

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ DIỄN BIẾN NGẬP LỤT HẠ DU HỒ ĐỒNG MỎ KHI XẢY RA VỠ ĐẬP

Hồ Việt Cường

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học Sông biển

Tóm tắt: Hồ chứa nước Đồng Mỏ tỉnh Vĩnh Phúc được xây dựng với mục đích cấp nước tưới và sinh hoạt cho các xã Đạo Trù, Bồ Lý, Yên Dương của huyện Tam Đảo. Trong quá trình vận hành khai thác, có thể sẽ xảy ra những sự cố thiên tai chưa lường hết được như: dòng chảy lũ lớn đến hồ vượt thiết kế, phát sinh những sự cố hư hỏng công trình, vỡ đập đơn lẻ hoặc vỡ tổ hợp các đập... Vì vậy, để có cơ sở khoa học khi xây dựng các phương án bảo đảm vận hành an toàn hồ chứa và ứng phó khẩn cấp khi xảy ra sự cố, đặc biệt là trong tình huống xảy ra vỡ đập hoặc xả lũ khẩn cấp, cần thiết phải có các nghiên cứu, đánh giá tác động của sự cố hồ chứa ảnh hưởng đến khu vực hạ du công trình và các vùng lân cận. Bài báo trình bày một số kết quả cụ thể về tính toán và mô phỏng các kịch bản vỡ đập Hồ Đồng Mỏ, từ đó xây dựng được các bản đồ phân vùng nguy cơ và mức độ ngập lụt.

Từ khóa: Vỡ đập, Ngập lụt, Thiệt hại, Hồ Đồng Mỏ, MIKE NAM, MIKE 11, MIKE 21, MIKE FLOOD, HEC-RAS.

Summary: Dong Mo reservoir in Vinh Phuc province was built with the purpose of supplying for irrigation and domestic uses in communes of Dao Tru, Bo Ly, Yen Duong of Tam Dao district. In the process of operation and exploitation, there may be unforeseen natural disasters such as: large flood flow to the reservoir beyond the design, generating construction failure incidents, single broken dams or combination of dams... Therefore, a scientific basis needed for developing plans to ensure safe operation of reservoirs and emergency response when incidents occur, especially in situations of emergency dams or flood discharge. It is necessary to research and assess the impact of reservoir on downstream and surrounding areas. The paper presents a number of specific results on the calculation and simulation of scenarios of Dong Mo dam breach, thus aims to build a map of flood level and risk zone.

Keywords: Dam break, Flooding, Damage, Dong Mo reservoir, MIKE NAM, MIKE 11, MIKE 21, MIKE FLOOD, HEC-RAS.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

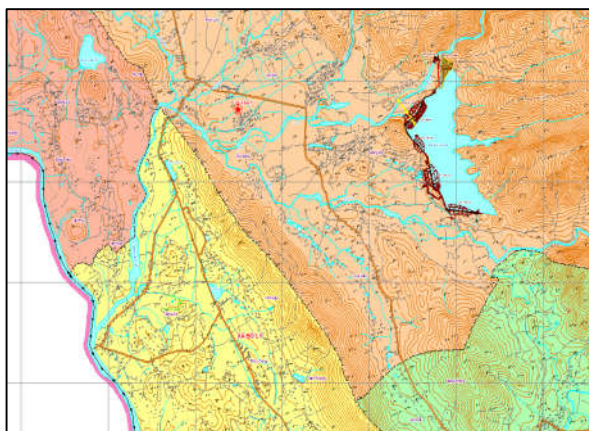
Hồ chứa nước Đồng Mỏ trên địa bàn xã Đạo Trù, huyện Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc được xây dựng bắt đầu từ năm 2013. Vị trí địa lý vào khoảng: 105°33' kinh độ Đông, 21°29,5' vĩ độ Bắc. Đây là công trình hồ chứa nước cấp 2 có diện tích lưu vực 17,5km², dung tích hữu ích là 5,301 triệu m³. Công trình có nhiệm vụ cấp nước tưới cho 531 ha đất canh tác, 11,9

ha đất nuôi trồng thủy sản, cấp nước sinh hoạt cho 15.000 dân đồng thời cấp nước cho công nghiệp và chăn nuôi với mức 2.650m³/ngày đêm của các xã Đạo Trù, Bồ Lý, Yên Dương của huyện Tam Đảo. Hồ Đồng Mỏ có nguồn sinh thủy lớn, có khả năng trữ nước vào mùa mưa và điều tiết nước thuận lợi phục vụ sản xuất, sinh hoạt cho nhân dân các xã lân cận [1].

