

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG TƯƠNG TÁC GIỮA DÒNG CHẢY LŨ CỦA LÒNG VÀ BÃI SÔNG ĐẾN THOÁT LŨ ĐOẠN SÔNG HỒNG KHU VỰC HÀ NỘI

Nguyễn Ngọc Quỳnh, Đặng Hoàng Thanh,  
Nguyễn Ngọc Đăng, Nguyễn Mạnh Linh  
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

**Tóm tắt:** Việc đánh giá khả năng thoát lũ cũng như các biện pháp đảm bảo thoát lũ thiết kế của một con sông (bao gồm lòng sông chính và bãi sông) luôn là nội dung cơ bản trong nhiệm vụ quy hoạch lũ, tính toán giải pháp thoát lũ, bảo đảm an toàn đê điều và ổn định lòng dẫn.

Tuy nhiên, cho đến nay, trong thực tế, cơ sở khoa học để đánh giá khả năng thoát lũ khi xét đến sự liên quan giữa khả năng thoát lũ với các yếu tố lòng dẫn, đặc điểm bãi sông thông qua tương tác giữa dòng chảy lũ trên lòng chính và trên bãi sông chưa được xem xét một cách nghiêm túc và cũng chưa được vận dụng trong lập quy hoạch lũ chi tiết hoặc dự án liên quan đến quản lý, sử dụng vùng bãi sông ở Việt Nam nói chung và cụ thể là trên hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình.

Nội dung nghiên cứu trình bày trong bài báo đã nêu lên các cơ sở khoa học và các yêu cầu cần tính toán khi xem xét đánh giá thoát lũ thực tế trên sông làm căn cứ để đánh giá khả năng khai thác bãi sông với yêu cầu không được làm giảm khả năng thoát lũ, làm mất an toàn đê điều cũng như ổn định của lòng dẫn.

**Summary:** The assessment of flood drainage capacity as well as measures to ensure designed flood drainage capacity of a river (including the main channel and flood plain) is always the basic contents in planning for flood prevention and control and calculations of flood drainage solutions, safety of dikes and riverbed stability.

However, up to now, the scientific basis for assessing the flood drainage capacity when considering the relationship between flood drainage capability and factors of river bed and flood plain conditions through interaction between flood flow on the river main channel and on the flood plain has not been seriously considered nor used in the detailed flood prevention and control planning or projects related to the management and use of river flood plain in Vietnam in general and on the system of Red and Thai Binh rivers in particular.

The contents of the research results presented in the paper has given the scientific basis and raised the calculation requirements when considering the actual flood drainage in the river as a basis for evaluating the ability of exploitation of river flood plains with the requirements not to reduce flood drainage capacity, safety of dykes as well as stability of the riverbed.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đánh giá thoát lũ của một con sông, đoạn sông thường dựa trên một số yếu tố hình dạng lòng sông và bãi sông, cụ thể là hình thái mặt bằng,

chiều rộng thoát lũ trên mặt cắt...

Việc đánh giá thoát lũ trên bãi sông, lòng sông không chỉ có ý nghĩa khi xem xét phân tích khả năng thoát lũ của một con sông mà còn đưa ra các nhận định về mức độ tác động của dòng

---

Ngày nhận bài: 22/4/2019

Ngày thông qua phản biện: 20/5/2019

Ngày duyệt đăng: 10/6/2019

chảy trên bãi sông đối với các tuyến đê, khu dân cư, hạ tầng... và tác động của dòng chảy trên lòng dẫn chính đối với ổn định lòng sông, bờ sông.

Khi dòng chảy tràn bãi, khả năng thoát lũ bao gồm dòng chảy lũ ở lòng chính và trên bãi sông, giữa chúng có mối quan hệ chặt chẽ. Tác động của hướng dòng chảy bãi nếu không thuận lợi có thể cản trở đến việc thoát lũ của lòng chính, và cho cả mặt cắt sông. Vì vậy, khi đánh giá khả năng thoát lũ cũng như nghiên cứu giải pháp chỉnh trị phục vụ thoát lũ cần phải xem xét, giải quyết mối quan hệ giữa dòng chảy lòng chính và dòng chảy trên bãi sông một cách hợp lý nhất.

Kết quả đánh giá tác động của dòng chảy lũ trên bãi sông và trên lòng chính cũng như mối tương tác giữa chúng cũng là cơ sở để xem xét các giải pháp chỉnh trị phục vụ quy hoạch phát triển dân cư, hạ tầng phù hợp, hạn chế các tác động bất lợi đồng thời cải thiện khả năng thoát lũ chung của con sông.

Các nhận định trên sẽ được xem xét vận dụng để đánh giá hiện trạng thoát lũ của sông Hồng khu vực Hà Nội thông qua việc phân tích sự tương tác dòng chảy lũ trên bãi sông, lòng sông do ảnh hưởng của hình dạng lòng sông, bãi sông tại một số đoạn sông điển hình.

