

MÔ PHỎNG NGẬP LỤT HẠ DU DO VỠ ĐẬP BẮC HÀ TRÊN SÔNG CHẢY THUỘC TỈNH LÀO CAI

Lương Hữu Dũng⁽¹⁾, Đặng Lê Na⁽²⁾, Nguyễn Mạnh Thắng⁽¹⁾,
Phạm Bình Minh⁽²⁾, Hồ Cao Khải⁽²⁾, Lê Thị Hương⁽³⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Biến đổi khí hậu

⁽²⁾Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Lào Cai

⁽³⁾Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường

Ngày nhận bài: 28/10/2024; ngày chuyển phản biện: 29/10/2024; ngày chấp nhận đăng: 21/11/2024

Tóm tắt: Nghiên cứu này sử dụng bộ mô hình MIKE DHI, bao gồm MIKE 11, MIKE 21 FM và MIKE FLOOD, để mô phỏng ngập lụt theo các kịch bản vỡ đập tại thủy điện Bắc Hà - đập thủy điện có dung tích lớn nhất phía thượng lưu của lưu vực sông Chảy thuộc tỉnh Lào Cai. Dữ liệu địa hình tỷ lệ 1:10.000, cùng với các thông số thủy văn và điều kiện biên được sử dụng để thiết lập và hiệu chỉnh mô hình. Các kịch bản vỡ đập với điều kiện lũ đến hồ ứng với tần suất 0,5 và 0,1% đã được mô phỏng, từ đó xây dựng các bản đồ ngập lụt tương ứng. Kết quả tính toán cho thấy diện tích ngập lụt tương ứng với 02 kịch bản lần lượt là 1.637 km² và 7.920 km². Lưu lượng lớn nhất của sóng vỡ đập tính toán đến các hồ đều xấp xỉ mức đỉnh lũ kiểm tra; riêng lưu lượng lớn nhất (Qmax) tại hồ Nậm Lức vượt 20% so với lưu lượng kiểm tra, do đó dẫn đến nguy cơ an toàn của đập này. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá mức độ nguy hiểm của sự cố vỡ đập và tác động ngập lụt tại khu vực hạ lưu.

Từ khóa: Sự cố vỡ đập, vận hành liên hồ chứa, lưu vực sông Chảy, mô hình tích hợp.

1. Mở đầu

Tỉnh Lào Cai đã trải qua một số sự cố thủy điện nghiêm trọng, gây thiệt hại lớn về tài sản và ảnh hưởng đến đời sống người dân. Những sự cố này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc nâng cao hệ thống quản lý, giám sát, bảo trì đập, và thiết kế phù hợp với điều kiện địa chất và khí hậu nhằm giảm thiểu rủi ro trong tương lai. Tính toán và mô phỏng sự cố vỡ đập là một lĩnh vực quan trọng trong kỹ thuật thủy lực, giúp đánh giá tác động lên môi trường và khu vực hạ du. Các mô hình thủy lực như HEC-RAS, MIKE 11, MIKE 21 và MIKE FLOOD thường được sử dụng để mô phỏng dòng chảy và xây dựng kịch bản ngập lụt. HEC-RAS, phát triển bởi Quân đoàn Kỹ sư Hoa Kỳ, đã được áp dụng rộng rãi, đặc biệt là trong các tình huống vỡ đập, như nghiên cứu tại đập Nasser cho thấy hiệu quả trong dự đoán phạm vi ngập lụt và đề xuất các biện pháp giảm

thiệt hại [1].

Nghiên cứu của Dung và cộng sự (2019) đã sử dụng MIKE FLOOD để đánh giá nguy cơ ngập lụt và xây dựng bản đồ ngập lụt cho khu vực dân cư và nông nghiệp, giúp quản lý hiệu quả các rủi ro tiềm ẩn [2].

Ngoài ra, Aggarwal và cộng sự (2016) đã sử dụng MIKE-11 để mô phỏng lũ quét do vỡ đập ở Ấn Độ, và Zhang và cộng sự (2022) đã đánh giá các tác động môi trường phức tạp như thay đổi địa hình và ô nhiễm nước. Nghiên cứu tại hồ chứa ĐakDrinh (Đạt và cộng sự, 2019) đã cho thấy MIKE FLOOD có vai trò quan trọng trong việc xây dựng bản đồ ngập lụt chi tiết, với độ chính xác cao khi so sánh với dữ liệu thực địa, từ đó đưa ra các giải pháp giảm thiểu rủi ro [3]. Những nghiên cứu này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc kết hợp mô hình thủy lực với GIS để lập bản đồ ngập lụt, đánh giá độ sâu và vận tốc dòng chảy, nâng cao độ chính xác trong dự báo và hỗ trợ công tác quản lý, ứng phó rủi ro [4], [5].

