BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG

VIỆN KHOA HỌC THUỶ LỢI VIỆT NAM

ĐỀ TÀI ĐỘC LẬP CẤP QUỐC GIA

BÁO CÁO TỔNG HỢP

KẾT QUẢ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ ĐỀ TÀI

TÊN ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CÁC PHƯƠNG ÁN ỨNG PHÓ KHẨN CẤP VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

Mã số: ĐTĐL.CN-84/21

Tổ chức chủ trì đề tài: Viện Khoa học Thuỷ lợi Việt Nam

Chủ nhiệm đề tài : TS. Kiều Xuân Tuyển

Hà Nội - 2025

Địa chỉ: 171 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội
ĐT: (024) 38 522 086 **Fax:** (024) 35 632 827
Website: http://www.vawr.org.vn

ISO 9001:2015

BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

NHIỆM VỤ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ ĐỘC LẬP CẤP QUỐC GIA

BÁO CÁO TỔNG HỢP

KẾT QUẢ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ ĐỀ TÀI

TÊN ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CÁC PHƯƠNG ÁN ỨNG PHÓ KHẨN CẤP VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN
Mã số: ĐTĐL.CN-84/21

QUỸ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

VỤ KHOA HỌC KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

TS. Kiều Xuân Tuyển

CƠ QUAN CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI

Hà Nội - 2025

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU 8
1.Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI 8
2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI 10
3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI 10
4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, KỸ THUẬT SỬ DỤNG 10
5. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU 13
7. CÁC SẢN PHẨM CHÍNH CỦA ĐỀ TÀI 14
6. CẤU TRÚC CỦA BÁO CÁO TỔNG HỢP 16
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN TỚI NỘI DUNG CỦA ĐỀ TÀI 18
1.1. TỔNG QUAN CƠ SỞ KHOA HỌC ỨNG PHÓ VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN THẾ GIỚI 18
1.1.1. Khái niệm lũ lớn 18
1.1.2. Một số nguyên nhân gây ra vỡ đập 19
1.1.3. Nghiên cứu về mưa, lũ lớn 20
1.1.4. Nghiên cứu tính toán, dự báo mưa 20
1.1.5. Nghiên cứu tính toán, dự báo dòng chảy lũ đến hồ chứa 21
1.1.6. Mô phỏng bài toán vỡ đập 24
1.1.7. Mô phỏng, tính toán thuỷ lực, lan truyền lũ hạ lưu hồ chứa 25
1.1.8. Xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) 25
1.1.9. Dự báo, cảnh báo và phân vùng nguy cơ lũ, ngập lụt 26
1.1.10. Thiết lập hệ thống cảnh báo sớm lũ, ngập lụt 27
1.1.11. Xây dựng kế hoạch, phương án ứng phó với lũ và ngập lụt 27
1.1.12. Ứng phó với lũ, ngập lụt khu vực đô thị 28
1.1.13. Giải pháp cảnh báo sớm 28
1.2. TỔNG QUAN THỰC TIỄN ỨNG PHÓ VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN THẾ GIỚI 29
1.2.1. Lưu vực sông Mê Công 29
1.2.2. Các nước Anh, Canada, Mỹ, Đức 30
1.2.3. Tại Malaysia 30
1.2.4. Tại Philippines 31
1.2.5. Tại Indonesia 31
1.2.6. Tại Thái Lan 32
1.2.7. Bangladesh 33
1.2.8. Tại Ấn Độ 34
1.2.9. Tại Pa-ki-xtan 34
1.2.10. Tại Nhật Bản 36
1.2.11. Tại Trung Quốc 36
1.3. TỔNG QUAN CƠ SỞ KHOA HỌC ỨNG PHÓ VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TẠI VIỆT NAM 37
1.3.1. Kết quả nghiên cứu nhận dạng và đánh giá khả năng mưa, lũ lớn 38
1.3.2. Kết quả nghiên cứu xây dựng kế hoạch ứng phó với lũ và vỡ đập 40

1.3.3. Kết quả nghiên cứu xây dựng khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với lũ trong tình huống bình thường và khẩn cấp 41
1.4. THỰC TIỄN ỨNG PHÓ VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP Ở VIỆT NAM 42
1.4.1. Một số đặc điểm liên quan đến lũ lớn ở Việt Nam 42
1.4.2. Ứng phó với lũ lớn thông qua việc tăng cường hệ thống công trình thủy lợi 42
1.4.3. Ứng phó với lũ lớn thông qua việc tăng cường hệ thống tiêu, thoát nước 43
1.4.4. Ứng phó với lũ lớn thông qua việc tăng cường hệ thống phòng, chống lũ 44
1.4.5. Tăng cường công tác dự báo, cảnh báo 45
1.4.6. Ứng phó với lũ lớn thông qua việc thực hiện tốt phương châm "4 tại chỗ" 49
1.4.7. Tăng cường giám sát việc vận hành các hồ chứa nước, EPP và ứng phó với xả lũ, vỡ đập 49
1.4.8. Hoàn thiện một số điểm còn tồn tại trong khung pháp lý và thể chế quản lý an toàn hồ đập ở Việt Nam 50
CHƯƠNG 2: ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ DỮ IỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU 52
2.1. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN VÙNG NGHIÊN CỨU 52
2.1.1. Vị trí địa lý 52
2.1.2. Đặc điểm hình địa mạo 53
2.1.3. Mạng lưới sông ngòi 54
2.1.4. Đặc điểm khí hậu 56
2.1.5. Đặc điểm thuỷ văn 57
2.1.6. Chế độ triều 58
2.1.7. Mạng lưới quan trắc khí tượng thuỷ văn 58
2.1.8. Đặc điểm mưa lũ, ngập lụt và thiệt hại do lũ trên lưu vực 64
2.1.9. Hiện trạng các công trình phòng chống lũ 66
2.1.10. Tình hình phát triển kinh tế xã hội trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn[1][2].. 68
2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU 71
2.2.1. Phân tích tổng hợp và xử lý số liệu 71
2.2.2. Thu thập điều tra, khảo sát thực địa: 72
2.2.3. Ứng dụng mô hình toán: 72
2.2.4. Phương pháp nghiên cứu viễn thám, GIS và bản đồ 73
2.2.5. Phương pháp chuyên gia, tham vấn cộng đồng 74
2.3. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐƯỢC ÁP DỤNG TẠI LƯU VỰC NGHIÊN CỨU 74
2.3.1. Cơ sở khoa học đánh giá mưa, lũ lớn, khẩn cấp 75
2.4. SỐ LIỆU DÙNG TRONG NGHIÊN CỨU 87
2.4.1. Số liệu khí tượng, thuỷ văn 87
2.4.2. Số liệu vết lũ lịch sử: 88
2.4.3. Số liệu địa hình 88
2.4.4. Số liệu viễn thám 89
2.4.5. Số liệu các công trình phòng chống lũ 89
2.4.6. Số liệu về dân sinh kinh tế - xã hội định hướng phát triển trên lưu vực 90
CHƯƠNG 3: ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN 91

3.1. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRONG ĐIỀU KIỆN BÌNH THƯỜNG 91
3.1.1. Đặc điểm mưa và sự hình thành lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn 91
3.1.2. Phân tích đặc điểm hình thành lũ trước và sau khi xây dựng các công trình thuỷ điện trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn 105
3.1.3. Phân tích đánh giá khả năng, xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập các hồ thuỷ điện lớn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong điều kiện bình thường 123
3.2. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU 130
3.2.1. Lựa chọn tổ hợp mô hình nghiên cứu độ phân giải cao 130
3.2.2. Hiệu chỉnh kết quả mô phỏng bởi tổ hợp mô hình khí hậu CMIP6 133
3.2.3. Thiết kế thử nghiệm cho lưu vực Vu Gia - Thu Bồn 140
3.2.4. Mô phỏng dòng chảy cho các giai đoạn khí hậu trong tương lai 149
3.2.5. Phân tích tần suất mưa, lũ 159
3.2.6. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự báo 166
3.2.7. Phân tích, đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong điều kiện biến đổi khí hậu 179
3.2.8. Phân tích, đánh giá nguy cơ vỡ đập các hồ thuỷ điện trên lưu vực sông vu gia thu bồn trong điều kiện biến đổi khí hậu 191
CHƯƠNG 4: XÂY DỰNG CÁC PHƯƠNG ÁN ỨNG PHÓ KHẨN CẤP KHI XẢY RA LŨ LỚN VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN 197
4.1. XÂY DỰNG CÁC KỊCH BẢN XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN 197
Tất cả các hồ trên lưu vực xả lũ thiết kế 198
4.1.1. Xây dựng các kịch bản xả lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia- Thu Bồn trong trường hợp hạ du không có mưa 202
4.1.2. Xây dựng các kịch bản xả lũ vận hành các hồ chứa, trường hợp hạ du không có mưa 205
4.1.3. Xây dựng các kịch bản xả lũ khẩn cấp khi có sự cố kẹt cửa van(5 kịch bản) 206
4.1.4. Xây dựng các kịch bản xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn (4 kịch bản) 216
4.1.5. Xây dựng các kịch bản xả lũ khẩn cấp, lũ do vỡ đập trong điều kiện biến đổi khí hậu (08 kịch bản) 220
4.1.6. Tính toán dòng chảy biên nhập lưu và khu giữa 226
4.1.7. Kết quả tính biên mực nước triều (biên dưới) 229
4.2. NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH THUỶ VĂN, THUỶ LỰC MÔ PHỎNG NGẬP LỤT KHI XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN 230
4.2.1. Xây dựng mô hình thuỷ văn 230
4.2.2. Xây dựng mô hình thuỷ lực 1 chiều Mike 11 231
4.2.3. Xây dựng mô hình thuỷ lực 2 chiều kết nối 1 chiều - 2 chiều [92] 242
4.2.4. Xây Dựng bản đồ ngập lụt theo các kịch bản đã xây dựng 256
4.2.5. Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ lớn, khẩn cấp, vỡ đập 268
4.2.6. Đánh giá tác động của nguy cơ ngập lũ đến sơ tán dân theo các kịch bản 281
4.2.7. Đánh giá tác động ngập lũ đến các tuyến đường sơ tán 287

4.3. ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA NGUY CƠ NGẬP LŨ ĐẾN SƠ TÁN DÂN CƯ THEO CÁC KỊCH BẢN 288
4.3.1. Dân số ảnh hưởng ngập lụt ứng với các kịch bản 288
4.3.2. Phương án sơ tán dân cư khi xảy ra tình huống khẩn cấp 288
4.3.3. Xây dựng các phương án ứng phó khẩn cấp theo các nhóm kịch bản 310
4.3.4. Xây dựng bản đồ sơ tán dân theo các nhóm kịch bản 333
CHƯƠNG 5: XÂY DỰNG QUY TRÌNH VÀ KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH ỨNG PHÓ VỚI CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ XẢY RA VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN 337
5.1. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN XÂY DỰNG QUI TRÌNH, KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH ỨNG PHÓ VỚI CÁC TÌNH HUỐNG 337
5.2. XÂY DỰNG QUY TRÌNH NHẬN BIẾT CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP 339
5.2.1. Qui trình thực hiện và Yêu cầu số liệu đầu vào 339
5.2.2. Xây dựng các tiêu chí nhận biết các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ vỡ đập 340
5.2.3. Nhận biết các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập 344
5.3. XÂY DỰNG QUY TRÌNH ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ NGUY HIỂM CỦA CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ VỠ ĐẬP 348
5.3.1. Qui trình thực hiện và Yêu cầu số liệu đầu vào 348
5.3.2. Đánh giá mức độ nguy hiểm tương ứng với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập 352
5.4. XÂY DỰNG KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH ỨNG PHÓ VỚI CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP 359
5.4.1. Qui trình thực hiện và Yêu cầu số liệu đầu vào 359
5.4.2. Giai đoạn TRƯỚC khi xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập (giai đoạn chuẩn bị) 360
5.4.3. Giai đoạn TRONG khi xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập (giai đoạn triển khai ứng phó) 365
5.4.4. Giai đoạn SAU khi xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập (giai đoạn phục hồi) 366
5.5. ÁP DỤNG QUI TRÌNH, KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH CHO 01 KỊCH BẢN CỤ THỂ TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA-THU BỒN 366
CHƯƠNG 6: ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP PHÒNG CHỐNG GIẢM THIỂU RỦI RO LŨ GĂN LIỀN VỚI ĐIỀU KIỆN THỰC TẾ TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN VÀ NĂNG LỰC ỨNG PHÓ KHẨN CẤP CỦA ĐỊA PHƯƠNG 368
6.1. ĐIỀU KIỆN NĂNG LỰC THỰC TẾ CỦA TỈNH QUẢNG NAM VÀ THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG TRONG CÔNG TÁC ỨNG PHÓ VỚI LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP 368
6.1.1. Điều kiện năng lực chống lũ thực tế của thành phố Đà Nẵng[1] 369
6.1.2. Điều kiện năng lực chống lũ thực tế của tỉnh Quảng Nam[2] 372
6.2. LỰA CHỌN GIẢI PHÁP PHÒNG CHỐNG, GIẢM THIỂU RỦI RO DO LŨ PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN THỰC TẾ CỦA ĐỊA PHƯƠNG 375
6.2.1. Mục tiêu, quan điểm lựa chọn giải pháp 375
6.2.2. Giải pháp phòng chống, giảm thiểu rủi ro do lũ trên địa bàn thành phố Đà Nẵng 376

6.2.3. Giải pháp phòng chống, giảm thiểu rủi ro do lũ trên địa bàn tỉnh Quảng Nam..379
6.3. GIẢI PHÁP XÁC ĐỊNH TUYẾN, CHỈ GIỚI THOÁT LŨ VÀ CAO TRÌNH VƯỢT LŨ VỚI CÁC CÔNG TRÌNH QUAN TRỌNG VÙNG HẠ DU LƯU VỰC SÔNG VU GIA-THU BỒN 382
6.3.1. Xác định tuyến, chỉ giới thoát lũ vùng hạ du 382
6.3.2. Giải pháp xác định tuyến, chỉ giới thoát lũ vùng hạ du 385
6.3.3. Giải pháp xác định cao trình vượt lũ của các công trình quan trọng khi xây dựng, nâng cấp. 395
6.4. GIẢI PHÁP XÂY DỰNG ĐÊ BAO BẢO VỆ KHU VỰC TRỌNG ĐIỂM VỀ QUỐC PHÒNG, AN NINH VÀ KINH TẾ-XÃ HỘI 396
6.4.1. Định hướng giải pháp 396
6.4.2. Thiết kế sơ bộ giải pháp 398
6.4.3. Kết quả tính toán mô phỏng 401
6.4.4. Phân tích, đánh giá kết quả của các phương án tính toán 403
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 405
KẾT LUẬN 405
KIẾN NGHỊ 410
TÀI LIỆU THAM KHẢO 412
MỤC LỤC HÌNH 420
MỤC LỤC BẢNG 428

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

ATNĐ	Áp thấp nhiệt đới
BCH PCTT &TKCN	Ban chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn
BĐKH	Biến đổi khí hậu
CĐPCTT	Chỉ đạo phòng chống thiên tai
HTCBS	Hệ thông cảnh báo sớm
IPCC	Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu
MTTQ VN	Mặt trận tổ quốc Việt Nam
MC1, MC2	Mặt cắt 1, mặt cắt 2
KHTL	Khoa học Thủy lợi
KTTV	Khí tượng Thủy văn
KH&CN	Khoa học và Công nghệ
KB1, KB2	Kịch bản 1, kịch bản 2
PCTT&TKCN	Phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn
QG TKCN	Quốc gia tìm kiếm cứu nạn
UBND	Ủy ban nhân dân
PCTT	Phòng chống thiên tai
MHT	Mô hình toán
RRTT	Rủi ro thiên tai
VG-TB	Vu Gia - Thu Bồn

MỞ ĐẦU

1.Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi thiên tai, đặc biệt là mưa lũ. Theo Báo cáo của Viện Tài nguyên Thế giới (2015), Việt Nam được xếp thứ 4 toàn cầu về mức độ rủi ro lũ lụt hằng năm. Trong đó, khu vực miền Trung – nơi tiếp nhận tới 65% tổng số cơn bão đổ bộ vào lãnh thổ – thường xuyên gánh chịu tổn thất nghiêm trọng về người và tài sản. Riêng năm 2018, thiên tai đã làm 218 người thiệt mạng và gây thiệt hại gần 20.000 tỷ đồng.

Lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn có diện tích khoảng 10.350 km², bao phủ địa bàn các tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng và 1 phần nhỏ Kon Tum. Với đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa, lượng mưa trung bình từ 2.000–4.000 mm/năm, tập trung vào các tháng 9 đến 12, địa hình dốc, lòng sông nông và cửa sông bị bồi lấp, khu vực này thường xuyên xảy ra lũ lớn với đặc điểm lên nhanh, xuống chậm, gây ngập sâu và kéo dài ở hạ du. Trung bình mỗi năm xảy ra 3–5 trận lũ lớn. Giai đoạn 1998–2017, riêng tỉnh Quảng Nam đã ghi nhận 56 trận lũ lớn, làm 672 người chết và thiệt hại kinh tế khoảng 8.000 tỷ đồng.

Dưới tác động ngày càng rõ rệt của biến đổi khí hậu (BĐKH), tần suất và cường độ lũ lụt tại lưu vực này đang gia tăng mạnh. Trong 50 năm qua, 6 trong 7 trận lũ lớn nhất xảy ra sau năm 1996. Cùng với đó, quá trình đô thị hóa nhanh chóng, thay đổi mục đích sử dụng đất và phát triển hạ tầng không theo quy hoạch đồng bộ đã làm thu hẹp hành lang thoát lũ, gia tăng mức độ rủi ro và thiệt hại.

Hiện tại, lưu vực Vu Gia – Thu Bồn có hệ thống 15 hồ chứa thủy điện lớn đang vận hành, đóng vai trò quan trọng trong điều tiết nước, phát điện và cắt giảm lũ. Tuy nhiên, nếu không được vận hành theo quy trình phù hợp, đặc biệt trong bối cảnh mưa cực đoan và lũ lịch sử xuất hiện ngày càng nhiều, các hồ chứa này có thể gây ra hiện tượng "lũ chồng lũ", làm trầm trọng thêm tình trạng ngập lụt ở hạ du. Thực tế cho thấy, các tiêu chí thiết kế và quy trình vận hành

hiện hành chưa theo kịp diễn biến phức tạp của khí hậu và nhu cầu điều tiết đa mục tiêu.

Trong giai đoạn 2010–2020, cả nước đã ghi nhận 69 sự cố hồ đập, riêng năm 2017 có tới 23 sự cố. Các hồ chứa vừa và nhỏ thường phân bố rải rác, thiếu hệ thống giám sát, không được bảo trì đầy đủ và đang tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn cao, nhất là trong tình huống mưa lũ cực đoan hay động đất nhỏ – những yếu tố không còn hiếm gặp.

Tại lưu vực Vu Gia – Thu Bồn, các trận lũ lịch sử như năm 1998, 1999, 2007, 2009 và 2017 đều gây thiệt hại nặng nề, cho thấy xu thế ngập lụt ngày càng nghiêm trọng và khó kiểm soát. Điển hình, đợt lũ tháng 11/2007 đã khiến 47 người chết, hơn 1.500 nhà bị sập, thiệt hại kinh tế lên tới 2.300 tỷ đồng; lũ năm 2009 gây thiệt hại hơn 1.400 tỷ đồng và cướp đi 52 sinh mạng.

Các nguyên nhân chủ yếu gây ra lũ lớn tại lưu vực không chỉ xuất phát từ các yếu tố khí tượng thủy văn phức tạp như bão, áp thấp nhiệt đới và không khí lạnh, mà còn đến từ các hoạt động phát triển thiếu kiểm soát, thu hẹp dòng chảy lũ và vận hành hồ chứa không đồng bộ, không kịp thời.

Mặc dù đã có một số nghiên cứu liên quan đến quản lý mưa lũ, vận hành hồ chứa và ảnh hưởng của BĐKH, nhưng phần lớn còn rời rạc, thiếu tính hệ thống và đặc biệt chưa xây dựng được một khung hỗ trợ ra quyết định (Decision Support System – DSS) trong các tình huống khẩn cấp như xả lũ khẩn cấp hoặc sự cố vỡ đập. Đây là khoảng trống quan trọng trong quản lý rủi ro thiên tai cần được lấp đầy bằng các nghiên cứu chuyên sâu, liên ngành.

Trong bối cảnh đó, Bộ Khoa học và Công nghệ cho việc triển khai đề tài **"Nghiên cứu xây dựng các phương án ứng phó với khả năng xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn"**, Mã số: **ĐTĐL.CN-84/21** là hoàn toàn cần thiết và kịp thời. Đề tài không chỉ góp phần giải quyết các bài toán cấp bách về phòng chống thiên tai mà còn có ý nghĩa khoa học sâu sắc trong việc phát triển mô hình tích hợp đánh giá rủi ro, hỗ trợ ra quyết định và xây dựng kịch bản ứng phó tổng thể cho khu vực hạ du.

Việc giao cho Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam – đơn vị có nhiều kinh nghiệm triển khai các đề tài nghiên cứu, dự án ứng dụng hiệu quả tại khu vực miền Trung – thực hiện đề tài là sự lựa chọn hợp lý, bảo đảm tính khả thi và chất lượng chuyên môn cao của kết quả nghiên cứu.

Đề tài mang ý nghĩa thiết thực cả về mặt khoa học và thực tiễn, góp phần nâng cao năng lực ứng phó với thiên tai, đảm bảo an toàn hồ đập, giảm thiểu thiệt hại do lũ lụt gây ra, đồng thời hỗ trợ phát triển bền vững kinh tế - xã hội vùng hạ du lưu vực Vu Gia – Thu Bồn trong điều kiện biến đổi khí hậu ngày càng khốc liệt.

2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI

Theo đặt hàng thì đề tài có 03 mục tiêu chính đó là:

- Đánh giá được khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

- Xây dựng được quy trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

- Đề xuất được giải pháp giảm thiểu thiệt hại tới hạ du khi xảy ra lũ lớn, vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI

- Đối tượng nghiên cứu là mô phỏng lũ trong tình huống xảy ra lũ lớn, vỡ đập từ đó đưa ra các giải pháp ứng phó PCTT trong vùng hạ du, nhằm đảm bảo giảm thiểu thiệt hại và người và tài sản.

- Phạm vi nghiên cứu trên toàn bộ lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn và phụ cận.

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, KỸ THUẬT SỬ DỤNG

Để đảm bảo sản phẩm của đề tài đáp ứng yêu cầu đặt ra, nhóm nghiên cứu sử dụng tổng hợp nhiều phương pháp sau:

(i) Thu thập, phân tích và xử lý số liệu; điều tra, khảo sát thực địa:

Kế thừa và cập nhật các kết quả nghiên cứu, số liệu khí tượng, thủy văn, vết lũ, địa hình, ảnh vệ tinh, đặc tính hồ chứa (A Vương, Sông Bung 2, Sông

Bung 4, Đăk Mi 4, Sông Tranh 2…), thu thập từ các cơ quan chuyên ngành trong và ngoài nước.

Sử dụng các phương pháp thống kê, hồi quy, phân tích ảnh viễn thám để tổng hợp và xử lý số liệu.

Khảo sát thực địa bằng thiết bị hiện đại (máy toàn đạc, máy hồi âm đo sâu...) để bổ sung số liệu địa hình phục vụ mô hình hóa.

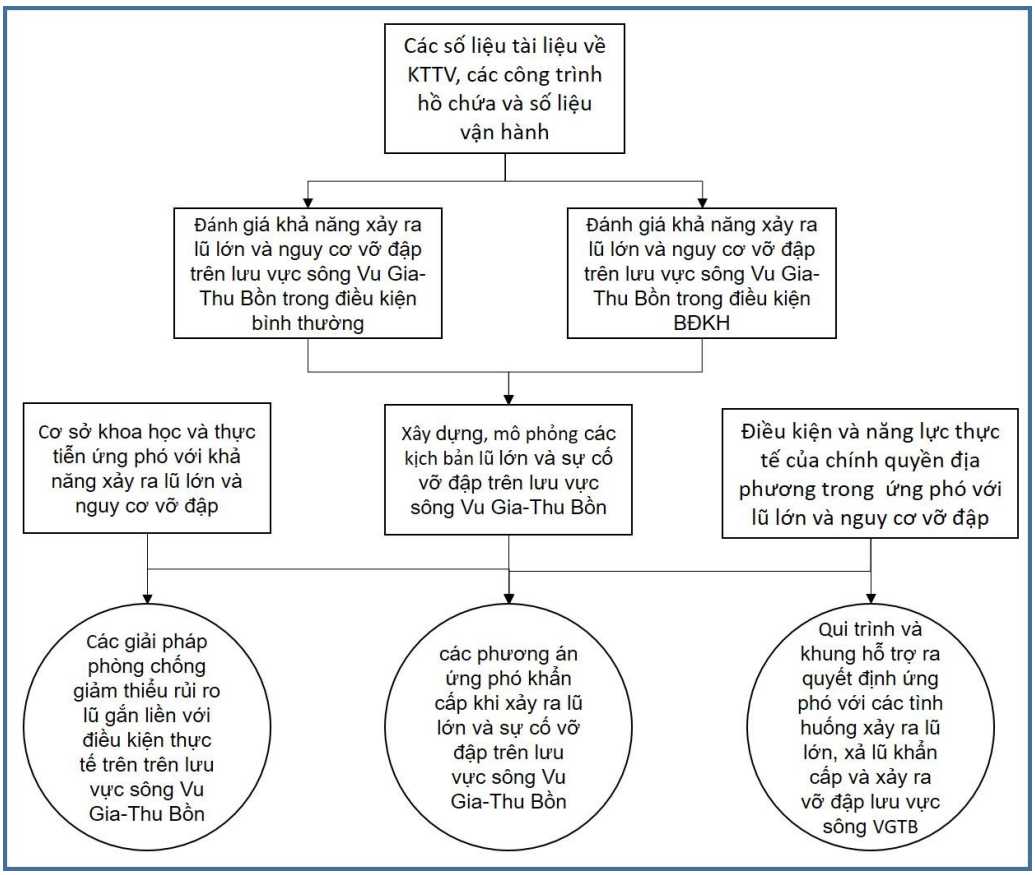
Công tác đo đạc thực hiện đồng bộ, tuân thủ quy trình kỹ thuật chuyên ngành.

(ii) Ứng dụng mô hình toán:

Mô hình khí hậu: Sử dụng kết quả dự báo từ các mô hình khí hậu độ phân giải cao (20–50 km) thuộc dự án CMIP6 như MRI-AGCM3.2H/S, MIROC4h, GFDL-HIRAM… để đánh giá tác động BĐKH.

Mô hình thủy văn – thủy lực: Áp dụng các mô hình NAM, MIKE 11, MIKE FLOOD để mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy, ngập lụt vùng hạ du, có hiệu chỉnh – kiểm định bằng 3–5 trận lũ điển hình và cập nhật điều kiện thực tế (hồ chứa mới, sử dụng đất, công trình ở hạ du...).

Công nghệ mô phỏng hiện đại cho phép đồng bộ hóa quá trình từ mưa – lũ đến ngập lụt và vỡ đập, phục vụ phân tích kịch bản, đề xuất giải pháp hiệu quả.



Sơ đồ khối cách tiếp cận thực hiện đề tài "Nghiên cứu xây dựng các phương án ứng phó khẩn cấp với khả năng xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn"

(iii) Phương pháp nghiên cứu viễn thám, GIS và bản đồ

Viễn thám và GIS được ứng dụng để giải đoán, phân tích diễn biến lũ, ngập lụt và thay đổi thảm phủ trên toàn lưu vực theo không gian và thời gian với độ chính xác khách quan, không phụ thuộc yếu tố con người. So với đo đạc truyền thống, phương pháp này giúp:

Giảm đáng kể công tác ngoại nghiệp;

Phản ánh khách quan hiện trạng, đáp ứng nhanh yêu cầu với độ tin cậy cao;

Nghiên cứu trên quy mô lớn, hỗ trợ ra quyết định kịp thời trong ứng phó thiên tai.

(iv) Phương pháp chuyên gia, tham vấn cộng đồng

Lấy ý kiến chuyên gia, tổ chức hội thảo với cơ quan quản lý và cộng đồng nhằm đảm bảo tính thực tiễn, phù hợp và khả thi trong đề xuất phương án ứng phó với lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, vỡ đập.

(v) Kỹ thuật sử dụng

Sử dụng kỹ thuật thống kê, phân tích, đánh giá tổng hợp tài liệu;

Ứng dụng thiết bị hiện đại: máy toàn đạc LEICA, ADCP, BATHY-500, ODOM-Hydrotrac;

Áp dụng mô hình MIKE 11HD, MIKE FLOOD để mô phỏng thủy văn – thủy lực;

Ứng dụng ArcGIS, AutoCAD để xây dựng bản đồ ngập lụt và các phương án ứng phó.

(vi) Tính mới và sáng tạo

Lần đầu tiên thực hiện nghiên cứu tổng thể trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn tích hợp mô phỏng khí hậu mới nhất (CMIP6);

Đánh giá điều kiện thực tế và khả năng ứng phó của Quảng Nam và Đà Nẵng;

Xây dựng quy trình và khung ra quyết định cho tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, vỡ đập;

Đề xuất các phương án ứng phó phù hợp điều kiện địa phương, đảm bảo tính khả thi và bền vững.

5. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Để đạt được 3 mục tiêu, đề tài tiến hành 7 nội dung nghiên cứu như sau:

Nội dung 1: Thu thập, chỉnh lý và hệ thống hóa các số liệu đã có. Đo đạc khảo sát bổ sung tài liệu địa hình phục vụ các nội dung nghiên cứu của đề tài

Nội dung 2: Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn ứng phó với khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên thế giới và Việt Nam

Nội dung 3: Nghiên cứu đánh giá khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn trong điều kiện bình thường

Nội dung 4: Nghiên cứu đánh giá khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn trong điều kiện BĐKH

Nội dung 5: Nghiên cứu xây dựng các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

Nội dung 6: Nghiên cứu xây dựng qui trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và xảy ra vỡ đập lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

Nội dung 7: Nghiên cứu đề xuất các giải pháp phòng chống giảm thiểu rủi ro lũ gắn liền với điều kiện thực tế trên trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn và năng lực ứng phó khẩn cấp của địa phương

6. CÁC SẢN PHẨM CHÍNH CỦA ĐỀ TÀI

a) Sản phẩm Dạng II:

Số TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt	
		Theo kế hoạch	**Thực tế đạt được**
1	Báo cáo tổng quan cơ sở khoa học và thực tiễn ứng phó với khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập	Đưa ra được cơ sở khoa học và cơ sở thực tiễn rõ ràng, đầy đủ, cập nhật mới nhất các thành tựu về KHCN trong ứng phó với khả năng xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập của các nước trên thế giới và Việt Nam.	Thực hiện hoàn thành theo đúng kế hoạch, đặt hàng
2	Báo cáo kết quả đánh giá về khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn	Đánh giá được khả năng xảy ra lũ lớn, khả năng xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ các đập A Vương, sông Bung 4, sông Bung 2, Đăk Mi 4 và sông Tranh 2 trong điều kiện bình thường và trong điều kiện BĐKH	Thực hiện hoàn thành theo đúng kế hoạch, đặt hàng
3	Bộ tài liệu quy trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và xảy ra vỡ đập trên lưu sông Vu Gia-Thu Bồn được Bộ NN&PTNT phê duyệt	- Xây dựng được qui trình hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống khi xảy ra lũ lớn, khi xả lũ khẩn cấp và khi có sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn tương ứng với các giai đoạn *Trước - Trong và Sau* - Xây dựng được khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống khi xảy ra lũ lớn, khi xả lũ khẩn cấp và khi có sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn tương ứng với các giai đoạn *Trước - Trong và Sau*	Thực hiện hoàn thành theo đúng kế hoạch, đặt hàng
4	Các giải pháp phòng chống giảm thiểu rủi ro lũ gắn liền với điều kiện thực tế trên lưu vực sông và điều kiện năng lực ứng phó khẩn cấp của tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng	- Đánh giá được điều kiện thực tế của lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn; Điều kiện và năng lực thực tế của thành phố Đà Nẵng và tỉnh Quảng Nam trong công tác ứng phó với lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và sự cố vỡ đập theo phương châm 4 tại chỗ: Chỉ huy tại chỗ - Lực lượng tại chỗ - Vật tư và phương tiện tại chỗ - Hậu cần tại chỗ.	Thực hiện hoàn thành theo đúng kế hoạch, đặt hàng

Số TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt	
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được
		- Đề xuất được các giải pháp công trình, giải pháp phi công trình phù hợp với điều kiện thực tế của lưu vực, điều kiện và năng lực thực tế của địa phương và đáp ứng yêu cầu giảm thiểu thiệt hại khi các tình huống tương ứng xảy ra trong tương lai	
5	Bộ bản đồ các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn	- Bộ bản đồ các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn được xây dựng với tỷ lệ 1:2.000 (Áp dụng đối với những vùng đô thị, đông dân cư đã xây dựng có tỷ lệ bản đồ nền lớn. Đối với các vùng khác, bản đồ sẽ được xây dựng với tỷ lệ tương ứng với tỷ lệ bản đồ nền hiện có lớn nhất). Trên bản đồ thể hiện chi tiết các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và sự cố vỡ đập. - Số lượng bản đồ các phương án ứng phó: + 01 bộ bản đồ cho nhóm kịch bản xả lũ thiết kế. + 01 bộ bản đồ cho nhóm kịch bản xả lũ theo các cấp lưu lượng. + 01 bộ bản đồ cho nhóm kịch bản vỡ đập.	Thực hiện hoàn thành theo đúng kế hoạch, đặt hàng
6	Báo cáo tổng hợp Toàn văn Tóm tắt	Các báo cáo toàn văn phản ảnh trung thực và đầy đủ các nội dung chính đã thực hiện rút ra từ các báo cáo chuyên đề cũng như từ kết quả xây dựng mô hình tính và hệ thống dữ liệu. Đánh giá khách quan các kết quả đã đạt được và đề xuất các phương án sử dụng và phát triển chúng. Báo cáo tóm tắt phản ánh ngắn gọn, đầy đủ và trung thực các kết quả, kết luận và kiến nghị trong báo cáo toàn văn.	Thực hiện đúng theo kế hoạch; hoàn thành báo cáo tổng hợp và báo cáo tóm tắt

b) Sản phẩm Dạng III:

Số TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Số lượng, nơi công bố *(Tạp chí, nhà xuất bản)*
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	01 Bài báo khoa học đăng trên tạp	01 bài: Được chấp thuận đăng và sử	Đã đăng được 04 bài tại hội nghị quốc tế có	1. 01 bài tại Hội nghị Quốc tế có phản biện tại trường Đại học Bách khoa Đà nẵng:

Số TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Số lượng, nơi công bố *(Tạp chí, nhà xuất bản)*
		Theo kế hoạch	**Thực tế đạt được**	
	chí hoặc hội nghị quốc tế	dụng kết quả nghiên cứu của đề tài	phản biện, và các tạp chí QT sử dụng kết quả nghiên cứu của đề tài	https://atcesd2024.dut.udn.vn/abstract-book 2. 01 bài tại tạp chí quốc tế *Sustainability* (MDPI, SCIE-Q1), xuất bản: 2024 ,số bài báo 5749 tập 16 - Sử dụng tài liệu hướng dẫn NCS. 3. 01 Hội nghị quốc tế Vũ Hán: International Conference on Water Resources and Renewable Energy Development ICWRRED-25) 4. 01 *GMSARN International Journal - SCOPUS (có kết quả phản biện lần 1 và đang chỉnh sửa)*
2	03 Bài báo đăng trên các tạp chí khoa học	03 bài: Được chấp thuận đăng và sử dụng kết quả nghiên cứu của đề tài	Đã đăng được 03 bài tài các tạp chí khoa học và sử dụng kết quả nghiên cứu của đề tài	- 01 bài trên Tạp chí KHKT Thuỷ lợi và môi trường- ĐHTL số 91/12/2024 - 01 bài trên Tạp chí KHKT Thuỷ lợi và môi trường- ĐHTL số /12/2025 (có xác nhận của tạp chí) - 01 bài trên Tạp chí KH và CN Thuỷ lợi - Viện KHTLVN số /12/2025 (có xác nhận của tạp chí)

c) Kết quả đào tạo:

Số TT	Cấp đào tạo, Chuyên ngành đào tạo	Số lượng		Ghi chú *(Thời gian kết thúc)*
		Theo kế hoạch	**Thực tế đạt được**	
1	Thạc sỹ	Hỗ trợ đào tạo 01	01 Hướng dẫn bảo vệ thành công	2023
2	Tiến sỹ	Hỗ trợ tiến sỹ 01	02 (Cung cấp SL và, hướng dẫn bảo vệ thành công 01 và đồng hướng dẫn 01)	2024

7. CẤU TRÚC CỦA BÁO CÁO TỔNG HỢP

Đề tài được triển khai từ năm 2021, trong bối cảnh có nhiều thay đổi về mặt hành chính do quá trình sáp nhập các tỉnh, thành phố và cơ quan quản lý nhà nước ở địa phương.

Mặc dù các quyết định liên quan đến địa giới hành chính và cơ sở pháp lý cho hoạt động của các cơ quan quản lý sau sáp nhập đã được ban hành, tuy

nhiên, đến thời điểm hiện tại, hệ thống cơ sở dữ liệu nền phục vụ công tác quản lý vẫn chưa được cập nhật hoặc công bố chính thức tương ứng với các thay đổi này.

Do đó, trong phạm vi nghiên cứu và trình bày, đề tài vẫn sử dụng các địa danh, tên gọi và cơ cấu tổ chức của các cơ quan quản lý như trước thời điểm sáp nhập, nhằm đảm bảo tính nhất quán của dữ liệu và phù hợp với hiện trạng thông tin đã được thu thập, xử lý trong quá trình thực hiện đề tài.

Cấu trúc của báo cáo tổng hợp gồm 6 chương và phần kết luận - kiến nghị:

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN TỚI NỘI DUNG CỦA ĐỀ TÀI

CHƯƠNG 2. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ DỮ IỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

CHƯƠNG 4. XÂY DỰNG CÁC PHƯƠNG ÁN ỨNG PHÓ KHẨN CẤP KHI XẢY RA LŨ LỚN VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

CHƯƠNG 5. XÂY DỰNG QUY TRÌNH VÀ KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH ỨNG PHÓ VỚI CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ XẢY RA VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

CHƯƠNG 6. ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP PHÒNG CHỐNG GIẢM THIỂU RỦI RO LŨ GĂN LIỀN VỚI ĐIỀU KIỆN THỰC TẾ TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN VÀ NĂNG LỰC ỨNG PHÓ KHẨN CẤP CỦA ĐỊA PHƯƠNG

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN TỚI NỘI DUNG CỦA ĐỀ TÀI

1.1. TỔNG QUAN CƠ SỞ KHOA HỌC ỨNG PHÓ VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN THẾ GIỚI

1.1.1. Khái niệm lũ lớn

Lũ, lụt là đối tượng nghiên cứu phổ biến trên thế giới, từ các quốc gia phát triển (Mỹ, Úc, Bỉ, Nhật Bản, Hàn Quốc…) đến các nước đang phát triển (Trung Quốc, Thái Lan, Malaysia, Việt Nam…). Nghiên cứu lũ hạ du được đánh giá là phức tạp do sự tương tác của nhiều yếu tố: thời tiết (mưa lớn), địa hình, địa chất, thảm phủ, tác động của con người (vận hành hồ chứa)… Việc xác định yếu tố chủ đạo hình thành lũ lớn, cũng như đánh giá sự thay đổi trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) – như biến động tần suất, cường độ mưa, phá rừng đầu nguồn, hay gia tăng công trình thủy lợi – vẫn là vấn đề thách thức.

Theo Thông tư 22/2019/TT-BTNMT, lũ là hiện tượng mực nước sông dâng cao trong một thời gian nhất định rồi rút dần, được phân cấp theo đỉnh lũ:

Lũ nhỏ: Hmax < HmaxP70%.

Lũ trung bình: Hmax từ HmaxP70% đến HmaxP30%.

Lũ lớn: Hmax > HmaxP30%.

Ngoài ra còn có **lũ cực hạn (PMF)** – trận lũ lớn nhất có thể xảy ra về mặt lý thuyết, sinh ra bởi tổ hợp điều kiện khí tượng thủy văn bất lợi nhất; và **lũ quét** – loại lũ lớn, bất ngờ, xảy ra trên sông suối nhỏ, lên xuống nhanh (3–6 giờ), tốc độ mạnh, cuốn trôi bùn đá, gây thiệt hại nghiêm trọng.

Hệ thống trạm thủy văn trên cả nước hiện áp dụng các mức báo động theo Quyết định 05/2020/QĐ-TTg:

Báo động I: lũ nhỏ, nước trong lòng sông.

Báo động II: lũ trung bình, bắt đầu gây ngập và ảnh hưởng kinh tế - xã hội.

Báo động III: lũ lớn, gây ngập nghiêm trọng, đe dọa tính mạng và tài sản.

Như vậy, **lũ lớn** có thể hiểu là loại lũ có đỉnh cao hơn trung bình nhiều năm, đặc trưng bởi mực nước, lưu lượng cực trị, quá trình lũ và tổng lượng dòng chảy theo thời đoạn.

Đánh giá nguy cơ lũ lớn và vỡ đập đòi hỏi sự kết hợp nhiều phương pháp: phân tích số liệu, đo đạc, mô hình toán, mô phỏng hệ thống, và khai thác dữ liệu viễn thám. Các nghiên cứu quốc tế và trong nước cho thấy có hai hướng tiếp cận chủ yếu: (i) dựa trên ngưỡng mưa gây lũ từ số liệu quan trắc hoặc ảnh vệ tinh (Alfieri & Thielen, 2015); (ii) dựa trên phân tích, mô phỏng và dự báo dòng chảy tại các vị trí trọng yếu trên lưu vực.

1.1.2. Một số nguyên nhân gây ra vỡ đập

Nguyên nhân vỡ đập có thể xuất phát từ thấm vượt giới hạn, sạt trượt mái, nước tràn qua đỉnh, sự cố tràn xả lũ, hư hỏng cống lấy nước hoặc cửa van. Trong đó, thiếu năng lực tháo lũ chiếm khoảng 1/3 sự cố mất an toàn hồ chứa. Báo cáo ASCE/USCOLD (1975) thống kê bốn nhóm nguyên nhân chính: (i) tràn đỉnh (38%); (ii) thấm, xói ngầm (33%); (iii) mất ổn định công trình (23%); (iv) nguyên nhân khác (6%). ICOLD Bulletin 83 chỉ ra sự cố tràn chiếm 27–37%, trong đó một nửa do vận hành, phần còn lại do năng lực tràn không đủ; báo cáo Q90 của ICOLD cũng cho thấy vấn đề thủy văn – thủy lực gây ra khoảng 1/3 sự cố đập.

An toàn đập ngày càng trở nên cấp thiết trong thế kỷ 20 do hạ tầng hạ du phát triển, làm gia tăng nguy cơ thiệt hại nhân mạng. Trung Quốc hiện có khoảng 87.000 đập, Mỹ 84.000 đập; trong đó nhiều đập đã xuống cấp, đặc biệt ở Trung Quốc, nơi từng xảy ra 3.200 sự cố vỡ đập (1949–1999), nghiêm trọng nhất là sự kiện vỡ đập Bản Kiều (85.000 người thiệt mạng). Tại Mỹ, FEMA đánh giá có hơn 9.300 đập ở mức "nguy hiểm cao", nhưng chỉ khoảng 40% có kế hoạch ứng phó khẩn cấp; tuy nhiên, nhờ quản lý tăng cường, số vụ vỡ đập đã giảm mạnh, từ trung bình 97 vụ/năm trong 150 năm qua xuống còn khoảng 29 vụ/năm vào cuối thập niên 1990.

Thống kê của ICOLD khẳng định nguyên nhân chủ yếu gây vỡ đập là lũ vượt tần suất thiết kế và sự cố công trình xả lũ. Do đó, các nghiên cứu gần đây tập trung vào việc nâng cao năng lực phòng chống lũ lớn và đảm bảo an toàn cho các hạng mục xả lũ trong quá trình khai thác, vận hành hồ chứa.

1.1.3. Nghiên cứu về mưa, lũ lớn

Theo IPCC (2007, 2013), ngày càng có nhiều bằng chứng cho thấy gia tăng tần suất và cường độ mưa là nguyên nhân chủ yếu gây ra các trận lũ lớn trên toàn cầu, nhiều trận đã vượt các mốc lịch sử. Đánh giá mưa lớn thường được tiếp cận theo hai hướng: (i) phương pháp truyền thống dựa trên phân tích thống kê hoặc mô hình ngẫu nhiên để xác định tần suất và tái hiện các trận mưa quá khứ, song đòi hỏi dữ liệu phải đầy đủ, dài hạn và bao phủ rộng – điều kiện mà hầu hết các khu vực khó đáp ứng (Bordi & Sutera, 2007); (ii) mô phỏng khí tượng – thủy văn cho thời kỳ cơ sở và tương lai có xét đến tác động của BĐKH, được áp dụng tại nhiều lưu vực sông ở Canada, Mỹ, Đức, Thụy Điển, Nhật Bản, Úc, Mê Kông và Sê San.

Các phương pháp chi tiết hóa động lực và thống kê đã được ứng dụng để dự báo thời tiết, lũ lụt ở quy mô lưu vực. Một số nghiên cứu nổi bật gồm: Milly (2002) về gia tăng nguy cơ lũ lớn do BĐKH; Wilby (2008) về rủi ro lũ hạ du tại Anh; cùng nhiều nghiên cứu tổng hợp trong báo cáo IPCC (2007). Tuy nhiên, đánh giá về thay đổi tần suất và cường độ mưa lũ còn hạn chế do các mô hình khí hậu thường có độ phân giải thấp (~300 km), không thể mô phỏng chính xác các hiện tượng cực đoan quy mô nhỏ.

Để khắc phục, MRI và JMA đã phát triển mô hình khí hậu toàn cầu siêu cao (~20 km), cho phép mô phỏng chi tiết các hiện tượng cực đoan. Thí nghiệm cho giai đoạn 1979–2008, 2015–2049 và 2075–2099 cho thấy: số bão nhiệt đới có xu hướng giảm nhẹ, nhưng cường độ bão và mưa trong bán kính 100 km quanh tâm bão tăng tới 50% so với giai đoạn cơ sở. Trên cơ sở này, Nam và cộng sự (2013) dự tính lượng mưa và lũ lớn ở thượng nguồn sông Thu Bồn có thể gia tăng 30–40%.

1.1.4. Nghiên cứu tính toán, dự báo mưa

Hiện nay, dự báo lượng mưa được thực hiện bằng nhiều phương pháp, từ truyền thống đến hiện đại. Phương pháp Synop, ra đời từ cuối thế kỷ XIX, dựa trên quan trắc và phân tích các yếu tố khí tượng. Đây là nền tảng của dự báo thời tiết hiện đại nhưng mang tính định tính, còn nhiều hạn chế. Phương pháp

thống kê sử dụng chuỗi số liệu dài (10–30 năm) để xây dựng quan hệ tương quan và dự báo, dễ áp dụng nhưng không phản ánh bản chất vật lý và tác động của BĐKH.

Phân tích ảnh vệ tinh cho phép theo dõi, phát hiện nhanh các hiện tượng mưa lớn, thời tiết nguy hiểm với độ chính xác ngày càng cao. Radar thời tiết là công cụ cảnh báo tức thời, dựa trên tín hiệu phản hồi của giọt nước và hạt mây để ước tính mưa và phát hiện hiện tượng nguy hiểm (gió đứt tầng, sét), song vẫn bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố gây nhiễu.

Cùng với sự phát triển khoa học – kỹ thuật, dự báo số trị ngày càng được đầu tư và ứng dụng rộng rãi. Các mô hình khí tượng quy mô toàn cầu và khu vực như MM5 (PSU–NCAR, Mỹ, 1994; phiên bản 3.5 hoàn thiện năm 2001) và WRF (Weather Research and Forecasting) do nhiều cơ quan quốc tế phát triển đã khắc phục hạn chế của các phương pháp truyền thống, cho phép mô phỏng các quá trình vật lý chi tiết hơn và nâng cao độ chính xác trong dự báo mưa, lũ.

1.1.5. Nghiên cứu tính toán, dự báo dòng chảy lũ đến hồ chứa

Trên thế giới hiện có nhiều phương pháp dự báo lũ, gồm thống kê, tương quan, lượng trữ, hồi quy tuyến tính, trí tuệ nhân tạo (AI) và mô hình toán thủy văn.

Phương pháp thống kê: dựa trên quy luật thống kê của quá trình thủy văn, giả định diễn biến lũ trong tương lai giống với quá khứ. Ưu điểm là đơn giản, chỉ cần số liệu tại một trạm; nhược điểm là dễ sai số lớn tại vùng chuyển tiếp hoặc khi biến động đột ngột.

Phương pháp tương quan: sử dụng mực nước thượng lưu để dự báo hạ lưu. Thích hợp cho sông dốc, ít ảnh hưởng thủy triều; hạn chế là khó xác định chính xác thời gian chảy truyền, đặc biệt với sông nhiều nhánh hoặc chịu tác động thủy triều.

Phương pháp lượng trữ: dựa trên cách giải gần đúng hệ phương trình Saint-Vernant, thiết lập quan hệ giữa lượng trữ và lưu lượng vào – ra đoạn sông để tính toán lưu lượng tại hạ lưu.

Phương pháp mô hình toán thủy văn – thủy lực – trí tuệ nhân tạo:mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy, phục vụ dự báo ngắn, trung và dài hạn. Có ba loại: mô hình tập trung, bán phân bố và phân bố. Ở Việt Nam, mô hình toán được áp dụng từ những năm 1950 (SSAAR, Delta), sau đó là Muskingum, Kalinin-Miliucov, TANK…, và hiện nay mở rộng với nhiều mô hình thủy lực – thủy văn hiện đại, cho kết quả đáng tin cậy.

Nhìn chung, mô hình toán thủy văn đang được phát triển mạnh, trở thành công cụ chủ yếu trong nghiên cứu, tính toán và dự báo lũ ở cả phạm vi quốc tế và Việt Nam.

+ Mô hình TANK: Mô hình TANK do M. Sugawar phát triển năm 1967 tại Trung tâm Quốc gia Phòng chống Lũ lụt Nhật Bản, sau đó được cải tiến và ứng dụng rộng rãi. Mô hình mô tả lưu vực như chuỗi các bể chứa theo phương đứng và ngang, giả thiết dòng chảy và thấm phụ thuộc vào lượng nước trữ trong đất. Có hai dạng cấu trúc:

TANK đơn: gồm 4 bể thẳng đứng, không xét biến đổi độ ẩm theo không gian, phù hợp lưu vực nhỏ, ẩm ướt quanh năm.

TANK kép: xét đến biến đổi không gian độ ẩm, lưu vực chia thành nhiều vành đai (thường 4), mỗi vành đai gồm 4 bể. Mô hình mô phỏng quá trình lan truyền ẩm từ vùng thấp lên cao trong mùa mưa và ngược lại trong mùa khô.

Hạn chế chính của TANK là số lượng tham số lớn, cần hiệu chỉnh nhiều. Để khắc phục, mô hình SUPER-TANK được GS Mano Akira (Đại học Tohoku, Nhật Bản) phát triển, dựa nhiều hơn vào dữ liệu địa hình, địa chất, lớp phủ bề mặt, gần như không cần hiệu chỉnh thủ công. SUPER-TANK mô tả dòng chảy thông qua chuỗi bể theo chiều đứng (mưa, trữ trên lớp phủ, dòng chảy mặt, dòng chảy sát mặt, dòng ngầm), và diễn toán lũ bằng phương pháp sóng động lực học một chiều với phương trình Manning.