## 2. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐÁNH GIÁ TƯƠNG TÁC GIỮA DÒNG CHẢY LÒNG VÀ BÃI SÔNG ẢNH HƯỞNG ĐẾN THOÁT LŨ

Để lượng hóa ảnh hưởng của hình dạng lòng sông, bãi sông đến thoát lũ, Barusnhikop (Nga) đã phân tích sự tương tác dòng chảy lũ trên bãi sông, lòng sông thể hiện qua góc giữa trục hình học của bãi sông với lòng sông hay là góc tạo thành giữa trục động lực của dòng chảy trên lòng sông chính và trên bãi sông (ký hiệu góc  $\alpha$ ) [1,3,6,7]

Nghiên cứu của Barusnhikop cũng cho thấy khả năng thoát lũ của đoạn sông chịu ảnh hưởng bởi góc  $\alpha$  này

Barusnhikop dùng góc  $\alpha$  chia tương tác dòng chảy lũ giữa lòng và bãi sông trên sông thành 5 loại để đánh giá ảnh hưởng đến khả năng thoát lũ thực tế so với tính toán thoát lũ riêng rẽ trên lòng sông chính ( $Q_C$ ) và bãi sông ( $Q_B$ )

*Hình thức tương tác loại 1:* Trục động lực của dòng chảy lòng và bãi gần như song song ( $\alpha \approx 0$ ), ảnh hưởng đến khả năng thoát lũ chủ yếu là do hiệu ứng động học giữa dòng chảy lòng và bãi. Tính đến hiệu ứng này, khả năng thoát lũ của sông loại 1 giảm khoảng 7% đến 10% so với phương pháp tính riêng rẽ  $Q_B$  (lưu lượng qua phần bãi sông) và  $Q_C$  (lưu lượng qua phạm vi lòng dẫn chính)

*Hình thức tương tác loại 2:* Trục động lực của dòng chảy trên lòng dẫn chính và trên bãi sông phân tán theo góc  $\alpha$  ( $\alpha$  mang dấu âm). Đây là loại thường gặp. Khi lũ vượt cao trình bãi, nước tràn vào bãi với vận tốc lớn, làm tăng khả năng thoát lũ của bãi. Cũng do tràn vào bãi, độ dốc mặt nước ở lòng sông tăng thêm, làm khả năng thoát lũ của lòng không giảm, có khi tăng thêm ít nhiều so với trường hợp tính riêng rẽ  $Q_B$  và  $Q_C$ . Kết quả là thoát lũ của loại sông nay lớn hơn so với kết quả tính thông thường.

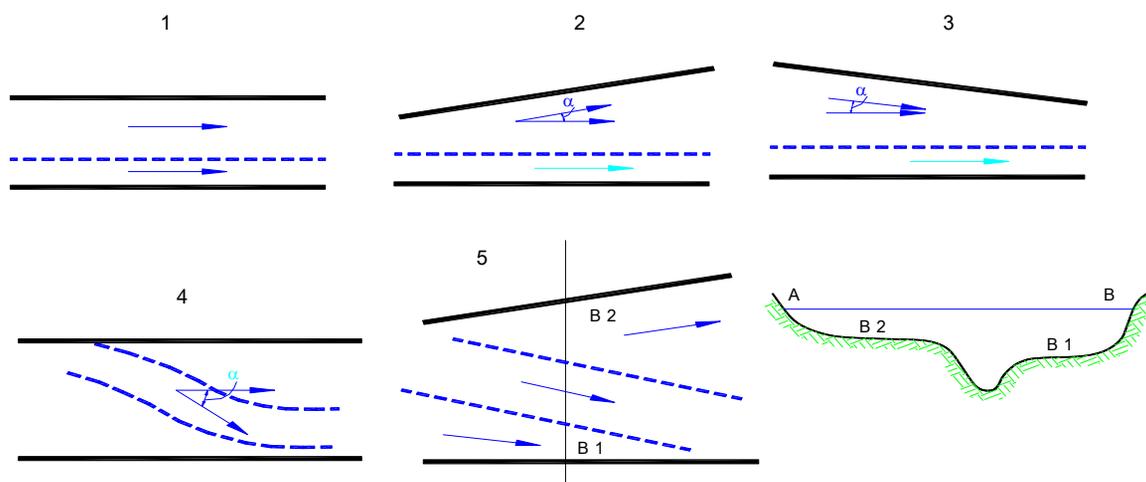
*Hình thức tương tác loại 3:* Trục động lực của dòng chảy trên lòng dẫn chính và trên bãi sông hội tụ với góc  $\alpha$  ( $\alpha$  mang dấu dương). Ở mức nước lũ ngập bãi, nước trên bãi tràn vào lòng, làm cho vận tốc dòng chảy trên lòng dẫn chính ( $V_C$ ) chậm lại, độ dốc mực nước lòng dẫn chính ( $I_C$ ) giảm, do đó khả năng thoát lũ của phần lòng dẫn chính nhỏ hơn cách tính thông thường. Góc  $\alpha$  càng lớn thì  $Q_C$  càng giảm nhiều, tổn thất của  $Q_C$  có thể đến 50%, trong khi  $Q_B$  tăng không đáng kể, dẫn đến giảm đáng kể khả năng thoát lũ.