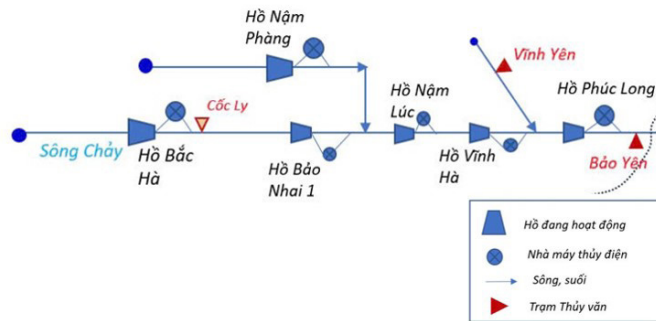
Liên hệ tác giả: Lương Hữu Dũng

Email: dungluonghuu@gmail.com

2. Khu vực nghiên cứu và phương pháp, số liệu sử dụng

a. Khu vực nghiên cứu

Thủy điện Bắc Hà, nằm trên sông Chảy tại Lào Cai, có công suất 90 MW, dung tích toàn bộ của hồ chứa 170,9 triệu m³, đập bê-tông trọng lực có chiều cao lớn nhất là 77,6 m, cao trình đỉnh đập 183 m và chiều dài theo đỉnh là 438 m [6]. Công trình có vai trò quan trọng trong phát điện, điều tiết lũ và cung cấp nước tưới tiêu, với cao trình mực nước lũ kiểm tra đạt 182,36 m, đảm bảo an toàn cho hệ thống khi đối mặt với



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thủy điện trên lưu vực sông Chảy trên địa bàn tỉnh Lào Cai

b. Phương pháp sử dụng

Trong nghiên cứu mô phỏng kịch bản vỡ đập thủy điện Bắc Hà trên hệ thống lưu vực sông Chảy, bộ mô hình Mike DHI đã được sử dụng để tính toán và phân tích các kịch bản sự cố vỡ đập. Mô hình thủy lực Mike 11 được hiệu chỉnh và kiểm định nhằm đảm bảo độ chính xác và tin cậy trong các kết quả mô phỏng. Mô hình Mike 11 đã được áp dụng cho dòng chảy một chiều trong hệ thống sông chính của lưu vực, giúp xác định các đặc trưng thủy lực như mực nước, lưu lượng và vận tốc tại các mặt cắt dọc theo dòng sông. Việc hiệu chỉnh mô hình Mike 11 được thực hiện dựa trên các số liệu quan trắc thực tế từ hệ thống sông Chảy, bao gồm chuỗi số liệu mực nước và lưu lượng tại các trạm đo. Kiểm định mô hình được tiến hành bằng cách so sánh các kết quả mô phỏng với dữ liệu thực đo, đảm bảo mô hình có khả năng phản ánh tốt các điều kiện thực tế của dòng chảy trong lưu vực.

Sau đó, các kết quả từ Mike 11 được sử dụng làm đầu vào cho các mô hình mô phỏng chi tiết hơn như Mike 21 FM và Mike FLOOD. Mike 21

lũ lớn, giúp giảm thiểu thiệt hại cho khu vực hạ du. Ngoài Bắc Hà, các thủy điện khác như Nậm Phàng (36 MW) với dung tích 4,55 triệu m³, Nậm Lúc (24 MW) với dung tích 3,49 triệu m³, và Vĩnh Hà (21 MW) với dung tích 2,97 triệu m³ cũng đóng vai trò quan trọng trong việc khai thác năng lượng nước từ sông Chảy (Hình 1).

Hồ chứa thủy điện Bắc Hà lớn nhất trên dòng chính sông Chảy, đóng vai trò điều tiết nước quan trọng, nghiên cứu mô phỏng kịch bản vỡ đập Bắc Hà để đánh giá tác động và đề xuất biện pháp ứng phó.