Ngày nhận bài: 05/4/2019
Ngày thông qua phản biện: 29/5/2019

Ngày duyệt đăng: 17/6/2019

Theo hồ sơ thiết kế, hồ chứa nước Đồng Mỏ được thiết kế tràn xả lũ với cao trình ngưỡng tràn +64,70m, lưu lượng xả lũ thiết kế (tần suất 1%) là $302,94 \text{ m}^3/\text{s}$, lưu lượng xả lũ kiểm tra (tần suất 0,2%) là $385,56 \text{ m}^3/\text{s}$. Với dung tích hữu ích của hồ chứa là 5,301 triệu m^3 khi đi vào vận hành, hồ Đồng Mỏ sẽ có hiệu quả tích cực trong việc điều tiết nước cho hạ du. Quá trình vận hành hồ dưới tác động của các yếu tố thời tiết, khí hậu đặc biệt là biến đổi khí hậu toàn cầu thì việc xuất hiện dòng chảy đến vượt lũ thiết kế, lũ kiểm tra hoặc lũ bất thường là hoàn toàn có thể [2]. Ngoài ra quá trình vận hành hồ có thể xảy ra những sự cố về do chủ quan của con người như vận hành công trình không đúng hoặc điều tiết hồ không tuân thủ theo quy trình vận hành hồ. Điều này có thể sẽ dẫn đến những nguy cơ cho vận hành công trình mà nghiêm trọng nhất là xảy ra sự cố vỡ đập. Vùng hạ du đập là các khu vực tập trung dân cư đông đúc nên chắc chắn thiệt hại về kinh tế, chính trị và xã hội sẽ là rất lớn. Vì vậy cần thiết phải có các nghiên cứu tính toán đánh giá nguy cơ ngập lụt và những thiệt hại cho vùng hạ du khi xảy ra sự cố vỡ đập đồng thời đưa ra các giải pháp cơ bản nhằm giảm thiểu những thiệt hại khi xảy ra sự cố công trình.

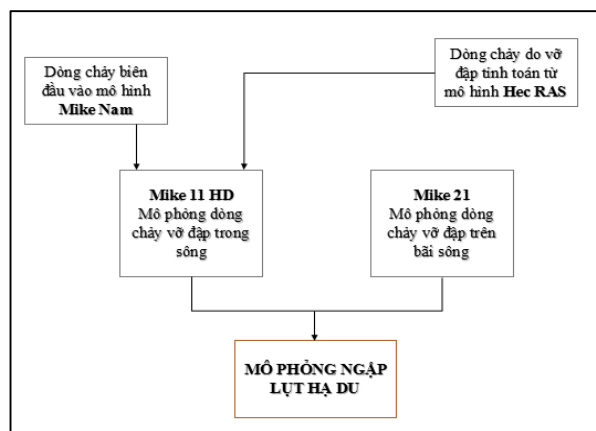


Hình 1: Phạm vi vùng nghiên cứu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ SỐ LIỆU

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Mô phỏng vỡ đập và ngập lụt hạ du thường dựa vào việc mô hình hóa quá trình hình thành dòng chảy và lan truyền lũ [3],[4]. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã đề xuất phương thực hiện bài toán vỡ đập hồ Đồng Mỏ như trong Hình 1. Trong đó, mô hình thủy văn MIKE NAM [5] được lựa chọn để tính toán xác định dòng chảy biên đầu vào cho các lưu vực sông, suối khu vực hồ Đồng Mỏ. Do đặc điểm của hồ chứa nước Đồng Mỏ ngoài đập chính còn có 4 đập phụ trong đó có 3 đập phụ số 1, 2, 3 nằm trong hồ chứa nước vùng với đập chính, còn đập phụ số 4 nằm trên nhánh suối Thai Léc ngăn nước chảy vào hồ chứa nước. Vì vậy việc mô phỏng vỡ đập của dự án rất phức tạp, có nhiều tổ hợp vỡ đập giữa đập chính và đập phụ. Do đó dự án lựa chọn mô phỏng vỡ đập bằng mô hình HEC - RAS [6] vì khả năng mô phỏng vỡ đập tổ hợp đơn giản hơn mà vẫn cho kết quả có độ tin cậy so với mô hình MIKE 11. Mô hình MIKE FLOOD [5] kết hợp giữa mô hình thủy lực 1 chiều MIKE 11 HD và mô hình 2 chiều MIKE 21HD được sử dụng để mô phỏng quá trình lan truyền sóng lũ và diễn biến ngập lụt vùng hạ du hồ Đồng Mỏ (Hình 2) với các kịch bản vỡ đập.



