

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN NGẬP LỤT VÀ TIÊU THOÁT LŨ HẠ DU HỒ KẾ GỖ TỈNH HÀ TĨNH

Trần Ngọc Bích, Nguyễn Thị Thu Huyền, Nguyễn Thanh Hùng, Vũ Đình Cường

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc Gia về động lực học sông biển

Nguyễn Đức Chính

Ban Quản lý đầu tư và xây dựng Thủy lợi 4

Tóm tắt: Hồ Kế Gỗ là công trình thủy lợi lớn nhất hiện nay tại Hà Tĩnh, diện tích lưu vực đến vị trí đầu mối khoảng 223km², có nhiệm vụ chính là cung cấp nước tưới, nước sinh hoạt và công nghiệp. Nguyên nhân gây ra ngập lụt vùng hạ du hồ Kế Gỗ bao gồm thủy triều, mưa lớn, bão lũ. Vấn đề ngập lụt trở nên nghiêm trọng hơn do hệ thống công trình trong tiêu thoát lũ lưu vực chưa hoàn thiện và đáp ứng được khả năng tiêu thoát một cách nhanh chóng và kịp thời. Bài báo sử dụng mô hình MIKE FLOOD để mô phỏng dòng chảy lũ và ngập lũ hạ du hồ Kế Gỗ trên cơ sở đó đánh giá hiện trạng ngập lụt trong lưu vực. Bài viết này tập trung vào thực trạng lũ lụt vùng hạ du hồ chứa Kế Gỗ qua đó đưa ra các giải pháp chống ngập, hạn chế rủi ro do ngập úng một cách phù hợp.

Từ khóa: Ngập lụt, tiêu thoát lũ, hạ du hồ Kế Gỗ

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lũ lụt xảy ra ở Hà Tĩnh do nhiều nguyên nhân, bao gồm thủy triều, lũ lụt do mưa và nước sông. Trong những năm gần đây, các điều kiện khí hậu bất thường đã gây ra các hiện tượng mưa cực đoan về cường độ, tần suất và hình thái, cùng với nước biển dâng đã gây ra rất nhiều thiệt hại đối với dân sinh – kinh tế của tỉnh Hà Tĩnh [5, 6].

Trong những năm gần đây do ảnh hưởng của biến đổi Khí hậu toàn cầu, tình hình thời tiết diễn ra bất thường: mưa to, bão lớn cùng với nước biển dâng đã gây ra rất nhiều thiệt hại nghiêm trọng, hàng ngàn hộ dân bị ngập lụt, các công trình bị tàn phá, kinh tế xã hội bị gián đoạn. Đặc biệt, từ ngày 15/10 đến ngày 21/10/2020 lượng mưa đo được tại đầu mối hồ Kế Gỗ 1.260mm, tại xã Kỳ Thượng (thượng nguồn hồ) là 1.956mm, vượt lượng mưa thiết

kế của hồ chứa; tổng lượng nước đến hồ 280 triệu m³[5, 6]. Mưa lớn xảy ra trong thời gian ngắn đã làm cho mực nước hồ Kế Gỗ gia tăng đột biến, vượt xa trận lũ lịch sử năm 2010. Trong tình huống khẩn cấp để bảo vệ an toàn tuyệt đối cho đập Kế Gỗ phải xả tràn Kế Gỗ với lưu lượng thiết kế 1.065m³/s trong khi vùng hạ du vẫn đang mưa lớn đã gây thiệt hại khá nặng nề cho thành phố Hà Tĩnh, các huyện Thạch Hà, Cẩm Xuyên.

Mô hình toán là bộ công cụ hữu hiệu được sử dụng nhiều trên thế giới cũng như Việt Nam để nghiên cứu lũ nhằm đề xuất các giải pháp phòng tránh lũ [5, 6, 7]. Nghiên cứu này sử dụng bộ mô hình toán họ MIKE [1, 2, 3, 4] để tính toán đề xuất các giải pháp tăng khả năng thoát lũ vùng hạ du hồ Kế Gỗ tỉnh Hà Tĩnh.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ SỐ LIỆU SỬ DỤNG

2.1. Giới thiệu vùng nghiên cứu

Hồ Kế Gỗ thuộc địa phận huyện Cẩm Xuyên

Ngày nhận bài: 04/7/2022

Ngày thông qua phản biện: 08/8/2022

Ngày duyệt đăng: 16/8/2022

[1], diện tích lưu vực khoảng 223 km², gồm 1 đập chính và 3 đập phụ với sức chứa khoảng 350 triệu m³, cung cấp nước tưới cho gần 17.000ha đất NN trong khu vực [6, 7, 9]. Vùng hạ du hồ Kẻ Gỗ gồm có 3 huyện Cẩm Xuyên, Thạch Hà và thành phố Hà Tĩnh; với tổng số 74 xã, dân số gần 356.500 nhân khẩu. Đây là một trong 6 hồ chứa của cả nước được Bộ Nông nghiệp và PTNT xếp vào công trình thủy lợi Quốc gia. Do diễn biến thời tiết ngày càng cực đoan vượt các tần suất thiết kế, sự biến đổi dòng chảy làm cho lòng dẫn các con sông vùng hạ du bị uốn khúc, các cửa sông bị bồi lấp và thu hẹp nên khả năng tiêu thoát kém. Việc xây dựng cơ sở hạ tầng thiếu quy hoạch, mặt cắt thoát lũ bị bồi lấp, lấn chiếm, thu hẹp, không được nạo vét thường xuyên và tổng thể... nên khả năng tiêu thoát lũ kém, gây nên tình trạng ngập sâu dài ngày [9].



