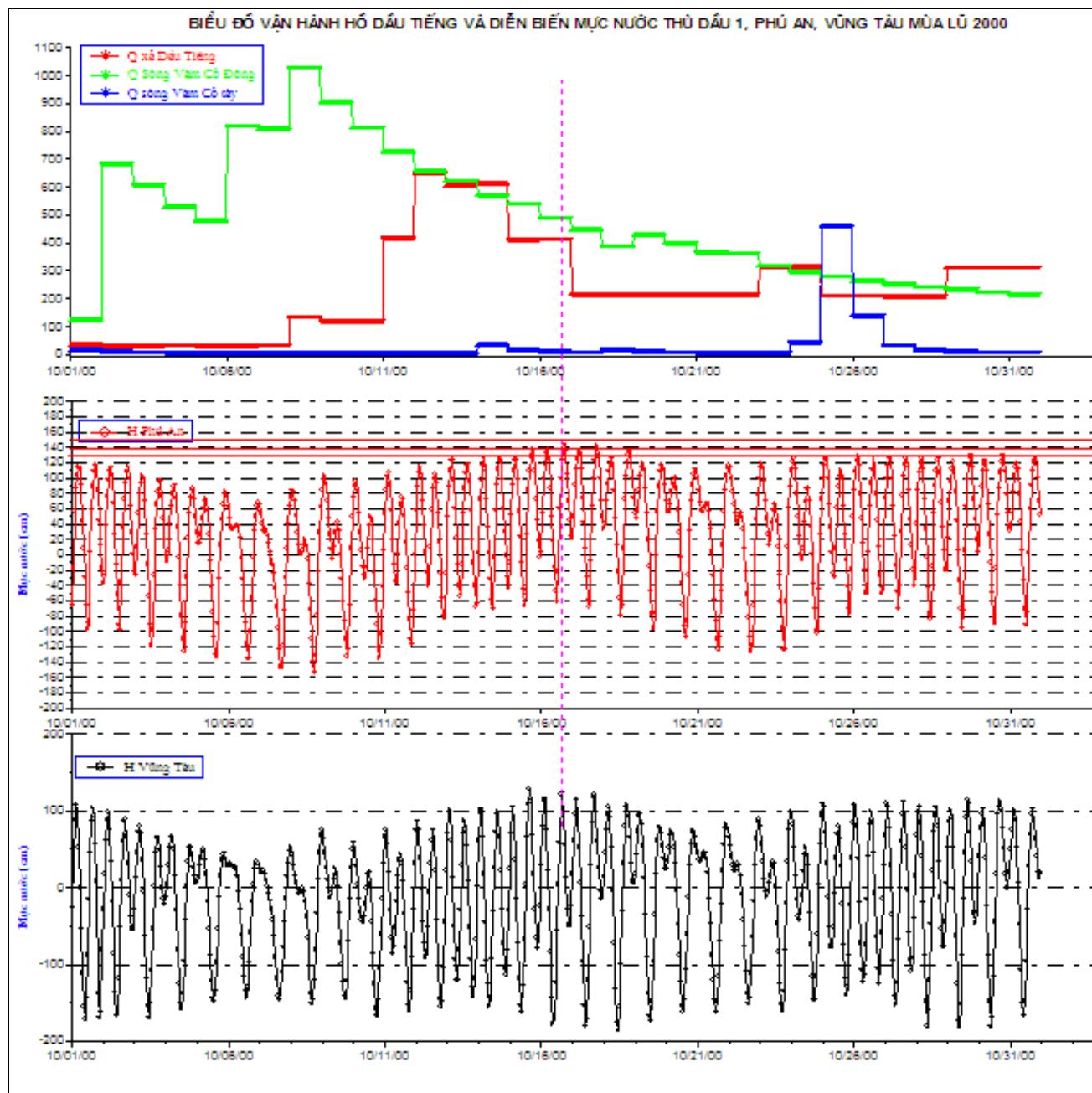
**THỐNG KÊ LŨ VỀ HỒ CHỮA TRỊ AN TỪ NĂM 1989 ĐẾN NĂM 2014**  
THEO GIÁ TRỊ LƯU LƯỢNG LỚN NHẤT VỀ HỒ





Trên lưu vực sông Đồng Nai, lưu lượng lũ đến hồ Trị An có xảy ra trận lũ ngày 11/10/2000, lưu lượng đỉnh lũ về max Qmax=2571.7m<sup>3</sup>/s, mực nước hồ đạt 62.04m lớn hơn MNDBT = 62m. Hồ xả tràn là 1743.3m<sup>3</sup>/s nhỏ hơn lưu lượng đến hồ, tổng lưu lượng xả về hạ du là 2550.68m<sup>3</sup>/s. Do mực nước hồ gần bằng với MNDBT nên đến ngày 12/10/2000, hồ đã xả với tổng lưu lượng xả lớn hơn lưu lượng đến hồ, Qđến max=2382,41m<sup>3</sup>/s, hồ xả tràn là 1621.03m<sup>3</sup>/s và tổng lượng xả về hạ du là 2437.19m<sup>3</sup>/s.

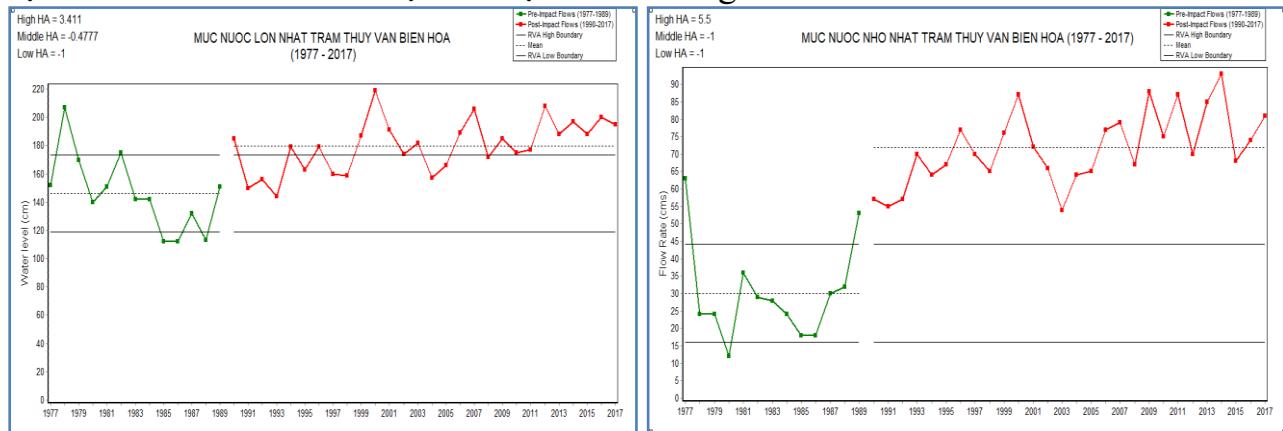




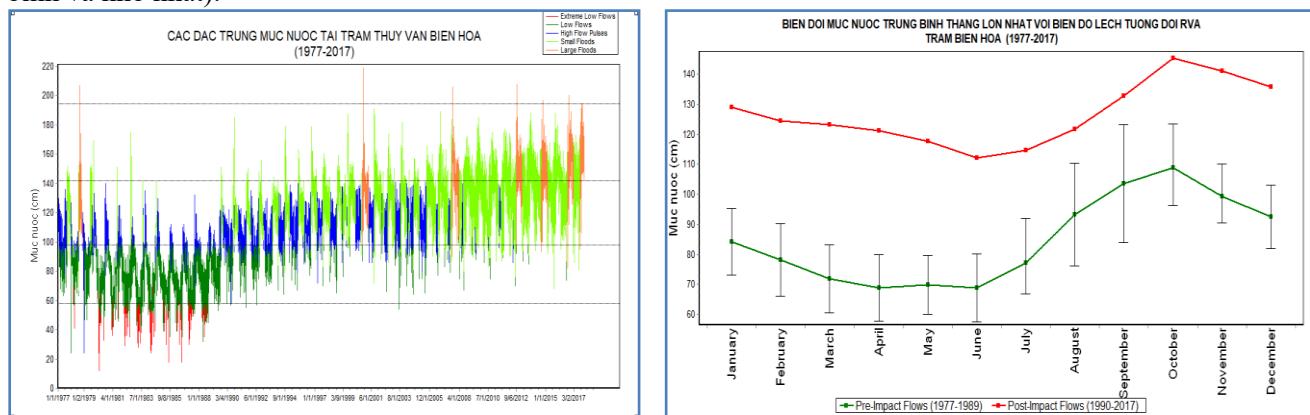
Trận lũ tháng 10 năm 2000, lũ trên sông Đồng Nai lũ trung bình nhưng thời gian lũ kéo dài từ ngày 10 – 23/10 lưu lượng đến hồ Trị An luôn trên  $2000\text{m}^3/\text{s}$ . Lũ trên sông Bé lũ rất lớn và kéo dài ngày 11,13,14,15,16 lưu lượng lần lượt là 1480, 1720, 1860, 1730, 1420  $\text{m}^3/\text{s}$ , lũ kéo dài và trùng với lũ trên sông Đồng Nai. Đây là thời kỳ triều cường với đỉnh triều cao và kéo dài ngày 13,14,15,16,17 đỉnh triều cường lần lượt là 1.02;1.02; 1.14;1.16;1.15 m. Mực nước Biên Hòa vượt đến báo động 3 trong nhiều giờ, mực nước Phú An vượt báo động 2.

Trong mùa kiệt: khi có và không có hồ Trị An thì không có sự thay đổi đột biến về lưu lượng cũng như mực nước phía hạ lưu hồ chứa. Nhờ có sự điều tiết của hồ Trị An mà lưu lượng dòng chảy xuống hạ lưu luôn ổn định. Trong tháng 2 năm 2020 lưu lượng trung bình xả qua hồ là  $167\text{m}^3/\text{s}$  trong khi đó lưu lượng đến hồ trung bình chỉ khoảng  $95\text{m}^3/\text{s}$ . Trong mùa khô do lượng nước đến hồ không đủ để chạy hết công suất của nhà máy nên lượng nước xả ra lớn hơn lượng nước đến, có thời điểm tới trên  $200\text{m}^3/\text{s}$ . Như vậy chế độ thủy lực khu vực hạ lưu hồ chứa bị tác động khá lớn trong mùa khô, lưu lượng dòng chảy lớn nên vận tốc qua khu vực cũng lớn hơn.

Kết quả mô phỏng một số thông số thủy văn IHA trong thời kỳ tự nhiên và có sự điều tiết của hồ chứa Trị An được chỉ ra trong các hình vẽ sau:

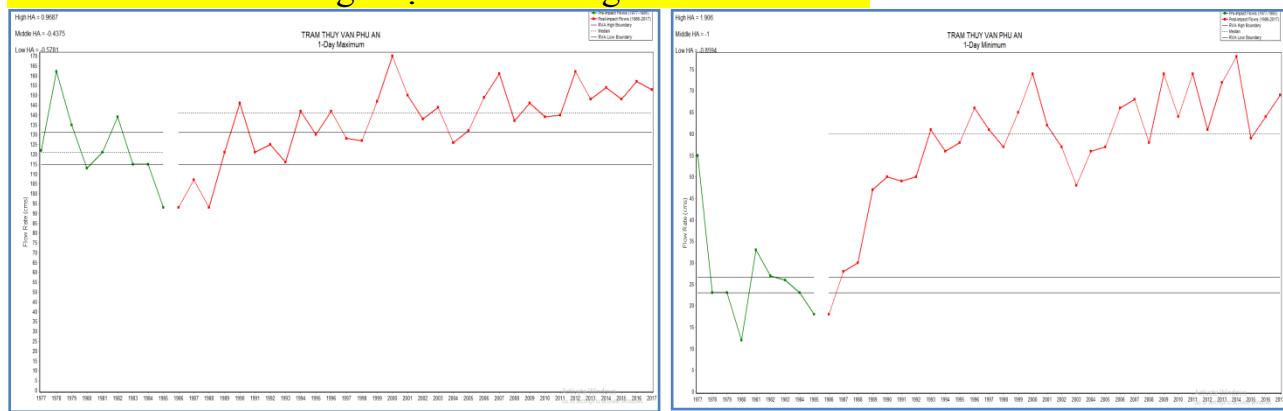


Hình 3: Mực nước lớn nhất và nhỏ nhất tại trạm thủy văn Biên Hòa trong thời gian từ 1977 - 2017 (Ghi chú: HA là hệ số biến động thủy văn, High: Đối với mực nước lớn nhất; Midle: Mực nước lũ trung bình; Low: mực nước thấp nhất; RVA high Boundary, Mean, RVA low Boundary: Giới hạn phạm vi biến đổi lớn nhất, trung bình và nhỏ nhất).

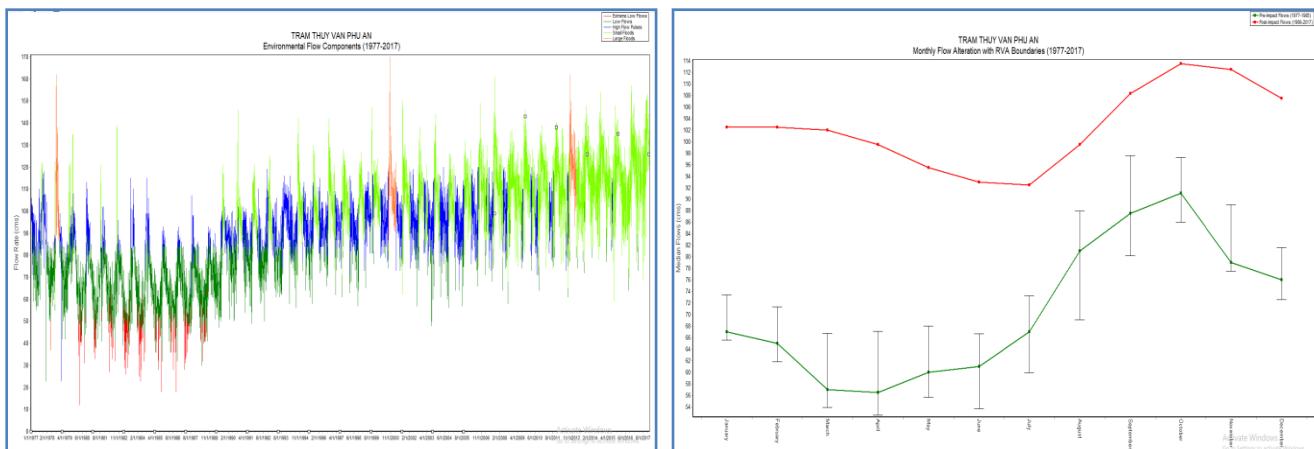


Hình 4: Biến đổi mực nước trung bình tháng lớn nhất với biên độ lệch tương đối RVA

Kết quả mô phỏng một số thông số thủy văn trong thời kỳ tự nhiên và có sự điều tiết của hồ chứa Dầu Tiếng được chỉ ra trong các hình vẽ sau:



