

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 ỔN 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 02

**Kết quả phân tích, xây dựng các quan hệ thủy văn, thủy
lực, quan hệ hình thái lòng dẫn trong điều kiện hiện tại
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

CHƯƠNG III
CÁC ĐẶC TRƯNG HÌNH THÁI LÒNG DẪN VÀ CHẾ ĐỘ THỦY VĂN, THỦY LỰC,
QUAN HỆ HÌNH THÁI LÒNG DẪN VÙNG HẠ DU
HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI - SÀI GÒN

3.1. Các đặc trưng hình thái vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn

3.1.1. Các đặc trưng hình thái sông ngòi

Hình thái của một con sông bao gồm các đặc trưng: loại hình sông, mặt cắt ngang, mặt cắt dọc, hình dạng tuyến sông trên mặt bằng và mối quan hệ giữa các đặc trưng trên cũng như với các yếu tố thủy văn, thủy lực. Các mối quan hệ này được gọi là quan hệ hình thái sông.

Hình thái sông bao gồm hình thái trên mặt bằng (bình diện), hình thái mặt cắt ngang và hình thái mặt cắt dọc sông. Các hình thái này có thể xác định nhờ các yếu tố thủy văn, thủy lực.

Các quan hệ hình thái sông nói chung khá ổn định trong một quá trình dài nếu như không có các biến động lớn về chế độ, đặc trưng thủy văn, thủy lực, bùn cát. Lòng dẫn các sông hiện nay thay đổi nhiều do xây dựng các công trình điều tiết thượng nguồn, các công trình lớn trên sông hay các hoạt động xây dựng hạ tầng kinh tế, khai thác sử dụng tài nguyên trên lòng sông và vùng bãi sông ở quy mô lớn.

Giữa những yếu tố đặc trưng cho hình thái sông (như chiều rộng, chiều sâu, bán kính chính khúc, ...) với những yếu tố thủy lực, bùn cát (như lưu lượng, độ dốc mặt nước, đường kính hạt bùn cát...) có quan hệ nhất định với nhau. Những quan hệ này đặc trưng cho hình thái sông mà ứng với nó, trường vận tốc của dòng chảy có dạng có lợi nhất với tổn thất năng lượng của dòng chảy là ít nhất. Trạng thái này của sông được gọi là trạng thái cân bằng động lực hay “ổn định tương đối”.

3.1.2. Các đặc trưng hình thái vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn.

1. Phân đoạn dòng chảy.

Hình thái sông Đồng Nai trên đoạn đoạn chảy từ sau hồ Trị An được chia thành các đoạn có đặc trưng hình thái lòng sông khác nhau như sau:

+) *Trên dòng chính sông Đồng Nai*

Đoạn 1: Hồ Trị An đến điểm nhập lưu sông Bé

Đoạn 2: Điểm Nhập lưu Sông Bé tới Bến Đò Tân Uyên (Đoạn đầu Cù Lao)

Đoạn 3: Bến đò Tân Lương tới điểm phân lạch vào cù lao Thạnh Hội

Đoạn 4: Bến đò Trạm tới điểm phân lạch vào Cù Lao Phố

Đoạn 5: Điểm nhập lưu ra Cù lao Phố tới điểm nhập lưu sông **tduc 1**

Đoạn 6: Điểm nhập lưu sông **tduc 1** tới điểm nhập lưu sông **tduc 2**

Đoạn 7: Điểm nhập lưu sông **tduc 2** tới 2 đảo Đại Phước

Đoạn 8: 2 đảo Đại Phước tới Ngã 3 nhập cùng sông Nhà Bè và Sông Sài Gòn

+) *Trên đoạn sông phân lạch*

Dọc dòng chính sông Đồng Nai có 3 Cù Lao và 2 Đảo (Đại Phước Bé và Đại Phước lớn):

- Cù Lao Bạch Đằng

Sông Đồng Nai khu vực cù lao Bạch Đằng có 02 lạch:

Sông Đồng Nai lạch chính (dòng chính của sông Đồng Nai) tuyến sông dài, cong với bán kính cong $R_1=1000\text{m}$ lòng sông rộng và sâu. ở cửa vào của lạch chính $B_{\text{vào}}=335\text{m}$, cửa ra của lạch chính $B_{\text{ra}}=306\text{m}$.

Lạch phụ là tuyến sông cong với bán kính cong $R_2=9500\text{m}$. Lòng sông hẹp $B_{\text{vào}}=120\text{m}$, ở đoạn lòng sông rộng $B=200\text{m}$ lòng sông đã hình thành bãi bồi. Cửa vào của lạch phụ hẹp $B_{\text{vào}}=120\text{m}$, cửa ra của lạch phụ rộng $B_{\text{ra}}=103\text{m}$. ở vùng hợp lưu của rạch chính và rạch phụ lòng sông rộng $B=530\text{m}$, vào lòng sông xấp xỉ cao trình $Z=-8\text{m}$

- Cù Lao Thanh Hội,

Sông Đồng Nai khu vực cù lao Thanh Hội có 02 lạch:

Sông Đồng Nai lạch chính (dòng chính của sông Đồng Nai) tuyến sông dài, cong với bán kính cong $R_1=320\text{m}$ lòng sông rộng và sâu. ở cửa vào của lạch chính $B_{\text{vào}}=420\text{m}$, cửa ra của lạch chính $B_{\text{ra}}=385\text{m}$.

Lạch phụ là tuyến sông cong với bán kính cong $R_2=250\text{m}$. Lòng sông hẹp $B_{\text{vào}}=260\text{m}$, ở đoạn lòng sông rộng $B=320\text{m}$ lòng sông đã hình thành bãi bồi. Cửa vào của lạch phụ hẹp $B_{\text{vào}}=260\text{m}$, cửa ra của lạch phụ rộng $B_{\text{ra}}=220\text{m}$. ở vùng hợp lưu của rạch chính và rạch phụ lòng sông rộng $B=620\text{m}$, vào lòng sông xấp xỉ cao trình $Z=-9.5\text{m}$

- Cù Lao Phô

Sông Đồng Nai khu vực cù lao Phô có 02 lạch:

Sông Đồng Nai lạch chính (dòng chính của sông Đồng Nai) tuyến sông ngắn hơi cong với bán kính cong $R_1=1200\text{m}$ lòng sông rộng và sâu. ở cửa vào của lạch chính $B_{\text{vào}}=288\text{m}$, cửa ra của lạch chính $B_{\text{ra}}=730\text{m}$.

Sông rạch Cát (lạch phụ) là tuyến sông cong với bán kính cong $R_2=1350\text{m}$. Lòng sông hẹp $B_{\text{vào}}=120\text{m}$, ở đoạn lòng sông rộng $B=342\text{m}$ lòng sông đã hình thành bãi bồi. Cửa vào của lạch phụ hẹp $B_{\text{vào}}=120\text{m}$, cửa ra của lạch phụ rộng $B_{\text{ra}}=332\text{m}$. ở vùng hợp lưu của rạch chính và rạch phụ lòng sông rộng $B=800\text{m}$, vào lòng sông xấp xỉ cao trình $Z=-8\text{m}$

- Hai Đảo Đại Phước

Sông Đồng Nai khu vực 2 đảo Đại Phước có 03 lạch:

Sông Đồng Nai lạch chính (dòng chính của sông Đồng Nai) tuyến sông ngắn hơi cong với bán kính cong $R_1=800\text{m}$ lòng sông rộng và sâu. ở cửa vào của lạch chính $B_{\text{vào}}=850\text{m}$, cửa ra của lạch chính $B_{\text{ra}}=970\text{m}$.

Lạch phụ đảo bé là tuyến sông cong với bán kính cong $R_2=360\text{m}$. Lòng sông hẹp $B_{\text{vào}}=480\text{m}$, ở đoạn lòng sông rộng $B=580\text{m}$ lòng sông đã hình thành bãi bồi. Cửa vào của lạch phụ hẹp $B_{\text{vào}}=480\text{m}$, cửa ra của lạch phụ rộng $B_{\text{ra}}=585\text{m}$. ở vùng hợp lưu của rạch chính và rạch phụ lòng sông rộng $B=1000\text{m}$, vào lòng sông xấp xỉ cao trình $Z=-10\text{m}$.

Lạch phụ đảo lớn là tuyến sông cong với bán kính cong $R_2=650\text{m}$. Lòng sông hẹp $B_{\text{vào}}=381\text{m}$, ở đoạn lòng sông rộng $B=410\text{m}$ lòng sông đã hình thành bãi bồi. Cửa vào

của lạch phụ hẹp $B_{\text{vào}}=381\text{m}$, cửa ra của lạch phụ rộng $B_{\text{ra}}=410\text{m}$. ở vùng hợp lưu của rạch chính và rạch phụ lòng sông rộng $B=600\text{m}$, vào lòng sông xấp xỉ cao trình $Z=-10\text{m}$.

b. Sông Sài Gòn

Sông Sài Gòn đoạn chảy từ sau hồ Dầu Tiếng có nhiều đoạn sông cong và phân lạch, chiều dài dòng chính khoảng 126 km, có nhiều lạch phụ tạo thành các cù lao trên sông.

Hình thái sông Sài Gòn trên đoạn đoạn chảy từ sau hồ Dầu Tiếng được chia thành các đoạn có đặc trưng hình thái lòng sông khác nhau như sau:

+) Trên dòng chính sông Sài Gòn

Đoạn 1: Hồ Dầu Tiếng đến điểm nhập lưu rạch Thái Thái

Đoạn 2: Điểm nhập lưu rạch Thái Thái Điểm nhập lưu Rạch Sơn

Đoạn 3: Điểm nhập lưu rạch Sơn Điểm nhập lưu Rạch Lang The

Đoạn 4: Điểm nhập lưu Rạch Lang The đến Điểm nhập lưu sông Thị Tính

Đoạn 5: Điểm nhập lưu sông Thị Tính đến Điểm nhập lưu rạch Ke

Đoạn 6: Điểm nhập lưu Rạch Ke đến Điểm nhập lưu Sông Lu

Đoạn 7: Điểm nhập lưu Sông Lu đến Điểm nhập lưu Rạch Mướp

Đoạn 8: Điểm nhập lưu Rạch Mướp đến Điểm nhập lưu Rạch Dừa

Đoạn 9: Điểm nhập lưu Rạch Dừa đến Điểm nhập lưu Rạch Tra

Đoạn 10: Điểm nhập lưu Rạch Tra đến Điểm nhập lưu Rạch Bà Hồng

Đoạn 11: Điểm nhập lưu Bà Hồng đến Điểm nhập lưu Rạch Cầu Kinh

Đoạn 12: Điểm nhập lưu Rạch Cầu Kinh đến Điểm nhập lưu Rạch Cầu Ô Dung

Đoạn 13: Điểm nhập lưu Rạch Cầu Ô Dung đến Điểm nhập lưu Rạch Bà Cả Bốn

Đoạn 14: Điểm nhập lưu Rạch Bà Cả Bốn đến Điểm nhập lưu Rạch Thuong 2

Đoạn 15: Điểm nhập lưu Rạch Thuong 2 đến Điểm nhập lưu Rạch Cầu Bông 2

Đoạn 16: Điểm nhập lưu Rạch Cầu Bông 2 đến Điểm Phân lạch vào Bán đảo Thanh Đa

Đoạn 17: Điểm nhập lưu ra bán đảo thanh Đa đến Điểm nhập lưu Sông Thị Nghè

Đoạn 18: Điểm nhập lưu Sông Thị Nghè đến Điểm nhập lưu Sông Tàu Hủ 8

Đoạn 19: Điểm nhập lưu Sông Tàu Hủ 8 đến Điểm nhập lưu sông Kè Đồi 9

Đoạn 20: Điểm nhập lưu Sông kè đồi 9 đến Điểm nhập lưu Sông T Đức 11

Đoạn 21: Điểm nhập lưu Sông T Đức 11 đến Điểm nhập lưu vào sông Nhà Bè

+) Trên đoạn sông phân lạch

Sông Sài Gòn khu vực Bán đảo Thanh Đa có 02 lạch:

Sông Sài Gòn lạch chính (dòng chính của sông Sài Gòn) tuyến sông dài cong với bán kính cong $R_1=388\text{m}$ lòng sông rộng và sâu. ở cửa vào của lạch chính $B_{\text{vào}}=270\text{m}$, cửa ra của lạch chính $B_{\text{ra}}=290\text{m}$ đã hình thành bãi bồi. Ở vùng hợp lưu của rạch chính và rạch phụ lòng sông rộng $B=430\text{m}$, vào lòng sông xấp xỉ cao trình $Z=-3\text{m}$

Kênh Thanh Đa (lạch phụ) là tuyến sông thẳng được kè kiên cố.

c. Sông Nhà Bè

Sông Nhà Bè có chiều dài dòng chính khoảng 9 km, là đoạn sông cong với bán kính cong $R_1=7000\text{m}$ lòng sông rộng và sâu.

Hình thái sông Nhà Bè được chia thành các đoạn có đặc trưng hình thái lòng sông khác nhau như sau:

Đoạn 1: Từ ngac ba sông Đồng Nai-Sài Gòn-Nhà Bè tới điểm nhập lưu sông Phú xuân

Đoạn 2: Điểm nhập lưu sông Phú xuân tới điểm nhập ngã ba sông Soài Rạp và Lòng Tàu

d. Sông Soài Rạp

Sông Soài Rạp có chiều dài dòng chính khoảng 44 km, là đoạn sông cong với bán kính cong bé nhất $R_1=600\text{m}$ lòng sông rộng và sâu.

Hình thái sông Soài Rạp được chia thành các đoạn có đặc trưng hình thái lòng sông khác nhau như sau:

Đoạn 1: Từ ngã ba sông Soài Rạp, lòng Tàu và Nhà Bè đến điểm nhập lưu sông Mương Chuối

Đoạn 2: Điểm nhập lưu sông Mương Chuối tới điểm nhập lưu sông kinh lộ 4

Đoạn 3: Điểm nhập lưu sông kinh lộ 4 tới điểm nhập lưu sông kinh lộ 3

Đoạn 4: Điểm nhập lưu sông kinh lộ 3 tới điểm nhập lưu sông Lo 4

Đoạn 5: Điểm nhập lưu sông lo 4 tới điểm ngã ba Vàm Cỏ, Soài Rạp và Cần Giuộc

Đoạn 6: Điểm ngã ba Vàm Cỏ, Soài Rạp và Cần Giuộc tới cửa biển

e. Sông Lòng Tàu

Sông Lòng Tàu là sông có độ phân nhánh cao. Dòng chính sông Lòng Taufcos chiều dài khoảng 46km. Trên dòng chính có chia thành nhiều nhánh, rạch, kênh nhỏ tạo nên hệ thống sông, kênh rạch chằng chịt.

Còn một số sông thuộc hệ thống sông Đồng Nai-Sài Gòn như:

Rạch Thái Thái	Rạch cầu kinh
Rạch Sơn	Rạch cầu Ô Dung
Rạch Làng Thế	Rạch Bà Cả Bốn
Sông Thị Tính	Sông Tuong 2
Rach ke	sông Cầu Bông
Sông Lu	Sông Thị Nghè
Rạch Mướp	Sông Tàu Hũ
Rạch Dừa	Kênh đôi
Rạch tra 1	Sông T duc
Rạch Bà Hồng	Sông Bé

2. Các đặc trưng hình thái sông

Bảng 1: Thống kê các đặc trưng hình thái lòng sông hệ thống sông Đồng Nai-Sài Gòn

ST	Sông	Đoạn sông	Chiều	Chiều rộng sông	Cao trình	$\sqrt{B/h}$	Công trình
----	------	-----------	-------	-----------------	-----------	--------------	------------

T			dài (km)	B _{max} (m)	B _{min} (m)	B _{tb} (m)	Z(m) đáy thấp nhất		qua sông
1	Sông Sài Gòn	Hồ Dầu Tiếng đến điểm nhập lưu rạch Thái Thái	45.95	240	20	100	-3.61 ÷ -3	2.76	Cầu Dầu Tiếng, Cầu Bến Súc bắc qua sông
2		Điểm nhập lưu rạch Thái Thái Điểm nhập lưu Rạch Sơn	12.45	255	120	170	-3	3.55	
3		Điểm nhập lưu rạch Sơn Điểm nhập lưu Rạch Lang The	9.7	175	100	130	-3	2.94	
4		Điểm nhập lưu Rạch Lang The đến Điểm nhập lưu sông Thị Tĩnh	3.21	160	135	145	-3	2.81	
5		Điểm nhập lưu sông Thị Tĩnh đến Điểm nhập lưu rạch Ke	3	195	150	160	-5 ÷ -3	2.15	
6		Điểm nhập lưu Rạch Ke đến Điểm nhập lưu Sông Lu	4.7	205	180	185	-5 ÷ -3.535	2.20	
7		Điểm nhập lưu Sông Lu đến Điểm nhập lưu Rạch Mướp	2.23	230	265	185	-3	3.37	
8		Điểm nhập lưu Rạch Mướp đến Điểm nhập lưu Rạch Dừa	3.52	225	150	190	-3	3.33	
9		Điểm nhập lưu Rạch Dừa đến Điểm nhập lưu Rạch Tra	5.33	185	160	175	-3	3.02	Cảng Bà Lụa
10		Điểm nhập lưu Rạch Tra đến Điểm nhập lưu Rạch Bà Hồng	4.16	185	160	175	-3	3.02	Phà An Sơn, Nhị Bình
11		Điểm nhập lưu Bà Hồng đến Điểm nhập lưu Rạch Cầu Kinh	1.1	190	155	180	-3	3.06	
12		Điểm nhập lưu Rạch Cầu Kinh đến Điểm nhập lưu Rạch Cầu Ô Dung	2.25	200	160	175	-3	3.14	Cầu Phú Long
13		Điểm nhập lưu Rạch Cầu Ô Dung đến Điểm nhập lưu Rạch Bà Cả Bốn	0.83	205	190	195	-3.7 ÷ -3	2.75	
14		Điểm nhập lưu Rạch Bà Cả Bốn đến Điểm nhập lưu Rạch Thuong 2	7.72	240	185	230	-4.45 ÷ -3	2.60	Cầu Bình Phước
15		Điểm nhập lưu Rạch Thuong 2 đến Điểm nhập lưu Rạch Cầu Bông 2	2.29	245	220	235	-3.16 ÷ -3	3.36	Cầu Bình Lợi
16		Điểm nhập lưu Rạch Cầu Bông 2 đến	0.4	350	220	235	-3	4.16	Cầu Bình Triệu