Hình 1: Mạng lưới trạm khí tượng thủy văn trên lưu vực

Phạm vi nghiên cứu là toàn bộ vùng hạ du hồ Kẻ Gỗ, bao gồm ba lưu vực sông chính là lưu vực sông Rào Cái, lưu vực sông Gia Hội và

lưu vực sông Cày. Lưu vực sông Rào Cái và sông Gia Hội có diện tích lưu vực là 516 km² với chiều dài 74 km và được chia ra hai nhánh tại xã Cẩm Thành. Lưu vực sông Cày với diện tích 20,2 km² và chiều dài 9km, hợp lưu với sông Nghèn tại xã Thạch Hà và với sông Phú (một nhánh của sông Rào Cái) tại xã Hộ Độ, tạo thành sông Cửa Sốt trước khi đổ ra biển qua cửa Sốt. Mạng lưới quan trắc khí tượng trên lưu vực phong phú nhưng mạng lưới quan trắc thủy văn còn hạn chế, đặc biệt quan trắc dòng chảy và bùn cát.

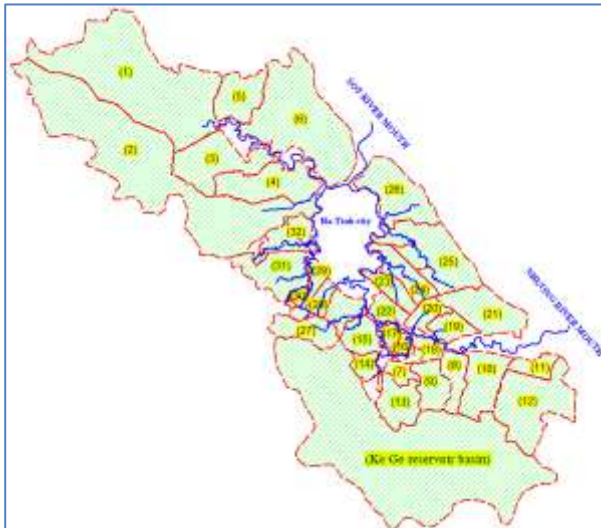
2.2 Giới thiệu bộ mô hình tính toán dòng chảy từ mưa và ngập lụt lưu vực

Mô hình MIKE là một mô hình có nhiều ưu điểm so với những mô hình toán khác điển hình là việc biên tập, quản lý số liệu đầu vào đầu ra cho mô hình dễ dàng thực hiện được; các module tính toán có sự liên kết mật thiết và có thể tính toán liên hoàn với nhau; có sự tích hợp rất tốt với GIS. Các mô hình có mối liên hệ qua lại với nhau rất chặt chẽ trong quá trình tính toán mô phỏng lũ trong hệ thống: Mô hình mưa - dòng chảy MIKE NAM tính toán cung cấp các biên đầu vào về lưu lượng lũ cho mô hình MIKE FLOOD mô phỏng dòng chảy lũ lưu vực sông.

2.2.1 Mô hình MIKE NAM

Mô hình MIKE NAM là mô hình dạng bể chứa dùng để tính toán dòng chảy từ mưa. Các bể chứa được sử dụng trong mô hình gồm: bể tuyết, bể chứa mặt, bể sát mặt (bể tầng rễ cây) và bể chứa ngầm.

Thiết lập mô hình NAM: căn cứ vào mạng lưới sông và vị trí trạm đo mưa, lưu vực hạ du hồ Kẻ Gỗ được chia làm 32 lưu vực con. Sử dụng công cụ ArcGIS để số hóa, kết quả phân vùng lưu vực như hình 2.

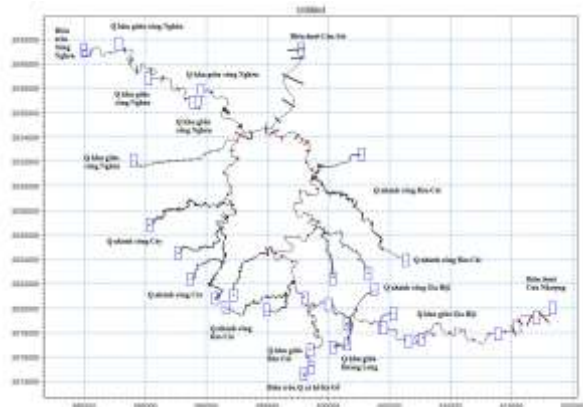


Hình 2: Sơ đồ vị trí phân chia các lưu vực bộ phận

2.2.2 Mô hình MIKE FLOOD (MIKE11+MIKE21)

Nhóm nghiên cứu đã xây dựng bộ mô hình MIKE FLOOD với một nền cơ sở dữ liệu là hệ thống các sông chính và mạng lưới kênh, công trình công giao thông, thủy lợi và cầu giao thông qua sông trên lưu vực tương đối chi tiết để đánh giá khả năng ngập lụt.