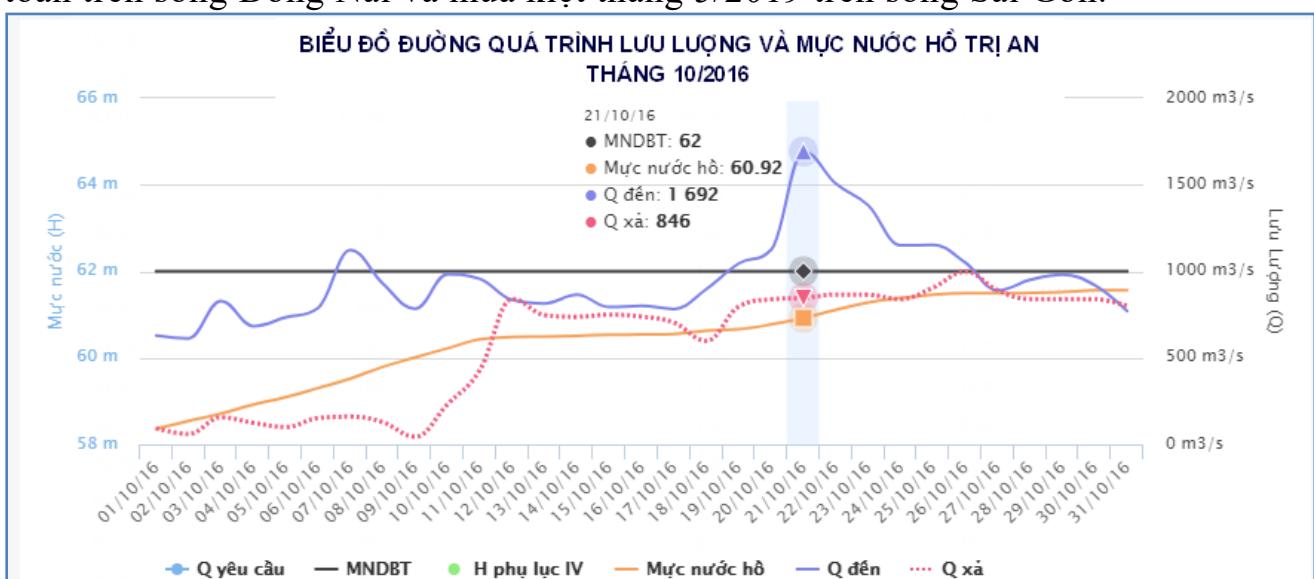
Hình 3: Mực nước lớn nhất và nhỏ nhất tại trạm thủy văn Phú An trong thời gian từ 1977 - 2017



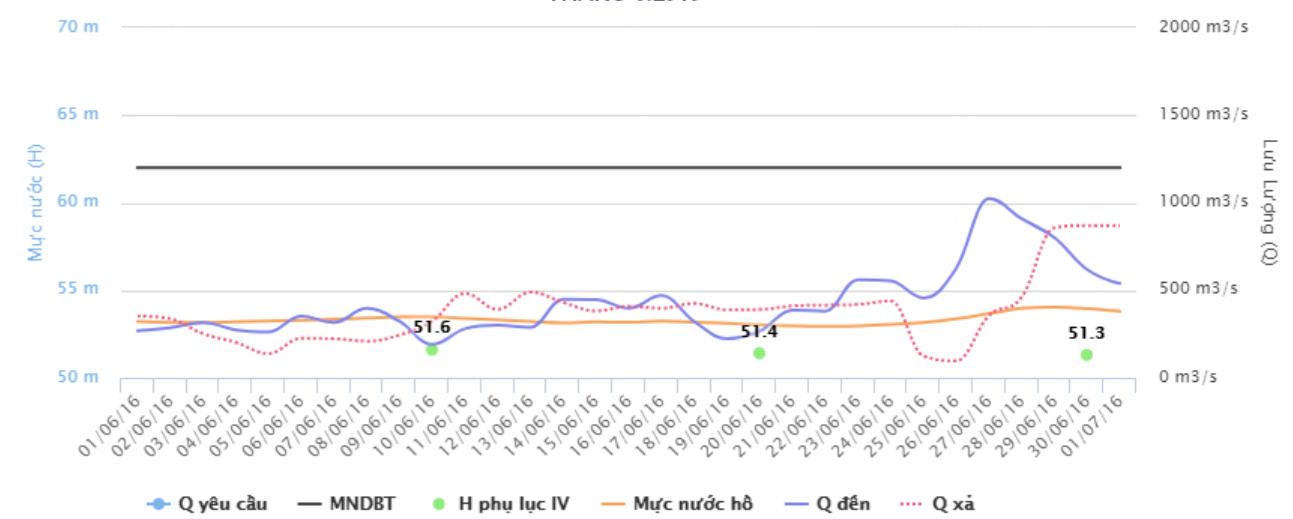
Hình 4: Biên đổi mức nước trung bình tháng lớn nhất với biên độ lệch tương đối RVA

Sự thay đổi mức nước trung bình tháng lớn nhất với biên độ lệch tương đối RVA cho thấy rõ mức độ thay đổi dòng chảy. Mô hình xác định phạm vi biến động của RVA được xác định theo các thông số thủy văn trong giai đoạn trước khi có hồ chứa. Nếu một thông số thủy văn thuộc phạm vi biến động này, nó có thể được coi là chịu ảnh hưởng tác động của hồ chứa. Như vậy theo kết quả nêu trên, trong tháng 8,9,10 là ba tháng chịu tác động mạnh nhất của điều tiết hồ chứa. Các tháng mùa kiệt, đặc biệt là tháng 4,5 chịu tác động vận hành điều tiết của hồ chứa ít hơn.

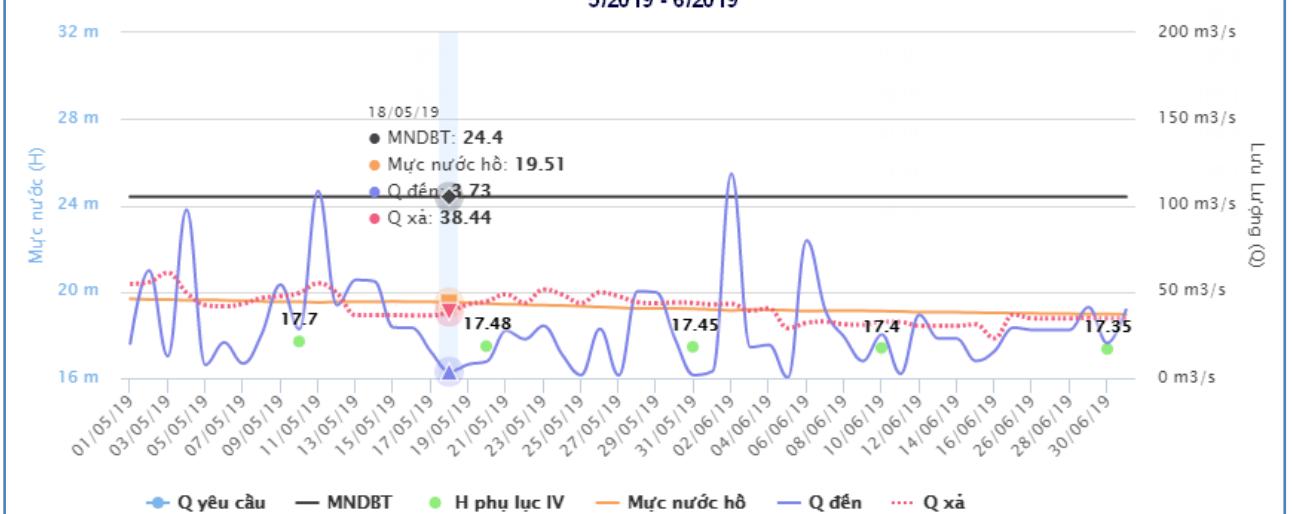
Để đánh giá ảnh hưởng của việc vận hành hồ chứa đến xói lở lòng dẫn, sử dụng số liệu vận hành hồ chứa trong mùa lũ tháng 10/2016 và mùa kiệt 6/2016 để tính toán trên sông Đồng Nai và mùa kiệt tháng 5/2019 trên sông Sài Gòn.



**BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NƯỚC HỒ TRỊ AN**  
**THÁNG 6/2016**

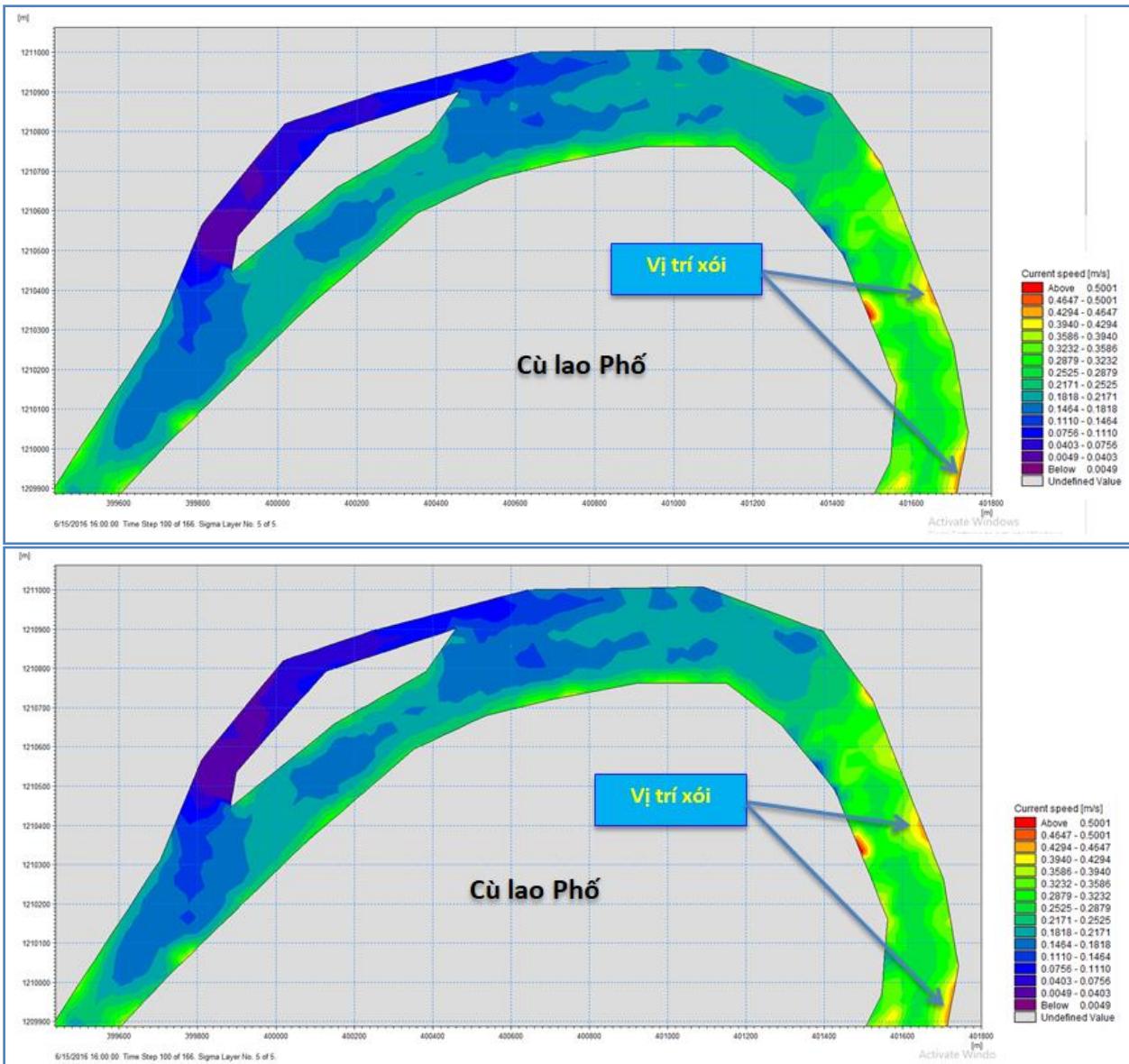


**BIỂU ĐỒ ĐƯỜNG QUÁ TRÌNH LƯU LƯỢNG VÀ MỤC NƯỚC HỒ DẦU TIẾNG**  
**5/2019 - 6/2019**



*Ảnh hưởng của vận hành thủy điện đến diễn biến lòng đất vùng hạ lưu  
Trên sông Đồng Nai:*

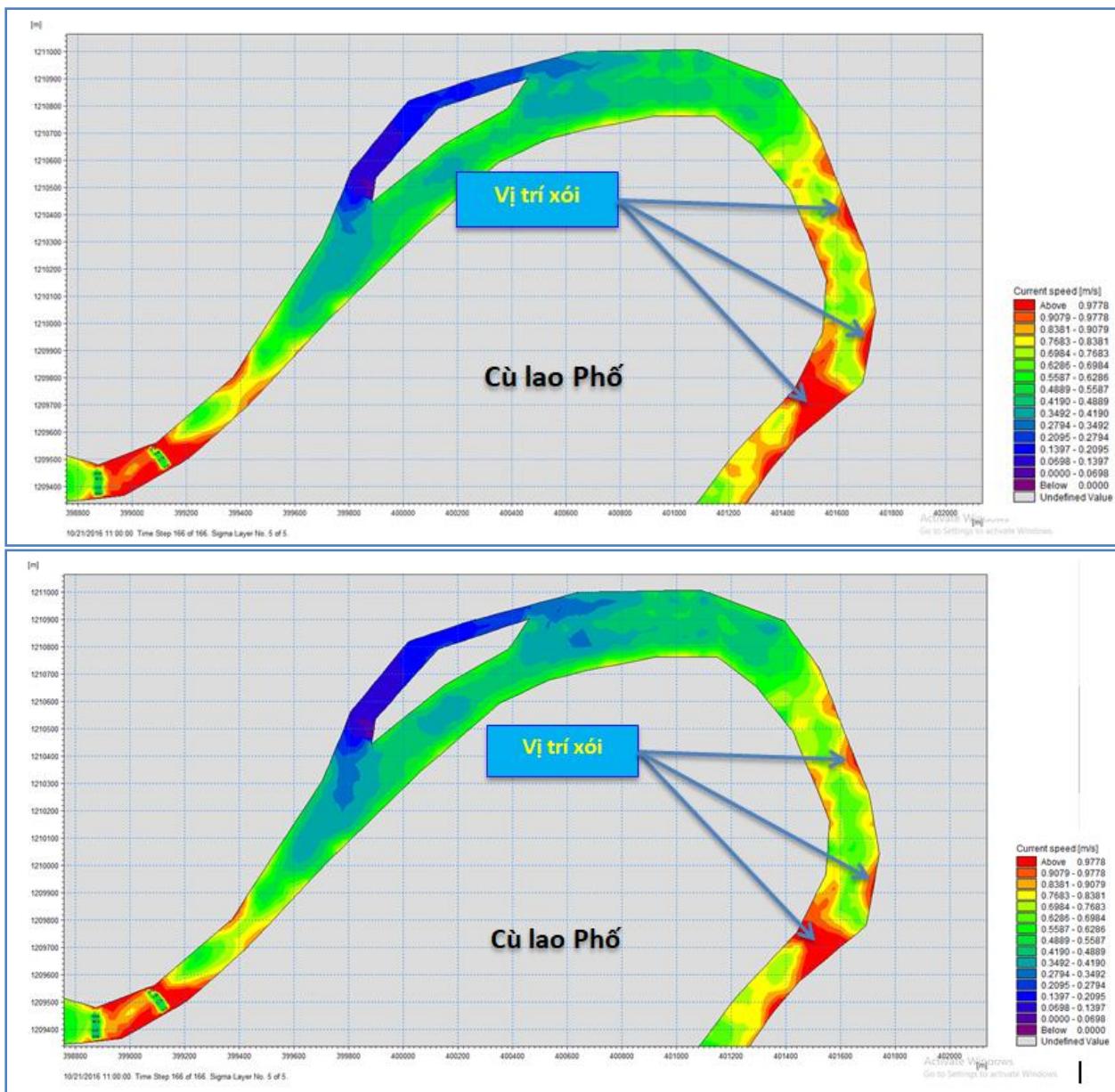
Kết quả mô phỏng trong thời gian mô phỏng tháng 6/2016 cho thấy trong trường hợp hồ vận hành với lưu lượng xả bằng lưu lượng dòng chảy đến, lũ đó coi như không có hồ và trường hợp vận hành hồ theo thực tế. Vận tốc tính toán được vào khoảng (0,48-0,74) m/s. Do trong mùa khô lượng nước về hồ ít gần tương đương với lượng xả xuống hạ du cho nên không có sự chênh lệch đáng kể trước và sau khi có hồ Trị An.