ST T	Sông	Đoạn sông	Chiều dài (km)	Chiều rộng sông			Cao trình Z(m) đáy thấp nhất	$\sqrt{B/h}$	Công trình qua sông
				B_{\max} (m)	B_{\min} (m)	B_{tb} (m)			
		Điểm Phân lạch vào Bán đảo Thanh Đa							
17		Điểm nhập lưu ra bán đảo Thanh Đa đến Điểm nhập lưu Sông Thị Nghè	3.64	380	175	280	-3	4.33	Cầu sài Gòn, Cầu Thủ Thiêm
18		Điểm nhập lưu Sông Thị Nghè đến Điểm nhập lưu Sông Tàu Hủ 8	2	318	180	280	-3	3.96	
19		Điểm nhập lưu Sông Tàu Hủ 8 đến Điểm nhập lưu sông Kè Đồi 9	1.83	340	237	300	-3	4.10	
20		Điểm nhập lưu Sông kè đồi 9 đến Điểm nhập lưu Sông T Đức 11	3.67	480	315	420	-3 ÷ -2.2	5.92	
21		Điểm nhập lưu Sông T Đức 11 đến Điểm nhập lưu vào sông Nhà Bè	5.8	885	400	515	-2.02 ÷ -1.32	8.04	Cầu Phú Mỹ
22	Sông Lòng Tàu	Sông Lòng Tàu	191	1815	3	700	-34.15 ÷ - 3.46	1.20	
23	Rạch Thái Thái	Rạch Thái Thái	10.3	46	2	7	-17.66 ÷ - 2.78	0.35	
24	Rạch Son	Rạch Son	3.3	27	2	10	-3	1.15	
25	Rạch Làng Thế	Rạch Làng Thế	22.8	50	2	15	-2.65 ÷ -2.02	1.70	
26	Sông Thị Tĩnh	Sông Thị Tĩnh	25	100	34	55	-2.02	2.70	
27	Rạch ke	Rạch ke	4	45	15	25	-1.485 ÷ - 1.432	2.25	
28	Sông Lu	Sông Lu	3.3	66	10	25	-1.411 ÷ - 1.404	2.79	
29	Rạch Mướp	Rạch Mướp	3.4	45	15	35	-1.404 ÷ - 1.34	2.31	Cầu Bà Bếp
30	Rạch Dừa	Rạch Dừa	8	63	20	35	-1.403 ÷ - 1.264	2.73	
31	Rạch tra 1	Rạch tra 1	10	125	50	85	-10.25 ÷ - 7.25	0.95	Cầu Rạch Tra
32	Rạch Bà Hồng	Rạch Bà Hồng	3.6	40	17	25	-1.396 ÷ - 1.39	2.19	Cầu Bà Hồng
33	Rạch cầu kình	Rạch cầu kình	1.7	40	25	30	-1.389 ÷ - 1.387	2.19	

ST T	Sông	Đoạn sông	Chiều dài (km)	Chiều rộng sông			Cao trình Z(m) đáy thấp nhất	√B/h	Công trình qua sông
				B _{max} (m)	B _{min} (m)	B _{tb} (m)			
34	Rạch cầu Ô Dung	Rạch cầu Ô Dung	3	45	20	40	-1.389 ÷ - 1.38	2.32	
35	Rạch Bà Cả Bồn	Rạch Bà Cả Bồn	3.5	35	5	25	-1.377 ÷ - 1.368	2.06	
36	Sông Thuong 2	Sông Thuong 2	30	110	30	55	-1.393 ÷ - 1.205	3.63	
37	sông Cầu Bông	sông Cầu Bông	3.2	72	10	30	-2.5	2.12	
38	Sông Thị Nghè	Sông Thị Nghè	10.5	60	25	35	-3.7 ÷ -2.16	1.49	Cầu Thị Nghè, cầu Công Lý, Cầu Kiệu Cầu Hoàng Hoa Thám
39	Sông Tàu Hũ	Sông Tàu Hũ	12	70	20	45	-15.15 ÷ - 3.64	0.50	Cầu Khánh hội, Cầu Móng, Cầu Calmette, Cầu Ông Lãnh, Cầu Nguyễn Văn Cừ, Cầu Nguyễn Tri Phương, Cầu Chà Và,
40	Kênh đôi	Kênh đôi	13	135	40	110	-15.59 ÷ - 8.79	0.68	Cầu Tân Thuận, Cầu Kênh Tẻ, Cầu Nguyễn Văn Cừ, Cầu Chữ Y, Cầu Chánh Hung
41	Sông T duc	Sông T duc	41	90	20	60	-34.72 ÷ - 2.11	0.26	
42	Sông Đồng Nai	Hồ Trị An đến điểm nhập lưu sông Bé	2	280	65	195	-11.47 ÷ - 3.34	1.29	
43		Điểm Nhập lưu Sông Bé tới Bến Đò Tân Uyên (Đi vào Cù Lao)	30.4	330	125	230	-18.24 ÷ - 7.63	0.92	Bến đò bà Miêu, Cầu Thủ Biên
44		Bến đò Tân Lương tới điểm phân lạch vào cù lao Thạnh Hội	1.67	540	220	270	12.38 ÷ -9.64	1.67	
45		Bến đò Trạm tới điểm phân lạch vào Cù Lao Phổ	6.12	760	195	600	-17.24 ÷ - 7.846	1.47	Cầu Hóa An
46		Điểm nhập lưu ra Cù lao Phổ tới điểm nhập lưu sông tduc 1	8	950	295	650	-21.9 ÷ -12.8	1.32	

ST T	Sông	Đoạn sông	Chiều dài (km)	Chiều rộng sông			Cao trình Z(m) đáy thấp nhất	$\sqrt{B/h}$	Công trình qua sông
				B_{\max} (m)	B_{\min} (m)	B_{tb} (m)			
47		Điểm nhập lưu sông tđuc 1 tới điểm nhập lưu sông tđuc 2	13.7	1400	480	790	-27 ÷ -13.18	1.31	Cầu Long Thành
48		điểm nhập lưu sông tđuc 2 tới 2 đảo Đại Phước	1.7	1000	620	900	-13.33 ÷ - 4.23	2.13	
49		2 đảo Đại Phước tới Ngã 3 nhập cùng sông Nhà Bè và Sông Sài Gòn	5	1600	550	900	-23.49 ÷ - 10.18	1.60	Phà Cát Lái
50	Sông Bé	Sông Bé	350	90	65	70	0.56	4.61	Hồ Phước Hòa
51	Sông Nhà Bè	Từ ngac ba sông Đồng Nai-Sài Gòn- Nhà Bè tới điểm nhập lưu sông Phú xuân	4.35	1660	1150	1500	-22.9 ÷ - 11.96	1.67	
52		Điểm nhập lưu sông Phú xuân tới điểm nhập ngã ba sông Soài Rạp và Lòng Tàu	4.18	1530	100	1330	-19.66 ÷ - 12.62	1.85	
53	Sông Soài Rạp	Từ ngã ba sông Soài Rạp, lòng Tàu và Nhà Bè đến điểm nhập lưu sông Mương Chuối	4	1200	580	950	-8.89 ÷ -3.46	3.33	Phà Bình Khánh
54		Điểm nhập lưu sông Mương Chuối tới điểm nhập lưu sông kinh lộ 4	2.2	1200	550	800	-2.16	9.46	
55		Điểm nhập lưu sông kinh lộ 4 tới điểm nhập lưu sông kinh lộ 3	13.2	1650	700	1250	-4.689 ÷ - 2.14	6.56	
56		Điểm nhập lưu sông kinh lộ 3 tới điểm nhập lưu sông Lo 4	2.3	1250	870	900	-4.689 ÷ - 2.41	5.71	
57		Điểm nhập lưu sông lo 4 tới điểm ngã ba Vàm Cỏ, Soài Rạp và Cần Giuộc	7.8	2500	1250	1700	-5.8 ÷ -2.38	6.85	
58		Điểm ngã ba Vàm Cỏ, Soài Rạp và Cần Giuộc tới cửa biển	15.3	5300	2300	2700	-5.8 ÷ -2.52	6.97	

Nhận xét:

3.2. Thiết lập các mô hình thủy văn, thủy động lực phục vụ cho việc phân tích đánh giá biến động chế độ thủy văn, thủy lực.

3.2.1. Nhiệm vụ tính toán thủy động lực

Để phục vụ cho các nội dung nghiên cứu của đề tài cần thiết phải xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống sông. Mô phỏng hệ thống đối với bài toán đánh giá biến động chế độ thủy văn, thủy lực, diễn biến lòng dẫn được coi là nội dung quan trọng của đề tài. Nội dung mô phỏng bao gồm:

Mô phỏng quá trình diễn biến chế độ thủy văn, thủy lực, diễn biến trên hệ thống sông;

Mô phỏng hoạt động hệ thống công trình hồ chứa cắt lũ cho hạ du, ảnh hưởng đến chế độ thủy văn, thủy lực hạ du;

Mô phỏng hoạt động của hoạt động phát triển kinh tế xã hội ảnh hưởng đến chế độ thủy văn, thủy lực hạ du.

Mô phỏng quá trình diễn biến chế độ thủy văn, thủy lực, diễn biến trên hệ thống sông dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

Hệ thống sông ngòi và các công trình phòng lũ thuộc hệ thống sông Đồng Nai rất phức tạp. Bởi vậy, cần phải lựa chọn một mô hình đủ mạnh và phù hợp với nội dung cần phải mô phỏng cho bài toán đặt ra trong nghiên cứu.

3.2.2. Phân tích lựa chọn mô hình phục vụ tính toán

Trên thế giới việc nghiên cứu, áp dụng các mô hình thủy văn, thủy lực đã được sử dụng khá phổ biến; nhiều mô hình đã được xây dựng và áp dụng cho dự báo hồ chứa, dự báo lũ cho hệ thống sông, cho công tác quy hoạch phòng lũ, mô phỏng chế độ thủy động lực trên sông...

Một số mô hình thủy lực đã được áp dụng có hiệu quả để diễn toán dòng chảy, chế độ thủy động lực trong hệ thống sông ở nước ta. Hiện nay tại Việt Nam một số mô hình đã được áp dụng như: WENDY, FWQ86M, MEKSAL, MASTER MODEL, SOGREAH, VRSAP, KOD, HECRAS, MIKE11...

Mike 11 do DHI Water & Environment phát triển, là một gói phần mềm dùng để mô phỏng dòng chảy/ lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát ở các cửa sông, sông, kênh....

Mike 11 là mô hình động lực, một chiều nhằm phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý và vận hành cho sông và hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp. Với môi trường đặc biệt thân thiện với người sử dụng, linh hoạt và tốc độ, MIKE 11 cung cấp một môi trường thiết kế hữu hiệu về kỹ thuật công trình, tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước và các ứng dụng khác.

Mô-đun thủy động lực (HD) là một phần trọng tâm của gói các ứng dụng của Mike 11. Trọn gói các ứng dụng của nó bao gồm Dự báo lũ, Tái khuếch tán, Chất lượng nước và các mô-đun vận chuyển bùn lắng không có cở kết. Mô-đun MIKE 11 HD giải các phương trình tổng hợp theo phương đứng để đảm bảo tính liên tục và động lượng (momentum), nghĩa là phương trình Saint Venant.

Với những ưu điểm của mô hình MIKE11, mô hình đã được sử dụng trong nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi vào thực tiễn ở Việt Nam. Vì vậy chúng tôi đã chọn MIKE11 làm công cụ tính toán.

Đặc trưng cơ bản của hệ thống lập mô hình MIKE 11 là cấu trúc mô-đun tổng hợp với nhiều loại mô-đun được thêm vào mỗi mô phỏng các hiện tượng liên quan đến hệ thống sông.

Ngoài các mô-đun HD đã mô tả ở trên, MIKE bao gồm các mô-đun bổ sung đối với:

Thủy văn

Tải khuỷch tán

Các mô hình cho nhiều vấn đề về Chất lượng nước

Vận chuyển bùn cát có cở kết (có tính dính)

Vận chuyển bùn cát không có cở kết (không có tính dính)

Trong khuôn khổ đề tài này, bộ mô hình MIKE 11 với các mô-đun HD (thủy động lực 1 chiều), RR (mô hình mưa-dòng chảy) và ST (vận chuyển bùn cát 1 chiều) được sử dụng để tính toán mô phỏng cân cân trầm tích dọc sông, trên cơ sở đó cung cấp các điều kiện cụ thể làm biên đầu vào tính toán bằng mô hình 3 chiều cho các khu vực xói lở trọng điểm để xác định dự báo xói lở bờ và lòng dẫn sông Đồng Nai.

Để ứng dụng mô hình ta cần có phần chạy thủy lực (MIKE11HD) sau đó tiến hành chạy bùn cát bằng mô-đun ST. Yêu cầu số liệu cho mô hình gồm có :

+ Các dữ liệu đầu vào cho mô-đun thủy động (MIKE 11HD : Hydrodynamic)

- Xác định lưu vực (Catchment Delineation)

- Mạng sông (nhánh và node), các công trình trên hệ thống và dữ liệu địa hình

- Biên trên là quá trình lưu lượng thực đo của các trạm ($Q \sim t$)

- Biên dưới là quá trình mực nước thực đo của các trạm ($H \sim t$)

- Biên kiểm tra là quá trình lưu lượng hoặc mực nước thực đo của các trạm dọc theo hệ thống sông.

+ Các dữ liệu đầu vào cho mô-đun truyền tải bùn cát (MIKE 11ST : Sediment transport)

Quá trình độ đục tại vị trí biên trên ($p \sim t$).

Thành phần kích cỡ hạt trên toàn mạng

Mật độ & độ rỗng của bùn cát

Công thức vận chuyển bùn cát và các hệ số

+ Các dữ liệu đầu vào cho mô-đun mưa – dòng chảy (MIKE 11 RR: Rain-Runoff)

Dữ liệu khí tượng thủy văn (lượng mưa, bốc hơi), dòng chảy để xác định được bộ thông số của mô hình.

Dữ liệu diện tích lưu vực, điểm điểm tính chất vật lý trên tin trên lưu vực (tổn thất, hệ số dòng chảy..)

Kết quả mô hình chính là các output thu được là :

Các đường quá trình ($Q \sim t$) ($H \sim t$) ($\square \sim t$) tại bất cứ vị trí nào trên mạng lưới sông.

Quá trình diễn biến hình dạng lòng dẫn.

Ngoài ra: mô hình còn có thể cho ra một số kết quả khác: Lưu tốc dòng chảy, quan hệ Q~H tại vị trí mặt cắt

MIKE 11 ST có thể được ứng dụng vào nhiều loại vận chuyển bùn cát liên quan đến các hiện tượng, bao gồm việc mô hình hóa các dạng vận chuyển bùn cát tại những vùng gần các công trình ven biển, các cửa vào chịu ảnh hưởng triều, và bằng cách kết hợp các ảnh hưởng do dòng triều và dòng có sóng ở các cửa sông và những vùng ven biển.

3.2.3. Thiết lập mô hình thủy lực MIKE11 phục vụ cho bài toán đánh giá biến động chế độ thủy văn, thủy lực vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

1. Phạm vi nghiên cứu mô hình

Để tính toán đánh giá biến động chế độ thủy văn, thủy lực vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai cần thiết lập mạng sông cho toàn hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn. Kế thừa tài liệu từ dự án Quy hoạch chống ngập cho Thành phố Hồ Chí Minh, dự án quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Đồng Nai và các dự án điều tra đo đạc khảo sát trên sông Đồng Nai – Sài Gòn do viện Khoa học thủy lợi Miền Nam thực hiện, dự án Cải tạo cảnh quan và phát triển đô thị ven sông Đồng Nai, trong đó có bổ sung cập nhật tài liệu đo đạc địa hình mới nhất năm 2016, năm 2017, năm 2018 và 2019.

2. Sơ đồ thủy lực tính toán

Sơ đồ thủy lực tính toán nghiên cứu bao gồm toàn bộ hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn được số hóa với tổng số 269 nhánh sông chính với tổng chiều dài được mô phỏng khoảng 1926,7 km, và 7563 nút tính toán. Tổng số mặt cắt sử dụng trong mô hình là 1112 mặt cắt.

Sơ đồ mạng sông bao gồm các sông chính sông như Vàm Cỏ Đông, Vàm cỏ Tây, sông Vàm Cỏ, sông Soài Rạp, sông Sài Gòn, sông Nhà Bè, sông Lòng Tàu, sông Đồng Nai, sông Cần Giuộc, sông Thị Tính....

- Sông Đồng Nai tính từ hồ Trị An đến ngã ba trên dài gần 93 km.
- Sông Bé tính từ trạm Phước Hòa đến nhập lưu vào sông Đồng Nai dài khoảng 50km
- Sông Sài gòn tính từ hồ Dầu Tiếng đến nhập lưu với sông Đồng Nai dài khoảng 143.7 km.
- Sông Vàm Cỏ Đông tính từ trạm thủy văn Cần Đăng tới hợp lưu với sông Vàm Cỏ dài khoảng 150km
- Sông Vàm Cỏ Tây kéo dài từ trạm thủy văn Mộc Hóa cho tới hợp lưu với sông Vàm Cỏ Đông kéo dài hơn 160 km.
- Sông Vàm Cỏ tính từ hợp lưu từ sông Vàm Cỏ Đông với Vàm Cỏ Tây tạo thành sông Vàm cỏ đến nhập lưu vào sông Soài Rạp dài 34.8km.
- Sông Soài Rạp tính từ ngã ba với sông Lòng Tàu đến cửa Soài Rạp dài gần 40km
- Sông Lòng Tàu bắt đầu từ ngã ba sông Lòng Tàu với sông Soài Rạp đến cửa Lòng Tàu dài 42.8km.

Sơ đồ tính toán trong mô hình MIKE11 trên sông Đồng Nai – Sài Gòn như sau:



a) Các công trình có nhiệm vụ cắt lũ cho hạ du

Bảng 5. 1: Các thông số thiết kế các hồ chứa phòng lũ trên lưu vực sông Đồng Nai được xem xét trong mô hình thủy lực MIKE11

STT	Thông Số	Đơn vị	Phước Hòa	Trị An	Dầu Tiếng
I	Các đặc trưng lưu vực				
1	Lưu lượng TB nhiều năm	m ³ /s		506	
2	Lưu lượng đỉnh lũ kiểm tra	m ³ /s	6.200 P=0,1%	23.500 P=0,02%	6.200 P=0,02%
3	Lưu lượng đỉnh lũ thiết kế	m ³ /s	4.200 P=0,5%	19.000 P=0,1%	4.910 P=0,1%
II	Thông số hồ chứa				
1	Mức nước dâng bình thường	m	42,9	62	24,4
2	Mức nước chết	m	42,5	50	17
3	Mức nước lũ thiết kế	m	46,23 P = 0,5%	62,48	25,1 P = 0,1%
4	Mức nước lũ kiểm tra	m	48,25 P=0,1%	63,9	26,92 P=0,02%
5	Dung tích toàn bộ (W _{tb})	10 ⁶ m ³	21	2764,7	1.580
6	Dung tích hữu ích (W _{hi})	10 ⁶ m ³	2,45	2546,7	1.110
7	Dung tích chết (W _c)	10 ⁶ m ³	18,55	218	470
III	Đập dâng chính				
1	Cao trình đỉnh đập	m	51,5	65	28,00
2	Chiều dài đỉnh đập	m	546	420	1.100
3	Chiều cao đập lớn nhất	m	28,5	40	28,00
IV	Đập tràn				
1	Số khoang tràn	khoang	4	8	6
2	Kích thước cửa van	m x m	4x10	15 x 16,3	10 x 6
3	Q _{xả} max với P=0.1%	m ³ /s		18.700	2.800
4	Cao trình ngưỡng tràn	m	32,5	46	14
V	Nhà máy thủy điện				
1	Lưu lượng lớn nhất	m ³ /s		880	
2	Công suất lắp máy	MW		400	
3	Số tổ máy	tổ		4	

b) Tài liệu địa hình

Địa hình mặt cắt sông toàn bộ sông kênh khu vực hạ lưu Sài Gòn - Đồng Nai được cập nhật từ các dự án như sau:

- Dự án quy hoạch chống ngập úng khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2009 do Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện.
- Tài liệu đo đạc khảo sát địa hình từ các dự án thuộc viện Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện được đo đạc từ năm 2006-2009.
- Số liệu địa hình các mặt cắt khác như khu vực Sài Gòn, Đồng Nai, Cần Giờ, sông Lòng Tàu, Soài Rạp cũng được cập nhật với tài liệu đo đạc năm 2009 do Viện KHTL Miền Nam thực hiện.
- Tài liệu đo đạc khảo sát địa hình tại vị trí 12 cống chống ngập úng trong đề tài cấp nhà nước ” Nghiên cứu dự báo diễn biến bồi lắng, xói lở lòng dẫn sông Đồng Nai –

Sài Gòn dưới tác động của hệ thống công trình chống ngập úng và cải tạo môi trường cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh” thực hiện năm 2011.