FM (Flexible Mesh) được áp dụng để mô phỏng dòng chảy hai chiều trên lưới linh hoạt, phù hợp với địa hình phức tạp của khu vực hạ du. Mô hình này giúp xác định phạm vi lan truyền của nước lũ và các đặc điểm dòng chảy trong không gian. Đồng thời, Mike FLOOD kết hợp giữa mô phỏng dòng chảy mặt (2D) và dòng chảy trong kênh (1D), cung cấp thông tin chi tiết về phạm vi ngập lụt, tốc độ lan truyền nước và mức độ ảnh hưởng đến các vùng dân cư, cơ sở hạ tầng và đất nông nghiệp hạ du trong trường hợp xảy ra sự cố vỡ đập.

3. Mô phỏng các kịch bản sự cố trên hệ thống thủy điện thuộc lưu vực sông Chảy

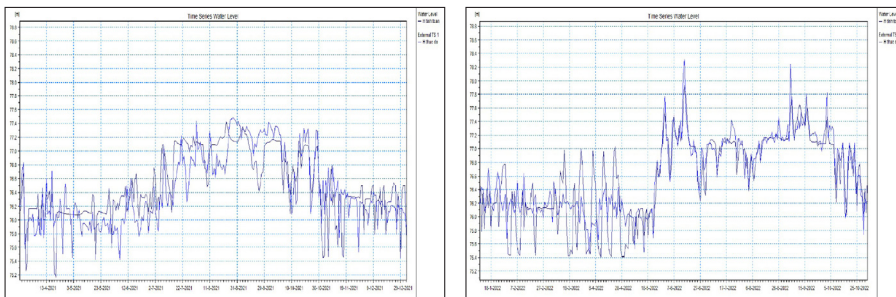
a) Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình Mike 11

Dự án đã thiết lập một mạng lưới mô hình thủy lực MIKE 11 trên lưu vực sông Chảy, với hệ thống thủy điện được xây dựng đầy đủ trong mô hình để mô phỏng dòng chảy và vận hành hồ chứa. Sơ đồ hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Chảy (Hình 1) đã được thiết lập trong mô

hình Mike 11, với biên trên của mô hình là quá trình lưu lượng ($Q \sim t$) vào hồ Bắc Hà, điều kiện biên dưới là quá trình mực nước ($H \sim t$) tại trạm Thác Bà. Trong quá trình này, trạm thủy văn Bảo Yên được chọn làm điểm hiệu chỉnh và kiểm định nhờ vào dữ liệu quan trắc mực nước dài hạn tại khu vực. Cụ thể, số liệu mực nước trong hai năm 2021 và 2022 đã được sử dụng để thực hiện quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, đảm bảo rằng các thông số đầu ra từ mô hình có độ tin cậy cao và phản ánh đúng điều kiện thực tế của hệ thống. Dữ liệu vận hành của các hồ chứa trên lưu vực sông Chảy trong các năm 2021 và 2022 - giai đoạn mà các nhà máy thủy điện trong khu vực đã đi vào hoạt động ổn định sau nhiều năm vận hành, việc sử dụng dữ liệu

vận hành từ thời điểm này giúp tăng độ chính xác cho mô hình trong việc phản ánh các tình huống thực tế liên quan đến dòng chảy và chế độ xả lũ của các nhà máy thủy điện, từ đó nâng cao khả năng mô phỏng và đánh giá các kịch bản ngập lụt cũng như các tình huống sự cố vỡ đập tiềm năng.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thể hiện trong Bảng 1 và Hình 2 đã cho thấy độ tin cậy cao của mô hình trong việc mô phỏng dòng chảy trên lưu vực sông Chảy. Cụ thể, trong năm 2021, hệ số R^2 đạt 0,64, chỉ số NASH là 0,6 và sai số về thể tích là 11%. Trong năm 2022, quá trình kiểm định cho thấy kết quả cải thiện hơn, với R^2 tăng lên 0,72, NASH đạt 0,7 và sai số về thể tích giảm xuống -7,1%.



Hình 2. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định quá trình mực nước tại trạm Bảo Yên

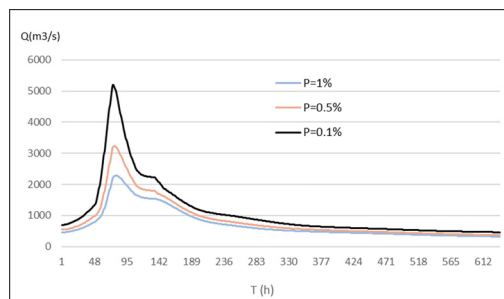
Bảng 1. Đánh giá sai số hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tại trạm Bảo Yên

Trạm	Hiệu chỉnh 2021			Kiểm định 2022		
	R^2	NASH	Volume error %	R^2	NASH	Volume error %
Bảo Yên	0,64	0,6	11	0,72	0,7	-7,1

b) Thiết lập và tính toán mô phỏng kịch bản vỡ đập trên lưu vực sông Chảy

- Thu phóng các trận lũ cho các kịch bản vỡ đập

Kịch bản vỡ đập được xây dựng với lưu lượng đến hồ chứa Bắc Hà tương ứng tần suất lũ thiết kế 0,5% (3.910 m³/s) và tần suất lũ kiểm tra 0,1% (5.260 m³/s) (Hình 3).