Hình 132. Phân bố lưu tốc dòng chảy tại vị trí đoạn sông cong khu vực cù lao Phố trong mùa kiệt năm 2016 khi không có hồ và có hồ xả lũ

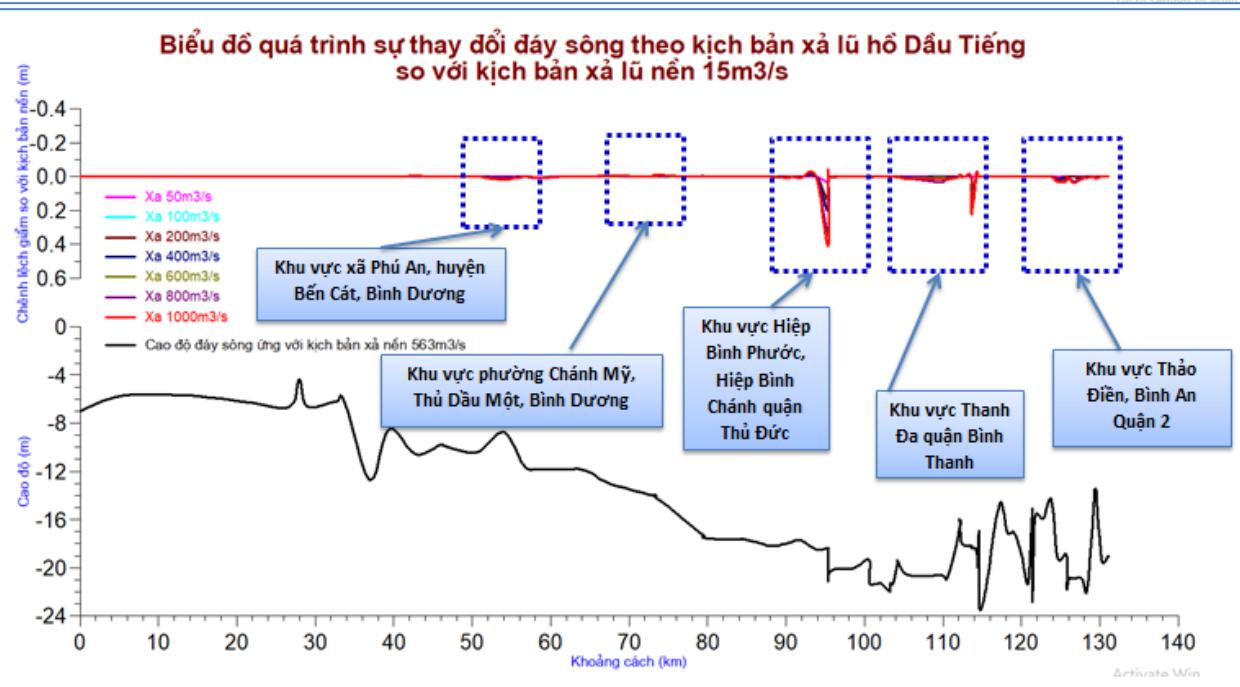
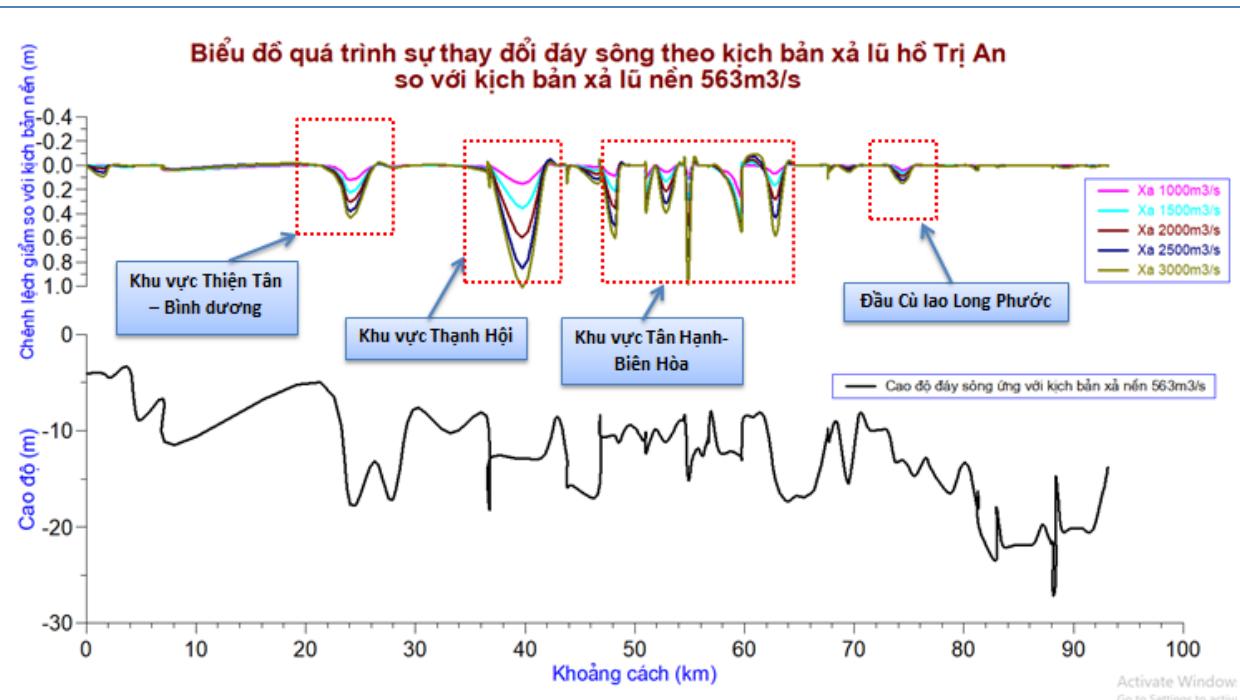
Trường hợp mùa lũ, lưu lượng xả nhỏ hơn lưu lượng đến hồ, hồ làm nhiệm vụ điều hành giảm lũ hạ du. Ngày 21/10/2016, Qđến =  $1692\text{m}^3/\text{s}$ , Qx=846 $\text{m}^3/\text{s}$ . Một số trạn lũ điển hình trên lưu vực có sự tham gia điều tiết cắt lũ của hồ Trị An như trong phụ lục báo cáo.

Kết quả mô phỏng cho thấy vận tốc dòng chảy lớn nhất khi chưa có hồ vị trí đoạn sông cong khu vực cù lao Phố khoảng 1,3m/s, sau khi có hồ thì vận tốc dòng chảy khoảng 0,8m/s, giảm gần 30% vận tốc dòng chảy làm giảm khả năng xói hạ du.



*Hình 132. Phân bố lưu tốc dòng chảy tại vị trí đoạn sông cong khu vực cù lao Phố trong mùa lũ năm 2016 khi có hồ và không có hồ xả lũ*

Kết quả tính toán cho thấy, khi hồ Trị An điều tiết vận hành xả lũ 4.000m<sup>3</sup>/s trong mùa mưa lũ sẽ làm vận tốc dòng chảy tăng lên, vận tốc dòng chảy khu vực Cù lao Thạnh Hội khoảng 1,8m/s trên nhánh chính và 1,2m/s trên nhánh phụ, vận tốc dòng chảy lớn hơn [V<sub>kx</sub>] sẽ gây xói móng lớp đất dưới lòng sông, gây mất ổn định đường bờ và làm gia tăng khả năng sạt lở lớp đất này. Quá trình gây xói bờ lõm và bồi bờ lồi ngày càng mạnh nếu có sự gia tăng lưu lượng xả từ hồ Trị An.



### Ảnh hưởng của vận hành thủy điện đến chế độ bùn cát và trầm tích vùng hạ lưu

Hàm lượng phù sa (TSS) trong nước sông Đồng Nai dao động trong khoảng khá rộng từ  $(22 \div 240)$  mg/l. Giá trị TSS cao tại vùng thượng lưu trong mùa mưa (từ tháng VI đến tháng XI) và đạt đỉnh điểm vào tháng VIII, IX là tháng mưa nhiều nhất trong năm tại khu vực này. Sự gia tăng TSS trong nguồn nước có thể là do diện tích bề mặt che phủ giảm và tần suất sử dụng đất đang gia tăng tại khu vực thượng nguồn kết hợp với việc xây dựng các công trình tại vùng trung lưu và thượng lưu vực (bao gồm cả việc xây dựng các hồ chứa, khai thác cát trên sông và xây dựng các công trình dân sinh kinh tế khác,...).

Kết quả so sánh giá trị TSS tại Tà Lài (thượng lưu hồ Trị An) và Thiện Tân (hạ lưu hồ Trị An) cho thấy hàm lượng TSS đã giảm 2 – 4 lần khi qua hồ Trị An tương ứng với khoảng  $(20 \div 50)$  mg/l. Nếu áp dụng để tính toán với lưu lượng trung bình tại phía sau hồ Trị An là  $30\text{m}^3/\text{s}$  thì lượng TSS mất đi do hiện tượng sa lắng trong lòng hồ là  $(0,6 \div 1,5)$  g/s tương ứng với khoảng  $(20 \div 50)$  tấn/năm. Đây là một

vẫn đề cần quan tâm để bảo vệ tránh sa lăng bồi đắp lòng hồ, nâng cao hiệu suất hoạt động của hồ Trị An nói riêng và các hồ chứa trong vùng.

#### **Một số nhận xét.**

Về mặt chế độ dòng chảy:

+ Về mùa kiệt: việc vận hành thủy điện Trị An có tác động không đáng kể đến chế độ dòng chảy vùng hạ du.

+ Về mùa lũ: việc vận hành hồ thủy điện Trị An có tác động rất lớn đến ngập lụt cũng như xói lở vùng hạ du, đặc biệt tại các đoạn sông cong, đoạn phân lưu nhập lưu. Hồ Trị An điều cát lũ sẽ giảm lưu lượng dòng chảy về hạ du từ đó giảm vận tốc dòng chảy làm giảm đáng kể khả năng xói lở vùng hạ du. Tuy nhiên, khi xây dựng hồ Trị An lượng bùn các vè hạ du giảm đáng kể khoảng (40÷50)% điều này đồng nghĩa với gia tăng xói lở bờ sông và lòng dẫn.

#### **5. Do khai thác cát vượt ngưỡng cho phép**

Theo số liệu thống kê hàng năm của Sở TN & MT tỉnh Đồng Nai cho thấy, sản lượng khai thác cát hàng năm từ năm 2010 – 2015 có xu hướng gia tăng. Sản lượng khai thác trung bình trong giai đoạn 2010 – 2015 là 297.436 m<sup>3</sup>.

Bảng 4. Diễn biến sản lượng cát khai thác trên địa bàn tỉnh Đồng Nai 2010 – 2015

TT	Năm	Lượng khai thác (m <sup>3</sup> )
1	2010	189.112
2	2011	157.406
3	2012	269.213
4	2013	362.15
5	2014	355.669
6	2015	451.064
Tổng cộng		1.784.614

Nguồn: Sở Tài nguyên Môi trường tỉnh Đồng Nai, 2016



Hình 6. Hoạt động khai thác cát trên sông Đồng Nai, xã Thanh Sơn, Định Quán

Các cơ sở, đơn vị được phép hoạt động khai thác trên địa bàn tỉnh Đồng Nai: Theo số liệu báo cáo của Sở TN&MT tỉnh Đồng Nai, tính đến năm 2016 trên địa bàn tỉnh có 04 đơn vị được cấp phép khai thác cát tại 06 mỏ cát trên địa bàn tỉnh. Trong đó, có tổng cộng 40 ghe máy và 06 máy xúc để khai thác. Cụ thể thông tin về đơn vị được cấp phép khai thác cát như sau:

Bảng 5. Các đơn vị được cấp phép khai thác cát trên địa bàn tỉnh Đồng Nai

TT	Đơn vị	Mô	Thiết kế khai thác	Ngày phê duyệt	Số lượng		Ghi chú
					Ghe	Máy xúc	
1	Cty TNHH MTV Đồng Tâm	Mỏ cát trị An 1	17/QĐ-SCT	2/6/2008	12	02	-
		Mỏ cát trị An 2	18/QĐ-SCT	2/6/2008	13	02	-
		Mỏ cát thượng nguồn sông ĐN	1701/QĐ-UBND	5/7/2011	06	-	Trong đó có 02 ghe dự phòng
TT	Đơn vị	Mô	Thiết kế khai thác	Ngày phê duyệt	Số lượng		Ghi chú
Ghe	Máy xúc						
2	HTX Phú Thịnh	Mỏ cát sông ĐN	139/QĐ-SCT	10/10/2009	03	01	
3	HTX Phú Xuân	Mỏ cát Đạ Quay	2537/SXD-VLXD	24/10/2014	-	-	Chưa hoạt động
4	Cty Công trình giao thông ĐN	Mỏ cát ĐắcLua	1162/SXD-KTKT	6/7/2012	06	02	(Ghe+bơm hút)

Nguồn: Sở Tài nguyên Môi trường Tỉnh Đồng Nai, 2016.

Công nghệ khai thác cát: Nhìn chung, công nghệ khai thác hiện nay vẫn còn thô sơ. Các phương tiện khai thác chủ yếu sử dụng xáng cạp và tàu hút mực cát lên xà lan vận chuyển trực tiếp đến nơi tiêu thụ. Một số nơi nhiễm mặn, cát được khai thác lên và rửa qua nước ngọt để làm cát xây dựng. Đây là nguy cơ tiềm ẩn đối với các công trình xây dựng bởi vì hiện nay chưa có hệ thống kiểm tra chất lượng cát xây dựng (chủ yếu là hàm lượng muối mặn trong cát) dễ xảy ra hiện tượng lão hóa bê tông, ăn mòn cốt thép của các cấu kiện bê tông, giảm tuổi thọ các công trình.