- Tài liệu đo đạc khảo sát địa hình bổ sung từ dự án Quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Đồng Nai thực hiện năm 2014.
- Tài liệu đo đạc khảo sát địa hình bổ sung khu vực thành phố Biên Hòa đo bổ sung năm 2008, 2015, 2016, 2017, 2018.
- Tài liệu khu vực bán đảo Thanh Đa năm 2010, năm 2017 và năm 2019.

Đây là bộ số liệu khá hoàn chỉnh và đồng bộ, khoảng cách đo đạc giữa các mặt cắt ngang biến đổi trong phạm vi từ 2-4 km. Tất cả các mặt cắt đã được kiểm tra về mốc cao độ và kiểm tra về vị trí. Ngoài ra, trong mô hình các cầu qua sông cũng được đưa vào mạng sông tính toán. Trong bảng dưới đây thống kê tài liệu và số lượng mặt cắt địa hình lồng dẫn mạng sông sử dụng trong mô hình.

Số liệu của phần lớn các mặt cắt trên sông lớn như sông Sài Gòn, Đồng Nai, Nhà Bè, Lòng Tàu, Thị Vải, Vàm Cỏ đều được cập nhập mới và bổ sung thêm. Các thông số liên quan đến cao trình đều được qui về hệ cao độ nhà nước. Vị trí mặt cắt sông kênh, nút phân/nhập lưu được biểu diễn trong tọa độ VN-2000.

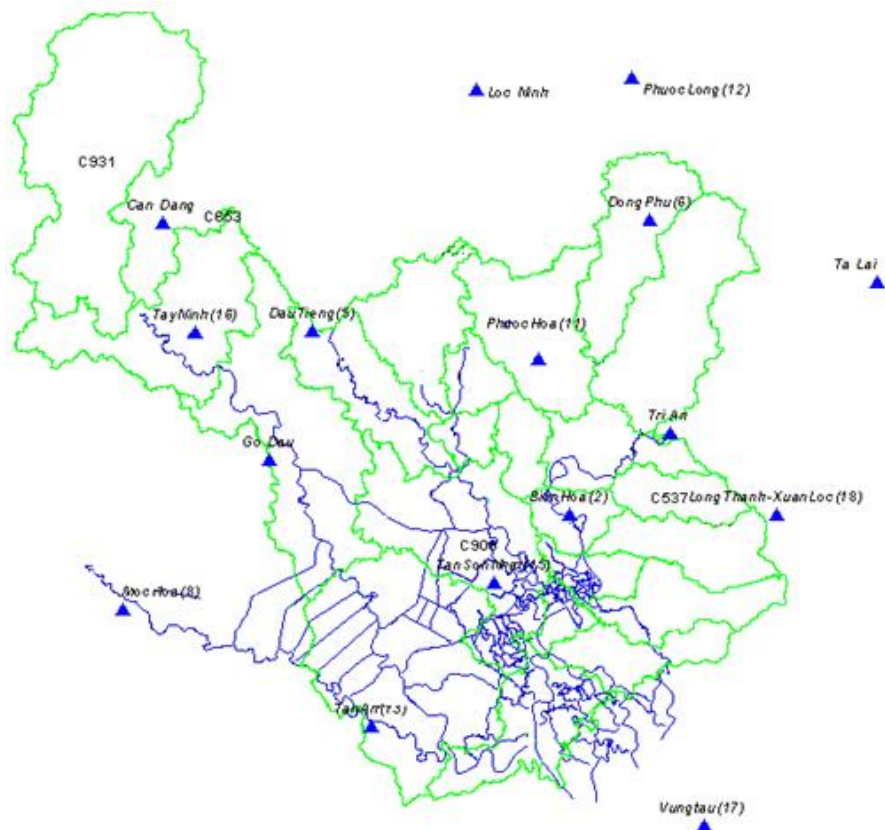
c) Tài liệu khí tượng thủy văn

Để phục vụ cho mô phỏng thủy lực cho hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn thì tài liệu thủy văn đã được thu thập và phân tích bao gồm: Tài liệu về khí tượng (mưa, bốc hơi), Thủy văn (mực nước và lưu lượng).

Tài liệu khí tượng các trạm Biên Hòa, Cần Đăng, Dầu Tiếng, Đồng Phú, Gò Dầu, Lộc Ninh, Long Thành, Mộc Hóa, Phước Hòa, Phước Long, Tà Lài, Tân An, Tân Sơn Nhất, Tây Ninh, Trị An, Vũng Tàu.

Tài liệu thủy văn các trạm Vũng Tàu, Biên Hòa, Cát Lái, Phú An, Nhà Bè, Thủ Dầu Một, Bến Lức, Tân An, Mộc Hóa, lưu lượng thượng lưu sông Vàm Cỏ Đông, Thị Tính

Tài liệu lưu lượng xả xuống hạ du của hồ Dầu Tiếng, Trị An, Phước Hòa.



Hình 5. 2: Các trạm khí tượng trên lưu vực sông Đồng Nai Sài Gòn được xem xét trong mô hình MIKE11

Nguồn tài liệu khí tượng thủy văn tại các trạm trên có chất lượng tốt, đáng tin cậy. Các số liệu đã được chỉnh biên, kiểm tra độ chính xác hợp lý, đảm bảo được yêu cầu chất lượng, sử dụng được trong phân tích tính toán thủy văn phục vụ cho việc phân tích đánh giá biến động chế độ thủy văn, thủy lực vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

d) Số liệu phục vụ tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Năm được chọn để hiệu chỉnh mô hình là năm có đủ số liệu thực đo trên hệ thống sông đang xét và cũng là năm có lũ khá lớn so với chuỗi quan trắc trên hệ thống.

Trong thời gian quan trắc 30 năm, các năm xảy ra lũ lớn, lũ rất lớn như 1982, 1984, 1986, 1987, 1990, 1999, 2000, 2006, 2007. Các năm xảy ra lũ đồng bộ: 1981, 1983, 1988, 1989, 1991, 1992, 1996. Các năm mực nước triều lớn tại trạm Phú An, trạm Nhà Bè: 1982, 1986, 1990, 1999, 2000, 2003, 2006, 2007. Căn cứ tính đồng bộ số liệu đo đạc tại các tuyến để có khả năng khôi phục các trận lũ đến hồ, lựa chọn các năm lũ điển hình để hiệu chỉnh kiểm định mô hình như sau:

-Trận lũ tháng X/2000 được chọn để hiệu chỉnh mô hình.

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 $2000\text{m}^3/\text{s}$ liên tục trong 14 ngày. Hồ Trị An ban hành báo động cấp 1 và xả lưu lượng khá lớn $2.550\text{m}^3/\text{s}$ ngày 11/X ngang với mức lũ về. Đây là tình hình tổ hợp nhiều yếu tố bất lợi cho hạ du do xả lũ đồng

loạt tại cả 3 hồ Dầu Tiếng, Trị An, Thác Mơ và ảnh hưởng lũ từ ĐBSCL tràn về. Tại 2 hồ Trị An, Thác Mơ lưu lượng về đạt lớn nhất ngày 10/X là $3.643,5\text{m}^3/\text{s}$; lưu lượng xả tràn và phát điện lớn nhất ngày 11/X là $3.831\text{m}^3/\text{s}$. Hồ Đơn Dương xả tràn với lưu lượng ngày 10/10: $642\text{m}^3/\text{s}$, 11/10: $494\text{m}^3/\text{s}$, 12/10: $111\text{m}^3/\text{s}$ và ngày 13/10: $56\text{m}^3/\text{s}$.

Lũ trên sông Bé lũ rất lớn và kéo dài ngày 11,13,14,15,16 lưu lượng lần lượt là $1480\text{m}^3/\text{s}$, $1720\text{m}^3/\text{s}$, $1860\text{m}^3/\text{s}$, $1730\text{m}^3/\text{s}$, $1420\text{m}^3/\text{s}$, 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; 1.15m. Mực nước Biên Hòa vượt đến báo động 3 trong nhiều giờ, mực nước Phú An vượt báo động 2.

Lưu lượng lớn nhất tại biên Trị An năm 2000 là $4500\text{m}^3/\text{s}$ ($Q_{\text{qua 4 tổ máy}} + Q_{\text{xả tràn}} + Q_{\text{sông Bé}}$), tương đương lưu lượng lũ 10% thiết kế, tuy nhiên vì kéo dài nhiều ngày, nên tác động gây ngập của nó tương đương lũ 8%. Lưu lượng lớn nhất tại biên Dầu Tiếng năm 2000 đạt $600\text{m}^3/\text{s}$ tương đương lũ 10% thiết kế. Chi tiết vận hành các hồ chứa phía thượng nguồn lưu vực tháng 10/2000 được chỉ ra trong phần phụ lục báo cáo.

- Trận lũ tháng X/2007 được chọn để kiểm định mô hình.

Lưu lượng lớn nhất tại biên Trị An tháng 10 năm 2007 là $3590\text{m}^3/\text{s}$ ($Q_{\text{qua 4 tổ máy}} + Q_{\text{xả tràn}} + Q_{\text{sông Bé}}$), tương đương lưu lượng lũ 20% thiết kế, tuy nhiên vì kéo dài nhiều ngày, nên tác động gây ngập của nó tương đương lũ 8%. Lưu lượng lớn nhất tại biên Dầu Tiếng năm 2007 đạt $300\text{m}^3/\text{s}$ tương đương lũ 20% thiết kế. Chi tiết vận hành các hồ chứa phía thượng nguồn lưu vực tháng 10/2007 được chỉ ra trong phần phụ lục báo cáo.

- Trận lũ tháng 9/2008 được chọn để xác nhận mô hình.

e) Biên tính toán và điều kiện ban đầu

Hệ phương trình Saint Venant được giải cho mạng kênh cùng với các điều kiện biên sau:

Biên trên: quá trình lưu lượng theo thời gian

Biên dưới: quá trình mực nước theo thời gian.

e.1. Biên trên của mô hình

Trong sơ đồ thủy lực bao gồm 5 biên lưu lượng thượng lưu đã được xác định ở trên, biên trên của mô hình thủy lực là quá trình lưu lượng theo thời gian ($Q \sim t$) cụ thể như sau:

+ Trên sông Đồng Nai tại Nhà máy Thủy điện Trị An ($F_{lv} = 14800\text{ km}^2$).

+ Trên sông Bé tại Phước Hòa ($F_{lv} = 5765\text{ km}^2$)

+ Trên sông Sài Gòn tại hồ Dầu Tiếng ($F_{lv} = 2700\text{ km}^2$).

+ Trên sông Vàm Cỏ Tây tại Mộc Hóa ($F_{lv} = 901,1\text{ km}^2$).

+ Trên sông Vàm Cỏ Đông tại Cần Đăng ($F_{lv} = 617\text{ km}^2$).

+ Ngoài ra còn các biên trên: Sông Thị Tính, Thị Vải, Thị Nghè, Cầu Xăng, Sông Lư, Cầu Bông, Tân Hòa, sông Ngọc...được tính thông qua sử dụng mô hình mưa rào dòng chảy.

e.2. Tính biên gia nhập khu giữa

Biên dọc của mô hình là các đường quá trình lưu lượng $Q = f(t)$ gia nhập khu giữa được tính toán bằng mô hình thủy văn (mô hình NAM, URBAN) dựa vào các tài liệu khí tượng hiện có trên lưu vực. Vùng nghiên cứu được chia ra các tiểu vùng được trình bày trong bảng sau. Các tiểu vùng được liên kết với hệ thống sông kênh và tính toán đồng thời với mô hình thủy lực. Chi tiết xem thêm phụ lục tính toán.

e.3. Biên dưới của mô hình

Lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai là một lưu vực gần như khép kín với cửa chính đổ ra biển tại Soài Rạp và một số cửa sông nhỏ khác, chịu tác động của dòng chảy đồng bằng sông Cửu Long. Do vậy mạng lưới sông bố trí 4 biên mực nước gồm: Soài Rạp, Lòng Tàu, Đồng Tranh, Thị Vải. Tại các vị trí cửa biển Soài Rạp, Lòng Tàu, Đồng Tranh, Thị Vải không có trạm đo mực nước mà chỉ có một trạm đo mực nước Vũng Tàu nên số liệu các biên này sẽ được tính truyền từ trạm Vũng Tàu theo quan hệ $H \sim H$. Số liệu biên dưới được trích dẫn từ dự án quy hoạch chống ngập chi tiết do Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam và Viện Thủy lợi và Môi trường (Đại học Thủy lợi) thực hiện.

Theo nghiên cứu của GT.TS Nguyễn Tất Đắc trên cơ sở các liệt tài liệu đo từ 04-08/04/1993 thì tương quan của trạm Vũng Tàu với Soài Rạp và Cái Mép như sau:

$$H_{\text{Soài Rạp}} = H_{\text{Vũng Tàu}} \times 0.98 + 35.5 \text{ (cm)}$$

$$H_{\text{Cái Mép}} = H_{\text{Vũng Tàu}} \times 1.095 + 15.2 \text{ (cm)}$$

e.4. Điều kiện ban đầu

Điều kiện ban đầu là mực nước và lưu lượng ở các mặt cắt tính toán tại thời điểm bắt đầu quá trình mô phỏng. Điều kiện ban đầu này sẽ được lấy tùy thuộc vào các tài liệu sử dụng để mô phỏng.

e.5). Trạm kiểm tra

Sau khi mô phỏng, các kết quả tính toán tại vị trí các trạm kiểm tra sẽ được trích ra để so sánh với giá trị thực đo tại các trạm này từ đó để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tìm ra bộ thông số cho mô hình. Các biên kiểm tra tại các trạm thủy văn có đo mực nước bao gồm:

Bảng 5. 2: Một số trạm thủy văn dùng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

TT	Tên trạm	Sông	Vị trí
1	Biên Hòa	sông Đồng Nai	53934
2	Nhà Bè	Sông Soài Rạp	7000
3	Thủ Dầu Một	Sông Sài gòn	84450
4	Phú An	Sông Sài gòn	128404
5	Bến Lức	Sông Vàm Cỏ Đông	120077

4. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Để phân tích và đánh giá độ chính xác từ các kết quả của mô hình toán với các số liệu thực đo, đề tài đã sử dụng chỉ số hiệu quả Nash-Sutcliffe (NSE) và chỉ số thiên lệch (PBIAS). Chỉ số NSE là một thông số thống kê xác định giá trị tương đối của phương sai dư so với phương sai của chuỗi thực đo, được tính toán như sau:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}^{obs})^2} \quad (3)$$

Trong đó NSE: Hệ số Nash-Sutcliffe, Y_i^{obs} là giá trị đo đạc tại thời điểm i , Y_i^{sim} là giá trị kết quả từ mô hình tại thời điểm i ; \bar{Y}^{obs} là giá trị đo đạc trung bình trong chuỗi số liệu; n : chiều dài của chuỗi số liệu.

PBIAS được sử dụng để ước tính xu hướng trung bình của kết quả mô phỏng lớn hơn hoặc nhỏ hơn các giá trị thực đo. Giá trị tối ưu của PBIAS là 0, với các giá trị thấp biểu thị mô hình mô phỏng chính xác. PBIAS được tính theo công thức sau:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})}{\sum_{i=1}^n Y_i^{obs}} \times 100\% \quad (4)$$

Các tham số trong công thức (4) tương tự như các tham số ở công thức (3). Căn cứ để đánh giá mức độ chính xác của mô hình theo hai chỉ số nói trên được Moriasi và nnk [2007] tổng hợp từ các nghiên cứu trước và được trình bày trong Bảng Error! No text of specified style in document.-2.

Bảng Error! No text of specified style in document.-2. Đánh giá mức độ chính xác của kết quả mô hình theo các chỉ số NSE và PBIAS theo bước thời gian tháng (Moriasi và nnk (2007))

Mức độ chính xác của mô hình	NSE	PBIAS (%)	
		Dòng chảy	Bùn cát
Rất tốt	$0.75 < NSE \leq 1.00$	$PBIAS < \pm 10$	$PBIAS < \pm 15$
Tốt	$0.65 < NSE \leq 0.75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 30$
Trung bình	$0.50 < NSE \leq 0.65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$	$\pm 30 \leq PBIAS < \pm 55$
Dưới trung bình	$NSE \leq 0.50$	$PBIAS > \pm 25$	$PBIAS > \pm 55$

+) Hiệu chỉnh mô hình

Sau khi đã thiết lập được mô hình, tiến hành hiệu chỉnh thông số mô hình. Trong quá trình hiệu chỉnh cần luôn kết hợp so sánh kết quả tính mực nước với số liệu thực đo để chỉnh hệ số nhám. Khi kết quả tính toán hiệu chỉnh mực nước khá gần với số liệu thực đo tại các trạm có số liệu kiểm định, bộ thông số tìm được là đạt và có thể dùng được trong tính toán phương án tiếp theo. Kết quả hiệu chỉnh mô hình được thể hiện dưới dạng các biểu đồ so sánh kết quả tính toán và thực đo tại vị trí các trạm thủy văn kiểm tra trên mạng sông đã nói ở trên và chỉ số kiểm định NASH tương ứng tại các trạm đó. Kết quả hiệu chỉnh mô hình như sau:

Bảng 5. 3: Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại một số trạm theo trận lũ 2000

TT	Trạm kiểm tra	Sông	Hmax (m)			Hmin (m)			Hệ số Nash
			Tính toán	Thực đo	Sai số Hmax (m) (Ttoán-Tđo)	Tính toán	Thực đo	Sai số Hmin (m) (Ttoán-Tđo)	

TT	Trạm kiểm tra	Sông	Hmax (m)			Hmin (m)			Hệ số Nash
			Tính toán	Thực đo	Sai số Hmax (m) (Ttoán-Tđo)	Tính toán	Thực đo	Sai số Hmin (m) (Ttoán-Tđo)	
1	Biên Hòa	Đồng Nai	2,17	2,19	-0,02	-0,67	-0,66	-0,01	0,95
2	Bên Lức	Vàm Cỏ Đông	1,37	1,38	-0,01	-0,2	-0,22	0,02	0,95
3	Thủ Dầu Một	Sài Gòn	1,27	1,26	0,01	-1,53	-1,52	-0,01	0,97
4	Nhà Bè	Nhà Bè	1,38	1,42	-0,04	-1,57	-1,62	0,05	0,87
5	Phú An	Sài Gòn	1,44	1,43	0,01	-1,56	-1,53	-0,03	0,94

Kết quả đường quá trình tính toán và thực đo trong trường hợp hiệu chỉnh mô hình tại các trạm kiểm tra được thể hiện trong phần phụ lục báo cáo.

Kết quả tính toán thử nghiệm mô hình mô phỏng cho trận lũ X/2000 cho thấy sai số mực nước lũ lớn nhất giữa tính toán và đo đạc là trong khoảng từ 1 đến 5cm. Đường quá trình tính toán và thực đo là phù hợp về dạng đường, thời gian xuất hiện đỉnh lũ, hệ số NASH nằm trong khoảng từ 0,87 đến 0,97. Như vậy, với bộ thông số của mô hình tương ứng với kết quả hiệu chỉnh này ta có thể dùng để tính toán kiểm định lũ cho hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn với trận lũ tháng X/2007.

+) Kiểm định mô hình:

Để kiểm định độ tin cậy của bộ thông số mô hình, ta dùng bộ thông số này tiến hành chạy kiểm tra tiếp trong thời gian mưa lũ tháng X/2007.