Hình 3. Mô phỏng các trận lũ theo các tần suất tương ứng tại thượng lưu hồ Bắc Hà

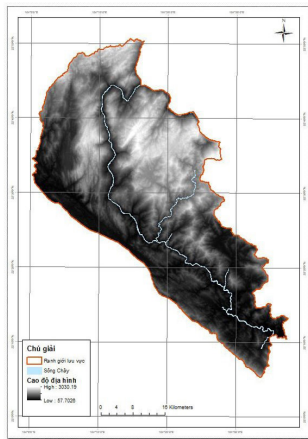
Nghiên cứu đã sử dụng số liệu trận lũ tháng 7/2022 để thu phóng, điều chỉnh các thông số

thủy văn tương ứng với các tần suất lũ thiết kế 0,5% và 0,1%. Mục đích của việc thu phóng là

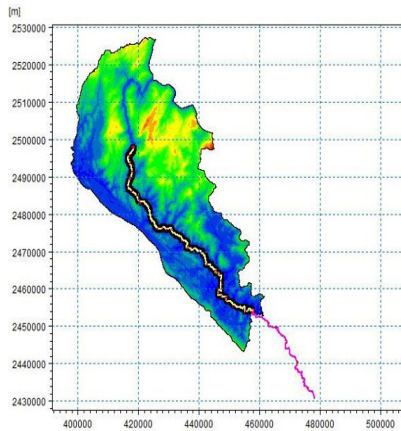
tạo ra dữ liệu đầu vào cho các mô hình thủy lực, từ đó tính toán và phân tích các kịch bản vỡ đập tương ứng với các tần suất lũ này. Quá trình này bao gồm việc mô phỏng các đặc trưng dòng chảy quan trọng như lưu lượng đỉnh lũ, thể tích lũ và đường quá trình lũ, nhằm đánh giá tác động của các kịch bản vỡ đập đến ngập lụt và nguy cơ mất an toàn của các đập phía hạ du.

- Thiết lập mô hình tính toán

Thiết lập lưới tính toán dựa vào phạm vi tính



a)



b)

Hình 4. Địa hình 1:10.000 lưu vực sông Chảy (a); - Thiết lập lưới tam giác trên MIKE 21 (b)

Nghiên cứu xây dựng hai kịch bản vỡ đập tại thủy điện Bắc Hà (Bảng 2). Kịch bản 1 được xây dựng ứng với lũ thiết kế tần suất $P = 0,5\%$, điều kiện mực nước trước lũ là $+180,0$ m ứng với MNDBT và mưa lớn hạ lưu, khi xảy ra lũ lớn nước dâng lên $+182,36$ m (cao trình mực nước lũ kiểm tra) sẽ xuất hiện vết nứt ở thân đập dẫn đến vỡ đập do nước tràn và thấm thân đập. Kịch bản 2 tương tự như kịch bản 1 nhưng điều kiện tính toán là với lũ thiết kế tần suất $P = 0,1\%$, mực nước trước lũ $+180,0$ m và mưa lớn, nước dâng

cao đột ngột và xuất hiện vết nứt ở thân đập gây vỡ đập do tràn nước không thoát kịp và thấm thân đập. Trong cả hai kịch bản tính toán, các thông số về vết vỡ thân đập đều được thiết lập tương ứng với vết vỡ rộng 10 m, xuất hiện tại vị trí thân đập ứng với cao trình là $+170,00$ m và kết thúc của vết vỡ tại vị trí tương ứng MNC $+160,00$ m. Thời gian vỡ đều được thiết lập là 30 phút, với các hồ chứa hạ du đều mở hết cửa xả lũ. Cả hai kịch bản đều đánh giá nguy cơ từ lũ lớn và các vấn đề kỹ thuật của đập.