*Hình 7. Một số phương tiện khai thác cát trên địa bàn tỉnh Đồng Nai - Quy hoạch thăm dò và khai thác cát trên địa bàn tỉnh Đồng Nai.*

Theo báo cáo thuyết minh lập bản đồ địa chất khoáng sản của tỉnh Đồng Nai năm 2014, trên địa bàn tỉnh có tổng cộng 19 mỏ cát số lượng và kích thước các mỏ như bảng sau.

Bảng: Thống kê các mỏ cát trên địa bàn tỉnh Đồng Nai

TT	Kích thước mỏ cát	Số lượng mỏ cát
1	Lớn	3
2	Trung bình	9
3	Nhỏ	7
	Tổng cộng	19

*Nguồn: Báo cáo thuyết minh lập bản đồ địa chất khoáng sản tỉnh Đồng Nai 2014(Sở Tài nguyên môi trường tỉnh Đồng Nai 2014)*

Theo quy hoạch thăm dò và khai thác khoáng sản 2016 – 2020, cát xây dựng có 09 mỏ với diện tích 471,09 ha, trữ lượng 4,95 triệu m<sup>3</sup>. So với quy hoạch đến năm 2015 thì tăng 02 mỏ, tổng diện tích tăng 53,92 ha trong đó:

- Chuyển từ quy hoạch thăm dò khai thác sang quy hoạch khai thác 02 mỏ với diện tích 53,82 ha do đã thăm dò phê duyệt trữ lượng gồm có: mỏ thượng nguồn sông Đồng Nai 32,82 ha; mỏ Đạ Oai – Nam Cát Tiên 21 ha.

- Điều chỉnh tăng 0,1 ha đối với mỏ sông Đồng Nai cho phù hợp với kết quả thăm dò và đánh giá trữ lượng.

Quy hoạch cấp phép thăm dò giai đoạn 2016 – 2020: đối với cát xây dựng có 03 vị trí với diện tích 57 ha, tài nguyên dự báo khoảng 1,64 triệu m<sup>3</sup>. So với quy hoạch đến năm 2015 thì giảm 01 vị trí, tổng diện tích giảm 82 ha trong đó:

- Bổ sung vào quy hoạch 02 vị trí, diện tích 37 ha gồm: xã Xuân Hòa, huyện Xuân Lộc 07 ha và xã Long An huyện Long Thành 30 ha.

- Chuyển từ quy hoạch thăm dò – khai thác sang quy hoạch khai thác 03 mỏ, diện tích 119 ha do các mỏ này đã thăm dò, phê duyệt trữ lượng nên chuyển sang quy

hoạch khai thác trong giai đoạn 2010 – 2020, gồm: mỏ thương nguồn Sông Đồng Nai 78 ha; mỏ Đạ Oai – Nam Cát Tiên 21 ha.

- Đưa ra khôi quy hoạch 01 vị trí tại núi Chứa Chan, diện tích 20 ha do thuộc khu di tích danh lam thắng cảnh.

Bảng 7. Quy hoạch khai thác cát xây dựng giai đoạn 2016 – 2020, tầm nhìn đến 2030

TT	Tên mỏ	Số hiệu quy hoạch	Diện tích	Trữ lượng (triệu m3)
1	Lòng hò Trị An	HTA.C1-2	86.51	0.53
2	Lòng hò Trị An	HTA.C2-2	75.06	0.42
3	Lòng hò Trị An	HTA.C3-2	12.25	0.17
4	Sông Đồng Nai	SDN.C1-2	65.6	0.78
5	Sông Đồng Nai	SDN.C2-2	42.7	0.38
6	Sông La Ngà	SLN.C1-2	94.38	1.1
7	Sông La Ngà	SLN.C2-2	40.77	0.45
8	Thương nguồn sông Đồng Nai	SDN.C3-2	32.82	0.92
9	Sông Đạ Oai – Nam Cát Tiên	TP.C1-2	21	0.2
	Tổng cộng		471.09	4.95

Nguồn: Nghị quyết 184/2015/NQ-HĐND (Hội đồng nhân dân tỉnh Đồng Nai 2015)

Các hoạt động khai thác cát không phép, trái phép dù đã được kiểm tra, phát hiện kịp thời và xử lý nghiêm theo quy định, nhưng vẫn còn diễn ra phức tạp, chưa triệt để. Trong đó có nguyên nhân do các quy định về xử lý vi phạm pháp luật trong lĩnh vực khoáng sản còn chưa đủ sức răn đe, chưa xử lý được các đối tượng tổ chức khai thác không phép. Theo thống kê của Sở TN & MT tỉnh Đồng Nai cho thấy trong giai đoạn từ năm 2011 – 2015 đã diễn ra 477 vụ khai thác cát trái phép với số tiền xử phạt lên tới 6.002.043.000 đồng tịch thu 351 phương tiện khai thác cát trái phép các loại. Nhìn chung, trong giai đoạn từ năm 2011 – 2015 có trung bình hơn 95 vụ vi phạm khai thác cát/năm và số lượng các vụ vi phạm đang có xu hướng gia tăng trong những năm gần đây.

Bảng Tình hình vi phạm khai thác cát trên địa bàn tỉnh Đồng Nai 2011-2015

TT	Năm	Số vụ vi phạm khai thác cát	Số tiền xử phạt (1.000 đồng)	Ghi chú
1	2011	43	801.000	
2	2012	138	710.168	Tịch thu 95 phương tiện bơm hút cát không phép
3	2013	43	826.550	Tịch thu 44 phương tiện bơm hút cát không phép
4	2014	111	2.320.275	Tịch thu 106 phương tiện các loại gồm xa cuốc, ghe bơm hút cát, máy bơm hút cát.
5	2015	142	1.344.050	Tịch thu 106 phương tiện các loại gồm xa cuốc, ghe bơm hút cát, máy bơm hút cát.
	Tổng cộng	477	6.002.043	Tịch thu 351 phương tiện khai thác cát các loại

Nguồn: Sở Tài nguyên môi trường Đồng Nai năm 2016

Trên địa bàn tỉnh Bình Dương, Giai đoạn từ 2004 đến 2010: Từ năm 2004 đến năm 2010 việc khai thác cát tại các bãi đều đã được dừng lại. Giai đoạn từ 2011 đến 2014: khai thác cát hoạt động trở lại trong đó có một số dự án nạo vét nâng cấp luồng giao thông thủy kết hợp khai thác tận thu sản phẩm được Bộ Giao thông Vận tải triển khai theo hình thức xã hội hóa. Tại khu vực Cù Lao Rùa có 02 dự án bao gồm (1): Dự án Nạo vét duy tu luồng sông Đồng Nai đoạn từ thượng lưu cầu Đồng Nai đến Km 47+050 do công ty Cổ phần Đầu tư Khai Thác Cảng làm nhà đầu tư và

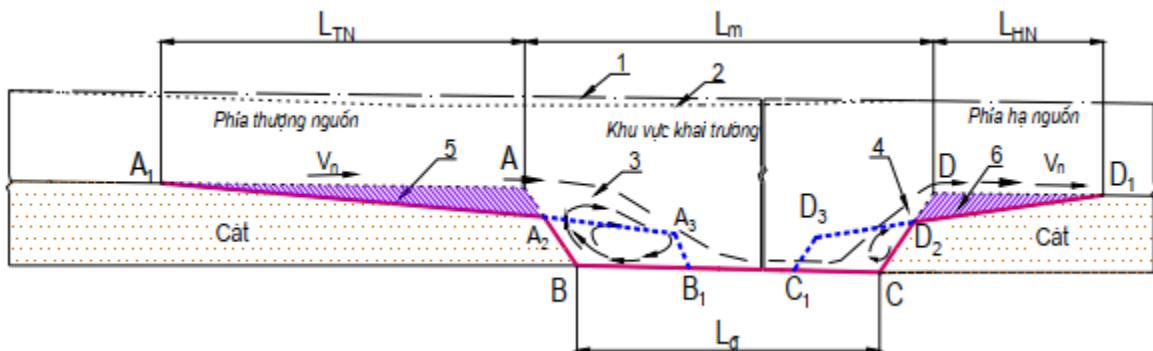
(2): Dự án Nạo vét tu luồng trên sông Đồng Nai đoạn từ Km 47+050 đến Km 65+ 500 do công ty Cổ phần xây dựng Đầu tư và Phát triển Cảng biển Tân Phú Thịnh làm nhà đầu tư thực hiện. Tuy nhiên, trong quá trình thực hiện đã gây sạt lở nghiêm trọng tại nhiều đoạn bờ sông thuộc TX Tân Uyên (TT Uyên Hưng, Cù Lao Bạch Đằng, Cù Lao Rùa...) nên chính quyền tỉnh Bình Dương, Đồng Nai đã đề nghị dừng các dự án này. Đến năm 2013 - 2014 Bộ Giao thông vận tải đã kiểm tra và cho Dừng dự án. Chưa có báo cáo chính thức và chính xác về khối lượng đã được thực hiện tại khu vực này. Giai đoạn từ 2015 đến nay: Không có dự án nạo vét hay khai thác cát chính thức nào được cấp phép và thực hiện.

### **Cơ sở lý thuyết về sự hình thành vùng xói lở lòng sông khi khai thác cát dưới lòng sông.**

Khi khai thác các mỏ khoáng sàng sa khoáng nằm dưới lòng sông, dưới tác động của của hoạt động khai thác và động năng dòng chảy, đất đá xung quanh khai trường trong phạm vi nào đó sẽ bị phá hủy và dịch chuyển, tạo ra vùng xói lở về phía thượng nguồn và hạ nguồn.

Hoạt động khai thác cát lòng sông gây ra tình trạng sạt lở bờ sông, bồi lắng lòng dẫn tại nhiều vị trí, gây khó khăn không nhỏ cho giao thông thủy và công tác cho thoát lũ. Nhiều đoạn sông bị suy thoái, hạ thấp mực nước vào mùa khô, gây khó khăn không nhỏ cho hàng loạt công trình lấy nước...

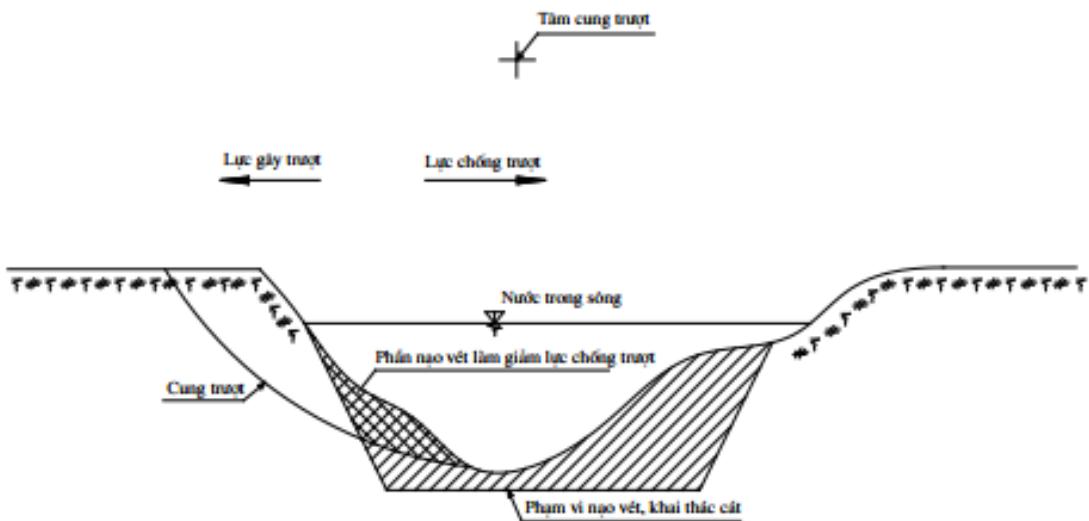
Khi khai thác cát, dưới tác động của của hoạt động khai thác và động năng dòng chảy, đất đá xung quanh khai trường trong phạm vi nào đó sẽ bị phá hủy và dịch chuyển, tạo ra vùng xói lở về phía thượng nguồn và hạ nguồn. Bên cạnh đó, hoạt động khai thác đã tạo ra các công trình nhân tạo (bờ mỏ, khai trường, bãi thải...) nằm dưới lòng sông, dẫn đến sự thay đổi chế độ dòng chảy.



Hình 2.1. Sơ đồ hình thành vùng xói lở phía thượng nguồn và hạ nguồn khi khai thác cát

1, 2 – mặt nước thủy tĩnh trước và sau khi khai thác; 3, 4 - vùng chuyển động xoáy tại ranh giới khai trường phía thượng nguồn và phía hạ nguồn; 5,6 – vùng xói lở phía thượng nguồn và phía hạ nguồn khai trường; ABCD – hình dạng khai trường thiết kế; A1A2B1C1D3D1 – hình dạng khai trường thực tế sau khi kết thúc khai thác.