Hình 2: Sơ đồ các bước thực hiện bài toán vỡ đập hồ Đồng Mỏ

2.2. Số liệu sử dụng

Các hồ chứa vừa và nhỏ thường được xây dựng ở các khu vực hẻo lánh nên số liệu đo đạc rất hạn chế, đặc biệt là số liệu về dòng chảy. Do đó, nghiên cứu đã sử dụng số liệu mưa, bốc hơi từ năm 1961-2012 của các trạm Tam Đảo, Quảng Cự, Thái Nguyên; lưu lượng bình quân ngày tại trạm Ngọc Thanh (1968 – 1982), Quảng Cự từ năm 1960 – 1976 để hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình thủy văn. Tài liệu vết lũ điều tra năm 2008 được sử dụng để kiểm nghiệm mô hình thủy lực. Lưu lượng lũ thiết kế, kiểm tra (tần suất 1%, 0,2%) đến hồ, mực nước tương ứng hạ lưu hồ chứa với các cấp báo động số 1 và số 2 lấy theo hồ sơ thiết kế.

Tài liệu địa hình sử dụng để xây dựng mô hình thủy lực 1&2D gồm: bản đồ độ cao số DEM 30x30m của tỉnh Vĩnh Phúc và vùng phụ cận để phân chia lưu vực trong MIKE NAM; Mặt cắt ngang các sông, suối trong lưu vực khảo sát năm 2014 và mặt cắt ngang các tuyến đập; Các thông số thiết kế của hồ chứa và các tuyến đập, đường đặc trưng Z~W~F của hồ chứa, quy trình điều tiết lũ của hồ Đồng Mô.. Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng các bản đồ tỉnh Vĩnh Phúc tỷ

lệ 1/100.000 và 1/50.000; Bản đồ địa hình huyện Tam Đảo tỷ lệ 1/5000.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết lập các mô hình tính toán mô phỏng

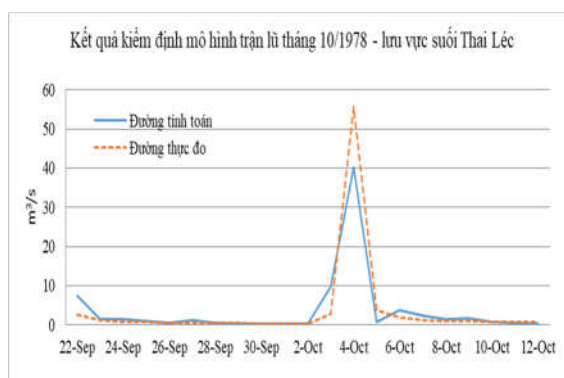
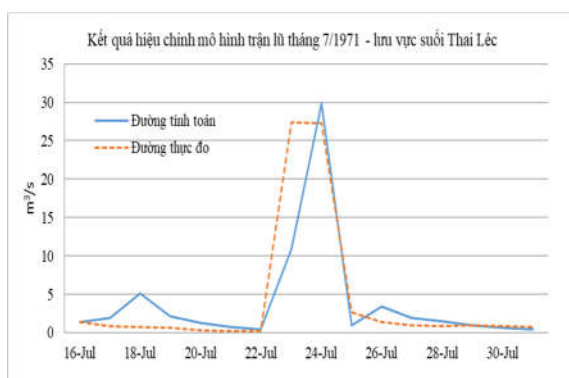
a) *Tính toán dòng chảy đến hồ bằng MIKE-NAM*

Nghiên cứu đã sử dụng bản đồ độ cao số DEM 30x30m tỉnh Vĩnh Phúc và vùng phụ cận để khoanh lưu vực và phân chia tiểu lưu vực theo các trạm mưa tham gia sinh dòng chảy trên lưu vực hồ Đồng Mô là trạm Quảng Cự, Thái Nguyên và Tam Đảo. Vùng nghiên cứu được phân chia thành 6 tiểu lưu vực. Mô hình được hiệu chỉnh theo số liệu thực đo của trạm thủy văn Ngọc Thanh. Đây là trạm có diện tích lưu vực tương đương với các lưu vực thuộc khu vực hồ Đồng Mô. Căn cứ vào số liệu thực đo của trạm Ngọc Thanh lựa chọn thời gian hiệu chỉnh và kiểm định mô hình như sau:

- Hiệu chỉnh mô hình từ 16/7 - 31/7/1971.