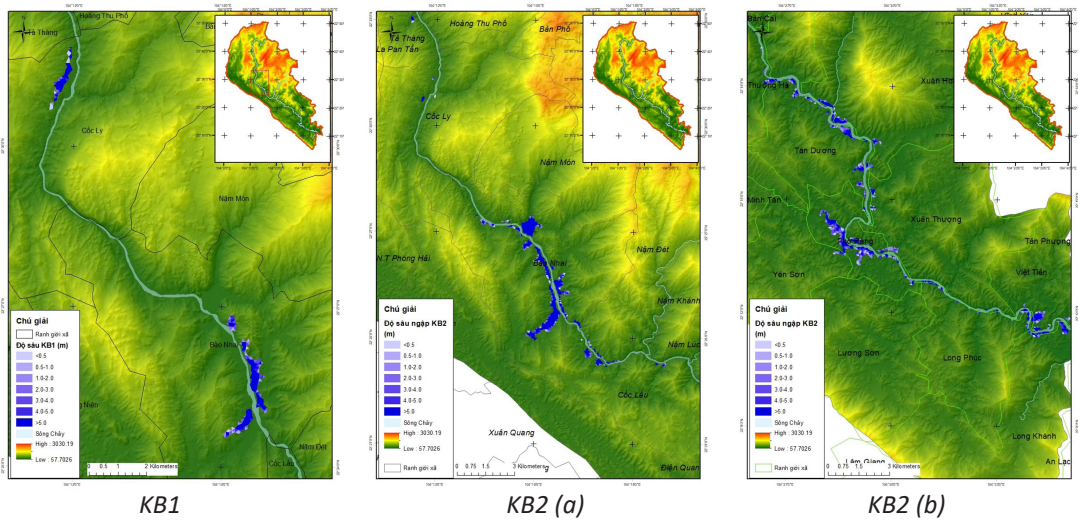
Bảng 2. Các kịch bản vỡ đập để đánh giá ngập lụt hạ du

Kịch bản	Tên kịch bản	Điều kiện biên	Nguyên nhân
KB1	Lũ qua tràn với tần suất kiểm tra $P = 0,5\%$ và mưa hạ lưu có tần suất tương ứng	- Mực nước trước lũ hồ chứa = $+180,0$ m - Hạ lưu có mưa lớn trên diện rộng	- Thấm thân đập, xuất hiện vết nứt thân đập - Vỡ toàn bộ một khoang đập beton do nước tràn qua đỉnh đập. $B=10$ m. Thời gian vỡ 30 phút. Vết vỡ hình chữ nhật.
KB2	Đập bị vỡ do có lũ đến hồ tần suất $P=0,1\%$ tràn không thoát kịp và mưa hạ lưu có tần suất tương ứng	- Mực nước trước lũ hồ chứa = $+180,0$ m - Hạ lưu có mưa lớn trên diện rộng	- Thấm thân đập, xuất hiện vết nứt thân đập - Vỡ toàn bộ một khoang đập beton do nước tràn qua đỉnh đập. $B=10$ m. Thời gian vỡ 30 phút. Vết vỡ hình chữ nhật.

- Kết quả tính toán mô phỏng

Kết quả mô phỏng kịch bản lũ với tần suất P = 0,5% (KB1) trong Hình 5 cho thấy mức độ ngập lụt không lớn, chủ yếu tập trung tại hai khu vực có địa hình thoải là sau thủy điện Cốc Ly và Bảo Nhai. Tổng diện tích ngập tại các xã trong lưu vực sông Chảy thuộc Lào Cai là 1.637 km², trong đó xã Bảo Nhai bị ngập nhiều nhất với 1.083

km² (62,1% tổng diện tích ngập), còn xã Xuân Thượng bị ngập ít nhất với 0,001 km². Ngập nhẹ (<0,5 m) chủ yếu xảy ra tại xã Cốc Ly, trong khi mức ngập 0,5-1,0 m lớn nhất tại xã Bảo Nhai. Trong kịch bản vỡ đập với tần suất lũ P=0,1% (KB2), mức độ ngập lụt đã tăng lên khá nhiều so với KB1. Tổng diện tích ngập theo kịch bản này là khoảng 7.920 km² (Bảng 4).