Kết quả kiểm định mô hình cũng được thể hiện trên biểu đồ quá trình mực nước thực đo tại các trạm kiểm tra trong mạng, kết hợp với chỉ tiêu kiểm định Nash tương ứng. Các kết quả trình bày trong bảng dưới đây.

Bảng 5. 4: Kết quả kiểm định mô hình theo trận lũ 2007

TT	Trạm kiểm tra	Hmax (m)			Hmin (m)			Hệ số Nash
		Tính toán	Thực đo	Sai số Hmax (m) (Ttoán-Tđo)	Tính toán	Thực đo	Sai số Hmin (m) (Ttoán-Tđo)	
1	Biên Hòa	2,06	2,05	0,01	-0,82	-0,78	-0,04	0,89
2	Bên Lức	1,41	1,4	0,01	-1,08	-1,06	-0,02	0,97
3	Thủ Dầu Một	1,25	1,24	0,01	-1,38	-1,4	0,02	0,93
4	Nhà Bè	1,42	1,46	-0,04	-2,2	-2,21	0,01	0,96
5	Phú An	1,47	1,49	-0,02	-1,71	-1,72	0,01	0,95

Kết quả đường quá trình tính toán và thực đo trong trường hợp kiểm định mô hình tại các trạm kiểm tra được thể hiện trong các hình vẽ phần phụ lục báo cáo.

Kết quả tính toán mô phỏng trận lũ tháng X/2007 cho thấy sai số giữa tính toán và đo đạc là $0,01 \div 0,04$ m. Đường quá trình tính toán và thực đo tương đối phù hợp về dạng đường, thời gian xuất hiện đỉnh lũ. Hệ số NASH trong khoảng từ 0.89-0.97. Kết quả mô phỏng mực nước giữa tính toán và thực đo tương đối tốt cho các trạm trong vùng nghiên cứu. Sự lệch pha cũng như chênh lệch giữa chân triều và đỉnh triều là rất ít. Sử dụng trận lũ tháng 9/2008 để xác nhận mô hình. Kết quả xác nhận mô hình được thể hiện trong bảng và các hình vẽ sau:

Bảng 5. 5: Kết quả xác nhận mô hình tại một số trạm theo trận lũ IX/2008

TT	Trạm kiểm tra	Sông	Hmax (m)			Hmin (m)			Hệ số Nash
			Tính toán	Thực đo	Sai số (m)	Tính toán	Thực đo	Sai số (m)	
1	Biên Hòa	Đồng Nai	1,6	1,6	0	-1,6	-1,55	-0,05	0,90
2	Bên Lức	Vàm Cỏ Đông	1,16	1,15	0,01	-1,27	-1,30	0,03	0,93
3	Thủ Dầu Một	Sài Gòn	1,16	1,12	0,04	-2,15	-2,17	0,02	0,90
4	Nhà Bè	Nhà Bè	1,32	1,28	0,04	-2,28	-2,27	-0,01	0,92
5	Phú An	Sài Gòn	1,31	1,32	-0,01	-2,18	-2,20	0,02	0,94

Kết quả tính toán cho thấy mực nước tính toán phù hợp với số liệu thực đo cả về biên độ dao động lẫn giá trị tuyệt đối và pha triều, chênh lệch giữa số liệu thực đo và mô phỏng khoảng từ 1-5cm. Hệ số NASH trong khoảng từ 0.90-0.94. Qua đó cho thấy rõ cơ sở dữ liệu nhập để mô phỏng các yếu tố thủy lực vùng nghiên cứu có đủ độ tin cậy. Kết quả mô phỏng hiệu chỉnh mô hình và bộ thông số của mô hình như trên là phù hợp và có thể sử dụng để mô phỏng đánh giá biến động chế độ thủy văn thủy lực vùng hạ du lưu vực sông Đồng Nai.

3.3. Kết quả tính toán biến động chế độ thủy văn, thủy lực, diễn biến lòng dẫn vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn.

3.3.1. Kết quả đánh giá biến động chế độ dòng chảy vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

Để đánh giá tác động của các hồ chứa đến chế độ thủy văn vùng hạ du lưu vực sông, phương pháp sử dụng như tương quan đơn biến-đa biến giữa dòng chảy trước và sau hồ chứa, phương pháp khôi phục dòng chảy tự nhiên trong thời kỳ điều tiết hay mô hình mô phỏng, phương pháp đánh giá dựa trên các chỉ số biến đổi thủy văn IHA...

Ưu điểm của các phương pháp sử dụng mô hình mô phỏng để hoàn nguyên dòng chảy là có thể đánh giá tại rất nhiều điểm trên hệ thống sông cả khi có và không có số liệu thực đo, đánh giá được chi tiết theo từng giờ đối với các sự kiện cực đoan (như trận lũ). Ngược lại nhược điểm của chúng là cần rất nhiều công sức và số liệu để kiểm định, hiệu chỉnh mô hình, kết quả đánh giá phụ thuộc rất lớn vào số liệu đầu vào, chất lượng mô hình, kỹ năng của người sử dụng mô hình, vốn mang nhiều tính bất định.

Phương pháp đánh giá dựa trên các chỉ số biến đổi thủy văn IHA (Indicators Hydrologic of Alteration Method) được sử dụng rộng rãi. Ưu điểm của phương pháp này là tính đơn giản và tiết kiệm công sức, số liệu sử dụng trong đánh giá (trong trường hợp có trạm số liệu thực đo đủ dài) và giảm tính bất định của kết luận đánh giá. Nhược điểm là vẫn cần đến sự kết hợp các phương pháp tương quan, mô hình hóa trong các trường hợp thiếu hoặc không có số liệu thực đo, khó áp dụng để đánh giá đối với các sự kiện cực

đoạn (như lũ) hay điều tiết của hồ chứa thủy điện theo biểu đồ phụ tải ngày và khó phân tách tác động của hồ chứa với các tác động khác như thay đổi thảm phủ, sử dụng đất, điều kiện khí tượng, khí hậu. Do vậy, phương pháp này phù hợp cho các đánh giá nhanh, các kết luận liên quan đến các thông số thủy văn có thời đoạn từ ngày, tháng, mùa đến năm (như ảnh hưởng của chế độ thủy văn, thủy lực đến diễn biến hình thái sông, cửa sông, chế độ lưu lượng theo ngày của mùa lũ, mùa cạn).

Phương pháp chỉ số biến đổi thủy văn (Phương pháp IHA - *Indicators Hydrologic of Alteration Method*) được đề xuất đầu tiên bởi Richer và các cộng sự ở Hoa Kỳ vào năm 1996. Phương pháp này đề xuất sử dụng 32 thông số biến đổi thủy văn (IHA parameters) được chia làm 5 nhóm gồm các đặc tính về độ lớn dòng chảy, thời gian xuất hiện, thời gian duy trì, tần suất và cường độ biến đổi. Việc đánh giá các chỉ số IHA được thực hiện qua 4 bước: xác định các chuỗi dữ liệu trong thời gian trước và sau tác động của hệ thống hồ chứa; tính giá trị 32 thông số IHA cho mỗi năm; tính toán thống kê 32 thông số IHA cho thời kỳ nhiều năm; so sánh trước và sau tác động và kết quả là độ lệch tương đối giữa trước và sau khi có hồ chứa.

Độ lệch tương đối trị số dòng chảy trung bình các giai đoạn (chỉ số biến đổi), thời kỳ điều tiết so với thời kỳ tự nhiên được xác định như sau:

$$D_{tb} = \frac{\overline{K_2} - \overline{K_1}}{\overline{K_1} \cdot 100} \%$$

Trong đó: D_{tb} : Độ lệch tương đối trị số dòng chảy trung bình [-]; K_2 là hệ số phân tán thời kỳ vận hành [-], K_1 là hệ số phân tán thời kỳ tự nhiên [-].

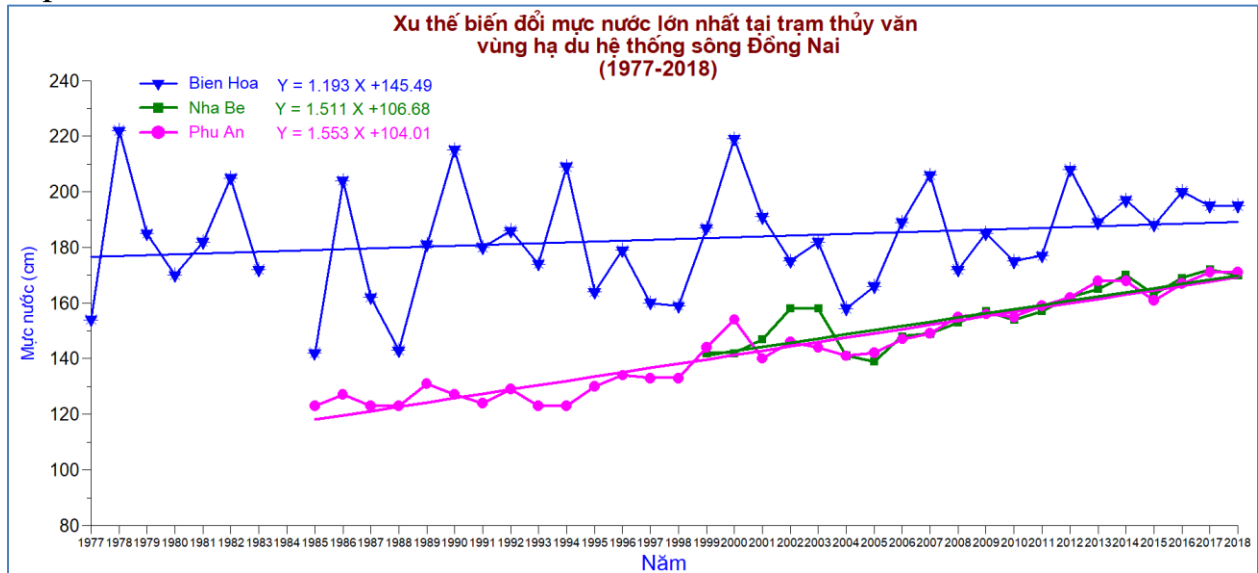
Độ lệch tương đối hệ số phân tán của các giai đoạn, thời kỳ điều tiết (C_{v2}) so với thời kỳ tự nhiên (C_{v1}) được xác định như sau:

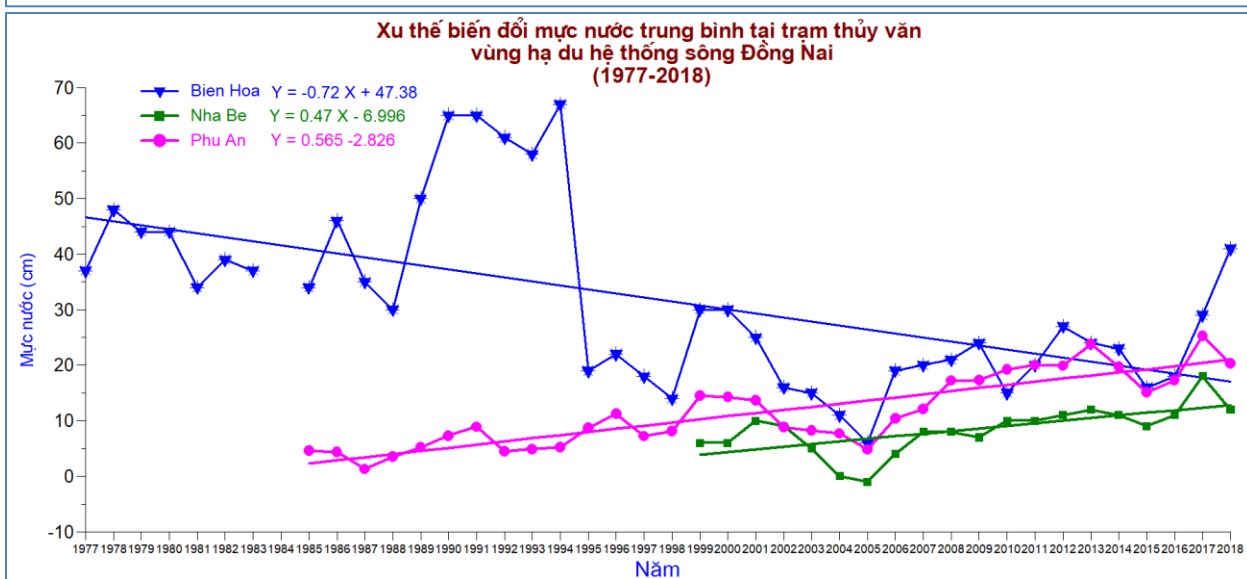
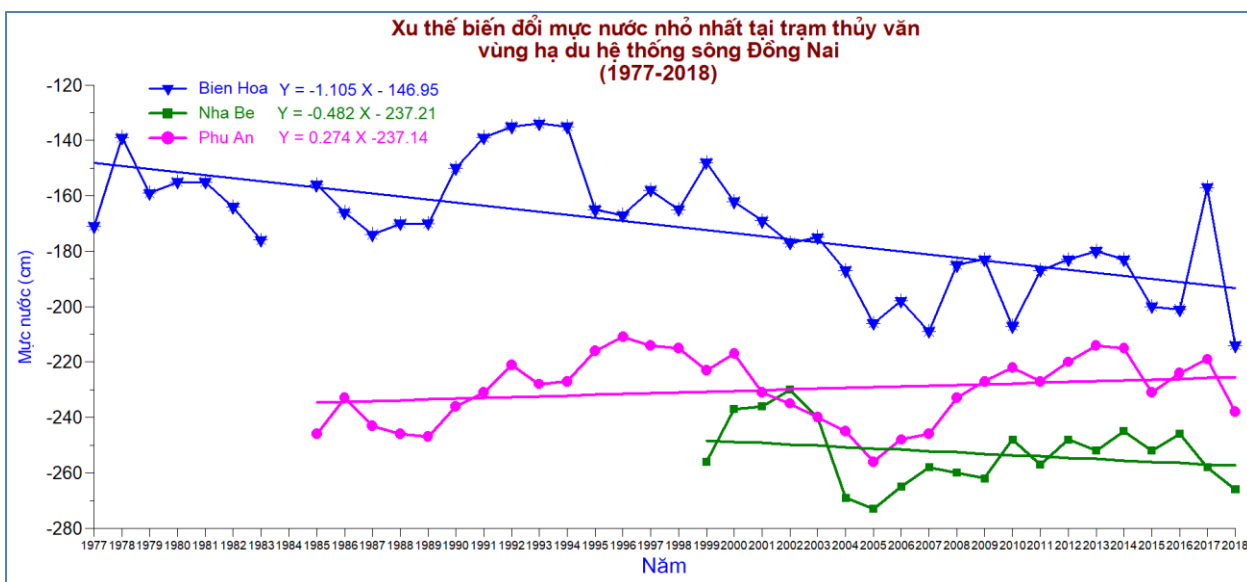
$$D_{\delta} = \frac{C_{v2} - C_{v1}}{C_{v1} \cdot 100} \%$$

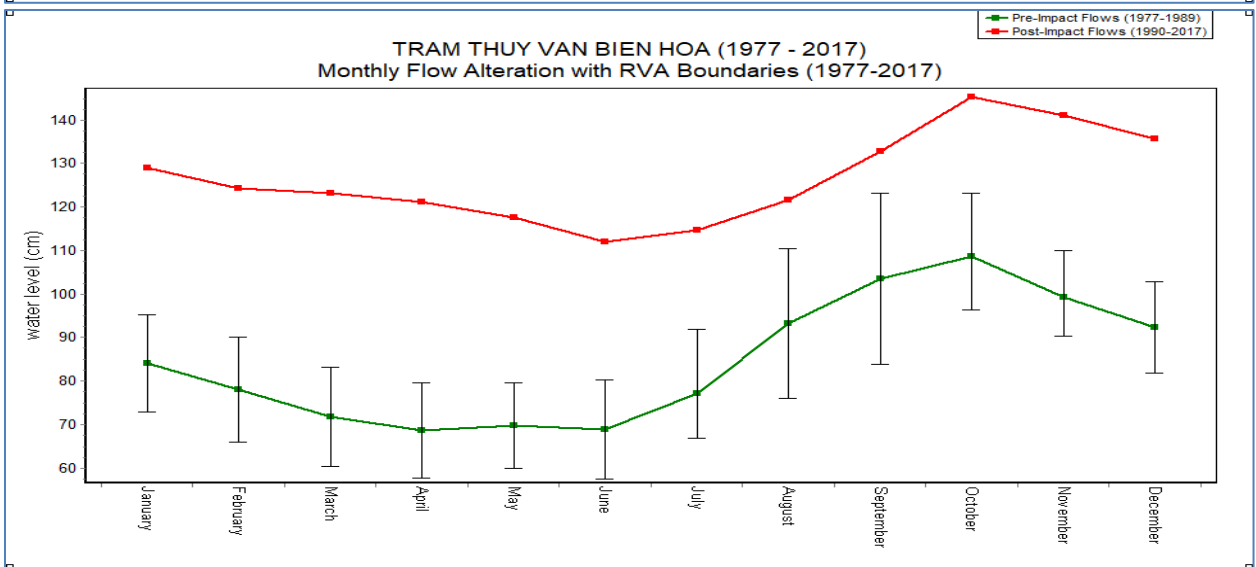
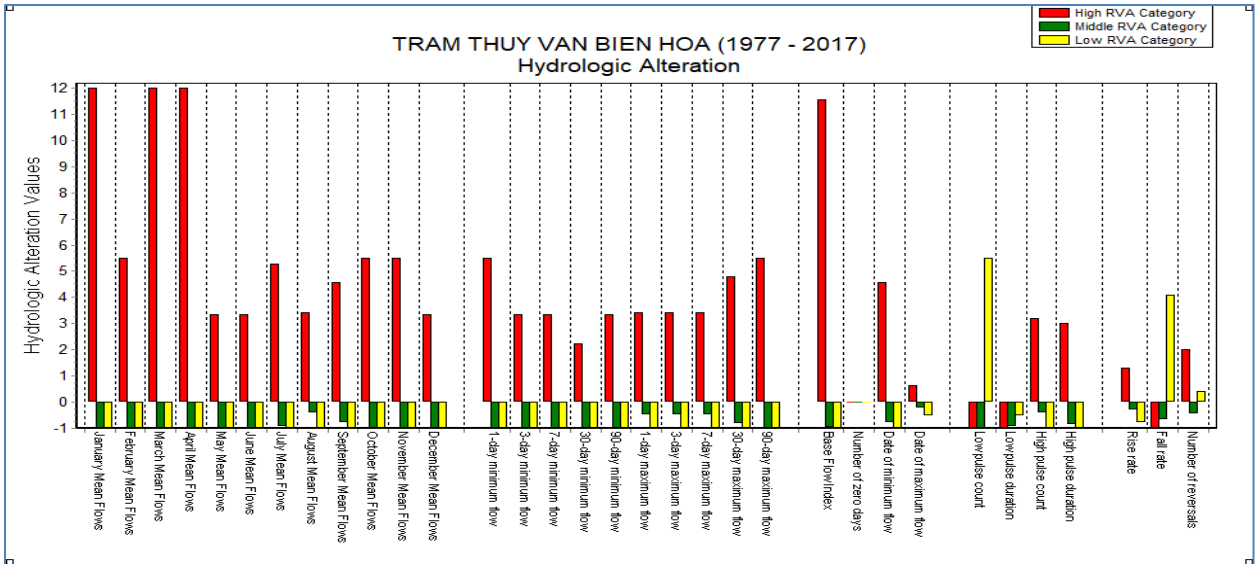
Dữ liệu được sử dụng để đánh giá là số liệu quan trắc mực nước tại trạm thủy văn Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai từ năm 1980-2017. Trạm đặt bên bờ trái sông Đồng Nai, nằm trong khu vực nhà máy nước Biên Hòa, trên đường Cách mạng tháng Tám, thuộc phường Quyết Thắng, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai, trạm cách hồ Trị An khoảng 40km. cách trạm khoảng 06km là cù lao Rùa, thuộc tỉnh Bình Dương. Về phía hạ lưu, cách trạm khoảng hơn 600m là cù lao Hiệp Hòa (Xã Hiệp Hòa, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai), nơi đây sông Đồng Nai tự chia ra làm hai nhánh ôm trọn cù lao này: dòng bên phải với mặt cắt lớn hơn là dòng chính, còn dòng bên trái hẹp hơn, nước chảy yếu. Theo dòng chính khoảng 04km là điểm cuối của cù lao Hiệp Hòa. Cách khoảng 40 km về phía hạ lưu bên bờ phải là nơi ngã ba giữa sông Sài Gòn và sông Đồng Nai; cách trạm khoảng 50km về phía hạ lưu là nơi sông chia làm hai nhánh: bên phải là Soài Rạp, bên trái là Lòng Tàu đổ ra biển Đông. Trạm Thủy văn Biên Hòa có dòng chảy chịu ảnh hưởng mạnh chế độ bán nhật triều không đều của Biển Đông trong cả năm. Trong mùa lũ và cả khi hồ Trị An xả lũ, chế độ thủy triều vẫn thể hiện rõ. Dòng chảy có 2 chiều rõ rệt. Hồ Trị An đi