+ Mô hình NAM: Được phát triển năm 1982 tại Đại học Kỹ thuật Đan Mạch, NAM (Nedbør–Afstrømnings–Models) mô phỏng mưa – dòng chảy bằng chuỗi 5 bể chứa tuyến tính theo phương đứng. Mỗi lưu vực được xem là

một đơn vị tính toán với thông số trung bình hoá. Mô hình đã được ứng dụng rộng rãi ở nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam.

+ Mô hình MIKE SHE: Mô hình thủy văn phân bố của Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI), mô phỏng đồng thời dòng chảy mặt và ngầm. Mô hình tích hợp dữ liệu thổ nhưỡng, địa chất, lớp phủ bề mặt và GIS, có chức năng hiệu chỉnh tự động (AUTOCAL). Đây là mô hình mạnh, phù hợp cho nghiên cứu chi tiết theo không gian.

+ Mô hình MARINE: Mô hình thủy văn phân bố của Pháp, dựa trên phương trình Saint–Venant. Lưu vực được chia lưới ô vuông; dòng chảy mặt tính theo phương trình sóng khuếch tán, còn dòng sông dùng hệ phương trình Saint–Venant đầy đủ. Mô hình yêu cầu dữ liệu địa hình, thổ nhưỡng, lớp phủ và mưa có độ phân giải cao.

+ Mô hình HEC–HMS: Do Quân đội Mỹ phát triển từ thập niên 1960, HEC–HMS mô phỏng lượng mưa hiệu quả, dòng chảy trực tiếp và dòng chảy nền, sử dụng các phương pháp diễn toán như Muskingum hay sóng động học. Mô hình có thể kết hợp với HEC–GeoHMS để khai thác dữ liệu GIS.

+ Mô hình SWAT: Mô hình thủy văn – sinh thái có cơ sở vật lý, cho phép chia lưu vực thành tiểu lưu vực và đơn vị thủy văn chi tiết. SWAT mô phỏng thủy văn, cây trồng, xói mòn, chất dinh dưỡng, thuốc trừ sâu, đồng thời tích hợp kịch bản biến đổi khí hậu (CO_2, mưa, nhiệt độ). Tuy nhiên, khả năng mô phỏng cực trị dòng chảy (đỉnh lũ) còn hạn chế.

+ Mô hình VHM: Được phát triển tại Đại học Leuven (Bỉ), VHM xây dựng cấu trúc mô hình theo thủ tục rõ ràng, hiệu chỉnh từ số liệu thực đo. Mô hình phân tách dòng chảy nhanh – chậm, xác định hằng số nước rút và kiểm định bằng các chuỗi cực trị. Phù hợp đánh giá dòng chảy và vận hành hồ chứa.

+ Mô hình HEC–ResSim: Mô hình mô phỏng, điều hành hệ thống hồ chứa của Mỹ, phát triển từ HEC–5. HEC–ResSim quản lý, lưu trữ số liệu bằng HEC–DSS, hỗ trợ phân tích và vận hành đa mục tiêu (chống lũ, cấp nước, phát điện).

+ Mô hình MIKE 11 Reservoir: Phần mềm của DHI, chuyên mô phỏng dòng chảy một chiều và vận hành hồ chứa. Thành phần cốt lõi là mô đun thủy

động lực (HD) giải phương trình Saint–Venant. Mô hình có các mô đun bổ trợ (SO) cho phép vận hành cửa cống, đập tràn, máy bơm và hồ chứa theo quy tắc kiểm soát đa mục tiêu.

+ Mạng thần kinh nhân tạo (ANN): Mô hình hộp đen phi tuyến, học từ dữ liệu thông qua các kết nối nhân tạo mô phỏng hệ thần kinh sinh học. ANN có khả năng thiết lập quan hệ phi tuyến giữa biến đầu vào – đầu ra, phù hợp với dữ liệu nhiễu hoặc không đầy đủ, được ứng dụng rộng rãi trong dự báo thủy văn.

+ Lý thuyết tập mờ (Fuzzy Logic): Mở rộng của tập hợp cổ điển, cho phép đánh giá mức độ thành viên từ 0–1. Trong thủy văn, logic mờ hỗ trợ phân tích và ra quyết định trong điều kiện thiếu chắc chắn, ví dụ dự báo mưa, hạn hán hay các chỉ số thủy văn bất lợi, dựa trên quy tắc mờ.

1.1.6. Mô phỏng bài toán vỡ đập

Thành tựu nghiên cứu về vỡ đập đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm, tập trung vào các kết quả chính: (i) xây dựng quy trình thiết kế và kiểm định an toàn đập dựa trên đánh giá rủi ro; (ii) xác định nguyên nhân, cơ chế và quá trình phát triển lỗ vỡ; (iii) phân tích đặc tính dòng chảy, sóng gián đoạn và thiệt hại do vỡ đập; (iv) phát triển, ứng dụng công nghệ mô phỏng sóng vỡ đập và lũ hạ du.

Chương trình nghiên cứu CADAM (Châu Âu, 1999) đã đánh dấu bước tiến quan trọng khi thiết lập bộ phương pháp tính toán một chiều, hai chiều và tập hợp các bài toán mẫu để kiểm chứng mô hình. Từ đó, nhiều mô hình toán được phát triển và ứng dụng như: DWOPER, HEC-1, DAMBREAK (Mỹ); SOGREAR, TELEMAX (Pháp); MIKE 11, MIKE 21, MIKE FLOOD (Đan Mạch); DHM (Nhật Bản)… Trong đó, HEC-1 dù chỉ mô phỏng một chiều nhưng đã được áp dụng thành công trong nghiên cứu an toàn hồ chứa thủy điện tại Texas (Mỹ).

Những năm gần đây, bộ mô hình MIKE tiếp tục được hoàn thiện, mở rộng nhiều module, cho phép mô phỏng đa dạng kịch bản vỡ đập và lũ hạ du, được giới khoa học đánh giá cao về tính ứng dụng và độ tin cậy.

1.1.7. Mô phỏng, tính toán thuỷ lực, lan truyền lũ hạ lưu hồ chứa

Thành tựu trong phát triển các công cụ mô phỏng thủy lực lũ rất đáng kể, tập trung vào việc xây dựng và ứng dụng các mô hình một chiều, hai chiều nhằm mô phỏng dòng chảy sông và ngập lụt. Nhiều mô hình đã được phát triển và áp dụng rộng rãi như: VRSAP, HEC-RAS/GeoRAS, họ MIKE (MIKE 11, MIKE 21, MIKE FLOOD), TELEMAC, SMS, SOBEK, DELFT…

Ở Việt Nam, mô hình VRSAP (tiền thân là KRSAL, PGS.TS Nguyễn Như Khuê) đã được sử dụng gần 25 năm để mô phỏng thủy văn – thủy lực hệ thống sông có kết nối đồng ruộng, tuy nhiên còn hạn chế cho dự báo nhanh ở miền Trung. Một số mô hình khác như KOD-01/02 (GS.TSKH Nguyễn Ân Niên) dựa trên phương trình Saint-Venant rút gọn cũng được ứng dụng trong dự báo lũ.

Trên thế giới, HEC-RAS (USACE) được phát triển mạnh, từ mô phỏng 1D đến 2D, bổ sung modul vận chuyển bùn cát và khuếch tán, thích hợp cho hệ thống sông – đồng bằng lũ. Bộ công cụ MIKE (DHI – Đan Mạch) được đánh giá cao nhờ tích hợp đa mô-đun: MIKE 11 (1D), MIKE 21 (2D), MIKE FLOOD (kết hợp 1D–2D), MIKE 11-GIS (xây dựng bản đồ ngập lụt). Ngoài ra, WENDY (DELFT, Hà Lan) cho phép tính thủy lực dòng chảy hở, xói, phù sa, xâm nhập mặn; TELEMAC (Pháp) và SOBEK (Hà Lan) cũng được sử dụng rộng rãi cho thủy động lực học 2D.

Song song với phát triển mô hình, nhiều quốc gia (Mỹ, Nhật Bản, Úc, EU, Hàn Quốc) đã đồng bộ hóa công tác dự báo – cảnh báo – sơ tán trong các kịch bản lũ lớn, vỡ đập (điển hình: bão Katrina 2005, sự cố đập Oroville 2017, sóng thần Nhật Bản 2011). Ngân hàng Thế giới (WB) cũng đã ban hành Chính sách An toàn đập, trong đó nhấn mạnh dự báo mưa – lũ thời gian thực, hệ thống cảnh báo sớm và kế hoạch ứng phó khẩn cấp để bảo vệ hạ du.

1.1.8. Xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS)

Hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS/DSF) đã được nhiều quốc gia phát triển nhằm giảm thiểu thiệt hại do lũ và nguy cơ vỡ đập, thông qua việc thu thập, phân tích, xử lý và truyền đạt thông tin phục vụ quản lý. Một số nghiên

cứu tiêu biểu gồm: DSF cho lưu vực sông Mê Công (tích hợp SWAT, IQQM, ISIS) phục vụ quản lý tổng hợp nguồn nước và phát triển bền vững; Elbe-DSS (Đức) hỗ trợ đánh giá các kịch bản quản lý lưu vực dưới tác động BĐKH; DSS cho lưu vực Pasig-Marikina (Philippines) vận hành hệ thống kiểm soát lũ theo thời gian thực; DSS cho lưu vực Chao Phraya (Thái Lan) xây dựng sau lũ lịch sử 2011 với sự hỗ trợ của JICA; và DSS cảnh báo sớm cho lưu vực sông Red (Mỹ – Canada) tích hợp quan trắc thời gian thực, dự báo lũ, vận hành hồ chứa và mô phỏng ngập hạ du.

Kết quả nghiên cứu quốc tế cho thấy các DSS hiện nay đã đạt khả năng dự báo theo thời gian thực từ mưa – dòng chảy – vận hành hồ chứa – thủy lực hạ du – ngập lụt và cảnh báo sơ tán. Tuy nhiên, vẫn còn những thách thức cần nghiên cứu tiếp, đặc biệt là nâng cao độ chính xác dự báo mưa, dòng chảy và mô phỏng thủy văn – thủy lực phù hợp với điều kiện lưu vực cụ thể như ở Việt Nam.

1.1.9. Dự báo, cảnh báo và phân vùng nguy cơ lũ, ngập lụt

Cùng với sự phát triển khoa học – kỹ thuật, các hãng công nghệ lớn (Thụy Sỹ, Đức, Mỹ, Nhật Bản) đã phát triển thiết bị đo đạc địa hình hiện đại, tự động hóa, có độ chính xác cao, hỗ trợ hiệu quả cho xây dựng bản đồ nền và phân vùng ngập lụt. Song song với khảo sát thực địa, phân vùng ngập lụt bằng mô hình số được nghiên cứu từ sớm, khởi đầu với SSARR (1958) và ngày càng hoàn thiện nhờ sự hỗ trợ của máy tính. Hiện nay, nhiều mô hình thủy văn – thủy lực được ứng dụng rộng rãi như HEC (Mỹ), MIKE (Đan Mạch), TELEMAX (Pháp), SOBEX, TUDELFT (Hà Lan), SMS (Anh), RRI (Nhật Bản)… với xu hướng phát triển mã nguồn mở, phù hợp đặc trưng từng lưu vực. Bên cạnh đó, sự tiến bộ của công nghệ viễn thám và GIS mở ra hướng tiếp cận mới trong phân vùng nguy cơ lũ dựa trên phân tích địa hình, khí tượng – thủy văn, kết hợp cảnh báo lũ theo ngưỡng mưa sinh lũ (FFG). Đặc biệt, NOAA và Trung tâm Nghiên cứu Thủy văn San Diego (Mỹ) đã phát triển và mở rộng hệ thống FFG trên phạm vi toàn cầu.

1.1.10. Thiết lập hệ thống cảnh báo sớm lũ, ngập lụt

Chiến lược quốc tế về giảm nhẹ thiên tai (UNISDR, 2010) định nghĩa hệ thống cảnh báo sớm là tập hợp năng lực nhằm tạo và phổ biến thông tin kịp thời, giúp cá nhân, cộng đồng và tổ chức có đủ thời gian chuẩn bị, ứng phó để giảm thiểu thiệt hại. Bốn yếu tố cốt lõi của hệ thống cảnh báo sớm hiệu quả gồm: (1) nhận diện và đánh giá rủi ro; (2) giám sát và cảnh báo; (3) truyền đạt thông tin dễ hiểu cho cộng đồng; và (4) nâng cao năng lực ứng phó. Cách tiếp cận này nhấn mạnh khía cạnh xã hội, thay vì chỉ coi cảnh báo là tín hiệu kỹ thuật đơn thuần (ví dụ: còi báo động, đèn tín hiệu). Trong phạm vi này, hệ thống cảnh báo sớm chủ yếu được xem xét dưới góc độ giám sát kỹ thuật.

Sự phát triển của mô hình số trị trong dự báo mưa, mô phỏng thủy văn – thủy lực, cùng thiết bị quan trắc tự động và công nghệ thông tin đã thúc đẩy việc xây dựng các hệ thống cảnh báo ngập lụt hiện đại. Nhiều quốc gia đã triển khai thành công, điển hình như Thái Lan với hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) trên lưu vực sông Chao Phraya sau trận lũ lịch sử năm 2011, cho phép chủ động trong công tác dự báo, cảnh báo và ứng phó. Tại Anh, sau các trận lũ năm 2007, Chính phủ đã phát triển hệ thống cảnh báo lũ tích hợp, kết hợp dự báo – cảnh báo – ứng phó khẩn cấp, đồng thời công khai bản đồ ngập lụt trực tuyến như một công cụ truyền thông quan trọng.

1.1.11. Xây dựng kế hoạch, phương án ứng phó với lũ và ngập lụt

Hầu hết các lưu vực sông trên thế giới đều đã xây dựng hồ chứa để khai thác tổng hợp nguồn nước, trong đó vùng hạ du thường chịu tác động bất lợi do vận hành xả lũ thượng nguồn. Để chủ động ứng phó, nhiều quốc gia đã xây dựng kế hoạch và kịch bản ứng phó lũ nhằm hỗ trợ ra quyết định trong các tình huống khẩn cấp.

Tại Mỹ, FEMA thiết lập khung hành động ứng phó khẩn cấp toàn quốc, bao gồm đào tạo cộng đồng, cung cấp bản đồ nguy cơ, hướng dẫn quản lý vùng ngập lũ, đánh giá rủi ro, quản lý an toàn đập và bảo hiểm lũ. Nhật Bản (MLIT) triển khai hệ thống kiểm soát, ứng phó lũ theo chu trình phòng tránh – chuẩn bị – ứng phó – phục hồi. EU sau các trận lũ lịch sử (2006–2008) đã xây dựng

khung FEMS để đánh giá và điều phối ứng phó giữa các quốc gia thành viên. Thái Lan, sau trận lũ năm 2011, cùng JICA phát triển kế hoạch ứng phó khẩn cấp lưu vực Chao Phraya theo ba giai đoạn: chuẩn bị – ứng phó – phục hồi. Trung Quốc, sau lũ năm 1998, cải cách toàn diện thể chế, chính sách và kế hoạch ứng phó lũ; nhờ đó, trong trận lũ lịch sử năm 2020, thiệt hại về người giảm mạnh so với năm 1998 dù thiệt hại kinh tế gia tăng.

1.1.12. Ứng phó với lũ, ngập lụt khu vực đô thị

Biến đổi khí hậu làm gia tăng mưa lớn cực đoan tại nhiều khu vực, đặc biệt ảnh hưởng nghiêm trọng đến đô thị do mật độ dân cư cao, địa hình thấp và hệ thống hạ tầng dễ tổn thương. Để ứng phó, nhiều thành phố như Bordeaux (Pháp), Piedmont (Ý), Charlotte (Mỹ), Quảng Châu (Trung Quốc) và các khu vực lấn biển ở Hà Lan đã nghiên cứu, phát triển các giải pháp quản lý ngập lụt.

Đối với ngập lụt đô thị, việc áp dụng mô hình toán thủy văn – thủy lực là cần thiết nhằm mô phỏng chính xác dòng chảy và tác động đến hệ thống hạ tầng (thoát nước ngầm, mặt, ao hồ nội đô). Tại Việt Nam, nghiên cứu năm 2019 do Đại học Kent thực hiện đã sử dụng mô hình Mike Urban để mô phỏng ngập cho 8 quận trung tâm Hà Nội, hiệu chỉnh với trận mưa 2012, kiểm định bằng trận mưa 2013, đồng thời phân tích các kịch bản mưa 1%, 5% và lũ năm 2008, qua đó đề xuất chiến lược đầu tư bền vững giảm thiểu thiệt hại. Tương tự, nghiên cứu của Pingping và cộng sự đã sử dụng mô hình Flo-2D kết hợp dữ liệu khí hậu toàn cầu và ảnh viễn thám để dự báo ngập, xác định hệ số nhám Manning cho khu vực trung tâm Hà Nội.

Ngoài giải pháp phi công trình, nhiều đô thị đã triển khai công trình kiểm soát lũ: hệ thống cửa van ngăn triều ở Venice (Ý), cửa van chống lũ sông Thames (Anh), và các tường chắn lũ di động tại Cologne (Đức), Grein (Áo) với chiều cao tới 3,6 m.

1.1.13. Giải pháp cảnh báo sớm

Hệ thống cảnh báo sớm lũ, ngập lụt đã được triển khai rộng rãi trên thế giới, với cấu phần chính gồm mạng lưới quan trắc tự động (mưa, mực nước, vệ

tinh), hệ thống tiếp nhận – xử lý dữ liệu thời gian thực và các công cụ mô phỏng thủy văn – thủy lực. Kết quả phân tích được sử dụng để phát đi cảnh báo qua nhiều kênh truyền thông như truyền hình, phát thanh, điện thoại, loa báo động và mạng xã hội.

Cảnh báo sớm lũ lụt phụ thuộc chặt chẽ vào dự báo mưa và quan trắc khí tượng – thủy văn, đòi hỏi phối hợp hiệu quả giữa các cơ quan chuyên môn. Đây là dạng dự báo ngắn hạn, trong đó tính chính xác và kịp thời là yếu tố then chốt. Do vậy, bốn trụ cột gồm: (1) dự báo – mô hình hóa; (2) đánh giá rủi ro; (3) dịch vụ cảnh báo; và (4) truyền thông cảnh báo, cần được tích hợp và tự động hóa nhờ công nghệ thông tin.

Nhiều hệ thống cảnh báo sớm đã được phát triển, tiêu biểu như: ALERT (Úc), FFG và GFFG (Bắc Mỹ), EFAS (Liên minh Châu Âu). Các hệ thống này chủ yếu dựa trên hai phương pháp: so sánh dòng chảy (FCMs) sử dụng mô hình thủy văn phân bố và so sánh lượng mưa (RCMs), điển hình trong FFG và EFAS.

1.2. TỔNG QUAN THỰC TIỄN ỨNG PHÓ VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN THẾ GIỚI

1.2.1. Lưu vực sông Mê Công

Khung hỗ trợ ra quyết định (DSF) phục vụ quản lý tổng hợp lưu vực sông Mê Công: Mục tiêu của DSF là quản lý tổng hợp hạ du lưu vực sông, phát triển bền vững theo hiệp định của Ủy hội Mê Công; Bảo vệ môi trường, tài nguyên thiên nhiên, thủy hải sản, cân bằng sinh thái. Để xây dựng DSF, chương trình đã tiến hành thu thập tổng hợp một khối lượng số liệu đồ sộ về khí tượng thuỷ văn, nhu cầu nước của Thái Lan, Lào, Căm Pu Chia, Việt Nam, v.v. Bộ phần mềm DSF (Decision Suport Frame) là kết quả tổng hợp của chương trình cho phép tính toán mô phỏng đánh giá về nguồn nước, sử dụng nước, diễn biến thuỷ lực xâm nhập mặn, ngập lụt hạ lưu. Với bộ 3 mô hình SWAT, IQQM, ISIS được tích hợp trong DSF cho phép tính toán phân tích một số kịch bản sử dụng nước trên lưu vực.

1.2.2. Các nước Anh, Canada, Mỹ, Đức

Sau các trận lũ lịch sử, nhiều quốc gia đã xây dựng hệ thống dự báo, cảnh báo và hỗ trợ ra quyết định (DSS) nhằm quản lý rủi ro lũ, ngập lụt hiệu quả. Tại Anh, sau lũ năm 2007, hệ thống dự báo lũ và kế hoạch ứng phó khẩn cấp toàn quốc được phát triển trên nền tảng WebGIS và cung cấp trực tuyến cho cộng đồng. Ở lưu vực sông Red (Mỹ – Canada), một hệ thống quan trắc thời gian thực, dự báo lũ và mô phỏng ngập lụt đã được triển khai nhằm hỗ trợ vận hành hồ chứa và bảo vệ vùng hạ du Winnipeg.

Trung tâm Nghiên cứu Thủy văn (HRC, Mỹ) phát triển hệ thống FFGS dựa trên ngưỡng mưa sinh lũ, kết hợp dữ liệu mưa từ radar, vệ tinh và mô hình thủy văn. Hệ thống này hiện phục vụ hơn 500 triệu người, trong đó có các quốc gia hạ lưu sông Mê Kông, với các bản đồ ngưỡng mưa sinh lũ theo thời đoạn (1–12 giờ) được cập nhật hằng ngày.

Tại Đức, hệ thống Elbe-DSS được phát triển nhằm quản lý bền vững lưu vực sông Elbe, tích hợp mô hình mô phỏng, dữ liệu địa lý và các kịch bản quản lý (phòng lũ, tiết kiệm nước, tái trồng rừng, cải thiện thảm thực vật). Cách tiếp cận này cho phép đánh giá hiệu quả của các phương án trong bối cảnh biến đổi khí hậu, kinh tế – xã hội, đồng thời hỗ trợ lựa chọn ưu tiên quản lý tài nguyên nước phù hợp.

1.2.3. Tại Malaysia

Malaysia nằm ngoài "Vành đai lửa Thái Bình Dương" nên không chịu ảnh hưởng của động đất, núi lửa và bão lớn, song vẫn thường xuyên xảy ra lũ lụt, hạn hán, sạt lở đất, sương mù, sóng thần và thảm họa do con người gây ra. Trong đó, lũ lụt là thiên tai nghiêm trọng và thường xuyên nhất, gây thiệt hại lớn về người và tài sản. Các trận lũ lịch sử ghi nhận từ năm 1886 đến nay, trong đó nổi bật là lũ năm 1926 phá hủy diện rộng rừng và đồng bằng ngập lũ.

Với lượng mưa trung bình trên 3.000 mm/năm và nhiều vùng đồng bằng ven sông, ven biển, nguy cơ lũ lụt tại Malaysia rất cao. Do đó, chính phủ phải chi ngân sách lớn cho các chương trình giảm nhẹ, với mức đầu tư ngày càng tăng qua các Kế hoạch phát triển 5 năm, đạt đỉnh gần 4 tỷ USD ở giai đoạn

2001–2005. Từ sau năm 1982, nhiều công trình giảm lũ đã được triển khai như kênh hóa sông, nâng cấp kè, hồ chứa đa mục tiêu, kết hợp các biện pháp phi công trình.

Sau thảm họa lũ năm 1971, Malaysia thành lập Ủy ban Cứu trợ và Thiên tai quốc gia để điều phối cứu hộ, sơ tán và cứu trợ thông qua sự phối hợp của lực lượng an ninh, quân đội, các ban ngành, tổ chức xã hội và tình nguyện. Đồng thời, chính phủ xây dựng chiến lược ứng phó toàn diện, đề xuất thành lập Trung tâm Ứng phó thảm họa Malaysia (MDPC) phối hợp với Hội đồng An ninh Quốc gia, Viện Thủy văn Quốc gia, MERCY Malaysia, Hội Trăng lưỡi liềm đỏ và các tổ chức chuyên môn nhằm tăng cường quản lý, điều phối và giảm thiểu rủi ro thiên tai.

1.2.4. Tại Philippines

Tại Philippines, lưu vực sông Pasig-Marikina (620 km²) chảy qua thủ đô Manila thường xuyên gây ngập úng nghiêm trọng cho vùng hạ lưu. Để quản lý rủi ro lũ, hệ thống vận hành hiệu quả công trình kiểm soát lũ (EFCOS – Effective Flood Control Operation System) đã được phát triển theo nguyên tắc vận hành thời gian thực, kết hợp các công cụ quan trắc, truyền tin, xử lý và phân tích phương án vận hành như một DSS hỗ trợ ra quyết định. Tuy nhiên, hiệu quả hệ thống chưa đạt kỳ vọng, cho thấy hạn chế trong việc đánh giá và bố trí nguồn lực tài chính ngay từ giai đoạn lập kế hoạch.

Bên cạnh đó, năm 2008, hệ thống cảnh báo sớm lũ lụt LFEWS (Local Flood Early Warning System) do GIZ hỗ trợ xây dựng thí điểm tại lưu vực Binahaan đã chứng minh hiệu quả cao. Hệ thống thiết lập ba cấp độ cảnh báo (vàng – nguy cơ lũ cao, cam – lũ sẽ đến trong vài giờ, đỏ – lũ có thể đến bất cứ lúc nào cần sơ tán), qua đó giúp chính quyền địa phương ra quyết định nhanh chóng, hợp lý và nâng cao khả năng ứng phó của cộng đồng trước thiên tai.

1.2.5. Tại Indonesia

Indonesia là một trong những quốc gia chịu thiên tai nặng nề nhất thế giới, thường xuyên hứng chịu động đất, sóng thần, núi lửa phun trào, sạt lở đất, lũ

lụt và hạn hán. Với hơn 6.000 đảo có dân cư, quốc gia này đối mặt với sự đa dạng mối nguy và năng lực ứng phó không đồng đều. Các yếu tố như nghèo đói, đô thị hóa nhanh, quy hoạch đất yếu kém cùng với biến đổi khí hậu càng làm gia tăng tính dễ bị tổn thương.

Lũ lụt được coi là mối nguy hiểm nghiêm trọng và phổ biến nhất, chiếm khoảng 43% số sự kiện thiên tai giai đoạn 1995–2015, ảnh hưởng đến mọi vùng của đất nước. Nguyên nhân chủ yếu là mưa lớn mùa gió mùa, triều cường và tình trạng sử dụng đất không hợp lý. Các khu vực dễ ngập lụt gồm đông bắc Sumatra, tây bắc Java, tây–nam Kalimantan, nam Sulawesi và nam Papua, với những lưu vực sông lớn như Bengawan Solo và Benanain.

Hệ thống quản lý thiên tai được củng cố sau các thảm họa lớn như sóng thần Aceh (2004) và động đất Yogyakarta (2006). Năm 2008, Cơ quan Quản lý Thảm họa Quốc gia (BNPB) được thành lập, kế thừa các tổ chức tiền thân từ năm 1945, đảm nhận vai trò cơ quan điều phối trung ương. BNPB cùng các bên liên quan triển khai quản lý thiên tai dựa trên bốn trụ cột: (i) xã hội – kinh tế – văn hóa, (ii) bảo vệ môi trường, (iii) hiệu quả – lợi ích, và (iv) phạm vi lãnh thổ; đồng thời bao quát ba giai đoạn: phòng ngừa, ứng phó khẩn cấp và phục hồi.

Ngoài hiểm họa tự nhiên, các thảm họa do con người gây ra như cháy rừng cũng đặc biệt nghiêm trọng. Việc đốt rừng để canh tác thường xuyên biến thành các đám cháy lớn ngoài tầm kiểm soát, gây thiệt hại môi trường và lan rộng qua gió mùa.

Theo Báo cáo Rủi ro Thế giới 2014 của Liên Hợp Quốc, Indonesia đứng thứ 38 toàn cầu về mức độ dễ bị tổn thương trước thiên tai, phản ánh sự phức tạp của bức tranh rủi ro và thách thức trong quản lý thiên tai tại quốc gia này.

1.2.6. Tại Thái Lan

Thái Lan là thành viên ASEAN, tham gia Hiệp định ASEAN về Quản lý Thiên tai và Ứng phó Khẩn cấp (AADMER), với nhiều mô hình hợp tác đa bên giữa cơ quan nhà nước, xã hội dân sự và các tổ chức quốc tế. Quản lý thiên tai của quốc gia này từng bộc lộ hạn chế, đặc biệt trong ứng phó lũ lụt, khi người

dân địa phương thường là lực lượng đầu tiên xử lý tình huống bằng tri thức bản địa, trong khi hỗ trợ từ chính quyền đến muộn và chưa hiệu quả.

Luật Hành chính năm 2002 đã thành lập Cục Phòng chống và Giảm nhẹ Thiên tai (DDPM) trực thuộc Bộ Nội vụ, với chức năng xây dựng chính sách, hệ thống phòng ngừa, cảnh báo và ứng phó. Các quy chế phòng ngừa tai nạn quốc gia của Văn phòng Thủ tướng tiếp tục đóng vai trò quan trọng trong quản lý khẩn cấp.

Thái Lan đối mặt nhiều loại hình thiên tai: lũ lụt, bão, hạn hán, cháy rừng, động đất, sóng thần… Lũ năm 2011 là thảm họa nghiêm trọng nhất, gây ngập sâu tới 3 m ở nhiều nơi, ảnh hưởng rộng khắp miền Trung, đặc biệt khu vực đô thị và công nghiệp. Ứng phó của Chính phủ bị đánh giá thiếu hiệu quả, song đã thúc đẩy mạnh mẽ vai trò hỗ trợ từ xã hội dân sự, mạng lưới tình nguyện, khu vực tư nhân và cộng đồng, hình thành cơ chế phối hợp linh hoạt, chia sẻ thông tin và huy động nguồn lực đa chiều.

Sau thảm họa, Chính phủ triển khai Kế hoạch quản lý lũ toàn diện lưu vực sông Chao Phraya (JICA tài trợ, 2013), gồm ba hợp phần: (i) nâng cấp bản đồ địa hình và kế hoạch quản lý lũ; (ii) công trình phục hồi khẩn cấp, cửa nước và tuyến đường số 9; (iii) hệ thống thông tin – dự báo lũ, trong đó cảnh báo sớm đã góp phần quan trọng giúp chính quyền và cộng đồng chủ động ứng phó.

1.2.7. Bangladesh

Bangladesh nằm ở tiểu lục địa Nam Á, là một trong những quốc gia dễ bị lũ lụt nhất thế giới do địa hình trũng thấp, với hơn 230 tuyến thủy đạo. Quốc gia này thường chịu bốn loại lũ chính: lũ quét, lũ do mưa lớn, lũ sông và lũ do bão – triều cường. Trung bình mỗi năm có khoảng 15% diện tích đất bị ngập, riêng năm 2004 đạt 34%. Năm 2007, hai trận lũ và một cơn bão đã khiến 4.000 người thiệt mạng, gây thiệt hại kinh tế khoảng 3 tỷ USD.

Chính sách quản lý lũ ở Bangladesh tập trung vào giảm nhẹ thiệt hại hơn là ngăn ngừa hoàn toàn. Các biện pháp bao gồm: hỗ trợ cộng đồng thích nghi với điều kiện tự nhiên; áp dụng giải pháp bản địa như điều chỉnh kiểu nhà ở và mô hình cây trồng; tăng cường hệ thống cảnh báo hạn hán – lũ lụt theo thời

gian thực. Đồng thời, nghiên cứu sâu hơn về các quá trình làm gia tăng nguy cơ lũ được xem là chìa khóa để giảm thiểu tác động bất lợi đối với dân cư, môi trường và nền kinh tế.

1.2.8. Tại Ấn Độ

Quản lý lũ lụt tại Ấn Độ có hai khía cạnh: (i) quản lý nước do Hội đồng Nước Quốc gia và Bộ Tài nguyên Nước điều phối, và (ii) quản lý thảm họa do Hội đồng Quản lý Thảm họa Quốc gia và Bộ Quản lý – Cứu trợ Thiên tai phụ trách. Ở cấp địa phương, các cơ quan chuyên trách đảm nhận điều phối cả hai lĩnh vực.

Ấn Độ thường xuyên đối mặt với lũ lụt gây thiệt hại lớn về người, sinh kế và cơ sở hạ tầng, đặc biệt tại bang Assam – nơi có lượng mưa cao và mạng lưới sông ngòi dày đặc. Việc xác định vùng nguy cơ lũ dựa trên dữ liệu viễn thám và thông tin đất đai đã hỗ trợ các nhà quy hoạch đề xuất biện pháp giảm thiểu phù hợp.

Nguyên nhân lũ lụt đa dạng, bao gồm: tràn bờ sông, hệ thống thoát nước kém, ngập úng do mưa lớn, nước tưới dư thừa, mực nước ngầm dâng và xói mòn do thay đổi dòng chảy. Do đó, quản lý lũ đòi hỏi kết hợp biện pháp công trình (đê điều, hồ chứa, kênh thoát lũ) và phi công trình (phân vùng đồng bằng ngập lũ, chống ngập, dự báo – cảnh báo, bảo hiểm lũ lụt).

Đáng chú ý, hệ thống cảnh báo sớm dựa vào cộng đồng trên sông Jiadha (2013) đã chứng minh hiệu quả trong giảm thiểu thiệt hại. Hệ thống sử dụng cảm biến mực nước, thiết bị truyền dẫn – thu nhận không dây và cảnh báo qua điện thoại di động, giúp tăng cường kết nối thông tin giữa thượng lưu – hạ lưu và hỗ trợ ra quyết định kịp thời ở cấp cộng đồng.

1.2.9. Tại Pa-ki-xtan

Khoảng 56% lưu vực sông Indus nằm trong lãnh thổ Pakistan, chiếm 70% diện tích cả nước. Lũ lớn thường xảy ra cuối mùa hè (tháng 7–9) do mưa gió mùa từ Vịnh Bengal di chuyển về phía tây – tây bắc. Lũ sông tập trung tại Punjab và Sindh, trong khi Balochistan và vùng núi phía bắc thường chịu lũ

quét và sạt lở. Các thành phố lớn như Karachi, Lahore, Rawalpindi cũng ngày càng dễ tổn thương do hệ thống thoát nước kém. Từ năm 1947 đến nay, 14 trận lũ lớn đã gây thiệt hại khoảng 6 tỷ USD.

Pakistan thuộc nhóm 10 quốc gia dễ tổn thương nhất trước biến đổi khí hậu. Quá trình đô thị hóa và gia tăng dân số làm gia tăng rủi ro thiên tai, trong khi ứng phó khẩn cấp vẫn là cách tiếp cận chính. Đạo luật Tai họa năm 1958 chỉ tập trung vào phản ứng sau thiên tai, do Bộ phận Cứu trợ Khẩn cấp (ERC) điều hành. Thiếu nhận thức, nguồn lực và cách tiếp cận hệ thống khiến quản lý rủi ro thiên tai (DRR) chưa hiệu quả.

Bước ngoặt là Pháp lệnh Quản lý Thiên tai Quốc gia (2006), theo đó thành lập:

Ủy ban Quản lý Thiên tai Quốc gia (NDMC) do Thủ tướng làm Chủ tịch – cơ quan hoạch định chính sách cao nhất.

Cơ quan Quản lý Thảm họa Quốc gia (NDMA) – điều phối thực hiện chính sách và chiến lược.

Các cơ quan quản lý thảm họa cấp huyện (DDMA) – tuyến phòng thủ đầu tiên trong ứng phó thiên tai.

Khung quản lý rủi ro thiên tai quốc gia được xây dựng với 9 ưu tiên trong 5 năm nhằm củng cố thể chế, chính sách và năng lực từ trung ương đến địa phương.

Trận lũ lịch sử năm 2010 đã ảnh hưởng đến 20 triệu người trên diện tích >100.000 km², phá hủy 1,67 triệu nhà, 2,2 triệu ha hoa màu và cơ sở hạ tầng trọng yếu. Chính phủ cùng các đối tác quốc tế đã tiến hành cứu trợ khẩn cấp (y tế, lương thực, nước, nơi ở). Giai đoạn cứu trợ kết thúc đầu năm 2011, tiếp nối bằng Kế hoạch hành động phục hồi sớm chiến lược (SERAP) do NDMA, LHQ và các đối tác phát triển xây dựng. SERAP tập trung vào 8 lĩnh vực với 4 chủ đề xuyên suốt (bảo vệ, giới, môi trường, DRR), nhằm phục hồi sớm sau thảm họa, tách biệt với cứu trợ, tái thiết hay phát triển dài hạn.

1.2.10. Tại Nhật Bản

Nhật Bản có diện tích 378.000 km² với bốn đảo chính, địa hình núi non, sông ngắn và dốc, khí hậu ôn đới với lượng mưa lớn và thường xuyên hứng chịu nhiều loại thiên tai như động đất, núi lửa, sóng thần, bão và lũ lụt. Với dân số khoảng 127 triệu người, mật độ dân cư cao tập trung tại đồng bằng ven sông làm gia tăng mức độ rủi ro.

Lũ lụt và các thảm họa liên quan như sạt lở đất là rủi ro truyền thống nghiêm trọng. Sau thảm họa lũ lụt những năm 1940–1950, Nhật Bản xây dựng chương trình quản lý rủi ro toàn diện, giúp giảm đáng kể thiệt hại. Tuy nhiên, biến đổi khí hậu và đô thị hóa đã làm tăng cả nguy cơ lũ lụt, đặc biệt là ở đô thị, lẫn tính dễ bị tổn thương. Lũ lụt lớn nhất thời hiện đại là bão Ise-wan năm 1959 (hơn 5.000 người chết), gần đây có mưa lớn Tokai 2000 và nhiều trận lũ năm 2004.

Khung pháp lý quản lý thiên tai của Nhật Bản hình thành từ cuối thập niên 1940 với ba đạo luật ứng phó chính (Cứu trợ Thảm họa 1947, Dịch vụ Cứu hỏa 1948, Kiểm soát Lũ lụt 1949), cùng nhiều luật bổ sung về phòng ngừa, khắc phục và tài chính. Hệ thống quản lý được tổ chức ba cấp (thành phố, tỉnh, quốc gia) với sự điều phối chặt chẽ. Chính phủ duy trì cơ chế giám sát, điều phối và có thể thành lập các trụ sở quản lý thiên tai đặc biệt khi cần.

Nhật Bản phát triển rộng rãi bản đồ nguy hiểm (sóng thần, lũ, động đất, núi lửa), công bố công khai và đưa vào kế hoạch giáo dục quốc gia. Gần đây, nước này triển khai Chiến lược quốc gia về quản lý rủi ro lũ lụt quy mô lớn, kết hợp biện pháp công trình truyền thống với các biện pháp phi công trình như mô phỏng tác động kinh tế - xã hội, tăng cường hợp tác cộng đồng, nhằm nâng cao năng lực chuẩn bị và ứng phó với lũ lụt.

1.2.11. Tại Trung Quốc

Trung Quốc là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi thiên tai, với hơn 200 triệu người bị tác động mỗi năm và thiệt hại kinh tế rất lớn (năm 1998 vượt 300 tỷ RMB). Do lãnh thổ rộng, địa hình – khí hậu phức tạp, nước này hứng chịu hầu hết các loại thiên tai như lũ lụt, hạn hán, bão, động

đất, lở đất, tuyết dày. Từ giữa thập niên 1980, nghiên cứu và quản lý thiên tai phát triển mạnh, hướng tới một hệ thống quản lý toàn diện gồm phòng ngừa, giảm nhẹ, chuẩn bị, ứng phó khẩn cấp, phục hồi và tái thiết.

Ứng phó khẩn cấp là khâu trọng yếu, được tổ chức theo cơ chế ba tầng: Quốc vụ viện chỉ đạo chung; chính quyền địa phương chịu trách nhiệm trực tiếp; các bộ, ngành có phân công rõ ràng; lực lượng vũ trang đóng vai trò nòng cốt tại hiện trường. Trụ sở chính của Văn phòng Kiểm soát Lũ lụt và Hạn hán Nhà nước (thuộc Bộ Tài nguyên nước) điều phối xây dựng chính sách, kế hoạch lưu vực và điều tiết liên tỉnh. Bộ Nội vụ tăng cường năng lực bằng các kế hoạch ứng phó khẩn cấp quốc gia, cơ chế phối hợp liên ngành, cải thiện tài chính, quản lý hàng dự trữ và thông tin, đồng thời phát triển cơ chế huy động xã hội, tình nguyện viên và cơ chế bồi thường khẩn cấp.

Khung quản lý thảm họa của Trung Quốc bao gồm: phòng ngừa, cảnh báo sớm, báo cáo – kích hoạt kế hoạch, thông tin công chúng, ứng phó khẩn cấp (cứu hộ, cứu trợ), phục hồi và tái thiết. Các cơ chế điều phối toàn diện được thiết lập từ trung ương đến địa phương, với nhiều trụ sở chuyên trách cho từng loại thiên tai (lũ lụt, hạn hán, động đất, cháy rừng). Tuy nhiên, việc chuyển đổi từ "kiểm soát lũ lụt" sang "quản lý lũ lụt tổng hợp" theo Luật Kiểm soát Lũ lụt (1997) còn chậm. Năm 2004, Chính phủ đã phối hợp với Ngân hàng Phát triển châu Á xây dựng Chiến lược quản lý lũ lụt quốc gia (NFMS), nhằm hoàn thiện khung pháp lý và kế hoạch hành động hướng tới quản lý lũ lụt tổng hợp, bền vững hơn.

1.3. TỔNG QUAN CƠ SỞ KHOA HỌC ỨNG PHÓ VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TẠI VIỆT NAM

Lũ và ngập lụt là loại hình thiên tai phổ biến và nguy hiểm nhất tại hạ du các lưu vực sông ở Việt Nam, đặc biệt trong các tình huống xả lũ khẩn cấp hoặc vỡ đập. Lịch sử cho thấy đồng bằng Bắc Bộ thường xuyên hứng chịu vỡ đê, điển hình trên sông Hồng thế kỷ XIX có 26 năm đê vỡ, trong đó đê Văn Giang vỡ liên tục 18 năm (1871–1897). Từ năm 1905 đến nay, lưu vực sông Hồng –

Thái Bình đã xảy ra 20 vụ vỡ đê lớn, gây ngập lụt diện rộng và thiệt hại nặng nề (1913, 1915, 1917, 1926, 1945, 1971).

Trong những năm gần đây, mưa lũ diễn biến phức tạp, khó lường, kết hợp với sự gia tăng xây dựng hồ đập thủy điện, thủy lợi, làm tăng nguy cơ sự cố xả lũ khẩn cấp hoặc vỡ đập, đe dọa nghiêm trọng đến tính mạng và tài sản. Thực tế này đặt ra yêu cầu cấp bách về nghiên cứu, đánh giá và đề xuất giải pháp quản lý rủi ro phù hợp. Tuy nhiên, công tác quan trắc khí tượng – thủy văn ở Việt Nam mới chỉ được củng cố trong khoảng 40 năm trở lại đây, với mật độ trạm thưa thớt, hạn chế khả năng phân tích, dự báo mưa lũ cực trị.

Mặc dù vậy, Việt Nam đã đạt được một số tiến bộ trong nghiên cứu quản lý rủi ro lũ, vận hành hồ chứa và dự báo ngập lụt hạ du. Một số công trình đã ứng dụng công nghệ tiên tiến trong dự báo và cảnh báo lũ, song đa số nghiên cứu vẫn dựa trên việc khai thác và áp dụng các mô hình thương mại được du nhập trong khoảng 20 năm gần đây. Đây là nền tảng quan trọng phục vụ cho các nghiên cứu và sản phẩm của đề tài.

1.3.1. Kết quả nghiên cứu nhận dạng và đánh giá khả năng mưa, lũ lớn

Hiện nay, số nghiên cứu trong nước đánh giá tác động của BĐKH đến mưa lũ ở quy mô lưu vực còn hạn chế do khả năng dự báo mưa lớn của các mô hình khí hậu chưa cao. Một số công trình tiên phong đã ứng dụng chi tiết hóa động lực (Quân & Tân, 2011) và chi tiết hóa thống kê bằng mạng nơ-ron (Nam và nnk., 2011, 2013) cho miền Trung, cho thấy xu thế tần suất và cường độ mưa lớn tăng mạnh vào cuối thế kỷ, dẫn tới nguy cơ lũ, ngập hạ du gia tăng 40–50% theo kịch bản A1B. Kế thừa kết quả này, nhóm Nam và cộng sự tiếp tục nghiên cứu với dữ liệu CMIP5 (2015–2019) để xác định biến động mưa, lũ giai đoạn 2015–2035 ở lưu vực Vu Gia – Thu Bồn, dù mới dừng ở thượng nguồn. Gần đây, nhóm nghiên cứu (2020–2021) phát triển phương pháp chi tiết hóa kết hợp động lực – thống kê nhằm nâng cao năng lực dự báo mưa, lũ cho miền Trung và cả nước.

Song song, các nghiên cứu về mưa cực hạn (PMP) và lũ cực hạn (PMF) đã được tiến hành từ thập niên 1990 phục vụ kiểm tra an toàn hồ chứa, với sự

tham gia của nhiều cơ quan (ĐH Thủy lợi, Viện KH Thủy lợi, Viện KTTV…). Các công trình tiêu biểu gồm Lê Đình Thành (1996), Đỗ Cao Đàm & Vũ Kiên Trung (2005), Nguyễn Văn Lai và nnk. (2009), Phạm Việt Tiến (2007), và gần đây là Dương Quốc Huy (2018) ứng dụng PMP–PMF kết hợp mô hình HEC-HMS, MIKE 11, MIKE FLOOD cho lưu vực Vu Gia – Thu Bồn. Nhìn chung, kết quả cho thấy xu hướng gia tăng rõ rệt mưa cực trị và lũ cực hạn, đặt ra thách thức lớn cho công tác quản lý rủi ro thiên tai và an toàn công trình thủy lợi.

Kết quả nghiên cứu đánh giá về khả năng dự báo lũ và mô phỏng vận hành hồ chứa

Trong ba thập kỷ qua, nhiều đề tài nghiên cứu đã tập trung phát triển và ứng dụng các công nghệ dự báo lũ, dòng chảy đến hồ chứa cũng như mô phỏng vận hành liên hồ. Các nghiên cứu tiêu biểu có thể khái quát như sau:

Dự báo dòng chảy và mực nước ngắn hạn (1994–2008): Nhóm nghiên cứu do TS. Nguyễn Viết Thi và TS. Nguyễn Lan Châu chủ trì đã ứng dụng các phương pháp thống kê, hồi quy đa biến, cùng các mô hình NAM, TANK, MIKE 11, MARINE và Muskingum để dự báo dòng chảy 1–5 ngày cho các hồ Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang, cũng như các trạm chính trên hệ thống sông Hồng – Thái Bình. Một số nghiên cứu đã kết hợp dữ liệu mưa dự báo từ mô hình số trị (HRM) và bước đầu tin học hóa trong công tác dự báo nghiệp vụ.

Công nghệ dự báo lũ lớn và trung hạn (2000–2009): Các nghiên cứu đã phát triển công nghệ dự báo đỉnh lũ năm tại 22 trạm chính trên cả nước, ứng dụng mô hình MARINE cho sông Đà, IMECH-1D cho hạ lưu sông Hồng, và DIMOSOP kết nối với dữ liệu mưa dự báo BOLAM. Các kết quả này đã hỗ trợ tính toán, cảnh báo lũ lớn và được đưa vào dự báo tác nghiệp.

Mô phỏng vận hành và điều tiết hồ chứa (2003–2016): Một số công trình đã xây dựng công nghệ nhận dạng lũ trong điều hành hồ Hòa Bình, nghiên cứu các phương án vận hành liên hồ chứa trên hệ thống sông Lam và sông Hồng, đánh giá tác động của các kịch bản xả lũ đến vùng hợp lưu Thao – Đà – Lô, đồng thời đề xuất giải pháp chỉnh trị đảm bảo an toàn đê điều và giảm thiểu sạt lở.

Tối ưu hóa vận hành đa mục tiêu (2014–2018): Nghiên cứu đã áp dụng mô hình mô phỏng liên hồ chứa kết hợp thuật toán di truyền (GA) và hàm KS để xây dựng biểu đồ điều phối ngày vận hành tối ưu đa mục tiêu cho hệ thống hồ sông Cả. Gần đây, các nhiệm vụ thường niên đã ứng dụng MIKE NAM và MIKE 11HD trong hỗ trợ vận hành hồ chứa thượng nguồn sông Hồng phục vụ chỉ đạo phòng chống thiên tai.

Nhìn chung, các kết quả nghiên cứu đã góp phần hình thành hệ thống công cụ dự báo và vận hành hồ chứa đa dạng, từng bước được ứng dụng trong nghiệp vụ, song vẫn còn hạn chế về độ chính xác và tính đồng bộ khi mở rộng quy mô liên hồ và tích hợp dự báo khí tượng hiện đại.

1.3.2. Kết quả nghiên cứu xây dựng kế hoạch ứng phó với lũ và vỡ đập

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu, dự án trong nước đã tập trung vào xây dựng kế hoạch ứng phó với lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và sự cố vỡ đập:

Hệ thống sông Hồng – Thái Bình (2019): Đề tài của PGS.TS Trần Quốc Thưởng đã xây dựng kịch bản xả lũ khẩn cấp, lũ cực lớn, vỡ đập và các phương án ứng phó tương ứng.

Miền Trung ven biển: Các nghiên cứu của TS. Vũ Thị Thu Lan và TS. Nguyễn Đăng Giáp (2013–2016) đã phát triển khung quản lý lũ tổng hợp, bản đồ ngập lụt – rủi ro, phương án ứng phó khẩn cấp cấp tỉnh và đào tạo nâng cao năng lực ứng phó cho chính quyền, chủ đập và cộng đồng.

Đà Nẵng và Thanh Hóa – Nghệ An: Một số dự án đã xây dựng kế hoạch ứng phó khẩn cấp với sự cố vỡ đập (Đồng Nghệ, Vệ Vừng, Duồng Cốc), ứng dụng mô hình MIKE FLOOD để mô phỏng lũ và xây dựng bản đồ ngập lụt chi tiết tỷ lệ 1/10.000–1/25.000.

Hệ thống thủy điện bậc thang sông Đà: Nghiên cứu do PGS.TS Lê Văn Nghị (2016) đã đánh giá rủi ro và mô phỏng các kịch bản vỡ đập lớn (Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu…), xây dựng bản đồ ngập lụt vùng hạ du.

Lưu vực sông Ba và sông Cả: Các nghiên cứu (2010–2013) đã xây dựng công cụ hỗ trợ vận hành hồ, bản đồ ngập lụt theo tần suất, hệ thống mốc cảnh báo ngập và giải pháp nâng cao năng lực PCLB cho chính quyền địa phương.

Bắc Trung Bộ: Đề tài của TS. Nguyễn Anh Đức (2018–2020) đang hướng đến xây dựng khung pháp lý và quy trình cảnh báo ngập lụt hạ du hồ chứa trong tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập, đồng thời đề xuất giải pháp ứng phó phù hợp.

Nhìn chung, các nghiên cứu đã cung cấp cơ sở khoa học và công cụ thực tiễn cho việc lập kế hoạch, mô phỏng và triển khai ứng phó với các tình huống lũ lớn và vỡ đập, song vẫn cần được tích hợp đồng bộ trong hệ thống cảnh báo – ra quyết định quy mô lưu vực.