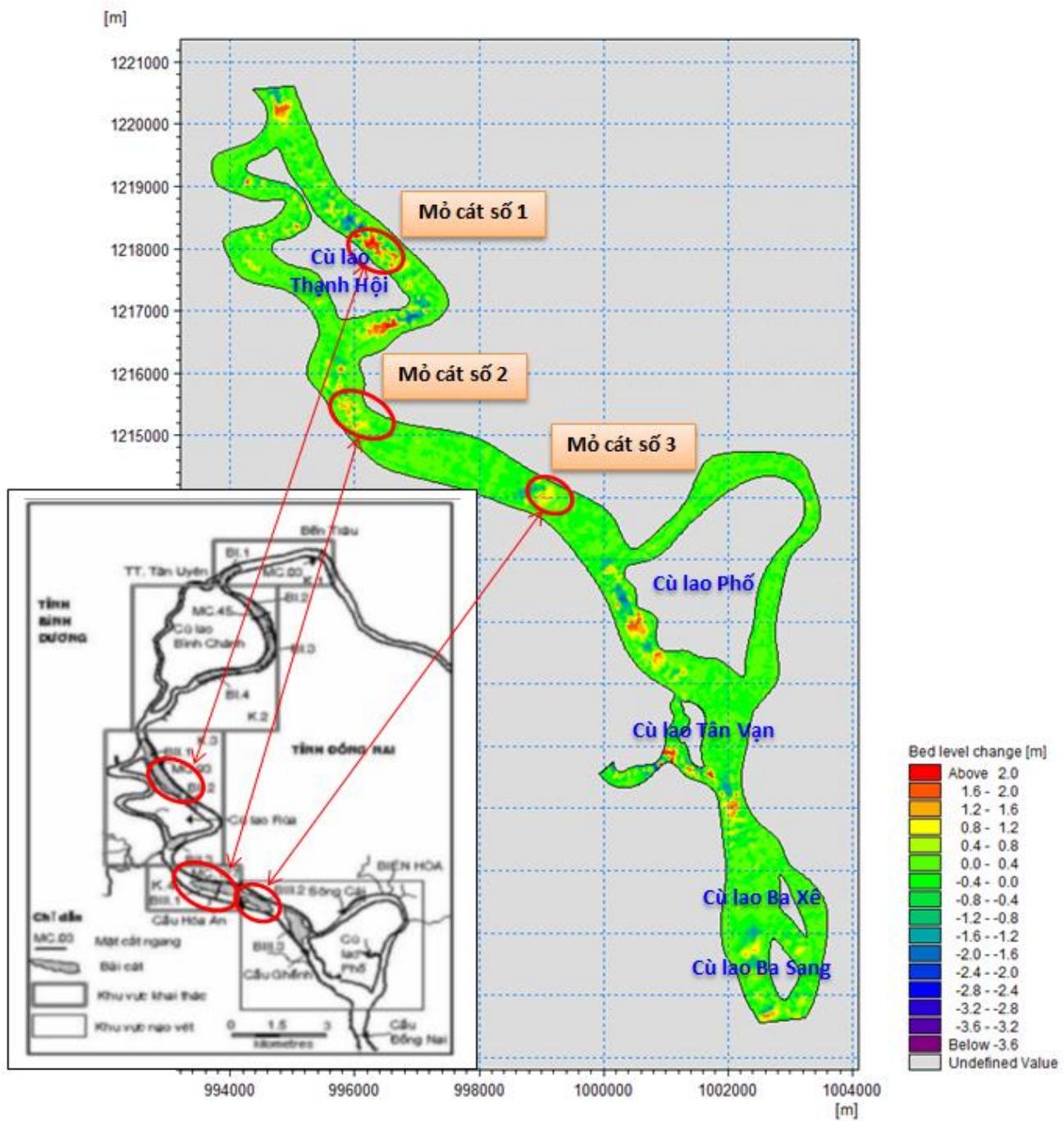
Như vậy, so với biên giới thiết kế ABCD, khai trường các mỏ dưới các lòng sông mở rộng biên giới mặt, nhưng lại thu hẹp biên giới đáy mỏ. Mức độ mở rộng (thu hẹp) bị chi phối bởi hình dạng và kích thước vùng xói lở phía thượng nguồn và hạ nguồn, mà vùng xói lở lại chịu ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên – kĩ thuật của từng mỏ cụ thể như: Tính chất cơ lý đá, kích thước cỡ hạt, tốc độ dòng chảy, công nghệ khai thác, trình tự khai thác.



*Hình 2.6 Nguyên nhân gây mất ổn định bờ sông do nạo vét, khai thác cát*

Để đánh giá ảnh hưởng của việc khai thác cát đến diễn biến lòng dẫn, tài liệu về quy hoạch khai thác cát trên sông Đồng Nai của tỉnh Đồng Nai và Bình Dương được đưa vào để tính toán. Theo Nghị quyết 184/2015/NQ-HĐND ngày 11/12/2015 của HĐND tỉnh Đồng Nai về quy hoạch khoáng sản giai đoạn 2016-2020, tầm nhìn đến năm 2030, trên địa bàn tỉnh Đồng Nai diện tích quy hoạch các bãi cát khai thác là 471,09ha, trữ lượng là 4.95 triệu m<sup>3</sup>, trong đó trên sông Đồng Nai là 141,12ha với trữ lượng khai thác là 2.08 triệu m<sup>3</sup>. Theo quy hoạch khai thác và sử dụng khoáng sản làm vật liệu xây dựng thông thường tỉnh Bình Dương giai đoạn 2016-2020, tầm nhìn đến năm 2030 được UBND tỉnh Bình Dương phê duyệt tại quyết định số 2497/QĐ-UBND ngày 26/9/2016 thì việc khai thác cát chủ yếu là duy trì các mỏ đang khai thác phân bố ở Sông Bé (huyện Bắc Tân Uyên), suối Láng Loi và lòng hồ Dầu Tiếng với trữ lượng còn lại có thể khai thác là 0,269 triệu m<sup>3</sup>. Ngoài ra, sẽ tiến hành quy hoạch thăm dò mới một số điểm mỏ như suối nhánh hồ Dầu Tiếng (Minh Hòa) với trữ lượng khoảng 2 triệu m<sup>3</sup> (giai đoạn 2016-2020 khoảng 0,5 triệu m<sup>3</sup>); nhánh sông Cửng và sông Sài Gòn (Dầu Tiếng) với trữ lượng khoảng 1,5 triệu m<sup>3</sup>.

Vị trí khai thác bãi cát theo quy hoạch và theo kết quả mô phỏng như sau:



Hình: Vị trí khai thác cát khu vực sông Đồng Nai

Mục tiêu của việc tính toán mô phỏng vận chuyển bùn cát bằng mô hình MIKE3FM là nhằm đánh giá tác động của việc KTC tại các khu vực trọng điểm trên phương diện thủy động lực và hình thái lòng dẫn ứng với các kịch bản KTC khác nhau. Cụ thể là xem xét tác động của việc KTC đến khả năng làm thay đổi hình thái (gây ra xói, bồi) lòng dẫn ở đoạn sông nghiên cứu, những tác động tích cực và tiêu cực tổng thể trên đoạn sông, từ đó đề xuất kịch bản KTC hợp lý, điều chỉnh quy hoạch KTC và cuối cùng là đề xuất quy trình KTC hợp lý, giảm thiểu tác động tiêu cực đến các khu vực trọng điểm.

Theo quy hoạch khai thác cát tương ứng với độ sâu khai thác tối đa đến cao độ -8,0m, khoảng cách xa bờ 50m, các trường hợp được sử dụng để đánh giá tác động của việc khai thác cát đến biển đổi lòng dẫn như sau:

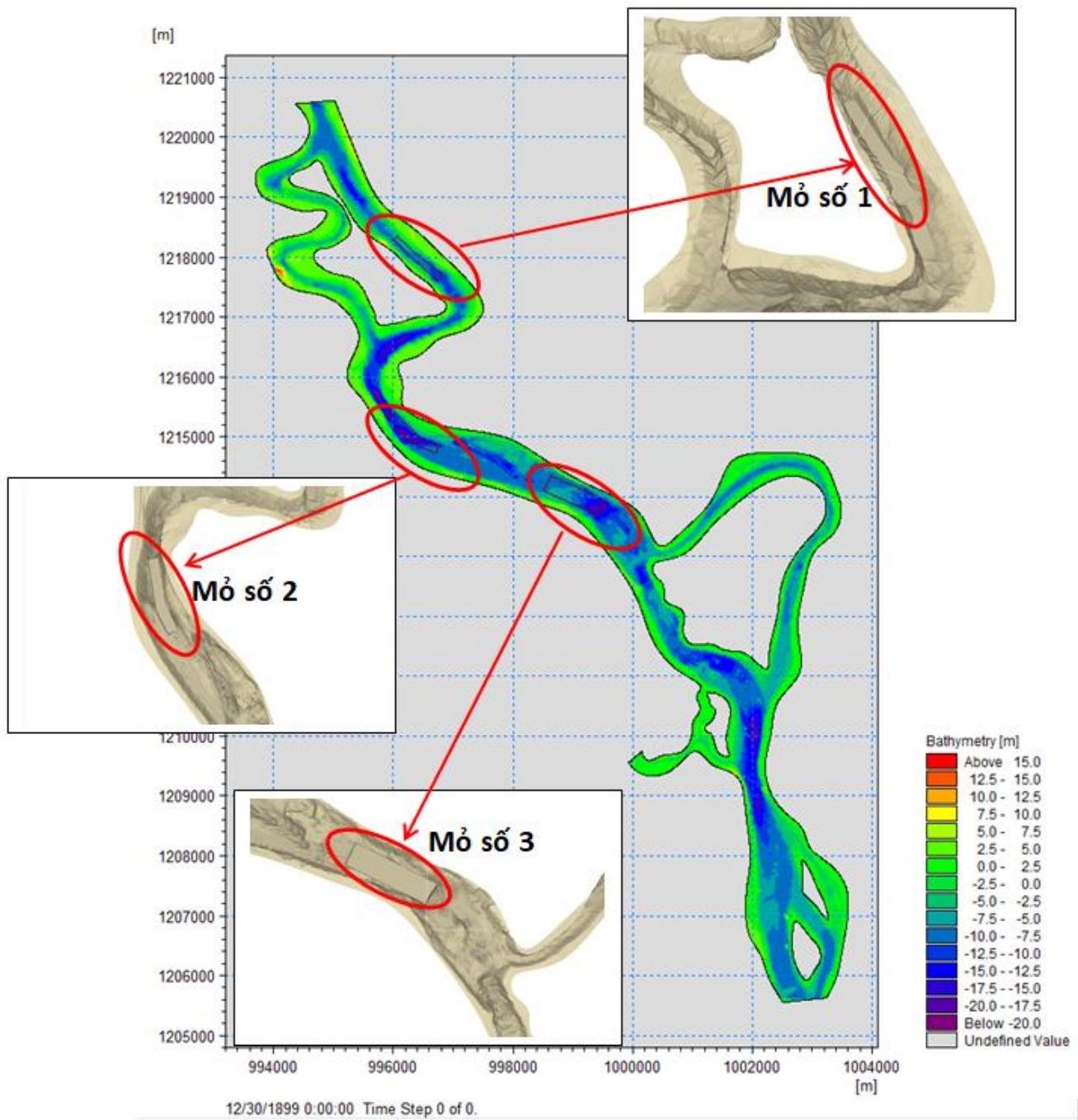
- Kịch bản 1: Chỉ KTC ở khu vực MC1 đến cao trình -8m (theo quy hoạch).
- Kịch bản 2: Chỉ KTC ở khu vực MC2 đến cao trình -8m (theo quy hoạch).

- Kịch bản 3: Chỉ KTC ở khu vực MC3 đến cao trình -8m (theo quy hoạch)
- Kịch bản 4: Khai thác đồng thời ở 2 khu vực MC1 + MC2 (theo quy hoạch)
- Kịch bản 5: Khai thác đồng thời ở 3 khu vực MC1 + MC2 + MC3 (theo quy hoạch).
- Kịch bản 6: Chỉ KTC ở khu vực MC1 đến cao trình -8m (không theo quy hoạch chênh vượt cho phép 20%).
- Kịch bản 7: Chỉ KTC ở khu vực MC2 đến cao trình -8m (không theo quy hoạch chênh vượt cho phép 20%).
- Kịch bản 8: Chỉ KTC ở khu vực MC3 đến cao trình -8m (không theo quy hoạch chênh vượt cho phép 20%).
- Kịch bản 9: Khai thác đồng thời ở 2 khu vực MC1 + MC2 (không theo quy hoạch chênh vượt cho phép 20%).
- Kịch bản 10: Khai thác đồng thời ở 3 khu vực MC1 + MC2 + MC3 (không theo quy hoạch chênh vượt cho phép 20%).

Phạm vi cho phép khai thác với chiều dày khai thác từ đáy sâu thêm 5m, chiều rộng khai thác lớn nhất cách xa bờ 100m. Chiều dài khai thác lớn nhất 1000m. Trường hợp khai thác vượt phạm vi nêu trên được coi lại khai thác quá mức quy định cho phép. Ở đây tính toán với trường hợp khai thác chiều rộng khai thác lớn nhất cách xa bờ 50m và chiều dài khai thác lớn nhất là 1500m.

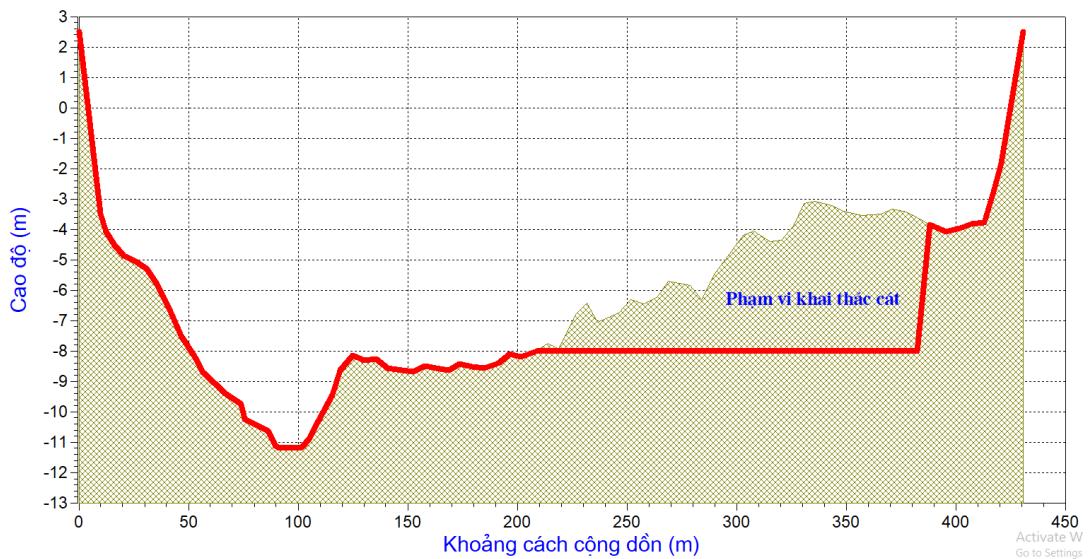
Thời gian mô phỏng được chọn là năm 2000 vì đây là năm có lũ lớn, các tác động của việc khai thác cát trong mùa lũ nếu có đến chế độ thủy động lực và hình thái sẽ rất lớn.