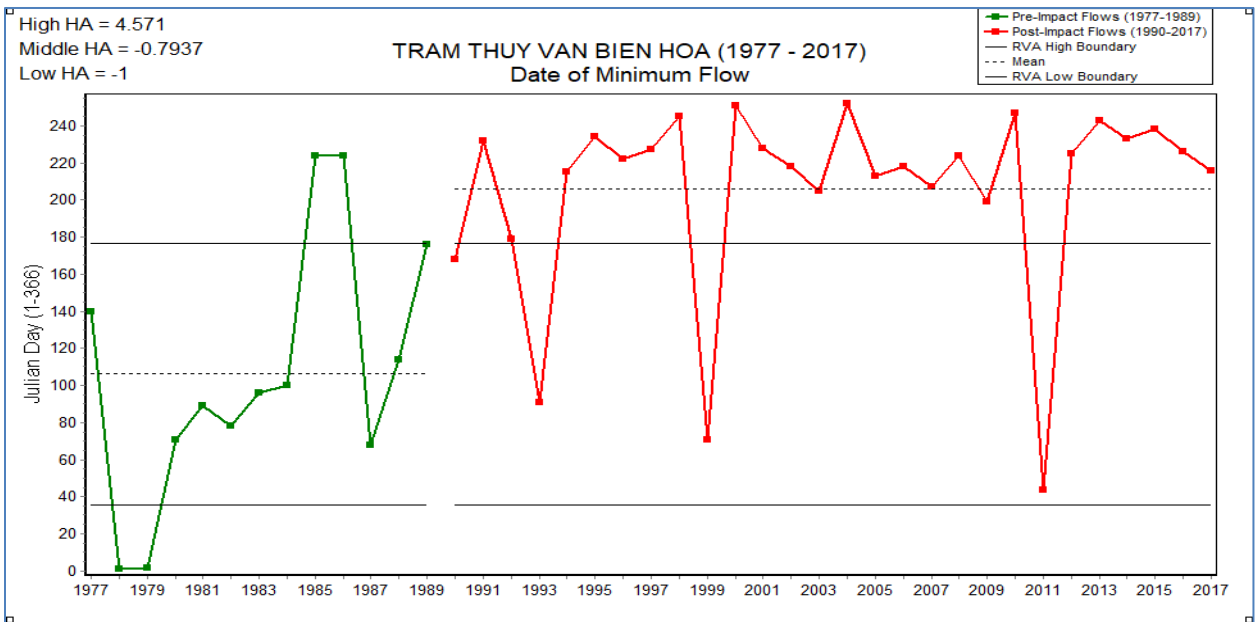
vào vận hành năm 1990. Do đó, khi tính toán sử dụng chuỗi số liệu từ 1980-1989 là thời gian dòng chảy tự nhiên và thời gian từ 1990-2017 là chịu ảnh hưởng của vận hành hồ chứa.

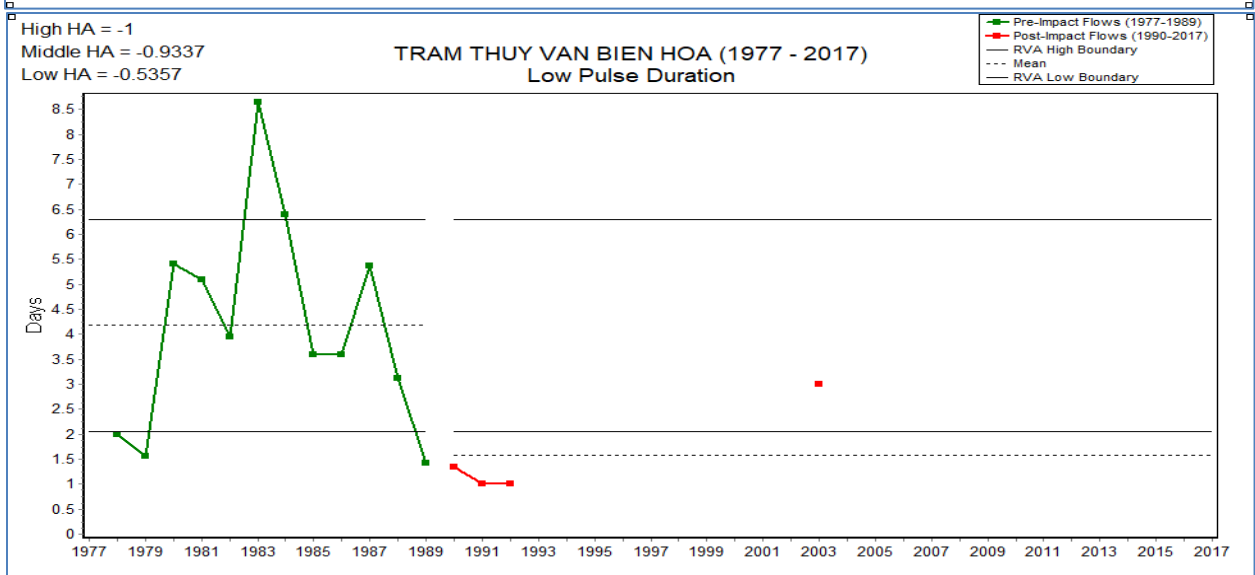
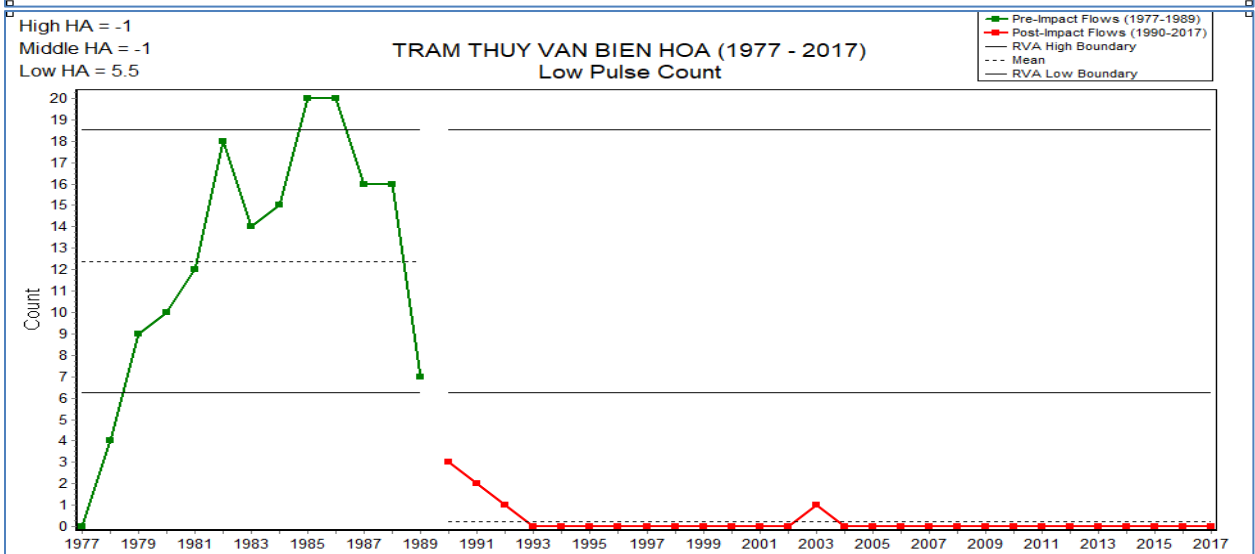
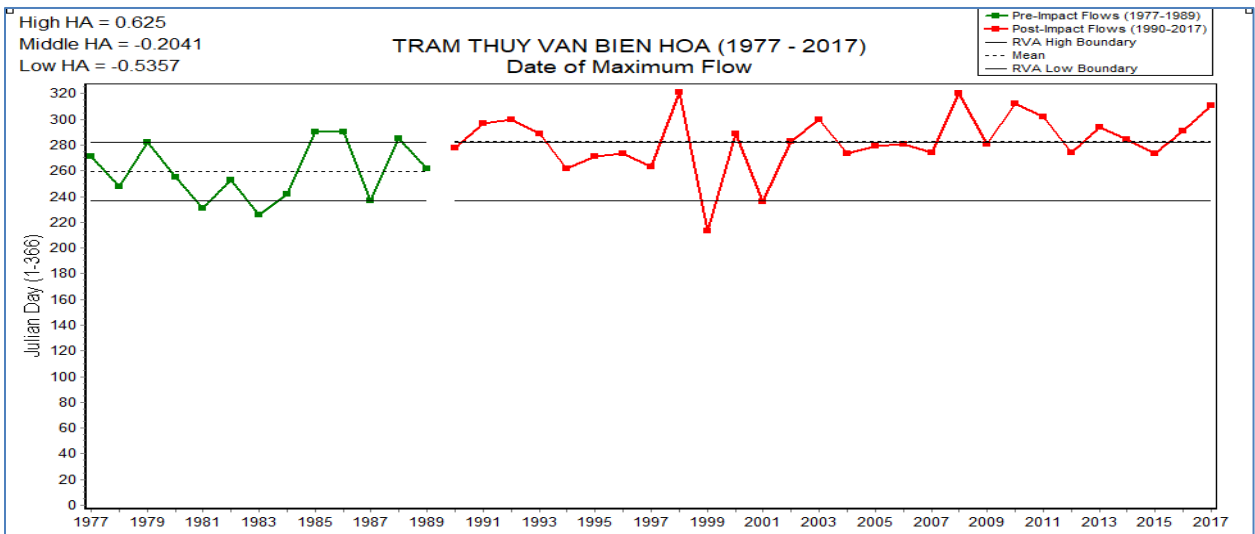
Sử dụng phần mềm IHA của The Nature Conservancy Ver. 7.1 để tính toán 32 thông số biến đổi thủy văn cho từng năm và tổng hợp cho từng thời kỳ. Chi tiết xem thêm phần phụ lục báo cáo.

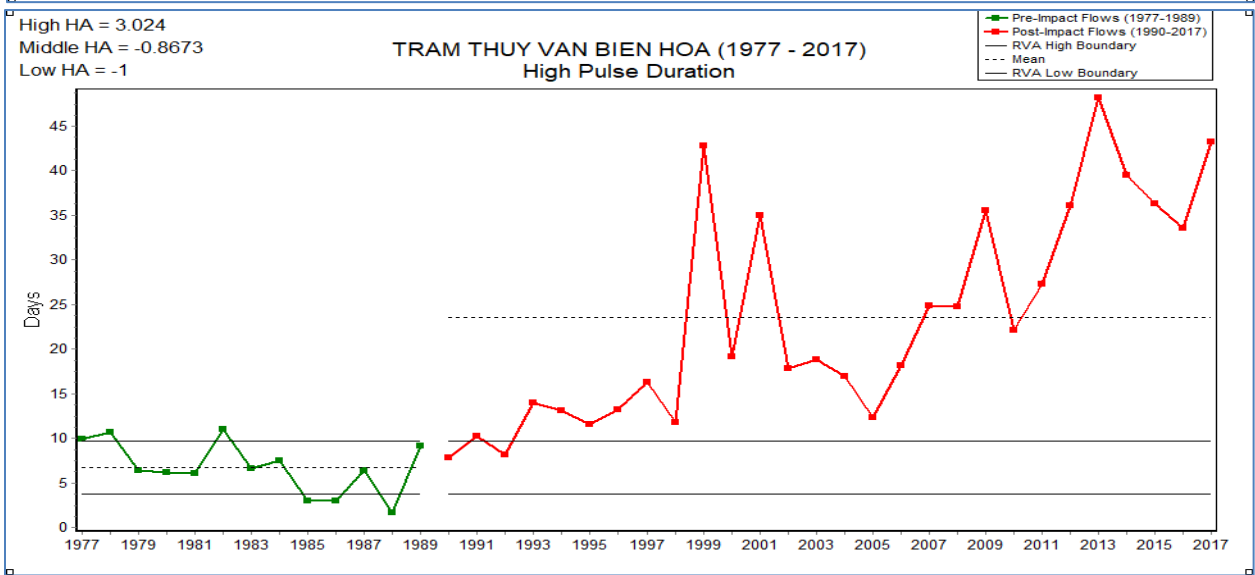
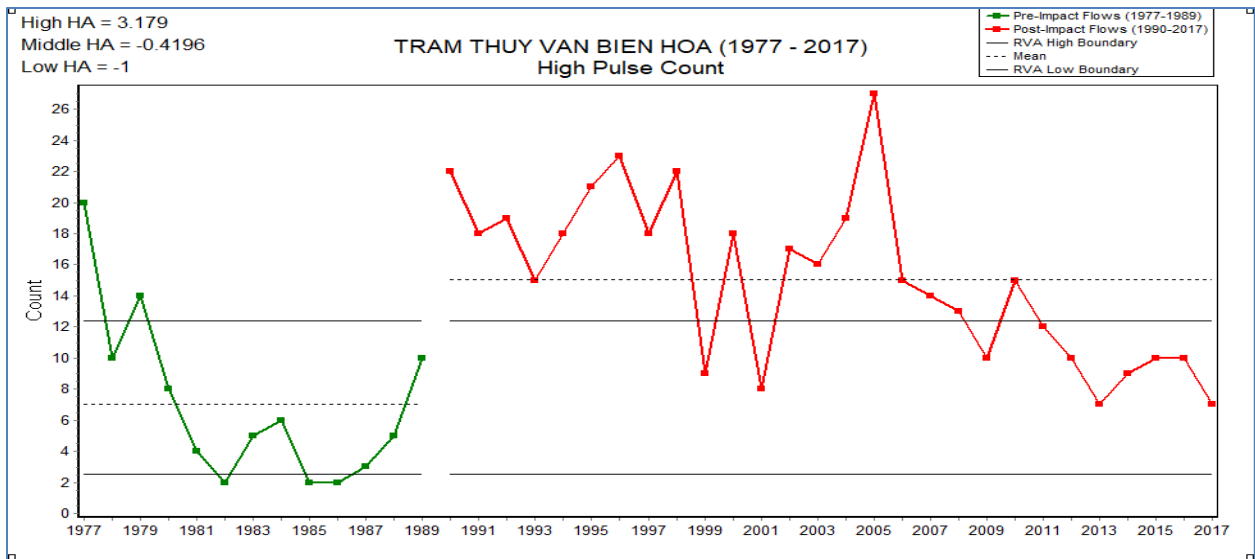


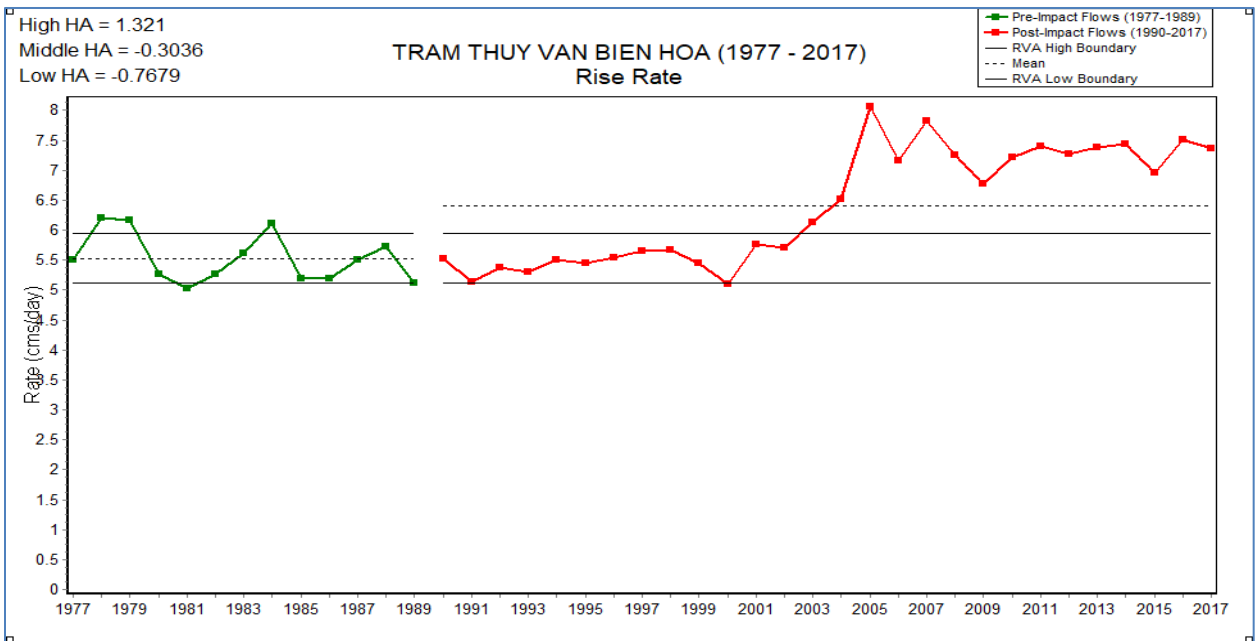


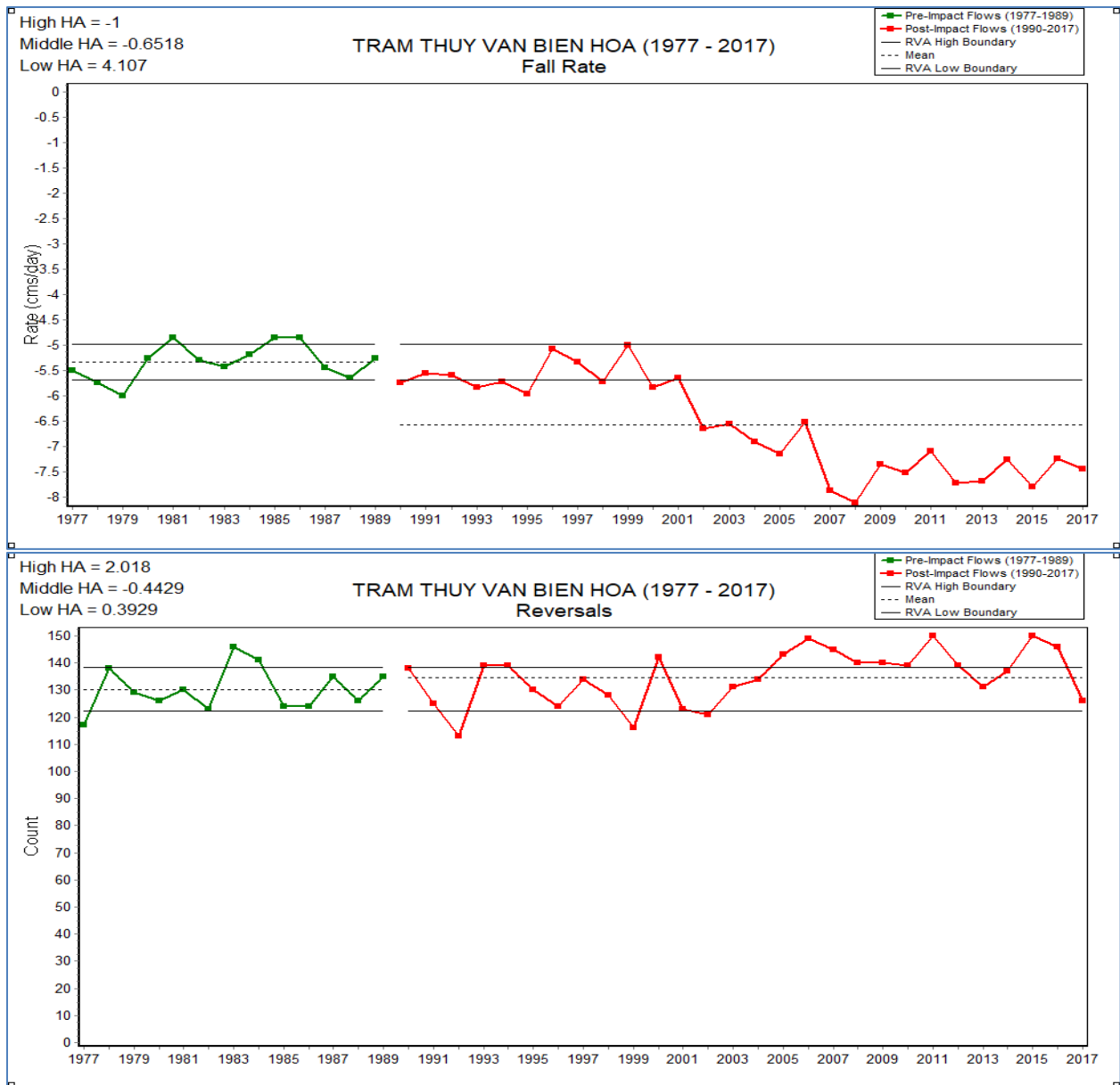












Bảng: chỉ số biến đổi thủy văn qua các giai đoạn, thời kỳ điều tiết so với thời kỳ tự nhiên