1.3.3. Kết quả nghiên cứu xây dựng khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với lũ trong tình huống bình thường và khẩn cấp

Mặc dù công tác quản lý và phòng chống thiên tai đã được triển khai rộng khắp, thiệt hại do lũ ngày càng nghiêm trọng dưới tác động của biến đổi khí hậu, suy thoái thảm phủ và quá trình đô thị hóa, công nghiệp hóa nhanh. Điều này đặt ra nhu cầu cấp thiết xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định (Decision Support System – DSS) để ứng phó với lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập, kể cả vỡ đập liên hoàn.

Ở Việt Nam, các nghiên cứu DSS mới dừng lại ở mức áp dụng công cụ rời rạc, chủ yếu phục vụ quy hoạch hoặc vận hành công trình, chưa hình thành một hệ thống hoàn chỉnh hỗ trợ mô phỏng, phân tích, đánh giá đa ngành. Một số kết quả đáng chú ý gồm:

Dự án "Hệ thống dự báo, cảnh báo lũ lưu vực sông Hồng – Thái Bình" (Flood Forecasting and Control Decision Support System – FLOCODS, 2001–2003) đã mô phỏng, dự báo lũ và đề xuất vận hành các hồ chứa lớn.

Đề tài cấp Nhà nước "Xây dựng khung Hệ thống hỗ trợ ra quyết định quản lý tổng hợp lưu vực sông Cả" (2004–2006) đã phát triển khung Decision Support Framework (DSF) nhưng chưa đạt mức DSS hoàn chỉnh.

Dự án hợp tác Việt Nam – Đức "Quản lý tổng hợp tài nguyên nước trong điều kiện biến đổi khí hậu" (Integrated Water Resources Management – IWRM, 2006–2010) đã xây dựng mô hình DSS cho lưu vực sông Thạch Hãn và các tiểu lưu vực tại Nam Định, Lâm Đồng, Cần Thơ, song mới dừng ở quy mô hạn chế.

Đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định quản lý tổng hợp tài nguyên nước" (2009–2012) cùng một số nghiên cứu tiếp theo đã bước đầu hình thành DSS quản lý tài nguyên nước và rủi ro lũ, áp dụng tại lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn và Thạch Hãn.

Nhìn chung, các kết quả nghiên cứu đã đặt nền móng cho việc ứng dụng DSS trong quản lý tài nguyên nước và giảm nhẹ rủi ro lũ ở Việt Nam, song vẫn cần tích hợp, mở rộng quy mô liên lưu vực và gắn kết chặt chẽ hơn với thực tiễn quản lý, đặc biệt trong bối cảnh gia tăng rủi ro vỡ đập và lũ cực đoan.

1.4. THỰC TIỄN ỨNG PHÓ VỚI KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP Ở VIỆT NAM

1.4.1. Một số đặc điểm liên quan đến lũ lớn ở Việt Nam

Việt Nam có khí hậu nhiệt đới gió mùa với lượng mưa lớn, phân bố không đều theo không gian và thời gian, tập trung chủ yếu vào mùa mưa. Mỗi năm, trung bình có 5–6 cơn bão và áp thấp nhiệt đới gây mưa lớn, lũ quét, sạt lở đất. Mạng lưới sông ngòi dày đặc với 108 lưu vực, chế độ thủy văn phân hóa mạnh theo vùng và mùa, dẫn tới tình trạng lũ lớn, lũ tập trung nhanh, sau đó là thời kỳ khô hạn kéo dài. Những đặc điểm này tạo nên nguy cơ cao về thiên tai lũ lụt và thách thức lớn cho công tác phòng chống, ứng phó và quản lý tài nguyên nước.

1.4.2. Ứng phó với lũ lớn thông qua việc tăng cường hệ thống công trình thủy lợi

Đến nay, cả nước đã xây dựng hơn 900 hệ thống thủy lợi (122 hệ thống vừa và lớn, phục vụ trên 2.000 ha) và 86.202 công trình gồm 7.342 hồ chứa, đập dâng; 19.416 trạm bơm; 27.754 cống; 16.057 đập tạm; hơn 291.000 km kênh mương (82.744 km kiên cố) và 16.573 công trình cấp nước sinh hoạt tập trung. Nhiều hệ thống lớn như Bắc Hưng Hải, Bắc Nam Hà, Cửa Đạt, Dầu

Tiếng – Phước Hòa, Tứ Giác Long Xuyên, Ô Môn – Xà No… đã góp phần cải tạo đất, mở rộng diện tích canh tác, phát triển nông nghiệp và giảm nghèo. Hệ thống này hiện bảo đảm tưới cho 4,28 triệu ha đất nông nghiệp (68,5%), trong đó 95% diện tích lúa, gần 0,29 triệu ha cây cạn tưới tiết kiệm; cấp nước cho 686.600 ha nuôi trồng thủy sản, 6,5 tỷ m^3 nước sinh hoạt – công nghiệp; kiểm soát mặn cho 1 triệu ha đất và kết hợp phát điện khoảng 2.100 MW.

Tuy nhiên, khả năng đáp ứng còn chênh lệch: đồng bằng đạt tới 96%, trong khi trung du, miền núi và Tây Nguyên chỉ đạt 28–86%, nhiều diện tích cà phê, hồ tiêu chưa được tưới chủ động. Nguyên nhân chính do hạn chế nguồn nước, địa hình phức tạp, hạ tầng và kỹ thuật chưa đồng bộ. Các công trình kết nối, điều hòa liên vùng chưa được quan tâm đầu tư, nhiều nơi chỉ dựa vào công trình nhỏ lấy nước tại chỗ nên không bảo đảm cấp nước bền vững.

Ngoài ra, nhiều công trình đã xuống cấp sau thời gian dài khai thác: hồ chứa bị bồi lấp, dung tích giảm; kênh mương đất dễ sạt lở, bồi lắng, hệ số lợi dụng thấp (0,5–0,55); hệ thống nội đồng thiếu hoặc không đồng bộ. Phần lớn công trình được thiết kế đơn nhiệm cho nông nghiệp, chưa tính tới nhu cầu đa mục tiêu nên hiệu quả khai thác còn hạn chế. Đặc biệt, trong điều kiện mưa lũ cực đoan, nguy cơ mất an toàn hồ đập, nhất là công trình nhỏ, ngày càng gia tăng do thiếu đầu tư bảo trì, hạng mục xuống cấp và tràn xả lũ không đủ năng lực khi lũ vượt tần suất thiết kế.

Trước bối cảnh biến đổi khí hậu và mưa lũ cực đoan gia tăng, yêu cầu đặt ra là cần nâng cấp, hiện đại hóa, quản lý vận hành an toàn và phát triển các công trình liên vùng, đa mục tiêu nhằm phát huy hiệu quả tổng hợp, góp phần ứng phó chủ động và bền vững với lũ lớn.

1.4.3. Ứng phó với lũ lớn thông qua việc tăng cường hệ thống tiêu, thoát nước

Cả nước hiện có trên 30.000 cống, bọng và 28.000 trạm bơm, phục vụ tiêu thoát cho 1,72 triệu ha nông nghiệp cùng một phần diện tích đô thị, công nghiệp. Năng lực tiêu tập trung chủ yếu tại Đồng bằng sông Hồng (hơn 2.100 công trình cho 880.000 ha) và Đồng bằng sông Cửu Long (hệ thống gần 28.000 bọng, 26.700 trạm bơm cho trên 5,3 triệu ha).

Tuy nhiên, tình trạng mưa cực đoan, lũ kết hợp triều cường và đô thị hóa nhanh đã làm gia tăng ngập úng, trong khi nhiều công trình tiêu xuống cấp, bồi lắng hoặc chưa được đầu tư đồng bộ. Công tác khoanh vùng tiêu còn bất cập, nhiều diện tích vẫn ngập úng thường xuyên.

Dự báo, hệ số tiêu nông nghiệp sẽ tăng từ 6,0–6,5 l/s/ha hiện nay lên 7,9–8,5 l/s/ha vào năm 2050; tiêu đô thị từ 13,5–15,0 l/s/ha lên 15,9–17,7 l/s/ha. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết phải nâng cấp hạ tầng, hiện đại hóa và quản lý hiệu quả hệ thống tiêu thoát nước để ứng phó với lũ lớn và giảm thiểu ngập úng.

1.4.4. Ứng phó với lũ lớn thông qua việc tăng cường hệ thống phòng, chống lũ

Hiện nay, cả nước có 5.212 km đê sông, 743 km kè, 1.686 cống, cùng hàng ngàn km bờ bao ở Đồng bằng sông Cửu Long, góp phần bảo vệ dân cư, sản xuất và chống ngập mặn. Các chương trình củng cố, nâng cấp đê, kè, cống đã phát huy hiệu quả, giúp vùng sông Hồng – Thái Bình chống được lũ 500 năm, các lưu vực sông Mã, sông Cả, sông Hương chống được lũ 100 năm; vùng duyên hải miền Trung, Tây Nguyên từng bước chủ động phòng tránh, còn Đồng bằng sông Cửu Long thích ứng theo hướng "sống chung với lũ".

Công tác phòng chống xói lở bờ sông, bờ biển cũng được chú trọng với hàng nghìn km đê, kè bảo vệ. Song song, các chương trình củng cố đê biển từ Quảng Ninh đến Kiên Giang đã hoàn thành nhiều đoạn trọng yếu, kết hợp phát triển hạ tầng kinh tế - xã hội. Bên cạnh đó, các chương trình nhà tránh lũ, bố trí dân cư an toàn, khu neo đậu tàu thuyền đã giúp giảm đáng kể thiệt hại về người và tài sản.

Tuy nhiên, hệ thống phòng chống lũ vẫn còn hạn chế: nhiều tuyến đê chưa đạt tiêu chuẩn thiết kế, công trình xuống cấp, hồ chứa thượng nguồn năng lực cắt lũ thấp, quản lý không gian thoát lũ chưa hiệu quả. Đặc biệt, ở miền Trung và các lưu vực không có đê, rủi ro lũ lớn vẫn rất cao.

Trong thời gian tới, cần ưu tiên nâng cấp các tuyến đê quan trọng, hiện đại hóa hồ chứa, quản lý chặt không gian thoát lũ, kết hợp phòng chống xói lở, trồng và bảo vệ rừng, kiểm soát khai thác cát – nước ngầm, đồng thời tăng

cường dự báo, cảnh báo sớm và hợp tác quốc tế trên các lưu vực sông liên quốc gia. Riêng Đồng bằng sông Cửu Long cần tiếp tục phát triển theo định hướng thích ứng sinh thái và sống chung với lũ nhằm đảm bảo an toàn và phát triển bền vững.

Các biện pháp ứng phó với thiên tai khác liên quan đến mưa lũ và BĐKH

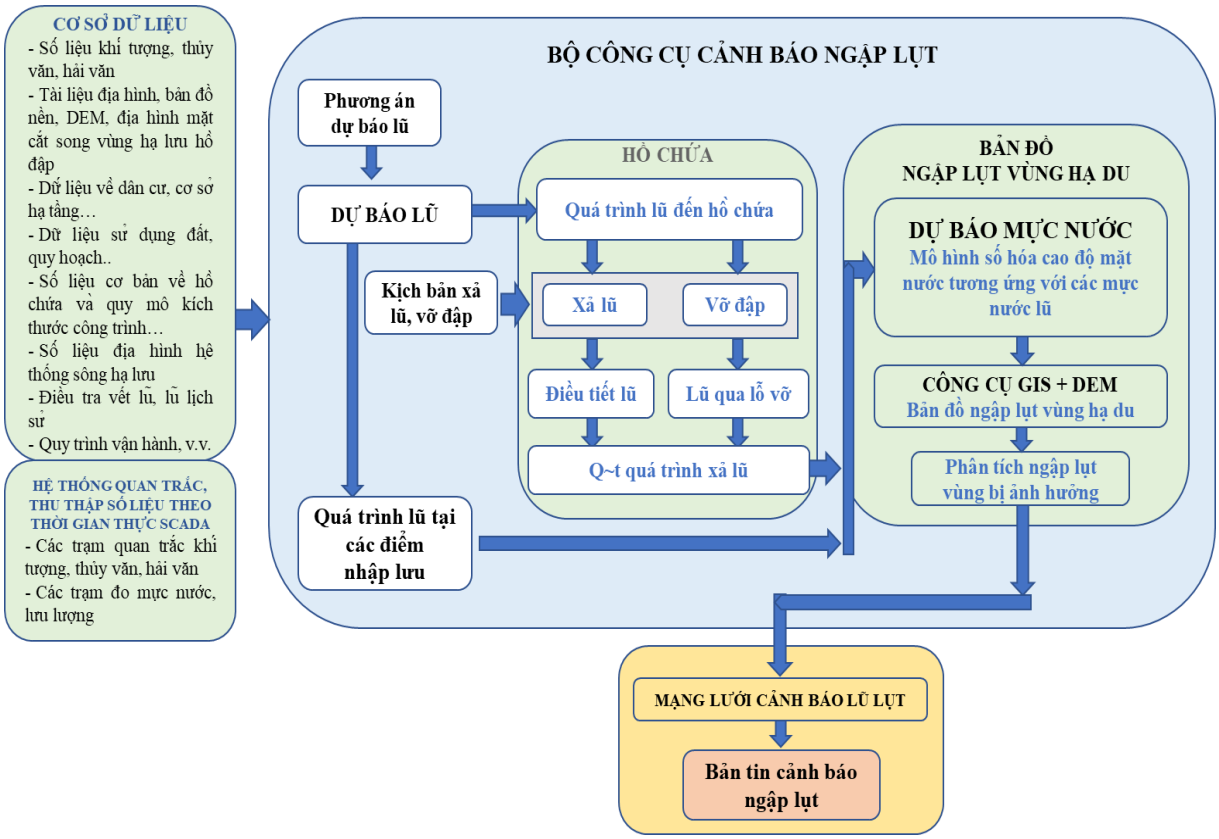
Bên cạnh lũ lớn, các thiên tai khác như **lũ quét, sạt lở bờ sông, bờ biển, hạn hán và úng ngập cực đoan** ngày càng diễn biến phức tạp, gây thiệt hại nặng nề về người, tài sản và hạ tầng, đặc biệt tại các vùng núi dốc và ven biển miền Trung, miền núi phía Bắc. Trước tình hình đó, cần triển khai đồng bộ các giải pháp: tích trữ và điều tiết nguồn nước phục vụ dân sinh, sản xuất; xác định mức đảm bảo phòng chống lũ, ngập lụt cho từng lưu vực; kết hợp công trình và phi công trình trong phòng chống ngập lụt; kiểm soát sạt lở bờ sông, bờ biển; nghiên cứu giải pháp giảm thiểu rủi ro lũ quét, sạt lở đất ở khu vực nguy cơ cao; và xây dựng kịch bản ứng phó với các tình huống cực đoan bất lợi.

1.4.5. Tăng cường công tác dự báo, cảnh báo

Mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn ở Việt Nam hiện còn thưa, thiếu đồng bộ và hiện đại, gây khó khăn trong dự báo định lượng mưa, lũ ống, lũ quét, sạt lở đất, đặc biệt khi xuất hiện các hình thế thời tiết phức tạp. Cả nước hiện có gần 200 trạm khí tượng bề mặt, hơn 350 trạm thủy văn, 7 radar thời tiết cùng một số trạm đo gió, đo mưa, nhưng số lượng và công nghệ chưa đáp ứng yêu cầu, tỷ lệ trạm tự động còn thấp và thiếu tính đồng bộ. Biến đổi khí hậu càng làm gia tăng bất định và rủi ro thiên tai, đòi hỏi nâng cao năng lực dự báo, cảnh báo.

Trong thời gian qua, các bộ, ngành và địa phương đã xây dựng bản đồ cảnh báo sạt lở đất cho 14 tỉnh miền núi phía Bắc, lắp đặt thêm các trạm đo mưa chuyên dùng, đào tạo cán bộ và phổ biến kiến thức đến cộng đồng. Bộ Tài nguyên và Môi trường đã bàn giao bản đồ nguy cơ trượt lở đất, tăng cường dự báo khí tượng thủy văn đến cấp huyện, song mạng lưới quan trắc vẫn còn hạn chế.

Để nâng cao chất lượng dự báo, cần: (i) bổ sung số lượng và hiện đại hóa trạm quan trắc, ưu tiên đồng bộ hóa hệ thống tự động; (ii) đẩy mạnh xã hội hóa, yêu cầu chủ hồ chứa lắp đặt trạm đo mưa và thủy văn, cung cấp dữ liệu phục vụ điều hành và cảnh báo; (iii) hoàn thiện hệ thống an toàn đập, hồ chứa, bao gồm xây dựng EPP, bản đồ ngập lụt hạ du và hệ thống hỗ trợ ra quyết định theo thời gian thực.



Hình 1-1. Các thành phần của một hệ thống cảnh báo ngập lụt tổng hợp hạ du hồ chứa nước

Đối với công tác quản lý, cảnh báo, dự báo về nguồn nước: Với năng lực quản lý, cảnh báo, dự báo về nguồn nước đối với công tác thủy lợi và phòng chống thiên tai trong khu vực thì sẽ rất khó khăn với xu thế biến đổi của của thiên tai và các hiện tượng thời tiết cực đoan. Để ứng phó với xu thế cực đoan thời tiết, mạng lưới quan trắc, cảnh báo, dự báo cần được đầu tư đầy đủ.

Đối với công tác bảo đảm an toàn đập, hồ chứa nước: hoàn thiện xây dựng EPP, xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du, cảnh báo ngập lụt hạ du hồ chứa nước theo thời gia thực, xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định điều hành hồ chứa. Các thành phần của một hệ thống cảnh báo ngập lụt hạ du hồ chứa nước theo

thời gian thực được mô tả như trên Hình 1-1, bao gồm bộ cơ sở dữ liệu, bộ công cụ cảnh báo ngập lụt và mạng lưới cảnh báo ngập lụt. Các nội dung cơ bản của các thành phần được mô tả như dưới đây.

a) Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu là các số liệu đầu vào quan trọng cho bài toán cảnh báo ngập lụt. Các số liệu được thu thập, hoặc được đo đạc, quan trắc theo thời gian thực được biên tập và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu cho hệ thống cảnh báo ngập lụt, bao gồm các số liệu như sau:

- Tài liệu khí tượng, thủy văn trong lưu vực hồ chứa nước;
- Tài liệu bản đồ độ cao, DEM, địa hình vùng hạ lưu hồ chứa và vùng có thể bị ảnh hưởng;
- Dữ liệu về dân cư, cơ sở hạ tầng, phân bố dân cư, công trình giao thông, công trình công cộng, chợ, trường học, bệnh viện…; hệ thống thủy lợi, giao thông, đê điều ảnh hưởng đến tuyến thoát lũ …
- Dữ liệu sử dụng đất, quy hoạch sử dụng đất;
- Số liệu cơ bản về hồ chứa và quy mô kích thước công trình…;
- Số liệu địa hình hệ thống sông hạ lưu; Dữ liệu điều tra vết lũ, lũ lịch sử;
- Quy trình vận hành công trình, v.v…;

b) Các nguồn dữ liệu bao gồm:

- Các tài liệu khảo sát, thiết kế công trình trước đây được thu thập; khảo sát bổ sung địa hình và cắc mặt cắt ngang sông khu vực hạ lưu;
- Các nguồn từ các cơ quan chuyên môn trong nước, từ mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn đã có trong khu vực;
- Các nguồn từ các cơ quan chuyên môn trong nước, từ mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn đã có trong khu vực;
- Các nguồn từ các trạm quan trắc khí tượng, thủy văn, hải văn tự động.

c) Bộ công cụ cảnh báo ngập lụt

Để có thể cảnh báo ngập lụt do xả lũ, vỡ đập, cần phải xây dựng được bản đồ ngập lụt vùng hạ du đang được cảnh báo. Hiện nay có một số phương pháp xây dựng bản đồ ngập lụt vùng hạ du là (i) xây dựng bản đồ ngập lụt dựa vào

điều tra thủy văn và địa hình; (ii) xây dựng bản đồ ngập lụt dựa vào kết quả điều tra các trận lũ lớn thực tế đã xảy ra và xây dựng bản đồ ngập lụt dựa vào việc mô phỏng các mô hình thủy văn, thủy lực. (iii) Trong Đề tài này, việc xây dựng bản đồ ngập lụt được thực hiện sử dụng các mô hình toán, bao gồm các mô hình tính toán thủy văn, thủy lực phổ biến được sử dụng ở trong nước để dự báo ngập lụt do xả lũ với các tần suất khác nhau và do vỡ đập và xây dựng bản đồ ngập lụt cho toàn vùng hạ du bị ảnh hưởng.

Sau khi đã có bản đồ ngập lụt, tiến hành tính toán, xác định phạm vi ảnh hưởng ngập lụt, độ sâu ngập, thời gian ngập từ đó có thể cung cấp các kết quả dưới dạng bản tin cảnh báo tới cơ quan quản lý và cộng đồng người dân trong khu vực.

d) Yêu cầu về phần cứng của hệ thống cảnh báo ngập lụt theo thời gian thực

Hạ tầng công nghệ thông tin và truyền thông cần cho một hệ thống cảnh báo ngập lụt theo thời gian thực bao gồm các trang thiết bị công nghệ thông tin (máy tính, các thiết bị phát tin hiệu cảnh báo và các thiết bị khác) và giải pháp truyền số liệu, thông tin. Hạ tầng công nghệ thông tin, viễn thông có nhiệm vụ: (i) Quản lý, lưu trữ số liệu đầu vào cho hệ thống cảnh báo, tiếp nhận và truyền số liệu từ mạng lưới quan trắc tự động trong hệ thống về cơ sở dữ liệu, chạy các mô hình tính toán thủy văn, thủy lực và phần mềm cảnh báo ngập lụt theo thời gian thực; (ii) Chuyển tải thông tin, các bản tin cảnh báo ngập lụt tới các cơ quan quản lý và cộng đồng người dân trong vùng bị ảnh hưởng.

Mạng lưới cảnh báo ngập lụt có nhiệm vụ hiển thị và truyền tải thông tin, bản tin cảnh báo ngập lụt tới cơ quan quản lý và cộng đồng người dân trong khu vực. Mạng lưới cảnh báo ngập lụt bao gồm các trang website cảnh báo ngập lụt và các thiết bị hiển thị thông tin cảnh báo, tháp báo lũ, loa truyền thanh và tin nhắn tới điện thoại di động của người dân trong vùng bị ảnh hưởng. Các tháp báo lũ được bố trí tại các vị trí gần khu vực dân cư. Tại trung tâm khu dân cư sẽ đặt các trạm điều khiển ngoài trời với đèn báo và loa phát thanh công suất lớn. Trạm điều khiển ngoài trời có thể kết hợp chức năng truyền thanh tại cộng

đồng qua máy bộ đàm hoặc điện thoại di động. Tại các nhà dân sẽ đặt thiết bị báo động trong nhà (kết hợp với đồng hồ điện tử). Khi xả lũ hệ thống điều khiển sẽ kích hoạt hệ thống phát cảnh báo thông qua nút điều khiển hoặc điện thoại di động. Hệ thống cảnh báo sẽ phát còi hú và thông tin cảnh báo đến người dân.

1.4.6. Ứng phó với lũ lớn thông qua việc thực hiện tốt phương châm "4 tại chỗ"

Thực hiện tốt phương châm "4 tại chỗ" và các giải pháp về phòng, chống, ứng phó bão, mưa lũ, lũ ống, lũ quét, sạt lở đất; rà soát, nắm chắc số lượng phương tiện, vật tư dự phòng phục vụ công tác phòng chống thiên tai ở từng địa phương, đơn vị và có phương án huy động phương tiện, lực lượng ứng cứu, khắc phục kịp thời khi có thiên tai xảy ra.

Kểm tra, rà soát những hộ dân sinh sống ở khu vực dễ bị ảnh hưởng trực tiếp của bão, mưa lũ, lũ quét, sạt lở đất (vùng ven sông, ven suối, ven sườn đồi dễ bị sạt lở, vùng trũng…), vận động người dân tại các khu vực xung yếu, vùng có nguy cơ bị ảnh hưởng bởi lũ quét, lũ ống đến nơi an toàn nhằm bảo đảm an toàn tính mạng và tài sản.

Phân công thành viên Ban Chỉ huy PCTT - TTCN và PTDS bám sát địa bàn xung yếu để kịp thời phối hợp với chính quyền địa phương chỉ đạo công tác phòng, ứng phó với thiên tai và khắc phục những thiệt hại sau mưa, lũ; tổ chức cắm biển cảnh báo khu vực nguy hiểm, nhất là khu vực bị ngập sâu, sạt lở đất, lũ quét, các khu vực hồ chứa thủy lợi, thủy điện có nguy cơ mất an toàn; hướng dẫn, khuyến cáo người dân trong các hoạt động khi có mưa lũ.

1.4.7. Tăng cường giám sát việc vận hành các hồ chứa nước, EPP và ứng phó với xả lũ, vỡ đập

Hệ thống hồ chứa trên hầu hết các lưu vực sông có vai trò quan trọng trong cắt, giảm lũ hạ du, song dung tích phòng lũ chỉ tập trung ở một số hồ lớn như hệ thống sông Hồng – Thái Bình (8,45 tỷ m^3), sông Mã (550 triệu m^3), sông Cả (457 triệu m^3), sông Vu Gia – Thu Bồn (466,4 triệu m^3)… Trong bối cảnh mưa lũ cực đoan, nhiều hồ chứa, đặc biệt là hồ nhỏ, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn do xuống cấp, thiếu quan trắc và tràn xả lũ không đáp ứng thiết kế.

Công tác quản lý an toàn đập đã có tiến bộ nhưng vẫn hạn chế: chỉ khoảng 66% hồ thủy lợi đăng ký an toàn đập, 4% được kiểm định và 16% lập phương án ứng phó khẩn cấp. Trong khi đó, các hồ thủy điện tuân thủ tốt hơn nhờ nguồn lực tài chính bảo đảm. Đáng lưu ý, nhiều hồ nhỏ do xã, hợp tác xã quản lý được xây dựng từ lâu, thiếu hồ sơ thiết kế, không được duy tu, bảo trì, dẫn đến suy giảm công năng và nguy cơ sự cố cao.

Để đảm bảo an toàn công trình và hạ du, cần: (i) cập nhật thường xuyên quy trình vận hành đơn hồ, liên hồ theo diễn biến khí hậu – thủy văn; (ii) tăng cường giám sát việc tuân thủ quy trình vận hành và lập, thực hiện phương án ứng phó khẩn cấp (EPP); (iii) bổ sung hệ thống quan trắc, cảnh báo, lực lượng và phương tiện cứu hộ; (iv) kiểm tra, xác định vùng nguy cơ ngập lụt, tổ chức sơ tán dân khi cần thiết; (v) duy trì trực ban 24/24 để kịp thời chỉ đạo, xử lý các tình huống mưa lũ, sự cố hồ đập.

1.4.8. Hoàn thiện một số điểm còn tồn tại trong khung pháp lý và thể chế quản lý an toàn hồ đập ở Việt Nam

Trong những năm qua, Nhà nước đã ban hành nhiều văn bản quy phạm pháp luật liên quan đến an toàn đập, hồ chứa nước, tuy nhiên hệ thống này còn chồng chéo, thiếu thống nhất và khó thực thi. Luật Tài nguyên nước và các nghị định hướng dẫn (Nghị định 201/2013/NĐ-CP, Nghị định 143/2003/NĐ-CP, Nghị định 72/2007/NĐ-CP, Nghị định 114/2018/NĐ-CP…) cùng các quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật đã tạo cơ sở pháp lý bước đầu, nhưng vẫn tồn tại nhiều bất cập: chưa có tổ chức quản lý lưu vực sông liên tỉnh; phân tán thẩm quyền giữa Bộ Công Thương, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn; quy định về cắm mốc, phân vùng hạ du, điều tiết hồ chứa và cảnh báo thiên tai còn thiếu cụ thể; chính sách tài chính và nguồn nhân lực còn hạn chế. Bên cạnh đó, nhiều đập nhỏ do tư nhân quản lý không bảo đảm yêu cầu kỹ thuật, tiềm ẩn rủi ro cho hạ du. Do vậy, cần tiếp tục hoàn thiện khung pháp lý theo hướng đồng bộ, rõ ràng, gắn trách nhiệm chủ đập với chính quyền địa phương, đồng thời ban hành hướng dẫn chi tiết về phân loại hồ đập,

xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du và kế hoạch sơ tán dân trong tình huống khẩn cấp, nhằm bảo đảm an toàn công trình và cộng đồng.

Kết luận chương 1

Qua đánh giá các nghiên cứu trong và ngoài nước, có thể thấy rằng công tác dự báo, mô phỏng lũ, vận hành hồ chứa, xây dựng bản đồ ngập lụt và hệ thống cảnh báo sớm đã đạt được những tiến bộ quan trọng, đặc biệt là việc áp dụng mô hình khí tượng-thủy văn, mô phỏng thủy lực và công cụ hỗ trợ ra quyết định (DSS). Tuy nhiên, ở Việt Nam vẫn tồn tại nhiều hạn chế, bao gồm: độ chính xác dự báo mưa và dòng chảy lũ chưa cao, thiếu công cụ mô phỏng đồng bộ cho vận hành hồ chứa và đánh giá rủi ro, cũng như hệ thống quản lý và ứng phó lũ, vỡ đập chưa hoàn chỉnh.

Các nước phát triển và đang phát triển đã triển khai chiến lược tổng thể gồm: chuẩn bị sẵn sàng, ứng phó khi lũ đến, ứng phó khẩn cấp và phục hồi sau lũ, tích hợp các công cụ dự báo, tính toán dòng chảy, vận hành hồ và cảnh báo cộng đồng. Việt Nam cần tiếp tục hoàn thiện các công cụ tương tự, đồng bộ hóa dữ liệu, nâng cao năng lực dự báo và xây dựng hệ thống DSS toàn diện, phù hợp với đặc thù hồ chứa và lưu vực sông trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Việc này sẽ giúp cải thiện hiệu quả ứng phó, giảm thiểu rủi ro thiên tai, bảo đảm an toàn dân sinh, hạ tầng và hệ thống thủy lợi.

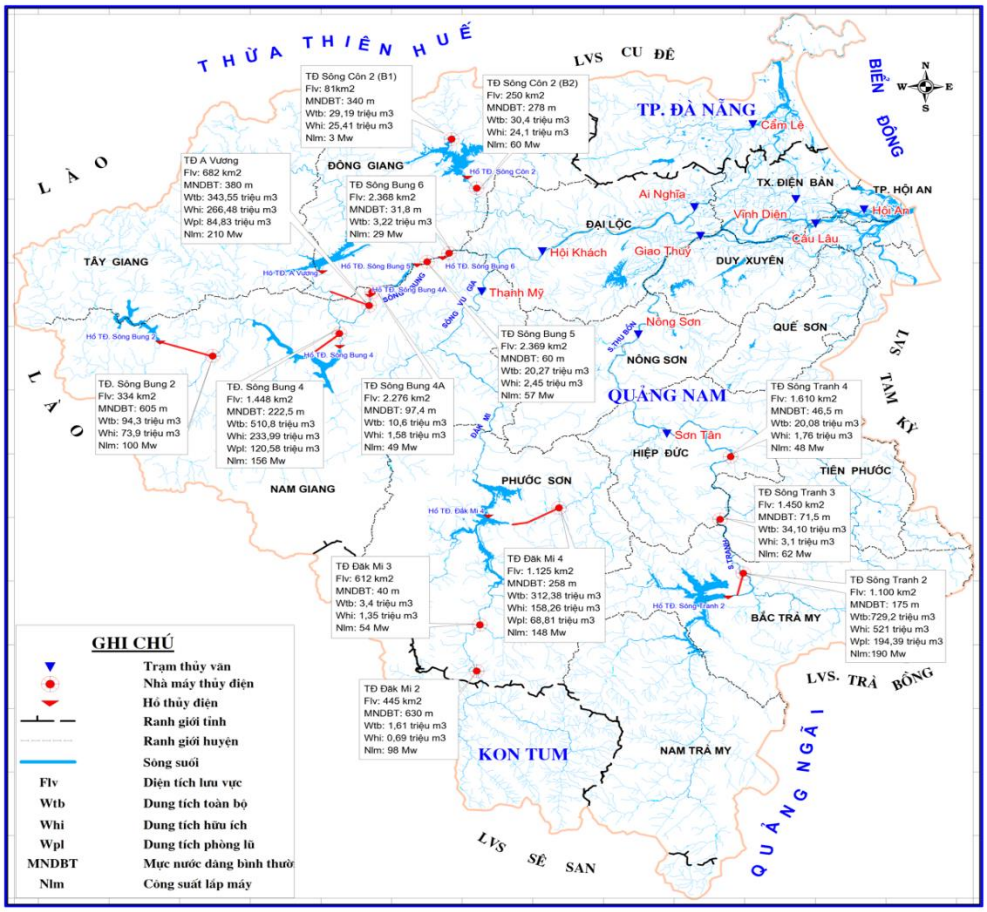
Trong chương này, đề tài đã trình bày tổng quan các nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu ở cả trong nước và quốc tế. Những kết quả tổng quan này là cơ sở khoa học quan trọng để định hướng cách tiếp cận và lựa chọn phương pháp phù hợp trong quá trình thực hiện nghiên cứu, sẽ được cụ thể hóa trong **Chương 2.**

CHƯƠNG 2: ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ DỮ IỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU

2.1. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN VÙNG NGHIÊN CỨU

2.1.1. Vị trí địa lý

Hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn là một trong những lưu vực sông lớn ở vùng Duyên hải Trung Bộ, với tổng diện tích 10.350 km², trong đó 560,5 km² thuộc tỉnh Kon Tum, phần còn lại chủ yếu thuộc Quảng Nam và TP. Đà Nẵng. Lưu vực tọa lạc trong khoảng 16°03'–14°55' vĩ Bắc và 107°15'–108°24' kinh Đông, giới hạn bởi lưu vực sông Cu Đê phía Bắc, sông Trà Bồng – Sê San phía Nam, Lào phía Tây và biển Đông cùng lưu vực sông Tam Kỳ phía Đông.



Hình 2-1. Bản đồ lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

Sông Vu Gia bắt nguồn từ dãy Ngọc Linh (Kon Tum), dài 204 km, diện tích lưu vực đến Ái Nghĩa khoảng 5.180 km², chảy qua Quảng Nam và Đà Nẵng, hợp lưu với sông Thu Bồn tại Ái Nghĩa. Sông Thu Bồn cũng bắt nguồn từ khối núi Ngọc Linh, dài 198 km, diện tích lưu vực đến Giao Thủy khoảng 3.825 km², chảy qua các huyện miền núi đến đồng bằng Duy Xuyên, Điện Bàn,

Hội An. Ở hạ lưu, hai sông hợp thành hệ thống phân lưu phức tạp, một phần nước đổ vào sông Hàn và ra cửa Đà Nẵng[1][2].

2.1.2. Đặc điểm hình địa mạo

Lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn có địa hình phức tạp, phía Bắc, Tây và Tây Nam được bao bọc bởi các dãy núi cao hình vòng cung; phía Đông giáp biển. Địa hình có xu hướng thấp dần từ Tây sang Đông, bị chia cắt mạnh qua các thời kỳ kiến tạo, hình thành ba vùng sinh thái đặc trưng: vùng núi cao, vùng trung du và vùng đồng bằng – ven biển, tạo nên các tiểu vùng có đặc điểm riêng biệt.

1. Vùng núi cao

Bao gồm các huyện Đông Giang, Tây Giang, Nam Giang, Hiệp Đức, Nông Sơn, Nam Trà My, Bắc Trà My, Tiên Phước… Địa hình chủ yếu là núi cao thuộc hệ Bạch Mã ở phía Bắc (đèo Hải Vân, cao ~1.700 m) và dãy Trường Sơn phía Tây – Tây Nam, với độ cao phổ biến 500–2.000 m. Các đỉnh núi đáng chú ý: Ngọc Linh (2.598 m), Lum Heo (2.045 m), Tion (2.032 m), Glelang (1.865 m), Mang (1.708 m). Vùng này là khu vực đầu nguồn, chiếm phần lớn diện tích lưu vực, có vai trò điều tiết khí hậu và nguồn nước, nhưng cũng là nơi dễ xảy ra lũ quét, sạt lở. Cư dân chủ yếu là đồng bào dân tộc thiểu số, sống bằng nông – lâm nghiệp truyền thống. Thế mạnh: rừng tự nhiên, cây công nghiệp dài ngày (cao su, hồ tiêu...), chăn nuôi đại gia súc và phát triển vùng nguyên liệu phục vụ công nghiệp chế biến.

2. Vùng trung du

Có độ cao trung bình 100–500 m, địa hình đồi bát úp, xen kẽ đồng bằng nhỏ. Đặc trưng bởi các đỉnh đồi tròn, sườn dốc 20–30°, thấp dần về phía Đông. Người dân có truyền thống trồng lúa, cây màu, cây công nghiệp ngắn và dài ngày, trồng rừng và khai thác khoáng sản quy mô nhỏ.

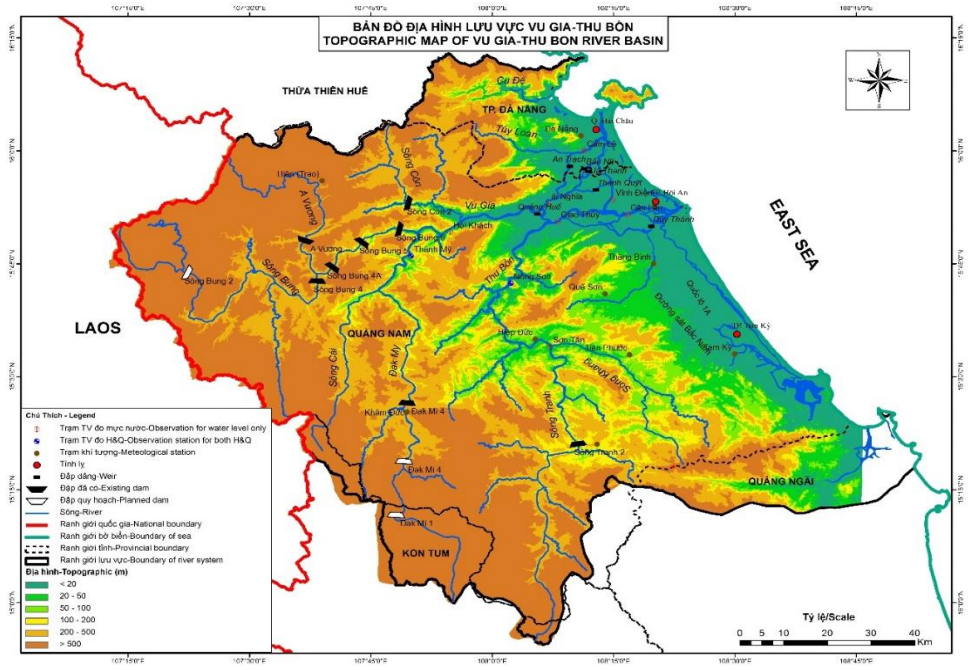
3. Vùng đồng bằng và ven biển

Nằm ở phía Đông lưu vực, gồm đồng bằng phù sa cổ và mới, hình thành từ quá trình bồi tụ phù sa của các sông chính (Thu Bồn, Vu Gia), với đặc điểm hẹp và kéo dài theo hướng Bắc–Nam. Vùng ven biển gồm các cồn cát do gió

và sóng biển tạo thành, thường xuyên di chuyển vào nội địa. Các huyện như Điện Bàn, Thăng Bình, Duy Xuyên có địa hình đa dạng:

Đồng bằng hạ lưu: đất phù sa màu mỡ, thích hợp trồng lúa nước, cây công nghiệp ngắn ngày và cây thực phẩm.

Vùng ven biển: chủ yếu là đất cát, phù hợp trồng hoa màu, rừng phòng hộ, nuôi trồng và khai thác hải sản. Đây là khu vực có tiềm năng phát triển công nghiệp nhờ quỹ đất lớn, gần sân bay, cảng biển và hệ thống giao thông quốc gia.



Hình 2-2. Bản đồ địa hình lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

Nhìn chung, địa hình lưu vực bị chia cắt mạnh, biến đổi phức tạp, ảnh hưởng đến hình thái mưa, dòng chảy và nguy cơ lũ lụt ở hạ du.

2.1.3. Mạng lưới sông ngòi

Hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn gồm hai sông chính là **Vu Gia** và **Thu Bồn**, có tổng chiều dài khoảng **205 km**, diện tích lưu vực **10.350 km²**, trong đó **560,5 km²** thuộc tỉnh Kon Tum, phần còn lại nằm chủ yếu trên địa bàn tỉnh Quảng Nam và TP. Đà Nẵng. Hai sông kết nối và trao đổi nước thông qua các sông Quảng Huế, Vĩnh Điện và một số sông khác.

Sông Thu Bồn

Thu Bồn là dòng chính, bắt nguồn từ sườn đông nam dãy Ngọc Linh (cao >2.000 m), thượng nguồn còn gọi là sông Tranh hoặc Tĩnh Gia. Sông chảy qua các huyện Trà My, Tiên Phước, Hiệp Đức, Quế Sơn và vùng đồng bằng Duy Xuyên, Điện Bàn, Hội An; đổ ra biển tại cửa Đại (Hội An). Tổng chiều dài sông chính: **198 km**; diện tích lưu vực đến Giao Thủy: **3.825 km²**.

Một số phụ lưu chính của Thu Bồn:

Sông ngọn Thu Bồn: dài 35 km, diện tích lưu vực 488 km², bắt nguồn từ núi Ngok Gle Long (1.865 m, Phước Sơn).

Sông Khang: dài 57 km, diện tích lưu vực 609 km², bắt nguồn từ Trà My.

Sông Vang: dài 24 km, diện tích lưu vực 249 km², chảy vào sông Tranh.

Sông Trầu: dài 21 km, diện tích lưu vực 93 km², đổ vào sông Tranh tại Tân An.

Hạ lưu sông Thu Bồn có mạng lưới phân lưu – nhập lưu phức tạp, điển hình là sự trao đổi nước với sông Vu Gia tại **Giao Thủy** thông qua sông Quảng Huế. Sông Vĩnh Điện đóng vai trò là phân lưu trả nước về sông Vu Gia và đổ ra biển qua cửa Đà Nẵng. Ngoài ra, có **sông Ly Ly** (dài 36 km, diện tích lưu vực 279 km²) đổ vào sông Bà Rén, hiện chỉ có dòng chảy trong mùa lũ.

Sông Vu Gia

Sông Vu Gia là hợp phần chính thứ hai của hệ thống, có chiều dài **204 km** (từ thượng nguồn sông Cái đến cửa Đà Nẵng), diện tích lưu vực tính đến Ái Nghĩa là **5.180 km²**, trong đó khoảng **500 km²** thuộc tỉnh Kon Tum.

Sông chảy qua các huyện Nam Giang, Đại Lộc, Điện Bàn (Quảng Nam) và Hòa Vang (Đà Nẵng). Tại Ái Nghĩa, sông chia làm hai phân lưu chính:

Sông Quảng Huế: dẫn nước vào sông Thu Bồn.

Sông Yên – Chu Bái: dẫn nước qua sông Túy Loan, nhập vào sông Hàn và đổ ra biển qua cửa Đà Nẵng.

Các phụ lưu chính của sông Vu Gia:

Sông Cái: dài 129 km, diện tích lưu vực 1.850 km²; bắt nguồn từ vùng núi cao >2.000 m tại Kon Tum.

Sông Bung: dài khoảng 131 km, diện tích lưu vực 2.530 km²; nhánh lớn nhất là **sông A Vương** (dài 84 km, diện tích 898 km²).

Sông Côn: dài 47 km, diện tích lưu vực 627 km², bắt nguồn từ huyện Đông Giang.

Sông A Vương: bắt nguồn từ xã Lăng (Tây Giang), là phụ lưu lớn của sông Bung.

Bảng 2.1. Hình thái hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn

Tên sông	Tính đến	Diện tích lưu vực (km^2)	Chiều dài sông (km)	Chiều dài lưu vưuc (km)	Độ cao nguồn sông (m)	Độ cao bình quân lưu vực (m)	Độ dốc bình quân lưu vực (%)	Mật độ lưới sông (km/km^2)
Vu Gia	Biển	10.350	205	148	1.6	552	12,5	0,47
Vu Gia	Thu Bồn	5.800	163	85	2	453	21,3	0,41
Bung	Cái	3.530	131	74	1.3	816	37,0	0,31
Cái	Thành Mỹ	1.850	125	58	1.85	798	23,7	0,52
Thu Bồn	Vu Gia	3.510	156	135	1.8	545	35,0	0,45
Thu Bồn	Nông Sơn	3.150	136	115	1800	553	24,2	0,41

2.1.4. Đặc điểm khí hậu

Lưu vực Vu Gia – Thu Bồn, nằm trong vùng duyên hải Trung Bộ, có khí hậu nhiệt đới gió mùa, chịu ảnh hưởng mạnh của địa hình, tạo nên các đặc điểm khí hậu dị thường. Nhiệt độ trung bình năm dao động 24,5 – 26,0°C, tăng dần từ đồng bằng lên miền núi; vùng đồng bằng như Đà Nẵng, Tam Kỳ đạt khoảng 25,7 – 25,8°C, vùng núi Trà My khoảng 24,5°C. Tháng nóng nhất là VI – VII (27 – 29°C) do hiệu ứng "fơn" của gió Tây Nam, tháng lạnh nhất là XII – I với nhiệt độ trung bình 15 – 23°C; giá trị tuyệt đối có thể lên trên 40°C và thấp nhất 9 – 12°C.

Độ ẩm tương đối trung bình năm dao động 82 – 88%, cao nhất tại vùng núi Trà My (88%), thấp nhất tại vùng đồng bằng Đà Nẵng, Tam Kỳ (82 – 84%). Lượng bốc hơi trung bình năm thay đổi 635 – 1.040 mm, cao nhất ở đồng bằng ven biển do nhiệt độ và gió lớn, thấp nhất ở vùng núi cao. Lượng bốc hơi tháng lớn nhất rơi vào VI – VII, nhỏ nhất vào XII.

Tốc độ gió trung bình năm 0,7 – 2,0 m/s, cao nhất ở đồng bằng và thấp nhất ở vùng núi; trong bão, gió có thể đạt 35 – 40 m/s. Số giờ nắng trung bình năm 1.825 – 2.190 giờ, cao nhất vào tháng V (210 – 260 giờ), thấp nhất tháng XII (60 – 90 giờ).

Lượng mưa trung bình năm dao động 2.000 – 4.000 mm, cao nhất ở vùng núi Trà My, Tiên Phước, Khâm Đức (3.000 – 4.000 mm), trung bình 2.500 – 3.000 mm ở núi trung bình, 2.000 – 2.500 mm ở đồng bằng ven biển. Mưa tập trung chủ yếu từ tháng X – XI, chiếm 40 – 50% tổng lượng mưa năm, trong khi mùa khô (tháng II – IV) chỉ chiếm 3 – 5%. Lưu vực có sự lệch pha mùa mưa so với miền Bắc do ảnh hưởng của dãy Trường Sơn, gió mùa Đông Bắc, bão và các nhiễu động nhiệt đới, tạo nên nguy cơ lũ lớn tập trung vào cuối mùa mưa.

2.1.5. Đặc điểm thuỷ văn

Lưu vực Vu Gia – Thu Bồn có nguồn nước tương đối dồi dào nhờ lượng mưa lớn, đặc biệt tại vùng núi Trà My (trên 4.000 mm/năm). Mô số dòng chảy năm các sông chính đạt 45 – 90 l/s/km², thấp hơn ở đồng bằng ven biển (45 – 50 l/s/km²).

Sông Thu Bồn (thượng nguồn đến Nông Sơn, diện tích 3.150 km²) có mô số dòng chảy năm $M_0 = 89{,}2$ l/s/km², lưu lượng trung bình $Q_0 = 281$ m³/s, tổng lượng nước hàng năm $W_0 \approx 8{,}86 \times 10^9$ m³.

Sông Vu Gia (thượng nguồn đến Thành Mỹ, diện tích 1.850 km²) $M_0 = 68{,}6$ l/s/km², $Q_0 = 127$ m³/s, $W_0 \approx 4{,}05 \times 10^9$ m³.

Dòng chảy phân bố theo mùa, với mùa lũ từ tháng X đến tháng XII, chiếm 60 – 75% tổng lượng dòng chảy năm; 9 tháng mùa cạn chiếm 25 – 40%. Lũ trong lưu vực có thể chia thành:

Lũ sớm: Tháng IX đến nửa đầu tháng X, chiếm 25 – 32% các trận lũ, thường là lũ đơn đỉnh với biên độ vừa phải.

Lũ muộn: Tháng XII đến nửa đầu tháng I, chiếm 25 – 28%, dòng chảy duy trì ở mức tương đối cao nhờ nguồn nước ngầm, hiếm khi xuất hiện lũ lớn.

Lưu vực có đặc điểm thủy văn rõ rệt: thượng nguồn dốc, sông ngắn, dòng chảy mạnh, hạ lưu rộng, dòng chảy thay đổi theo mùa với nguy cơ ngập lụt cao vào các tháng mùa mưa.

2.1.6. Chế độ triều

Vùng ven biển Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng chủ yếu có **chế độ bán nhật triều**, tuy nhiên số ngày nhật triều trong tháng tương đối nhiều, trung bình khoảng 10 ngày/tháng. Triều thuộc loại **triều yếu**, biên độ trung bình 0,8 – 1,2 m, có thể lớn hơn 1,5 m vào kỳ triều cao. Biên độ triều biến đổi theo chu kỳ tháng, với hai kỳ triều cường tương ứng trăng tròn và trăng tối.

Do các sông trong lưu vực ngắn và dốc, biên độ triều giảm dần theo chiều vào sông; ảnh hưởng triều tối đa kéo sâu khoảng 35 km từ cửa sông. Trong các tháng không có lũ, dạng đường triều ổn định và ít biến động.

2.1.7. Mạng lưới quan trắc khí tượng thuỷ văn

2.1.7.1. Mạng lưới khí tượng thuỷ văn quốc gia

Trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn chỉ có ba trạm khí tượng chính: Đà Nẵng, Tam Kỳ và Trà My. Trạm Đà Nẵng (hạng 1, thành lập 1931) theo dõi thời tiết liên tục 24 giờ/ngày và quan trắc đầy đủ các yếu tố khí tượng. Trạm Tam Kỳ và Trà My quan trắc hầu hết các yếu tố nhưng có giờ quan trắc hạn chế và không đo bức xạ, áp suất khí quyển.

Ngoài ra, lưu vực còn một số trạm đo mưa với mật độ khoảng 1 trạm/540 km², chủ yếu tập trung ở hạ lưu; thượng nguồn, đặc biệt sông Vu Gia, mật độ trạm thấp. Các trạm khí tượng và trạm đo mưa phần lớn đặt ở vùng đồng bằng, chỉ trạm Trà My quan trắc mưa thượng nguồn bằng máy tự ghi.

Mạng lưới trạm còn thưa thớt và thiết bị lạc hậu, trong khi thượng nguồn sông có độ dốc lớn, lũ lên xuống nhanh và mưa phân bố không đồng đều. Do đó, số liệu quan trắc chưa phản ánh đầy đủ biến động khí tượng, đặc biệt mưa theo địa hình, gây khó khăn trong cảnh báo và dự báo lũ, ngập lụt.