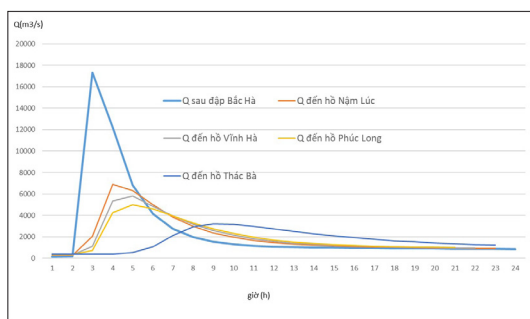
Hình 5. Bản đồ ngập lụt lưu vực sông Chảy theo các kịch bản mô phỏng

Trong đó, xã Bảo Nhai có tổng diện tích ngập lớn nhất với 3.008 km², chiếm khoảng 38% diện tích ngập toàn vùng, trong khi xã Nậm Khánh có tổng diện tích ngập nhỏ nhất với chỉ 0,001 km². Xã Bảo Nhai nổi bật với diện tích ngập lớn ở mọi cấp mực nước, đặc biệt là mức ngập nặng (>5,0 m) với 2.162 km². Điều này cho thấy mức độ nghiêm trọng của ngập lụt tại xã này, đòi hỏi các biện pháp ứng phó đặc biệt và khẩn cấp. Trong khi đó, các xã như Cốc Ly và Điện Quan có diện tích ngập lụt ít hơn nhiều, với Cốc Ly chỉ có tổng diện tích ngập là 0,058 km² và Điện Quan là 0,066 km².

Khi phân tích theo cấp mực nước ngập, có thể thấy diện tích ngập nhẹ (<0,5 m) nhiều nhất tại xã Bảo Nhai (0,123 km²) và ít nhất tại xã Nậm Khánh (0,001 km²). Đối với mức ngập từ 0,5-1,0 m, xã Phố Ràng có diện tích ngập lớn nhất (0,068 km²) và không có xã nào bị ngập hoàn toàn trong khoảng này. Mức ngập từ 1,0-2,0 m thấy rõ nhất ở xã Phố Ràng với 0,221 km², trong khi xã Yên Sơn có diện tích ngập nhỏ nhất (0,027 km²). Khi

mức nước tăng từ 2,0-3,0 m, xã Bảo Nhai vẫn dẫn đầu với diện tích ngập là 0,210 km² và xã Điện Quan có diện tích ngập nhỏ nhất (0,006 km²). Ở mức ngập từ 3,0-4,0 m, xã Phố Ràng lại có diện tích ngập lớn nhất (0,160 km²) và nhiều xã không bị ngập trong khoảng này. Mức ngập từ 4,0-5,0 m cũng tương tự, xã Phố Ràng và Bảo Nhai có diện tích ngập lớn nhất, lần lượt là 0,189 km² và 0,166 km², trong khi nhiều xã khác không bị ngập.

Diễn biến lưu lượng nước chảy về hạ du sau sự cố vỡ đập được trích xuất từ kết quả mô phỏng tại một số vị trí quan trọng, bao gồm ngay sau hạ lưu đập Bắc Hà, thượng lưu các hồ Nậm Lúc, Vĩnh Hà, Phúc Long và Thác Bà (Hình 6). Tại hạ lưu Bắc Hà, dòng chảy đạt đỉnh cao nhất với 17.315 m³/s ngay sau khi sự cố xảy ra, nhưng lưu lượng giảm mạnh khi di chuyển về các hồ chứa dưới hạ du, lần lượt là hồ Nậm Lúc (6.896 m³/s sau 1 giờ), hồ Vĩnh Hà (5.795 m³/s sau 2 giờ), hồ Phúc Long (5.000 m³/s sau 3 giờ), và đến hồ Thác Bà chỉ còn 3.199 m³/s sau 6 giờ (Bảng 3).



Hình 6. Diễn biến lưu lượng tại vị trí trước khi vào các hồ sau khi xảy ra sự cố vỡ đập Bắc Hà

Bảng 3. Kết quả trích xuất lưu lượng lớn tại các vị trí theo KB2

Lưu lượng lớn nhất tại các vị trí	Hạ lưu Bắc Hà	Đến hồ Nậm Lức	Đến hồ Vĩnh Hà	Đến hồ Phúc Long	Đến hồ Thác Bà
Giá trị Qmax (m³/s)	17.315	6.896	5.795	5.000	3.199
Giá trị Q lũ kiểm tra		5.610	5.470	5.960	5.100
Thời gian xuất hiện đỉnh sóng vỡ đập (h)	0	1	2	3	6
Khoảng cách (km)	0	23,8	41,6	54,5	107,4