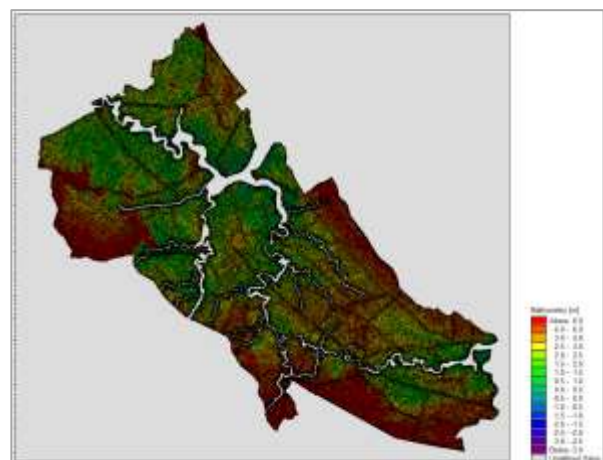
Mạng sông đưa vào tính toán thủy lực MIKE 11 [2] bao gồm toàn bộ dòng chính và các phụ lưu chính của vùng trung, hạ du trong lưu vực sông Rào Cái sau hồ Kê Gỗ, hồ Bộc Nguyên bao gồm các huyện Cẩm Xuyên, thành phố Hà Tĩnh và Thạch Hà thuộc tỉnh Hà Tĩnh. Biên trên: gồm 2 biên gồm biên Q xả sau hồ Kê Gỗ (sông Rào Cái) và biên Q tại cầu Ngền (sông Nghèn); Biên dưới: gồm 2 biên gồm biên tại Cửa Sót (sông Rào Cái) và biên tại Cửa Nhượng (sông Gia Hội); Biên nhập lưu: gồm 19 biên khu giữa (sông Nghèn 5 biên, sông Rào Cái 3 biên, sông Gia Hội 8 biên, sông Hoàng Long 3 biên); Biên nhánh sông: gồm 12 biên nhánh sông nhập lưu (sông Cày 4 biên, sông Rào Cái 7 biên, sông Gia Hội 1 biên).



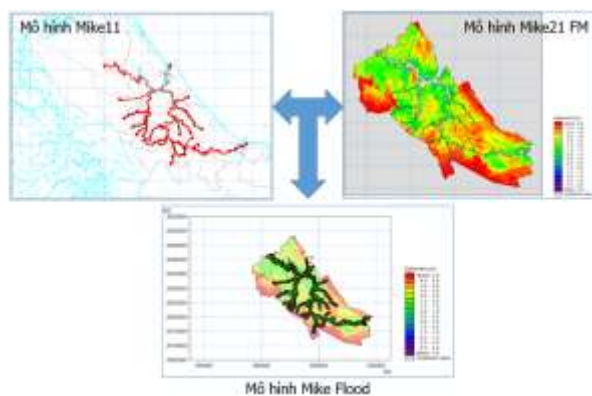
Hình 3: Sơ đồ mạng lưới tính toán thủy lực

Phạm vi mô phỏng của mô hình MIKE 21 [3] giới hạn trong vùng tọa độ $18^{\circ}34'13''$ đến $18^{\circ}04'11''$ vĩ độ Bắc và từ $105^{\circ}35'53''$ đến $106^{\circ}14'27''$ kinh độ Đông bao gồm toàn bộ diện tích lưu vực sông Rào Cái và phần mở rộng có liên quan với diện tích 1665 km^2 . Xây dựng lưới tính toán hai chiều mô phỏng địa hình vùng ngập lụt bằng 83.958 ô lưới (Hình 4). Sau khi xây dựng mạng lưới thủy lực trong Mike 11 và Mike 21 nghiên cứu tiến hành Coupling 2 mạng lưới thủy lực 1 chiều và 2 chiều, các liên kết bên và liên kết chuẩn được lựa chọn để kết nối 2 mô hình.

Với mạng lưới thủy lực 1D và 2D xây dựng được, nghiên cứu tiến hành kết nối giữa mô hình 1D&2D trong mô hình MIKE FLOOD để tính toán vùng ngập lụt (Hình 5).



Hình 4: Địa hình lưới tính của mô hình MIKE21 mô phỏng lưu vực sông Rào Cái



Hình 5: Sơ đồ liên kết mô hình Mike11 và Mike21 trong Mike Flood

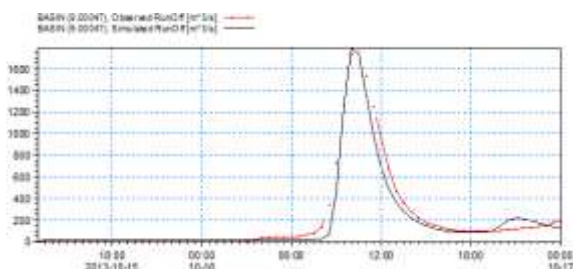
2.3. Dữ liệu tính toán

Tài liệu địa hình sử dụng để xây dựng mô hình thủy lực 1&2D gồm:

- Dữ liệu bản đồ độ cao số DEM 30x30m của lưu vực tỉnh Hà Tĩnh để phân chia lưu vực trong MIKE NAM;
- Mặt cắt ngang các sông, suối trong lưu vực và mặt cắt ngang các tuyến đập [4,5];
- Dữ liệu điểm cao độ địa hình tỷ lệ 1:10.000 toàn bộ lưu vực sông Rào Cái [7];
- Dữ liệu điểm cao độ địa hình tỷ lệ 1:2.000 khu vực thành phố Hà Tĩnh [7].