Bảng 2.2. Các trạm đo mưa trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

TT	Trạm	Yếu tố đo	Y	X	Tài liệu thu thập được
1	Đà Nẵng	X, T, U, Z, V	1775265.9	842468.1	1976-2024
2	Trà My	X, T, U, Z, V	1697814.2	849014.2	1976-2024
3	Tam Kỳ	X, T, U, Z, V	1724025.3	871888.5	1979-2024
4	Bà Nà	X	1771254.0	821100.0	1977-1994, 1998-2024
5	Tiên Phước	X	1714400.0	854330.0	1977-2024
6	Hiên	X	1724503.0	784390.0	1979-2024
7	Quế Sơn	X	1733445.0	838188.0	1977-2024
8	Khâm Đức	X	1708077.0	798915.0	1979-2024
9	Ái Nghĩa	X	1759151.32	833697.02	1976-2024
10	Cẩm Lệ	X	1775692.00	844337.97	1976-2024
11	Câu Lâu	X	1757053.53	851598.48	1976-2024
12	Giao Thủy	X	1754500.63	834667.29	1976-2024
13	Hội An	X	1758396.18	857305.65	1976-2024
14	Hội Khách	X	1750843.28	805333.75	1996-2024
15	Nông Sơn	X	1738514.64	825040.07	1976-2024
16	Hiệp Đức	X	1725915.74	834187.77	1976-2024
17	Thành Mỹ	X	1745804.35	803488.30	1976-2024
18	Đăk Glei	X	1669390.2	795629.5	

Hiện nay, trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn có 11 trạm thủy văn, gồm 3 trạm thủ công kết hợp tự động và 8 trạm tự động. Cụ thể:

Sông Thu Bồn: Hiệp Đức, Nông Sơn, Giao Thủy, Câu Lâu, Hội An;

Sông Vu Gia: Thành Mỹ, Hội Khách, Ái Nghĩa, Hiên, Cẩm Lệ;

Sông Tam Kỳ: Tam Kỳ;

Hạ lưu Vu Gia có trạm hải văn Sơn Trà.

Mặc dù đã được trang bị thiết bị hiện đại như cảm biến mực nước, máy đo lưu tốc và hệ thống ghi, truyền dữ liệu tự động, nhưng mật độ trạm quan trắc còn thưa, chủ yếu bố trí trên các sông chính. Nhiều nhánh sông có lưu lượng lớn ảnh hưởng đáng kể đến dòng chảy nhưng chưa có hoặc ít trạm đo.

Do mạng lưới sông suối dày đặc, chế độ thủy văn phức tạp nhưng mạng lưới quan trắc thưa và phân bố không đều, nên dữ liệu hiện có chưa đủ để đánh giá toàn diện về đặc điểm lũ, bao gồm phân bố không gian, chu kỳ lặp lại, biến dạng do biến đổi khí hậu cũng như các chỉ tiêu ngập hạ du (diện tích, mức độ, thời gian ngập).

Bảng 2.3. Danh sách các trạm thuỷ văn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

TT	Trạm	Sông	Y	X	Yếu tố quan trắc	Tài liệu thu thập được
1	Thành Mỹ	Cái (Vu Gia)	1745804.35	803488.30	Q, H, r, X	1976-2024
2	Hội An	Thu Bồn	1758396.18	857305.65	X,H	1975-2024
3	Câu Lâu	Thu Bồn	1757053.53	851598.48	X,H	1975-2024
4	Nông Sơn	Thu Bồn	1738514.64	825040.07	Q, H, r, X	1976-2024
5	Giao Thuỷ	Thu Bồn	1754500.63	834667.29	X,H	1975-2024
6	Hiệp Đức	Thu Bồn	1725915.74	834187.77	X,H	1988-2024
7	Hội Khách	Vu Gia	1750843.28	805333.75	X,H	1976-2024
8	Ái Nghĩa	Yên (Vu Gia)	1759151.32	833697.02	X,H	1976-2024
9	Cẩm Lệ	Tuý Loan	1775692.00	844337.97	X,H	1975-2024
10	Tam Kỳ	Tam Kỳ	1724917.30	878023.59	H	2003-2024
11	Sơn Trà	biển	1782359.37	844783.41	X, H	1983-2024

2.1.7.2. Mạng lưới đo mưa độc lập

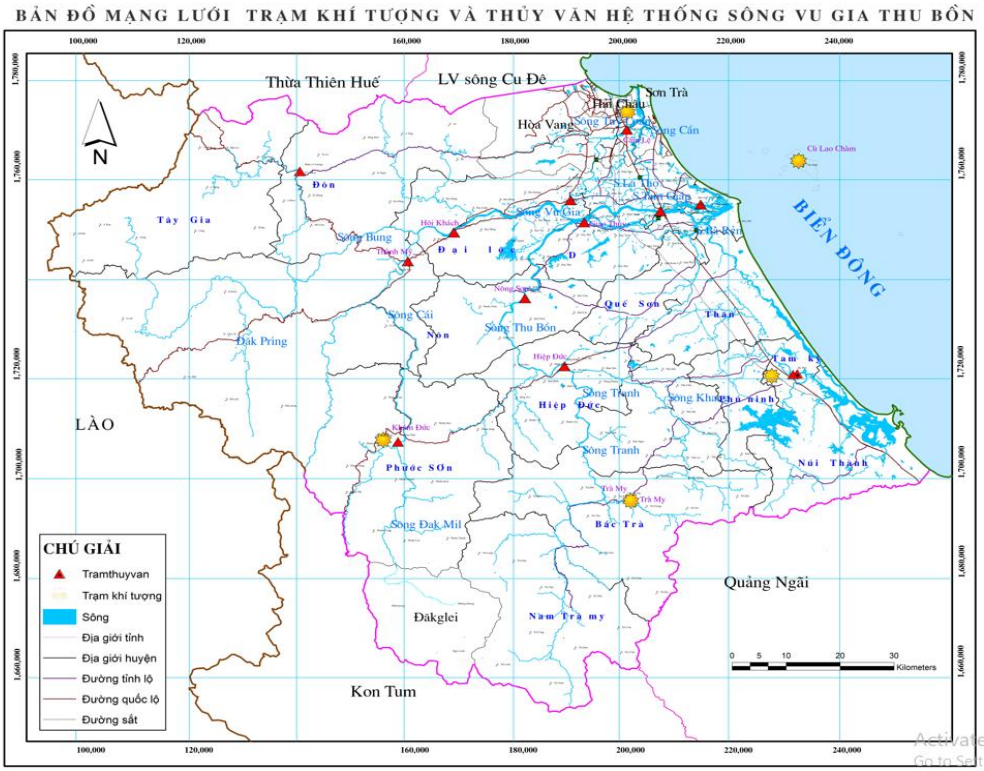
Hiện nay, trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn có 31 trạm đo mưa tự động độc lập, tuy nhiên mạng lưới phân bố không đồng đều, mật độ trạm còn thưa, chưa đáp ứng yêu cầu quan trắc chi tiết cho toàn lưu vực.

Bảng 2.4. Danh sách các trạm đo mưa độc lập

Thứ tự	Trạm	Vị trí
1	Trà Giáp	xã Trà Giáp, huyện Bắc Trà My
2	Trà Kót	xã Trà Kót, huyện Bắc Trà My
3	Duy Sơn	xã Duy Sơn, huyện Duy Xuyên
4	Đại Chánh	xã Đại Chánh, huyện Đại Lộc
5	Ka Dăng	xã Ka Dăng, huyện Đông Giang
6	Đắc Pring 2	xã Đắk Pring, huyện Nam Giang
7	La Dêê	UBND xã LaDee, huyện Nam Giang
8	Zuoih	xã Zuoih, huyện Nam Giang
9	Trà Dơn	Thôn 1, xã Trà Dơn, huyện Nam Trà My
10	Trà Leng	xã Trà Leng, huyện Nam Trà My
11	Núi Thành 1	Khối 2, Thị trấn Núi Thành, huyện Núi Thành

Thứ tự	Trạm	Vị trí
12	Núi Thành 2	Khối 7, Thị trấn Núi Thành, huyện Núi Thành
13	Tam Trà	UBND xã Tam Trà, huyện Núi Thành
14	Xuân Bình	thôn 5, xã Tam Trà, huyện Núi Thành
15	Quế Sơn	Thị trấn Đông Phú, huyện Quế Sơn
16	Tr'Hy	Tổ 6 Thôn Voòng, xã Tr'Hy, huyện Tây Giang
17	Thăng Bình 1	Khi phố 1, Thị trấn Hà Lam, huyện Thăng Bình
18	Thăng Bình 2	Khu phố 8, thị trấn Hà Lam, huyện Thăng Bình
19	Tiên Phước	Kho phố Tiên Bình, Thị trấn Tiên Kỳ, huyện Tiên Phước
20	Trà Giác	xã Trà Giáp, huyện Bắc Trà My
21	Sông Kôn	xã Sông Kôn, huyện Đông Giang
22	Phước Trà	xã Phước Trà, huyện Hiệp Đức
23	La Dêê 2	xã LaDee, huyện Nam Giang
24	Tà Bhinh	xã Tà Bhinh, huyện Nam Giang
25	Zuôich 1	xã Zuôich, huyện Nam Giang
26	Trà Nam	xã Trà Nam, huyện Nam Trà My
27	Phước Mỹ	xã Phước Mỹ, huyện Phước Sơn
28	Phước Thành	xã Phước Thành, huyện Phước Sơn
29	A Xan 1	xã A Xan, huyện Tây Giang
30	Bha Lêê	xã Bha Lêê, huyện Tây Giang
31	Dang	xã Dang, huyện Tây Giang

Trong những năm gần đây, mật độ các trạm khí tượng bề mặt, trạm đo mưa độc lập và trạm thủy văn trên lưu vực đã được đầu tư nâng cấp và gia tăng về số lượng**.** Tuy nhiên, các khu vực miền núi, vùng sâu, vùng xa vẫn còn thiếu hoặc phân bố thưa thớt**.** Để nâng cao năng lực dự báo thời tiết nguy hiểm và mô phỏng số, cần bổ sung và mở rộng mạng lưới trạm quan trắc, đặc biệt là các trạm quan trắc tự động**,** phù hợp với định hướng tại Quyết định số 289/QĐ-TTg ngày 08/4/2024 của Thủ tướng Chính phủ **về** Quy hoạch mạng lưới trạm khí tượng thủy văn quốc gia giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến 2050**.**



Hình 2-3. Mạng lưới trạm quan trắc KTTV trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn

2.1.7.3. Mạng lưới trạm khí tượng thủy văn chuyên dùng

Lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn có tổng diện tích khoảng 10.350 km², hiện có 19 nhà máy thủy điện đang vận hành, trong đó 5 hồ chứa có dung tích trên 10 triệu m³. Theo quy định, các hồ chứa thủy lợi có cửa van điều tiết lũ và các hồ chứa thủy điện có dung tích toàn bộ từ 3 triệu m³ trở lên phải lắp đặt trạm khí tượng thủy văn (KTTV) chuyên dùng. Đến nay, hầu hết các hồ chứa đã tuân thủ quy định này, với 54 trạm KTTV chuyên dùng được lắp đặt, gồm 29 trạm đo mưa, 18 trạm đo mưa kết hợp mực nước, và 6 trạm đo mực nước.

Cụ thể: Sông Bung 4 và Sông Bung 2 có 11 trạm; A Vương 8 trạm; Đăk Mi 4 (A, B, C) 4 trạm; Sông Tranh 2 10 trạm; Sông Côn 2 6 trạm; Đăk Mi 3 3 trạm; Sông Bung 6, Khe Diên, Za Hung, Sông Tranh 4 mỗi công trình có 2 trạm; và Đăk Mi 2, Sông Bung 4A, Sông Bung 5, A Vương 3 mỗi công trình có 1 trạm.

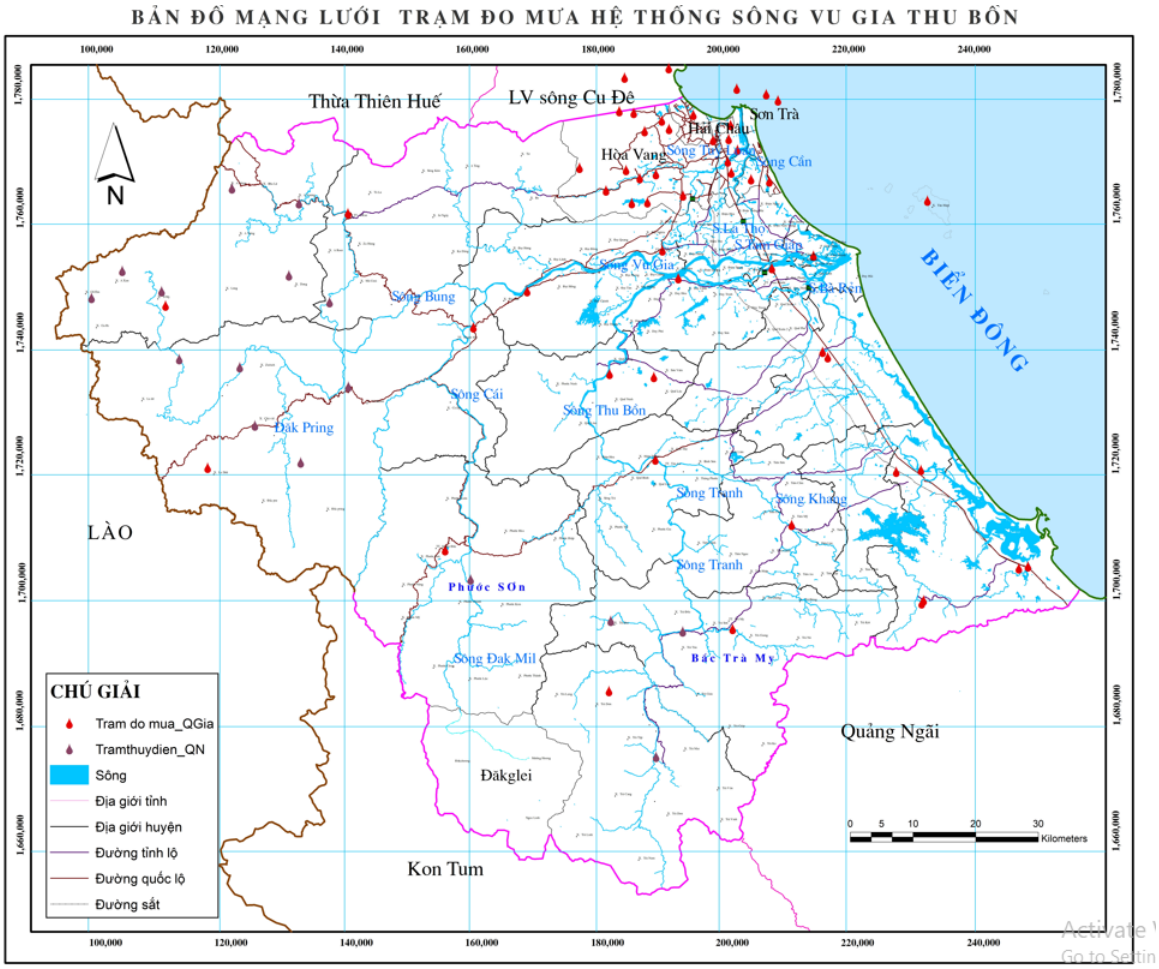
Tuy nhiên, một số chủ công trình vẫn chưa đáp ứng đầy đủ yêu cầu về mật độ trạm KTTV chuyên dùng. Về quan trắc lưu lượng dòng chảy, hiện mới chỉ có thủy điện Sông Tranh 2 lắp đặt trạm đo, trong khi các hồ khác chưa triển khai.

Tính đến cuối năm 2023, phần lớn các chủ hồ chứa thủy điện đã thực hiện quan trắc, báo cáo và cập nhật số liệu vận hành theo quy định. Trong số 19 nhà máy thủy điện, có 8 nhà máy đã lắp đặt hệ thống giám sát trực tuyến, gồm: *Sông Bung 2, Sông Bung 4, Sông Tranh 3, Sông Tranh 4, Đăk Mi 2, Za Hung, Sông Bung 6 và Khe Diên*. Hệ thống này theo dõi mực nước hồ, lưu lượng xả duy trì dòng chảy tối thiểu, lưu lượng xả qua nhà máy và qua tràn, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý, vận hành và giám sát an toàn hồ chứa.

Bảng 2.5. Trạm đo mưa trên một số hồ thủy điện lớn trên lưu vực VG-TB

TT	Hồ	Trạm	Vị trí
1	A Vương	Trạm UBND huyện Tây Giang	xã A Tiêng, huyện Tây Giang
2	A Vương	Trạm UBND xã BhaLêê	xã Bha Lêê, huyện Tây Giang
3	A Vương	Trạm UBND xã Dang	xã Dang, huyện Tây Giang
4	A Vương	Trạm UBND xã A Vương	xã A Vương, huyện Tây Giang
5	A Vương	Trạm UBND xã A Tép	xã A Tép, huyện Tây Giang
6	A Vương	Trạm Đồn biên phòng A Nông	xã A Nông, huyện Tây Giang
7	A Vương	Trạm Đập trạm thủy điện A Vương	xã Mà Cooih, huyện Đông Giang
8	A Vương	Trạm trường Tiểu học xã A Rooih	Xã A Rooih, huyện Tây Giang
9	Sông Bung 4	Đập sông Bung 4	xã Tà Pơo, huyện Nam Giang
10	Sông Bung 4	La Êê	xã La Êê, huyện Nam Giang
11	Sông Bung 4	ChaVal	UBNS xã Chaval, huyện Nam Giang
12	Sông Bung 4	Dackring	UBND xã ĐakPring, huyện Nam Giang
13	Sông Bung 4	Zuôi	xã ZuôiH, huyện Nam Giang
14	Sông Bung 4	A Xan	Xã A Xan, huyện Tây Giang
15	Sông Bung 4	Đak Ốc	xã La Dêê, huyện Nam Giang
16	Sông Bung 2	Tr'Hy	Xã Tr'Hy, huyện Tây Giang
17	Sông Bung 2	Đập sông Bung 2	xã La Êê, huyện Nam Giang
18	Sông Bung 2	Ch'ơm	xã Ch'ơm, huyện Tây Giang
19	Đăkmi4	Đập chính	xã Phước Xuân, huyện Phước Sơn
20	Sông Tranh 2	Trà Leng	xã Trà Leng, huyện Bắc Trà My
21	Sông Tranh 2	Trà Giác	xã Trà Giác, huyện Bắc Trà My
22	Sông Tranh 2	Trà Dơn	xã Trà Dơn, huyện Nam Trà My
23	Sông Tranh 2	Trà Cang	xã Trà Cang, huyện Nam Trà My
24	Sông Tranh 2	Trà Vân	xã Trà Vân, huyện Nam Trà My

TT	Hồ	Trạm	Vị trí
25	Sông Tranh 2	Trà Nam	xã Trà Nam, huyện Nam Trà My
26	Sông Tranh 2	Trà Linh	xã Trà Linh, huyện Nam Trà My
27	Sông Tranh 2	Dap	xã Trà Tân, huyện Bắc Trà My
28	Sông Tranh 2	Trà Mai	xã Trà Mai, huyện Nam Trà My
29	Sông Tranh 2	Trà Bui	xã Trà Bui, huyện Bắc Trà My



Hình 2-4. Bản đồ trạm đo mưa trên lưu vực

2.1.8. Đặc điểm mưa lũ, ngập lụt và thiệt hại do lũ trên lưu vực

2.1.8.1. Đặc điểm mưa lũ

Mưa lũ lớn tại vùng ven biển miền Trung, đặc biệt hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn, thường do bão, áp thấp nhiệt đới, không khí lạnh, dải hội tụ nhiệt đới và các nhiễu động nhiệt đới như gió đông gây ra, có thể tác động riêng lẻ hoặc kết hợp. Bão từ biển Đông di chuyển chậm vào lưu vực do bị dãy Trường Sơn chắn, tập trung tác động mạnh ở vùng đồng bằng, gây ngập lụt hạ lưu, trong khi thượng nguồn lũ xuất hiện và rút nhanh, thường kèm lũ quét.

Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu làm gia tăng tần suất và cường độ thiên tai, xuất hiện các trận bão cấp 12–15, lũ vượt báo động III, sạt lở đất và lũ quét. Thống kê từ 1997–2020 cho thấy trên Biển Đông xuất hiện 307 cơn bão và ATNĐ, trong đó 30 cơn ảnh hưởng trực tiếp đến lưu vực. Bình quân mỗi năm, lưu vực chịu 2–3 cơn bão và 2–3 đợt lũ lớn, tập trung từ tháng 9–12, đặc biệt từ giữa tháng 10 đến giữa tháng 12, khi lũ kết hợp mưa to và gió mạnh, gây ngập lụt hạ du.

2.1.8.2. Một số trận lũ điển hình và thiệt hại do lũ, ngập lụt

Lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn thường xuyên chịu tác động của nhiều loại hình thiên tai điển hình cho khu vực duyên hải miền Trung, trong đó lũ lụt, hạn hán, xâm nhập mặn và sạt lở đất gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sinh hoạt và sản xuất.

Hàng năm, vào mùa mưa lũ (chính vụ từ tháng X–XI), các huyện hạ lưu như Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên, Hội An (Quảng Nam) và Hòa Vang (Đà Nẵng) thường ngập sâu. Các trận lũ lớn điển hình[1][2]:

Tháng 10/1999: Lũ đặc biệt gây 118 người chết, 399 người bị thương; hơn 4.000 nhà sập hoàn toàn, gần 278.000 nhà bị hư hại; 193 trường học, 507 công trình thủy lợi và 1.712 cầu cống bị hư hại; thiệt hại ước tính 757,9 tỷ đồng.

Tháng 11/2007: Mưa lớn trên diện rộng gây ngập hầu hết vùng hạ lưu, sâu 2–5 m, nhiều di tích cổ hư hỏng, gần 200.000 hộ dân phải di dời; lượng mưa phổ biến 500–700 mm, cường độ lớn nhất trên 60 mm/h.

Tháng 11/2013: Mưa lớn kết hợp xả lũ thủy điện, nhiều địa phương ngập nặng; 4.159 hộ dân (16.652 nhân khẩu) phải sơ tán; lượng mưa phổ biến 200–250 mm, một số trạm trên 400 mm.

Tháng 12/2020: Bốn đợt lũ lớn gây 46 người chết, 17 người mất tích; hơn 5.700 nhà bị hư hại, hơn 7.000 ha cây trồng bị ngập; 10 km đê bị sạt lở; thiệt hại ước trên 11 ngàn tỷ đồng.

Mùa lũ 2022: Bảy đợt lũ, trong đó bốn đợt gây thiệt hại nặng nề về người, nhà ở, nông nghiệp và hạ tầng, ước tổng thiệt hại khoảng 4,9 ngàn tỷ đồng.

Như vậy, lũ lụt tại lưu vực Vu Gia – Thu Bồn có tần suất cao, cường độ lớn, ảnh hưởng sâu rộng đến đời sống, sản xuất và cơ sở hạ tầng, nhất là các vùng đồng bằng ven sông.

2.1.9. Hiện trạng các công trình phòng chống lũ

Tính đến năm 2022, trên toàn tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng đã xây dựng 93 hồ chứa (Quảng Nam 73 hồ, Đà Nẵng 20 hồ), 919 đập dâng (Quảng Nam 890, Đà Nẵng 29) và 264 trạm bơm điện (Quảng Nam 240, Đà Nẵng 24), phục vụ tưới khoảng 90.429 ha, đạt 53% năng lực tưới thiết kế và đảm bảo tưới cho 48% diện tích canh tác cần tưới. Riêng trong lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, hệ thống gồm 68 hồ chứa, 660 đập dâng và 208 trạm bơm điện[1][2].

Hệ thống hồ chứa và đập dâng trên lưu vực gồm nhiều công trình thủy lợi và thủy điện lớn, nhỏ, tất cả đều tác động nhất định đến chế độ dòng chảy.

Bảng 2.6. Các công trình thuỷ điện lớn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

TT	**Tên công trình**	**MNDBT** (m)	**Flv** (km^2)	**Dung tích Hi** (Triệu m^3)	**Công suất** (MW)	**Năm HT**	**Ghi chú**
1	A Vương	380,00	682	266,48	210	2009	Đã phát điện
2	Sông Côn 2	278,00	331,1	25,41	63	2009	Đã phát điện
3	Đăk Mi 2	630,00	445	0,692	98	2013	Đã phát điện
4	Đăk Mi 3	355,00	612	2,3	63	2012	Đã phát điện
5	Đăk Mi 4	258,00	1.125	158,26	148	2011	Đã phát điện
6	Sông Tranh 2	175,00	1.100	521,1	190	2010	Đã phát điện
7	Sông Tranh 3	71,5	1.450	3,1	62	2013	Đã phát điện
8	Sông Tranh 4	46,5	1.610	3,32	48	2020	Chưa phát điện
9	Sông Bung 2	605,00	334	73,9	100	2013	Đã phát điện
10	Sông Bung 4	222,50	1.448	233,99	156	2013	Đã phát điện
11	Sông Bung 4A	97,4	2.276	1,58	49	2013	Đã phát điện
12	Sông Bung 5	60	2.369	2,45	57	2012	Đã phát điện
13	Sông Bung 6	31,8	2.386	0	29	2013	Đã phát điện
14	Khe Diên	206,94	72	50,35	9	2007	Đã phát điện
15	Za Hưng	450	537	0,74	30	2007	Đã phát điện

1. Công trình cắt lũ thượng nguồn:

Hiện trên lưu vực có một số thủy điện lớn như A Vương, Đắk Mi 4, Sông Tranh 2, Sông Bung 4… vận hành theo quy trình liên hồ chứa được Thủ tướng

Chính phủ phê duyệt. Tuy nhiên, do tổng lượng lũ trên lưu vực rất lớn **(W5 ngày max > 5 tỷ m³),** các công trình này nằm cách xa hạ du và chủ yếu được thiết kế phục vụ phát điện, nên khả năng phòng chống lũ cho hạ du còn hạn chế. Tổng dung tích chứa tương ứng với mực nước đón lũ thấp nhất khoảng 466,4 triệu m³ (A Vương: 84,83 triệu m³, Sông Tranh 2: 194,39 triệu m³, Đắk Mi 4: 64,1 triệu m³, Sông Bung 4: 97,02 triệu m³). Do đó, vùng hạ lưu Vu Gia – Thu Bồn vẫn thường xuyên bị ngập lũ nghiêm trọng, đặc biệt tại thành phố Hội An, thị xã Điện Bàn, các huyện Duy Xuyên, Đại Lộc (Quảng Nam) và huyện Hòa Vang (Đà Nẵng).

Các hồ chứa thủy điện đều xả lũ và phát điện về ngay hạ lưu sông, riêng hồ thủy điện Đăk Mi 4 xả lũ về hạ lưu sông Vu Gia nhưng phát điện lại xả qua hệ thống sông Thu Bồn.

2. Hệ thống đê và kè:

Đê sông, đê ngăn mặn: Toàn lưu vực hiện có khoảng 77 km đê phục vụ bảo vệ dân cư, ngăn mặn và duy trì nước phục vụ sản xuất nông nghiệp. Các tuyến đê chủ yếu được đắp bằng đất, qua thời gian sử dụng đã xuống cấp, sạt lở, biến dạng mặt cắt, đỉnh đê bị bào mòn, mặt đê nhỏ (1–2 m) gây hạn chế giao thông. Hệ thống cống dưới đê xuống cấp, hạn chế khả năng tháo nước khi lũ dâng cao.

Kè sông: Hiện có khoảng 41 km kè bảo vệ bờ sông, phát huy tác dụng ngăn xói mòn và mất đất sản xuất. Tuy nhiên, do mật độ sông dày và tác động mạnh của dòng chảy, nhiều khu vực sạt lở chưa được kè, và một số kè hiện hữu vẫn bị dòng chảy tác động. Trên lưu vực còn hơn 100 điểm sạt lở, tổng chiều dài trên 100 km cần được đầu tư xử lý.

Đê, kè biển: Các công trình bảo vệ bờ biển chủ yếu tập trung tại hạ lưu sông Vu Gia (Đà Nẵng) và một số khu du lịch, resort bờ Bắc Cửa Đại với tổng chiều dài trên 18 km. Trong đó, tuyến đê, kè biển Vịnh Đà Nẵng dài 12,95 km và Sơn Trà – Điện Ngọc dài 4,93 km, được phân loại là đê cấp V. Các công trình này góp phần ngăn chặn một phần tình trạng sạt lở bờ biển[1][2].

Vùng hạ lưu lưu vực VGTB hiện có 5 đập dâng lớn, gồm:

Hệ thống thủy lợi An Trạch với 4 đập dâng: An Trạch (sông Yên); Hà Thanh (sông Quá Giáng); Bàu Nít (sông Bàu Sấu); Thanh Quýt (sông La Thọ)

Hệ thống này vận hành theo Quy trình tại Quyết định 82/2005/QĐ-BNN ngày 20/12/2005. Khi mùa lũ đến, tất cả các đập dâng đều phải mở hết cửa để tiêu thoát lũ, góp phần giảm ngập cho vùng hạ lưu.

Đập ngăn mặn Duy Thành (sông Bà Rén) có nhiệm vụ chính là ngăn mặn cho vùng hạ lưu, đảm bảo nguồn nước phục vụ sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp.

Bảng 2.7. Thống số các đập dâng trên dòng chính

TT	Tên	MNTK	Cao trình đáy cống (m)	Số cửa điều tiết	Kích thước một cửa	
					B (m)	H (m)
1	An Trạch	+2,0	-2,00	12	4,00	4,50
2	Bầu Nít	+2,0	-2,00	6	4,20	3,80
3	Hà Thanh	+2,0	0,56	7	2,35	1,85
4	Thanh Quýt	+2,0	-0,50	6	3,80	2,50
5	Duy Thành	+1,1	-1,10	4	20,00	2,20

3. Cơ sở hạ tầng giao thông ảnh hưởng đến ngập lụt vùng hạ du

Đường sắt Bắc Nam: Cắt ngang lưu vực tại đoạn từ Cầu Đỏ (Đà Nẵng) đến Trà Kiệu (Quảng Nam), dài 22,6 km, có đến 23 cầu; đoạn 4 km từ Km15–Km20 có 8 cầu dài 1.135 m, trong đó hai cầu lớn nhất dài 520 m và 407 m.

Quốc lộ 1A: Đoạn cắt qua lưu vực từ Cầu Đỏ đến Cầu Hương An dài 30,5 km, có 13 cầu với tổng chiều dài 1.284 m.

Cao tốc Đà Nẵng – Quảng Nam: Dài khoảng 90 km, đi song song với Quốc lộ 1A, cắt ngang lưu vực Vu Gia – Thu Bồn.

Các tuyến đường liên tỉnh, liên huyện....

2.1.10. Tình hình phát triển kinh tế xã hội trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn[1][2]

2.1.10.1. Tình hình dân sinh kinh tế xã hội

Dân số và phân bố dân cư:

Tỉnh Quảng Nam có khoảng 1,505 triệu người, với mật độ dân số chỉ bằng một nửa mức trung bình cả nước. Mặc dù đứng thứ ba về quy mô dân số trong Vùng Bắc Trung Bộ và Duyên hải Trung Bộ, nhưng tốc độ tăng dân số của tỉnh

lại thấp hơn mức sinh thay thế. Dân cư tập trung chủ yếu ở các huyện đồng bằng ven biển, trong khi khu vực miền núi phía Tây thưa thớt và còn nhiều khó khăn.

Quảng Nam là vùng đất đa dạng về dân tộc và tôn giáo, với nhiều giá trị văn hóa đang được bảo tồn và phát huy. Tuy nhiên, sự đa dạng này cũng đặt ra thách thức lớn trong công tác giảm nghèo, tạo việc làm và nâng cao trình độ giáo dục cho đồng bào dân tộc thiểu số. Kinh tế - xã hội ở khu vực ven biển phía Đông phát triển tương đối khá, trong khi vùng núi phía Tây còn hạn chế do điều kiện tự nhiên khắc nghiệt, thường xuyên chịu ảnh hưởng của thiên tai và lũ lụt.

Thành phố Đà Nẵng Năm 2020, dân số trung bình của Đà Nẵng đạt gần 1,17 triệu người, với tốc độ tăng bình quân 2,17%/năm trong giai đoạn 2011–2020. Đà Nẵng có tỷ lệ dân cư đô thị cao nhất cả nước, đạt 87,4% (so với mức trung bình cả nước 36,8%; TP.HCM 80,1%; Hà Nội 49,3%). Tuy nhiên, tỷ lệ này chủ yếu do phân định địa giới hành chính chứ không phải từ làn sóng di cư từ nông thôn [1][2].

Mật độ dân số trung bình của thành phố là khoảng 910 người/km² – cao nhất vùng duyên hải miền Trung nhưng vẫn thấp so với các đô thị lớn trong cả nước: chỉ bằng 1/5 TP.HCM, 2/3 Hải Phòng và gần tương đương Cần Thơ.

Tình hình phát triển kinh tế xã hội

Dân số và lao động: Toàn lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn có khoảng 1.387.580 người trong độ tuổi lao động, chiếm 56% tổng dân số. Lao động trong lĩnh vực dịch vụ chiếm 39,6% (trong đó Đà Nẵng chiếm 60,7%, Quảng Nam 39,3%), nông - lâm - ngư nghiệp chiếm 35,8% (tập trung chủ yếu tại Quảng Nam với 92%), còn công nghiệp và xây dựng chỉ chiếm 24,6%.

Tình hình kinh tế: Năm 2016, tổng sản phẩm toàn vùng đạt 104,2 nghìn tỷ đồng (theo giá so sánh 2010), tăng 14,3% so với năm 2013. Trong đó:

Nông - lâm - thủy sản: 10,1 nghìn tỷ đồng (9,7%)

Công nghiệp và xây dựng: 40,3 nghìn tỷ đồng (38,7%), riêng công nghiệp chiếm 75% cơ cấu ngành

Thương mại - dịch vụ: 53,71 nghìn tỷ đồng (51,6%)

Thu nhập bình quân đầu người đạt khoảng 3,465 triệu đồng/tháng tại Đà Nẵng và 1,8 triệu đồng/tháng tại Quảng Nam[1][2].

Định hướng phát triển kinh tế - xã hội

Thành phố Đà Nẵng: Phấn đấu trở thành trung tâm kinh tế - xã hội lớn của cả nước và khu vực Đông Nam Á, với các định hướng:

Trung tâm khởi nghiệp, đổi mới sáng tạo, tài chính, logistics, công nghệ cao, du lịch, thương mại và công nghiệp hỗ trợ

Trung tâm giáo dục, y tế chất lượng cao, văn hóa - thể thao và khoa học công nghệ

Đô thị cảng biển quốc tế, đô thị biển thông minh, sinh thái, hiện đại, đáng sống, đảm bảo quốc phòng và an ninh

Ba chủ đề phát triển trọng tâm:

Kết nối: Hạ tầng giao thông và công cộng hiện đại, thuận lợi di chuyển, dẫn dắt đổi mới sáng tạo

Thịnh vượng: Cơ hội việc làm, môi trường kinh doanh thuận lợi, quy mô dân cư hợp lý, hấp dẫn tầng lớp trung và thượng lưu

Bền vững: Phát triển bền vững về môi trường, xã hội, công nghệ và kinh tế; định hướng "xanh", ứng dụng năng lượng sạch, hiệu quả

Tỉnh Quảng Nam Tập trung vào 7 định hướng chiến lược:

Cải cách thể chế, hành chính: Đẩy mạnh chuyển đổi số, xây dựng chính quyền điện tử, giảm thủ tục hành chính, tăng tương tác số

Thu hút đầu tư chiến lược: Ưu tiên các ngành cơ khí, linh kiện ô tô, điện tử, năng lượng, chế biến nông sản, dịch vụ du lịch, logistics, thương mại điện tử...

Phát triển du lịch chất lượng cao: Xây dựng thương hiệu du lịch đặc sắc, chuyên nghiệp, hiện đại và đẳng cấp

Phát triển công nghiệp chế biến - chế tạo: Tăng cường đa dạng hóa ngành, nhất là công nghiệp ô tô, cơ khí, công nghiệp hỗ trợ

Phát triển nông nghiệp công nghệ cao: Chuyển đổi sản xuất quy mô lớn, ứng dụng công nghệ, nâng cao giá trị và thu nhập nông thôn

Phát triển hạ tầng đồng bộ: Tập trung vào giao thông, đô thị, sân bay Chu Lai, đô thị Tam Kỳ, khu - cụm công nghiệp

Thích ứng biến đổi khí hậu, giảm nhẹ thiên tai: Nâng cao năng lực dự báo, cảnh báo và phòng chống thiên tai hiện đại, chuyên nghiệp, hiệu quả[1][2].

2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu trong nước và quốc tế cùng với đặc điểm tự nhiên, kinh tế – xã hội của lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, nhóm nghiên cứu vận dụng các **luận cứ khoa học** và **kinh nghiệm thực tiễn** phù hợp. Để đảm bảo sản phẩm của đề tài đáp ứng yêu cầu, **nhiều phương pháp nghiên cứu tổng hợp** được áp dụng trong quá trình thực hiện.

2.2.1. Phân tích tổng hợp và xử lý số liệu

Tổng hợp và phân tích xử lý dữ liệu được thực hiện nhằm xây dựng bộ dữ liệu cơ sở đồng bộ phục vụ nghiên cứu. Các thông tin sau khi thu thập được xử lý, phân tích và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu của đề tài.

Phân tích thống kê dữ liệu khí tượng thủy văn (KTTV) được áp dụng để xác định các đặc trưng thời tiết, mưa, lũ và ngập lụt trong quá khứ, từ đó nhận dạng các hình thế thời tiết điển hình gây mưa lớn và ngập lụt phục vụ mô phỏng, đánh giá.

Phương pháp này còn được sử dụng để xác định mức độ thiệt hại và lượng hóa rủi ro phục vụ xây dựng bản đồ ngập lụt, rủi ro thiên tai. Trong mô phỏng ngập lụt lưu vực, phân tích tần suất giúp xác định điều kiện biên (mưa, dòng chảy lũ theo tần suất thiết kế) làm đầu vào cho mô hình toán. Đồng thời, việc phân tích bản đồ ngập lụt hỗ trợ khoanh vùng các khu vực có nguy cơ cao để đánh giá và cảnh báo chi tiết.

Phương pháp tổng hợp và phân tích dữ liệu được triển khai xuyên suốt các nội dung: khảo sát thực địa, thu thập tài liệu cơ bản; nghiên cứu đặc điểm hình thế thời tiết gây mưa lũ lớn; đánh giá rủi ro và xây dựng bản đồ rủi ro lũ, ngập lụt.

2.2.2. Thu thập điều tra, khảo sát thực địa:

Công tác điều tra, khảo sát thực địa được thực hiện nhằm bổ sung, kiểm tra và đánh giá độ tin cậy của các tài liệu, số liệu kế thừa, đồng thời thu thập thông tin phục vụ nghiên cứu và mô phỏng lũ, ngập lụt. Nội dung chính gồm:

Thu thập dữ liệu cơ bản về kinh tế – xã hội, cơ sở hạ tầng, khu vực ngập lũ, vết lũ, quy trình vận hành, thông số công trình và năng lực ứng phó của địa phương, phục vụ thiết lập, hiệu chỉnh, kiểm định mô hình toán và phân tích rủi ro lũ, ngập lụt.

Khảo sát thực địa tổng quan hệ thống sông, vùng đô thị, miền núi, đồng bằng và cửa sông ven biển; tập trung tại các trọng điểm như hồ chứa lớn, đập dâng, cầu cống, tuyến giao thông ảnh hưởng đến thoát lũ, các cửa sông, phân lưu – nhập lưu và khu vực thường xuyên ngập.

Đo đạc bổ sung địa hình nhằm hoàn thiện dữ liệu còn thiếu phục vụ thiết lập và kiểm định mô hình thủy văn – thủy lực mô phỏng lũ, ngập lụt. Công tác đo đạc được thực hiện đồng bộ bằng thiết bị hiện đại, tuân thủ quy trình kỹ thuật chuyên ngành.

Phương pháp này được áp dụng trong nội dung: thu thập, chỉnh lý và hệ thống hóa số liệu hiện có, cùng đo đạc, khảo sát bổ sung dữ liệu địa hình phục vụ các nội dung nghiên cứu của đề tài.

2.2.3. Ứng dụng mô hình toán:

Các mô toán (MHT) dựa trên tính chất vật lý được sử dụng rộng rãi trong mô phỏng và dự báo thủy văn, thủy lực, ngập lụt và biến đổi khí hậu (BĐKH). Trong nghiên cứu dòng chảy sông và ngập lũ đồng bằng, các mô hình số trị chia vùng tính toán thành các ô hoặc đoạn có trao đổi nước, cho phép mô phỏng chi tiết mực nước, độ sâu và vận tốc dòng chảy; từ đó, kết hợp với bản đồ địa hình để xác định phạm vi và mức độ ngập lụt.

Đối với mô hình khí hậu, đề tài sử dụng kết quả dự báo từ các mô hình độ phân giải cao (20–50 km) thuộc dự án CMIP6 như MRI-AGCM3.2H/S, MIROC4h, GFDL-HIRAM… để đánh giá tác động BĐKH.

Đề tài ứng dụng bộ mô hình tính toán hiện đại gồm:

CMIP6 (khí hậu),

MIKE NAM, MIKE11, MIKE21, MIKE FLOOD (thủy văn – thủy lực),

HEC-HMS (điều tiết hồ chứa).

Cropwat, ArcMap (tính toán và sử lý số liệu)

Các mô hình này được sử dụng để mô phỏng các kịch bản mưa, lũ theo các hình thế thời tiết điển hình, cung cấp dữ liệu phục vụ cảnh báo lũ và đánh giá rủi ro. Việc áp dụng mô hình tuân thủ nguyên tắc hiệu chỉnh và kiểm định chặt chẽ bằng các chuỗi số liệu độc lập theo không gian và thời gian, đảm bảo độ tin cậy của kết quả mô phỏng.

Phương pháp mô hình toán được sử dụng trong các nội dung: nghiên cứu khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trong điều kiện bình thường cũng như BĐKH, mô phỏng quá trình thủy văn – thủy lực và ngập lụt, và đánh giá rủi ro ngập lụt. Các MHT được chi tiết trong các phần tiếp theo của đề tài.

2.2.4. Phương pháp nghiên cứu viễn thám, GIS và bản đồ

Công nghệ viễn thám và GIS được ứng dụng để giải đoán, phân tích diễn biến lũ, ngập lụt và biến động thảm phủ theo không gian và thời gian, đảm bảo tính khách quan, chính xác và không phụ thuộc yếu tố chủ quan của con người. So với phương pháp đo đạc truyền thống, kỹ thuật này giúp giảm khối lượng ngoại nghiệp, phản ánh nhanh và chính xác hiện trạng, phù hợp nghiên cứu trên quy mô lớn, hỗ trợ ra quyết định kịp thời trong ứng phó thiên tai.

Phương pháp này được sử dụng trong:

Xây dựng và quản lý cơ sở dữ liệu số, phân tích không gian và thành lập các lớp bản đồ chuyên đề (DEM, ngập lụt, rủi ro lũ,...);

Xác định, phân loại và định lượng mức độ ngập lụt, mối quan hệ không gian giữa ngập và các yếu tố chịu tác động (tài nguyên, dân cư, cơ sở hạ tầng);

Thành lập bản đồ hiện trạng, nguy cơ và cảnh báo ngập lụt từ ảnh quang học, ảnh radar và kết quả từ các MHT.

Dữ liệu viễn thám cung cấp thông tin đầu vào quan trọng cho mô hình thủy lực, bao gồm lớp phủ bề mặt, dữ liệu địa hình, phân bố dân cư và mạng lưới giao thông. Với chuỗi ảnh vệ tinh dài hạn (vài chục năm), công nghệ này

hỗ trợ xác định miền tính toán, kiểm định kết quả mô phỏng ngập và khoanh vùng ưu tiên cảnh báo lũ cho cộng đồng.

Phương pháp viễn thám – GIS là công cụ chủ đạo trong phân tích không gian, mô phỏng ngập lụt, đánh giá rủi ro và hỗ trợ ra quyết định quản lý thiên tai.

2.2.5. Phương pháp chuyên gia, tham vấn cộng đồng

Phương pháp chuyên gia được sử dụng nhằm thu thập và tổng hợp ý kiến của các chuyên gia trong và ngoài nước thuộc các lĩnh vực liên quan đến đề tài. Thông qua các hội thảo khoa học và tham vấn chuyên môn, nhóm nghiên cứu tiếp nhận góp ý về cách tiếp cận, kỹ thuật, thiết bị, thiết kế nội dung, luận cứ khoa học và các vấn đề liên quan đến nghiên cứu mưa, lũ và ngập lụt, làm cơ sở lựa chọn phương pháp nghiên cứu tối ưu nhằm đạt mục tiêu đề tài.

Việc tổ chức hội thảo, lấy ý kiến của cơ quan quản lý, nhà khoa học, cán bộ địa phương và cộng đồng hưởng lợi được thực hiện xuyên suốt quá trình nghiên cứu, từ đánh giá thực trạng, phân tích nguyên nhân đến đề xuất giải pháp. Cách tiếp cận này đảm bảo các sản phẩm của đề tài (Cơ sở khoa học và thực tiễn áp dụng trong nghiên cứu, bộ bản đồ rủi ro lũ, ngập lụt và bản đồ di dân ứng phó, bộ quy trình hỗ trợ ra quyết định và đề xuất các giải pháp giảm thiểu rủi ro lũ) phù hợp thực tiễn và có tính khả thi cao.

Phương pháp chuyên gia được ứng dụng xuyên suốt trong tất cả các nội dung nghiên cứu của đề tài.

2.3. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐƯỢC ÁP DỤNG TẠI LƯU VỰC NGHIÊN CỨU

Trên cơ sở tổng hợp các công trình nghiên cứu khoa học và kinh nghiệm thực tiễn trong ứng phó với lũ lớn và lũ khẩn cấp ở Việt Nam và trên thế giới, Đề tài vận dụng các luận cứ khoa học và phương pháp tiếp cận tiên tiến phù hợp với đặc điểm lưu vực nghiên cứu nhằm đảm bảo tính khoa học, thực tiễn và hiệu quả của các kết quả nghiên cứu.

2.3.1. Cơ sở khoa học đánh giá mưa, lũ lớn, khẩn cấp

2.3.1.1. Cơ sở khoa học đánh giá mưa lớn

Thông tư số 18/2021/QĐ-TTg, ngày 22/4/2021 của Thủ tướng Chính phủ quy định về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai đã định nghĩa: Mưa lớn là hiện tượng mưa với tổng lượng mưa đạt trên 50 mm trong 24 giờ, trong đó mưa với tổng lượng mưa từ trên 50 mm đến 100 mm trong 24 giờ là mưa to, mưa với tổng lượng mưa trên 100 mm trong 24 giờ là mưa rất to.

2.3.1.2. Cơ sở khoa học đánh giá lũ đối với lưu vực sông, hồ chứa chưa có quy định trong quy trình.

- Cơ sở khoa học đánh giá lũ lớn

Theo Thông tư số 22/2019/TT-BTNMT ngày 25/12/2019, **lũ** là hiện tượng mực nước sông dâng cao trong một thời gian nhất định rồi rút dần. Lũ được phân loại dựa trên **đỉnh lũ (Hmax)** gồm: **lũ nhỏ**, **lũ trung bình** và **lũ lớn**; trong đó **lũ lớn** xảy ra khi Hmax > HmaxP30%.

Theo Quyết định số 05/QĐ-TTg ngày 31/01/2020, đỉnh lũ được chia thành 3 cấp báo động:

Báo động I: Lũ nhỏ, nước còn trong lòng sông.

Báo động II: Lũ trung bình, bắt đầu gây ngập và ảnh hưởng dân sinh – kinh tế.

Báo động III: Lũ lớn, gây ngập nghiêm trọng, đe dọa tính mạng và tài sản.

2.3.1.3. Cơ sở khoa học đánh giá xả lũ khẩn cấp

Theo TCKT 03:2015, tình huống xả lũ khẩn cấp là tình huống xả lũ nhằm đảm bảo an toàn cho công trình xảy ra trong các trường hợp mưa lớn vượt tần suất thiết kế trên lưu vực hồ chứa khi hồ đã đầy nước (xả lũ vượt lũ thiết kế, xả lũ kiểm tra, xả lũ cực hạn).

Theo Quy trình vận hành liên hồ 1865/QĐ-TTg, vận hành bảo đảm an toàn công trình là quá trình vận hành điều tiết xả nước của hồ để bảo đảm an toàn

công trình khi mực nước hồ đạt đến mực nước dâng bình thường mà lưu lượng đến hồ vẫn tiếp tục tăng

Như vậy xả lũ khẩn cấp là trường hợp các hồ chứa xả nước để bảo đảm an toàn công trình khi mực nước hồ đạt đến mực nước dâng bình thường mà lưu lượng đến hồ vẫn tiếp tục tăng nhằm đảm bảo cho hồ chứa được an toàn, tránh rủi ro sự cố; hoặc khi xuất hiện sự cố có nguy cơ đe dọa đến an toàn của hồ chứa, an toàn công trình thủy lợi, kết cấu hạ tầng ở hạ du.

2.3.1.4. Cơ sở khoa học thực tiễn đánh giá lũ đối với các hồ thuỷ lớn lớn trên lưu vực quy định trong Quy trình vận hành các hồ chứa trên lưu vực:

Công tác đánh giá lũ và vận hành các hồ chứa lớn trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn được thực hiện trên cơ sở hệ thống văn bản pháp lý, quy chuẩn và quy trình kỹ thuật hiện hành, bao gồm:

Luật Phòng, chống thiên tai số 33/2013/QH13 ngày 19/6/2013 và Luật số 60/2020/QH14 ngày 01/7/2021 (sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Phòng, chống thiên tai và Luật Đê điều);

Nghị định số 114/2018/NĐ-CP ngày 04/9/2018 của Chính phủ về quản lý an toàn đập, hồ chứa nước;

Thông tư liên tịch số 43/2015/TTLT-BNNPTNT-BKHĐT ngày 23/11/2015 hướng dẫn thực hiện quản lý an toàn đập;

Quyết định số 18/2021/QĐ-TTg ngày 22/4/2021 của Thủ tướng Chính phủ về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai;

Quyết định số 1865/QĐ-TTg ngày 23/12/2019 ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn.

Bên cạnh quy trình liên hồ, các hồ chứa lớn còn có quy trình vận hành đơn hồ, bao gồm:

Thủy điện Sông Bung 2 – Quyết định số 106/QĐ-BCT ngày 22/6/2021;

Thủy điện Sông Bung 4 – Quyết định số 109/QĐ-BCT ngày 27/1/2022;

Thủy điện A Vương – Quyết định số 2576/QĐ-UBND ngày 18/9/2020;

Thủy điện Sông Tranh 2 – Quyết định số 147/QĐ-BCT ngày 08/2/2022;

Thủy điện Sông Côn 2 – Quyết định số 5306/QĐ-BCT ngày 30/7/2013;

Thủy điện Đăk Mi 4A – Quyết định số 132/QĐ-SCT ngày 16/7/2024;

Thủy điện Đăk Mi 4B – Quyết định số 133/QĐ-SCT ngày 16/7/2024;

Thủy điện Đăk Mi 4C – Quyết định số 134/QĐ-SCT ngày 16/7/2024.

Ngoài ra, việc đánh giá, mô phỏng và lập bản đồ ngập lụt hạ du được thực hiện theo Tiêu chuẩn kỹ thuật TCKT 03:2015/TCTL – "Công trình thủy lợi: Hướng dẫn xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa nước trong các tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập", ban hành kèm Quyết định số 3587/QĐ-BNN-TCTL ngày 04/9/2015 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.

Các văn bản và tiêu chuẩn trên là cơ sở khoa học và pháp lý quan trọng, đảm bảo tính thống nhất, đồng bộ trong đánh giá lũ, vận hành hồ chứa và quản lý an toàn đập trên toàn lưu vực.