Chỉ số biến đổi thủy văn (IHA)	Thời kỳ tự nhiên 1977-1989				Thời kỳ có hồ chứa 1990-2017				Biên độ lệch tương đối RVA		Hệ số biến động thủy văn (HA)
	TB	Hệ số phân tán	Min	Max	TB	Hệ số phân tán	Min	Max	Low	High	
Nhóm 1: Dòng chảy trung bình tháng											
Tháng 1	84.19	0.1325	72.71	114.9	129	0.09773	106.3	156.6	73.03	95.35	-1
Tháng 2	78.09	0.1554	65.11	109.5	124.3	0.1041	99.54	146.9	65.95	90.22	-1
Tháng 3	71.83	0.1574	59.39	99.23	123.1	0.1039	94.06	140.6	60.53	83.14	-1
Tháng 4	68.71	0.1604	53.07	93.23	121.1	0.1195	90.03	147.6	57.69	79.73	-1

Chỉ số biến đổi thủy văn (IHA)	Thời kỳ tự nhiên 1977-1989				Thời kỳ có hồ chứa 1990-2017				Biên độ lệch tương đối RVA		Hệ số biến động thủy văn (HA)
	TB	Hệ số phân tán	Min	Max	TB	Hệ số phân tán	Min	Max	Low	High	
Tháng 5	69.79	0.1412	54.26	85.94	117.5	0.1278	89.45	148.4	59.94	79.65	-1
Tháng 6	68.92	0.1658	54.67	88.13	112	0.1248	86.43	141.6	57.49	80.35	-1
Tháng 7	77.11	0.1922	63.68	107.3	114.6	0.1114	91.74	140.1	66.85	91.93	-0.4204
Tháng 8	93.18	0.1837	72.16	118.6	121.6	0.1032	103.4	146.5	76.07	110.3	-0.4382
Tháng 9	103.5	0.1905	81.93	145	132.7	0.08231	110.7	151.2	83.81	123.2	-0.5679
Tháng 10	108.7	0.134	95.13	140.5	145.3	0.08959	126.3	169.8	96.29	123.3	-0.3314
Tháng 11	99.33	0.1069	89.13	123	141	0.09786	118	170.3	90.4	109.9	-0.0846
Tháng 12	92.34	0.1132	80.1	115.1	135.8	0.107	110.6	162.7	81.89	82.8	-1
Nhóm 1: Dòng chảy cực trị											
H 1- ngày min	30.08	0.4685	12	63	71.79	0.145	54	93	15.99	44.17	-1
H 3- ngày min	43.94	0.2562	29.33	66.33	81.06	0.1272	58	98.67	32.68	55.19	-1
H 7- ngày min	49.95	0.2031	37	69.29	93.62	0.1229	72.86	115.6	39.8	60.1	-1
H 30- ngày min	62.86	0.1587	51.03	80.63	108.7	0.1236	84.17	136.2	52.88	72.83	-1
H 90- ngày min	66.94	0.1463	53.23	86.13	113.1	0.118	89.83	140.1	57.15	76.74	-1
H 1- ngày max	146	0.1861	112	207	179.7	0.1021	144	219	118.9	173.2	-0.4777
H 3- ngày max	142.8	0.1887	110	203	175	0.106	142	213.7	115.8	169.7	-0.4777
H 7- ngày max	135.7	0.1776	106.3	190.9	168	0.1039	136.9	202.3	111.6	159.7	-0.4777
H 30- ngày max	115.5	0.1322	98.8	151.8	150.1	0.08827	128.1	174.7	100.2	130.7	-0.8259
H 90- ngày max	106.7	0.131	93.72	138	143.1	0.08591	122.2	167.9	94.68	120.6	-0.9124
Chỉ số dòng chảy cơ bản	0.586 2	0.09976	0.484	0.6638	0.7389	0.05199	0.6248	0.8068	0.5277	0.6447	-0.9536
Nhóm 3: Thời gian xuất hiện dòng chảy cực trị											
T (Hmin)	106.4	0.1927	1	224	206.1	0.1436	44	252	35.86	176.9	-0.7937
T (Hmax)	259.4	0.06159	226	290	283	0.06318	213	321	236.8	281.9	-0.2041
Nhóm 4: Xung dòng chảy cao, thấp											
Số lần xuất hiện xung thấp (LPC)	12.38	0.4961	0	20	0.25	2.802	0	3	6.24	18.53	-1
Khoảng thời gian duy trì xung thấp (LPD)	4.18	0.5082	1.429	8.643	1.583	0.6047	1	3	2.055	6.304	-0.9337
Số lần xuất hiện xung cao (HPC)	7	0.7671	2	20	15.07	0.3561	7	27	2.5	12.37	-0.4196
Khoảng thời gian duy trì xung cao (HPD)	6.711	0.4413	1.6	11	23.48	0.5123	7.818	48.14	3.749	9.672	-0.8673
Ngưỡng xung thấp là			62.14								
Ngưỡng xung cao là			107.2								
Nhóm 5: Tỷ lệ và tần suất biến đổi dòng chảy											
Tỷ lệ tăng	5.531	0.07375	5.031	6.202	6.411	0.1499	5.103	8.063	5.123	5.939	-0.3036

Chỉ số biến đổi thủy văn (IHA)	Thời kỳ tự nhiên 1977-1989				Thời kỳ có hồ chứa 1990-2017				Biên độ lệch tương đối RVA		Hệ số biến động thủy văn (HA)
	TB	Hệ số phân tán	Min	Max	TB	Hệ số phân tán	Min	Max	Low	High	
Tỷ lệ giảm	-5.334	-0.06573	-6	-4.849	-6.571	-0.1459	-8.116	-4.994	-5.685	-4.984	-0.6518
Số lần đảo chiều	130.3	0.06316	117	146	134.7	0.07423	113	150	122.1	138.5	-0.4429

Qua phân tích đánh giá theo chỉ số biến đổi thủy văn IHA kết hợp phân tích thống kê các đặc trưng thủy văn rút ra một số nhận xét như sau:

Trạm Thủy văn Biên Hòa có dòng chảy chịu ảnh hưởng mạnh chế độ bán nhật triều không đều của Biển Đông trong cả năm. Trong mùa lũ và cả khi hồ Trị An xả lũ, chế độ thủy triều vẫn thể hiện rõ. Dòng chảy có 2 chiều rõ rệt. Trị số trung bình số lần dòng chảy biến đổi ngược chiều thời kỳ điều tiết 1990-2017 tăng 7.42% so với thời kỳ tự nhiên từ 128 lần/năm lên 137 lần/năm.

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. Thời gian duy trì xung cao mực nước lớn nhất tăng 62% so với thời kỳ tự nhiên. Thời gian duy trì xung thấp mực nước lớn nhất giảm 73% so với thời kỳ tự nhiên. Kết quả này cho thấy hồ Trị An đã tác động tích cực đến chế độ thủy văn hạ lưu sau hồ tại trạm thủy văn Biên Hòa, đặc biệt trong mùa lũ, khi kết hợp với triều cường.

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, đặc biệt trong những năm gần đây từ năm 2012 đến nay mực nước max cao hơn mực nước max trung bình nhiều năm, điều này cho thấy sự gia tăng của mực nước triều và ảnh hưởng của mưa lớn trên lưu vực.

Trong mùa khô, hệ số phân tán lớn hơn so với thời kỳ tự nhiên, đặc biệt trong các tháng 2.

3.3.2. Xây dựng quan hệ thủy văn, thủy lực vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

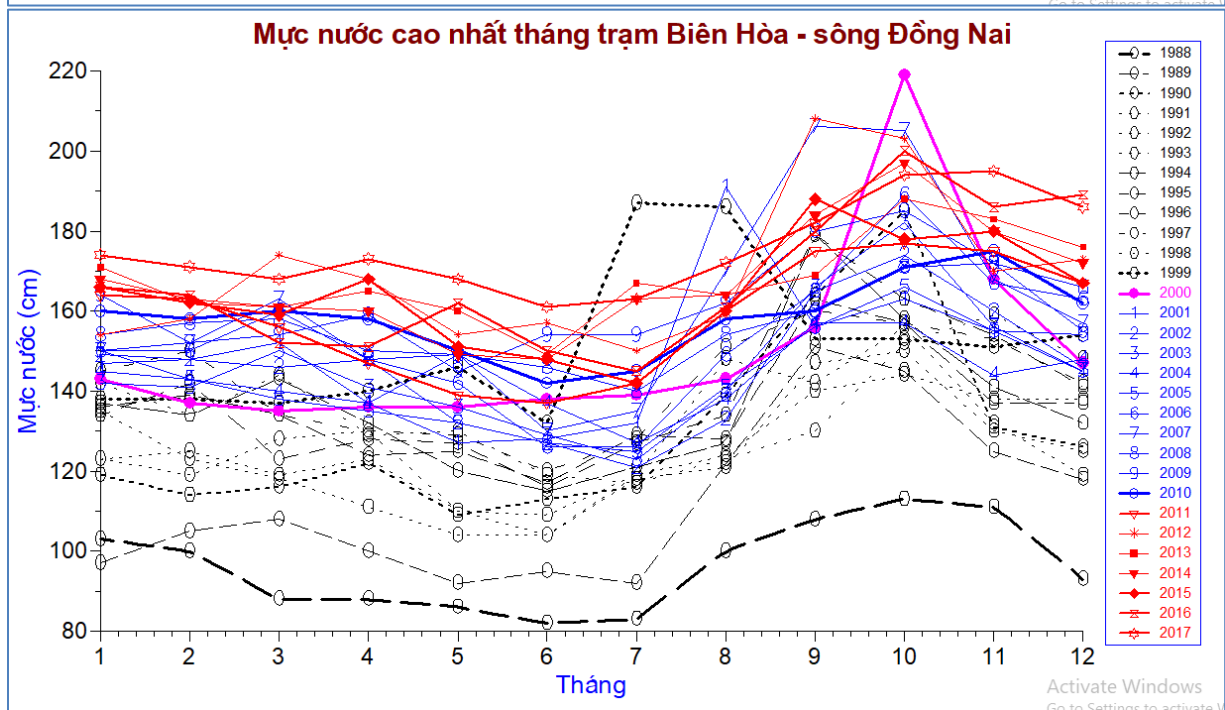
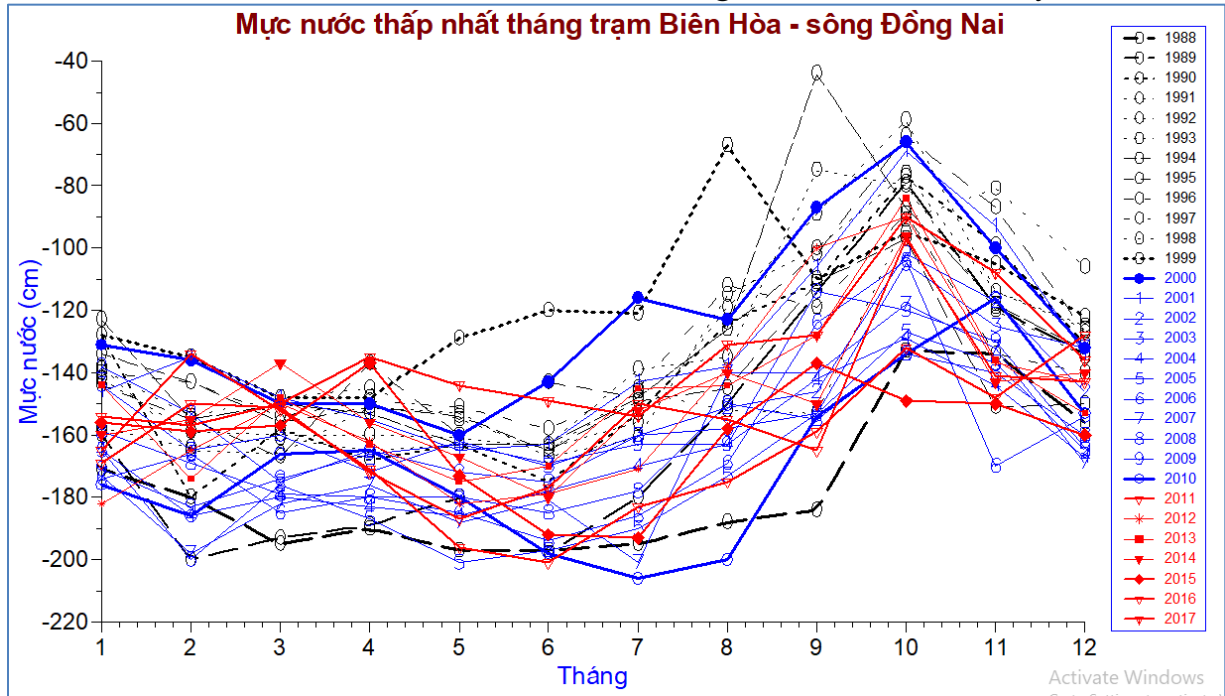
3.3.2.1. Xu thế biến đổi mực nước.

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 liên kết giữa các hạt đất gây xói lở bờ, gây 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 khối đất gây trượt về phía lòng sông. Do hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn có mực nước triều với biên độ lớn (3-4m), lên xuống ngày hai lần (bán nhật triều không đều), với hai đỉnh xấp xỉ nhau và hai chân lệch nhau khá lớn nên ảnh hưởng càng mạnh,

đặc biệt trong vài năm gần đây, từ sau năm 2000, mực nước thấp nhất các tháng trong năm có xu hướng thấp dần đi, trong khi đó mực nước cao nhất tháng trong năm có xu hướng tăng cao hơn dẫn đến ảnh hưởng của mực nước đến sạt lở bờ càng mạnh hơn. Hiện tượng sạt lở thường xảy ra khi mực nước phía ngoài sông xuống thấp nhất.

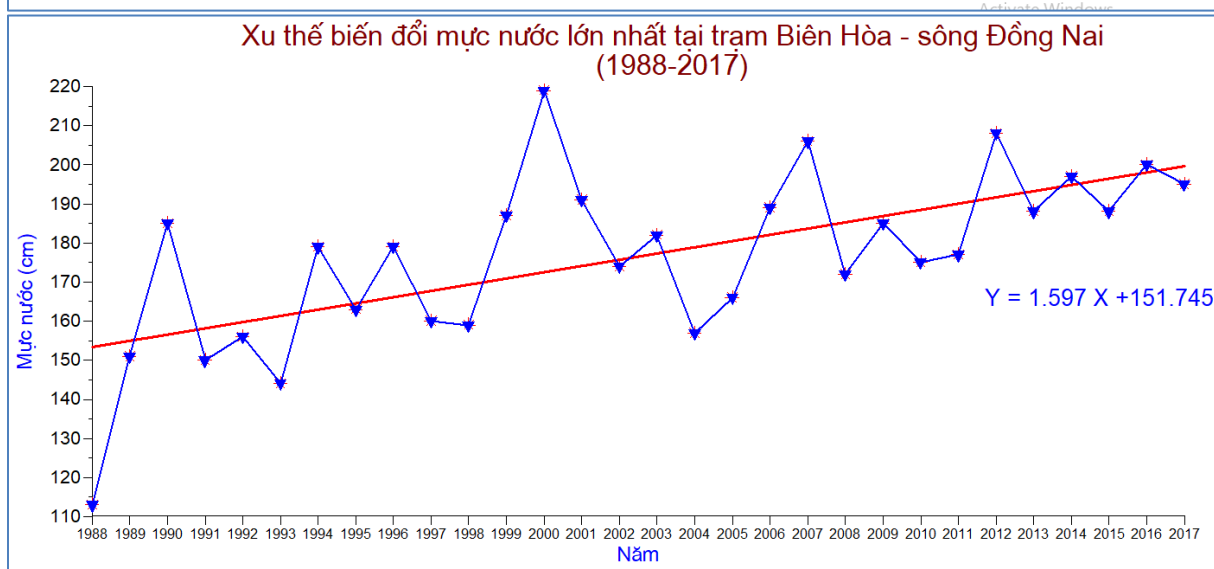
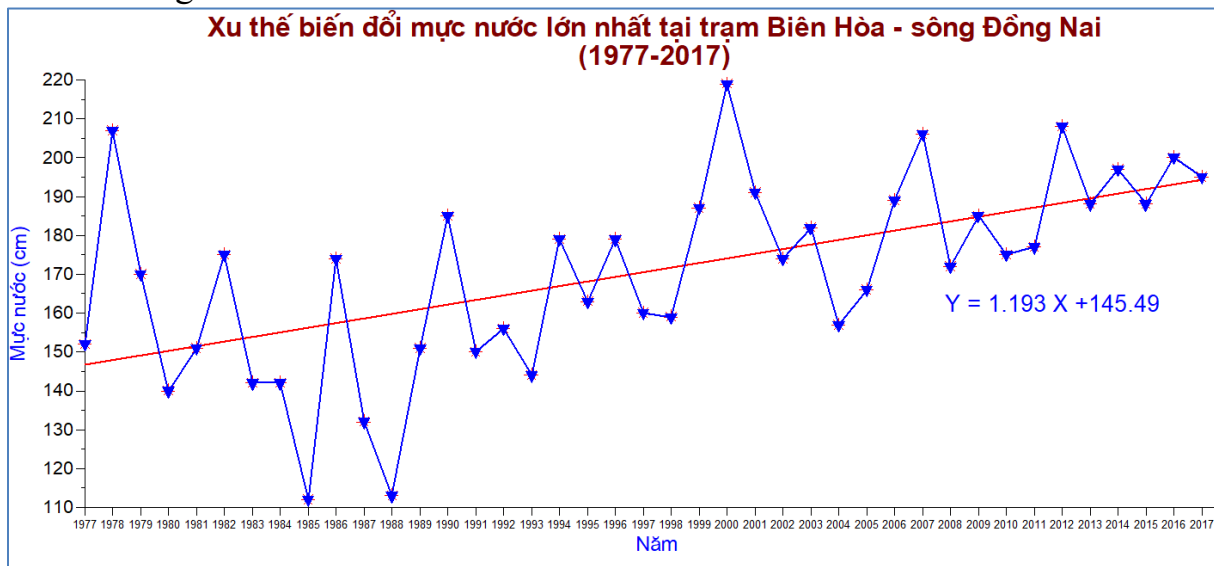
Xu thế biến đổi mực nước được thể hiện trong các hình vẽ dưới đây.