- Kiểm định mô hình từ 22/9 - 12/10/1978.

Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE NAM được thể hiện trong Hình 3 và Bảng 1.



Hình 3: Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE NAM.

Bảng 1: Đánh giá sai số mô hình MIKE NAM

Lưu vực	Hệ số Nash	
	Hiệu chỉnh	Kiểm định
Lưu vực sông Vực Chuông	77,4 %	76,15 %
Lưu vực suối Thái Léc	75,1 %	88,53 %

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 75,1-77,4% trong giai đoạn hiệu chỉnh 76,15-88,53% 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 9,12% giai đoạn hiệu chỉnh đến 27,6% giai đoạn kiểm định. Như vậy, trong điều kiện hạn chế về số liệu, sử dụng mô hình MIKE-NAM để mô phỏng dòng chảy cho thấy sự hiệu quả và kết quả mô phỏng sẽ được sử dụng để làm điều kiện đầu vào cho các mô hình thủy lực và mô phỏng vỡ đập.

b) Mô phỏng vỡ đập bằng HEC-RAS

Do hồ chứa có 01 đập chính và 04 đập phụ nên có thể xảy ra rất nhiều các kịch bản vỡ đập khác nhau. Kết quả nghiên cứu của dự án xác định được 15 trường hợp gồm vỡ đập đơn lẻ và vỡ đập tổ hợp. Tuy nhiên trong thực tế việc xảy ra

vỡ đập tổ hợp là điều khó xảy ra do đó trong bài báo này chỉ trình bày kết quả tính toán vỡ đập đơn lẻ. Trong nghiên cứu sẽ sử dụng cấu trúc vỡ đập của mô hình HEC-RAS để mô phỏng bài toán vỡ đập. Khi sử dụng phương pháp công thức dự báo thì các công thức tính toán dự báo vỡ đập được sử dụng nhiều nhất là của Froehlich và MacDonald kết hợp với Langridge-Monopolis (MDLM). Đây cũng là hai phương pháp được coi là áp dụng tốt nhất cho đập đất (Azwin Abdul Razad, 2009) [7].

Có hai hình thức vỡ đập là Vỡ tràn đỉnh (overtopping) xảy ra khi cao trình mực nước hồ lớn hơn cao trình đỉnh đập từ 0 đến 0,6m, vị trí vết vỡ đầu tiên sẽ xuất hiện trên đỉnh đập và vỡ xói ngầm (piping) thường xảy ra vào mùa kiệt, vị trí vết vỡ đầu tiên sẽ xuất hiện ở giữa đập. Các thông số nghiên cứu đầu vào cho mô hình thủy lực được thể hiện trong Bảng 2.

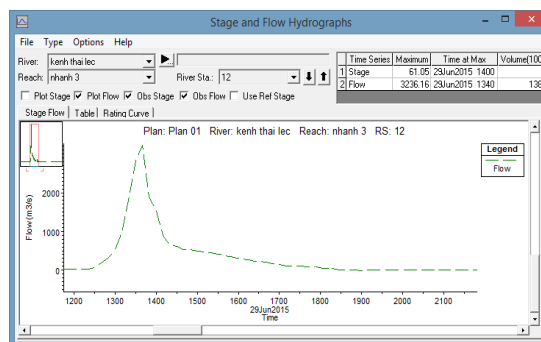
Bảng 2: Các thông số vết vỡ đầu vào của mô hình thủy lực

Tên đập	Mực nước ban đầu (m)	Chiều rộng trung bình vết vỡ (m)	Chiều rộng đáy vết vỡ (m)	Thời gian vỡ (h)	Q đỉnh dự kiến (m ³ /s)
Đập chính	68,7	60,7	44,5	0,82	3087
Đập phụ số 1	68,7	51,9	43,5	1,29	1112
Đập Phụ số 2	68,7	57,9	44,9	0,96	2162
Đập phụ số 3	68,7	55,1	43,7	1,02	1581
Đập Phụ số 4	68,7	43,5	61,5	1,29	1282

Với các thông số đầu vào ở Bảng 2, kết hợp với số liệu về quan hệ $W \sim H$ của hồ chứa xác định được các thông số vết vỡ cho hồ Đồng Mỏ trong Bảng 3 và quá trình dòng chảy sau đập như Hình 4.