Địa hình đoạn sông khi khai thác cát theo các kịch bản tính toán như trên như sau:

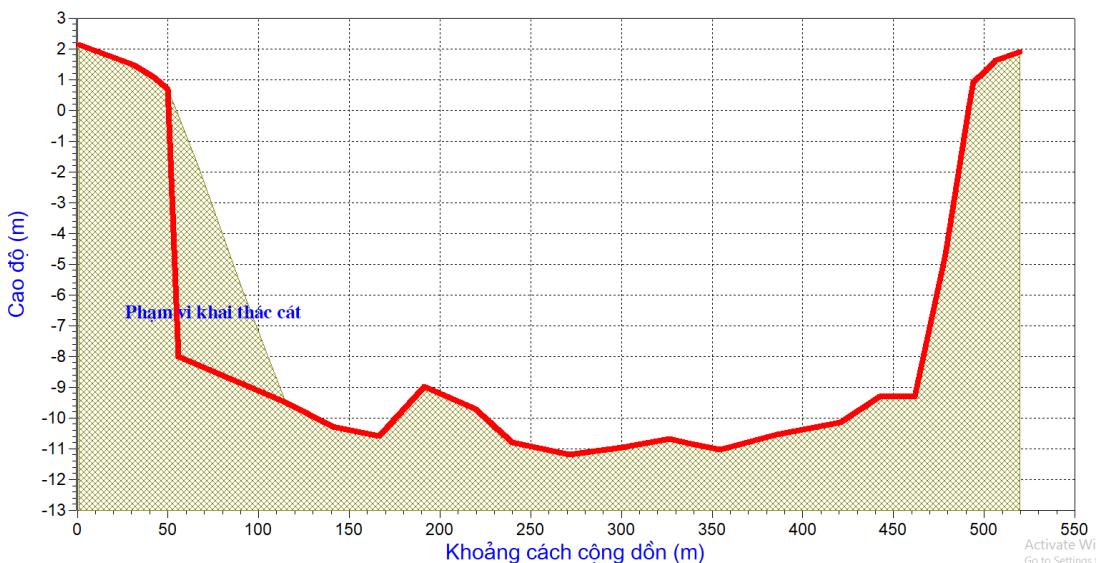


Hình: Địa hình đoạn sông khi khai thác cát  
Mặt cắt điển hình nạo vét khai thác cát tại mỏ số 1, số 2 và số 3 như sau:

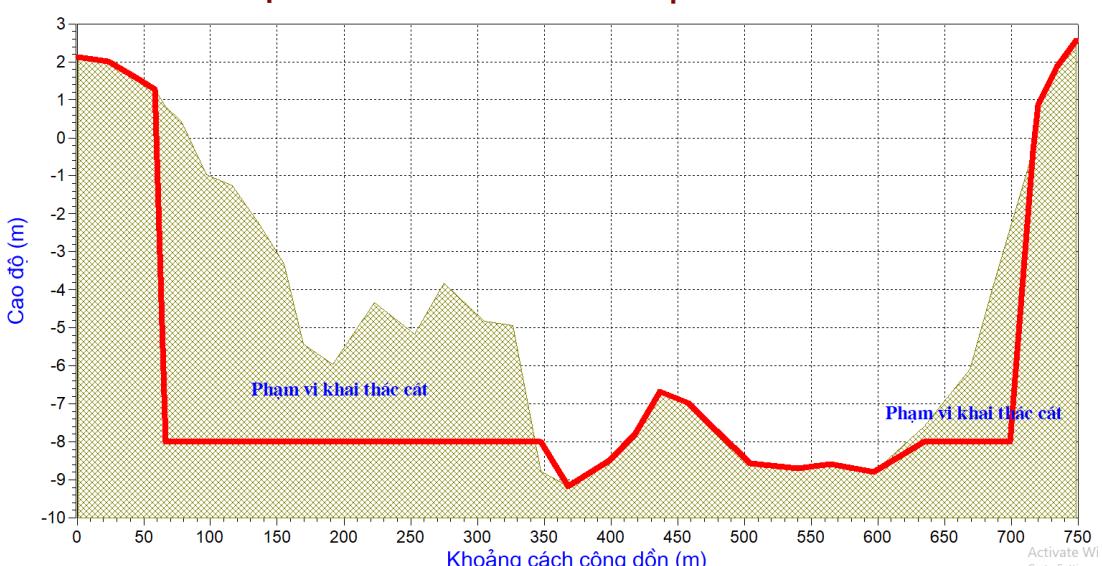
### Mặt cắt điển hình khai thác cát tại mỏ cát số 1



### Mặt cắt điển hình khai thác cát tại mỏ cát số 2



### Mặt cắt điển hình khai thác cát tại mỏ cát số 3



## 6. Do hoạt động giao thông thủy

Dưới tác động của sóng do thuyền bè qua lại gây ra, đất mái bờ bị phá vỡ, bị bào xói rồi lôi kéo đi nơi khác. Trong trường hợp các tác động này xảy ra trong thời

gian mùa lũ, mực nước cao thì xói lở chủ yếu diễn ra phía trên bờ máí bờ sông rạch. Khối đất mỗi một đợt sạt lở thường không lớn. Trường hợp các tác động của sóng thuyền bè xảy ra vào thời kỳ mưa kiệt, mực nước thấp thì xói lở máí bờ chủ yếu diễn ra trên mực nước thấp tạo thành hàm éch, làm giảm dần ổn định máí bờ. Khi gặp mưa hay một tác nhân nào đó làm tăng tải trọng khối đất trên hàm éch, khối đất sẽ hình thành nhiều vết nứt, trước khi sụt lở, tan rã rót từng mảng nhỏ xuống lòng sông.

Khu vực sông Đồng Nai, Sài Gòn đoạn sông nghiên cứu có mật độ tàu thuyền đi lại nhiều, có các bến du lịch nội địa hoạt động, tàu thuyền chạy trên sông đã tạo nên những đợt sóng vỗ vào bờ, làm tăng mức độ xói lở bờ. Dưới tác động của sóng (áp lực sóng) máí bờ sông bị phá vỡ kết cấu, các hạt bùn cát thuộc bộ phận của lòng dẫn bị tách rời và vận chuyển đi nơi khác, nếu quá trình trên diễn ra lâu dài, liên tục chân máí bờ sẽ bị xói tạo thành hàm éch dẫn đến khối đất bờ mất ổn định và sụp lở. Tốc độ dòng chảy lớn nhất của sóng đuôi tàu lớn hơn vận tốc khởi động bùn cát của bờ sông ( $[V_{kx}]_b = (0,12 \text{ :- } 0,26)\text{m/s}$ ). Đối với dòng chảy ngược ở hầu hết các tàu có tải trọng từ 300 tấn trở lên đều có tốc độ dòng chảy ngược lớn nhất gần bờ gấp 1,5 – 5 lần so với vận tốc khởi động bùn cát lòng dẫn, gây xói lở bờ. Tuy nhiên tải trọng tàu lớn nhất khoảng 100 tấn – 200 tấn, chiều dài tàu tối đa khoảng 14m-20m nên tác động gia tăng mức độ xói lở do sóng tàu không nhiều.



Hình 2. 10: Mật độ tàu thuyền đi lại trên sông khu vực sông Đồng Nai (hình ảnh ngày 14/1/2015)



Hình 2. 11: Tàu chở hàng vào cảng trên rạch Bà Lò cạnh hộ gia đình Hoàng Công Nương ((X;Y) = ( 10.905302; 106.832695)). Địa chỉ: 12/09 khu phố Quyết Thắng, phường Bình Thắng, thị xã Dĩ An, Bình Dương (Thực địa 8/2018)



Hình 2. 12: Tàu chạy trên rạch Bà Lò cạnh hộ gia đình Triều Thị Đa ((X;Y) = (10.905317; 106.832558)) Địa chỉ: 564/08 khu phố Quyết Thắng, phường Bình Thắng, thị xã Dĩ An, Bình Dương

Hình 2. 13: Tàu thuyền đi lại trên sông Đông Nai



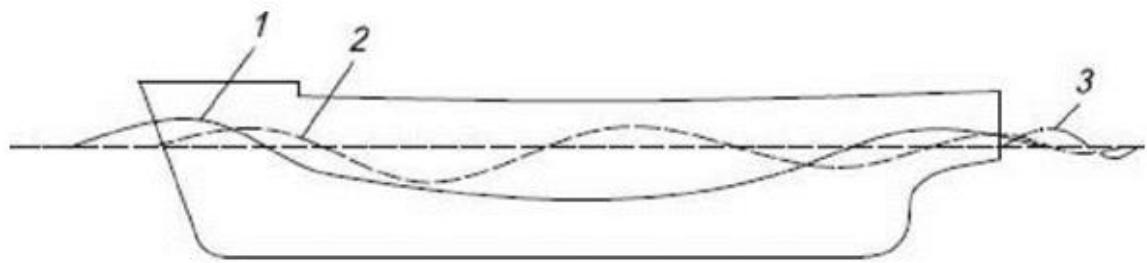
Tàu chở hàng cát trên sông Sài Gòn (Thực địa 4/2019)



Tàu chở hàng cát trên sông Sài Gòn (Thực địa 4/2019)

Hình 2. 14: Tàu thuyền đi lại trên sông Sài Gòn

Sóng do tàu thuyền đi lại trên sông cũng có thể là nguyên nhân gây sạt lở bờ sông. Khi tàu chuyển động tạo ra sức căng bề mặt chất lỏng, phần chất ở phía mũi tàu bị căng nhiều nhất, kích thước phần này theo hướng di chuyển của tàu có thể lớn gấp vài lần chiều dài tàu. Mặt thoảng không ngăn cản được hạt lỏng di chuyển theo hướng thẳng đứng, nên theo phương trình Becnuli khi tàu chuyển động trong nước, ở vùng mũi và đuôi áp lực tăng lên làm mặt nước dâng lên, còn ở phần giữa tàu áp lực giảm xuống làm mặt nước hạ xuống ứng với đường 1. Dưới tác dụng của trọng lực và sức căng bề mặt các hạt lỏng nằm xung quanh tàu mất thế cân bằng bắt đầu thực hiện các dao động. Do tác dụng của lực quán tính các pha của chúng bị giảm so với các kích thích cơ bản, các dao động đó tương ứng là đường 2 và đường 3 có nguồn lùi, làm mặt thoảng biến dạng lặp đi lặp lại. Do kết hợp các loại biến dạng mặt thoảng, mà ở phần mũi nước dâng lên gọi là đỉnh sóng và phần giữa tàu nước tụt xuống gọi là bụng sóng. Toàn bộ vùng mặt nước biến dạng đó có đặc điểm của sóng dài và được xác định như là một nguồn sóng sinh ra sóng tàu. Trên luồng sông hẹp, vùng nước hạ thấp trải dài trên toàn bộ chiều rộng luồng. Trên các luồng sông rộng vùng trên giảm dần theo khoảng cách tới tàu.



Hình 5. 1: Sự tạo thành sóng tàu

Tải trọng của sóng do tàu thuyền được xác định theo hướng dẫn thiết kế kênh chạy tàu nội địa, chúng tôi đã tiến hành tính toán các tải trọng thủy lực do tàu thuyền gây ra ở khu vực nghiên cứu như sau:



Hình: Ví dụ phạm vi xác định tính toán tác động của sóng tàu

Bảng 20. Tính toán sóng tàu khu vực nghiên cứu

THÔNG SỐ	KÝ HIỆU	LOẠI TÀU CÓ TẢI TRỌNG (TẤN)							
		300	400	500	600	700	800	900	1000
Chiều dài tàu (m)	L <sub>s</sub>	32	36,22	43,6	43,2	45	37,3	49	52
Chiều rộng tàu (m)	B <sub>s</sub>	9,2	10,72	7,7	8,7	9,2	10,7	9,4	9,85
Mớn nước tàu (m)	T <sub>s</sub>	1,58	1,93	2,65	2,82	2,9	2,75	2,95	3,25
Khoảng cách giữa trực tàu và trực sông (m)	y	135,4	134,6	136,2	135,7	135,4	134,7	135,3	135,1
K.c giữa mép bên tàu và mái bờ sông (m)	y <sub>s</sub>	50	50	50	50	50	50	50	50
Hệ số mái bờ sông	m	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
Độ sâu kênh (m)	h	10	10	10	10	10	10	10	10
Chiều rộng đáy kênh (m)	b <sub>b</sub>	280	280	280	280	280	280	280	280
Chiều rộng kênh tại mực nước (m)	b <sub>w</sub>	290	290	290	290	290	290	290	290
Hệ số chiều rộng tàu [=1(nội địa), 0,9(dịch vụ, kéo)]	C <sub>m</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1
Diện tích uớt của kênh (m <sup>2</sup> )	A <sub>c</sub>	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850

THÔNG SỐ	KÝ HIỆU	LOẠI TÀU CÓ TẢI TRỌNG (TẤN)							
		300	400	500	600	700	800	900	1000
Chiều dài tàu (m)	L <sub>s</sub>	32	36,22	43,6	43,2	45	37,3	49	52
Chiều rộng tàu (m)	B <sub>s</sub>	9,2	10,72	7,7	8,7	9,2	10,7	9,4	9,85
Mớn nước tàu (m)	T <sub>s</sub>	1,58	1,93	2,65	2,82	2,9	2,75	2,95	3,25
Diện tích ướt của tàu (m <sup>2</sup> )	A <sub>m</sub>	14,54	20,69	20,41	24,53	26,68	29,43	27,73	32,01
Tính vận tốc giới hạn tàu theo 2 công thức:									
Công thức Vmax trên nước sâu (p.84- HDTKKCTNĐ)	V <sub>L</sub>	7,070	7,522	8,253	8,215	8,384	7,633	8,749	9,013
Công thức balamin & Bykov (p.81- HDTKKCTNĐ)	V <sub>L</sub>	9,005	8,841	8,848	8,751	8,703	8,646	8,681	8,594
Tính vận tốc thực tế của tàu (m/s) : Vs=0.75V <sub>L</sub>	V <sub>s</sub>	5,303	5,641	6,190	6,161	6,288	5,725	6,511	6,445
<b>Tính độ hạ thấp mực nước Dh (m, thử dân)</b>									
Độ hạ thấp mực nước giả thiết	D <sub>h</sub>	<b>0,035</b>	<b>0,052</b>	<b>0,073</b>	<b>0,105</b>	<b>0,182</b>	<b>0,395</b>	<b>0,395</b>	<b>0,395</b>
Diện tích cắt ướt kênh sau khi có Dh(m <sup>2</sup> )	A*c	2825,3	2814,2	2808,4	2795,0	2770,6	2706,1	2707,8	2703,5
$\alpha_s = 1.4 - 0.4Vs/V_L$	$\alpha_s$	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
Độ hạ thấp mực nước tính toán	D <sub>h</sub>	0,171	0,208	0,259	0,278	0,330	0,368	0,472	0,471
<b>Tính dòng chảy ngược Ur (m/s) = Vs(Ac/Ac*-1)</b>	Ur	<b>0,046</b>	<b>0,072</b>	<b>0,092</b>	<b>0,121</b>	<b>0,180</b>	<b>0,304</b>	<b>0,342</b>	<b>0,349</b>
<b>Tính độ hạ thấp mực nước lớn nhất Dh^ (m)</b>	b <sub>w</sub> /L <sub>s</sub>	9,063	8,007	6,651	6,713	6,444	7,775	5,918	5,577
A <sub>w</sub> = yh/Ac	A <sub>w</sub>	0,475	0,472	0,478	0,476	0,475	0,472	0,475	0,474
Độ hạ thấp mực nước lớn nhất Dh^ (m)	D <sub>h</sub> <sup>^</sup>	<b>0,102</b>	<b>0,150</b>	<b>0,212</b>	<b>0,305</b>	<b>0,528</b>	<b>1,141</b>	<b>1,145</b>	<b>1,144</b>
<b>Tính dòng chảy ngược lớn nhất Ur^ (m/s)</b>	Ur <sup>^</sup>	<b>0,112</b>	<b>0,173</b>	<b>0,223</b>	<b>0,294</b>	<b>0,437</b>	<b>0,736</b>	<b>0,829</b>	<b>0,846</b>
<b>Tính sóng mũi tàu (m)</b>	D <sub>hf</sub>	<b>0,105</b>	<b>0,155</b>	<b>0,220</b>	<b>0,315</b>	<b>0,546</b>	<b>1,181</b>	<b>1,185</b>	<b>1,183</b>
Độ dốc sóng mũi tàu	i <sub>f</sub>	<b>0,003</b>	<b>0,005</b>	<b>0,007</b>	<b>0,009</b>	<b>0,016</b>	<b>0,035</b>	<b>0,036</b>	<b>0,036</b>
<b>Tính sóng đuôi tàu (m) Z<sub>max</sub>=1.5D<sub>h</sub><sup>^</sup></b>	Z <sub>max</sub>	<b>0,152</b>	<b>0,225</b>	<b>0,319</b>	<b>0,457</b>	<b>0,792</b>	<b>1,712</b>	<b>1,718</b>	<b>1,716</b>
Hệ số	c <sub>2</sub>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Z <sub>o</sub> =0.16(0.5bw-0.5bs-y)-c <sub>2</sub>	Z <sub>o</sub>	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
I <sub>max</sub> =Z <sub>max</sub> /Z <sub>o</sub>	I <sub>max</sub>	<b>0,254</b>	<b>0,376</b>	<b>0,531</b>	<b>0,762</b>	<b>1,320</b>	<b>2,854</b>	<b>2,863</b>	<b>2,860</b>
Tỷ trọng tương đối của đất (rr/r <sub>w</sub> )-1	D	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Độ gồ ghề của vật liệu bờ lấy = Đường kính đát D50	D50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Tốc độ dòng chảy lớn nhất trong sóng đuôi tàu (m/s)	U <sub>max</sub>	<b>0,795</b>	<b>0,846</b>	<b>0,928</b>	<b>0,773</b>	<b>3,111</b>	<b>4,388</b>	<b>4,995</b>	<b>4,943</b>
<b>Tính sóng thứ cấp</b>									
Khoảng cách dọc theo đỉnh sóng giữa mái kênh và tàu	S	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2
Chiều cao sóng thứ cấp (m)	H <sub>i</sub>	<b>1,159</b>	<b>1,312</b>	<b>1,579</b>	<b>1,565</b>	<b>1,630</b>	<b>1,351</b>	<b>1,747</b>	<b>1,712</b>
Chiều dài sóng thứ cấp (m)	L <sub>i</sub>	<b>12,00</b>	<b>13,58</b>	<b>16,35</b>	<b>16,20</b>	<b>16,87</b>	<b>13,98</b>	<b>18,09</b>	<b>17,72</b>
Chu kỳ sóng thứ cấp (s)	T <sub>i</sub>	<b>2,757</b>	<b>2,933</b>	<b>3,218</b>	<b>3,203</b>	<b>3,269</b>	<b>2,976</b>	<b>3,385</b>	<b>3,351</b>
Tính dòng xoáy do chân vịt (m/s)									
Công suất máy tàu (kw)	P	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Dung trọng nước (kg/m <sup>3</sup> )	ρ <sub>w</sub>	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Đường kính ban đầu của dòng xoáy (m)	Do=0.7	1,106	1,351	1,855	1,974	2,03	1,925	2,065	2,275
Đường kính hiệu quả của chân vịt (m)	Dp=0.7 Do	0,77	0,95	1,30	1,38	1,42	1,35	1,45	1,59
Khoảng cách giữa trực chân vịt và đáy sông (m)	Z <sub>p</sub>	2	2	2	2	2	2	2	2
	ρ <sub>p</sub>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Up	0,247	0,344	0,582	0,645	0,676	0,619	0,695	0,816