Các hồ chứa lớn trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn và quy định về lũ lớn

Theo các quy trình vận hành hồ chứa được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt, ngưỡng lũ lớn tại các hồ thủy điện lớn trên lưu vực được xác định cụ thể như sau:

Hồ thủy điện A Vương: Theo Điều 5 *Quy trình vận hành hồ chứa thủy điện A Vương* ban hành kèm Quyết định số 2576/QĐ-UBND ngày 18/9/2020 của UBND tỉnh Quảng Nam, lũ lớn là lũ có lưu lượng đỉnh > 2.098 m^3/s.

Hồ thủy điện Đăk Mi 4: Theo Điều 5 *Quy trình vận hành hồ chứa thủy điện Đăk Mi 4A* ban hành kèm Quyết định số 132/QĐ-SCT ngày 16/7/2024 của Sở Công Thương tỉnh Quảng Nam, lũ lớn là lũ có lưu lượng đỉnh > 3.000 m^3/s.

Hồ thủy điện Sông Tranh 2: Theo Điều 5 *Quy trình vận hành hồ chứa thủy điện Sông Tranh 2* ban hành kèm Quyết định số 147/QĐ-BCT ngày 08/02/2022 của Bộ Công Thương, lũ lớn là lũ có lưu lượng đỉnh từ > 3.650 đến 6.800 m^3/s.

Hồ thủy điện Sông Bung 4: Theo Điều 5 *Quy trình vận hành hồ chứa thủy điện Sông Bung 4* ban hành kèm Quyết định số 109/QĐ-BCT ngày 27/01/2022 của Bộ Công Thương, lũ lớn là lũ có lưu lượng đỉnh > 5.100 m^3/s.

Các giá trị trên là ngưỡng xác định lũ lớn đặc trưng cho từng hồ chứa, làm cơ sở khoa học và pháp lý trong quản lý, vận hành, cảnh báo và điều tiết lũ trên toàn lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn.

2.3.1.5. Cơ sở khoa học tính toán đánh giá nguy cơ vỡ đập

a) Các yếu tố dẫn đến nguy cơ vỡ đập

Các nguyên nhân gây vỡ đập gồm: thấm vượt giới hạn, sạt trượt mái, trượt mái đập, nước tràn qua đỉnh, hỏng tràn xả lũ, cống lấy nước bị lún/gãy, cửa van bị hỏng. Trong đó, khoảng 1/3 sự cố do khả năng xả không đảm bảo. Theo ASCE/USCOLD (1975), nguyên nhân chính gồm: tràn đỉnh (38%), thấm/xói ngầm (33%), mất ổn định (23%), và các nguyên nhân khác như hỏng van, rác, vận hành sai (6%).

1. Sự cố do nước tràn qua đỉnh đập

Sự cố vỡ đập do nước tràn đỉnh đặc biệt nguy hiểm với đập đất, vì lưu tốc lớn dễ gây xói ở chân mái, dẫn đến sập mái và vỡ đập. Nguyên nhân gồm:

- Mô hình lũ thiết kế không phù hợp với lũ thực tế;
- Công trình xả lũ thiết kế không đủ năng lực;
- Động đất hoặc sạt lở lớn làm nước dâng tràn qua đỉnh đập.

2. Sự cố đập gây ra do dòng thấm

Thấm là hiện tượng phổ biến ở các đập đất - đá, tiềm ẩn nguy cơ vỡ đập do phá hoại ngầm kéo dài, khó phát hiện. Nếu được quản lý chặt chẽ, có thể nhận biết sớm qua dấu hiệu như: mái hạ lưu ướt, thềm sau đập lầy, võng mặt đập, dòng chảy mang đất,... Một số dạng thấm điển hình gồm: Thấm trong thân đập; Thấm tại mang công trình; Thấm qua nền đập; Thấm qua vai đập

3. Các loại sự cố khác thường gặp.

Sự cố đập rất đa dạng do nhiều nguyên nhân và tổ hợp bất lợi xảy ra ngẫu nhiên. Các sự cố thường gặp gồm:

- Sạt, sập mái thượng/lưu hạ lưu
- Nứt ngang, nứt dọc đập
- Sự cố do chất lượng tài liệu địa kỹ thuật, trắc đạc và khảo sát tuyến đập kém

b) Phương pháp đánh giá nguy cơ vỡ đập

1. Phương pháp so sánh

Đây là phương pháp đơn giản nhất trong tính toán vỡ đập, dựa trên so sánh với các đập đã vỡ trong quá khứ. Các thông số như chiều cao, hình dạng, mái đập, diện tích và dung tích hồ được đối chiếu với các đập có điều kiện tương tự để ước tính lưu lượng và đặc điểm dòng chảy khi vỡ.

2. Phương pháp kinh nghiệm

Phương pháp kinh nghiệm sử dụng số liệu thống kê từ các sự cố vỡ đập để xác định thời gian, hình dạng vết vỡ và lưu lượng lớn nhất. Các mối quan hệ giữa thông số vỡ đập và thể tích nước, chiều sâu hồ chứa được xây dựng bằng phương pháp bình quân nhỏ nhất hoặc đường bao. Một số công thức thường dùng gồm: MacDonald & Langridge-Monopolis (1984), USBR (1988), Von Thun & Gillette (1990), Washington State (2007), Froehlich (1995, 2008)... Các công thức này cho kết quả khá sát với thực tế.

3. Phương pháp dựa trên bản chất vật lý

Phương pháp vật lý xác định quá trình phát triển vết vỡ bằng mô hình xói mòn, dựa trên nguyên lý thủy lực vận chuyển bùn cát và cơ học đất. Các yếu tố đầu vào và điều kiện vật lý như xói lở và dòng chảy đều biến đổi theo thời gian.

4. Phương pháp mô hình thủy văn

Phương pháp mô hình thủy văn dùng để tính đường quá trình lưu lượng của sóng vỡ đập, dựa trên phương trình liên tục và các quan hệ giải tích hoặc thực nghiệm. Phương pháp này đơn giản, dễ sử dụng và hiệu quả khi không có ảnh hưởng đáng kể của nước dâng. Tuy nhiên, nó không tính được mực nước hoặc vận tốc dòng chảy.

5. Phương pháp mô hình thủy lực

Mô hình thủy lực mô phỏng dòng chảy trong điều kiện thủy lực và lòng dẫn phức tạp. Dữ liệu đầu vào gồm: lưu lượng/mực nước biên, địa hình lòng dẫn, hệ số nhám và điều kiện biên trong hệ thống.v.v..

6. Các bộ công cụ tính toán vỡ đập

Hiện nay có nhiều bộ công cụ gồm các mô-đun, phần mềm tính toán thủy lực 1D, 2D, vỡ đập, thủy văn, bản đồ ngập lụt và hỗ trợ ra quyết định. Việc lựa chọn phần mềm cần dựa trên tính năng, ưu nhược điểm, yêu cầu dữ liệu đầu vào, kỹ thuật, sản phẩm đầu ra và nguồn lực...

a) Bộ công cụ ArcGIS + HEC-RAS + HEC-GeoRAS

- ArcGIS là phần mềm GIS của ESRI, gồm các phiên bản ArcView, ArcEditor và ArcInfo (đầy đủ chức năng nhất). ArcGIS hỗ trợ nhiều định dạng dữ liệu như shapefile, geodatabase, AutoCAD, Raster... và được ứng dụng rộng rãi trong quản lý môi trường, đất đai, xã hội, kinh tế.

- HEC-RAS là phần mềm tính toán thủy lực do USACE phát triển, gồm giao diện người dùng, mô-đun tính toán và quản lý kết quả. Miễn phí tải tại: hec.usace.army.mil.

- HEC-GeoRAS là phần mở rộng của ArcGIS dùng để xử lý dữ liệu không gian cho HEC-RAS, cho phép tạo bản đồ ngập và vận tốc từ kết quả mô phỏng.

b) Bộ công cụ họ MIKE (MIKE 11, MIKE 21, MIKE FLOOD)

- MIKE FLOOD là mô hình thủy lực do DHI phát triển, kết hợp mô hình 1D (MIKE 11) và 2D (MIKE 21/21FM). Hệ thống có khả năng mô phỏng dòng tràn, công trình thủy lực, kết nối với GIS và ứng dụng trong các bài toán: lũ tràn, sóng dâng, tiêu thoát nước đô thị, vỡ đập, thiết kế công trình và vùng cửa sông.

c) Xác định thông số vỡ đập

Cơ chế vỡ đập được mô tả bằng các thông số: chiều rộng vết vỡ (B), chiều cao vết vỡ (h) và thời gian vỡ đập (T). Vết vỡ thường có dạng hình thang, chữ nhật hoặc tam giác, trong đó hình thang với sự phát triển tuyến tính theo thời gian thường được sử dụng để mô phỏng kịch bản vỡ đập nguy hiểm nhất. Các thông số chính gồm:

- Thời gian vỡ: từ khi vết nứt bắt đầu đến khi đạt kích thước tối đa.

- Chiều cao vết vỡ: đo từ đáy vết vỡ theo phương thẳng đứng.

- Chiều rộng vết vỡ: chiều rộng trung bình khi vết vỡ đạt lớn nhất, đo tại điểm giữa chiều cao.

- Hệ số mái của vết vỡ [25]

1. Đối với đập vật liệu địa phương (VLĐP)

Các thông số vỡ đập được xác định bằng công thức kinh nghiệm, xây dựng từ số liệu thống kê dựa trên thể tích đập bị dịch chuyển, lượng nước xả, mực nước hồ chứa, thời gian và kích thước vết vỡ. Ba công thức phổ biến, cho kết quả phù hợp với số liệu quan trắc và thường dùng cho đập đất là của MacDonald & Langridge-Monopolis (1984), Washington State (2007) và Froehlich (2008).

Bảng 2.8. Các công thức kinh nghiệm tính toán các thông số vết vỡ đối với đập đất

Thông số	**MacDonald & Langrdige-Monopolis (1984)**	**Washington State (2007)**	**Froehlich (2008)**
Thể tích bị xói (V_x) (m^3)	$V_x = 0{,}0261(V.H)^{0{,}769}$ (đập đất)	$V_x = 0{,}03 (V.H)^{0{,}769}$ (đất không dính)	
	$V_x = 0{,}00348(VH)^{0{,}852}$ (đập đá đổ)	$V_x = 0{,}02 (V.H)^{0{,}769}$ (đất dính)	
Chiều rộng vết vỡ trung bình B_{vTB} (m)	$B_{VTB} = \frac{V_x}{H_v B_{VTB}}$		$B_{VTB} = 0{,}27 K_0 V^{1/3} H_v^{0{,}04}$ K_0 = 1.0 đối với xói ngầm K_0 = 1.3 đối với tràn đỉnh
Hệ số mái của vết vỡ m_v (ngang: đứng)	2:1 (m_v=2)		0.7:1 đối với xói ngầm (m_v=0.7) 1:1 đối với tràn đỉnh (m_v =1)
Thời gian phát triển vết vỡ T (giờ)	$T = 0{,}0179 V_x^{0{,}364}$	$T = 0{,}0207 V_x^{0{,}368}$ (đất không dính) $T = 0{,}0372 V_x^{0{,}368}$ (đất dính)	$T = 63{,}2\sqrt{\frac{V}{gH_v^2}}$

Việc lựa chọn các công thức để tính các thông số vết vỡ phụ thuộc vào hình thức vỡ, kích thước đập, tỉ số V_w/H_w và loại vật liệu xây đập như mô tả trong (Bảng 2.9) dưới đây.

Bảng 2.9. Công thức kiến nghị dùng cho từng trường hợp

Loại đập	**Tỉ số V_w/H_w(ha)**		
	Nhỏ (V/H < 2)	**Trung bình(2<V/H<8)**	**Lớn(V/H>8)**
Nhỏ	Vỡ dạng xói ngầm: Kích thước vết vỡ theo (1) và thời gian vỡ theo (2). Vỡ tràn đỉnh: theo (3)	Vỡ dạng xói ngầm: Kích thước vết vỡ theo (1) và thời gian vỡ theo (2). Vỡ tràn đỉnh: theo (3)	Vỡ dạng xói ngầm: Kích thước vết vỡ theo (1) và thời gian vỡ theo (2). Vỡ tràn đỉnh: theo (3)
Vừa	Vỡ dạng xói ngầm: Kích thước vết vỡ theo (1) và thời gian vỡ theo (2) hoặc (3) (tùy từng trường hợp); Vỡ tràn đỉnh: theo (3)	Theo (3) và với đập vật liệu dính có thể kích thước vết vỡ theo (1) và thời gian vỡ theo (2) (tùy từng trường hợp)	Theo (3)
Lớn	Theo (3) Hệ số mái của vết vỡ cần hiệu chỉnh cho phù hợp với chiều rộng đáy vết vỡ.	Theo (3) và với đập vật liệu dính có thể kích thước vết vỡ theo (1) và thời gian vỡ theo (2) Cần có sự hiệu chỉnh tùy theo từng trường hợp cụ thể	Theo (3) và với đập vật liệu dính có thể kích thước vết vỡ theo (1) và thời gian vỡ theo (2) Cần có sự hiệu chỉnh tùy theo từng trường hợp cụ thể

Ghi chú:

- Loại đập được phân loại theo Nghị định số 72/2007/NĐ-CP ban hành ngày 07/05/2007 của Chính phủ về Quản lý an toàn đập.

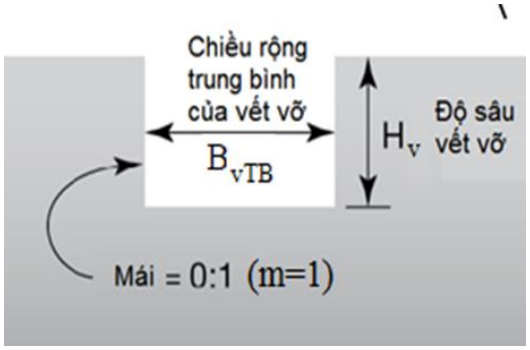
- (1): Công thức của MacDonald & Langrdige-Monopolis (1984); (2); Công thức của Washington State (2007); (3): công thức của Froehlich (2008).

- Công thức (1) phù hợp với đập được xây dựng bằng vật liệu dính và công thức (2) phù hợp với đập được xây dựng bằng vật liệu rời.

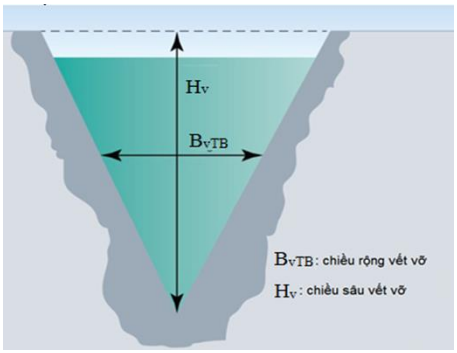
2. Đối với đập bê tông

Vỡ đập bê tông thường được tính toán như vỡ kết cấu, vì vậy, có nhiều cơ chế vỡ khác nhau phụ thuộc vào dạng đập. Hai loại đập được tập trung vào vỡ đập bê tông trọng lực và đập vòm.

- Đập bê tông trọng lực thường được thường phân thành nhiều khối. Với loại đập này kích thước vết vỡ thường được tính theo chiều rộng trung bình vết vỡ và được lấy bằng tổng chiều rộng của các khối bê tông và mái của vết vỡ là thẳng đứng. Thời gian vỡ thường từ 0,1 giờ đến 0,5 giờ. (Hình 2-5) mô tả sơ đồ vết vỡ của đập bê tông trọng lực.



Hình 2-5. Sơ đồ vết vỡ đập bê tông trọng lực



Hình 2-6. Sơ đồ vết vỡ đập vòm bê tông

- Đập vòm: Vị trí xây dựng đập vòm thường ở những nơi thung lũng hẹp và có mái bên dốc. Vì vậy, mái của vết vỡ thường giả thiết từ thẳng đứng (0:1) đến bằng với mái bên của thung lũng. Chiều rộng trung bình của vết vỡ được giả thiết bằng 80% -100% (Hình 2-6). Thời gian vỡ thường giả thiết từ 0 đến 0,1 giờ.

- Các thông số của vết vỡ đối với các dạng đập bê tông/khối cứng được tóm tắt trong (Bảng 2.10).

Bảng 2.10. Các thông số của vết vỡ đối với đập bê tông/khối cứng

Loại đập	**Chiều rộng vết vỡ**	**Độ dốc mái của vết vỡ**	**Thời gian vỡ (giờ)**
Đập bê tông trọng lực	Chiều rộng của một hoặc nhiều khối đập bị vỡ	Thẳng đứng (0:1) (m=0)	Từ 0.1 đến 0.5
Đập vòm	Vỡ toàn bộ đập	Thẳng đứng (0:1) (m=0) đến bằng độ dốc mái tự nhiên.	Từ 0 đến 0.1
Đập trụ chống	Bội số của các tấm	Thẳng đứng (0:1) (m=0)	Từ 0.1 đến 0.3
Đập gạch/đá xây	Bội số các khối đập bị vỡ	Thẳng đứng (0:1) (m=0)	Từ 0 đến 0.3

3. Vỡ đập trong điều kiện thời tiết bình thường

Vỡ đập trong thời tiết bình thường là vỡ đập xảy ra trong điều kiện thời tiết không mưa. Vỡ đập trong trường hợp này được tính toán phân tích dựa trên việc thiết lập mực nước hồ ban đầu trong hồ với dòng chảy đến hồ là dòng chảy trung bình. Vỡ đập trong thời tiết bình thường là vỡ do xói ngầm gây ra do địa chất, thủy văn, công trình, động đất hoặc do con người.

Bảng 2.11. Mực nước ban đầu để tính toán vỡ đập trong điều kiện thời tiết bình thường

Loại đập hoặc nguy cơ gây thiệt hại	Mực nước ban đầu trong hồ	Dòng chảy tới hồ	Kiểu vỡ
Đặc biệt quan trọng / Lớn	Mực nước dâng bình thường	Dòng chảy trung bình	- Xói ngầm -Tràn đỉnh (do động đất, sự cố…)
Vừa và nhỏ/Thấp	Mực nước bằng cao trình đỉnh đập	Dòng chảy trung bình	-Xói ngầm (phổ biến) -Tràn đỉnh

4. Vỡ đập trong điều kiện mưa lũ

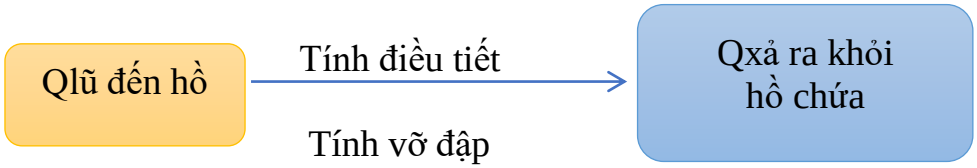
Các trường hợp vỡ đập trong điều kiện thời tiết có mưa xảy ra, khi gặp mưa lũ lớn được gọi là vỡ đập trong thời tiết mưa lũ. Trận lũ được lựa chọn tính toán thường là lũ thiết kế được xác định theo phân loại nguy cơ gây thiệt hại hoặc phân loại đập.(Bảng 2.12) mô tả điều kiện dòng chảy đến hồ trong tính toán vỡ đập trong điều kiện thời tiết có mưa lũ:

Bảng 2.12. Lưu lượng dòng chảy trong tính toán vỡ đập trong điều kiện thời tiết mưa lũ

Loại đập hoặc nguy cơ gây thiệt hại	Dòng chảy lũ tới hồ	Kiểu vỡ
Đặc biệt và lớn/Cao	PMF	-Xói ngầm -Tràn đỉnh
Vừa/Vừa	P = 0,1%	-Xói ngầm -Tràn đỉnh
Nhỏ/Thấp	P = 1%	-Xói ngầm -Tràn đỉnh

2.3.1.6. Cơ sở khoa học tính toán điều tiết lũ

Tính toán dòng chảy lũ ra khỏi hồ chứa: Từ tài liệu tính toán dòng chảy lũ đến hồ ta tiến hành tính toán điều tiết lũ, tính toán vỡ đập để xác định lưu lượng ra khỏi hồ chứa.



*** Nguyên lý tính điều tiết:**

a) Mục đích tính toán điều tiết lũ

Thông qua tính toán điều tiết lũ, xác định được đường quá trình xả lũ theo thời gian ($q_{xả} \sim t$), làm cơ sở đầu vào cho tính toán cho mô hình thuỷ lực Mike 11.

b) Nguyên lý tính toán

Có nhiều phương pháp dùng trong tính toán điều tiết lũ bằng hồ chứa. Tất cả các phương pháp đều dựa trên nguyên lý cơ bản của việc điều tiết lũ là việc giải hệ phương trình cân bằng nước (1) và phương trình thủy lực tràn (2):

$$\frac{Q_1+Q_2}{2}\Delta t - \frac{q_1+q_2}{2}\Delta t = V_2 - V_1 \qquad (1)$$

$$q = f(Z_t, Z_h, C) \qquad (2)$$

Trong đó:

Q_1, Q_2 – lưu lượng đến ở đầu và cuối thời đoạn tính toán;

q_1, q_2 – lưu lượng xả tương ứng;

V_1, V_2 – lượng nước có trong hồ ở đầu và cuối thời đoạn Δt;

Z_t – mực nước thượng lưu công trình xả lũ;

Z_h – mực nước hạ lưu công trình xả lũ;

C – tham số biểu thị công trình;

ΔT - Khoảng thời gian của từng thời đoạn tính toán.

Phương trình thủy lực được viết cụ thể tùy vào hình thức của công trình xả lũ và chế độ chảy trên công trình xả. Hồ chứa có công trình xả là đập tràn có cửa van điều tiết thì phương trình (2) có dạng như sau:

- Khi có cửa van và cửa van mở hoàn toàn theo công thức đập tràn có mặt cắt thực dụng:

$$q = \sigma_n . \varepsilon . m . B . \sqrt{2g} . H_0^{\frac{3}{2}}$$

Trong đó:

B: Bề rộng tràn

σ_n : Hệ số chảy ngập, lấy $\sigma_n = 1$

m: Hệ số lưu lượng

ε : Hệ số co hẹp bên

H_o: Cột nước trên tràn; $H_o = H + \frac{\alpha . V^2}{2g}$

Do mặt cắt thượng lưu lớn hơn rất nhiều so với diện tích tràn nước nên ta bỏ qua lưu tốc tới gần V = 0, H_o = H.

- Khi có cửa van và cửa van khi không mở hết, nước chảy dưới cửa van theo công thức:

$$q = \mu.\varepsilon.B.a\sqrt{2g(H-\alpha a)}.$$

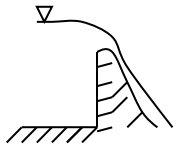
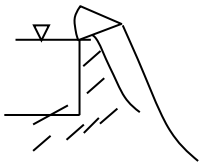
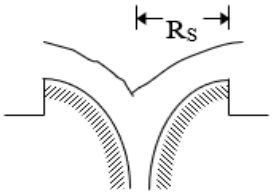
Trong đó:

α: Hệ số co hẹp đứng

a : Độ mở cửa van

Nguyên lý cơ bản của điều tiết lũ kho nước là việc hợp giải phương trình cân bằng nước và phương trình thủy lực. Dưới đây là một số phương pháp thường dùng để tính toán điều tiết kho nước như bảng sau:

Bảng 2.13. Công thức tính lưu lượng qua đập tràn

Kiểu đập tràn	Phương trình	Lưu ý
Tràn tự do 	$Q = \varepsilon m b\sqrt{2g}H_o^{3/2}$	Q - lưu lượng m - hệ số lưu lượng ε hệ số co hẹp bên. b bề rộng ngưỡng tràn H_o- chênh lệch giữa mự nước hồ và ngưỡng tràn
Tràn qua cửa van 	$Q = \frac{3}{2}\sqrt{2g}CL(H_1^{3/2} - H_2^{3/2})$	H_1 - tổng cột nước tới đáy của cửa van H_2 - tổng cột nước tới đỉnh của cửa van C - hệ số phụ thuộc độ mở cửa van
Giếng tràn tháo lũ 	$Q = C_0(2\pi R_S)H^{3/2}$	C_0 - hệ số quan hệ với H và RS RS - bán kính đỉnh đường tràn H - tổng cột nước

2.3.1.1. Tính toán điều tiết lũ bằng mô hình HEC-HMS

HEC-HMS được phát triển từ mô hình HEC-1, dùng để mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy, bao gồm các phương pháp tính dòng chảy lưu vực, diễn toán, phân tích tần suất lưu lượng, xả hồ và vỡ đập. Mô hình phù hợp với các lưu vực nhỏ, nơi không có hoặc đã mất trạm đo lưu lượng. HEC-HMS được ứng dụng rộng rãi ở nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam, đặc biệt tại miền Trung, Tây Nguyên và vùng núi phía Bắc. HEC-HMS cho phép: Mô phỏng diễn biến dòng chảy lũ; Tính toán lũ thiết kế; Dự báo dòng chảy lũ; Điều tiết lũ

qua hồ chứa. Trong đề tài chúng tôi ứng dụng mô hình này để tính điều tiết dòng chảy lũ qua hồ chứa. Do vậy chúng tôi chỉ thiết lập 2 chức năng chính trong mô hình:

1- Lũ đến hồ chứa dùng Source Creation Tool

2- Thiết lập hồ chứa dùng Reservoir Creation Tool

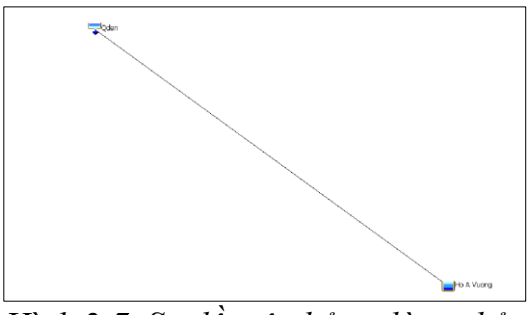
Trong thiết lập hồ chứa thì thiết lập các đặc tính lòng hồ, quan hệ Z-W và Z-F, mực nước hồ. Gắn vào hồ là các công trình xả lũ và phát điện và vỡ đập , dùng Dam Tops hoặc Spilway để thiết lập công trình xả, dùng Addictional Realease để thiết lập lưu lượng dùng phát điện và Dam Break để thiết lập vỡ đập.

2. Xây dựng mô hình điều tiết lũ các hồ chứa

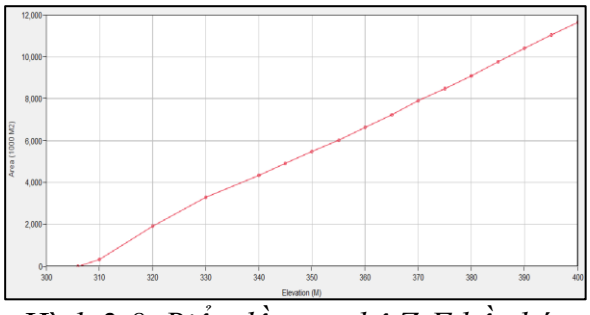
- Thiết lập mạng lưới: mô hình mô phỏng điều tiết lũ từ hồ thuỷ điện bao gồm hai thành phần đó là: để mô phỏng dòng chảy lũ đến hồ, và để mô phỏng hồ chứa. [88]

- Thiết lập dòng chảy đến hồ: lưu lượng dòng chảy đến hồ thiết lập ở Components => Time series Data Manager => Discharge Gages

- Thiết lập hồ chứa



Hình 2-7. Sơ đồ mô phỏng dòng chảy đến hồ



Hình 2-8. Biểu đồ quan hệ Z-F hồ chứa

2.4. SỐ LIỆU DÙNG TRONG NGHIÊN CỨU

2.4.1. Số liệu khí tượng, thuỷ văn

Số liệu khí tượng thuỷ văn được dùng trong nghiên cứu gồm hệ thống mạng lưới khí tượng thuỷ văn quốc gia gồm 3 trạm khí tượng, 18 trạm đo mưa và 11 trạm thuỷ văn, ngoài ra còn có 31 trạm đo mưa độc lập và 29 các trạm chuyên dùng chi tiết đã nêu trong mục **2.1.7.**

- Các số liệu dùng trong hiệu chỉnh kiểm định mô hình lũ. Đề tài đã thu thập các số liệu mưa giờ, mực nước giờ của tất cả các trạm đo mưa trên lưu vực và số liệu vận hành của các thuỷ điện lớn của các trận lũ lớn trên lưu vực: Trận lũ từ ngày 27/9 - 02/10/2009; Trận lũ ngày 14-19/11/2013; Trận lũ ngày 03-13/11/2017; Trận lũ ngày 07-13/10/2020; Trận lũ ngày 26/10-01/11/2020; Trận lũ ngày 14/10- 24/10/2021; Trận lũ ngày 9/10-17/10/2022

2.4.2. Số liệu vết lũ lịch sử:

Đề tài đã tiến hành khảo sát thực địa tại các khu vực trũng, ngập lụt trọng điểm trên lưu vực sông nhằm đánh giá thực trạng ngập lụt. Đồng thời, thu thập và kế thừa bộ dữ liệu vết lũ năm 2010 từ đề tài cấp Bộ *"Ứng dụng công nghệ GIS để xây dựng bản đồ chỉ huy phòng tránh lũ lụt tỉnh Quảng Nam" (2012)*, gồm 366 vết lũ trên toàn lưu vực**.** Đây là nguồn dữ liệu quan trọng phục vụ đánh giá hiện trạng ngập lụt và hiệu chỉnh, kiểm định mô hình mô phỏng ngập lụt**.**

2.4.3. Số liệu địa hình

- Bản đồ địa hình tỷ lệ 1/10.000 và 1/5.000 do Bộ TN&MT cung cấp.

- Dữ liệu DEM độ phân giải 25x25m toàn tỉnh Quảng Nam và TP.Đà Nẵng và 5x5m cho các khu vực trọng điểm.

- DEM thành phố Đà Nẵng do Sở Xây dựng lập năm 2016.

- Bản đồ hiện trạng sử dụng đất mới nhất trong dự án Quy hoạch tỉnh Quảng Nam, Thành phố Đà Nẵng giai đoạn 2021-2030 và tầm nhìn đến 2050. Trong các dự án này Viện trực tiếp thực hiện phần Quy hoạch thuỷ lợi và PCTT.

- Đề tài đã thu thập dữ liệu khảo sát địa hình sông, đường, cầu, cống (2010-2012 - Do Bộ TNMT thực hiện, năm 2018 do Phòng Thí Nghiệm trọng điểm về Động lực học và Sông biển thực hiện và đo đạc bổ sung năm 2022.

Ngoài bộ số liệu năm 2010-2012, đề tài đã thu thập và cập nhật dữ liệu địa hình năm 2018**,** gồm 111 mặt cắt sông**,** 378 mặt cắt cầu cống qua đường và 238,9 km tuyến đường cản lũ (cao tốc, quốc lộ, tỉnh lộ).

Theo đề cương được phê duyệt, năm 2022 thực hiện đo bổ sung 138 mặt cắt sông**,** 202 cầu cống với 404 mặt cắt (thượng và hạ lưu)**.** Tổng chiều dài đo đạc theo kế hoạch là 29,280 km trên cạn và 28,325 km dưới nước, tuy nhiên thực tế đạt 41,34 km trên cạn và 41,86 km dưới nước**,** cùng 296,88 km tuyến đường cản lũ**.***(chi tiết trong tập tài liệu khảo sát kèm theo)*

2.4.4. Số liệu viễn thám

Đề tài ứng dụng công nghệ viễn thám để đánh giá thực trạng và xác định phạm vi ngập lụt trên các lưu vực sông thuộc vùng nghiên cứu, cung cấp dữ liệu khách quan và có độ tin cậy cao phục vụ kiểm định, hiệu chỉnh mô hình mô phỏng ngập lụt**.**

Cụ thể, đề tài đã sử dụng kết quả xử lý ảnh vệ tinh (quang học và radar) cho 5 trận lũ điển hình trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong các năm 2016, 2017, 2020, 2021 và 2022, do Trung tâm Thông tin và Dữ liệu Viễn thám thực hiện trong khuôn khổ đề tài.

2.4.5. Số liệu các công trình phòng chống lũ

Các công trình phòng chống lũ trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn gồm hệ thống hồ chứa thủy lợi, thủy điện, công trình cắt lũ thượng nguồn, đê kè, đập dâng và các tuyến giao thông có tác động đến dòng chảy. Thông số cơ bản của các công trình này đã được trình bày chi tiết tại mục **2.1.9**.

Hiện nay, các hồ chứa trên lưu vực vận hành theo Quy trình vận hành liên hồ chứa sông Vu Gia – Thu Bồn, được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1865/QĐ-TTg ngày 23/12/2019.

Bên cạnh đó, một số hồ chứa có quy trình vận hành riêng, gồm:

Thủy điện Sông Bung 2 – Quyết định số 106/QĐ-BCT ngày 22/6/2021;

Thủy điện Sông Bung 4 – Quyết định số 109/QĐ-BCT ngày 27/1/2022;

Thủy điện A Vương – Quyết định số 2576/QĐ-UBND ngày 18/9/2020;

Thủy điện Sông Tranh 2 – Quyết định số 147/QĐ-BCT ngày 08/2/2022;

Thủy điện Sông Côn 2 – Quyết định số 5306/QĐ-BCT ngày 30/7/2013.

Các quy trình này là căn cứ pháp lý và kỹ thuật quan trọng phục vụ công tác điều tiết, phòng chống lũ và vận hành an toàn hệ thống hồ chứa trên toàn lưu vực.

2.4.6. Số liệu về dân sinh kinh tế - xã hội định hướng phát triển trên lưu vực

Đề tài đã tiến hành thu thập, tổng hợp và phân tích các dữ liệu nền về điều kiện kinh tế - xã hội, bao gồm dân số, tình hình phát triển và định hướng phát triển kinh tế - xã hội của khu vực nghiên cứu, nhằm phục vụ cho công tác tính toán và đánh giá rủi ro lũ tổng hợp. Các số liệu được sử dụng được trích xuất từ hai dự án **Quy hoạch tỉnh Quảng Nam** và **Quy hoạch thành phố Đà Nẵng** thời kỳ **2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050**, đã được **Thủ tướng Chính phủ phê duyệt năm 2023**. Chi tiết đã nêu tại mục **2.1.10**

Kết luận chương 2:

Trong chương này, đề tài đã trình bày toàn diện về đặc điểm tự nhiên, điều kiện kinh tế - xã hội và cơ sở khoa học – phương pháp nghiên cứu được áp dụng cho khu vực nghiên cứu, bao gồm:

1- Đặc điểm tự nhiên vùng nghiên cứu: Mạng lưới quan trắc khí tượng – thủy văn; đặc điểm mưa, lũ, ngập lụt và thiệt hại do lũ trên lưu vực; hiện trạng các công trình phòng chống lũ; tình hình phát triển kinh tế - xã hội trên lưu vực.

2 - Phương pháp nghiên cứu được lựa chọn phù hợp với đặc thù lưu vực và mục tiêu của đề tài.

3 - Cơ sở khoa học làm nền tảng cho việc phân tích, đánh giá và mô phỏng các hiện tượng lũ, ngập lụt.

4 - Nguồn số liệu sử dụng, được thu thập, tổng hợp và khảo sát bổ sung từ nhiều nguồn tin cậy.

Những nội dung và kết quả trên là cơ sở khoa học quan trọng định hướng cách tiếp cận và phương pháp thực hiện nghiên cứu trong các chương tiếp theo. Bộ dữ liệu sử dụng, được xây dựng trong chương này không chỉ phục vụ trực tiếp cho các nội dung của đề tài mà còn là nguồn tư liệu có giá trị, có thể được kế thừa và sử dụng trong các nghiên cứu tiếp theo trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn.

CHƯƠNG 3: ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

3.1. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRONG ĐIỀU KIỆN BÌNH THƯỜNG

3.1.1. Đặc điểm mưa và sự hình thành lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn

3.1.1.1. Các hình thế thời tiết thường gây mưa lớn, sinh lũ

Mưa lớn tại khu vực Trung Trung Bộ, đặc biệt trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn (LVS VG-TB), chủ yếu do ảnh hưởng của các hình thế thời tiết đặc biệt như bão, áp thấp nhiệt đới, dải hội tụ nhiệt đới (ITCZ), không khí lạnh, rìa lưỡi cao áp Thái Bình Dương, nhiễu động sóng đông, và đặc biệt là sự kết hợp đồng thời của nhiều hình thế.

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, tần suất và cường độ của các hiện tượng thời tiết cực đoan ngày càng gia tăng. Nhiệt độ không khí tăng làm khả năng giữ ẩm của khí quyển cao hơn, dẫn đến các khối khí ẩm lớn gây mưa với cường độ mạnh hơn. Theo TS. David Novak (NOAA), nhiệt độ bề mặt biển tăng khiến điều kiện hình thành bão nhiệt đới thuận lợi hơn, đồng thời khối khí nóng chứa nhiều hơi ẩm hơn sẽ tạo ra lượng mưa lớn hơn, nhất là ở các vùng có nhiệt độ cao [3].

3.1.1.2. Bão, áp thấp nhiệt đới (ATNĐ)

Bão và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) là nguyên nhân chính gây mưa lớn ở Trung Bộ và lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn (VG-TB). Từ 1891–2002, có 533 cơn bão đổ bộ Việt Nam, trong đó 77,3% ảnh hưởng miền Trung (trung bình 3,7 cơn/năm), và gần đây có xu hướng tăng.

Mưa do bão/ATNĐ thường mạnh, diện rộng, đi kèm dông, do không khí nóng ẩm từ biển kết hợp với hoàn lưu bão. Lượng mưa phụ thuộc vào quy mô, hướng, tốc độ và vị trí bão, có thể tăng khi tương tác với dải hội tụ nhiệt đới hoặc gió Đông Nam mạnh.

Mùa mưa bão kéo dài từ tháng 6–12, tập trung tháng 8–11, thường gây mưa lớn, lũ lớn. Khi bão đổ bộ trực tiếp, còn gây nước biển dâng, tăng nguy cơ ngập lụt nghiêm trọng.

Bão Damrey (2017) là ví dụ điển hình: Từ 3–8/11, Quảng Nam mưa trung bình 574mm, nhiều nơi vượt 1.000mm. Mực nước sông Vu Gia tại Ái Nghĩa đạt 10,11m, sông Thu Bồn tại Câu Lâu đạt 5,15m (đều vượt báo động III). Bão gây thiệt hại nặng: 106 người chết, 197 người bị thương, hơn 116.000 nhà bị phá huỷ hoặc hư hỏng.

3.1.1.3. Dải hội tụ nhiệt đới (ITCZ)

Dải hội tụ nhiệt đới (ITCZ) là hiện tượng đặc trưng mùa hè - thu ở miền nhiệt đới. Tại Việt Nam, ITCZ xuất hiện từ tháng 5, di chuyển dần lên phía Bắc, đạt cực đại khoảng vĩ tuyến 30°N vào tháng 7, sau đó dịch dần về Nam.

ITCZ ảnh hưởng đến miền Trung chủ yếu trong tháng 9 và 10, gây mưa kéo dài, cường độ không lớn. Tuy nhiên, khi kết hợp với các hình thế thời tiết khác, có thể gây mưa lớn trên lưu vực.

Trong thời kỳ đầu hè (mưa tiểu mãn), ITCZ phối hợp với rãnh gió mùa tạo mưa lớn cục bộ. Dù có năm ghi nhận lượng mưa ngày lớn nhất trong giai đoạn này, do đang là mùa cạn, mưa dễ bị tổn thất và thường chỉ gây lũ nhỏ.

3.1.1.4. Gió mùa Đông Bắc (GMĐB)

Gió mùa Đông Bắc (GMĐB) hoạt động từ cuối tháng 11 đến cuối tháng 3, mạnh nhất vào các tháng 12, 1 và 2. Xuất phát từ lục địa châu Á, GMĐB khi vào Việt Nam là khối không khí lạnh, khô; tuy nhiên, khi di chuyển về phía Nam và qua ven biển Trung Bộ, khối khí biến tính trở nên ấm và ẩm hơn.

GMĐB thường xuất hiện theo từng đợt (chu kỳ 6–7 ngày), gây nhiễu động khí quyển (front cực đới) – nguyên nhân chính gây mưa Đông Xuân ở miền Bắc. Tại miền Trung, front yếu hơn do chênh lệch nhiệt độ thấp, nhưng vẫn có thể gây mưa lớn khi tương tác với địa hình Trường Sơn hoặc kết hợp với các hệ thống khác như ITCZ, bão hay ATNĐ.

Tại lưu vực Vu Gia – Thu Bồn, đầu mùa GMĐB chịu ảnh hưởng chủ yếu của tín phong Đông Bắc (tháng 10–11), chuyển dần sang Đông Nam vào tháng 3–4. GMĐB phát triển mạnh vào giữa mùa (tháng 12–2), lấn át tín phong và trở thành yếu tố chi phối hoàn lưu khí quyển khu vực.

3.1.1.5. Kết hợp các hình thế thời tiết nguy hiểm

Khi các hình thế thời tiết nguy hiểm kết hợp với nhau thường gây ra mưa rất lớn, diễn biến mưa, lũ phức tạp, gây khó khăn cho công tác phòng chống. Có thể kể đến một số hình thế sau:

a) Hình thế không khí lạnh mạnh kết hợp với xoáy thấp phát triển

Không khí lạnh kết hợp xoáy thấp là hình thế thời tiết điển hình gây mưa lớn ở miền Trung, thường xảy ra trong giai đoạn chuyển mùa (tháng 9–12), mạnh nhất vào tháng 10. Khi không khí lạnh từ Hoa Nam tràn xuống, hình thành lưỡi lạnh bao phủ Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, đồng thời vùng áp thấp xuất hiện ở Nam Trung Bộ. Tương tác giữa gió Đông của áp cao cận nhiệt và nhiễu động phía bắc của xoáy thấp tạo vùng hội tụ gió mạnh, kéo dài từ Thanh Hóa đến Quảng Ngãi.

Trận lũ lịch sử đầu tháng 11/1999 là ví dụ điển hình. Mưa lớn xảy ra diện rộng, Thừa Thiên Huế ghi nhận lượng mưa kỷ lục 977mm/ngày (3/11). Mực nước các sông Vu Gia – Thu Bồn vượt báo động III và duy trì trong hơn 2 ngày. Đợt lũ tháng 12 tiếp theo tiếp tục vượt BĐ III tại nhiều trạm.

Thiệt hại kinh tế ước tính 758 tỷ đồng, trong đó Đà Nẵng: 611 tỷ, Quảng Nam: 147 tỷ.

b) Không khí lạnh mạnh tương tác với đới gió Đông trên cao

Từ tháng 10–12, khối áp cao lạnh ở Đông Bắc Trung Quốc thường gây các đợt không khí lạnh tăng cường xuống phía Nam, hình thành vùng gió mạnh mang ẩm từ biển vào Trung Trung Bộ. Kết hợp với áp cao cận nhiệt đới hoạt động ở tầng 700mb và địa hình chắn gió Trường Sơn, tạo dòng thăng cưỡng bức gây mưa lớn.

Đợt mưa từ 18–26/11/2017 do hình thế này gây ra đã khiến Quảng Nam mưa rất to, lượng mưa trung bình 586mm, nhiều nơi vượt 900mm (Trà My 987mm). Lũ trên sông Vu Gia và Thu Bồn vượt báo động II và I, kéo dài nhiều giờ liền.

c) Hình thế không khí lạnh mạnh kết hợp với dải hội tụ nhiệt đới (ITCZ)

Từ tháng 9 đến 11 (đặc biệt là tháng 10), hình thế không khí lạnh từ Trung Quốc kết hợp với ITCZ hoạt động mạnh (trong khoảng 13 - 17 độ vĩ Bắc) thường gây mưa lớn cho Trung Bộ. Gió Đông/NĐB mang ẩm từ biển vào, gặp địa hình Trường Sơn tạo dòng thăng cưỡng bức gây mưa. Trên mực 850mb, mưa chủ yếu do xoáy thuận trên trục ITCZ di chuyển vào khu vực qua rìa áp cao cận nhiệt.

Kết luận: *Mưa lớn trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn chủ yếu do bão, ATNĐ, không khí lạnh, ITCZ và đặc biệt khi các hình thế này tương tác với nhau.*

3.1.1.6. Sự hình thành lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

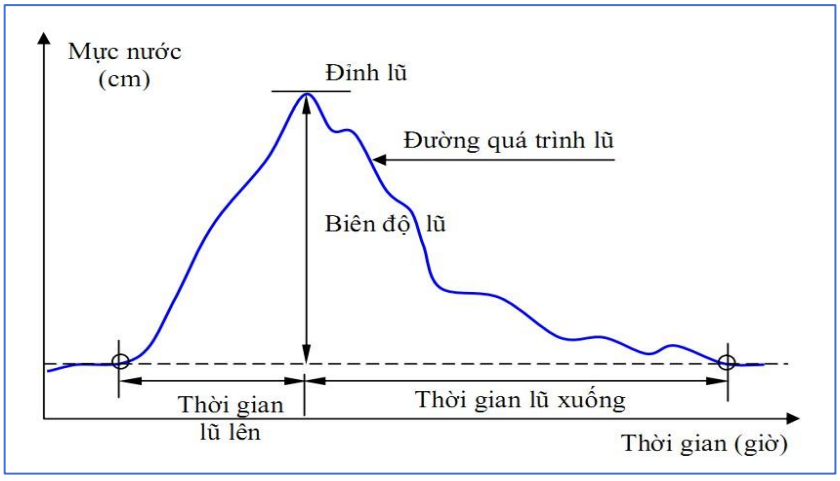
1. Khái niệm lũ lớn

Lũ là hiện tượng mực nước sông lên cao trong một khoảng thời gian nhất định, sau đó từ từ rút xuống. Khi nước sông lên cao (do mưa lớn hoặc/và triều cao), vượt qua khỏi bờ, chảy tràn vào các vùng trũng và gây ra ngập trên diện rộng trong một khoảng thời gian nào đó là ngập lụt. Theo Thông tư 22/2019/TT-BTNMT, lũ được phân cấp theo đỉnh lũ:

Lũ nhỏ: Hmax < HmaxP70%.

Lũ trung bình: Hmax từ HmaxP70% đến HmaxP30%.

Lũ lớn: Hmax > HmaxP30%.



Hình 3-1. Đồ thị diễn tả một quá trình lũ [7]

Ngoài ra còn có **lũ cực hạn (PMF)** – trận lũ lớn nhất có thể xảy ra về mặt lý thuyết, sinh ra bởi tổ hợp điều kiện khí tượng thủy văn bất lợi nhất; và **lũ quét**

– loại lũ lớn, bất ngờ, xảy ra trên sông suối nhỏ, lên xuống nhanh (3–6 giờ), tốc độ mạnh, cuốn trôi bùn đá, gây thiệt hại nghiêm trọng.

2. Các yếu tố ảnh hưởng đến dòng chảy lũ

a) Yếu tố khí hậu

Việt Nam có khí hậu nhiệt đới gió mùa, trong đó lũ chủ yếu do mưa lớn gây ra. Trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, lũ lớn xảy ra thường xuyên do mưa cực lớn, địa hình chia cắt mạnh và việc xả lũ từ các hồ thủy điện. Khu vực thượng nguồn là tâm mưa lớn của cả nước, với lượng mưa hàng năm đạt 3.000–4.000 mm, cao hơn nhiều so với mức trung bình 1.900 mm toàn quốc. Tuy nhiên, mưa phân bố không đều, có thể dồn dập hàng nghìn mm chỉ trong vài ngày, là nguyên nhân chính gây lũ trên các sông trong vùng.

b) Yếu tố địa hình

Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn dốc từ Tây sang Đông, với 75% diện tích là đồi núi, phần còn lại là đồng bằng, đầm phá và cồn cát. Địa hình dốc khiến lũ lên nhanh, vùng đồng bằng thấp sát núi cũng ngập lụt nhanh sau mưa lớn. Do đồng bằng nhỏ hẹp gần biển, ngập lụt thường kéo dài 1-2 ngày, nhưng khi có mưa lớn kéo dài do nhiều hình thế thời tiết, ngập có thể kéo dài hơn.

c) Yếu tố thảm phủ thực vật

Thảm phủ thực vật và ao hồ, đầm lầy ảnh hưởng lớn đến điều tiết dòng chảy lũ. Vùng có thảm thực vật che phủ cao thì khả năng điều tiết lũ tốt hơn, hệ số dòng chảy giảm. Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn có thảm thực vật phong phú, che phủ trên 60%, giúp giảm tốc độ và lượng lũ về hạ du, đồng thời tăng trữ nước ngầm mùa cạn. Ao hồ, đầm phá chiếm gần 5% diện tích, chủ yếu gần biển nên tác dụng điều tiết lũ hạn chế.

d) Yếu tố con người

Chế độ dòng chảy sông suối có sự thay đổi rất lớn khi có sự can thiệp từ các hoạt động của con người, như xây dựng các công trình thủy lợi, xây dựng hồ chứa, thay đổi độ che phủ thực vật. Hồ chứa có tác dụng điều tiết dòng chảy, làm giảm lượng dòng chảy mùa lũ và tăng lượng dòng chảy cho mùa cạn. Tuy

nhiên, những hồ chứa thủy điện nếu vận hành tích, xả nước không phù hợp sẽ có thể làm gia tăng mức độ ngập lụt ở hạ du.

3. Chế độ lũ

a) Thời gian truyền lũ, truyền lũ

Thời gian tập trung nước trên lưu vực phụ thuộc vào đặc điểm thảm phủ, độ dốc và hình dạng lưu vực. Tốc độ truyền lũ trên sông phụ thuộc vào độ dốc, địa hình lòng sông. Ngoài những nhân tố ít biến động trên, tốc độ tập trung nước trên lưu vực, truyền lũ trên sông còn phụ thuộc vào tính chất mưa, gồm cường độ mưa, thời gian mưa và phân bố mưa.

Nhìn chung, các sông suối thuộc LVS VG-TB được bắt nguồn từ vùng núi cao, độ dốc lòng sông lớn, sông suối ngắn và bị cắt xẻ mạnh nên tốc độ truyền lũ từ thượng nguồn về vùng hạ lưu lớn.

b) Phân bố lũ trong năm

LVS VG-TB có mùa lũ hàng năm từ tháng 10 đến tháng 12. Tuy nhiên mùa lũ ở đây cũng không ổn định, nhiều năm lũ xảy ra từ tháng 9 và cũng nhiều năm sang tháng 1 của năm sau vẫn có lũ, điều này chứng tỏ lũ lụt ở lưu vực có sự biến động khá mạnh mẽ.

- Lũ xảy ra vào tháng 9 đến nửa đầu tháng 10 gọi là lũ sớm.
- Lũ xảy ra vào tháng 12 hoặc sang tháng 1 năm sau gọi là lũ muộn.
- Lũ lớn nhất trong năm thường xảy ra vào nửa cuối tháng 10 và tháng 11.

Bảng 3.1. Đặc trưng dòng chảy mùa lũ trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

Đặc trưng		**Thành Mỹ**	**Nông Sơn**
Mùa	**Các đặc trưng thể hiện**		
Mùa lũ	Q (m^3/s)	300	734
	M ($l/s.km^2$)	162	233
	TGXH	Tháng 10 - 12	Tháng 10 - 12
	% so với năm	62,6	68,2
Tháng lớn nhất	Q (m^3/s)	385	978
	M ($l/s.km^2$)	208	310
	TGXH	Tháng 11	Tháng 11
	% so với năm	26,7	30,3

c) Lũ sớm, lũ muộn

Lũ sớm thường xuất hiện từ tháng 9 đến nửa đầu tháng 10, chiếm khoảng 25–32% số trận lũ lớn hằng năm. Do mưa chưa mạnh, diện mưa hẹp, đất còn khô nên lũ sớm thường nhỏ, chỉ có một đỉnh.