Bảng 3: Tính toán các thông số vết vỡ

Thông số	Vỡ tràn đỉnh	Vỡ xói ngầm
B(m)	161	143,3
Tf(s)	3,8	3,5

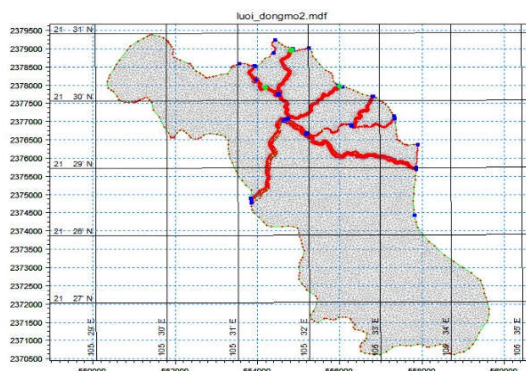


Hình 4: Vỡ đập chính kịch bản lũ kiểm tra 0,2%, mực nước hạ lưu ở báo động II

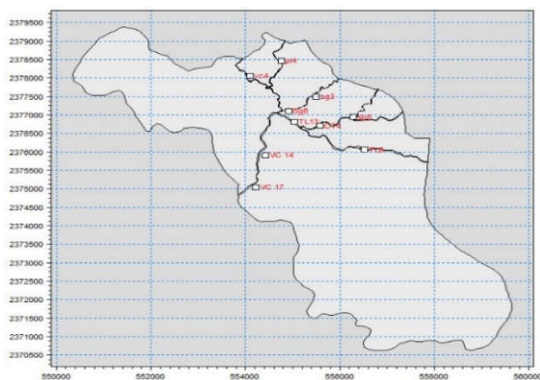
c) Mô phỏng ngập lụt vùng hạ du bằng MIKE

tính toán mô phỏng ngập lụt cho vùng hạ du.

Sau khi kết nối mô hình được hiệu chỉnh để xác định bộ thông số thủy lực phù hợp với điều kiện thực tế của lưu vực. Do trong khu vực nghiên cứu không có trạm đo lưu lượng và mực nước phía hạ lưu nên sử dụng các tài liệu thu thập vết lũ tại các điểm khống chế



Hình 7: Lưới tính 2 chiều cho khu vực hạ lưu hồ Đồng Mô.



Hình 9: Vị trí các điểm khảo sát vết lũ năm 2008.

3.2. Tính toán các kịch bản vỡ đập Hồ Đồng Mô

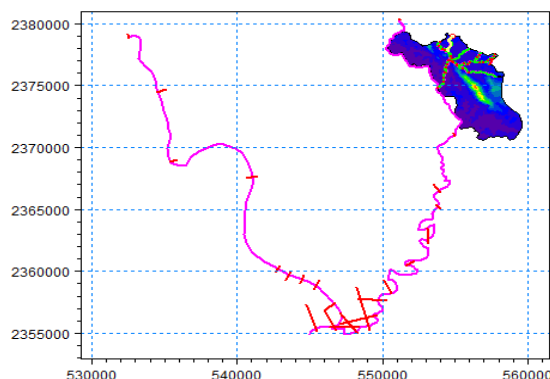
a) Lựa chọn kịch bản nghiên cứu:

Các kịch bản được xây dựng để tính toán mô phỏng ngập lụt bao gồm:

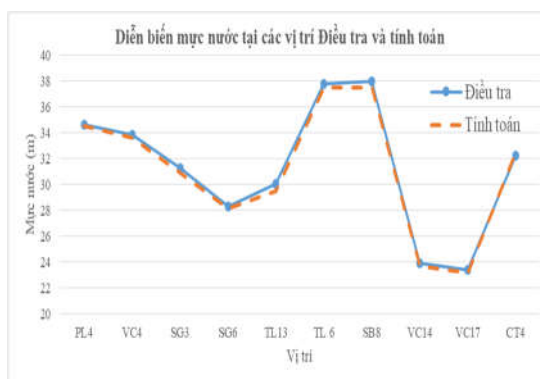
+ Kịch bản vỡ đập: xét trường hợp vỡ đơn lẻ từng đập là đập chính, đập phụ số 1, 2, 3, 4 tương ứng với VD1, VD2, VD3, VD4, VD5.

+ Kịch bản dòng chảy: Tính toán mô phỏng ngập lụt các kịch bản vỡ đập với trường hợp cực đoan nhất là xảy lũ kiểm tra với tần suất $P =$

(Hình 9) từ ngày 30/10 đến 4/11 năm 2008 để hiệu chỉnh mô hình. Kết quả hiệu chỉnh cho thấy sai số giữa mực nước tính toán và thực đo tại các vết lũ chỉ từ 0,1 đến 0,22m (Hình 10) là đáp ứng được yêu cầu. Mô hình đảm bảo độ tin cậy để tính toán mô phỏng các kịch bản.