*Hình thức tương tác loại 4:* Trục động lực của dòng chảy trên lòng dẫn chính và trên bãi sông (cả 2 bên) cắt nhau một góc  $\alpha$ . Có thể coi đây là sơ đồ tổng quát  $0^\circ < \alpha < 50^\circ$ , tình hình giống như sông loại 2 và 3. Khi  $\alpha \approx 90^\circ$  tính chất tương hỗ của dòng chảy trên lòng dẫn chính và

bãi đã biến đổi hẳn, lưu lượng lũ thoát qua bãi chiếm tỷ lệ đáng kể

*Hình thức tương tác loại 5:* Là trường hợp tương tác giữa dòng chảy trên lòng dẫn chính và trên bãi phức tạp nhất gồm 2 bãi bên ( $B_1$  và  $B_2$ ), với cao trình 2 bãi và hướng dòng chảy

khác nhau. Khi ngập bãi thấp ( $B_1$ ), nước từ bãi 1 tràn vào lòng, tương tác lòng và bãi thuộc loại 3. Khi ngập bãi cao ( $B_2$ ), nước từ lòng tháo qua bãi 2, tương tác lòng và bãi giống loại 2. Hình thái mặt bằng của bãi và lòng sông loại này gần như rất ít tồn tại và rất khó nhận dạng để phân tích.



Hình 1: Các trường hợp tương tác giữa dòng chảy lũ trên lòng chính và bãi sông

### 3. NGHIÊN CỨU TƯƠNG TÁC GIỮA DÒNG CHẢY LÒNG VÀ BÃI SÔNG ẢNH HƯỞNG ĐẾN THOÁT LŨ TRÊN SÔNG HỒNG ĐOẠN HÀ NỘI

#### 3.1. Phương pháp và kịch bản nghiên cứu

Phương pháp đánh giá tương tác giữa dòng chảy lũ và bãi sông dựa trên cơ sở khoa học nêu trên và các kết quả tính toán, phân tích trường phân bố dòng chảy bằng công cụ mô hình toán thủy lực 2D.

##### 3.1.1 Thiết lập mô hình toán thủy lực 2D [2,5]

Tính toán dựa trên mô hình toán thủy lực - hình thái 2D (MIKE 21) do Phòng TNTĐ Quốc gia về động lực sông biển thiết lập năm 2017, 2018 trong đề tài khoa học cấp Quốc Gia: "Nghiên cứu tổng thể giải pháp công trình đập dâng nước nhằm ứng phó tình trạng hạ thấp mực nước, đảm bảo an ninh nguồn nước cho vùng hạ du sông Hồng". Trong khuôn khổ bài báo chỉ

nêu khái quát kết quả thiết lập mô hình này cho phần thủy lực.

a) Phạm vi thiết lập mô hình: đoạn sông Hồng qua Hà Nội từ Liên Mạc - Xuân Quan

b) Tài liệu thiết lập, kiểm định mô hình:

- Địa hình: bình đồ 1/5000 đo 2017, có đo bổ xung các công trình đầu năm 2018

- Công trình, hạ tầng trên đoạn sông: được điều tra bổ xung năm 2017

- Số liệu thủy văn, bùn cát tại 02 tuyến đo trên sông Hồng, sông Đổng

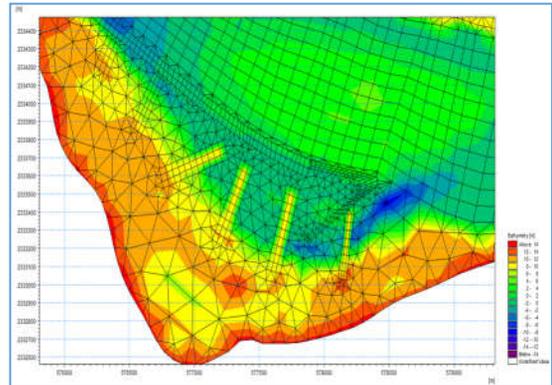
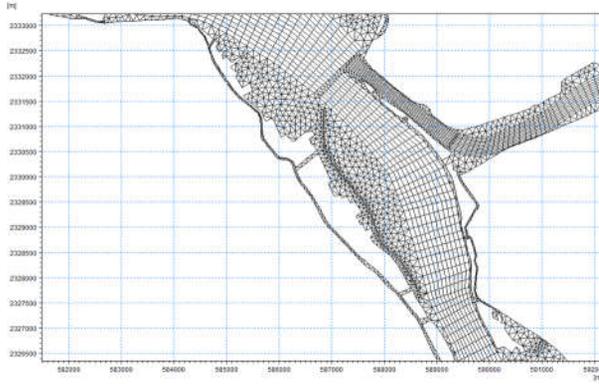
c) Các hình ảnh mô tả việc thiết lập mô hình