Tài liệu khí tượng thủy văn:

- Số liệu bốc hơi của trạm khí tượng Hà Tĩnh (1960-2020)
- Số liệu mưa giờ của trạm Hà Tĩnh (1960-2020), mưa giờ trạm Kẽ Gổ (năm 2009, tháng X/2010, 2013, tháng X/2020). Số liệu mưa



Hình 6: Kết quả hiệu chỉnh trận lũ từ ngày 15-17/10/2013 tại trạm Kẽ Gổ

ngày trạm Bầu Nước (1963-1984, 1991-2020), trạm Cẩm Nhượng (1959-1966, 1968-2020), trạm Cẩm Xuyên (1960 - 2020), trạm Thạch Đồng (1979 - 2020), trạm Đò Diếm (1957-1992, 1997, 2001, 2002, 2007, 2009 - 2020)

- Quá trình lưu lượng xả thực đo ($Q_{x\sim t}$) của hồ Kẽ Gổ tháng 10/1963, tháng 10/2013, tháng 10/2010 và tháng 10/2020 kế thừa từ dự án “Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẽ Gổ” [7].

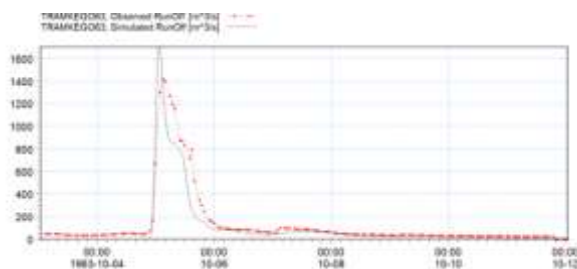
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết lập các mô hình tính toán mô phỏng

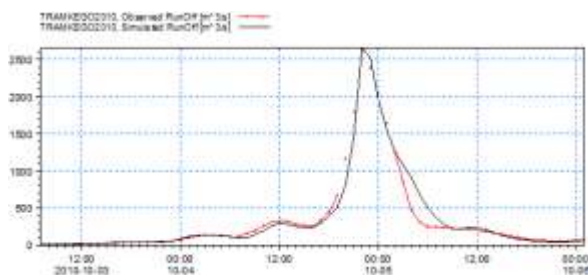
3.1.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE NAM

Vùng nghiên cứu được phân chia thành 32 tiểu lưu vực. Mô hình được hiệu chỉnh theo số liệu thực đo của trạm thủy văn Kẽ Gổ. Trạm thủy văn Kẽ Gổ đo lưu lượng từ năm 1958 đến 1975, tuy nhiên đề tài đã kế thừa được lưu lượng xả hồ Kẽ Gổ một số năm xảy ra lũ lớn (2010, 2013, 2020) [7], tiến hành xây dựng mô hình NAM cho lưu vực đến hồ Kẽ Gổ. Do vậy trong chuỗi số liệu thu thập được, đề tài lựa chọn thời gian hiệu chỉnh, kiểm định mô hình như sau:

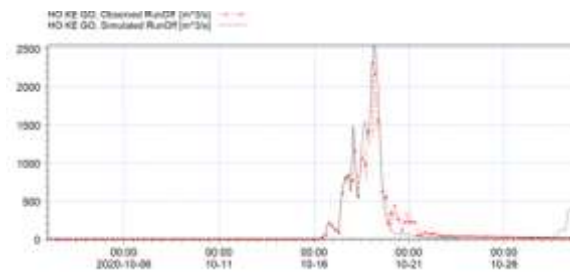
Hiệu chỉnh mô hình: trận lũ từ ngày 3-12/10/1963 và trận lũ từ ngày 15-17/10/2013 [7]; Kiểm định mô hình: trận lũ từ ngày 3-6/10/2010 [7] và trận lũ từ ngày 15-21/10/2020 [7].



Hình 7: Kết quả hiệu chỉnh trận lũ từ ngày 3-12/10/1963 tại trạm Kẽ Gổ



Hình 8: Kết quả kiểm định trận lũ từ ngày 3-6/10/2010 tại trạm Kê Gổ



Hình 9: Kết quả kiểm định trận lũ từ ngày 15-21/10/2020 tại trạm Kê Gổ

Bảng 1: Đánh giá sai số mô hình MIKE NAM

Trường hợp	Thời gian	Hệ số NASH	Hệ số chênh lệch lưu lượng đỉnh lũ (%)
Hiệu chỉnh	3-12/10/1963	0,852	20,1%
Hiệu chỉnh	15-17/10/2013	0,961	2,92%
Kiểm định	3-6/10/2010	0,942	1,08%
Kiểm định	15-21/10/2020	0,866	1,30%

Bảng 2: Kết quả bộ thông số mô hình MIKE NAM tại trạm Kê Gổ

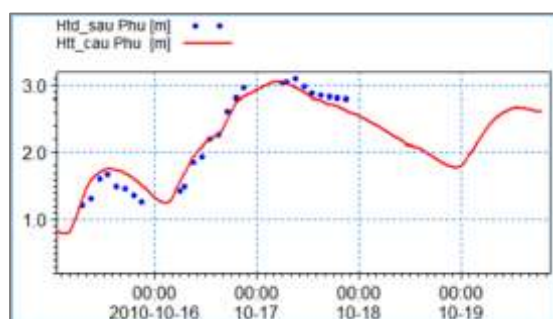
Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
12	110	0,899	503,9	6	0,27	0,517

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy với bộ thông số được lựa chọn, mô hình đã mô phỏng tốt quá trình lưu lượng dòng chảy cho lưu vực với sai số NASH đạt 0,85-0,96 trong giai đoạn hiệu chỉnh và 0,92 – 0,86 trong giai đoạn kiểm định. Đường quá trình tính toán và thực đo phù hợp về xu thế và đường quá trình, sai số đỉnh lũ khoảng từ 2,92 – 20,1 % giai đoạn hiệu chỉnh và 1,08-1,3% giai đoạn kiểm định. Do đó có thể ứng dụng mô hình NAM để tính toán dòng chảy từ mưa cho các kịch bản thiết kế đối với lưu vực nghiên cứu.