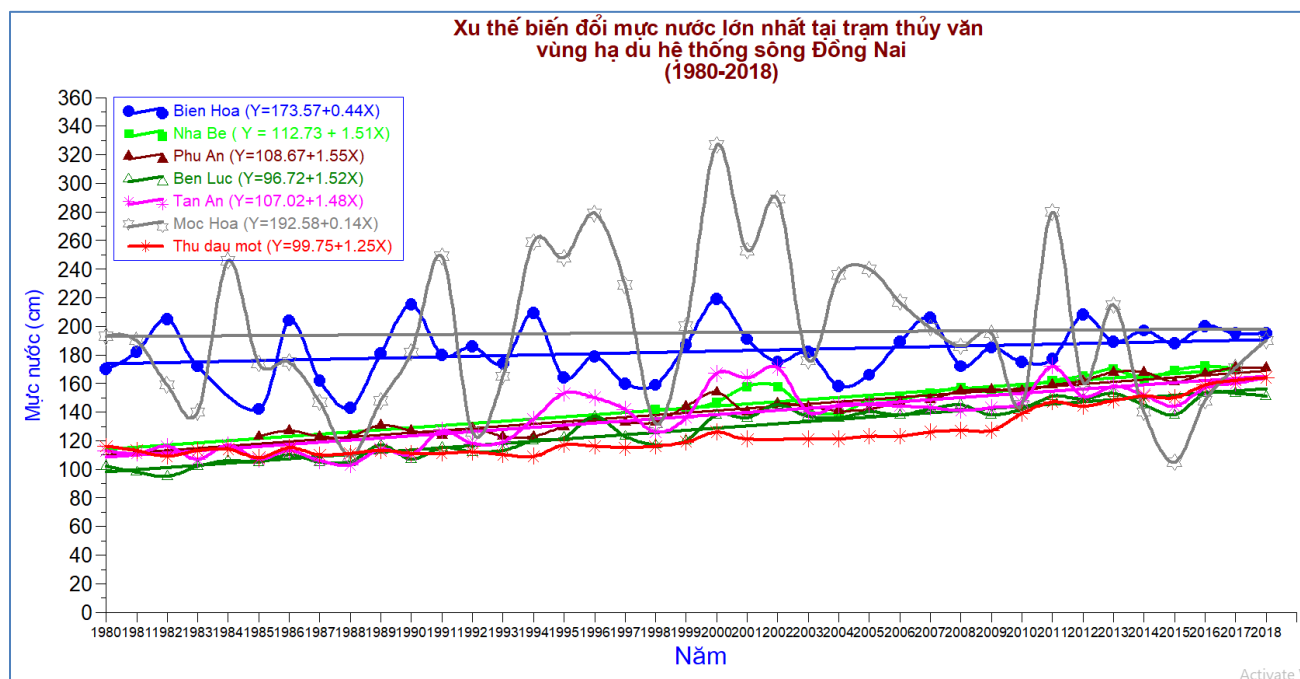
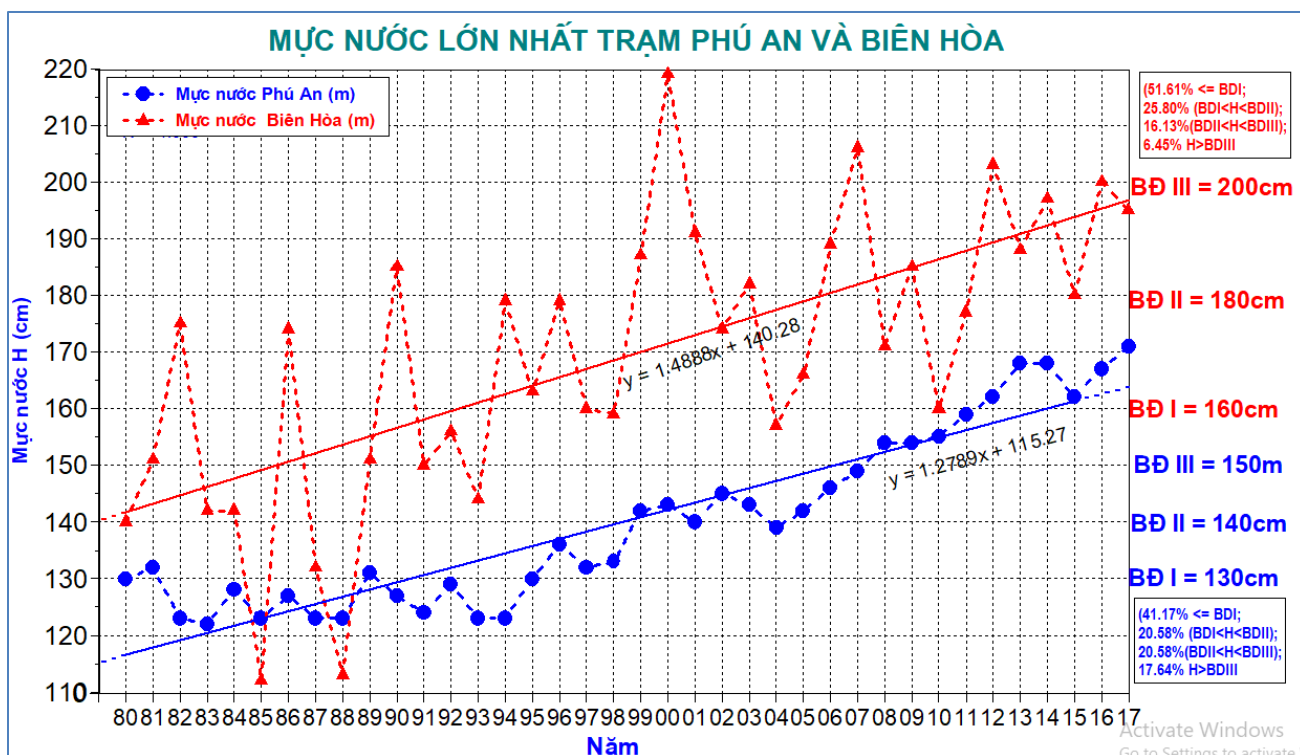
Đánh giá xu thế biến đổi mực nước lớn nhất hàng năm như các hình vẽ dưới đây cho thấy, cả hai chuỗi đều có xu thế tăng:

1) Với chuỗi 1977 ~ 2017 cho: $y = 1,193x + 145.49$; mức tăng trung bình 1,193 cm/năm so với gốc 146cm.

2) Với chuỗi 1988 ~ 2017 cho $y = 1,597x + 151.745$; mức tăng trung bình 1,60 cm/năm so với gốc 151.745cm.



Xu thế biến đổi mực nước lớn nhất hàng năm tại trạm Phú An từ năm 1988 đến 2015 cũng có xu thế tăng mạnh, mức tăng trung bình 1,227cm/năm so với gốc 126cm. Đặc biệt từ năm 2007 đến nay, mực nước lớn nhất năm đều lớn hơn báo động III, trong đó có năm 2013, 2014 mực nước lớn nhất năm lớn hơn báo động III rất nhiều.



Khi truyền vào sông, do tác động của nguồn nước từ thượng lưu và hình thái chung của lòng sông (độ dốc, độ uốn khúc, mặt cắt thủy lực...), thủy triều bị biến dạng dần cả về biên độ lẫn chu kỳ các bước sóng, và điều này ảnh hưởng đến các đặc trưng của triều là mực nước Max, Min và bình quân. Càng vào sâu trong sông, biên độ giảm càng nhanh và thời gian giữa hai nhánh lên, xuống càng sai biệt. Thời gian triều lên càng ngắn lại và

thời gian triều xuống càng dài ra. Số liệu thực đo tại các trạm dọc sông cho các kết luận sau (VKHTLMN, 2010):

- Vào mùa kiệt, do nguồn nước từ thượng lưu về nhỏ, nên thủy triều ảnh hưởng mạnh nhất, mực nước trên sông phụ thuộc chủ yếu vào dao động triều. Do triết giảm năng lượng triều, mực nước đỉnh triều giảm dần dọc sông. Tuy nhiên, khi vào sâu hơn, do độ dốc lòng sông tăng, đỉnh triều lại có xu thế tăng dần về phía thượng lưu nên luôn xuất hiện một đoạn sông có mực nước thấp nhất dọc sông, được gọi là vùng điểm uốn độ dốc mặt nước. Vào mùa lũ, do lưu lượng thượng lưu tăng, xu thế chung là mực nước đỉnh triều giảm dần từ thượng lưu về hạ lưu. Điểm uốn độ dốc mặt nước lùi dần về phía hạ lưu.

- Mực nước đỉnh cao nhất hàng năm thường xuất hiện vào tháng XII, I ở vùng gần biển, ảnh hưởng triều rất mạnh (từ cửa vào sâu 20-30 km), và vào tháng IX, X ở vùng xa biển, ảnh hưởng triều yếu hơn (cách biển 150 km trở lên). Đoạn chuyển tiếp (50 100 km cách biển), mực nước đỉnh nằm trong khoảng tháng X-XII.

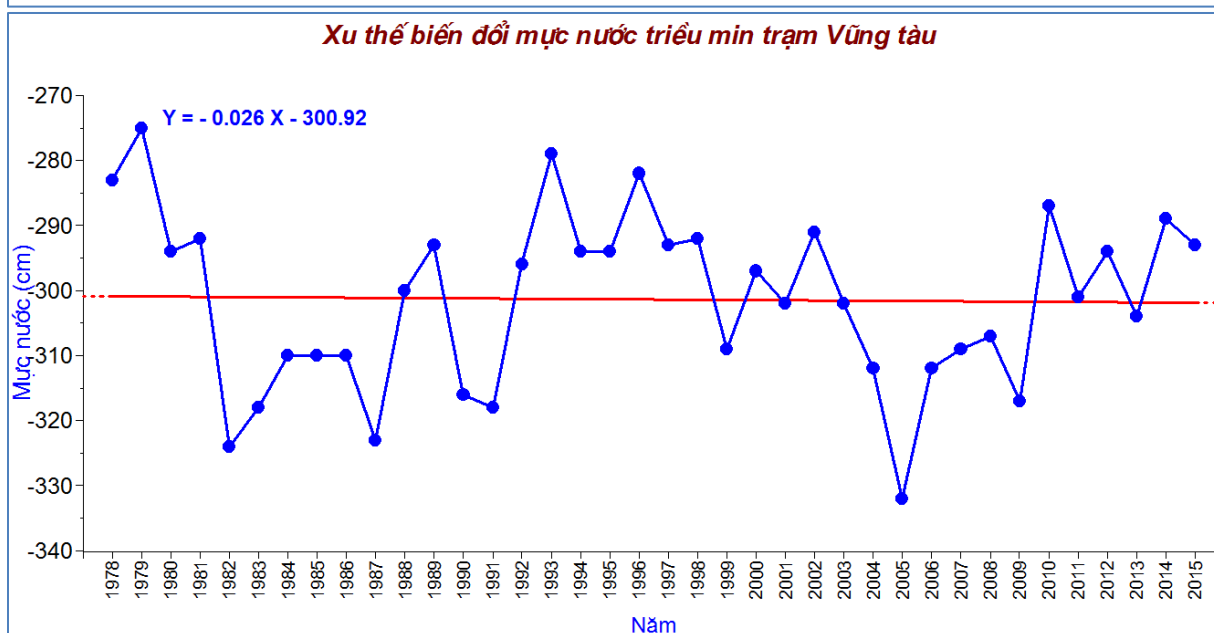
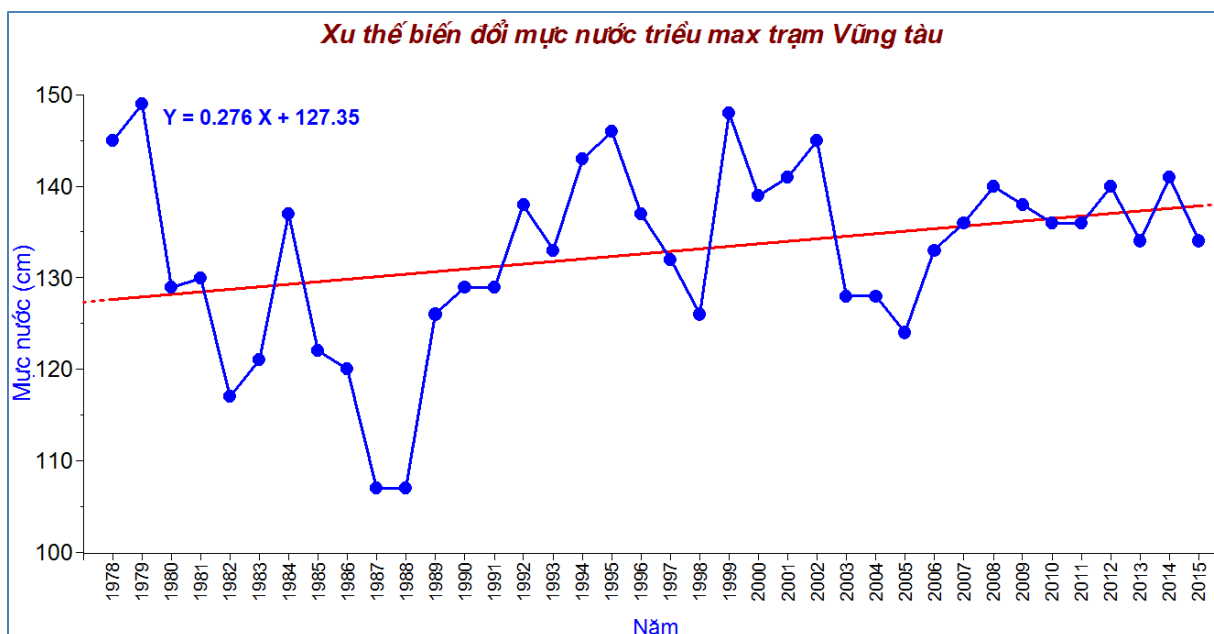
- Khi truyền sâu lên thượng lưu, cả mùa kiệt lẫn mùa lũ, sự biến đổi mực nước đỉnh triều nhìn chung là ít hơn so với biến đổi mực nước chân triều. Nếu lưu lượng thượng lưu về càng lớn thì chân triều sẽ được nâng lên càng nhiều. Mực nước chân thấp nhất hàng năm xuất hiện vào khoảng tháng VII, VIII ở vùng gần biển và khoảng tháng V, VI ở vùng xa biển.

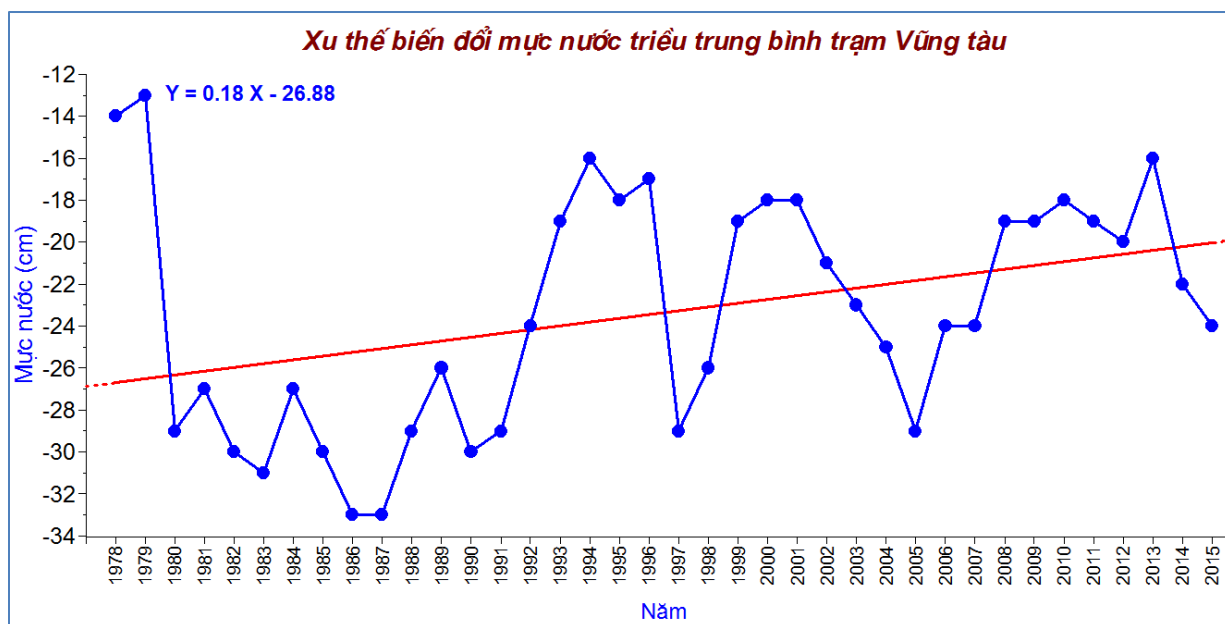
- Khoảng từ tháng VI-VIII không những là thời gian thường xuất hiện mực nước chân thấp nhất trong năm mà đây cũng là thời kỳ cho mực nước bình quân thấp nhất.

- Mực nước max tại các trạm thủy văn khu vực TPHCM ở Hình 2.15 cho thấy mực nước tại Vũng Tàu trong các năm qua tăng lên ít hơn so với mực nước tại Nhà Bè và Phú An. Điều này xảy ra có thể là do quá trình san lấp mặt bằng trong khu vực làm giảm dung tích trữ của kênh rạch

****) Xu thế biến đổi mực nước tại trạm Vũng Tàu***

Việc tăng mực nước triều trung bình tại trạm Vũng Tàu 8.84 cm trong 38 năm 1978 - 2015 không có nghĩa là mực nước đỉnh triều và chân triều cũng tăng lượng tương tự - Thực tế là đỉnh triều tăng 12,32 cm cùng thời kỳ (khoảng 1.4 lần), chân triều tăng 3,79cm cùng thời kỳ (khoảng 0,43 lần).