- Biên mô hình:

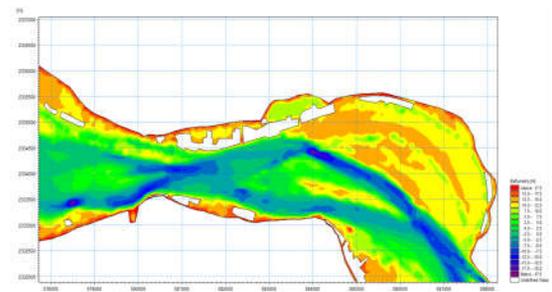
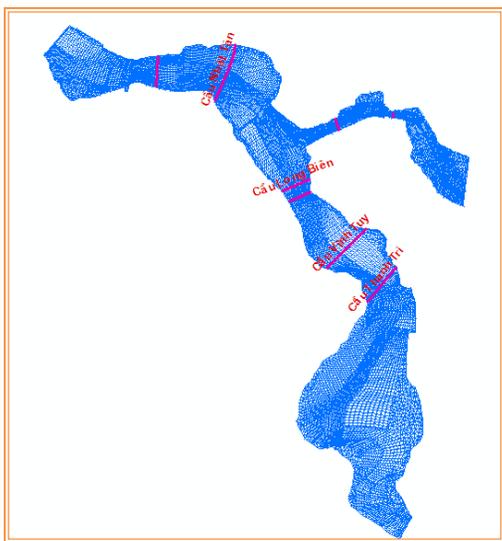
+ Biên trên: Liên Trì - Đan Phượng (sông Hồng)

+ Biên dưới: Hồng Vân (sông Hồng); Phù Đổng (sông Đổng)

- Thiết lập lưới tính toán và địa hình của mô hình: mô tả trên hình 2,3



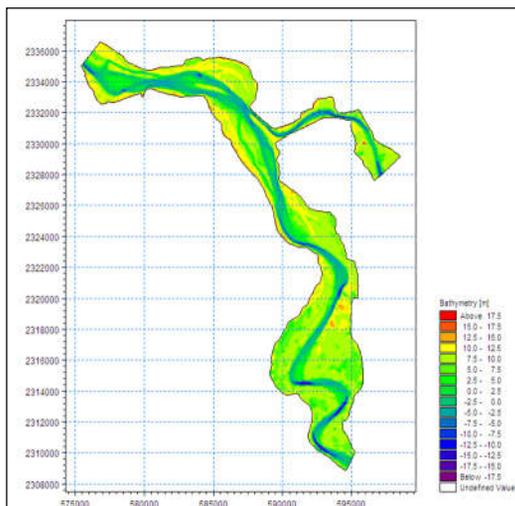
Hình 2: Lưới tính toán chi tiết khu vực dân cư trên bãi và khu vực công trình kè/mở hàn



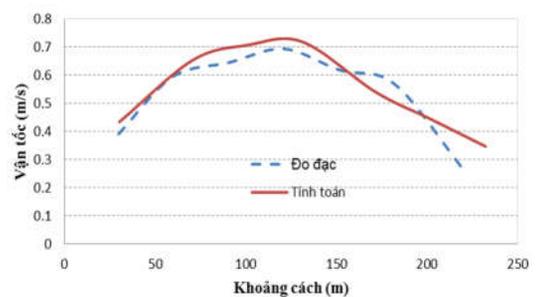
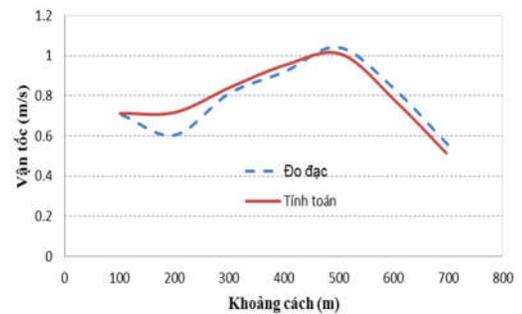
Hình 5: Mô tả thiết lập địa hình khu vực lòng bãi sông từ cầu Thăng Long - bãi Bắc Cầu

Hình 3: Thiết lập lưới tính toán tổng thể cho mô hình 2D sông Hồng đoạn qua Hà Nội

d) Kết quả kiểm định mô hình 6



Hình 4: Thiết lập địa hình mô hình 2D sông Hồng đoạn qua Hà Nội



Hình 6: Kết quả kiểm định sự tương tự về trường phân bố  $V_{tb}$  thủy lực trên MC ngang lúc 17 h ngày 17/6/2018 tại 2 MC trên sông Hồng khu vực Hà Nội

Mô hình đã được kiểm định trong mùa lũ 2018 (lũ nhỏ) với các yếu tố mực nước, lưu lượng, vận tốc.... tại các vị trí tuyến đo thực tế. Các kết quả kiểm định đều đảm bảo cho mô hình có thể thực hiện việc tính toán với các kịch bản dòng chảy.