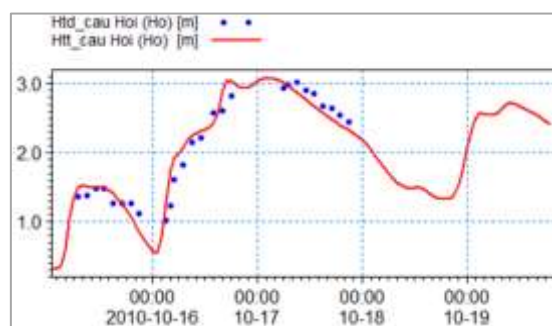
3.1.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE FLOOD

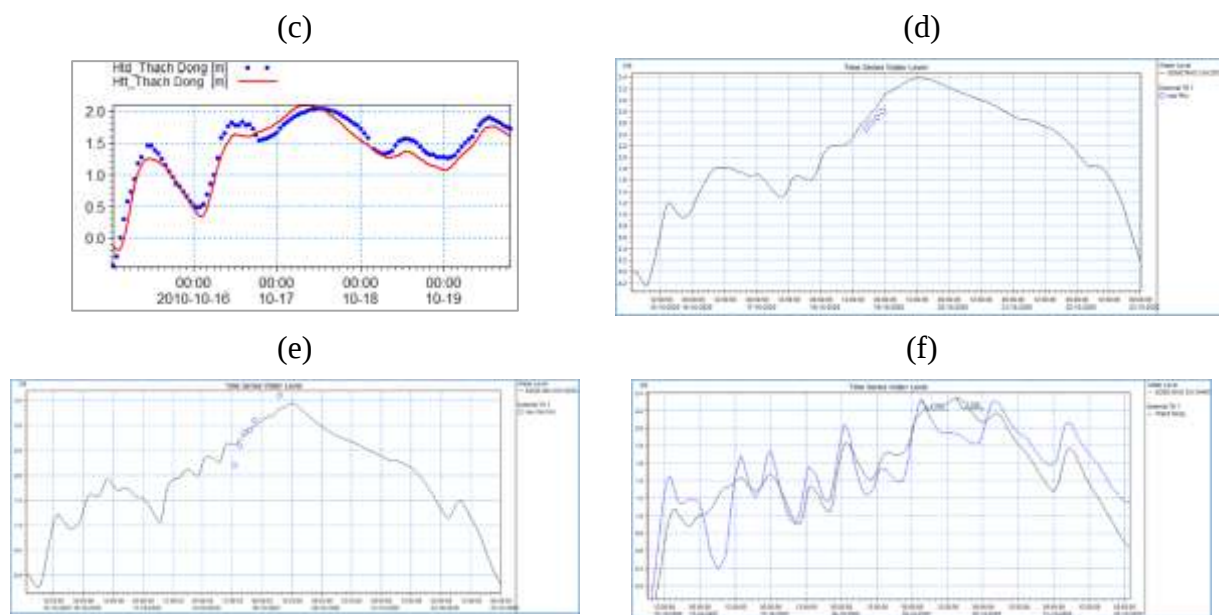
Quá trình hiệu chỉnh mô hình được thực hiện qua trận lũ từ ngày 16/10 - 19/10/2010 [4], quá trình kiểm định mô hình được thực hiện qua trận lũ từ ngày 15/10/2020 - 22/10/2020 [6]. Vị trí để so sánh mực nước thực đo và tính toán tại trạm thủy văn Thạch Đồng, vị trí cầu Phủ và cầu Hội có số liệu đo đạc kiểm tra một vài thời điểm trong đợt lũ. Kết quả được thể hiện qua Hình 10.

(a)



(b)





Hình 10: Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại Cầu Phủ, Cầu Hội và trạm thủy văn Thạch Đồng (a-c) từ 16/10 - 19/10/2010; Kết quả kiểm định mực nước tại Cầu Phủ, Cầu Hội và trạm thủy văn Thạch Đồng (d-f) từ 15/10/2020 - 22/10/2020

Quá trình mực nước lũ tính toán mô phỏng tại 3 vị trí Cầu Phủ, Cầu Hội và trạm thủy văn Thạch Đồng khá sát với các số liệu đo thực tế. Hệ số NASH tại hai vị trí Cầu Phủ và Cầu Hội đều đạt trên 0,8. Giá trị mực nước lũ tính toán lớn nhất tại hai vị trí cầu Phủ và Cầu Hội chênh lệch ít so với giá trị mực nước lũ lớn nhất thực đo, mức chênh lệch lớn nhất là 0,18 m tương ứng với 5%. Kết quả kiểm định lại mô hình với trận lũ tháng 10/2020 cho thấy mô hình đã cho kết quả tính toán mực nước lũ tương đối phù hợp với số liệu thực đo. Kết quả kiểm tra đường quá trình mực nước lũ tính toán tại 3 vị trí Cầu Phủ, Cầu Hội và trạm thủy văn Thạch Đồng khá phù hợp với thực tế; tuy nhiên mức độ chênh lệch về trị số và đường quá trình lũ tại các trạm còn tương đối lớn.