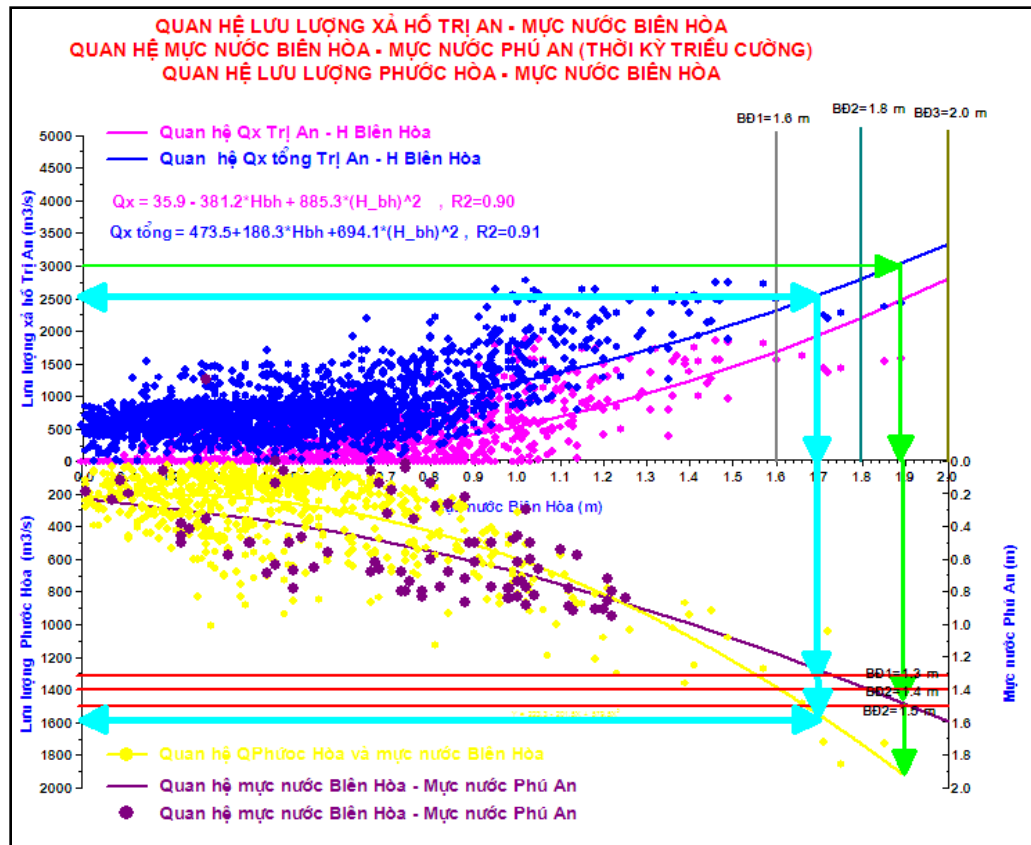


- Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu được thể hiện trong các chuỗi tài liệu thực đo và với trạm Vũng Tàu, tốc độ tăng khoảng 1.2mm/năm.

- Từ năm 2000 trở đi, mực nước cao nhất hằng năm tại trạm có xu hướng ngày càng cao, năm sau cao hơn năm trước. Điều này thể hiện rõ nét trên đường quá trình mực nước cao nhất năm của trạm.

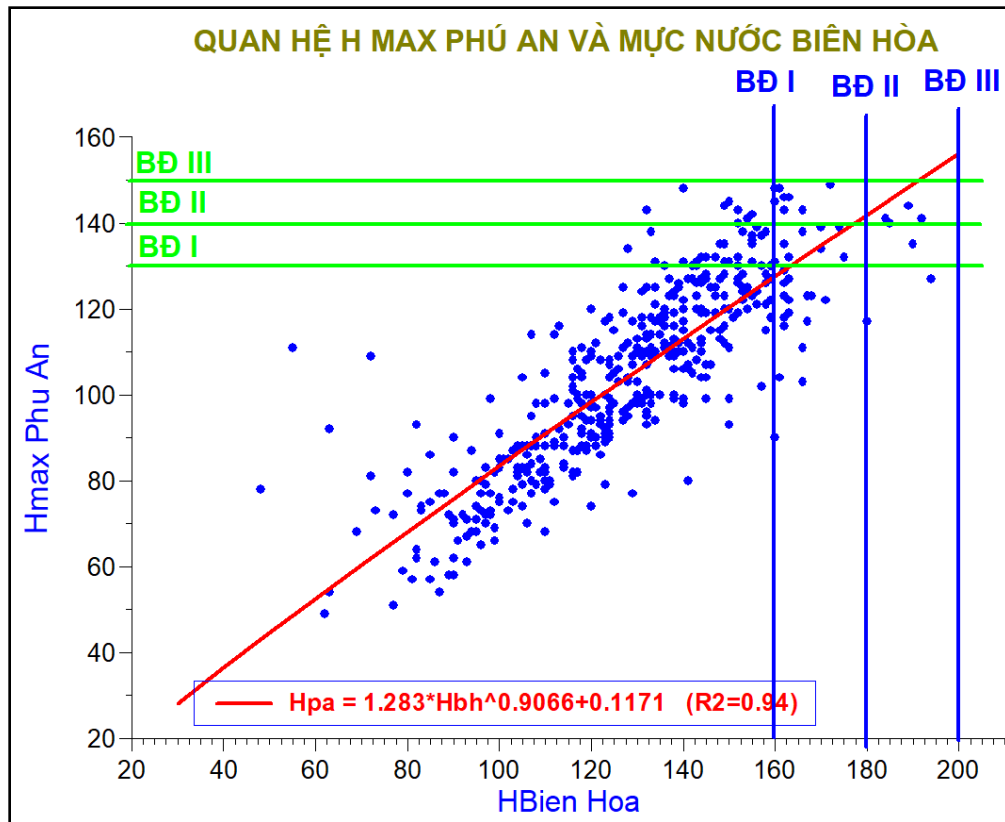
3.3.2.2. Quan hệ thủy văn – thủy lực

Thống kê lượng xả hồ Trị An, Dầu Tiếng qua các năm và xây dựng quan hệ lưu lượng xả các hồ với mực nước các trạm Phú An, Biên Hòa như sau:



Hình: Quan hệ lưu lượng xả các hồ với mực nước hạ du hồ chứa

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 < 2500m³/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).



Hình: Quan hệ Hmax Phú An và Biên Hòa

3.3.2.3. Quan hệ giữa chiều rộng, chiều sâu và các yếu tố thủy lực bùn cát

Quan hệ hình thái sông phụ thuộc vào các nhân tố thủy lực theo dạng như sau:

$$\frac{B}{d} = f(Q, I, d, g, n)$$

$$\frac{h}{d} = f(Q, I, d, g, n)$$

$$\frac{v}{d} = f(Q, I, d, g, n)$$

Trong đó: B chiều rộng lòng dẫn (m); Q lưu lượng dòng chảy (m³/s), I độ dốc mặt nước ; d đường kính trung bình của hạt bùn cát; g là gia tốc trọng lực và n là độ nhám lòng sông.

Trên cơ sở tài liệu khảo sát, tài liệu thực đo tại các mặt cắt và kết quả tính toán từ mô hình MIKE11, xác định được quan hệ hình thái sông của các sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai như sau:

Sông Đồng Nai

$$\frac{B}{d} = 2.22E + 006 - 5.54(Q^{0.47}I^{-0.18}d^{-1.02}g^{-0.12}n^{0.051}) + 6.29E - 006(Q^{0.22}I^{0.03}d^{1.04}g^{0.01}n^{0.003})$$

$$R^2 = 0.69$$

Sông Sài Gòn

$$\frac{B}{d} = 4.87E + 005 - 0.92(Q^{0.47}I^{-0.18}d^{-1.02}g^{-0.12}n^{0.051}) + 2.43E - 007(Q^{0.22}I^{0.03}d^{1.04}g^{0.01}n^{0.003})$$

$$R^2 = 0.65$$

Sông Soài Ráp

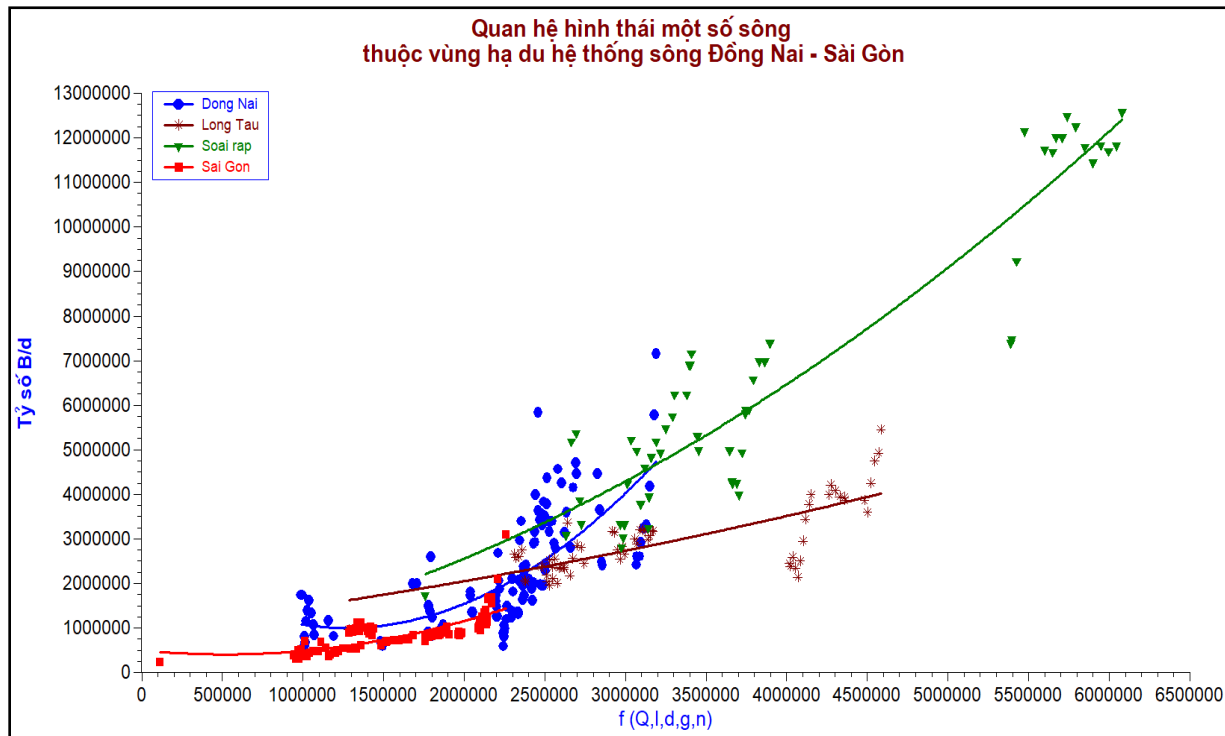
$$\frac{B}{d} = 4.12E + 005 + 1.69(Q^{0.47}I^{-0.18}d^{-1.02}g^{-0.12}n^{0.051}) + 1.58E - 006(Q^{0.22}I^{0.03}d^{1.04}g^{0.01}n^{0.003})$$

$$R^2 = 0.60$$

Sông Lòng Tàu

$$\frac{B}{d} = 4.85E + 005 + 4.55(Q^{0.47}I^{-0.18}d^{-1.02}g^{-0.12}n^{0.051}) - 1.70E - 007(Q^{0.22}I^{0.03}d^{1.04}g^{0.01}n^{0.003})$$

$$R^2 = 0.64$$



Sông Đồng Nai

$$\frac{h}{d} = 1.49E + 004 + 0.16(Q^{0.31}I^{-0.18}d^{-0.76}g^{-0.10}n^{0.07}) - 8.12E - 008(Q^{0.09}I^{0.03}d^{0.57}g^{0.01}n^{0.005})$$

$$R^2 = 0.59$$

Sông Sài Gòn

$$\frac{h}{d} = -3.65E + 004 + 0.80(Q^{0.31}I^{-0.18}d^{-0.76}g^{-0.10}n^{0.07}) - 1.26E - 006(Q^{0.09}I^{0.03}d^{0.57}g^{0.01}n^{0.005})$$

$$R^2 = 0.61$$

Sông Soài Ráp

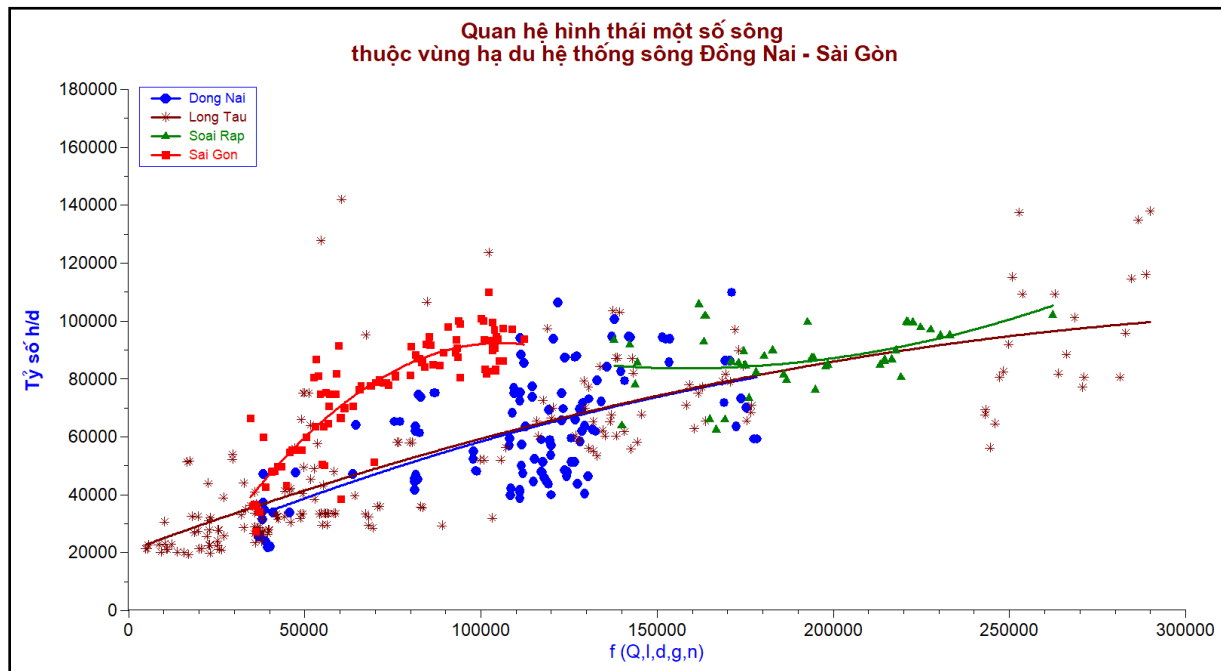
$$\frac{h}{d} = 1.34E + 005 - 0.19(Q^{0.31}I^{-0.18}d^{-0.76}g^{-0.10}n^{0.07}) + 1.92E - 007(Q^{0.09}I^{0.03}d^{0.57}g^{0.01}n^{0.005})$$

$$R^2 = 0.57$$

Sông Lòng Tàu

$$\frac{h}{d} = 2.06E + 004 + 0.13(Q^{0.31}I^{-0.18}d^{-0.76}g^{-0.10}n^{0.07}) - 5.81E - 008(Q^{0.09}I^{0.03}d^{0.57}g^{0.01}n^{0.005})$$

$$R^2 = 0.61$$



Sông Đồng Nai

$$\frac{v}{d} =$$

$$-1.79E + 004 + 12.63(Q^{0.22}I^{0.36}d^{-1.04}g^{0.12}n^{-0.27}) - 1.71E - 003(Q^{0.048}I^{0.13}d^{1.08}g^{0.014}n^{0.073})$$

$$R^2 = 0.81$$

Sông Sài Gòn

$$\frac{v}{d} = -1897 + 2.91(Q^{0.22}I^{0.36}d^{-1.04}g^{0.12}n^{-0.27}) - 3.88E - 004(Q^{0.048}I^{0.13}d^{1.08}g^{0.014}n^{0.073})$$

$$R^2 = 0.58$$

Sông Soài Rạp

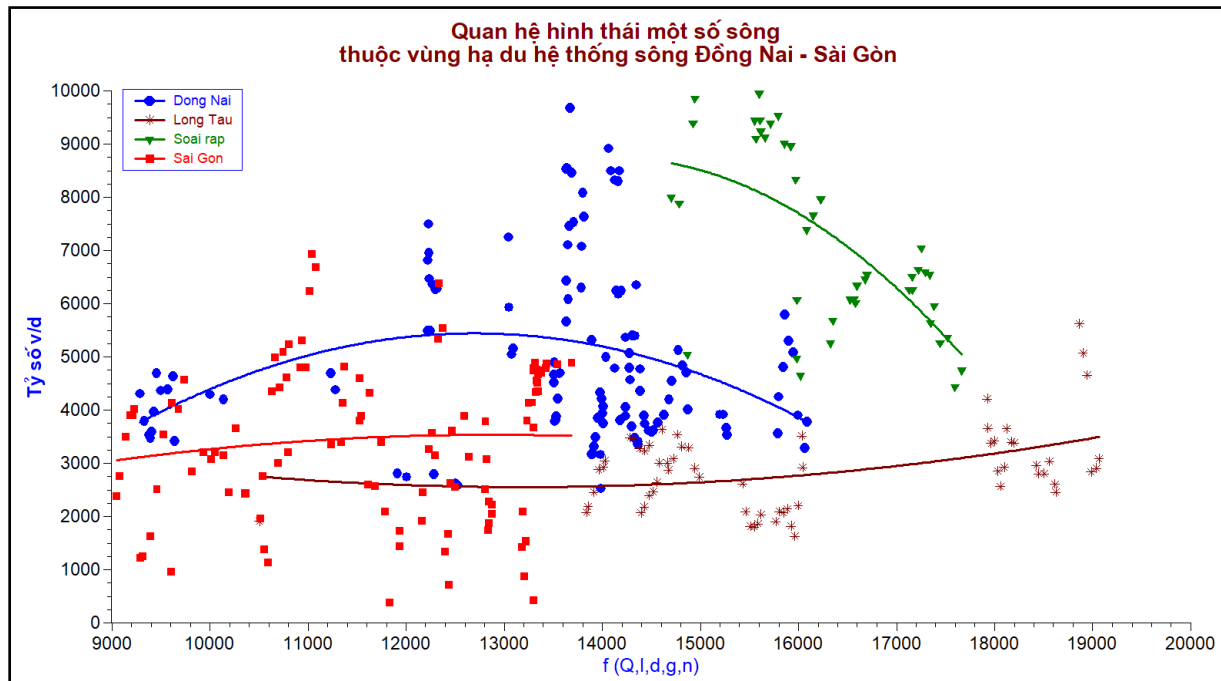
$$\frac{v}{d} = -4.9E + 004 + 28.52(Q^{0.22}I^{0.36}d^{-1.04}g^{0.12}n^{-0.27}) - 3.47E \\ - 003(Q^{0.048}I^{0.13}d^{1.08}g^{0.014}n^{0.073})$$

$$R^2 = 0.47$$

Sông Lòng Tàu

$$\frac{v}{d} = 7301 - 2.48(Q^{0.22}I^{0.36}d^{-1.04}g^{0.12}n^{-0.27}) + 3.22E \\ - 004(Q^{0.048}I^{0.13}d^{1.08}g^{0.014}n^{0.073})$$

$$R^2 = 0.81$$



3.3.3. Nhận xét chung

- Chế độ thủy văn, thủy lực trong các thời kỳ vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai ảnh hưởng đến quan hệ hình thái sông. Hình thái sông được quyết định hoàn toàn bởi sự tác dụng quan lại giữa dòng nước và lòng sông thể hiện qua các phương trình quan hệ hình thái.

- Các phương trình quan hệ hình thái sông được xác định đối với đoạn sông thẳng có giá trị bình quân, việc xác định quan hệ hình thái tại đoạn sông cong xem xét với các mặt cắt có đủ độ chi tiết để tính toán.