Dưới đây mô tả đại diện kết quả kiểm định đối với một yếu tố quan trọng nhất là kiểm định sự tương tự về trường phân bố vận tốc trên mặt cắt ngang cho 2 mặt cắt ngang trên sông Hồng có số liệu thực tế lũ 2018.

3.1.2 Kịch bản nghiên cứu, tính toán

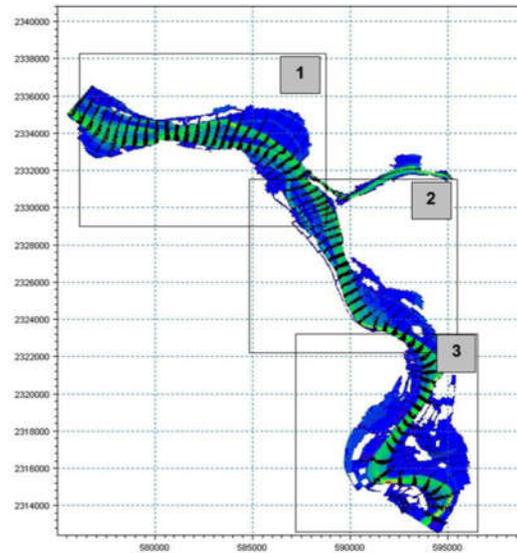
- Địa hình lòng sông, hiện trạng bãi, công trình trên sông năm 2017 (hiện trạng)
- Trường hợp lũ thiết kế (lũ 300 năm) tại Hà Nội

3.2. Phân tích sự tương tác giữa dòng chảy lũ trên lòng chính và bãi sông, sông Hồng đoạn qua Hà Nội [3,4]

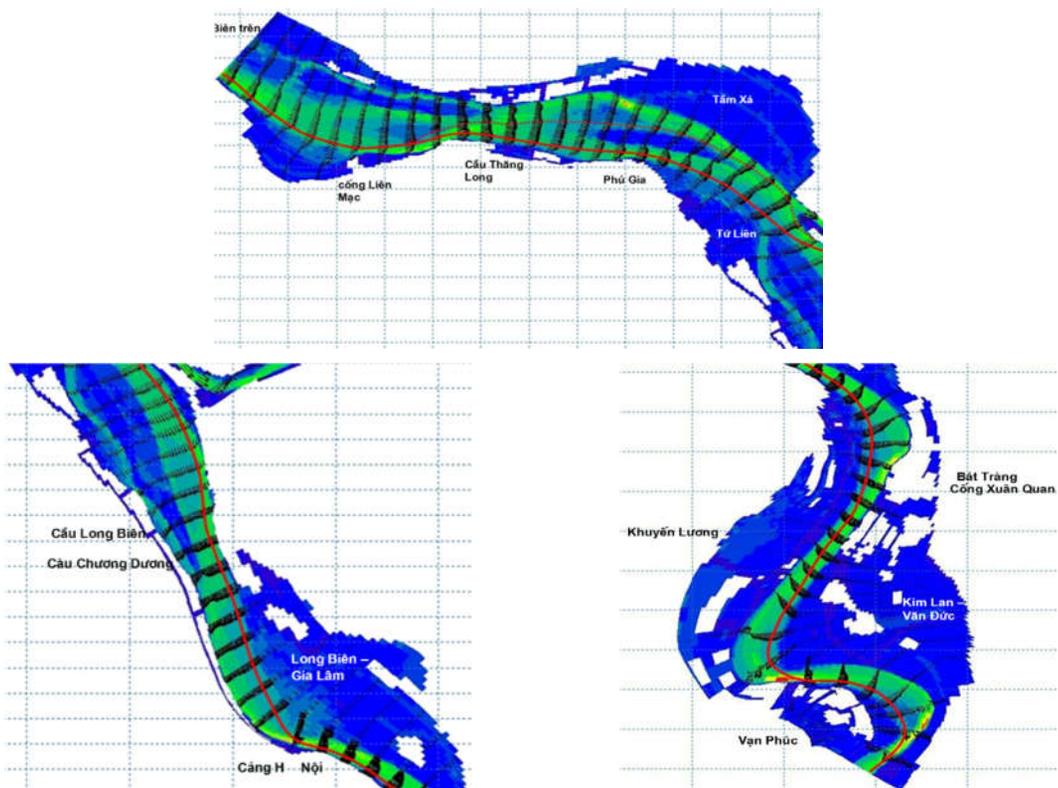
3.2.1 Kết quả tính toán và phân tích trường dòng chảy trên đoạn sông Hồng qua Hà Nội

Kết quả mô tả dưới đây chỉ thể hiện trường

dòng chảy trên đoạn sông ở từng khu vực phục vụ mục đích phân tích tương tác giữa dòng chảy trên bãi sông và lòng sông chính. Các kết quả phân tích khác như mực nước, lưu lượng... không thể hiện.