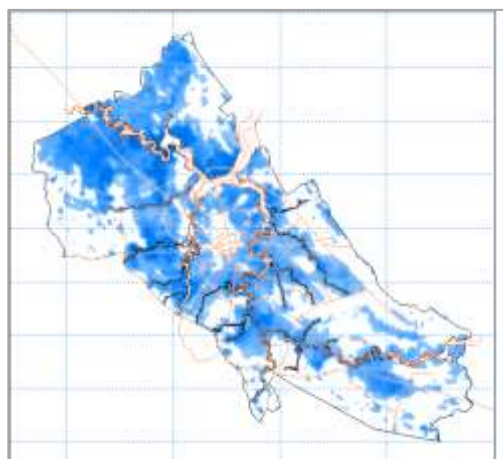
3.2. Kết quả tính toán mô phỏng lũ lịch sử với hiện trạng hệ thống

Kết quả tính toán với trường hợp 02 trận lũ lớn lũ lịch sử cho thấy phạm vi ngập lụt vùng hạ du hồ Kè Gỗ là rất lớn (Hình 11). Toàn bộ lưu vực trong trận lũ năm 2010 bị ngập khoảng 17663,3 ha nhỏ hơn so với trận lũ năm 2020 bị ngập 21466,1 ha. Trong trận lũ 2010, những vùng có độ sâu ngập từ 0,5m-1m chiếm tỷ lệ lớn nhất 37,1% tương ứng với 4129,7ha. Trong trận lũ 2020, những vùng có độ sâu ngập từ 0,5m-1m chiếm tỷ lệ lớn nhất 28,5% tương ứng với 6128,4ha. Các khu vực ngập sâu tập trung tại các vị trí dọc theo sông Rào Cái, đặc biệt là tại vị trí hạ du của sông.

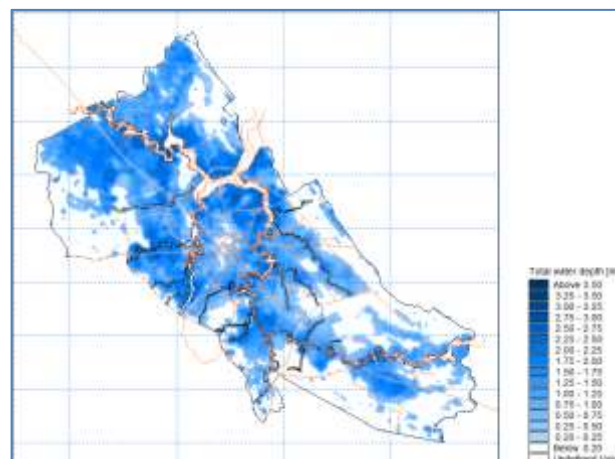
Bảng 3: Diện tích ngập phân theo các mức độ ngập trên lưu vực và khu vực thành phố ứng với lũ năm 2010 và năm 2020

Độ sâu ngập (m)	Mô phỏng ngập lụt lũ năm 2010		Mô phỏng ngập lụt lũ năm 2020	
	Diện tích ngập (ha)	Phần trăm (%)	Diện tích ngập (ha)	Phần trăm (%)
< 0,5	3863,2	18,71	4322,0	30,00
0,5-1	5859,7	28,38	5501,2	38,19
1-1,5	5606,4	27,16	3106,2	21,56
1,5-2	3273,1	15,85	1328,0	9,22

Độ sâu ngập (m)	Mô phỏng ngập lụt năm 2010		Mô phỏng ngập lụt năm 2020	
	Diện tích ngập (ha)	Phần trăm (%)	Diện tích ngập (ha)	Phần trăm (%)
2-2,5	1768,1	8,56	132,0	0,92
>2,5	274,1	1,33	15,5	0,11
Tổng	20644,6	100	14404,8	100



Trận lũ năm 2010



Trận lũ năm 2020

Hình 11: Ngập lụt lưu vực sông Rào Cái ứng với lũ năm 2010 và trận lũ 2020

3.3. Các kịch bản thoát lũ cho vùng hạ du hồ Kẻ Gỗ

Các kịch bản đưa vào tính toán mô phỏng trên mô hình MIKE FLOOD để phân tích đánh giá đưa ra giải pháp công trình tăng khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ là tổ hợp của 02 phương án

thủy văn về lũ thiết kế theo tần suất (**TV1** - lũ thiết kế tần suất 2% và **TV2** - lũ thiết kế tần suất 10%) và 03 phương án công trình (**PA0**, **PA1**, **PA2**) (Bảng 4). Kết quả tính toán cho các kịch bản thoát lũ được thể hiện qua Bảng 5 và Bảng 6.

Bảng 4: Bảng tổng hợp các kịch bản tính toán lũ thiết kế

STT	Tên kịch bản tính	Diễn giải nội dung tính toán theo kịch bản
1	TV1-PA0	- Công trình: Điều kiện hiện trạng; - Thủy văn: lũ thiết kế P = 2% (các hồ cắt lũ theo quy trình). (kế thừa kết quả tính toán của dự án Dự án “Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ” [7])
2	TV2-PA0	- Công trình: Điều kiện hiện trạng; - Thủy văn: lũ thiết kế P = 10% (các hồ cắt lũ theo quy trình). (kế thừa kết quả tính toán của dự án Dự án “Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ” [7])
3	TV1-PA1	- Công trình: Xây dựng 02 tuyến đê; Nạo vét sông Rào Cái và sông Cày; Nạo vét tuyến kênh tiêu phía Đông quốc lộ 1A; - Thủy văn: lũ thiết kế P = 2% (các hồ cắt lũ theo quy trình). (kế thừa kết quả tính toán của dự án Dự án “Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ” [7])