Lũ muộn xuất hiện vào tháng 12 đến giữa tháng 1 năm sau, chiếm 24–28% số trận lũ lớn. Giai đoạn này ít mưa lớn, chủ yếu do gió mùa Đông Bắc và chỉ kéo dài khoảng 10 ngày giữa tháng 12, nên ít khả năng gây lũ lớn.

d) Lũ chính vụ

Lũ chính mùa xuất hiện vào tháng 10 và 11 do các hình thế thời tiết mạnh như bão, ATNĐ, gió mùa Đông Bắc gây mưa lớn kéo dài khi mặt đất đã bão hòa và mực nước sông suối cao, nên thường là lũ lớn nhất năm. Các hình thế này có thể hoạt động độc lập hoặc kết hợp, gây mưa rộng và kéo dài, thậm chí tạo ra lũ kép với nhiều đỉnh. Lũ chính vụ có đỉnh, lưu lượng và cường suất lớn, kéo dài nhiều ngày.

Bảng 3.2. Tần suất lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất tại trạm Thành Mỹ (sông Vu Gia) và trạm Nông Sơn (sông Thu Bồn).

Trạm	**F_{lv} (km^2)**	**Q_{max} (m^3/s)**	**Cv**	**Cs**	**Q_p**			
					0,1%	**0,5%**	**1%**	**5%**
Thành Mỹ	1.850	3.459	0,49	0,98	11,17	9,37	8,57	6,63
Nông Sơn	3.150	6.036	0,38	0,76	15,71	13,58	12,62	10,23

Địa hình dốc với mạng sông tỏa tia và mưa tập trung rộng khiến lũ trên sông Thu Bồn mang tính lũ núi: cường suất lớn, thời gian lên–xuống nhanh, đỉnh nhọn, biên độ cao, có khi mực nước dâng vài mét trong 1 giờ. Thượng du thường xảy ra lũ quét hàng năm, bình quân mỗi năm 4–5 trận (nhiều nhất 7–8), đặc biệt vào tháng 10–11, với 50% năm quan trắc vượt báo động III (mô đun đỉnh lũ 1,6–1,7 $m^3/s \cdot km^2$). Kỷ lục là trận lũ tháng 11/1964 đạt 18.250 m^3/s (mô đun 5,79 $m^3/s \cdot km^2$). Trong Bảng 3.2 trình bày về tần suất lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất và số trận lũ chính vụ xảy ra trong tháng 10 và tháng 11 được thể hiện trong Bảng 3.3.

Bảng 3.3. Số trận lũ chính vụ xảy ra trong tháng 10, 11 (từ năm 1980 đến năm 2020)

Trạm	Đặc trưng	Trên BĐ1 đến <BĐ2	Từ BĐ2 đến <BĐ3	Từ BĐ3 trở lên
Thành Mỹ	Tổng số trận lũ	216	32	1
	TB số trận lũ/năm	5,4	0,8	0,025
Nông Sơn	Tổng số trận lũ	103	53	25
	TB số trận lũ/năm	2,6	1,3	0,6
Ái nghĩa	Tổng số trận lũ	247	78	29
	TB số trận lũ/năm	6,2	2	0,7
Giao Thủy	Tổng số trận lũ	115	68	8
	TB số trận lũ/năm	2,9	1,7	0,2

e) Lũ lớn nhất năm

Lũ lớn nhất trong năm xuất hiện thường là do bão, áp thấp nhiệt đới; bão kết hợp với gió mùa đông bắc (GMĐB), hoặc ATNĐ kết hợp với GMĐB gây mưa rất lớn. Thời gian xuất hiện lũ lớn nhất thường vào tháng 10 và tương đối đồng đều trong tỉnh. Theo số liệu đo đạc từ 1980-2020, khả năng xuất hiện lũ lớn nhất năm của các tháng tại một số trạm trên LVS VG-TB như sau (Bảng 3.4).

Bảng 3.4. Khả năng xuất hiện lũ lớn trong năm.

Sông	Trạm	Tần Suất	Tháng					
			5	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Vu Gia	Thành Mỹ	%	0	2,5	5	22,5	67,5	2,5
	Ái Nghĩa	%	2,5	0	7,5	42,5	77,5	12,5
Thu Bồn	Nông Sơn	%	0	0	7,5	20	95	27,5
	Giao Thủy	%	0	0	7,5	47,5	95	22,5

f) Đỉnh lũ lớn nhất năm

Đỉnh lũ lớn nhất hàng năm có sự dao động rất lớn. Chẳng hạn, trên sông Thu Bồn, tại trạm Giao Thủy, đỉnh lũ năm 2007 là 9,28m, trong khi đỉnh lũ

năm 2014 là 4,31 m, năm 2019 là 3,67 m. Các đặc trưng đỉnh lũ cao nhất trong thời kỳ quan trắc được trình bày trong (Bảng 3.5).

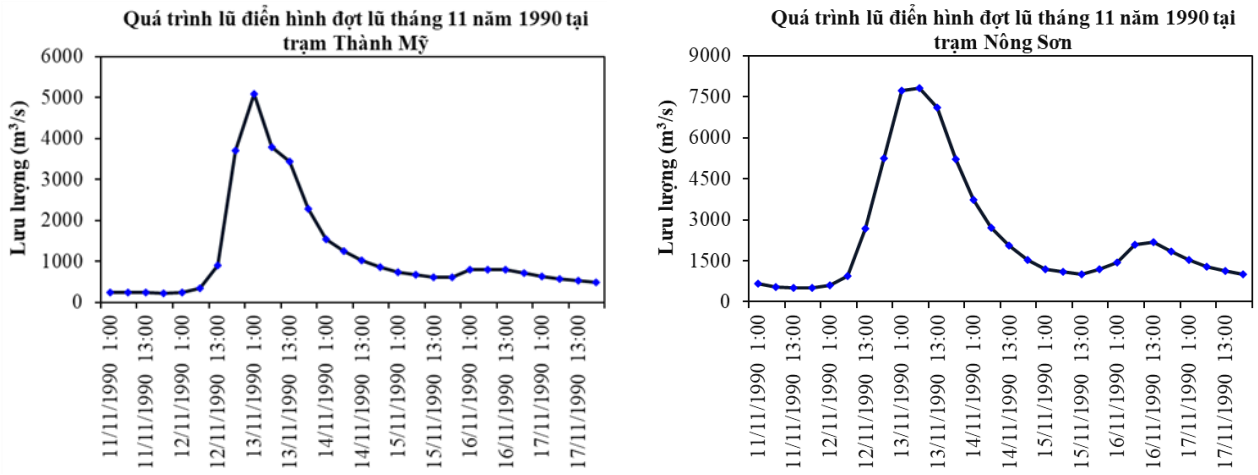
Bảng 3.5. Đặc trưng đỉnh lũ lớn nhất năm (từ 1980-2022)

Sông	Trạm	Mực nước đỉnh lũ trong năm (m)		
		Lớn nhất	Trung bình	Thấp nhất
Vu Gia	Thành Mỹ	25,41	18,84	13,34
	Ái Nghĩa	10,10	8,49	5,87
Thu Bồn	Nông Sơn	17,49	13,52	8,83
	Giao Thủy	9,28	7,60	3,67

g) Một số trận lũ đặc biệt

Trận lũ lịch sử tháng 11/1964 do hai cơn bão liên tiếp (Iris ngày 4/11, Joan ngày 8/11) kết hợp không khí lạnh gây mưa lớn trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn. Đây là trận lũ lớn nhất từng ghi nhận tại hạ lưu hệ thống sông này, với mực nước vượt BĐ III từ 1,7–2,7m, gây ngập trên 35.000 ha, độ sâu trung bình 1,5m, có nơi trên 3m, thiệt hại nghiêm trọng tại Đà Nẵng và vùng ven biển.

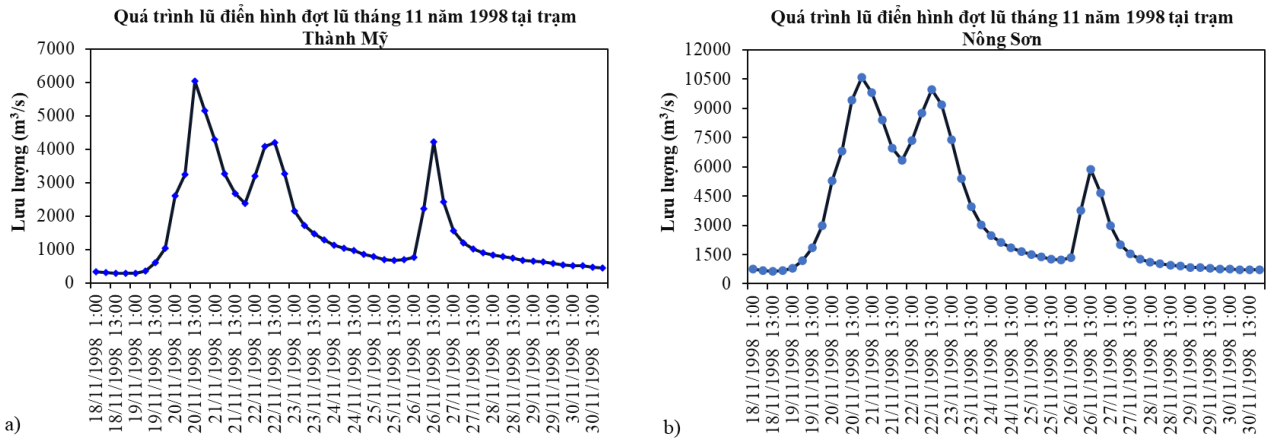
Lũ tháng 11/1990, do bão số 9 kết hợp không khí lạnh, gồm hai đợt liên tiếp, đỉnh lũ tại Câu Lâu đạt 4,37m, vượt BĐ III và kéo dài 21–32 giờ. Lũ gây ngập hơn 20.000 ha đồng bằng, sâu trung bình 2–2,5m, nhiều nơi 3–4m, thời gian ngập từ vài giờ đến vài ngày. Đường quá trình lũ từ ngày 11 - 17/11/1990 tại trạm Thành Mỹ và Nông Sơn được thể hiện trong (Hình 3-2).



Hình 3-2. Quá trình lũ trận lũ tháng 11 năm 1990 tại (a) trạm Thành Mỹ và (b) trạm Nông Sơn

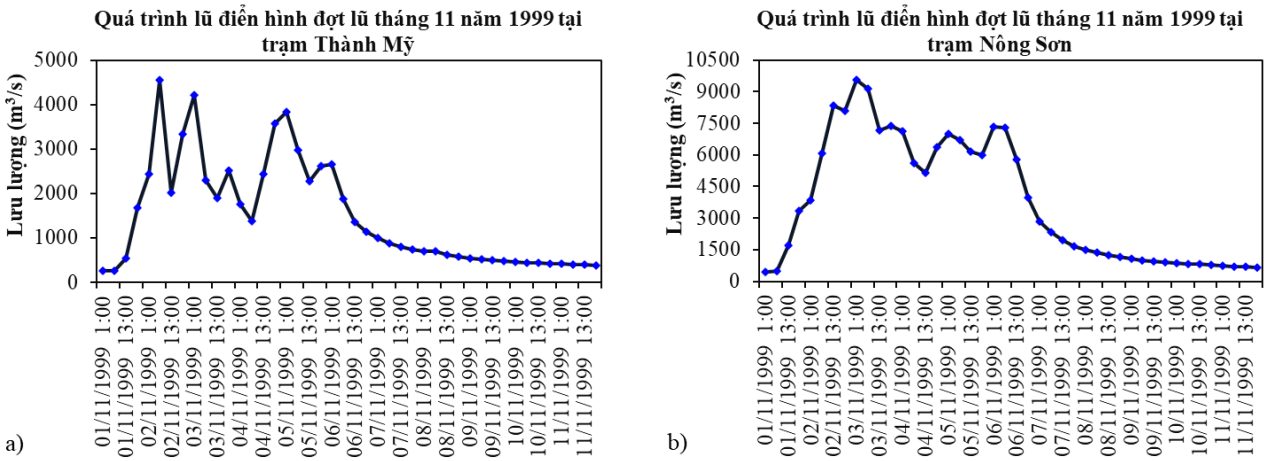
Quá trình xả lũ

Trận lũ từ 18-22/11/1998 do mưa lớn trên diện rộng gây lũ từ báo động II đến trên báo động III ở nhiều sông vùng Thừa Thiên Huế đến Bình Thuận, trong đó lưu vực Vu Gia - Thu Bồn xuất hiện lũ rất lớn. Ngập lụt năm 1998 rất nghiêm trọng với độ sâu từ 1 đến 4m, nơi sâu nhất 4,7m tại Đàn Thượng - Tiên Lập. Vùng ngập chính nằm giữa hai sông Thu Bồn và Vu Gia, kéo dài hơn 2km, mở rộng xuống hạ lưu đến các cồn cát ven biển huyện Điện Bàn, Duy Xuyên, Hòa Vang.

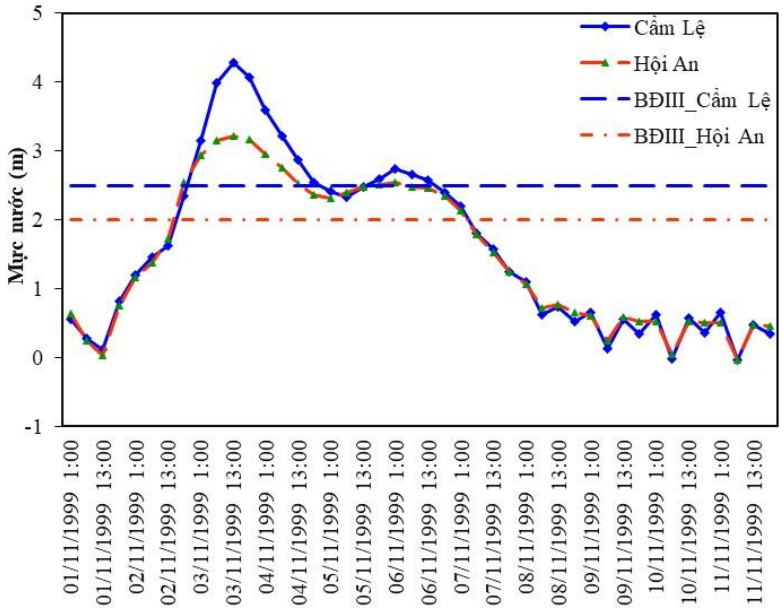


Hình 3-3. Quá trình lũ trận lũ tháng 11 năm 1998 tại (a) trạm Thành Mỹ và (b) trạm Nông Sơn

Trận lũ từ 1-6/11/1999 do không khí lạnh mạnh kết hợp dải hội tụ nhiệt đới và áp thấp nhiệt đới gây mưa rất to, với lượng mưa 450-500mm trong 24h và cường suất lên đến 50-80mm/h, là trận mưa lớn nhất 50 năm qua trên lưu vực Vu Gia - Thu Bồn. Ngập sâu từ 1-4m, sân bay Đà Nẵng ngập 1,5m phải đóng cửa gần 1 ngày, nhiều huyện Quảng Nam và quốc lộ 1A bị ngập, giao thông tê liệt. Lũ 1999 phức tạp, dữ dội hơn và ngập sâu, rộng hơn lũ 1998.



Hình 3-4. Quá trình lũ trận lũ tháng 11 năm 1999 tại (a) trạm Thành Mỹ và (b) trạm Nông Sơn

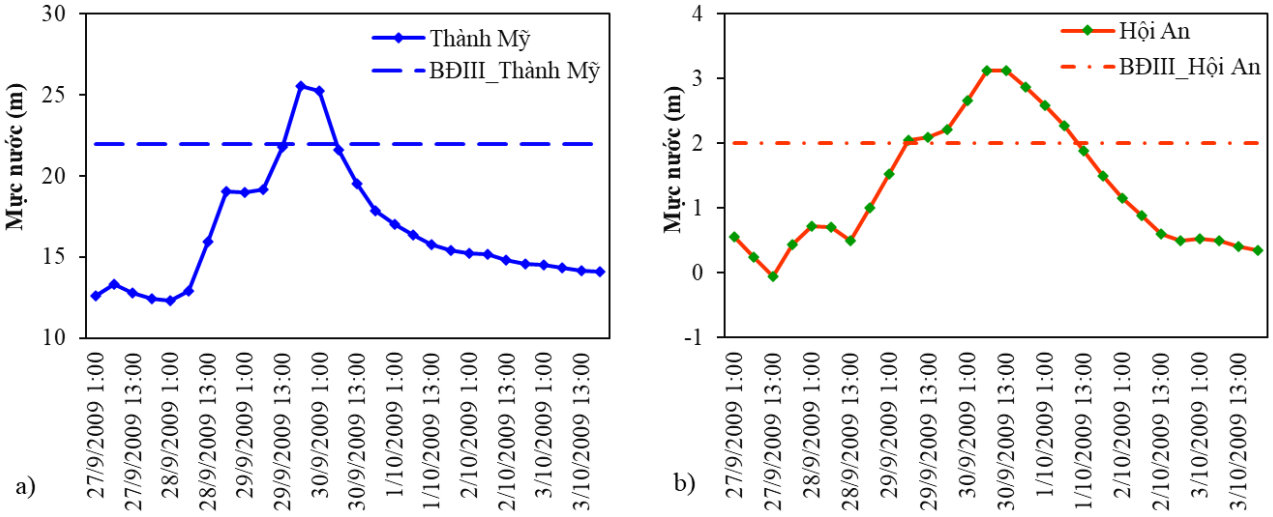


Hình 3-5. Đường quá trình mực nước trận lũ tháng 11 năm 1999 tại Cẩm Lệ và Hội An

Trận lũ 10–13/11/2007 là đợt thứ 5 trong hơn một tháng lũ chồng lên lũ trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn, với mưa 4 ngày ở Quảng Nam – Đà Nẵng phổ biến 500–700 mm (các điểm Ái Nghĩa 763 mm, Hiệp Đức 778 mm, Tiên Sa 772 mm), gây ngập nặng kéo dài.

Cuối tháng 9–đầu tháng 10/2009, bão Ketsana đổ bộ Quảng Nam – Quảng Ngãi kèm mưa 400–600 mm (Trà Bồng 915 mm) và xả lũ đột ngột từ thủy điện A Vương đã gây lũ lớn trên đồng bằng VG–TB. Mưa to đã làm mực nước trên các sông trên LVS VG-TB có biên độ lớn: Hiệp Đức (Thu Bồn) 14,78m, Hội

An (Thu Bồn) 2,63m (Hình 3-6b), Thạnh Mỹ (Vu Gia) 12,37m (Hình 3-6a), đỉnh lũ trên các sông đều vượt mức BĐIII [9][10].



Hình 3-6. Đường quá trình mực nước trận lũ cuối tháng 9 đầu tháng 10 năm 2009 tại (a) Thành Mỹ và (b) Hội An

Trận lũ 15-16/10/2010 do hoàn lưu bão Megi gây mưa vừa đến rất to ở Quảng Nam, tập trung vùng đồng bằng ven biển và miền núi phía Nam, với lượng mưa phổ biến 100-180mm, có nơi trên 300mm. Mực nước sông vượt báo động II.

Từ 15-17/11/2010, không khí lạnh kết hợp áp thấp nhiệt đới gây mưa to đến rất to (100-200mm), chủ yếu ở miền núi phía Tây, có nơi mưa rất lớn trên 500mm, khiến mực nước sông dâng cao.

Mùa lũ 2011 có 3 đợt lũ lớn:

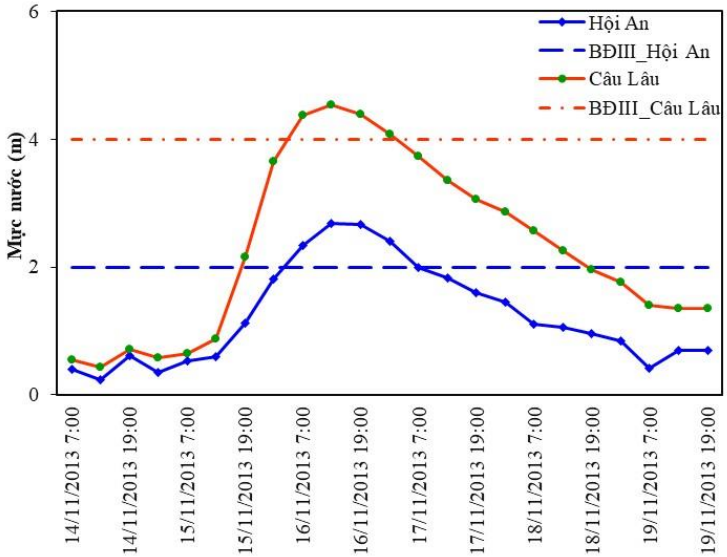
Đợt 1 (15-18/10) do không khí lạnh kết hợp rãnh thấp, mưa 250-300mm, có nơi trên 400mm, mực nước sông lên đến báo động II-III.

Đợt 2 (4-9/11) do không khí lạnh và áp thấp nhiệt đới, mưa 400-450mm, nơi cao trên 700mm, mực nước sông vượt báo động III, gây thiệt hại nặng.

Đợt 3 (22-26/11) mưa 100-200mm, có nơi trên 600mm, tiếp tục gây lũ trên sông.

Mùa lũ 2013 có 5 đợt lũ lớn từ tháng 9 đến 11 với đỉnh lũ trên các sông Vu Gia - Thu Bồn cao hơn mức trung bình từ 7-43%. Đợt lũ cuối cùng (14-17/11) là lớn nhất năm, mực nước Vu Gia tại Ái Nghĩa đạt 10m, trên báo động

III 1m, gây ngập nghiêm trọng. Đây là đợt lũ lớn nhất trong năm 2013 (Hình 3-7) .



Hình 3-7. Đường quá trình mực nước trận lũ tháng 11 năm 2013 tại trạm Câu Lâu và trạm Hội An

Đợt lũ 11–17/12/2016: Do không khí lạnh tăng cường, mưa rộng 300–500 mm (Hiệp Đức 858 mm, Trà My 785 mm, Tiên Phước 740 mm, Nông Sơn 670 mm). Đỉnh lũ Vu Gia tại Ái Nghĩa 9,44 m (vượt BĐ III 0,44 m) lúc 01h00 16/12; Thu Bồn tại Câu Lâu 4,30 m (vượt BĐ III 0,30 m) lúc 07h00 16/12.

Đợt lũ 1 (03–08/11/2017): Do bão số 12, tổng mưa trung bình 574 mm (Trà My 1 400 mm, Tiên Phước 785 mm, Phước Sơn 816 mm, Tam Kỳ 619 mm). Đỉnh lũ Vu Gia tại Ái Nghĩa 10,11 m (vượt BĐ III 1,11 m) lúc 21h00 05/11; Thu Bồn tại Câu Lâu 5,15 m (vượt BĐ III 1,15 m) lúc 06h00 06/11. Hình 3-8 và Hình 3-9 là những hình ảnh minh họa tình trạng ngập lụt tại hạ lưu sông VG-TB trong đợt mưa lũ lớn này.

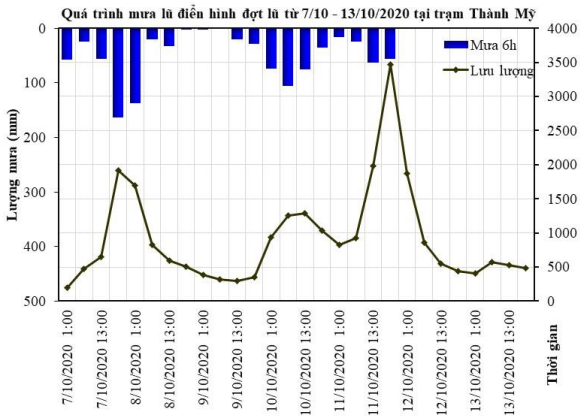
Hình 3-8. Hạ lưu sông Vu Gia chìm trong lũ lớn[11]

Hình 3-9. Ngập lụt ở Hiệp Đức, phía sau thủy điện Sông Tranh 2[11]

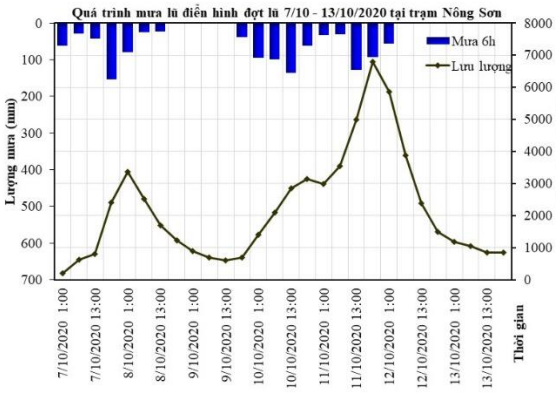
Đợt lũ 2 (18-26/11/2017): Do không khí lạnh kết hợp gió Đông, Quảng Nam có mưa vừa đến rất to, tổng lượng mưa trung bình 586 mm (Trà My 987 mm, Phước Sơn 781 mm, Tiên Phước 735 mm). Đỉnh lũ Vu Gia tại Ái Nghĩa 8,16 m (vượt BĐ II 0,16 m) lúc 10h 20/11; Thu Bồn tại Câu Lâu 2,26 m (vượt BĐ I 0,26 m) lúc 15h 20/11.

Trận lũ lịch sử 6/10 – 1/12/2020: Do hoàn lưu áp thấp nhiệt đới, gió mùa và bão Linfa, với 5 đợt lũ lớn.

Đợt 1 (6-13/10): Mưa lớn 250–300 mm/24h, nơi cao nhất đến 646 mm (Minh Hóa), bão Linfa đổ bộ Quảng Ngãi ngày 11/10 gây mưa rất to ở Trung Trung Bộ từ 11-12/10. Quá trình mưa lũ điển hình đợt lũ 7-13/10/2020 tại trạm Thành Mỹ và Nông Sơn được thể hiện lần lượt trong (Hình 3-10, Hình 3-11).



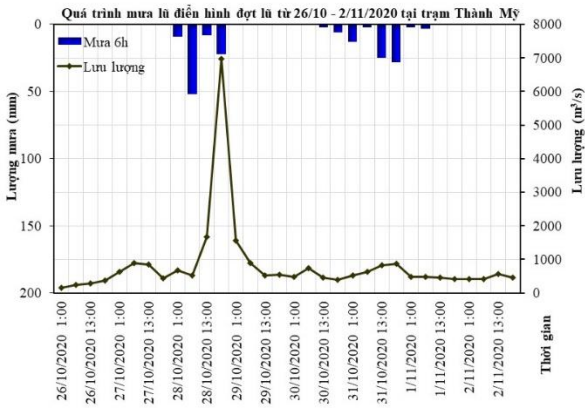
Hình 3-10. Quá trình mưa, lũ đợt lũ từ 7/10-13/10/2020 tại trạm Thành Mỹ



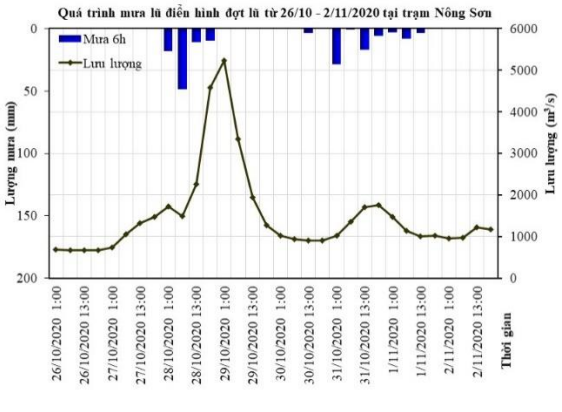
Hình 3-11. Quá trình mưa, lũ đợt lũ từ 7/10-13/10/2020 tại trạm Nông Sơn

Đợt lũ 2 (12/10/2020): Do bão số 7 (Nangka) và áp thấp nhiệt đới Ofel gây mưa lớn kéo dài đến 21/10 tại miền Trung. Ngày 17/10, mực nước sông Vu Gia, Thu Bồn ở mức báo động I và II.

Đợt lũ 3 (25-28/10/2020): Do bão số 8 (Saudel), bão Molave và bão số 9 gây mưa to 200-400 mm, cùng với xả lũ thủy điện, lũ trên sông Vu Gia tại Ái Nghĩa vượt báo động III, sông Thu Bồn cũng lên cao. Đến cuối tháng, mực nước ở Hà Tĩnh đến Quảng Nam giảm dần nhưng vẫn ở mức báo động I-II.



Hình 3-12. Quá trình mưa, lũ đợt lũ từ 26/10-02/11/2020 tại trạm Thành Mỹ



Hình 3-13. Quá trình mưa, lũ đợt lũ từ 26/10-02/11/2020 tại trạm Nông Sơn

Mưa lớn tại lưu vực là kết quả của ba yếu tố chính: gió Nam ẩm từ biển, nhiễu động khí quyển lớn (như bão, áp thấp nhiệt đới, front lạnh) và địa hình Trường Sơn tác động mạnh. Trong đó, nhiễu động khí quyển quyết định mưa lớn xảy ra. Khái niệm lũ lớn và các yếu tố ảnh hưởng được phân tích dựa trên số liệu thực đo lưu lượng, mực nước tại lưu vực Vu Gia - Thu Bồn. Phân tích này cung cấp dữ liệu lịch sử, giúp nâng cao độ chính xác dự báo mưa, lũ, hỗ trợ quản lý và giảm thiểu rủi ro thiên tai.

3.1.2. Phân tích đặc điểm hình thành lũ trước và sau khi xây dựng các công trình thuỷ điện trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

3.1.2.1. Chế độ dòng chảy

1. Chế độ dòng chảy năm

Do lượng mưa năm tại LVS dồi dào nên dòng chảy năm trong sông khá lớn. Tổng lượng dòng chảy năm trung bình nhiều năm khoảng 20,4 tỷ m^3 (chiếm 2,4%) tổng lượng dòng chảy năm của các sông suối nước ta. Dòng chảy phân phối không đều trong năm, lượng dòng chảy trong 3 tháng mùa lũ (tháng

10 - 12) chiếm khoảng 65 - 70% dòng chảy năm; trong khi đó, mùa kiệt kéo dài tới 9 tháng (tháng 1 - 9), nhưng lượng dòng chảy trong mùa này chỉ chiếm 30 - 45% dòng chảy năm.

Bảng 3.6. Thông số dòng chảy năm các sông chính trên lưu vực sông VG-TB [13]

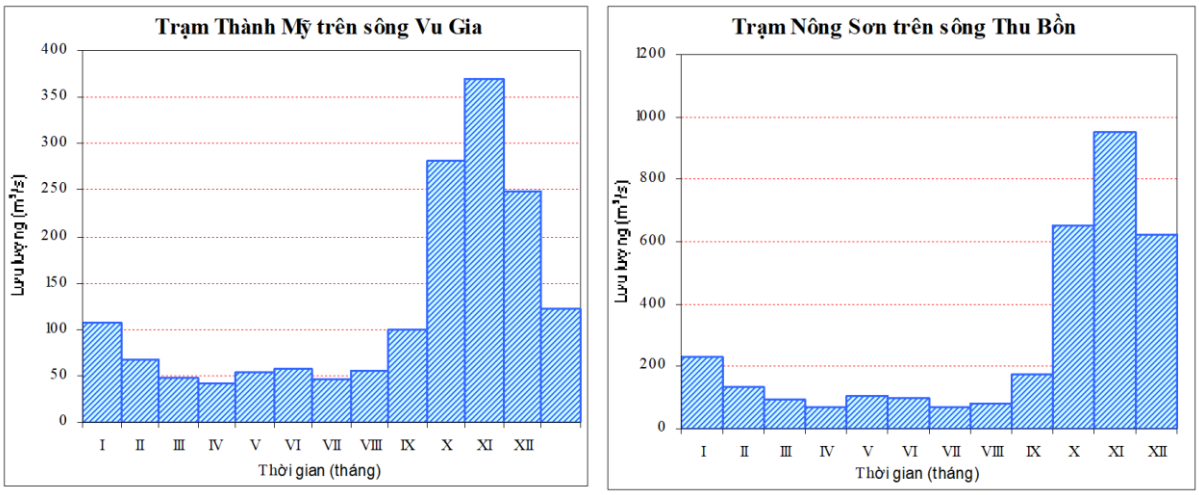
Sông	Tính đến	F_{lv} (km^2)	X_o (mm)	Y_o (mm)	Q_o (m^3/s)	M_o ($l/s.km^2$)	W_o ($10^9\ m^3$)
Vu Gia	Thành Mỹ	1.850	2.770	1.943	114	61,6	3,60
	Ái Nghĩa	5.180	2.420	1.650	271	56,2	8,55
Thu Bồn	Nông Sơn	3.150	3.300	2.393	254	75,9	7,54
	Giao Thủy	3.825	3.300	2.390	308	75,8	9,15
Ly Ly	Vu Gia	275	2.200	1.390	12,3	44,7	0,39
Túy Loan	Thu Bồn	309	2.000	1.224	12,0	38,8	0,38

Dòng chảy trong năm có hai đỉnh: đỉnh chính vào tháng 11 và đỉnh phụ vào tháng 5 do mưa tiểu mãn. Thời kỳ dòng chảy thấp nhất kéo dài 3 tháng, thường vào tháng 2–5 hoặc 3–5, tùy theo lũ tiểu mãn, chỉ chiếm khoảng 5–10% tổng lượng dòng chảy năm.

Theo số liệu 1977–2006: Trạm Thành Mỹ - sông Vu Gia : lưu lượng trung bình năm Qo = 114 m^3/s, mô đun Mo = 61,6 $l/s.km^2$, tổng lượng dòng chảy Wo = $3,6 \times 10^9\ m^3$. Mùa lũ (tháng 10–12) chiếm 61,1% lượng dòng chảy năm, mùa cạn (tháng 1–9) chiếm 38,9%; Trạm Nông Sơn - Sông Thu Bồn: Qo = 254 m^3/s, Mo = 75,9 $l/s.km^2$, Wo = $7,54 \times 10^9\ m^3$. Mùa lũ (tháng 10–12) chiếm 67,8%, mùa cạn (tháng 1–10) chiếm 32,2%.

Bảng 3.7. Lưu lượng trung bình tháng, năm tại một số trạm trên lưu vực sông Vu Gia thời kỳ 1977-2006.

TT	Trạm	Sông	Lưu lượng trung bình tháng, năm (m^3/s)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
1	Thành Mỹ	Vu Gia	107	67,4	48,2	41,6	53,4	58,3	45,8	55,2	100	281	369	249	123
2	Nông Sơn	Thu Bồn	232	135	92,4	71,8	101	98.5	70,2	78,9	171	650	953	622	273



Hình 3-14. Phân phối lưu lượng trung bình tháng trong năm tại trạm Thành Mỹ (trái) và Nông Sơn (phải) trong lưu vực sông Vu Gia -Thu Bồn.

Dữ liệu đo tại các trạm thủy văn cho thấy dòng chảy năm của các sông ven biển miền Trung biến động khá lớn, với hệ số biến đổi Cv=0,35÷0,45Cv = 0,35 \div 0,45Cv=0,35÷0,45, có thể cao hơn. Năm nước lớn có lưu lượng gấp 1,7–2,4 lần trung bình nhiều năm, và gấp 4–12 lần so với năm nước nhỏ.

2. Chế độ dòng chảy lũ

a) Chế độ mưa sinh lũ

Theo số liệu thống kê, hình thế gây mưa lớn trên địa bàn tỉnh thường do khối không khí lạnh từ phía Bắc tràn xuống và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) từ biển Đông kết hợp với địa hình núi cao (dãy Trường Sơn) đã tạo nên các trận mưa cực hạn gây lũ lớn trên toàn LVS VG-TB [14].

- *Phân bố không đều theo không gian:*

Lượng mưa trung bình năm ở Quảng Nam – Đà Nẵng thuộc loại cao trong cả nước: 2.200–2.500 mm ở vùng đồng bằng và 3.000–4.000 mm ở trung du, miền núi. Tuy nhiên, mưa phân bố không đều theo thời gian; khoảng 65–85% lượng mưa năm tập trung trong mùa mưa (tháng 9–12), riêng tháng 10 và 11 chiếm 40–50%. Do đó, mùa lũ chủ yếu xảy ra trong giai đoạn này.

Cường độ mưa được phân theo WMO:

Mưa vừa: 16–50 mm/24h hoặc 8–25 mm/12h.

Mưa to: 51–100 mm/24h hoặc 26–50 mm/12h.

Mưa rất to: >100 mm/24h hoặc >50 mm/12h.

Tại Quảng Nam- Đà Nẵng, trung bình mỗi năm có 5–12 trận mưa to (≥50 mm/24h), trong đó 2–5 trận mưa rất to (≥100 mm/24h), chủ yếu xảy ra từ tháng 9 đến 12. Mưa lớn thường gây lũ ống, lũ quét và sạt lở đất tại khu vực miền núi. Bảng 3.8 đưa ra bảng cấp độ rủi ro do mưa lớn và mức độ dễ bị tổn thương.

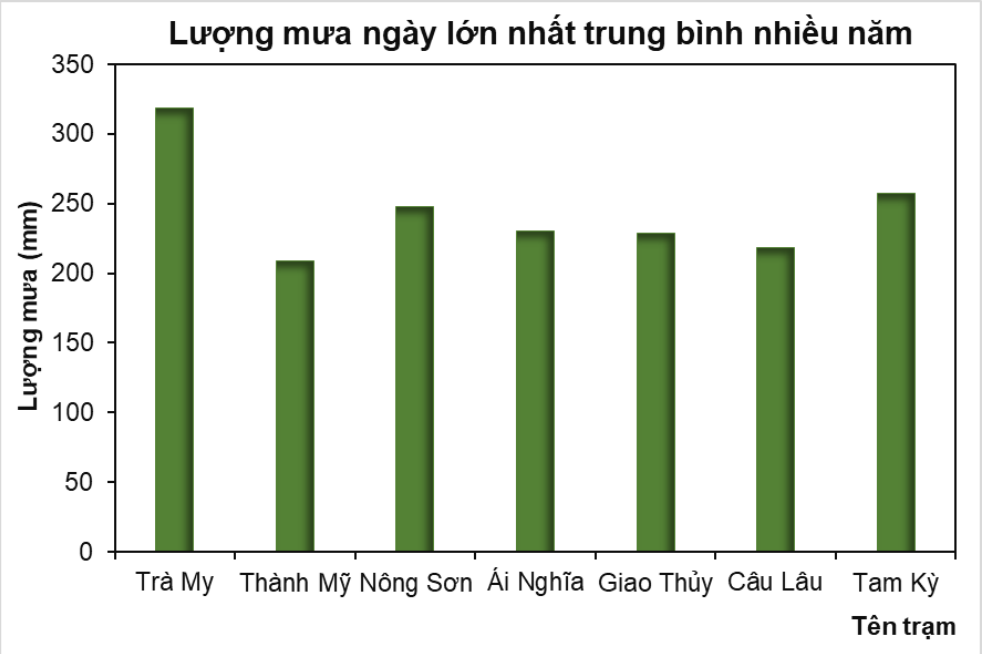
Bảng 3.8. Đánh giá cấp độ rủi ro do mưa lớn và mức độ dễ bị tổn thương [15]

STT	Cấp độ rủi ro	Vùng	Chi tiết về lượng mưa		Mức độ dễ bị tổn thương		
			Lượng mưa trong 24 giờ (mm)	Thời gian kéo dài (ngày)	Thấp	Trung bình	Cao
1	Cấp độ 1	Đồng bằng, ven biển	100÷200	Từ 1÷2	x		
		Trung du, miền núi	100÷200	Từ 1÷2	x		
2	Cấp độ 2	Đồng bằng, ven biển	100÷200	Trên 2		x	
			200÷400	1÷2		x	
		Trung du, miền núi	100÷200	Trên 2-4		x	
			200÷400	Từ 1÷2		x	
3	Cấp độ 3	Đồng bằng, ven biển	200÷400	Trên 2			x
			Trên 400	Từ 1÷4			x
		Trung du, miền núi	100÷200	Trên 4			x
			200÷400	Trên 2÷4			x
			Trên 400	Từ 1÷2			x
4	Cấp độ 4	Đồng bằng, ven biển	Trên 400	Trên 4			x
		Trung du, miền núi	200÷400	Trên 4			x
			Trên 400	Trên 2			x

Mùa lũ chính trên lưu vực diễn ra từ tháng 10 đến 12, tập trung mạnh vào tháng 10 và 11. Tuy nhiên, lũ sớm (tháng 9) và lũ muộn (tháng 1) vẫn có thể xảy ra. Tháng 9, do vừa kết thúc mùa khô, mưa cần đủ lớn mới sinh lũ; lượng mưa vùng núi thường đạt 300–500 mm. Tháng 1, đất bão hòa ẩm và dòng chảy nền cao, nên chỉ cần mưa 50–150 mm cũng có thể gây lũ.

Lũ tiểu mãn có thể xuất hiện vào tháng 5–6 do ảnh hưởng của dải hội tụ nhiệt đới (ITCZ), gây ra các đợt mưa lớn đầu mùa.

Lượng mưa ngày lớn nhất năm dao động phổ biến từ 100–500 mm, một số năm có thể vượt 600 mm. Mưa lớn kéo dài 1–3 ngày thường là nguyên nhân trực tiếp gây ra lũ lớn trên lưu vực.



Hình 3-15. Lượng mưa ngày lớn nhất trung bình nhiều năm tại một số trạm trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

b) Chế độ dòng chảy lũ

Mùa lũ chính trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn (VG–TB) diễn ra từ tháng 10 đến 12, thường xuất hiện 3–5 trận lũ lớn, nhiều đỉnh, phổ biến là lũ kép. Lũ lớn nhất thường xảy ra vào tháng 10–11, trùng với thời kỳ bão, áp thấp nhiệt đới và nhiễu động mạnh gây mưa diện rộng.

Phân loại lũ theo thời gian:

Lũ tiểu mãn (tháng 5–6): Quy mô nhỏ, có lợi cho sản xuất.

Lũ sớm (cuối tháng 8–9): Lớn hơn, thường là lũ đơn, có thể gây thiệt hại.

Lũ muộn (giữa tháng 12 – đầu tháng 1): Ít gặp, nhưng vẫn có khả năng gây lũ lớn.

Đặc điểm thủy văn:

Thượng – trung lưu: Lũ lên rất nhanh (30–70 cm/giờ, có thể tới 400 cm/giờ), biên độ 5–14 m.

Hạ lưu: Lũ lên chậm (5–10 cm/giờ, tối đa 50 cm/giờ), kéo dài 70–80 giờ, rút sau 2–5 ngày. Mực nước >BĐIII duy trì 15–42 giờ, có khi 3–5 ngày. Triều cường làm tăng đỉnh lũ 15–25 cm.

Lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất ghi nhận: 7.000 m^3/s tại Thạnh Mỹ (20/10/1998); 10.800 m^3/s tại Nông Sơn (12/11/2007); Lịch sử: 18.200 m^3/s tại Nông Sơn (11/1964)

Lũ sông Vu Gia -Thu Bồn được xếp vào loại lớn so với các sông khác tại Việt Nam, gây ngập nghiêm trọng vùng hạ lưu.

Bảng 3.9. Lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất tại một số trạm thủy văn trong lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn, giai đoạn 1977 - 2020.

TT	Trạm	Sông	F_{lv} (km^2)	Q (m^3/s)	M ($m^3/s.km^2$)	Thời gian xuất hiện
1	Thành Mỹ	Vu Gia	1.850	7000	3,78	20/11/1998
2	Nông Sơn	Thu Bồn	3.150	10800	3,42	20/11/2007

Về mực nước lũ, theo số liệu đo đạc và điều tra, mực nước lũ lớn nhất tại các trạm trên các sông cho thấy mực nước cao nhất xảy ra trên các lưu vực sông thường xảy ra không đồng thời (Bảng 3.10). Thống kê mực nước lũ tại một số trạm trong các trận lũ lịch sử được trình bày trong (Bảng 3.11).

Bảng 3.10. Cấp báo động lũ ở một số trạm thuộc các lưu vực sông [15]

Trạm	Sông	H (m) theo Cấp báo động			Lũ lịch sử	
		I	II	III	Hmax (cm)	Thời gian xuất hiện
Câu Lâu	Thu Bồn	2,0	3,0	4,0	548	1964
Hội An	Thu Bồn	1,0	1,5	2,0	340	1964
Giao Thủy	Thu Bồn	6,5	7,5	8,8	1.006	1964
Hiệp Đức	Thu Bồn	26,0	28,0	30,0		
Nông Sơn	Thu Bồn	11,0	13,0	15,0		
Ái Nghĩa	Vu Gia	6,5	8,0	9,0	1.077	30/9/2009
Hội Khách	Vu Gia	14,5	15,5	16,5		
Thành Mỹ	Cái	15,0	19,0	22,0		
Tam Kỳ	Tam Kỳ	1,7	2,2	2,7	369	5/12/1999

Bảng 3.11. Mực nước lũ tại các trạm thủy văn trong những năm qua [15]

Thời gian	Sông	Trạm	MN (m)	Lũ lịch sử		MNBĐ3 (m)	MNLBĐ (m)
				MN (m)	Năm		
1964	Vu Gia	Ái Nghĩa	10,77	10,77	1964	9	1,77
	Thu Bồn	Giao Thủy	10,06	10,06	1964	8,6	1,46
		Câu Lâu	5,48	5,48	1964	4	1,48
		Hội An	3,4	3,4	1964	2	1,4
	Tam Kỳ	Tam Kỳ		3,69	1999	2,7	
1999	Vu Gia	Ái Nghĩa	10,27	10,77	1964	9	1,27
	Thu Bồn	Giao Thủy	9,85	10,06	1964	8,6	1,25
		Câu Lâu	5,23	5,48	1964	4	1,23
		Hội An	3,21	3,4	1964	2	1,21
	Tam Kỳ	Tam Kỳ	3,69	3,69	1999	2,7	0,99
2009	Vu Gia	Ái Nghĩa	10,77	10,77	1964	9	1,77
	Thu Bồn	Giao Thủy	10,02	10,06	1964	8,6	1,42
		Câu Lâu	5,29	5,48	1964	4	1,29
		Hội An	3,2	3,4	1964	2	1,2
	Tam Kỳ	Tam Kỳ		3,69	1999	2,7	
2016	Vu Gia	Ái Nghĩa	9,44	10,77		9	0,44
	Thu Bồn	Giao Thủy	8,44	10,06	1964	8,6	0,16
		Câu Lâu	4,28	5,48	1964	4	0,28
		Hội An	2,52	3,4	1964	2	0,52
	Tam Kỳ	Tam Kỳ		3,69	1999	2,7	
2017	Vu Gia	Ái Nghĩa	10,11	10,77		9	1,11
	Thu Bồn	Giao Thủy	9,50	10,06	1964	8,6	0,9
		Câu Lâu	5,15	5,48	1964	4	1,15
		Hội An	3,17	3,4	1964	2	1,17
	Tam Kỳ	Tam Kỳ		3,69	1999	2,7	
2020	Vu Gia	Ái Nghĩa	9,82	10,77		9	0,82
	Thu Bồn	Giao Thủy		10,06	1964	8,6	
		Câu Lâu	4,49	5,48	1964	4	0,49
		Hội An	2,7	3,4	1964	2	0,7
	Tam Kỳ	Tam Kỳ	2,81	3,69	1999	2,7	0,11

Sông VG-TB có biên độ lũ trung bình khoảng 8÷9m, lớn nhất khoảng 12÷15m. Cường suất lũ trung bình trên các sông từ 20÷40 cm/h, có những trận lũ đạt từ 50÷100 cm/h. Riêng các sông suối nhỏ miền núi cường suất lũ lên rất cao đạt đến 100 cm/h.

3. Chế độ dòng chảy kiệt

Mùa kiệt trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn kéo dài từ tháng 1 đến 8, thấp nhất thường vào tháng 4; trong năm ít mưa tiểu mãn, có thể lùi đến tháng 7–8.

Với lưu vực >300 km², dòng chảy tối thiểu thường xuất hiện vào tháng 4; với lưu vực <300 km², rơi vào tháng 8.

Giai đoạn 1 (tháng 1–4): Dòng chảy ổn định, chủ yếu từ nước trữ.

Giai đoạn 2 (tháng 5–8): Dòng chảy biến động, phụ thuộc nước ngầm và mưa tiểu mãn.

Phân bố dòng chảy kiệt:

Thượng nguồn: Lớn nhất (25–30 l/s.km²).

Bắc và Tây Bắc Quảng Nam – Đà Nẵng (sông Bung, sông Con): Thấp nhất (~10 l/s.km²).

Lưu lượng đỉnh lũ nhỏ nhất ghi nhận trong giai đoạn 1977–2014 (Bảng 3.12): 11,3 m³/s tại Thạnh Mỹ (4/9/1998); 14,6 m³/s tại Nông Sơn (17/6/1977).

Bảng 3.12. Lưu lượng đỉnh lũ nhỏ nhất tại một số trạm thủy văn trong lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn, giai đoạn 1977 - 2014 [13]

TT	Trạm	Sông	F_{lv} (km^2)	Q (m^3/s)	M ($l/s.km^2$)	Thời gian xuất hiện
1	Thành Mỹ	Vu Gia	1.850	11,3	6,11	4/9/1988
2	Nông Sơn	Thu Bồn	3.150	14,6	4,63	17/6/1977

4. Các yếu tố ảnh hưởng đến chế độ dòng chảy lũ

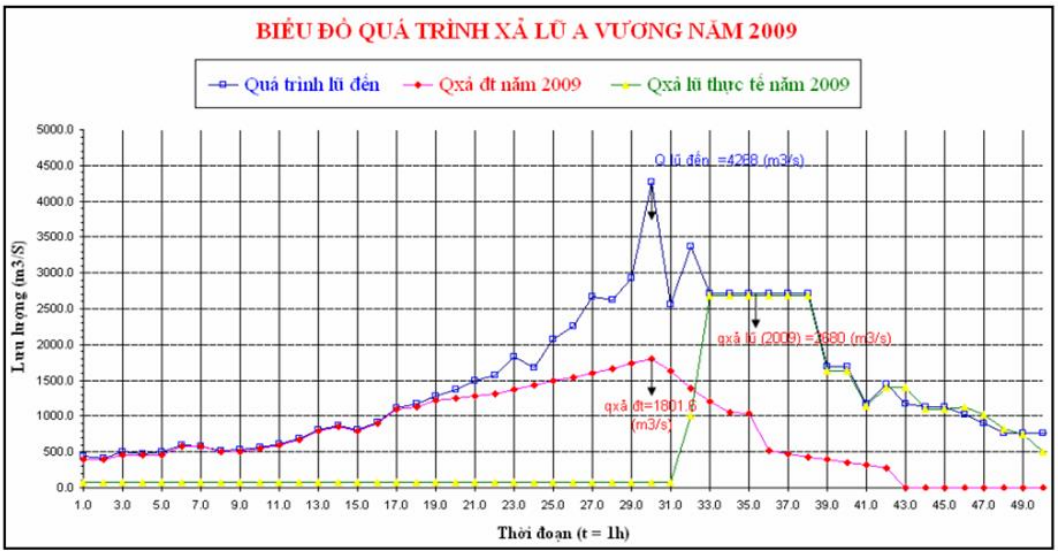
a)Do xây dựng vận hành các công trình thủy điện

Lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn (VG-TB) là một trong bốn lưu vực có tiềm năng thủy năng lớn nhất Việt Nam. Theo quy hoạch 2003, lưu vực có 42 dự án thủy điện với tổng công suất 1.583 MW, sản lượng trung bình 6,19 tỷ kWh/năm. Ngoài ra còn 36 thủy điện vừa và nhỏ (một nửa đã vận hành) với tổng công suất 560 kW. Mật độ thủy điện đạt 0,33 kW/người, gấp đôi mức trung bình toàn quốc.[17].