Hình 7: Trường phân bố vận tốc dòng chảy trên các mặt cắt ngang đoạn sông Hồng qua Hà Nội, với lũ thiết kế (lũ 300 năm)



Hình 8: Chi tiết trực động lực dòng chảy tại các khu vực trên sông Hồng đoạn qua Hà Nội

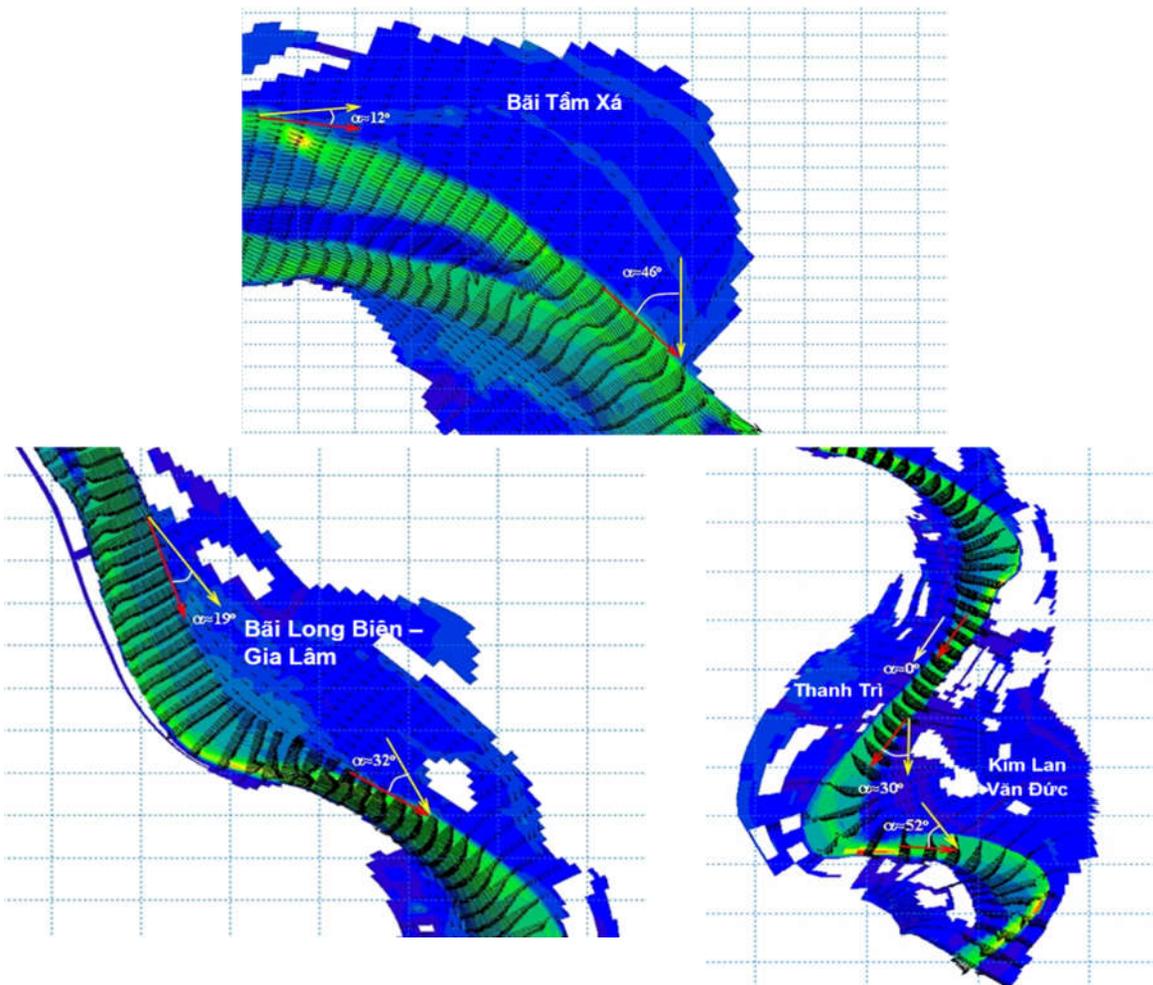
3.2.2 Phân tích loại hình tương tác giữa dòng chảy lũ trên lòng chính và bãi sông

Từ các kết quả tính toán và hình vẽ mô tả trường dòng chảy trên lòng và bãi sông trên từng khu

vực đã xác định được loại tương tác dòng chảy lũ giữa lòng và bãi sông trên các khu vực thuộc đoạn sông Hồng qua Hà Nội theo phương pháp Barusnhikop như sau:

**Bảng 1: Xác định góc ( $\alpha$ ) và xác định loại hình tương tác dòng chảy lũ giữa lòng và bãi sông trên các khu vực thuộc đoạn sông Hồng qua Hà Nội**