Bảng 4. Kết quả tính diện tích ngập lưu vực sông Chảy theo kịch bản 2

STT	Xã	Diện tích ngập theo các cấp mực nước (m)							Tổng (km²)
		<0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	>5,0	
1	Bảo Nhai	0,123	0,043	0,172	0,210	0,132	0,166	2,162	3,008
2	Cốc Lầu	0,019	0,005	0,024	0,021	0,021	0,024	0,206	0,319
3	Cốc Ly	0,013		0,008			0,007	0,030	0,058
4	Điện Quan		0,013	0,014	0,006	0,007	0,008	0,019	0,066
5	Phúc Khánh	0,017	0,011	0,035	0,026	0,057	0,063	0,221	0,431
6	Nậm Đét	0,010		0,019		0,005	0,015	0,058	0,106
7	Nậm Khánh							0,001	0,001
8	Nậm Lức		0,005					0,005	0,010
9	Phổ Ràng	0,112	0,068	0,221	0,190	0,160	0,189	0,539	1,479
10	Tả Thành	0,015		0,008			0,013	0,102	0,138
11	Tân Dương	0,027	0,079	0,114	0,092	0,125	0,092	0,344	0,874
12	Thượng Hà	0,007	0,012	0,009	0,005	0,024	0,025	0,052	0,134
13	Việt Tiến	0,021	0,028	0,081	0,071	0,030	0,020	0,237	0,488
14	Xuân Hòa	0,013	0,023	0,032	0,043	0,059	0,027	0,244	0,442
15	Xuân Thượng	0,015	0,038	0,060	0,025	0,030	0,016	0,112	0,297
16	Yên Sơn	0,007	0,003	0,027	0,004	0,006	0,011	0,012	0,071
17	Tổng	0,399	0,326	0,825	0,693	0,658	0,675	4,344	7,920

Nguyên nhân của sự giảm lưu lượng này là do địa hình phức tạp của khu vực, với nhiều thung lũng và vật cản tự nhiên khiến dòng chảy

bị phân tán rộng ra các vùng trũng và thấp xung quanh, thay vì tập trung về hạ du. Đồng thời, các hồ chứa trên tuyến đường dòng chảy đóng

vai trò như các "hồ điều hòa," hấp thụ và giữ lại một phần lượng nước, làm chậm tốc độ dòng chảy và giảm áp lực lũ về hạ du. Đáng chú ý, mặc dù dòng chảy ban đầu lớn, nhưng khi về đến các hồ chứa hạ lưu, lưu lượng tối đa tại các hồ này không vượt quá cao so với lưu lượng lũ kiểm tra (Q lũ kiểm tra). Cụ thể, giá trị lưu lượng lần lượt là 5.475 m³/s tại hồ Vĩnh Hà, 5.960 m³/s tại hồ Phúc Long, và 5.100 m³/s tại hồ Thác Bà, đều nằm trong khả năng chịu tải của các hồ chứa; giá trị lưu lượng lớn nhất tại hồ Nậm Lức cao hơn 20% so với lưu lượng lũ kiểm tra (6.896/5.610 m³/s) sẽ tạo ra rủi ro cao gây vỡ đập, tuy nhiên giá trị lưu lượng này không duy trì trong thời gian dài, được bụng hồ chứa hấp thụ, nên rủi ro vỡ đập cũng giảm đi đáng kể. Điều này cho thấy rủi ro vỡ đập tại các hồ hạ lưu hiện chưa lớn, và hệ thống hồ chứa vẫn đảm bảo an toàn. Tuy nhiên, việc theo dõi và chuẩn bị các biện pháp ứng phó vẫn cần thiết để đề phòng các biến động bất ngờ trong điều kiện dòng chảy và thời tiết.

4. Kết luận

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, việc sử dụng bộ mô hình MIKE DHI bao gồm MIKE 11,

MIKE 21 FM và MIKE FLOOD để mô phỏng các kịch bản vỡ đập tại thủy điện Bắc Hà đã mang lại kết quả đáng tin cậy trong việc đánh giá rủi ro ngập lụt trên lưu vực sông Chảy. Thông qua việc thiết lập và hiệu chỉnh mô hình với dữ liệu thực tế từ các trạm thủy văn, nghiên cứu đã xây dựng được các bản đồ ngập lụt chi tiết, từ đó giúp đánh giá rõ ràng mức độ lan rộng và độ sâu ngập lụt tại các khu vực hạ du.