Hình 8: Sơ họa kết nối MIKE11 và MIKE21.



Hình 10: Kết quả hiệu chỉnh mô hình.

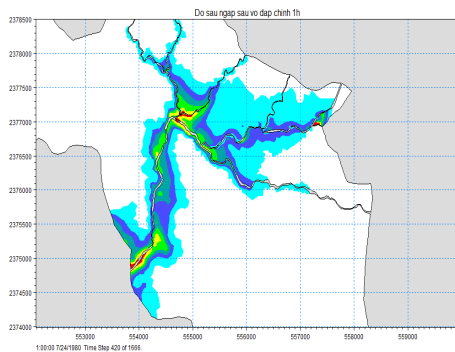
0,2% khi mực nước hồ ở mức dâng bình thường và mực nước tại điểm nhập lưu với sông Phó Đáy báo động II

b) Kết quả tính toán các kịch bản:

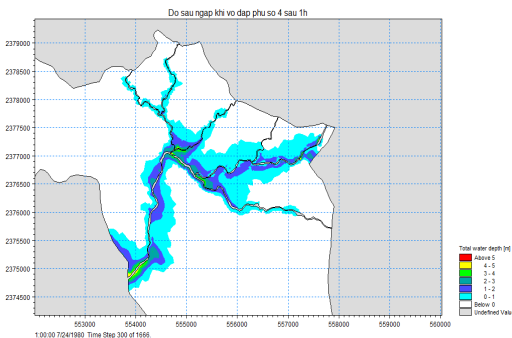
* Trường hợp vỡ đập chính hoặc đập phụ số 4: do dòng chảy khi vỡ đập chính và đập phụ số 4 đều có hướng chảy ra suối Thai Léc rồi nhập lưu vào suối Cả đến suối Tân Lập và sông Vực Chuông sau cùng đổ ra sông Phó Đáy nên khi xảy ra vỡ đập chính hoặc đập phụ số 4 vùng

ngập lụt xảy ra chủ yếu ở dọc theo các tuyến sông, suối trên. Khu vực dân cư bị ảnh hưởng trực tiếp khi xảy ra vỡ đập chính hoặc đập phụ số 4 là các khu dân cư trong khu vực xóm Gò, Tân Đồng, Tân Tiến, Tân Lập. Tổng diện tích ngập lớn nhất khi xảy ra vỡ đập chính là 379,64ha, vỡ đập phụ số 4 là 269,42ha. Do đập

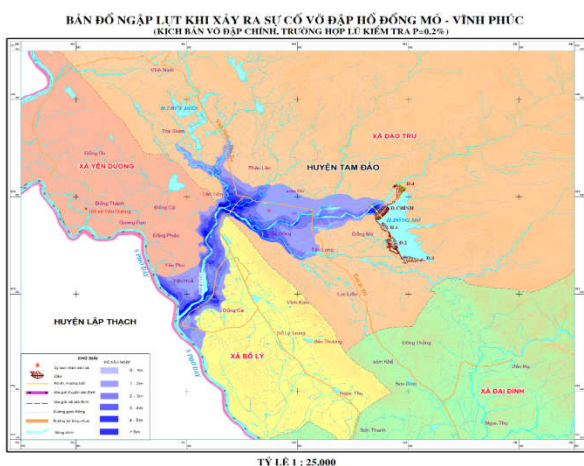
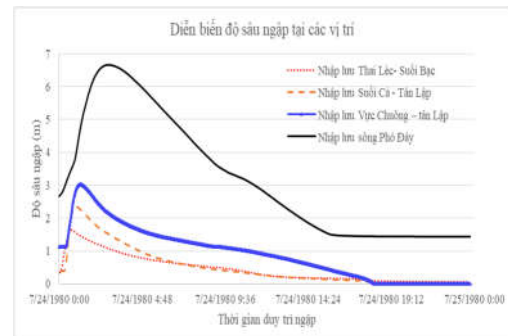
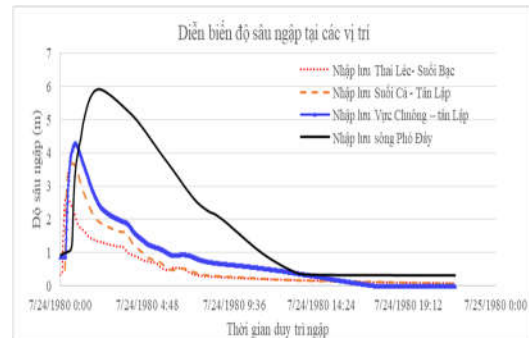
phụ số 4 chặn dòng chảy nhánh suối Thai Léc cho dòng chảy đi vào hồ Đồng Mỏ nên mức độ ngập và thời gian ngập do vỡ đập phụ số 4 nhỏ hơn đập chính. Kết quả mô phỏng ngập lụt và diễn biến ngập lụt theo thời gian khi vỡ đập chính như Hình 11 và Hình 13, đập phụ số 4 như Hình 12.