Các loại tàu có tải trọng từ 300 Tấn trở lên khi chạy trên sông Đồng Nai khu vực nghiên cứu đều có tốc độ dòng chảy lớn nhất của sóng đuôi tàu lớn hơn vận tốc khởi động bùn cát của bờ sông ( $[V_{kx}]_b = (0,12 \dots 0,26)m/s$ ). Đối với dòng chảy ngược ở

hầu hết các tàu có tải trọng từ 300 tấn trở lên đều có tốc độ dòng chảy ngược lớn nhất gần bờ gấp 1,5 – 5 lần so với vận tốc khởi động bùn cát lòng dẫn. Như vậy sóng do tàu thuyền lưu thông trên sông là một trong những nguyên nhân gây nên hiện tượng sạt lở bờ sông trên địa bàn khu vực nghiên cứu. Đặc biệt là tại nhánh sông chính khi hiện nay đây đang là luồng giao thông thủy chính với mật độ tàu thuyền lớn.

### **2.5.3. Tổng hợp phân tích các nguyên nhân và cơ chế sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.**

Qua kết quả tính toán tổng thể cơ chế bồi xói sông Đồng Nai khu vực nghiên cứu bằng mô hình toán thủy lực một chiều MIKE 11, mô thủy lực ba chiều MIKE3FM, kiểm tra ổn định mái dốc, kết hợp với điều kiện địa hình, địa chất và điều tra tình trạng khai thác cát, giao thông thủy tại từng vị trí, tiến hành phân tích, đánh giá và tổng hợp các nguyên nhân, cơ chế sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai như sau:

Bảng 22. Bảng tổng hợp và tổ hợp các yếu tố chính gây ra hiện tượng sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng		Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ổn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lòng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở	
						Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )			Điểm cấp nguy cơ (Xị)	Hệ số ổn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số ôn định hê hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ôn định theo chiều ngang Ss	Hệ số ôn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%	Bờ sông
1	Đoạn xã Dầu Tiếng	sông Sài Gòn	10÷7 35	100	2	0.167	200	0.729	0.80	1.295	0.613	3.610	0.247	-0.20	-0.05	-0.20	-0.15	0.171	-0.22	Bình thường
2	khu vực nhà thờ Fatima, phường Hiệp Bình Chánh	sông Sài Gòn	300	300	10	0.833	3000	0.659	0.86	0.773	0.854	2.982	0.005	-0.20	-0.10	-0.30	-0.20	0.854	-0.21	Nguy hiểm
3	khu phố 1, phường Hiệp Bình Chánh	sông Sài Gòn	250	250	10	0.833	2500	0.642	0.91	0.843	0.767	2.959	0.009	-0.20	-0.10	-0.30	-0.20	0.917	-0.21	Nguy hiểm
4	ngã ba sông Sài Gòn - thượng lưu sông Thanh Đa đến xưởng cơ khí Tiên Phong	sông Sài Gòn	2797	2797	19	1.583	53143	0.726	0.89	0.768	0.945	0.863	0.043	-0.15	-0.06	-0.21	-0.15	1.742	-0.17	Rất nguy hiểm
5	khu vực kí túc xá Đại học nghệ thuật, phường Hiệp Bình Chánh	sông Sài Gòn	150	150	5	0.417	750	0.620	0.89	0.751	0.779	1.598	0.004	-0.20	-0.10	-0.30	-0.20	0.458	-0.21	Nguy hiểm
6	Từ xưởng cơ khí Tiên Phong đến ngã ba rạch Chùa	sông Sài Gòn	4270	4270	19	1.583	81130	0.700	0.89	0.837	0.259	1.405	0.009	-0.20	-0.10	-0.30	-0.20	1.742	-0.23	Rất nguy hiểm

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng	Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ôn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lồng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở		
									Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )	Điểm cáp nguy cơ (Xị)	Hệ số ôn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số ôn định hệ hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ôn định theo chiều ngang S <sub>s</sub>	Hệ số ôn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%
7	Rạch Chùa đến ngã ba sông Sài Gòn - hạ lưu kênh Thanh Đa	sông Sài Gòn	2772	2772	19	1.583	52668	0.736	0.93	0.799	0.281	1.196	0.031	-0.10	-0.05	-0.20	-0.11	1.663	-0.12	Rất nguy hiểm
8	nhà 16/5 đến 16/13 Nguyễn Văn Hường, phường Thảo Điền	sông Sài Gòn	350	350	10	0.833	3500	0.628	0.94	0.999	0.338	1.528	0.000	-0.10	-0.05	-0.20	-0.11	0.875	-0.11	Nguy hiểm
9	Sông Sài Gòn, phường Bình An	sông Sài Gòn	100	100	10	0.833	1000	0.633	0.80	0.816	0.068	2.786	0.091	-0.50	-0.30	-0.60	-0.45	0.917	-0.53	Nguy hiểm
10	Khu vực xã Thanh An	sông Sài Gòn	10÷7 35	735	30	2.500	22050	0.720	0.90	1.532	0.147	2.579	0.638	-0.20	-0.05	-0.20	-0.15	2.750	-0.23	Rất nguy hiểm
11	Khu vực xã Thanh Tuyền	sông Sài Gòn	10÷7 35	735	30	2.500	22050	0.749	0.82	1.054	0.209	0.784	0.427	-0.30	-0.15	-0.40	-0.31	2.625	-0.35	Rất nguy hiểm
12	Khu vực xã An Tây	sông Sài Gòn	50÷5 00	500	10	0.833	5000	0.654	0.88	0.952	0.258	1.552	0.506	-0.30	-0.15	-0.40	-0.31	0.875	-0.32	Nguy hiểm
13	Khu vực xã Phú An	sông Sài Gòn	50÷5 00	500	10	0.833	5000	0.650	0.88	0.753	0.256	0.841	0.191	-0.30	-0.15	-0.40	-0.31	0.875	-0.32	Nguy hiểm
14	Khu quy hoạch HUD thuộc	sông Sài	50	50	10	0.833	500	0.656	0.93	0.648	0.204	3.183	0.036	-0.10	-0.05	-0.20	-0.15	0.875	-0.11	Nguy hiểm

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng	Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ổn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lồng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở		
									Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )	Điểm cáp nguy cơ (Xị)	Hệ số ổn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số quan hệ hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ổn định theo chiều ngang S <sub>s</sub>	Hệ số ổn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%
	Mỹ Hào 2, phường Chánh Mỹ	Gòn																		
15	Thuộc quy hoạch Ecovillas , phường Tương Bình Hiệp	sông Sài Gòn	6	6	10	0.833	60	0.638	0.86	0.732	0.615	2.927	0.268	-0.15	-0.06	-0.25	-0.13	0.875	-0.16	Nguy hiểm
16	khu vực công ty may Sài Gòn 3, phường Hiệp Bình Phước	sông Sài Gòn	1250	250	2	0.167	500	0.627	0.84	0.694	0.770	2.290	0.005	-0.50	-0.30	-0.60	-0.51	0.183	-0.56	Bình thường
17	Cuối đường số 7, khu phố 5, phường hiệp Bình Phước, quận Thủ Đức	sông Sài Gòn	100	100	40	3.333	4000	0.645	0.92	0.668	0.629	2.233	0.073	-0.20	-0.10	-0.30	-0.20	3.500	-0.23	Rất nguy hiểm
18	xã Lạc An, Tân Uyên, Bình Dương	sông Đồng Nai	40÷100	100	15	1.250	1500	0.655	0.90	0.964	0.769	2.310	0.010	-0.30	-0.10	-0.30	-0.18	1.313	-0.32	Nguy hiểm
19	xã Thủường Tân, Tân Uyên, Bình Dương	sông Đồng Nai	40÷100	100	15	1.250	1500	0.624	0.95	1.156	0.638	2.462	0.133	-0.10	-0.05	-0.25	-0.18	1.313	-0.11	Nguy hiểm
20	Xã Tân Mỹ, Tân Uyên,	sông Đồng	40÷100	100	15	1.250	1500	0.631	0.81	1.051	0.562	2.346	0.002	-0.30	-0.10	-0.50	-0.35	1.313	-0.32	Nguy hiểm

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng	Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ổn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lòng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở		
									Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )	Điểm cáp nguy cơ (Xị)	Hệ số ổn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số quan hệ hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ổn định theo chiều ngang S <sub>s</sub>	Hệ số ổn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%
	Bình Dương	Nai																		
21	Thạnh Phước, Thạnh Hội và thị trấn Uyên Hưng, Tân Uyên, Bình Dương	sông Đồng Nai	50÷2000	2000	12	1.000	24000	0.717	0.95	0.898	0.885	1.769	0.187	-0.30	-0.10	-0.30	-0.19	1.050	-0.32	Nguy hiểm
22	xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu (Đồng Nai)	sông Đồng Nai	800	800	10	0.833	8000	0.646	0.92	1.249	0.568	2.102	0.292	-0.10	-0.05	-0.25	-0.18	0.883	-0.11	Nguy hiểm
23	xã Bình Lợi, huyện Vĩnh Cửu (Đồng Nai)	sông Đồng Nai	1000	1000	15	1.250	15000	0.680	0.93	1.028	0.716	2.342	0.024	-0.12	-0.09	-0.20	-0.12	1.375	-0.13	Nguy hiểm
24	Chợ Tân Hạnh, xã Tân Hạnh, tp.Biên Hòa, Đồng Nai	sông Đồng Nai	25	25	7	0.583	175	0.651	0.85	1.239	0.293	2.505	0.148	-0.30	-0.10	-0.30	-0.19	0.642	-0.32	Nguy hiểm
25	Sông Đồng Nai bờ cù lao Phố	sông Đồng Nai	800	800	7	0.583	5600	0.648	0.89	1.424	0.235	2.162	0.009	-0.30	-0.10	-0.40	-0.29	0.642	-0.32	Nguy hiểm
26	thượng và hạ lưu cầu Giồng Ông Tố 1, phường An Phú	Rạch Giồng Ông Tố	100	100	19.1	1.592	1910	0.646	0.83	1.273	0.299	2.339	0.002	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	1.751	-0.12	Rất nguy hiểm

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng	Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ôn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lòng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở		
									Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )	Điểm cáp nguy cơ (Xị)	Hệ số ôn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số ôn định hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ôn định theo chiều ngang S <sub>s</sub>	Hệ số ôn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%
27	thượng và hạ lưu cầu Giồng Ông Tô 1, P.Bình Trung Tây	Rạch Giồng Ông Tô	100	100	19.3	1.608	1930	0.625	0.87	1.273	0.276	2.339	0.369	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	1.689	-0.12	Rất nguy hiểm
28	Trường THPT Giồng Ông Tô, phường Bình Trung Tây, quận 2	Rạch Giồng Ông Tô	50	50	19	1.583	950	0.626	0.87	2.047	0.829	2.874	0.169	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	1.663	-0.12	Rất nguy hiểm
29	Rạch Ông Lớn 2, xã Phước Kiên	Rạch Ông Lớn 2	247	247	10	0.833	2470	0.622	0.94	1.010	1.053	2.720	0.008	-0.10	-	-0.20	-0.13	0.875	-0.11	Nguy hiểm
30	Rạch Ông Lớn 2, xã Phước Kiên	Rạch Ông Lớn 2	150	150	10	0.833	1500	0.659	0.93	1.334	0.762	2.752	0.009	-0.10	-	-0.20	-0.13	0.875	-0.11	Nguy hiểm
31	Rạch Ông Lớn 2, xã Phước Kiên	Rạch Ông Lớn 2	1000	1000	10	0.833	10000	0.669	0.94	1.914	1.011	2.574	0.011	-0.10	-	-0.20	-0.13	0.875	-0.11	Nguy hiểm
32	Kênh Xáng Lý Văn Mạnh, xã Tân Nhựt	Kênh Xáng Lý Văn Mạnh	300	300	15	1.250	4500	0.653	0.94	1.552	0.782	2.489	0.003	-0.30	-0.20	-0.50	-0.35	1.313	-0.34	Nguy hiểm
33	ngã ba kênh Cây Khô - Tắc Bến Rô	Kênh Cây Khô	250	250	10	0.833	2500	0.631	0.88	1.386	0.569	2.511	0.020	-0.20	-0.10	-0.30	-0.21	0.875	-0.21	Nguy hiểm
34	Rạch Giồng -	Rạch	24	24	20	1.667	480	0.627	0.89	0.656	1.004	2.797	0.004	-0.10	-	-0.20	-0.12	1.750	-0.12	Rất