Từ khi thủy điện A Vương vận hành (2008) và thủy điện Đăk Mi 4 chuyển dòng (2012), dòng chảy hạ du lưu vực Vu Gia – Thu Bồn bị tác động rõ, gây thiếu nước mùa khô và lũ chồng lũ mùa mưa. Việc xây dựng thủy điện dẫn đến mất rừng, thu hồi đất sản xuất, thúc đẩy phá rừng do đất tái định cư kém chất lượng và lâm tặc khai thác gỗ trái phép, làm suy giảm hệ sinh thái rừng đầu nguồn và giảm khả năng điều tiết dòng chảy. Các hồ chứa thủy điện nhỏ chủ

yếu điều tiết nước để phát điện, dung tích hạn chế, gần như không có dung tích phòng lũ. Khi lũ lớn, hồ phải xả đột ngột gây ngập sâu, kéo dài ở hạ lưu.

Trận lũ năm 2009 là ví dụ điển hình(Hình 3-16) : hồ A Vương xả gần 150 triệu m^3 nước trong 3 ngày, gây ngập nghiêm trọng dù vận hành đúng quy trình. Điều này cho thấy quy trình vận hành còn thiếu hợp lý và thiếu phối hợp liên hồ trong cắt lũ.



Hình 3-16. Đường quá trình lũ đến, lũ xả thực và lũ xả đề nghị [19]

b) Sự thay đổi bề mặt thảm phủ

Ảnh hưởng của thảm thực vật đến dòng chảy lũ phụ thuộc chủ yếu vào tỷ lệ che phủ và loại rừng. Thực vật giúp giảm tốc độ dòng chảy mặt và hình thành lớp thổ nhưỡng. Từ năm 1943 (che phủ rừng 44%), rừng suy giảm mạnh do nhu cầu dân sinh, chỉ còn 17,9% vào năm 1983. Nhờ chính sách trồng và bảo vệ rừng, đến năm 2006 độ che phủ đạt 43,9%, tuy nhiên chất lượng rừng chưa đủ để điều tiết dòng chảy hiệu quả.

Tại Quảng Nam (thuộc lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn), tình trạng phá rừng còn diễn ra nghiêm trọng, làm tăng diện tích đất trọc, kết hợp với địa hình dốc và khí hậu mưa nhiều khiến lũ lụt ngày càng nghiêm trọng.

Tính đến 31/12/2021, Quảng Nam có 680.249,67 ha đất có rừng, trong đó rừng tự nhiên chiếm 463.356,77 ha và rừng trồng 216.829,94 ha. Độ che phủ rừng toàn tỉnh đạt 58,61%, riêng 9 huyện miền núi đạt 66,84%.

c) Do sự tác động của con người

Ngoài các nguyên nhân khách quan, con người cũng góp phần gây lũ lụt do chặt phá rừng, khai thác rừng bừa bãi làm đồi núi bị xói mòn, dễ sạt lở và ngập lụt trong mùa mưa bão. Tình trạng ô nhiễm, xả rác và biến đổi khí hậu cũng làm Trái Đất nóng lên, băng tan, dẫn đến thiên tai nghiêm trọng dù đã có nhiều nỗ lực bảo vệ môi trường.

3.1.2.2. Đặc điểm hình thành lũ trước và sau khi xây dựng các công trình thuỷ điện

1. Quá trình xây dựng công trình thuỷ điện trên sông Vu Gia Thu Bồn

Quy hoạch thủy điện Quảng Nam gồm 46 dự án với tổng công suất 1.817 MW, sản lượng trung bình 6.525 triệu kWh/năm, trong đó 10 dự án bậc thang (1.205 MW) và 36 dự án vừa, nhỏ (612 MW). Hiện 22 dự án (tổng công suất >1.273 MW) đã vận hành, gồm 9 bậc thang trên sông Vu Gia – Thu Bồn và 13 nhà máy vừa, nhỏ; 8 dự án nhỏ đang thi công. Lưu vực có 15 hồ lớn hoạt động chủ yếu trên sông Vu Gia và hồ Sông Tranh trên sông Thu Bồn. Hồ Đăk Mi 4 xả lũ về Vu Gia nhưng phát điện về Thu Bồn. Các hồ sử dụng kênh chuyển nước, không có khả năng lưu trữ lũ, nhiều hồ chuyển hướng dòng chảy sang sông nhánh để phát điện, được xây dựng theo bậc thang với hồ cao công suất lớn và hồ thấp công suất nhỏ.

Bảng 3.13. Các công trình thủy điện lớn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn [20]

TT	Tên công trình	MNDBT (m)	Flv (km^2)	Công suất hữu ích (10^6 m^3)	Công suất lắp đặt (MW)	Năm hoạt động	Ghi chú
1	A Vương	380,00	682	266,48	210	2009	Đã phát điện
2	Sông Côn 2	278,00	331,1	25,41	63	2009	Đã phát điện
3	Đăk Mi 2	630,00	445	0,692	98	2013	Đã phát điện
4	Đăk Mi 3	355,00	612	2,3	63	2012	Đã phát điện
5	Đăk Mi 4	258,00	1.125	158,26	148	2011	Đã phát điện
6	Sông Tranh 2	175,00	1.100	521,1	190	2010	Đã phát điện
7	Sông Tranh 3	71,5	1.450	3,1	62	2013	Đã phát điện
8	Sông Tranh 4	46,5	1.610	3,32	48	2020	Chưa phát điện

TT	Tên công trình	MNDBT (m)	Flv (km^2)	Công suất hữu ích (10^6 m^3)	Công suất lắp đặt (MW)	Năm hoạt động	Ghi chú
9	Sông Bung 2	605,00	334	73,9	100	2013	Đã phát điện
10	Sông Bung 4	222,50	1.448	233,99	156	2013	Đã phát điện
11	Sông Bung 4A	97,4	2.276	1,58	49	2013	Đã phát điện
12	Sông Bung 5	60	2.369	2,45	57	2012	Đã phát điện
13	Sông Bung 6	31,8	2.386	0	29	2013	Đã phát điện
14	Khe Diên	206,94	72	50,35	9	2007	Đã phát điện
15	Za Hưng	450	537	0,74	30	2007	Đã phát điện

Từ năm 2009 đến nay, nhiều công trình thủy điện trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn đã được xây dựng và vận hành. Để đánh giá tác động của các công trình này đến quá trình hình thành lũ, báo cáo chia chuỗi thời gian thành hai giai đoạn: trước năm 2009 và sau năm 2009 (2009–2020).

2. Đặc điểm hình thành lũ trước và sau khi xây dựng các công trình thuỷ điện.

Dựa trên nguồn số liệu quan trắc thu thập được trên LVS VG-TB, báo cáo sử dụng các trận lũ như trình bày trong (Bảng 3.14) để đánh giá, phân tích đặc điểm hình thành lũ trong giai đoạn trước và sau khi xây dựng thủy điện.

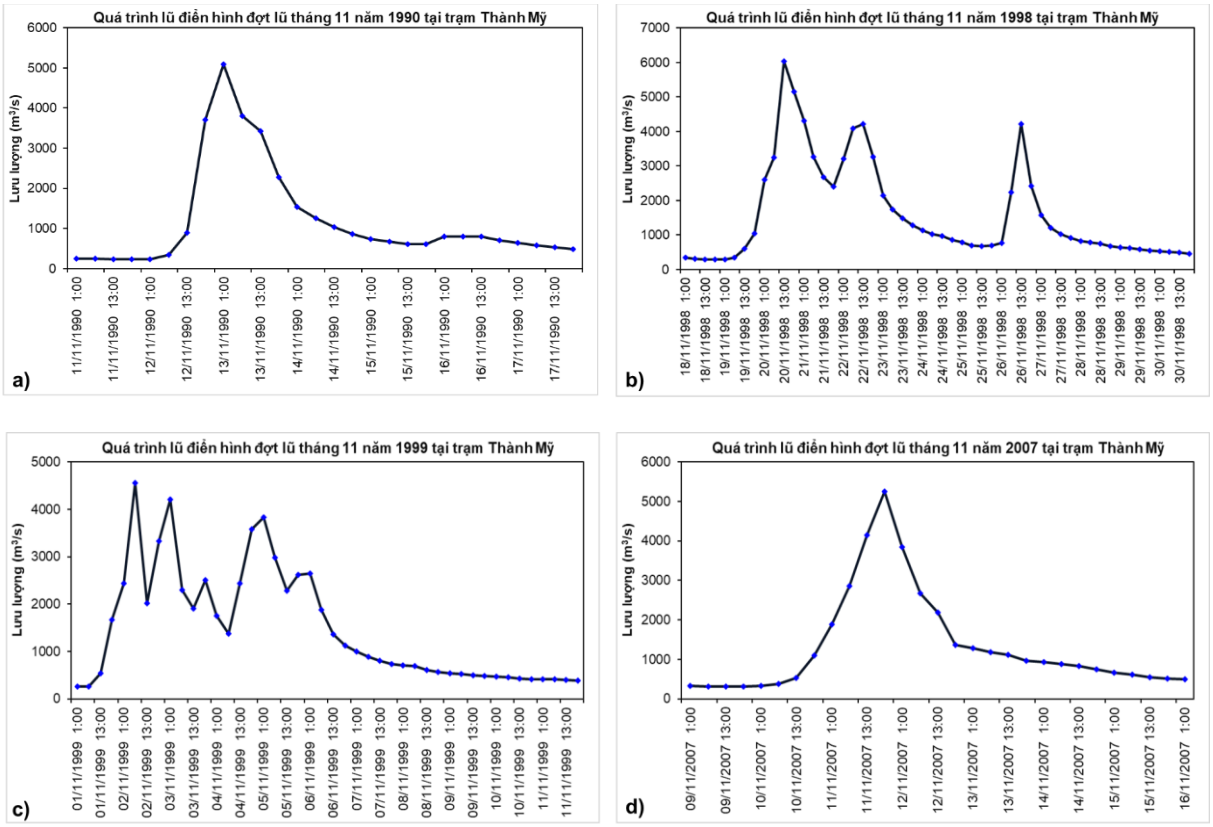
Bảng 3.14. Các trận lũ được sử dụng

Năm	Thời gian
1990	01:00 11/11 - 19:00 17/11
1998	01:00 18/11 - 19:00 30/11
1999	01:00 01/11 - 19:00 11/11
2007	01:00 09/11 - 01:00 16/11
2009	01:00 27/09 - 13:00 02/10
2013	01:00 14/11 - 19:00 19/11
2017	01:00 02/11 - 07:00 13/11
2020	01:00 07/10 - 19:00 13/10
2020	01:00 26/10 - 19:00 02/11

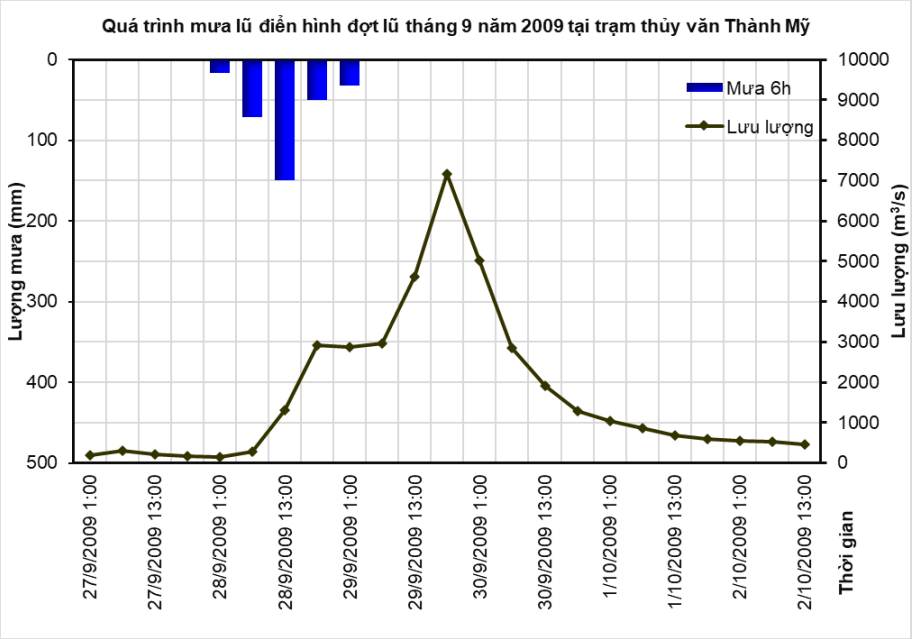
a) Trên sông Vu Gia (tại trạm thủy văn Thành Mỹ)

Hình 3-17 và Hình 3-18 cho thấy quá trình lũ trên sông Vu Gia thời kỳ chưa có thủy điện, với đặc điểm lũ lên nhanh, đỉnh lũ lớn (trung bình khoảng 5.232 m³/s). Một số trận lũ có một đỉnh (năm 1990, 2007), một số có hai hoặc ba đỉnh (năm 1998, 1999). Lũ thường rút nhanh ở thượng và trung lưu, nhưng chậm hơn ở hạ lưu.

Trước khi có nhiều thủy điện, mưa lớn thường xảy ra trước đỉnh lũ 12–24 giờ. Ví dụ, trận lũ 27/9–2/10/2009 có mưa lớn ngày 28/9 (~150 mm) và đỉnh lũ lúc 19h ngày 29/9 (Qmax = 7.160 m³/s). Điều này cho thấy thảm rừng còn tốt giúp nước thấm trước khi gây lũ lớn.

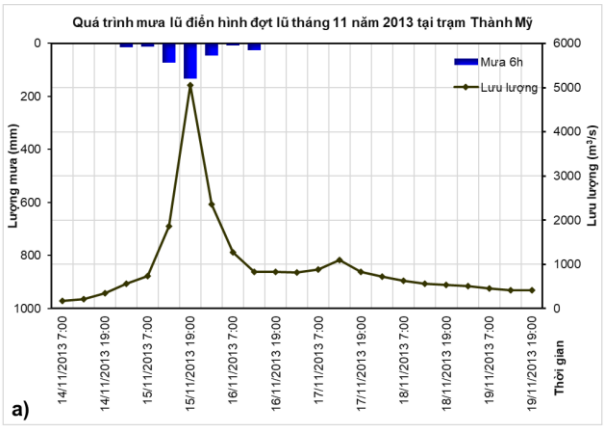


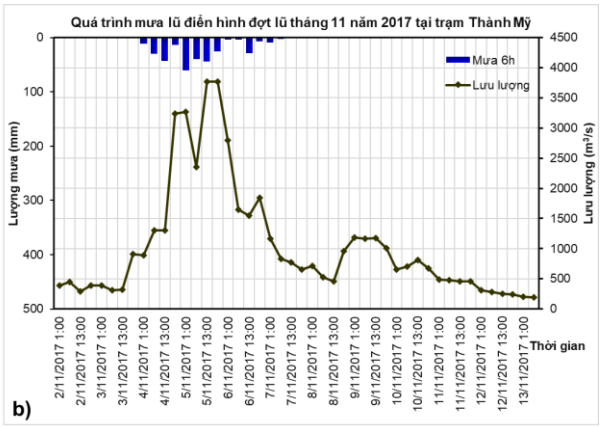
Hình 3-17. Quá trình lũ điển hình các trận lũ tháng 11 năm (a) 1990, (b) 1998, (c) 1999 và (d) 2007 tại trạm thủy văn Thành Mỹ

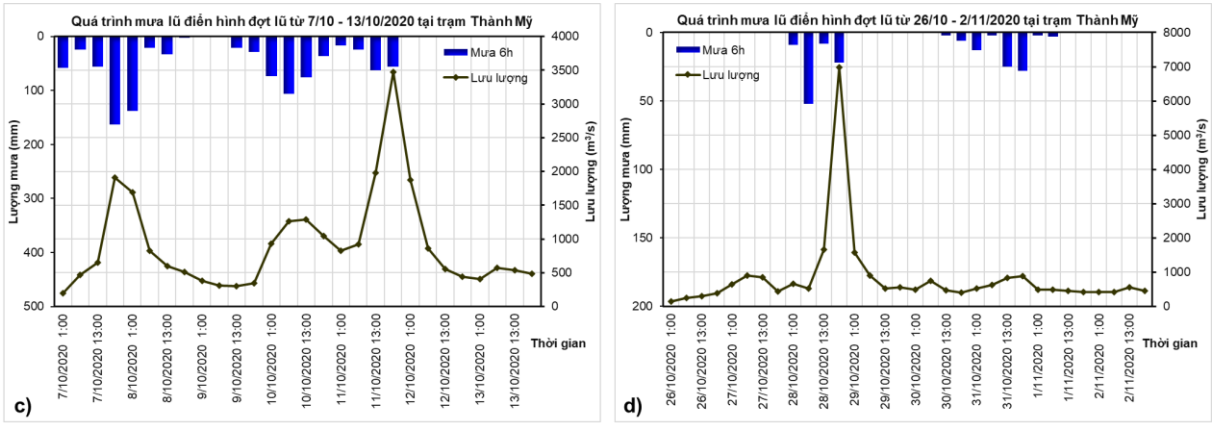


Hình 3-18. Quá trình mưa, lũ điển hình đợt lũ từ 27/9 đến 2/10/2009 tại Thành Mỹ

Sau khi xây dựng các công trình thủy điện Hình 3-19, thời gian mưa lớn thường trùng với thời điểm xuất hiện đỉnh lũ. Ví dụ, trận lũ ngày 14–19/11/2013 có mưa cực đại (134 mm/6 giờ) và đỉnh lũ (Qmax = 5.060 m³/s) cùng xảy ra lúc 19h ngày 15/11. Năm 2017, đỉnh lũ cũng trùng thời gian mưa và lũ rút chậm do điều tiết từ hồ chứa. Năm 2020 có hiện tượng lũ chồng lũ, đợt đầu (7–13/10) có hai đỉnh lũ, đỉnh lớn nhất xảy ra ngày 11/10 với Qmax = 3.470 m³/s. Đợt lũ cuối tháng 10 (26/10–2/11) có đặc điểm lũ lên và xuống nhanh.



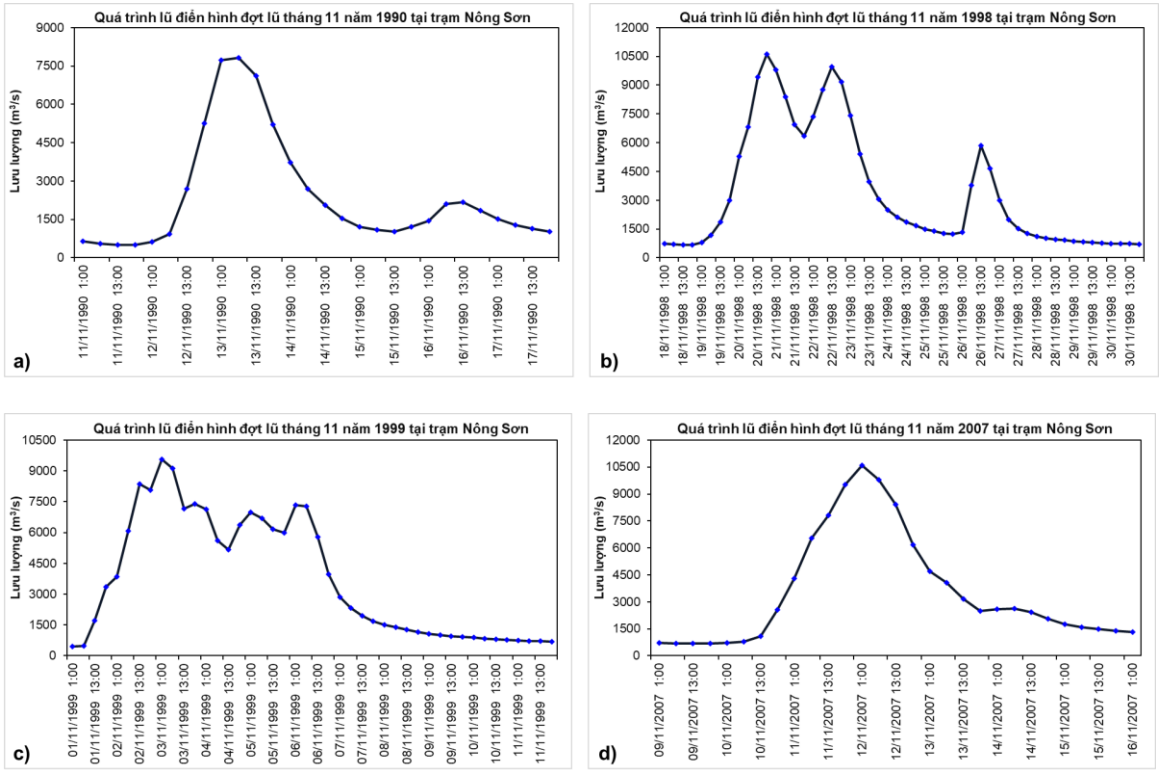




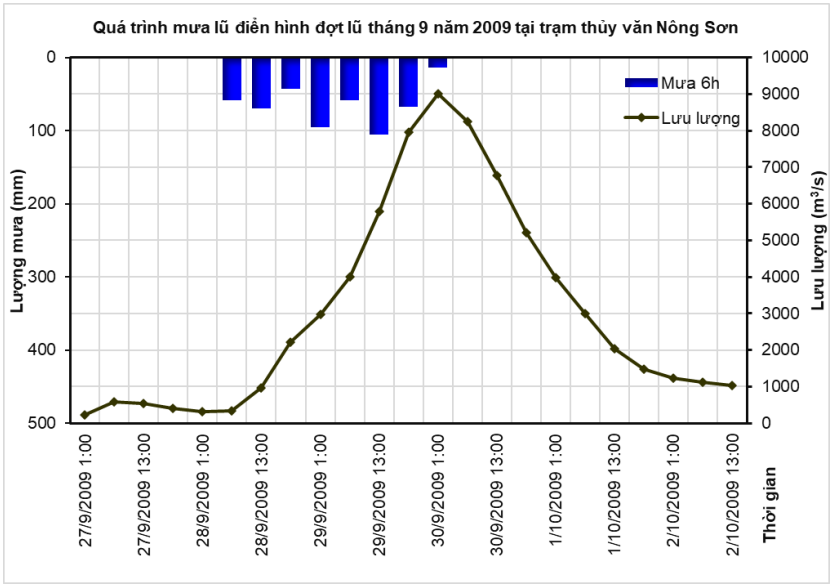
Hình 3-19. Quá trình mưa, lũ điển hình các trận lũ tháng 10 và tháng 11 (a) năm 2013 (b) năm 2017 (c, d) năm 2020 tại trạm thủy văn Thành Mỹ

b) Trên sông Thu Bồn (tại trạm thủy văn Nông Sơn)

Thời gian lũ lên lấy trung bình 5 trận lũ trong giai đoạn chưa xây dựng các công trình thủy điện khoảng 1,64 ngày. Trong giai đoạn sau khi xây dựng các công trình thủy điện thời gian lũ lên lấy trung bình 4 trận lũ sử dụng đánh giá vào khoảng 1,125 ngày, nhanh hơn so với giai đoạn trước đó khoảng 0,52 ngày. Quá trình lũ xảy ra của từng trận lũ trong thời kỳ từ năm 2009 trở về trước được thể hiện rất rõ trong (Hình 3-20 và Hình 3-21).

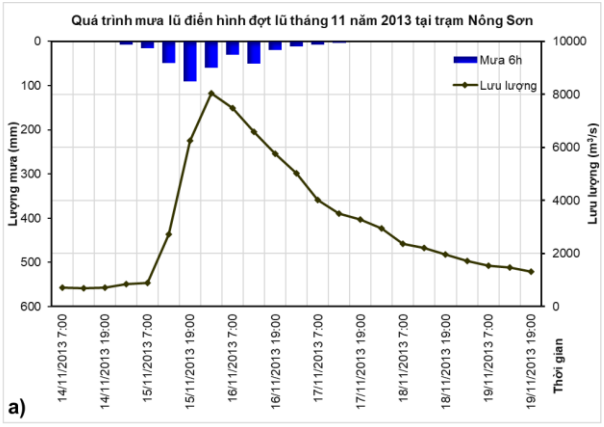


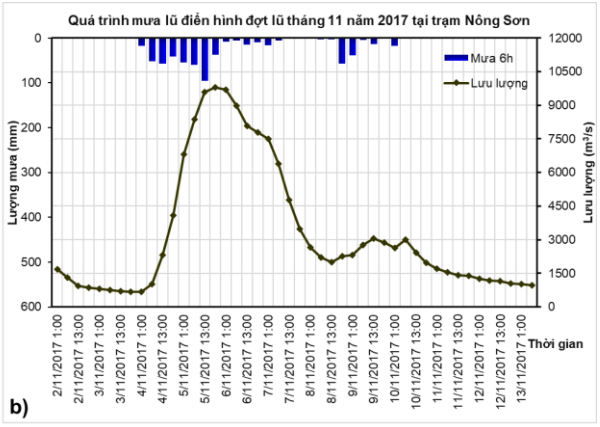
Hình 3-20. Quá trình lũ điển hình các trận lũ tháng 11 năm (a) 1990, (b) 1998, (c) 1999 và (d) 2007 tại trạm thủy văn Nông Sơn

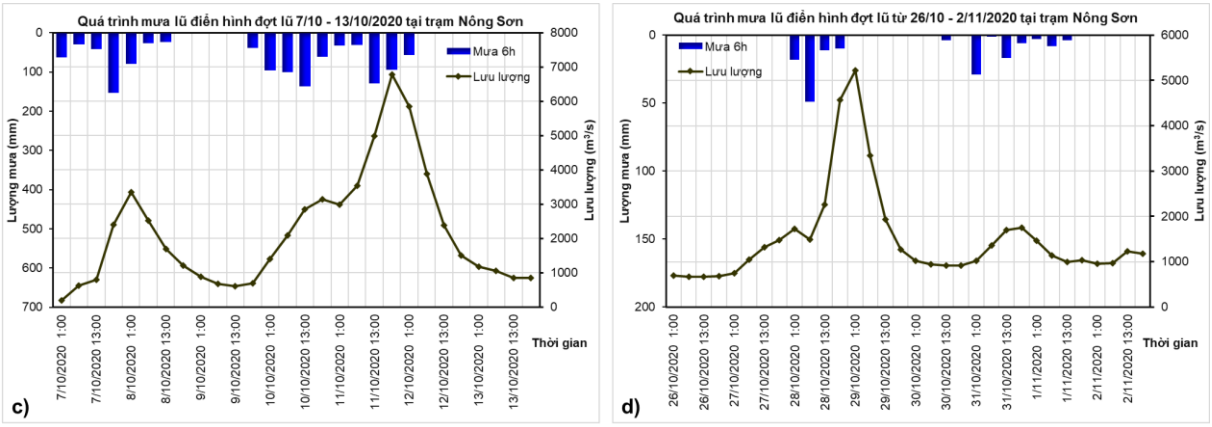


Hình 3-21. Quá trình mưa, lũ điển hình đợt lũ từ 27/9 đến 2/10/2009 tại trạm thủy văn Nông Sơn

Sau khi xây dựng các công trình thủy điện, thời gian xảy ra mưa to đến rất to trùng với thời gian lũ đạt đỉnh, như trận lũ tháng 11 năm 2013 (Hình 3-22a), tháng 11 năm 2017 (Hình 3-22b). Năm 2020 là năm xảy ra hiện tượng lũ chồng lũ tại khu vực Trung Trung Bộ, cụ thể: trong trận lũ từ ngày 7/10 - 13/10 (Hình 3-22c), thời gian lượng mưa tích lũy trong vòng 6 giờ lớn nhất là 154mm (19:00 giờ 7/10) sau 6 giờ sau đó xuất hiện một đỉnh lũ; thời gian xuất hiện đỉnh lũ thứ hai (Q_{max} = 6.790 m^3/s) trùng với thời gian xảy ra đợt mưa lớn thứ hai trên lưu vực sông Thu Bồn. Tuy nhiên, nhờ có sự điều tiết của các hồ chứa thủy điện đã giúp điều tiết và cắt giảm lũ trên sông Thu Bồn.







Hình 3-22. Quá trình mưa, lũ điển hình các trận lũ tháng 10 và tháng 11 (a) năm 2013 (b) năm 2017 (c, d) năm 2020 tại thủy văn Nông Sơn

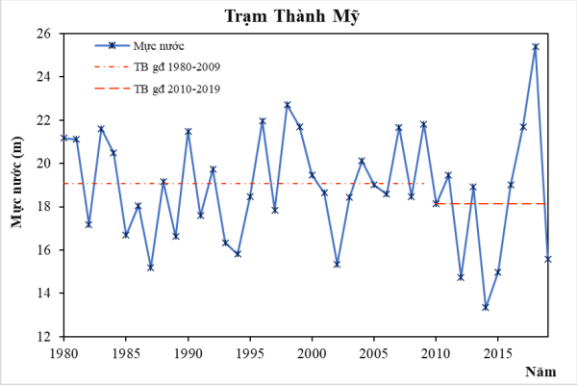
Chế độ dòng chảy lũ chịu ảnh hưởng bởi mưa lớn, thay đổi thảm phủ thực vật, hoạt động khai thác tài nguyên và phát triển kinh tế, dẫn đến biến đổi khí hậu và gia tăng thiên tai, đặc biệt là lũ lụt. Tại LVS Vu Gia - Thu Bồn, sau khi xây dựng nhiều công trình thủy điện, quy luật dòng chảy tự nhiên thay đổi, ảnh hưởng đến công tác dự báo lũ. Trước đây, đỉnh lũ thường xuất hiện sau 12–24 giờ mưa lớn, nhưng sau khi có nhiều hồ chứa, thời gian xuất hiện đỉnh lũ rút ngắn, như trên sông Thu Bồn nhanh hơn khoảng 0,52 ngày so với trước.

3. Đánh giá khả năng xảy ra các trận lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trước và sau khi xây dựng các công trình thuỷ điện

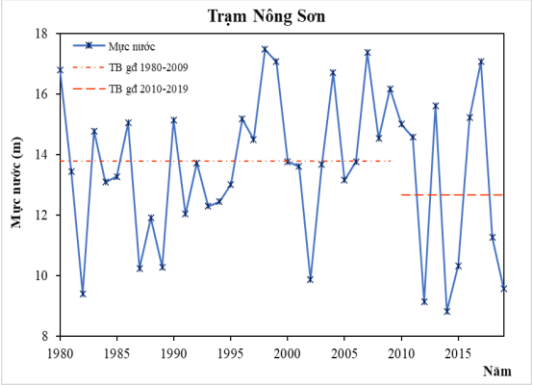
a) Sự biến động số lượng các trận lũ

Dựa trên Quyết định số 05/2020/QĐ-TTg quy định mực nước tương ứng với các cấp báo động lũ tại các trạm thủy văn trên các sông phục vụ công tác phòng, chống, ứng phó với lũ, ngập lụt và phát triển kinh tế - xã hội [21]. Áp dụng đối với hệ thống dự báo, cảnh báo khí tượng thủy văn quốc gia; các cơ quan phòng chống thiên tai từ trung ương đến địa phương; các tổ chức, cá nhân khác có hoạt động liên quan đến cấp báo động lũ trên các sông thuộc phạm vi cả nước, trong đó có LVS VG-TB.

Phân tích số liệu từ 1980–2020 cho thấy, trung bình mỗi năm trạm Ái Nghĩa ghi nhận 3 trận lũ trên BĐI, 1,3 trận trên BĐII và 0,4 trận trên BĐIII; trạm Giao Thủy lần lượt là 1,9; 1,0 và 0,2 trận/năm. Trung bình 1,5–2 năm có một trận lũ lớn. Một số năm ghi nhận 2–4 trận lũ lớn liên tiếp như tại Ái Nghĩa (1981, 1990, 1999, 2007, 2017) và Giao Thủy (1981, 1996).



Hình 3-23. Đường quá trình đỉnh lũ năm trong hai giai đoạn trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện tại trạm Thành Mỹ



Hình 3-24. Đường quá trình đỉnh lũ năm trong hai giai đoạn trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện tại trạm Nông Sơn

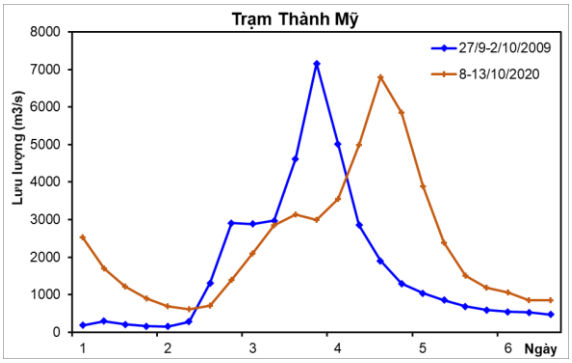
c) Biến đổi dòng chảy lũ giữa hai kỳ

Để đánh giá biến đổi dòng chảy lũ trước và sau khi xây dựng thủy điện, báo cáo chọn hai trận lũ có đặc điểm tương đồng về quy mô và phân bố theo thời gian tại trạm Thành Mỹ và Nông Sơn:

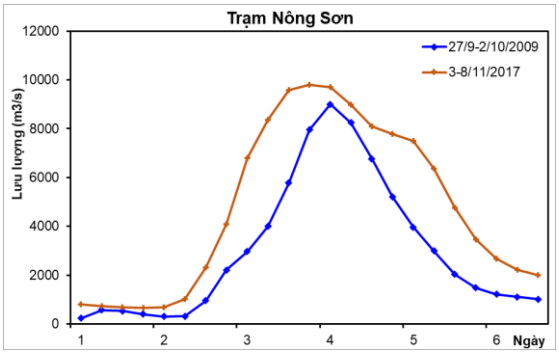
Tại trạm Thành Mỹ: so sánh trận lũ ngày 27/9–2/10/2009 (trước khi xây dựng thủy điện) và trận lũ ngày 8–13/10/2020 (sau khi xây dựng).

Tại trạm Nông Sơn: so sánh trận lũ ngày 27/9–2/10/2009 và trận lũ ngày 3–8/11/2017.

Kết quả cho thấy tại trạm Thành Mỹ, trọng tâm dòng chảy lũ năm 2020 trễ hơn 1 ngày so với năm 2009, và tổng lượng lũ năm 2020 đạt $1{,}1\times10^9$ m³, cao hơn năm 2009 khoảng $0{,}25\times10^9$ m³ (năm 2009 là $0{,}85\times10^9$ m³).



Hình 3-25. Diễn biến lưu lượng tại trạm Thành Mỹ vào hai trận lũ 2009 và 2020.

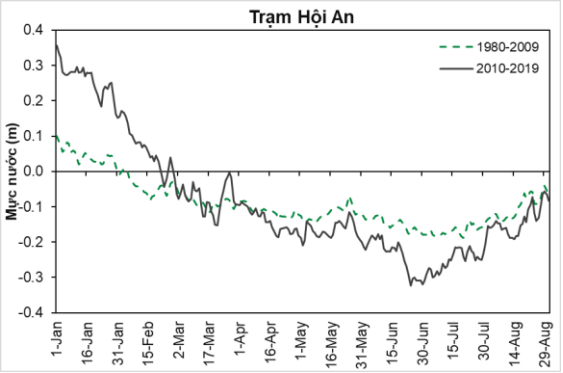


Hình 3-26. Diễn biến lưu lượng tại trạm Nông Sơn vào hai trận lũ 2009 và 2017.

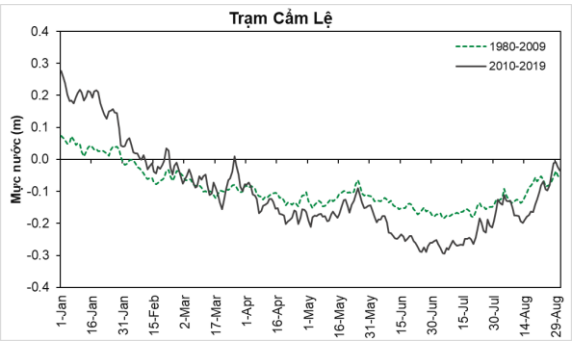
Tại trạm Nông Sơn, hai trận lũ năm 2009 và 2017 có phân bố lưu lượng theo thời gian tương tự nhau, nhưng lũ năm 2017 xảy ra muộn hơn khoảng 0,75 ngày. Tổng lượng lũ năm 2009 là $1,5\times10^9$ m³**,** thấp hơn năm 2017 **(**$2,4\times10^9$ m³**)** khoảng $0,9\times10^9$ m³**.**

d) Thay đổi mực nước ở hạ lưu

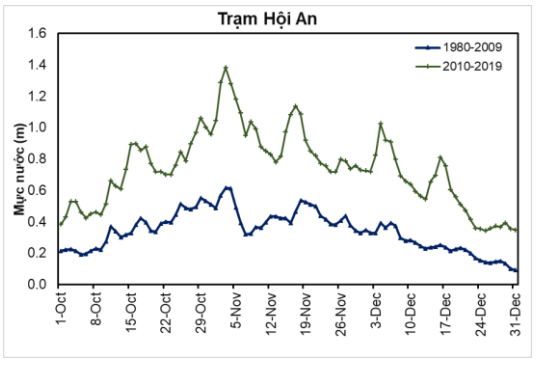
Dựa trên số liệu tại trạm Hội An (sông Thu Bồn) và Cẩm Lệ (sông Vu Gia), kết quả cho thấy sau khi xây dựng thủy điện (2010–2020), mực nước mùa kiệt (tháng 4–8) giảm rõ rệt so với giai đoạn 1980–2009, đặc biệt vào tháng 6. Ngược lại, trong mùa lũ (tháng 10–12), mực nước tăng nhẹ: tại Hội An tăng 0,06m (từ 0,34m lên 0,4m), tại Cẩm Lệ cũng tăng khoảng 0,06m. Như vậy, thủy điện làm giảm mực nước mùa kiệt và tăng mực nước mùa lũ ở hạ lưu.



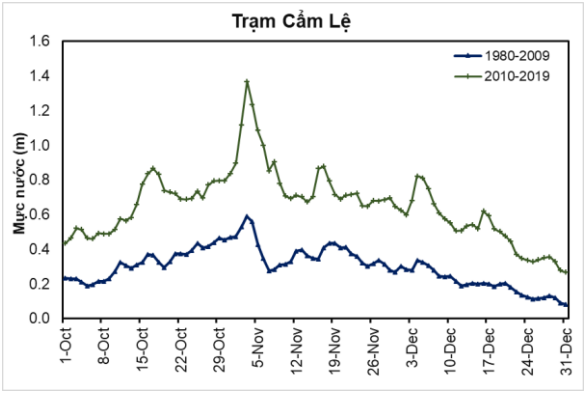
Hình 3-27. Diễn biến mực nước trong mùa kiệt tại hạ lưu sông Thu Bồn trong thời kỳ trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện ở trạm Hội An



Hình 3-28. Diễn biến mực nước trong mùa kiệt tại hạ lưu sông Vu Gia trong thời kỳ trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện ở trạm Cẩm Lệ



Hình 3-29. Diễn biến mực nước trong mùa lũ tại hạ lưu sông Thu Bồn trong thời kỳ trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện tại trạm Hội An



Hình 3-30. Diễn biến mực nước trong mùa lũ tại hạ lưu sông Vu Gia trong thời kỳ trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện tại trạm Cẩm Lệ

Phân tích số liệu mưa, lưu lượng và mực nước trước và sau khi xây dựng thủy điện trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn cho thấy:

Số trận lũ giảm tại trạm Ái Nghĩa và Giao Thủy, nhưng lũ trên BĐIII tại Ái Nghĩa tăng nhẹ (+0,1 trận/năm).

Tại Thành Mỹ, đỉnh lũ lớn nhất tăng khoảng 2,7 m; trong khi tại Nông Sơn, đỉnh lũ trung bình giảm nhẹ.

Tổng lượng lũ tăng tại cả hai trạm.

Mực nước hạ lưu giảm trong mùa kiệt, nhưng tăng nhẹ vào mùa lũ.

Như vậy, thủy điện thượng nguồn đã làm thay đổi rõ rệt chế độ dòng chảy, đỉnh lũ, lưu lượng và mực nước, gây khó khăn trong quản lý tài nguyên, điều tiết lũ và bảo vệ hệ sinh thái hạ lưu.

3.1.3. Phân tích đánh giá khả năng, xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập các hồ thuỷ điện lớn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong điều kiện bình thường

3.1.3.1. Xây dựng quá trình lũ đến thiết kế theo các tần suất

Theo TCVN 13615:2022 về tính toán đặc trưng thủy văn, các phương pháp được phân loại theo mức độ đầy đủ của số liệu đo đạc (nhiều, ít, hoặc không có).

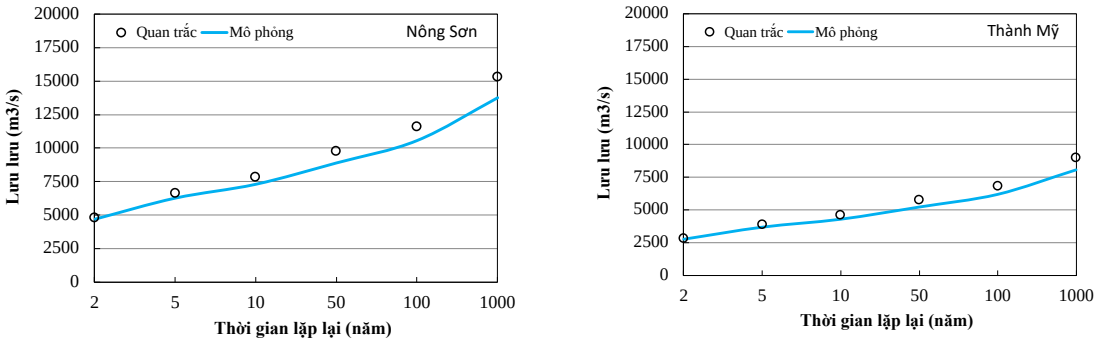
Trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, chỉ có hai trạm thủy văn (Nông Sơn và Thành Mỹ) có số liệu dòng chảy từ năm 1977, nhưng dữ liệu dòng chảy theo giờ rất hạn chế. Phân tích tần suất dựa trên lưu lượng trung bình ngày thường cho kết quả thấp hơn thực tế.

Trong điều kiện thiếu số liệu, phương pháp mô hình toán thường được áp dụng. Mưa là đầu vào chính để mô phỏng dòng chảy, đặc biệt là lũ. Tuy nhiên, chỉ có ba trạm mưa theo giờ (Đà Nẵng, Trà My, Tam Kỳ) với mật độ thưa và tương quan không cao.

Do đó, để mô phỏng lại quá trình dòng chảy tại hai trạm Nông Sơn và Thành Mỹ giai đoạn 1977–2020, đã sử dụng dữ liệu mưa ngày từ 10 trạm để đồng hóa với dòng chảy trung bình ngày.

Các kết quả phân tích tần xuất được thể hiện trong **Hình 3-31** dưới đây. Có thể nhận thấy rằng, phương pháp mô hình cho kết quả tốt với các trận lũ

thiết kế với thời gian lặp lại nhỏ và vừa nhưng cho kết quả thiên nhỏ đối với các trận lũ lớn (thời gian lặp lại dài).



Hình 3-31. Phân tích tần suất dựa trên dòng chảy quan trắc và mô phỏng tại Nông Sơn và Thành Mỹ

So sánh với các kết quả tính toán trong quy trình vận hành hồ chứa trên lưu vực sông VG-TB, ví dụ tại thuỷ điện sông Bung 4A có diện tích lưu vực 1.448 km^2 (nhỏ hơn diện tích lưu vực tại Thành Mỹ là 1.850 km^2 nhưng đỉnh lũ ứng với tần suất 0.1% là 12.008 m^3/s so với 8.982 m^3/s.

Do đó, tính toán lũ đến các hồ chứa sẽ lựa chọn sử dụng trường hợp không có số liệu đo đạc. Lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo công thức kinh nghiệm Xokolopski. Công thức Xokolopsky được áp dụng trong Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 13615:2022 để tính toán lưu lượng đỉnh lũ từ mưa trong trường hợp không có tài liệu quan trắc dòng chảy lũ, áp dụng cho các lưu vực có diện tích lớn hơn 100km^2 có dạng biểu thức (1- 1).

$$Q_{\max,P\%} = 0{,}278 \times \frac{\alpha(H_{TP} - H_0)}{T_l} \times \delta \times f \times F + Q_{ng} \qquad (1 - 1)$$

Trong đó: Lưu vực VG-TB nằm trong phân khu mưa rào theo Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 13615:2022 có quan hệ ở biểu thức 1 - 2.

$$h = \alpha(H_{tp} - H_o) = 0{,}92(H_{tp} - H_o) \qquad (1 - 2)$$

H_o : Tổn thất ban đầu .

T_l : Thời gian lũ lên $T_l = \dfrac{L_s}{3.6 \times V_\tau}$ (1 - 3)

Ls : Chiều dài dòng sông tính đến tuyến đập

V_{max} : Tốc độ tập trung nước trong sông lấy bằng 0,7 vận tốc bình quân lớn nhất ở cửa ra

H_P : Lượng mưa ngày lớn nhất thiết kế gây lũ (tính cho cho thượng lưu các tuyến đập)

δ: Hệ số hiệu chỉnh do thảm thực vật rừng, đầm lầy... lấy bằng 1 (δ =1)

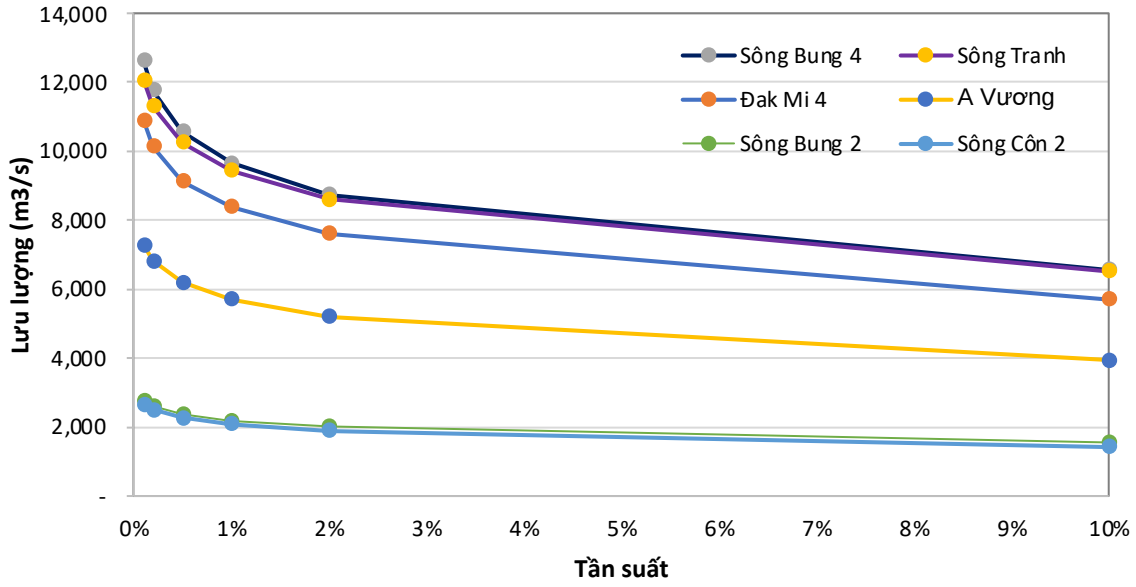
f : Hệ số hình dạng lũ.

Q_{ng} : Lưu lượng nước trong sông trước khi có lũ (lưu lượng này nhỏ bỏ qua không tính)

Kết quả tính toán lưu lượng đỉnh lũ đến các hồ chứa được trình bày trong Bảng sau:

Bảng 3.15. Tổng hợp kết quả tính lưu lượng đỉnh lũ (m^3/s) đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế trong điều kiện bình thường

Hồ	Diện tích (Km^2)	Tần suất					
		0.1%	0.2%	0.5%	1%	2%	10%
A Vương	682	7278	6293	5712	5263	4797	3633
Đak Mi 4	1125	11519	9858	8886	8168	7420	5561
Sông Bung 4	1448	12234	11014	9901	9052	8223	6167
Sông Bung 2	334	5081	4597	3866	3273	2998	2307
Sông Tranh	1100	14148	10420	9449	8709	7941	6022
Sông Côn 2	250	4383	4077	3655	3136	2999	2212



Hình 3-32. Lưu lượng đến các đập thuỷ điện ứng với các tần suất thiết kế trong điều kiện khí hậu hiện tại

Tổng lượng lũ thời đoạn thiết kế tại đập thuỷ điện được tính dựa trên quan hệ đỉnh lượng của các trạm thủy văn Nông Sơn và Thành Mỹ. Qua phân tích tính toán, chuỗi tổng lượng lũ 1 ngày, 3 ngày, 5 ngày max tại 2 trạm Nông Sơn

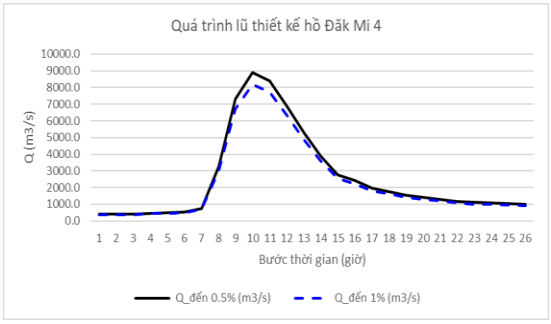
và Thành Mỹ, vẽ tương quan, lưu lượng lũ, tổng lượng lũ thời đoạn lớn nhất được tổng hợp trong bảng sau:

Bảng 3.16. Tổng hợp kết quả tính tổng lượng lũ thời đoạn 1-, 3-, 5- ngày đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế trong điều kiện khí hậu hiện tại

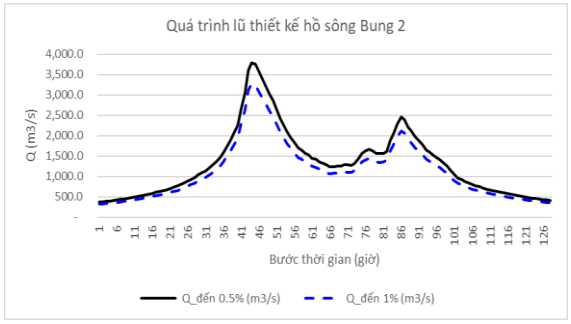
Hồ	**W_lũ (tr.m^3)**	**Tần suất**					
		0.10%	**0.20%**	**0.50%**	**1%**	**2%**	**10%**
A Vương	1 ngày max	397	372	337	310	282	212
	3 ngày max	565	529	480	442	402	304
	5 ngày max	632	592	538	495	451	341
Dak Mi 4	1 ngay max	599	557	500	459	417	310
	3 ngày max	849	790	710	652	592	443
	5 ngày max	948	882	793	729	662	496
Sông Bung 4	1 ngay max	696	647	581	530	479	358
	3 ngày max	985	917	823	752	680	509
	5 ngày max	1100	1023	919	840	760	570
Sông Bung 2	1 ngay max	147	138	125	115	105	79
	3 ngày max	212	199	181	167	153	116
	5 ngày max	240	225	205	190	174	133
Sông Tranh	1 ngay max	664	622	563	518	471	356
	3 ngày max	940	881	798	735	669	507
	5 ngày max	1050	983	892	821	748	567
Sông Côn 2	1 ngay max	141	131	119	109	98	73
	3 ngày max	203.8	190.7	172.6	158.6	144.1	107.9
	5 ngày max	230.2	215.6	195.5	180.0	163.8	123.5

3.1.3.2. Kết quả lũ thiết kế đến các hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

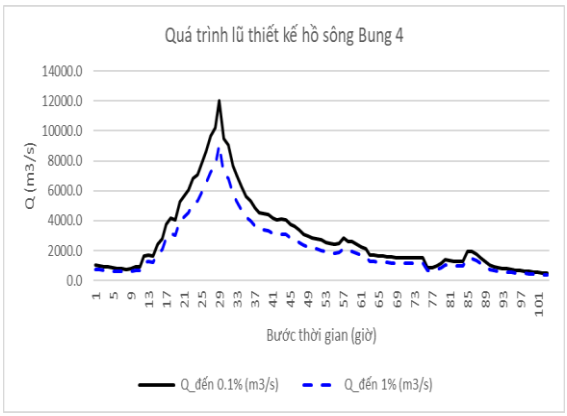
Từ kết quả tính toán lưu lượng đỉnh lũ ứng với các tần suất ở trên tiến hành thu phóng con lũ này theo **lũ điển hình** (lũ thiết kế của các hồ thuỷ điện) ta có đường quá trình lũ đến thiết kế ứng với các tần suất khác nhau.