Hình 11: Mức độ ngập và diễn biến ngập vùng hạ du khi vỡ đập chính.



Hình 12: Mức độ ngập và diễn biến ngập vùng hạ du khi vỡ đập phụ số 4.

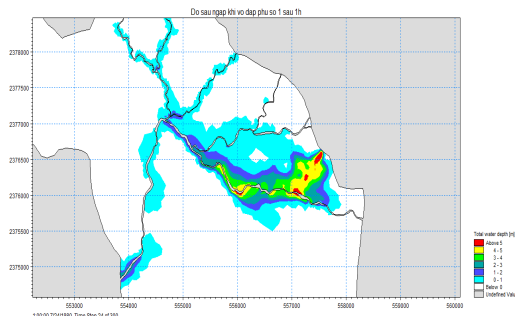


Hình 13: Bản đồ phân vùng ngập lụt hạ du do vỡ đập chính.

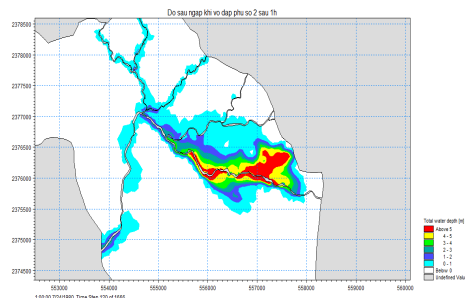
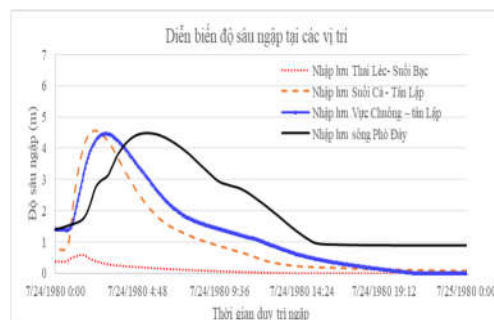
* Trường hợp vỡ đập phụ số 1, số 2, số 3: các tuyến đập phụ số 1,2 và 3 nằm ở hướng suối Tân Lập nên khi xảy ra vỡ đập hướng dòng chảy tập trung về hướng suối Tân Lập sau đó đổ vào sông Vực Chuông. Dòng chảy do vỡ đập gây ngập khu vực dân cư thôn Đồng Mỏ, Tân Long, Tân Đồng rồi truyền xuống hạ du. Do suối Tân Lập có độ dốc nhỏ hơn với nhánh suối Thai Léc nên quá trình truyền lũ xuống hạ du chậm hơn so với trường hợp vỡ đập chính và đập phụ số 4, thời gian ngập và diện tích ngập lớn hơn. Do các đập phụ 1,2,3 có quy mô khác nhau nên diện tích ngập cũng khác nhau, diện tích ngập lớn nhất khi vỡ đập phụ số 1 là 349,17 ha, đập phụ số 2 là 405,9 ha, đập phụ số 3 là 383,07 ha. Quá

trình diễn biến ngập và độ sâu ngập với các trường hợp vỡ đập thể hiện trong các Hình 14

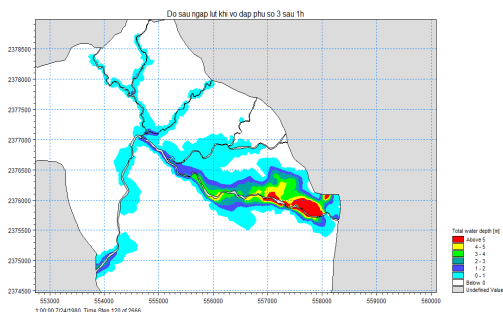
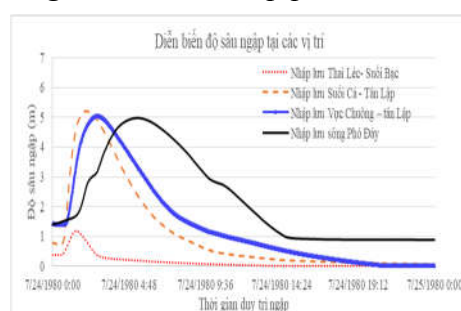
đến Hình 17.