STT	Tên kịch bản tính	Diễn giải nội dung tính toán theo kịch bản
4	TV1-PA2	- Công trình: như kịch bản TV1-PA1 kết hợp nâng cao các đoạn đê bảo vệ thành phố còn thấp chưa đủ cao trình chống lũ và mở rộng khẩu độ các cống tiêu qua đê hữu sông Rào Cái; - Thủy văn: lũ thiết kế $P = 2\%$ (các hồ cắt lũ theo quy trình). (kế thừa kết quả tính toán của dự án Dự án “Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ” [7])
5	TV2-PA1	- Công trình: Xây dựng 02 tuyến đê; Nạo vét sông Rào Cái và sông Cày; Nạo vét tuyến kênh tiêu phía Đông quốc lộ 1A; - Thủy văn: lũ thiết kế $P = 10\%$ (các hồ cắt lũ theo quy trình). (kế thừa kết quả tính toán của dự án Dự án “Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ” [7])
6	TV2-PA2	- Công trình: như kịch bản TV1-PA1 kết hợp nâng cao các đoạn đê bảo vệ thành phố còn thấp chưa đủ cao trình chống lũ và mở rộng khẩu độ các cống tiêu qua đê hữu sông Rào Cái; - Thủy văn: lũ thiết kế $P = 10\%$ (các hồ cắt lũ theo quy trình). (kế thừa kết quả tính toán của dự án Dự án “Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ” [7])

Bảng 5: Thay đổi về diện tích ngập lụt lưu vực so với hiện trạng ($P = 2\%$)

Độ sâu ngập (m)	Diện tích ngập (ha)	Tăng (+)/giảm (-) quy mô ngập so với hiện trạng					
	Kịch bản TV1-PA0	Kịch bản TV1-PA1			Kịch bản TV1-PA2		
		Diện tích ngập (ha)	Diện tích (ha)	% diện tích	Diện tích ngập (ha)	Diện tích (ha)	% diện tích
< 0,5	3863,2	3866,7	3,4	0,1	4040,1	176,9	4,6
0,5-1	5859,7	5963,8	104,1	1,8	5234,0	-625,6	-10,7
1-1,5	5606,4	5502,5	-103,8	-1,9	4453,8	-1152,6	-20,6
1,5-2	3273,1	3287,2	14,1	0,4	2713,0	-560,2	-17,1
2-2,5	1768,1	1688,9	-79,2	-4,5	1235,1	-533,0	-30,1
>2,5	274,1	217,1	-56,9	-20,8	167,6	-106,5	-38,9
Tổng	20644,6	20526,2	-118,4	-0,6	17843,6	-2801,0	-13,6

- Kịch bản TV1-PA0: trận lũ rất lớn, gây ngập lụt nghiêm trọng cả vùng hạ du hồ Kẻ Gỗ những vùng có độ sâu ngập từ 0,5m-1m chiếm tỷ lệ lớn nhất 28,38% tương ứng với 5859,7ha; tiếp đến là vùng có độ sâu ngập từ 1m-1,5m chiếm 27,16%. Các khu vực ngập sâu tập trung tại các vị trí dọc theo sông Rào Cái và sông Cày đặc biệt là vị trí hạ du của sông.

- Kịch bản TV1-PA1: Tổng diện tích ngập trên vùng đồng bằng lưu vực sông Rào Cái giảm 118.6ha từ 20644,6ha xuống còn 20526,2ha tương đương với giảm 0,6 % tổng diện tích

ngập. Diện tích ngập giảm ở tất cả các mức độ ngập sâu nhưng mức độ giảm rất nhỏ không đáng kể. Tỷ lệ giảm diện tích ngập nhiều nhất tập trung vào khoảng độ sâu ngập >2,5m tương ứng với 20,8% so với phương án hiện trạng TV1-PA0. Như vậy nếu chỉ xây dựng 02 tuyến đê, nạo vét sông Rào Cái và sông Cày, nạo vét tuyến kênh tiêu phía Đông quốc lộ 1A thì mức độ giảm ngập cho lưu vực sông Rào Cái không lớn.

- Kịch bản TV1-PA2: Tổng diện tích ngập trên vùng đồng bằng lưu vực sông Rào Cái giảm

2801ha từ 20644,6ha xuống còn 17843,6ha tương đương với giảm 13,6 % tổng diện tích ngập. Diện tích ngập giảm ở tất cả các mức độ ngập sâu. Tỷ lệ giảm diện tích ngập nhiều nhất tập trung vào khoảng độ sâu ngập từ 2m đến 2,5m và >2,5m tương ứng với mức giảm lần

lượt là 30,1% và 38,9% so với phương án hiện trạng TV1-PA0. Như vậy nếu thực hiện theo phương án này thì mức độ giảm ngập cho lưu vực sông Rào Cái là 13,6% và tập trung giảm ngập cho những vùng trũng thấp có độ sâu ngập hiện trạng lớn hơn 2m.

Bảng 6: Thay đổi về diện tích ngập lụt lưu vực so với hiện trạng (P = 10%)

Độ sâu ngập (m)	Diện tích ngập (ha)	Tăng (+)/giảm (-) quy mô ngập so với hiện trạng					
	Kịch bản TV2-PA0	Kịch bản TV2-PA1			Kịch bản TV2-PA2		
		Diện tích ngập (ha)	Diện tích (ha)	% diện tích	Diện tích ngập (ha)	Diện tích (ha)	% diện tích
< 0,5	4322,0	4247,8	-74,2	-1,7	4136,2	-185,8	-4,3
0,5-1	5501,2	4872,1	-629,0	-11,4	4589,9	-911,3	-16,6
1-1,5	3106,2	2617,0	-489,1	-15,7	2484,6	-621,6	-20,0
1,5-2	1328,0	1099,3	-228,7	-17,2	1071,9	-256,0	-19,3
2-2,5	132,0	109,1	-22,9	-17,3	103,6	-28,4	-21,5
>2,5	15,5	14,5	-1,0	-6,6	12,8	-2,7	-17,5
Tổng	14404,8	12959,8	-1445,0	-10,0	12399,1	-2005,7	-13,9

- Kịch bản TV2-PA0: trận lũ tương đối lớn, vẫn gây ngập lụt diện rộng cho vùng hạ du hồ Kẻ Gỗ. Các khu vực ngập sâu tập trung tại các vị trí dọc theo sông Rào Cái.