Hai kịch bản vỡ đập đã được mô phỏng, trong đó kịch bản với tần suất lũ P = 0,1% cho thấy mức độ ngập lụt lớn hơn đáng kể so với kịch bản lũ P = 0,5%. Dòng chảy lũ từ đập Bắc Hà lan truyền mạnh mẽ ngay sau sự cố, nhưng lưu lượng giảm dần khi về các hồ chứa hạ lưu nhờ địa hình phức tạp và vai trò điều hòa của các hồ chứa. Kết quả cũng cho thấy lưu lượng về các hồ hạ lưu nằm trong khả năng chịu tải thiết kế, giúp hệ thống hồ chứa vẫn đảm bảo an toàn trong tình huống này. Nghiên cứu khẳng định tầm quan trọng của việc dự báo, lập kế hoạch ứng phó kịp thời, và cung cấp cơ sở khoa học hỗ trợ quản lý, vận hành các hồ chứa cũng như ứng phó với các tình huống khẩn cấp do sự cố vỡ đập gây ra.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Lương Hữu Dũng, Hồ Cao Khải; Xử lý số liệu: Đặng Lê La, Phạm Bình Minh, Lê Thị Hương; Viết bài báo: Nguyễn Mạnh Thắng.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Mohamed, A. M., et al. (2016). "Dam-break flood modeling and hazard analysis using HEC-RAS." *Journal of Hydrology*, 541, pp. 678-690.
2. DHI Group (2017), *MIKE 11 and MIKE 21 - Hydrodynamic Model User Guide*. DHI.
3. Dung, N. V., et al. (2019), "Flood risk assessment for dam failure scenarios using MIKE FLOOD." *Environmental Modelling & Software*, 117, pp. 201-214.
4. Đạt, T. T., et al. (2019), "The Application of MIKE Flood Model in Inundation Simulation with the Dam-break Scenarios: A Case Study of DakDrinh Reservoir in Vietnam", *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 12(01), pp. 60-70.
5. Masood, M. & Takeuchi, K. (2012), "Assessment of flood hazard, vulnerability and risk of mid-eastern Dhaka using DEM and 1D hydrodynamic model", *Natural Hazards*, Volume 61, 757-770 doi: 10.1007/s11069-011-0060-x.
6. Ủy ban nhân dân tỉnh Lào Cai (2023), *Quyết định số 2042/QĐ-UBND ngày 18 tháng 8 năm 2023 Phê duyệt quy trình vận hành hồ chứa thủy điện Bắc Hà, huyện Bắc Hà, tỉnh Lào Cai*.
7. Zhang, W. et al. (2022), "Environmental impact assessment of dam-break floods considering multiple influencing factors", *Science of The Total Environment*, Volume 837, doi: <https://doi.org/>

org/10.1016/j.scitotenv.2022.155853.

8. Aggarwal, P. et al. (2016), "Glacial lake outburst flood risk assessment using combined approaches of remote sensing, GIS and dam break modelling", *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, Volume 7, 2016, 18-36 doi: <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2013.862573>.

SIMULATION OF DOWNSTREAM FLOODING CAUSED BY THE FAILURE OF BAC HA DAM ON THE CHAY RIVER IN LAO CAI PROVINCE

Luong Huu Dung⁽¹⁾, Dang Le Na⁽²⁾, Nguyen Manh Thang⁽¹⁾,
Pham Binh Minh⁽²⁾, Ho Cao Khai⁽²⁾, Le Thi Huong⁽³⁾

⁽¹⁾The Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

⁽²⁾Lao Cai Department of Natural Resources and Environment

⁽³⁾Hanoi University of Natural Resources and Environment

Received: 28/10/2024; Accepted: 21/11/2024

Abstract: This study utilizes the MIKE DHI model suite, including MIKE 11, MIKE 21 FM, and MIKE FLOOD, to simulate dam-break scenarios at Bac Ha Hydropower Dam - the largest reservoir in the upstream area of the Chay River basin. Topographical data at a 1:10,000 scale, along with hydrological parameters and boundary conditions, were used to set up and calibrate the model. Scenarios of dam break under flood conditions corresponding to 0.5% and 0.1% frequencies were simulated, resulting in the development of corresponding flood maps. The flood inundation areas calculated for the two scenarios were 1,637 km² and 7,920 km², respectively. The peak flood flows (Q_{max}) calculated for the reservoirs were generally close to the design flood peaks; however, at Nam Luc Reservoir, the peak flow exceeded the design flow by 20%, posing a significant safety risk to the dam. This study provides a scientific basis for assessing the hazard level of dam-break events and flood impacts in the downstream areas.

Keywords: Dam-break event, joint reservoir operation, Chay River basin, integrated model.