TT	Tên các khu vực bãi sông	Góc $\alpha$ (độ)	Loại hình tương tác	Ghi chú
1	Tâm Xá	$(11^\circ \div 14^\circ) / 12^\circ$	Loại 2	
		$(44^\circ \div 47^\circ) / 46^\circ$	Loại 3	
2	Long Biên - Gia Lâm	$(19^\circ \div 20^\circ) / 19^\circ$	Loại 2	
		$(31^\circ \div 34^\circ) / 32^\circ$	Loại 3	
3	Kim Lan - Văn Đức	$(28^\circ \div 34^\circ) / 30^\circ$	Loại 4	
		$(51^\circ \div 54^\circ) / 52^\circ$	Loại 3	
4	Thanh Trì	$0^\circ$	Loại 1	



Hình 9: Góc ( $\alpha$ ) thể hiện sự tương tác dòng chảy lũ giữa lòng và bãi sông trên các khu vực thuộc đoạn sông Hồng qua Hà Nội [4]

### 3.3. Đánh giá các tác động đến khả năng thoát lũ thực tế của lòng và bãi sông

#### 3.3.1 Đánh giá khả năng thoát lũ thực tế của từng khu vực/vị trí trên sông có xét đến hiện trạng lòng sông, bãi sông

Các phân tích trường dòng chảy theo Barusnhikop để xác định góc ( $\alpha$ ) và phân loại tương tác dòng chảy lũ giữa lòng và bãi sông trên các khu vực thuộc đoạn sông Hồng qua Hà Nội đã đánh giá khả năng thoát lũ tại các khu vực này tùy theo loại hình tương tác từ loại 1 đến loại 4. Tuy nhiên, trong thực tế, các kết quả đánh giá khả năng thoát lũ của từng khu vực theo các loại hình tương tác trên vẫn mang tính lý luận vì chưa xem xét thực trạng của vùng bãi sông cũng như các tác động của nó đến thoát lũ thực tế.

Nhìn chung, trên đoạn sông Hồng qua Hà Nội lòng chính vẫn đóng vai trò quan trọng trong việc thoát lũ, tuy nhiên, tỉ lệ giữa lưu lượng lũ trên lòng chính và trên bãi sông luôn có những biến động và khác biệt ở từng khu vực/vị trí trên sông. Sự khác biệt này liên quan với mặt bằng tuyến đê hiện tại cũng như việc khai thác lòng sông, bãi sông, cụ thể từng vị trí sau, do vậy bên cạnh sử dụng phương pháp phân tích theo Barusnhikop cần thiết phải phân tích bổ xung các đánh giá khả năng thoát lũ thực tế dựa trên các tính toán lưu lượng tại từng khu vực/vị trí có xét đến hiện trạng lòng sông, bãi sông

### 3.2. Phân tích khả năng thoát lũ thực tế từng khu vực/vị trí có xét đến hiện trạng lòng sông, bãi sông đoạn sông Hồng qua Hà Nội [4]

#### a) Các vị trí bị co hẹp bởi tuyến đê chính:

Các vị trí loại này điển hình ở thượng lưu cầu Thăng Long và cầu Chương Dương, tại đó, khả năng thoát lũ chỉ tập trung trong lòng chính với tỉ lệ gần như tuyệt đối, bãi sông gần như không tồn tại tại vị trí  $Q_b/Q \approx 0$ . Ta gọi là **vị trí loại A**

#### b) Các vị trí bị co hẹp do nhà cửa chiếm chỗ trên bãi sông

Là những vị trí mà việc xây dựng nhà cửa không được qui hoạch đã chiếm hầu hết không gian trên bãi sông gần như phủ kín bãi sông dẫn đến khả năng thoát lũ qua bãi sông rất thấp, lưu lượng lũ qua bãi sông chỉ chiếm tỷ lệ  $<5\%$  so với tổng lưu lượng lũ. Các khu vực bãi sông này gọi là **vị trí loại B**, bao gồm:

- + Bãi phía bờ phải và trái đoạn từ cầu Thăng Long đến đầu bãi Tầm Xá
- + Bãi sông bờ phải từ cuối bãi tứ Liên đến đầu bãi Thanh Trì.
- + Bãi sông bờ trái từ vị trí nối tiếp giữa đê tả Hồng với hữu Đuống Hồng đến hạ lưu cầu Chương Dương.
- + Bãi sông bờ phải đoạn Bát Tràng - Cống Xuân Quan.

#### c) Các vị trí bãi sông rất rộng và mật độ nhà cửa trên bãi sông còn thấp:

Điển hình cho các vị trí này gồm: bãi Tầm Xá; bãi Long Biên - Gia Lâm; bãi Kim Lan - Văn Đức được gọi là **vị trí loại C**

Đặc điểm thoát lũ ở các vị trí này là tỉ lệ lưu lượng thoát lũ trên dòng chính giảm trong khi lưu lượng thoát lũ trên bãi sông gia tăng đáng kể. Tỷ lệ thoát lưu lượng lũ trên các bãi sông dao động từ 10% đến 35% so với tổng lưu lượng lũ.