- Kịch bản TV2-PA1: Tổng diện tích ngập trên vùng đồng bằng lưu vực sông Rào Cái giảm 1445ha từ 14404,8ha xuống còn 12959,8ha tương đương với giảm 10% tổng diện tích ngập. Diện tích ngập giảm ở tất cả các mức độ ngập sâu; tỷ lệ diện tích ngập giảm nhiều nhất tập trung vào độ sâu ngập từ 1,5m-2m và 2m-2,5m tương ứng với tỷ lệ giảm diện tích ngập lần lượt là 17,2% và 17,3% so với phương án hiện trạng TV2-PA0. Như vậy nếu chỉ xây dựng 02 tuyến đê mới và nạo vét sông Rào Cái, sông Cày, tuyến kênh tiêu phía Đông quốc lộ 1A thì mức độ giảm ngập cho lưu vực sông Rào Cái không lớn.

- Kịch bản TV2-PA2: Tổng diện tích ngập trên vùng đồng bằng lưu vực sông Rào Cái giảm 2005,7ha từ 14404,8ha xuống còn 12399,1ha tương đương với giảm 13,9% tổng diện tích ngập. Diện tích ngập giảm ở tất cả các mức độ ngập sâu. Tỷ lệ giảm diện tích ngập nhiều nhất

là trong khoảng độ sâu ngập từ 2m-2,5m tương ứng với 21,5% so với phương án hiện trạng TV2-PA0. Như vậy nếu thực hiện theo phương án này thì mức độ giảm ngập cho lưu vực sông Rào Cái là 13,9% và tập trung giảm ngập cho những vùng trũng thấp có độ sâu ngập hiện trạng từ 0,5m đến 2m.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá khả năng ngập lụt của hạ du hồ chứa Kẻ Gỗ qua hai trận lũ lịch sử năm 2010 và năm 2020. Qua đó cho thấy các khu vực ngập sâu tập trung tại các vị trí dọc theo sông Rào Cái, sông Cày, đặc biệt là tại vị trí hạ du của sông.

Trên cơ sở phân tích kết quả tính toán theo các kịch bản đã đề xuất được giải pháp tổng thể phòng chống lũ cho vùng hạ du hồ Kẻ Gỗ và thành phố Hà Tĩnh. Đối với vùng hạ du hồ Kẻ Gỗ: kiến nghị cần nạo vét các sông Rào Cái, sông Cày và nạo vét tuyến kênh tiêu phía Đông quốc lộ 1A kết hợp nâng cao các đoạn đê bảo vệ thành phố còn thấp chưa đủ cao trình chống lũ và mở rộng khẩu độ các cống tiêu qua đê hữu sông Rào Cái.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này đã sử dụng một phần dữ liệu thu thập được trong quá trình thực hiện.

Dự án “Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ”, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2021 giai đoạn lập dự án.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] DHI (2009), MIKE 11 Reference Manual, Hydrodynamic Module Scientific Documentation, MIKE by DHI
- [2] DHI (2009), MIKE 21 Flow Model, Hydrodynamic Module Scientific Documentation, MIKE by DHI.
- [3] Nguyễn Văn Hạnh, Nguyễn Đức Diệm, Nguyễn Ngọc Bách, Nguyễn Thanh Hùng, 2005. Mô hình dự báo lũ hệ thống sông Hồng-Thái Bình dựa trên các phần mềm họ MIKE. Báo cáo Hội nghị khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc, Tr. 160-172.
- [4] Nguyễn Thanh Hùng, Nguyễn Thị Thu Huyền, Vũ Đình Cường, 2016, Nghiên cứu dự báo biến động lòng dẫn hạ du sông Mã do ảnh hưởng của các thủy điện thượng nguồn, Khoa học và công nghệ Thủy lợi, số 30, Tr. 98-110. ISSN 1859-4255.
- [5] Viện Quy Hoạch Thủy lợi, 2012. Quy hoạch Phòng chống lũ các tuyến sông có đê và quy hoạch đê trên địa bàn tỉnh Hà Tĩnh. Hà Nội.
- [6] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam “*Tư vấn kỹ thuật về mô hình thủy văn/thủy lực lưu vực sông Rào Cái và mô hình thoát nước tại thành phố Hà Tĩnh tỉnh Hà Tĩnh*”. Hà Nội. 2015-2016.
- [7] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam “*Tăng cường khả năng tiêu thoát lũ vùng hạ du công trình thủy lợi Kẻ Gỗ*”, Hà Nội 2015
- [8] Dự án “*Điều tra vết lũ tháng 10/2020 vùng hạ du Kẻ Gỗ*” trung tâm Điều tra, Quy hoạch, Thiết Kế Nông nghiệp nông thôn Hà Tĩnh thực hiện.
- [9] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam “*Tăng cường khả năng thoát lũ hạ du hồ Kẻ Gỗ*”, Hà Nội 2021.