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng	Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ổn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lồng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở		
									Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )	Điểm cáp nguy cơ (Xị)	Hệ số ổn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số quan hệ hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ổn định theo chiều ngang S <sub>s</sub>	Hệ số ổn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%
	S. Kinh Lộ, xã Hiệp Phước	Giồng - S. Kinh Lộ																nguy hiểm		
35	Rạch Giồng - S. Kinh Lộ, xã Hiệp Phước	Rạch Giồng - S. Kinh Lộ	20	20	7	0.583	140	0.625	0.91	0.622	0.595	2.797	0.005	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	0.613	-0.11	Nguy hiểm
36	Ngã 3 Kinh Lộ đèn ngã Tắc Mương Lớn, xã Hiệp Phước	Rạch Giồng- S. Kinh Lộ	1000	1000	10	0.833	10000	0.676	0.91	1.177	0.597	1.705	0.009	-0.10	-0.10	-0.20	-0.11	0.917	-0.11	Nguy hiểm
37	ngã 3 Kinh Lộ - Tắc Mương Lớn, xã Hiệp Phước	Rạch Giồng- S. Kinh Lộ	1000	1000	20	1.667	20000	0.696	0.85	1.205	0.626	1.735	0.008	-0.30	-0.10	-0.40	-0.22	1.833	-0.35	Rất nguy hiểm
38	áp 3, xã Hiệp Phước	Rạch Giồng	100	100	20	1.667	2000	0.638	0.81	1.054	0.683	2.045	0.003	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	1.833	-0.11	Rất nguy hiểm
39	Lê Văn Lương, Nhà Bè	Sông phuộc Kiêng	730	730	10	0.833	7300	0.650	0.89	1.016	0.903	2.087	0.013	-0.20	-	-0.30	-0.24	0.917	-0.21	Nguy hiểm
40	Sông Phuộc Kiêng, cầu Long Kiến	Sông Phuộc Kiêng	146	146	10	0.833	1460	0.647	0.83	0.714	0.790	2.684	0.013	-0.30	-0.20	-0.30	-0.24	0.917	-0.32	Nguy hiểm
41	Huỳnh Tất Phát, Phú Mỹ, Nhà Bè	Rạch Tôm	272	272	10	0.833	2720	0.635	0.87	0.488	0.873	2.637	0.008	-0.20	-0.10	-0.40	-0.24	0.917	-0.21	Nguy hiểm

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng	Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ổn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lồng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở		
									Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )	Điểm cáp nguy cơ (Xị)	Hệ số ổn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số quan hệ hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ổn định theo chiều ngang S <sub>s</sub>	Hệ số ổn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%
42	tổ 8, ấp 3, xã Nhơn Đức	Rạch Tôm	40	40	10	0.833	400	0.621	0.80	0.576	0.696	1.717	0.020	-0.20	-0.10	-0.30	-0.21	0.917	-0.21	Nguy hiểm
43	Sông Mương Chuối, xã Nhơn Đức	Sông Mương Chuối	650	650	15	1.250	9750	0.638	0.85	2.057	0.788	2.704	0.011	-0.20	-0.10	-0.30	-0.23	1.375	-0.22	Nguy hiểm
44	Khu vực Trường cao đẳng công nghệ và quản trị doanh nghiệp, phường Tân Phú	Rạch Địa-Rạch Roi-sông Phú Xuân	90	90	5	0.417	450	0.622	0.89	0.692	0.757	1.896	0.008	-0.20	-0.10	-0.30	-0.21	0.458	-0.21	Nguy hiểm
45	tổ 12, ấp 2, xã Long Thới	Rạch Dơi - sông Kinh	100	100	10	0.833	1000	0.643	0.92	0.655	0.544	2.239	0.006	-0.30	-0.20	-0.50	-0.35	0.917	-0.32	Nguy hiểm
46	Ngã ba Tắc Sông Chà giao với sông Soài Rạp	Tắc Sông Chà	770	770	10	0.833	7700	0.630	0.89	0.830	0.461	1.977	0.009	-0.20	-0.10	-0.30	-0.21	0.917	-0.22	Nguy hiểm
47	tổ 2, ấp An Hoà, xã An Thới Đông, huyện Cần Giờ	Tắc Ông Nghĩa	80	80	10	0.833	800	0.653	0.87	2.222	0.324	2.121	0.010	-0.10	-	-0.20	-0.19	0.917	-0.11	Nguy hiểm
48	Kênh Bà Tông xã An Thới	Kênh Bà	100	100	10	0.833	1000	0.624	0.95	1.120	0.270	2.306	0.005	-0.30	-0.20	-0.30	-0.21	0.917	-0.32	Nguy hiểm

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng	Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ôn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lồng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở		
									Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )	Điểm cáp nguy cơ (Xị)	Hệ số ôn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số ôn định hệ hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ôn định theo chiều ngang S <sub>s</sub>	Hệ số ôn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%
	Đông	Tổng																		
49	Kênh Bà Tông xã An Thới Đông	Kênh Bà Tông	100	100	10	0.833	1000	0.640	0.84	1.213	0.312	2.032	0.004	-0.10	-	-0.20	-0.19	0.917	-0.11	Nguy hiểm
50	kè ấp An Hoà đến ngã 3 sông Soài Rạp, xã An Thới Đông, Huyện Càm Giò	Kênh Bà Tông	100	100	10	0.833	1000	0.641	0.94	1.186	0.266	1.047	0.002	-0.20	-0.10	-0.30	-0.24	0.917	-0.22	Nguy hiểm
51	phía sau trụ sở UBND xã Quý Đức	Sông Càn Giuộc	200	200	7	0.583	1400	0.649	0.84	1.245	0.313	2.724	0.003	-0.30	-0.20	-0.50	-0.35	0.642	-0.32	Nguy hiểm
52	Sông Chợ Đệm - Bến Lức, xã Tân Nhứt	Sông Chợ Đệm - Bến Lức	350	350	10	0.833	3500	0.643	0.87	1.266	0.272	2.446	0.005	-0.10	-0.10	-0.20	-0.11	0.917	-0.11	Nguy hiểm
53	Rạch Xóm Cùi, xã Bình Hung	Rạch Xóm Cùi	400	400	20	1.667	8000	0.655	0.89	0.904	0.318	2.033	0.003	-0.30	-0.20	-0.50	-0.35	1.833	-0.35	Rất nguy hiểm
54	R. Tắc Mương Lớn, xã Hiệp Phước	R. Tắc Mương Lớn	400	400	15	1.250	6000	0.632	0.90	1.739	0.275	3.165	0.003	-0.30	-0.20	-0.30	-0.24	1.375	-0.32	Nguy hiểm
55	kho 277 - 289, Bến Bình Đông, phường	Kênh Tàu Hủ- Lò	100	100	3	0.250	300	0.656	0.87	2.164	0.322	2.840	0.007	-0.30	-0.20	-0.50	-0.35	0.275	-0.32	Nguy hiểm

STT	Đoạn sông	Sông	Chiều u dài (m)	Chiều dài tính toán	Rộng tính toán	Phương pháp phân tích ánh viễn thám + phân tích thực trạng	Phương pháp cường độ hoạt động địa động lực theo phân tích cấp bậc	Phương pháp kiểm toán ôn định bờ dốc	Phương pháp thuỷ văn - hình thái lòng dẫn				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE11ST [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (m/năm)				Phương pháp mô hình toán thuỷ lực MIKE3FM [ Mức độ xói (-) / bồi (+)] (trận lũ 10/2000) (m/năm)	Đánh giá tổng hợp cấp độ sạt lở		
									Tốc độ xói lở bờ Vxl (m/năm)	Diện tích xói lở Sab (m <sup>2</sup> )	Điểm cấp nguy cơ (Xị)	Hệ số ôn định trượt K <sub>min</sub>	Hệ số ôn định hệ hình dạng k	Vận tốc (m/s)	Hệ số ôn định theo chiều ngang S <sub>s</sub>	Hệ số ôn định theo chiều dọc	Trận lũ 10/2000	Trận lũ 10/2007	Trận lũ 1%	Trận lũ 2%
	14	Góm																		
56	Khu vực xã An Thái , Vĩnh Hòa	sông Bé	3600	3600	3	0.250	10800	0.663	0.86	0.467	0.641	1.933	0.008	-0.30	-0.20	-0.50	-0.35	0.275	-0.34	Nguy hiểm

# Tổng hợp nguyên nhân gây sạt lở bờ sông vùng hạ du sông Đồng Nai Sài Gòn

## Nguyên nhân sạt lở bờ sông

- Nguyên nhân **nội lực** là các hoạt động kiến tạo liên quan đến quá trình địa chất và địa hình địa mạo.

- Nguyên nhân **ngoại lực** là các tác động của các quá trình động lực, hình thái lòng sông liên quan đến dòng chảy lũ dòng chảy phù sa và các quan hệ hình thái ổn định và không ổn định của dòng sông.

- Nguyên nhân **hoạt động nhân sinh kinh tế** của con người cũng tác động mạnh đến quá trình xói lở lòng sông. Các hoạt động của con người ảnh hưởng nhiều nhất là xây dựng cầu, và khai thác cát, khai thác bè mặt lưu vực...

### Nguyên nhân nội lực:

Đất đá cấu tạo bờ thuộc đất loại sét (có thành phần hạt sét chiếm ưu thế) và bị tẩm ướt bởi nước mưa, nước mặt, nước dưới đất. Quá trình tẩm ướt đất đá là một trong những nguyên nhân gây trượt lở, trước hết làm tăng trọng lượng khối đất trên bờ dốc, kèm theo sự giảm độ bền các liên kết kiến trúc, sự biến đổi độ sét, do đó lực dính kết và góc ma sát trong của đất giảm đi. Ngoài ra, quá trình tẩm ướt và phơi khô đất đá mỗi khi triều dâng và khi triều rút lặp đi lặp lại nhiều lần làm cho đất đá tan rã mạnh, kém ổn định đối với nước, bị lôi cuốn, moi chuyển ra khỏi sườn dốc, tạo thế mất ổn định của bờ...

### Nguyên nhân ngoại lực:

Địa hình những đoạn sông quanh co uốn khúc, vực sâu nằm sát bờ lõm, bờ cát nằm sát bờ lồi, đoạn uốn cong và đoạn quá độ nằm xen kẽ nối tiếp nhau, mặt cắt đoạn uốn cong vừa hẹp vừa sâu, có hình tam giác không đối xứng, các trị số dòng chảy về mùa mưa lũ đều lớn hơn trị số giới hạn xâm thực của đất đá cấu tạo bờ do đó dẫn đến phát sinh trượt lở bờ.

Tác động của áp lực thủy tĩnh: Vào các thời kỳ mùa lũ hoặc khi triều dâng, phần đất đá ngập nước nằm trong trạng thái bị đẩy nỗi và trọng lượng của nó không đủ để giữ yên các khối đất đá nằm ở phía trên. Đất đá ở phía trên gần như mất điểm tựa bắt đầu dịch chuyển và làm cho phần đất đá trong trạng thái bị đẩy nỗi bên dưới bị trượt. Ngoài ra, đất đá ở trạng thái đẩy nỗi cũng làm giảm ứng suất pháp có hiệu ở tại mặt trượt đã xác định hoặc đang dự đoán, do đó sức chống cắn của đất đá giảm xuống và có thể phát sinh trượt.

Tác động của áp lực thủy động: Nước mưa, nước mặt ngầm xuống đất theo các lỗ hổng, khoảng trống có trong đất đá và tạo ra dòng thấm lưu thông trong đất đá. Sự vận động thấm của nước dưới đất gây ra áp lực thủy động có ảnh hưởng đến sự biến đổi trạng thái ứng suất của đất đá cấu tạo bờ và gây ra biến dạng thấm.

Ảnh hưởng trực tiếp của chế độ thủy văn bán nhật triều biển Đông và sự điều tiết lưu lượng của hồ Dầu Tiếng, hồ Trị An. Vận tốc lớn áp sát vào bờ đoạn đỉnh cong với vận tốc trung bình ( $1,2 \div 1,6$ ) m/s. Khi dòng chảy có vận tốc lớn áp sát vào bờ kết hợp với dòng chảy hướng ngang thúc đẩy vào bờ sẽ đào xói bờ sông, khối đất phản áp của mái bờ bị suy giảm dần. Đến một giới hạn nhất định mái bờ sẽ bị mất ổn định và sạt lở sẽ xảy ra. Nguyên nhân này kết hợp với việc vào mùa mưa lũ, khi đất luôn ở trạng thái bão hòa và triều rút xuống thấp sẽ làm tăng cao nguy cơ sạt lở mái sông.

Tại các vị trí bị sạt lở, mái bờ sông sau khi sạt thường có dạng mái dốc đứng đạt trạng thái cân bằng tới hạn vào mùa mưa lũ khi đất luôn ở trạng thái bão hòa và triều rút xuống thấp làm cho mái sông sạt lở bất cứ lúc nào.

### ***Nguyên nhân hoạt động nhân sinh:***

Phá hủy lớp phủ thực vật tạo mặt bằng xây dựng, làm mất ổn định bờ.

Xây dựng công trình nắn sát mé bờ sông thậm chí lấn chiếm ra phía sông làm thay đổi chế độ dòng chảy, cấu tạo địa chất không thuận lợi (đất yếu)... gây bất lợi cho sự ổn định bờ.

Tàu thuyền có tải trọng lớn đi lại gây nên sóng lớn tác dụng trực tiếp vào bờ, gây xói lở bờ. Theo kết quả tính toán, tốc độ dòng chảy lớn nhất của sóng đuôi tàu và tốc độ dòng chảy ngược đổi với các loại tàu phổ biến trên tuyến sông Đồng Nai, Sài Gòn (>300 tấn) đều có giá trị lớn hơn vận tốc khởi động của lớp đất bờ sông [Vqx].

Các bãi, bến ghe, thuyền neo đậu không hợp lý tạo ra mặt cắt ướt lòng sông co hẹp dẫn đến dòng chảy thay đổi, gây xói lở bờ.

Quá trình khai thác cát bùa bãi với qui mô lớn ở vùng và phụ cận làm thay đổi chế độ dòng chảy của sông dẫn đến quá trình lở bờ xảy ra.

Sử dụng không đúng, không hợp lý về các giải pháp và kết cấu của các công trình bảo vệ bờ do không nắm chắc số liệu về dòng chảy và sự biến đổi của dòng chảy, cũng như các số liệu về địa chất, về cấu tạo vùng bờ.