Với 3 loại vị trí điển hình trên đây, cho thấy đi từ loại A đến loại C khả năng thoát lũ qua vùng bãi sông tăng dần

#### 4. TRAO ĐỔI VÀ THẢO LUẬN

Trong việc đánh giá khả năng thoát lũ của con sông, đoạn sông, phương pháp Barusnhikop đã đưa ra được các đánh giá về khả năng thoát lũ dựa trên phân loại tương tác dòng chảy giữa lòng và bãi sông và đây là cách làm hết sức khoa học, tuy nhiên phương pháp này chưa đề cập được các tác động của hình thái mặt bằng cũng với phát triển bãi sông đến khả năng thoát lũ thực tế của đoạn sông Hồng qua Hà Nội hay cụ thể là thoát lũ qua từng khu vực, vị trí bãi sông. Do vậy cần thiết phải có bổ xung các phân tích, đánh giá khả năng thoát lũ thực tế dựa trên các tính toán lưu lượng thoát lũ từng khu vực/vị trí có xét đến hiện trạng lòng sông, bãi sông.

Việc áp dụng phương pháp Barusnhikop cùng với các phân tích, đánh giá bổ xung nêu trên hết sức cần thiết đối với việc đưa ra các biện pháp quản lý, sử dụng, khai thác, phát triển cũng như đảm bảo an toàn dân sinh trên các bãi sông đồng thời gia tăng khả năng thoát lũ, an toàn đề điều, ổn định lòng dẫn.

#### 5. KẾT LUẬN

Việc sử dụng các phương pháp Barusnhikop phân tích tương tác dòng chảy lũ giữa lòng và bãi sông để xác định loại hình tương tác cũng

như đánh giá khả năng thoát lũ thực tế qua bãi sông trên các vị trí/khu vực sông có các đặc trưng hình thái cũng như đặc điểm phát triển khác nhau đã được xem xét, đề cập trong một số nghiên cứu trước đây với mục tiêu chính là làm gia tăng khả năng thoát lũ chung của con sông/đoạn sông, các nghiên cứu vận dụng chi tiết cho đối tượng quản lý, sử dụng bãi sông ít được đề cập.

Từ sau năm 2000 đến nay và nhất là sau khi quyết định 257/QĐ-TTg về quy hoạch lũ đề điều trên hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình được phê duyệt tháng 3/2016, các yêu cầu trong việc quản lý hiện trạng, quản lý khai thác, hướng dẫn sử dụng bãi sông một cách khoa học là rất cấp thiết để không ảnh hưởng xấu đến thoát lũ và ổn định lòng dẫn đồng thời cũng cho phép phát triển có giới hạn một phần không gian trên bãi sông cho dân sinh, hạ tầng, kinh tế.

Vì vậy việc xem xét vận dụng lại các phương pháp phân tích tương tác dòng chảy lũ giữa lòng và bãi sông để xác định loại hình tương tác kết hợp với đánh giá thoát lũ thực tế qua bãi sông dựa trên các đặc trưng hình thái, đặc điểm phát triển bãi sông là một trong các hướng tiếp cận nghiêm túc mang tính khoa học và phù hợp thực tế quản lý, khai thác các bãi sông trên hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Ngọc Quỳnh; Nghiên cứu xác lập quan hệ hình thái lòng sông với khả năng thoát lũ trên sông Hồng đoạn Sơn Tây-Hung Yên. Luận án Tiến sĩ, Viện Khoa học Thủy lợi, 2006;
- [2] Nguyễn Ngọc Quỳnh; Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng hoàn thiện hành lang thoát lũ cho sông Hồng (Sơn Tây- Cửa Luộc), đề tài cấp Bộ Nông nghiệp & PTNT, 2009;

- [3] Vũ tất Uyên; Tổng quan các nghiên cứu thoát lũ của nước ngoài, bản tổng hợp từ các tài liệu của Liên Xô cũ. Viện KHTL, 2009;
- [4] Đặng Hoàng Thanh; Tính toán thủy lực, xác lập tuyến thoát lũ quy hoạch và ổn định lòng dẫn đoạn sông Hà Nội qua khu vực dự án khu đô thị, du lịch sinh thái và sân Golf Long Biên. Viện KHTL, 2008;
- [5] Trần Đình Hòa & nnk; nghiên cứu tổng thể giải pháp công trình đập dâng nước nhằm ứng phó tình trạng hạ thấp mực nước, đảm bảo an ninh nguồn nước cho vùng hạ du sông Hồng. Đề tài cấp Quốc Gia, Viện KHTL, 2018;
- [6] JANSEN P.Ph: Principles of River Engineering, 1978;
- [7] PRZEDWOJSKI, B; BLAZEJEWSKIR; PILARCZYK.K.W. River training techniques fundamentents, design and application, Brookfield, 1995.