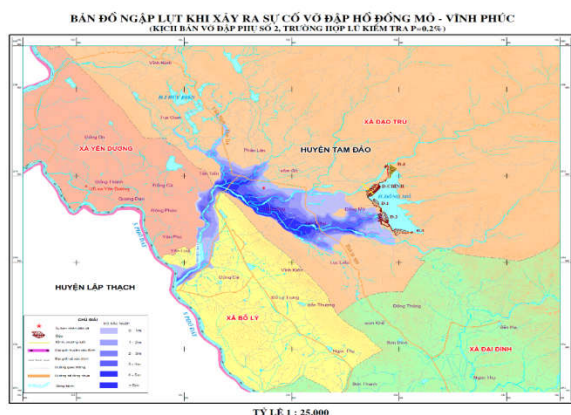
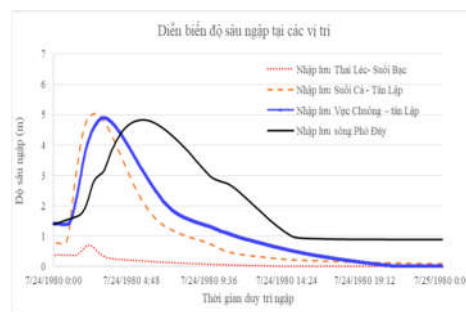
Hình 14: Mức độ ngập và diễn biến ngập vùng hạ du khi vỡ đập phụ số 1



Hình 15: Mức độ ngập và diễn biến ngập vùng hạ du khi vỡ đập phụ số 2



Hình 16: Mức độ ngập và diễn biến ngập vùng hạ du khi vỡ đập phụ số 3



Hình 17: Bản đồ phân vùng ngập lụt hạ du do vỡ đập phụ số 2

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Hồ chứa nước Đồng Mỏ được xây dựng trên thượng nguồn suối Thác Léc nơi có địa hình dốc và cao. Ngay sau tuyến đập là khu vực dân cư sống tập trung dọc theo hai bên bờ các sông suối và sẽ chịu ảnh hưởng rất lớn khi sự cố vỡ đập xảy ra. Kết quả nghiên cứu trong báo cáo giúp xác định được mức độ ngập lụt hạ du, về độ sâu, diện ngập, tốc độ dòng chảy, thời gian xuất hiện đỉnh lũ và thời gian ngập tại các vị trí mô phỏng. Đây là những thông tin quan trọng giúp đánh giá ảnh hưởng của

các kịch bản vỡ đập đến hạ du và giúp các nhà kế hoạch ứng phó khi sự cố xảy ra. quản lý có những phương án phòng chống và

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hồ Việt Cường và Nnk, Dự án "Đánh giá tình hình ngập lụt vùng hạ du Hồ chứa nước Đồng Mỏ, tỉnh Vĩnh Phúc", Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học Sông biển - Viện KHTLVN, Năm 2015.
- [2] Boonsy Sitthideth, Vannasin Hansackda, Nguyễn Mai Đăng và Đỗ Hoài Nam : Đánh giá biến đổi các đặc trưng thủy văn, dòng chảy thiết kế lưu vực sông Pô-Kô tỉnh Kon Tum sử dụng mô hình khí hậu AGCM3.2S, Tạp chí KHCN Thủy lợi, 39: 90-96, ISSN: 1859-4255, 2017.
- [3] Nguyễn Hoàng Sơn, Hoàng Thanh Tùng, Lê Kim Truyền, Trần Kim Châu: Xây dựng công cụ dự báo lũ đến hồ và cảnh báo ngập lụt khi xả lũ và do vỡ đập gây ra cho hồ chứa vừa và nhỏ. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường - số 44 (3/2014)
- [4] Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn, công trình thủy lợi thủy điện hướng dẫn tạm thời xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du trong các tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập, 2014.
- [5] Mike Nam, Mike 11, Mike 21, Mike Flood, User Guider, DHI 2011.
- [6] Hec-RAS, User Guider.
- [7] Azwin Abdul Razad (2009), "One Dimensional Dam Breach Modelling for Proposed Hydropower Development in Ulu Terengganu", Malaysia, Kawasan Institusi Penyelidikan Bangi.