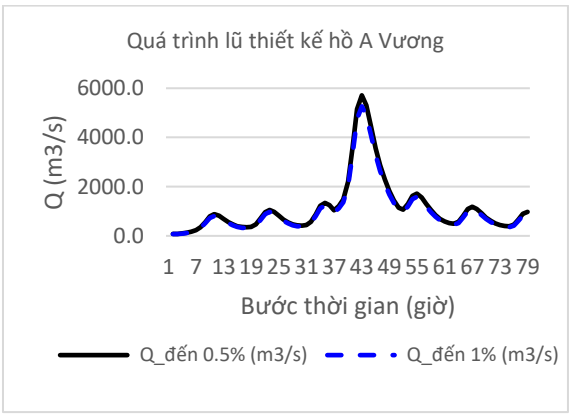
Hình 3-33. Quá trình lũ thiết kế đến hồ Đăk Mi 4 theo các tần suất



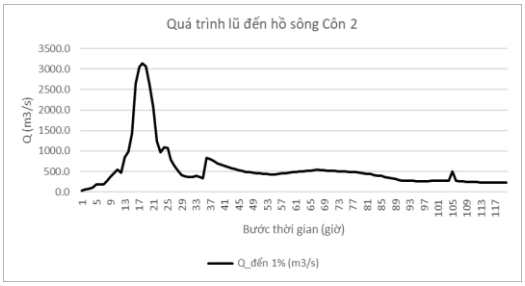
Hình 3-34. Quá trình lũ thiết kế đến hồ sông Bung 2 theo các tần suất



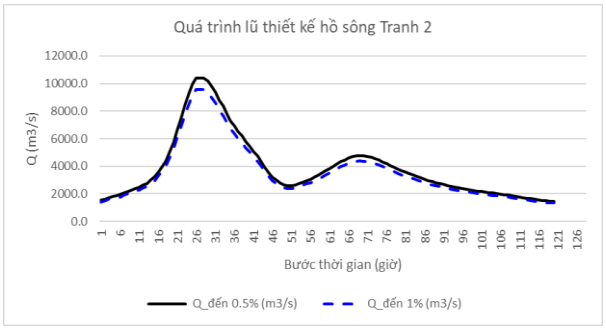
Hình 3-35. Quá trình lũ thiết kế đến hồ sông Bung 4 theo các tần suất



Hình 3-36. Quá trình lũ thiết kế đến hồ A Vương theo các tần suất



Hình 3-37. Quá trình lũ thiết kế đến hồ sông Côn 2



Hình 3-38. Quá trình lũ thiết kế đến hồ sông Tranh 2

3.1.3.3. Các tiêu chí để đánh giá xảy ra lũ lớn nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong điều kiện bình thường

Từ các cơ sở khoa học để đánh giá xảy ra lũ lớn nguy cơ vỡ đập đã nêu tại mục **2.3 - Cơ sở khoa học được áp dụng tại lưu vực nghiên cứu:**

Bảng 3.17. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn trên lưu vực hồ chứa

STT	Tên hồ chứa	Tiêu chí nhận biết $Q_{TC}(m^3/s)$	Xảy ra lũ lớn
1	TĐ A Vương	2.098	$Q_{Max\text{-}đến} \geq Q_{TC}$
2	TĐ Sông Bung 4	5.100	$Q_{Max\text{-}đến} \geq Q_{TC}$
3	TĐ Đak Mi 4	3.000	$Q_{Max\text{-}đến} \geq Q_{TC}$
4	TĐ Sông Tranh 2	3.650 ÷ 6.800	$Q_{TC1} \leq Q_{Max\text{-}đến} \leq Q_{TC2}$

Ghi chú: - TĐ: Thủy điện

- $Q_{Max\text{-}đến}$ là lưu lượng đến hồ lớn nhất tính toán.

Bảng 3.18. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn vùng hạ du hồ chứa

STT	Trạm thủy văn	Lưu vực sông	Khu vực	Mực nước BĐ3 (m)	Xảy ra lũ lớn	
					RRTT cấp 2	RRTT cấp 3
1	Thành Mỹ	Vu Gia	2	22,0	BĐ3<H_{max}<BĐ3+1	H_{max}>BĐ3+1
2	Hội Khách	Vu Gia	2	16,5	BĐ3<H_{max}<BĐ3+1	H_{max}>BĐ3+1
3	Ái Nghĩa	Vu Gia	3	9,0		H_{max} >BĐ3
4	Cẩm Lệ	Vu Gia	3	2,5		H_{max} >BĐ3
5	Hiệp Đức	Thu Bồn	2	30,0	BĐ3<H_{max}<BĐ3+1	H_{max}>BĐ3+1
6	Nông Sơn	Thu Bồn	2	15,0	BĐ3<H_{max}<BĐ3+1	H_{max}>BĐ3+1
7	Giao Thủy	Thu Bồn	3	8,8		H_{max} >BĐ3
8	Câu Lâu	Thu Bồn	3	4,0		H_{max} >BĐ3
9	Hội An	Thu Bồn	3	2,0		H_{max} >BĐ3

Ghi chú:

- RRTT: Rủi ro thiên tai;

- H_{max} là mực nước lớn nhất tính toán tại điểm khống chế;

- Trong phạm vi nghiên cứu chỉ cần xét cấp độ RRTT đối với trường hợp xảy ra lũ lớn (khi H>BĐ3)

Bảng 3.19. Tiêu chí nhận biết tình huống có nguy cơ vỡ đập

STT	Tên hồ chứa	Tiêu chí nhận biết MNLKT (m)	Ghi chú	Có nguy cơ vỡ đập
1	TĐ A Vương	382,2	MNLKT P=0,1%	Z_{max}>MNLKT
2	TĐ Đak Mi 4	260,33	MNLKT P=0,1%	Z_{max}>MNLKT
3	TĐ Sông Bung 4	228,11	MNLKT P=0,02%	Z_{max}>MNLKT
4	TĐ Sông Tranh 2	178,51	MNLKT P=0,1%	Z_{max}>MNLKT

Ghi chú:

- Z_{Max} là mực nước thượng lưu hồ lớn nhất tính toán (tương ứng khi hồ đã vận hành tối đa các công trình xả lũ + phát điện)

- MNLKT là mực nước lũ kiểm tra.

- Tiêu chí đánh giá lũ lớn trên lưu vực căn cứ vào mực nước lũ đến tại các trạm thuỷ văn trên lưu vực ứng với tần suất p= 30% và P=70% để so sánh:

Bảng 3.20. Mực nước tại các trạm thuỷ văn ứng với tần suất 30% và 70% (m)

Trạm/Tần suất	Nông Sơn	Thành Mỹ	Hội Khách	Giao Thuỷ	Ái Nghĩa	Câu Lâu	Cẩm lệ	Hội An
P=30%	14.2	19.51	14.8	8.01	8.8	3.86	1.79	1.93
P=70%	11.92	17.04	13.32	6.8	7.76	2.93	0.95	1.23

Trên cơ sở các luận cứ khoa học, cùng với việc phân tích đặc điểm thực tiễn của các hồ chứa và lưu vực sông, đề tài tiến hành đánh giá tổng hợp và đưa ra các kết luận như sau:

1. Đánh giá khả năng xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp tại các hồ chứa:

- Với tần suất lũ đến của các hồ chỉ với 10% thì đã vượt tiêu chí lũ lớn và phải xả lũ khẩn cấp

- Với 24 kịch bản tính toán thì mực nước trên các trạm đều lớn hơn so vơi mực nước khống chế ứng với P = 30%. Đây là những con lũ rất lớn.

Dưới đây là kết quả của kịch bản nhỏ nhất KB4 -Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng xả lũ tại Nông Sơn và Thành Mỹ Q_{vh}= 3000m^3/s

Bảng 3.21. Bảng tính toán giá trị Q, H max tại một số trạm thủy văn (KB4)

TT	Sông	Trạm thủy văn	Chainage	Q	H	Cấp báo động
1	Vu Gia	Hội Khách	VU GIA 67343	4592,54	16,088	II
2	Vu Gia	Ái Nghĩa	VU GIA 96687	2624,166	8,744	II
3	Thu Bồn	Câu Lâu	THU BON 116579	8397,197	3,553	II
4	Thu Bồn	Hiệp Đức	THU BON 41369	7575,701	27,827	I
5	Thu Bồn	Giao Thủy	THU BON 96249	11646,84	8,705	II
6	Thu Bồn	Nông Sơn	THU BON 70958	9652,146	16,94	III
7	Cái (Vu Gia)	Thành Mỹ	VU GIA 52407	1984,446	20,53	II
8	Cẩm An	Hội An	CAM AN 3138.5	6361,596	2,3	III
9	Vu Gia	Cẩm Lệ	VU GIA 117317	2348,241	3,34	III

2. Đánh giá nguy cơ vỡ đập

Với các trận lũ lớn đến thì việc vận hành các hồ chứa rất quan trọng là do chủ quan của con người. Đối với công trình xả lũ đề tài đã tính toán lại với lũ thiết kế và lũ kiểm tra. Cho thấy kết quả các công trình tháo đều đạt mức độ cho phép với yêu cầu thiết kế.

Trong trường hợp xuất hiện rủi ro vỡ đập, có thể phát sinh từ nhiều nguyên nhân, chẳng hạn như xói ngầm do kết cấu công trình không đảm bảo hoặc tràn đỉnh. Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu này, đề tài chỉ xem xét các kịch bản dựa trên tiêu chí khí tượng – thủy văn và lũ đến, nên các yếu tố liên quan đến kết cấu và an toàn công trình không được đánh giá.

Xác định cơ chế vỡ đập là bước cơ bản trong xây dựng kịch bản vỡ đập. Đập có thể vỡ do nhiều nguyên nhân, bao gồm lũ lớn, xói ngầm, sạt lở, động đất, sự cố công trình hoặc chất lượng kết cấu kém. Các đập nghiên cứu chủ yếu là đập bê tông; nguyên nhân phổ biến là mất ổn định kết cấu, vật liệu kém, xói ngầm hoặc trượt mái, nền móng yếu, rò rỉ thân đập.

Đối với các đập quy mô lớn như Thủy điện A Vương, cần phân tích chi tiết các thông số vết vỡ (hình dạng, kích thước, thời gian) làm đầu vào cho mô hình thủy lực một chiều (HEC-RAS, DAMBRK, MIKE 11) và mô hình hai chiều nếu hạ du bằng phẳng. Các đập vừa và nguy cơ trung bình như Sông Bung 4, Sông Côn 2, Đăk Mi 4 và Sông Tranh 2 được đánh giá ở cấp độ trung bình, sử dụng công thức thực nghiệm và mô hình thủy văn (HEC-HMS) kết hợp mô hình thủy lực để tính đường quá trình lưu lượng và sóng lũ hạ du.
Phân tích độ nhạy thông số vết vỡ giúp đánh giá ảnh hưởng đến lưu lượng và mực nước tại các vị trí quan trọng. Kịch bản vỡ đập cần xét các điều kiện thời tiết khác nhau (bình thường, mưa lũ) và tần suất lũ theo phân loại đập. Trong hệ thống thủy điện bậc thang, sự cố vỡ đập thượng lưu có thể tác động đến đập hạ lưu, do đó cần tính liên hoàn giữa các đập để đánh giá rủi ro tổng thể.

3.2. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XẢY RA LŨ LỚN VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

3.2.1. Lựa chọn tổ hợp mô hình nghiên cứu độ phân giải cao

CMIP6 hiện là cơ sở dữ liệu có độ tin cậy và mang tính mới nhất trong nghiên cứu về BĐKH. CMIP có khoảng hơn 100 mô hình toàn cầu từ 33 nhóm mô hình với độ phân giải khác nhau từ 20km đến > 300km đang được ứng dụng cho các nghiên cứu về khí hậu. Theo như mục tiêu đề tài, dữ liệu được thu thập phục vụ nghiên cứu sẽ bao gồm 05 biến khí tượng (Bảng 3.22) và dựa trên 4 kịch bản phát thải chính SSP1.19, SSP1.26, SSP2.45, SSP3.70, SSP5.85. Mặt khác, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, việc sử dụng các GCM có độ phân giải ngang cao hơn được cho là đem lại hiệu suất tốt hơn so với các GCM có độ phân giải ngang thấp hơn [40][41][42]. Do vậy, để phục vụ cho đề tài nghiên

cứu, các mô hình khí hậu có độ phân ngang cao từ dự án CMIP6 sẽ được cân nhắc sử dụng nhằm đạt được các kết quả tốt nhất.

Bảng 3.22. Danh sách các biến khí tượng thu thập từ CMIP6

STT	Kí hiệu	Tên biến	Đơn vị
1	hurs	Độ ẩm tương đối gần bề mặt	%
2	pr	Lượng mưa	kg/m^2s
3	tas	Nhiệt độ không khí	K
4	Tasmax	Nhiệt độ tối cao gần bề mặt	K
5	Tasmin	Nhiệt độ tối thấp gần bề mặt	K
6	sfcWin	Tốc độ gió gần bề mặt	m/s

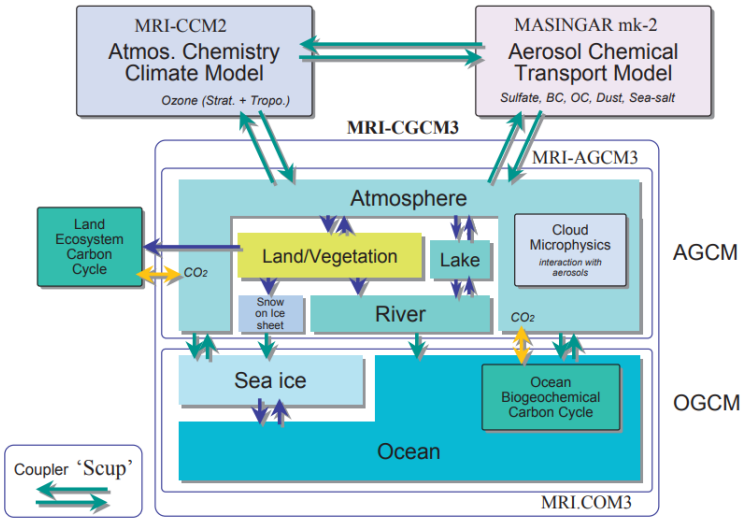
Trong quá trình kiểm tra, rà soát dữ liệu của khoảng 40 mô hình đã công bố, có 03 nhóm mô hình có đủ các thông số đáp ứng yêu cầu của đề tài lần lượt là mô hình EC-Earth-Consortium, MRI, NOAA-GFDL.

Bảng 3.23. Thông tin về các mô hình CMIP6 sử dụng trong nghiên cứu

Tên mô hình	Cơ quan	Tổ hợp	Độ phân giải
MPI-ESM2-0	Viện Khí tượng Max Planck (MPI), Đức	r1i1p1f1	100km
GFDL-EMS4	Phòng thí nghiệm Động lực học Chất lỏng Địa-Vật lý Hoa Kỳ	r1i1p1f1	100km
EC-EARTH3-Veg	EC-Earth Consortium, Châu Âu	r1i1p1f1	80 km

1. Mô hình MRI-EMS2 [40]

Mô hình MRI-EMS (Meteorological Research Institute –Earth Model System) được xây dựng và phát triển bởi Viện Nghiên cứu Khí tượng Nhật Bản (MRI) và Cục Khí tượng Nhật Bản (JMA). MRI-EMS2 là phiên bản mới nhất được công bố vào năm 2017 của MRI và đưa vào khai thác trong CMIP6 dựa trên 2 mô hình MRI-ESM1 và MRI-CGCM3 trong CMIP5 trước đó.



Hình 3-39. Cấu hình cơ bản của mô hình MRI-ESM1

2. Mô hình EC-Earth3-Veg [41]

EC-Earth3 là phiên bản mới nhất thuộc dự án CMIP6, do Liên minh EC-Earth phát triển nhằm liên kết các viện nghiên cứu châu Âu trong nghiên cứu hệ thống Trái Đất. Mô hình này kế thừa từ EC-Earth2 (CMIP5), phát triển từ năm 2012 với nhiều cải tiến, sử dụng mô hình khí quyển IFS 36r4. Trong CMIP6, EC-Earth3 có 7 phiên bản mở rộng, trong đó EC-Earth3-Veg (ra mắt 2019) là mô hình phù hợp với yêu cầu đề tài, gồm các thành phần: khí quyển (IFS cy36r4), bề mặt đất (HTESSEL), đại dương (NEMO3.6), băng biển (LIM3) và được ghép nối qua OASIS3-MCT.

3. Mô hình NOAA-GFDL [42]

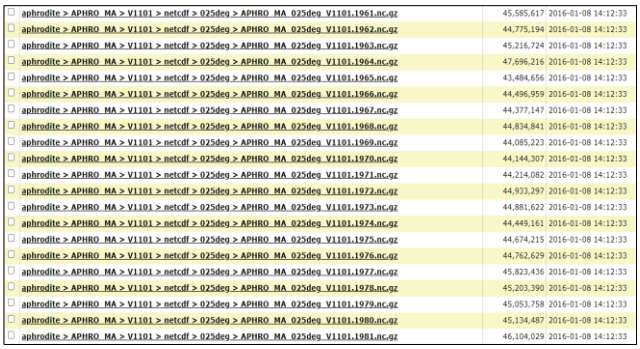
GFDL là mô hình do Phòng thí nghiệm Động lực học Chất lỏng Địa-Vật lý Hoa Kỳ phát triển, dùng để nghiên cứu BĐKH, dự báo bão, hạn hán, mực nước biển dâng, chu kỳ ENSO, vận chuyển khí và hóa chất trong khí quyển… GFDL đã tham gia các báo cáo IPCC từ năm 1990[43]. Nghiên cứu này sử dụng GFDL-ESM4.1 – mô hình tích hợp khí hậu-hóa học-cacbon trong CMIP6, với độ phân giải cao (1° khí quyển, 0,5° đại dương), cải thiện đáng kể so với các phiên bản trước. ESM4.1 mô phỏng tốt các chu trình CO2, sol khí, sinh-địa hóa đất và đại dương, và giảm sai số so với CM4.0, đặc biệt ở Nam Đại Dương. Tuy nhiên, vẫn còn một số hạn chế về độ lệch nhiệt độ biển, sol khí và biến động khí hậu dài hạn.

3.2.2. Hiệu chỉnh kết quả mô phỏng bởi tổ hợp mô hình khí hậu CMIP6

3.2.2.2. Cơ sở dữ liệu

a) Dữ liệu thực đo

Do hạn chế về dữ liệu quan trắc, nghiên cứu sử dụng dữ liệu lượng mưa từ dự án APHRODITE thay thế cho dữ liệu trạm đo trên lưu vực VGTB. APHRODITE là cơ sở dữ liệu mưa quan trắc mặt đất cho khu vực châu Á, được tài trợ bởi Bộ Môi trường Nhật Bản từ năm 2006. Dữ liệu sử dụng thuộc bộ V1101, giai đoạn 1961–2015, với độ phân giải khoảng 25 km, định dạng NetCDF (*.nc), tải từ http://search.diasjp.net/en.



aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1961.nc.gz	45,585,617	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1962.nc.gz	44,775,194	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1963.nc.gz	45,216,724	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1964.nc.gz	47,696,216	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1965.nc.gz	43,484,656	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1966.nc.gz	44,496,959	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1967.nc.gz	44,377,147	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1968.nc.gz	44,834,841	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1969.nc.gz	44,085,223	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1970.nc.gz	44,144,307	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1971.nc.gz	44,214,082	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1972.nc.gz	44,933,297	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1973.nc.gz	44,881,622	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1974.nc.gz	44,449,161	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1975.nc.gz	44,674,215	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1976.nc.gz	44,762,629	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1977.nc.gz	45,823,436	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1978.nc.gz	45,203,390	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1979.nc.gz	45,053,758	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1980.nc.gz	45,134,487	2016-01-08 14:12:33
aphrodite > APHRO_MA > V1101 > netcdf > 025deg > APHRO_MA_025deg_V1101.1981.nc.gz	46,104,029	2016-01-08 14:12:33

Hình 3-40. Dữ liệu lượng mưa APHRODITE với định dạng Netcdf

Hình 3-41. Khu vực tính toán (màu vàng - điểm lưới của APHRODITE, màu xanh dương – vị trí trạm đo mưa Đà Nẵng)

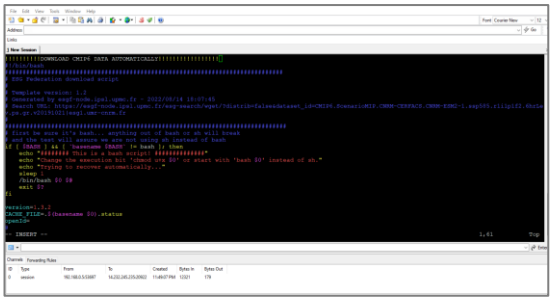
Dữ liệu sau khi tải về được xử lý cho lưu vực VGTB (gồm Quảng Nam và Đà Nẵng). Từ 100.800 điểm nút ban đầu, phạm vi được thu hẹp còn 17 điểm nút nằm trong lưu vực (Hình 3-41). Dữ liệu mưa ngày tại các điểm này sẽ được sử dụng làm cơ sở thực đo để hiệu chỉnh kết quả mô phỏng khí hậu từ các GCM thuộc CMIP6. Ngoài ra, nghiên cứu sử dụng số liệu thực đo tại trạm khí tượng Đà Nẵng (108º12’ – 16º2’N) trong khoảng thời gian từ năm 1976-2014 đại diện cho khu vực Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định dữ liệu.

b) Dữ liệu khí hậu

Dữ liệu khí hậu trong nghiên cứu được thu thập từ 3 mô hình GCM (MRI-ESM2, EC-Earth3-Veg và NOAA-GFDL-ESM4) thuộc dự án CMIP6, gồm hai giai đoạn: lịch sử (1960–2014) và tương lai (2015–2100) với 5 kịch bản phát thải: SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 và SSP5-8.5. Dữ liệu lượng mưa

giai đoạn 2015–2100 được tải từ trang https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip6/, thông qua các tùy chọn lọc ở giao diện bên trái (Hình 3-42).

Hình 3-42. Giao diện của trang web CMIP6



Hình 3-43. Giao diện file wget.sh trên hệ thống LINUX/UNIX

Số liệu sẽ được tải tự động thông qua Script (Hình 3-43) đã được cung cấp bởi CMIP6 dựa trên Hệ điều hành LINUX/UNIX và được nén dưới dạng *file.nc. Mỗi file sẽ mô tả một biến nhất định theo lần lượt 4 kịch bản mục tiêu.

Sau khi có được các số liệu thô, dữ liệu sau cùng sẽ được trích xuất dựa trên ngôn ngữ Fortran90 thông qua hệ thống UNIX/LINUX ở định dạng ASCII text để thực hiện hiệu chỉnh dữ liệu ở các bước tiếp theo.

3.2.2.3. Phương pháp hiệu chỉnh số liệu điển hình

a) Một số phương pháp hiệu chỉnh số liệu điển hình

Dữ liệu khí hậu từ các mô hình khí hậu toàn cầu (GCM) có độ phân giải thô (100–400 km), nên khó phản ánh chính xác đặc điểm địa phương và các hiện tượng cực đoan quy mô nhỏ. Việc sử dụng trực tiếp GCM cho mô phỏng thủy văn ở lưu vực nhỏ thường gây sai lệch do hạn chế về cấu trúc mô hình, điều kiện biên, điều kiện ban đầu và kích thước ô lưới. Do đó, phương pháp hiệu chỉnh sai số (Bias Correction) được áp dụng để cải thiện đầu ra mô hình thông qua thiết lập quan hệ thống kê giữa dữ liệu mô phỏng và quan trắc, đặc biệt cần thiết khi dùng dữ liệu khí hậu làm đầu vào cho mô hình thủy văn.

Nhiều nghiên cứu quốc tế như của Terink et al. (2009) [47], Mendez et al. (2019)[48], Piani et al. (2010)[49], Fang et al. (2014)[50]... đã chứng minh hiệu quả của các phương pháp hiệu chỉnh (như phân vị, tuyến tính, phân bố Gamma...) trong việc giảm sai số giữa mô hình và số liệu thực đo, cải thiện đáng kể độ chính xác mô phỏng dòng chảy thủy văn. Ở Việt Nam, một số

nghiên cứu tiêu biểu như của Vũ Văn Thắng (2017)[53], Mai Văn Khiêm (2018)[54], Bùi Tuấn Hải (2020)[60]... cũng cho thấy hiệu chỉnh sai số giúp cải thiện độ tương quan và chất lượng dữ liệu mô phỏng.

Hiệu quả hiệu chỉnh phụ thuộc vào phương pháp áp dụng, đặc điểm địa hình, biến khí hậu và mùa phân tích, do đó việc lựa chọn phương pháp phù hợp là rất quan trọng. Nghiên cứu này thực hiện hiệu chỉnh sai số lượng mưa từ các GCM nhằm cung cấp dữ liệu đầu vào tin cậy cho mô hình thủy văn. Các phương pháp được trình bày sẽ tập trung vào hiệu chỉnh lượng mưa, với các ký hiệu như: P (lượng mưa), d (ngày), μ_m (trung bình tháng), contr (dữ liệu thô quá khứ), obs (quan trắc), scen (dữ liệu thô tương lai), * (sau hiệu chỉnh).

i) Phương pháp tỷ lệ tuyến tính (LS)

Phương pháp tỷ lệ tuyến tính (Linear Scaling) là cách tiếp cận đơn giản nhất khi tính toán một hệ số hiệu chỉnh không đổi được ước tính dựa trên sự chênh lệch giữa số liệu thực đo và số liệu mô phỏng. Phương pháp chỉ hiệu chỉnh giá trị trung bình mà không có tác dụng hiệu chỉnh độ lệch chuẩn của chuỗi số.

Mặc dù cách tiếp cận đơn là giản nhất để hiệu chỉnh sai số nhưng phương pháp LS đã mang lại hiệu quả nhất định trong một số nghiên cứu điển hình như Fang và cs (2015) [50], Shrestha và cs (2017) [52], Mudbhatkal và Mahesha [61], Teuschbein và Seibert (2012) [62], …

ii) Phương pháp hiệu chỉnh cường độ dựa trên quy mô địa phương (LOCI)

Phương pháp hiệu chỉnh cường độ theo quy mô địa phương (Local Intensity Scaling - LIS) [50][62] kết hợp tỷ lệ tuyến tính với một ngưỡng mưa, nhằm hiệu chỉnh giá trị trung bình và tần suất xuất hiện ngày mưa. Lượng mưa ngày được điều chỉnh theo hệ số tỷ lệ tháng, tính từ tỉ lệ giữa lượng mưa quan trắc và mô phỏng theo tháng. Tuy nhiên, phương pháp này không xử lý sai lệch về phân bố tần suất và sự thay đổi mưa theo thời gian [63].

iii) Phương pháp biến đổi hàm mũ (PT):

Phương pháp biến đổi hàm mũ (Power transformation) [50][62] được sử dụng với mục đích hiệu chỉnh độ lệch chuẩn chuỗi thời gian lượng mưa. Đầu

tiên, cần tính toán hệ số biến thiên hàng tháng của lượng mưa ngày quan sát ứng với tỷ lệ của độ lệch chuẩn hàng tháng và trung bình lượng mưa hàng tháng và giá trị của của lượng mưa ngày ứng với mô phỏng của GCM.

Sau đó, một hệ số trung gian sẽ được tính toán sao cho lượng mưa trung bình sau khi hiệu chỉnh xấp xỉ với lượng mưa trung bình đo tại trạm. Cuối cùng, lượng mưa cần được hiệu chỉnh sẽ được tính toán dựa trên theo phương pháp tỷ lệ tuyến tính.

Một số ví dụ điển hình đã ứng dụng thành công phương pháp này trong [50]nghiên cứu có thể kể đến như Fang và cs (2015) [50], Teuschbein và Seibert (2012) [62], Sanusi Shiru và Park (2020) [65],…

iv) Phương pháp hiệu chỉnh dựa trên hàm phân bố (DM):

Phương pháp hiệu chỉnh dựa trên hàm phân bố (Distribution mapping) [50] nhằm điều chỉnh phân bố của các giá trị được mô phỏng theo GCM theo hàm phân bố của các giá trị quan sát. Phương pháp này có thể hiệu chỉnh giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và phân vị của số liệu, bảo toàn các cực trị. Tuy nhiên, với giả định rằng cả biến khí hậu quan sát và mô phỏng đều tuân theo cùng phân bố được đề xuất có thể tạo ra những sai lệch mới.

v) Phương pháp hiệu chỉnh phân vị (QM)

Phương pháp hiệu chỉnh phân vị (Quantile Mapping) [50] hay còn gọi là "cân bằng biểu đồ" hay "đối sánh thứ hạng" là phương pháp được sử dụng phổ biến cho các chuỗi dữ liệu lớn, khi sử dụng một hàm biến đổi để loại bỏ sai lệch. Phương pháp QM được thực hiện dựa trên việc xây dựng một hàm phân phối xác suất lũy tích kinh nghiệm (CDF) của số liệu mô phỏng và quan sát, nó có thể hiệu chỉnh hiệu quả sai lệch về giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và phân vị của chuỗi số liệu.

Phương pháp hiệu chỉnh phân vị hiện đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu và có độ tin cậy cao như Fang và cs (2015)[50], Vũ Văn Thắng và cs (2017) [53], Mai Văn Khiêm (2018) [54] Maurer và cs (2016) [67], Enayati và cs (2021) [68],…

**Nhận xét:*

Hiện nay có nhiều phương pháp hiệu chỉnh sai số khí hậu, trong đó 5 phương pháp cơ bản được trình bày là phổ biến và cho hiệu quả tốt trong cải thiện đầu ra mô hình. Các phương pháp này dựa trên tiếp cận thống kê, xét mối quan hệ giữa chuỗi mưa quan trắc và mô phỏng qua các đặc trưng như trung bình, độ lệch chuẩn và phân bố tần suất. Mỗi phương pháp có ưu, nhược điểm riêng (Bảng 3.24) và được lựa chọn tùy theo mục tiêu và khu vực nghiên cứu. Phần tiếp theo sẽ trình bày phương pháp hiệu chỉnh lượng mưa phù hợp với mục tiêu nghiên cứu dựa trên các kết quả trước đó.

Bảng 3.24. Đánh giá chung về các phương pháp hiệu chỉnh số liệu điển hình [61][69]

Phương pháp	Ưu điểm	Nhược điểm
LS	Đơn giản	Chỉ hiệu chỉnh giá trị trung bình
LOCI	Hiệu chỉnh về tần suất	Không hiệu chỉnh sai lệch về phân bố của tần suất mưa và sai lệch phân phối mưa theo thời gian
PT	Hiệu chỉnh về giá trị trung bình và độ lệch chuẩn	Không hiệu chỉnh về xác suất ngày không mưa và cường độ mưa. Phép biến đổi phi tuyến không cho kết quả tốt khi sai số số ngày mưa lớn Hạn chế về hàm mũ
DM	Hiệu chỉnh tốt các đặc trưng thống kê có phạm vi hẹp và có tính đến giá trị trung bình	Hiệu suất phụ thuộc vào chuỗi số liệu phân bố theo hàm Gamma
QM	Hiệu chỉnh xét đến toàn bộ phân bố Đánh giá tốt các thay đổi của giá trị cực đoan của số liệu	Không hiệu chỉnh phân phối mưa ngày theo thời gian. Các cực trị chỉ giới hạn trong phạm vi quan sát

b) Xây dựng phương pháp hiệu chỉnh hệ số khí hậu cho nghiên cứu

i) Cơ sở lý thuyết

Trong nghiên cứu tác động BĐKH đến chất lượng thủy văn, do hạn chế của đầu ra mô hình GCM, Wood và cs [70] và Kiêm và cs [71] đã đề xuất các phương pháp hiệu chỉnh sai số đơn giản, ít tốn dữ liệu và thời gian, dựa trên việc sắp xếp lượng mưa quan sát và mô phỏng theo thứ hạng để tính hệ số hiệu chỉnh. Tuy nhiên, các phương pháp này chưa xử lý tốt lượng mưa cực trị do sự khác biệt trong chuỗi dữ liệu giữa hiện tại và tương lai.

Để khắc phục, Inomata và cs (2009) [61] đã đề xuất phương pháp Hệ số Khí hậu (HSKH) – một cải tiến dựa trên hiệu chỉnh phân vị (QM), có khả năng hiệu chỉnh lượng mưa ngày và lượng mưa cực đoan. Phương pháp này sử dụng phân vị NEP ≥ 99.5% để xác định lượng mưa cực trị, nhằm tránh lựa chọn giá trị không phù hợp trong mùa khô. Hệ số khí hậu được chia thành hai loại: hệ số cho cực trị (dùng cho phân vị >99.5%) và hệ số theo tháng (cho phần còn lại), đều được giả định bất biến theo thời gian.

Giả định này được kiểm chứng bởi Inomata và cs (2009) [73] với kết quả cho thấy sự tương đồng cao giữa dữ liệu quá khứ và tương lai, giúp củng cố tính hợp lý khi áp dụng. Với ưu điểm đơn giản, hiệu quả và không đòi hỏi dữ liệu lớn, phương pháp HSKH sẽ được sử dụng trong nghiên cứu nhằm hiệu chỉnh sai số lượng mưa GCM (CMIP6), cải thiện độ tin cậy đầu vào cho mô hình thủy văn và đánh giá chính xác tác động BĐKH đến lưu vực Vu Gia – Thu Bồn.

ii) Các bước thực hiện hiệu chỉnh

Dữ liệu khí hậu đầu ra của mô hình GCM cho giai đoạn quá khứ và tương lai sau khi thu thập sẽ tiến hành hiệu chỉnh sai số với dữ liệu thực đo theo tuần tự các bước thực hiện dưới đây:

Bước 1: Chuỗi dữ liệu mưa ngày mô phỏng và quan trắc được sắp xếp theo thứ từ lớn đến bé, sau đó lựa chọn cặp số liệu (mô phỏng và quan trắc) tương ứng trên phân vị thứ 99.5%; (ví dụ 45 cặp = 25 năm * 365 ngày * 0,5%)

Bước 2: Tính hệ số khí hậu trung bình cho các cặp dữ liệu trên phân vị thứ 99.5%:

$$\alpha_I = \frac{P_obs_I}{Mod_Pre_I} \qquad (17)$$

Bước 3: Các cặp mưa có phân vị nhỏ hơn 99.5% sẽ được sắp xếp lại theo thời gian xuất hiện và tính giá trị trung bình tháng cho toàn chuỗi số liệu. Hệ số khí hậu được tính bằng tỉ số giữa giá trị trung bình tháng quan trắc và mô phỏng. Nếu một trong các giá trị trung bình tháng quan trắc và mô phỏng bằng 0 thì hệ số khí hậu sẽ lấy bằng 0;

$$\alpha_{m_i} = \frac{P_obs_I}{Mod_Pre_{m_i}} \qquad (18)$$

Bước 4: Giả thiết các hệ số khí hậu xác định trong bước 2 và 3 là cố định trong điều kiện BĐKH, các công thức dưới đây được sử dụng để hiệu chỉnh kết quả mô phỏng mưa;

$$P_Fut_I = \alpha_I \times Mod_Fut_I \qquad (19)$$

$$P_Fut_{m_i} = \alpha_{m_i} \times Mod_Fut_{m_i} \qquad (20)$$

Trong đó:

- I: Thứ tự chuỗi dữ liệu mưa ngày mô phỏng và quan trắc được xắp xếp theo thứ từ lớn đến bé;

- i: Thứ tự chuỗi dữ liệu mưa ngày mô phỏng và quan trắc được xắp xếp theo thời gian trong tháng;

- m: tháng;

- P_Obs_I: Mưa quan trắc ứng với thứ tự I cho các cặp dữ liệu trên phân vị thứ 99.5% trong giai đoạn hiệu chỉnh;

- Mod_Pre_I: Mưa mô phỏng ứng với thứ tự I cho các cặp dữ liệu trên phân vị thứ 99.5% trong giai đoạn hiệu chỉnh;

- α_I: hệ số khí hậu cho các cặp dữ liệu trên phân vị thứ 99.5% trong giai đoạn hiệu chỉnh;

- $P_Obs_{m_i}$: giá trị mưa trung bình tháng quan trắc trong giai đoạn hiệu chỉnh; $Mod_Pre_{m_i}$: giá trị mưa trung bình tháng mô phỏng trong giai đoạn hiệu chỉnh;

- α_{m_i}: hệ số khí hậu cho tháng trong năm trong giai đoạn hiệu chỉnh;

- Mod_Fut_I: Mưa mô phỏng ứng với thứ tự I trong giai đoạn kiểm định cho các cặp dữ liệu trên phân vị thứ 99.5%

- P_Fut_I: Giá trị mưa được hiệu chỉnh trong giai đoạn kiểm định cho các cặp dữ liệu trên phân vị thứ 99.5%;

- $Mod_Fut_{m_i}$: giá trị mưa trung bình tháng mô phỏng cho giai đoạn kiểm định.

- $P_Fut_{m_i}$: giá trị mưa trung bình tháng đã hiệu chỉnh cho giai đoạn kiểm định

iii) Một số ứng dụng điển hình của phương pháp hiệu chỉnh sai số HSKH

Với ưu điểm đơn giản và hiệu quả trong hiệu chỉnh lượng mưa cực trị, phương pháp HSKH hiện được ứng dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu [74]-

[77], giúp cải thiện đầu ra mô hình khí hậu và nâng cao độ tin cậy cho mô hình thủy văn khi đánh giá tác động của BĐKH đến lũ, hạn, dòng chảy,...

Trịnh Quang Toàn và cs (2021)[75] đã áp dụng HSKH để hiệu chỉnh đầu ra mô hình WRF (độ phân giải 9 km) cho lưu vực Sài Gòn–Đồng Nai. Kết quả cho thấy phương pháp giúp nâng cao độ tương quan giữa dữ liệu mô phỏng và quan trắc (R^2 từ 0,64–0,90, NSE đạt tới 0,78), đặc biệt với dữ liệu ERA-Interim. Nghiên cứu khuyến nghị kết hợp mô hình số trị và hiệu chỉnh thống kê nhằm nâng cao độ chính xác cho các mô phỏng khí tượng–thủy văn.

Ruangrassamee và cs [74] áp dụng HSKH để hiệu chỉnh dữ liệu từ MRI-AGCM 3.2s cho lưu vực Yom (Thái Lan), cho kết quả vượt trội so với phương pháp Gamma-Gamma, đặc biệt ở các giá trị cực đoan (R^2 từ 0,78–0,89). Mô hình dòng chảy RRI cho thấy xu hướng lũ đỉnh chuyển từ tháng 9 sang tháng 10 và số lượng lũ tăng.

Tại lưu vực Vu Gia–Thu Bồn, Đỗ Hoài Nam và cs (2019) [76] áp dụng HSKH cho dữ liệu CMIP5, giúp cải thiện đáng kể lượng mưa cực đoan và phù hợp tốt với quan trắc. Mô hình thủy văn TANK sử dụng đầu vào đã hiệu chỉnh mô phỏng lưu lượng sát thực tế, dù vẫn đánh giá thấp lưu lượng trong mùa mưa. Tuy nhiên, nghiên cứu cũng chỉ ra sự không chắc chắn do ảnh hưởng từ độ phân giải không gian và tham số vật lý khác nhau giữa các mô hình.

3.2.3. Thiết kế thử nghiệm cho lưu vực Vu Gia - Thu Bồn

Nghiên cứu sẽ hiệu chỉnh sai số lượng mưa từ các mô hình GCM thuộc dự án CMIP6 cho lưu vực Vu Gia–Thu Bồn (VGTB), trong hai giai đoạn: hiệu chỉnh (1975–1994) và kiểm định (1995–2014). Dữ liệu quan trắc được thu thập từ trạm khí tượng Đà Nẵng và bộ dữ liệu APHRODITE. Giai đoạn hiệu chỉnh được dùng để tính hệ số khí hậu (HSKH), còn giai đoạn kiểm định nhằm đánh giá độ tin cậy của phương pháp. Sau hiệu chỉnh, lượng mưa tương lai sẽ được dự tính theo các kịch bản BĐKH.

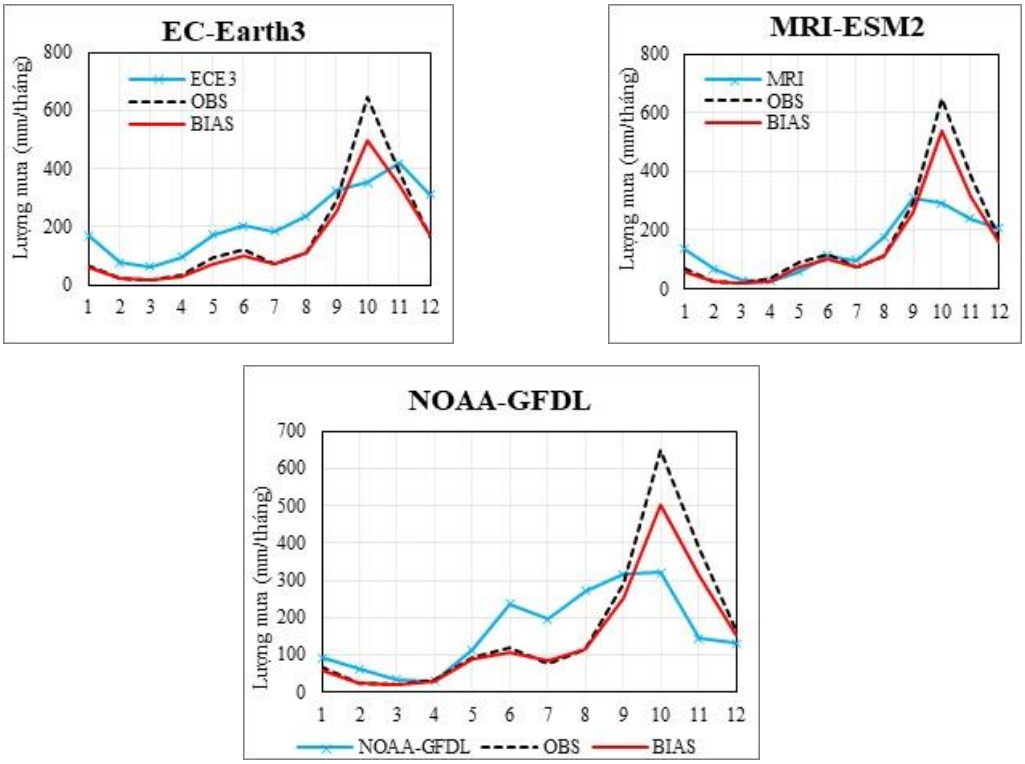
Do hạn chế về trạm đo, dữ liệu trạm Đà Nẵng đại diện cho thành phố Đà Nẵng, còn dữ liệu APH đại diện cho Quảng Nam. Với Quảng Nam, mưa được tính trung bình lưu vực theo ngày; còn với Đà Nẵng, dữ liệu APH thay thế cho

trạm năm 1975 do thiếu số liệu. Các tính toán được thực hiện trên hệ điều hành LINUX/UNIX bằng ngôn ngữ Fortran, còn đồ thị đánh giá được xây dựng bằng Microsoft Excel.

3.2.3.1. Kết quả hiệu chỉnh dữ liệu mô phỏng từ tổ hợp mô hình CMIP6

1. Kết quả hiệu chỉnh dữ liệu cho giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994)

a. Kết quả hiệu chỉnh dữ liệu tại Đà Nẵng

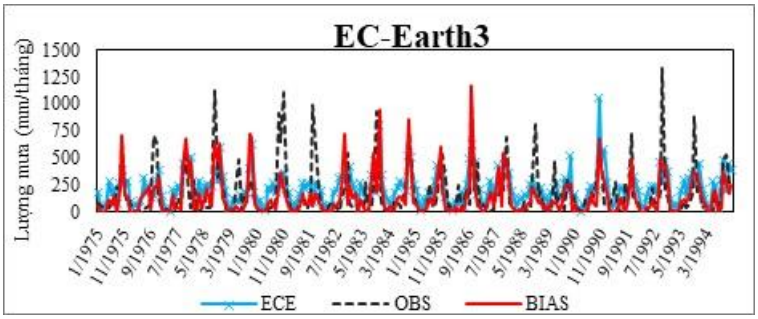


Hình 3-44. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994)

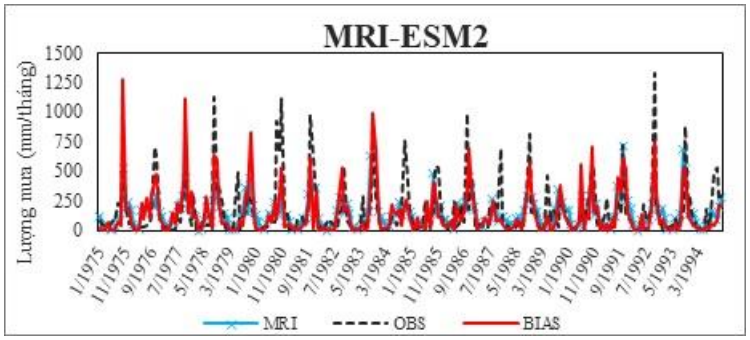
Theo số liệu quan trắc tại trạm khí tượng Đà Nẵng (1975–1994) (Hình 3-44), lượng mưa trung bình dao động từ 20–650 mm/tháng, phân bố không đều theo mùa. Mùa mưa (tháng 9–12) chiếm phần lớn tổng lượng mưa năm, với đỉnh vào tháng 10 (650 mm), trong khi mùa khô (tháng 1–8), đặc biệt tháng 2–4, có lượng mưa thấp (28–30 mm). Điều này phù hợp với đặc điểm khí hậu của lưu vực VGTB.

Dữ liệu từ các GCM cho thấy sai lệch đáng kể so với quan trắc: ECE thiên cao nhưng đỉnh mưa thấp; MRI có kết quả sát nhất vào mùa khô nhưng chưa nắm đúng đỉnh mưa; GFDL dự tính mùa mưa đến sớm và kéo dài hơn thực tế. Sau khi hiệu chỉnh sai số bằng phương pháp HSKH, sai lệch của các mô hình

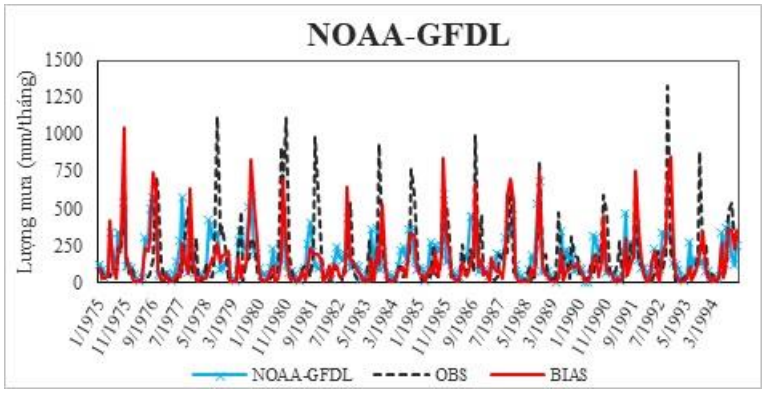
được cải thiện rõ rệt, đặc biệt là trong mùa khô, dù vẫn còn chênh lệch tại các tháng có lượng mưa cực trị.



Hình 3-45. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) của mô hình ECE



Hình 3-46. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) của mô hình MRI

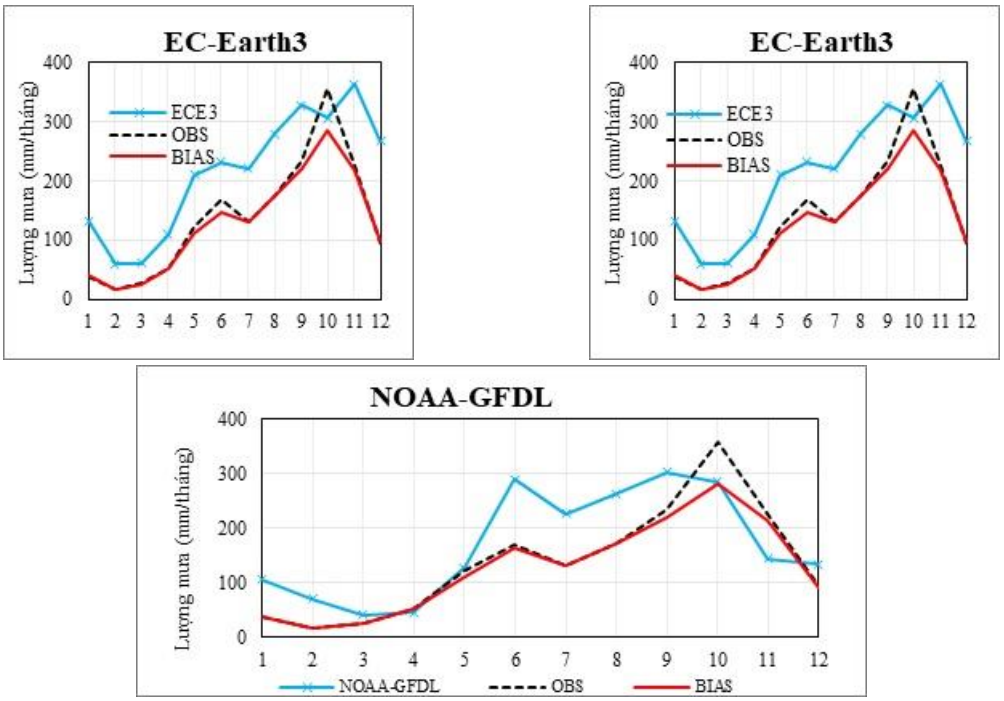


Hình 3-47. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) của mô hình GFDL

Tương tự, biến trình mưa theo tháng trong cả giai đoạn giữa mô phỏng của ba mô hình sau khi hiệu chỉnh và thực đo tại trạm Đà Nẵng tương đối trùng khớp (Hình 3-45 đến Hình 3-47). Tuy nhiên, có thể thấy, dữ liệu sau khi hiệu chỉnh vẫn khá thấp tại các đỉnh mưa trong biến trình. Điều này giải thích cũng

giải thích cho sự chênh lệch đỉnh mưa trong biến trình mưa trung bình tháng nhiều năm đã nêu ở trên.

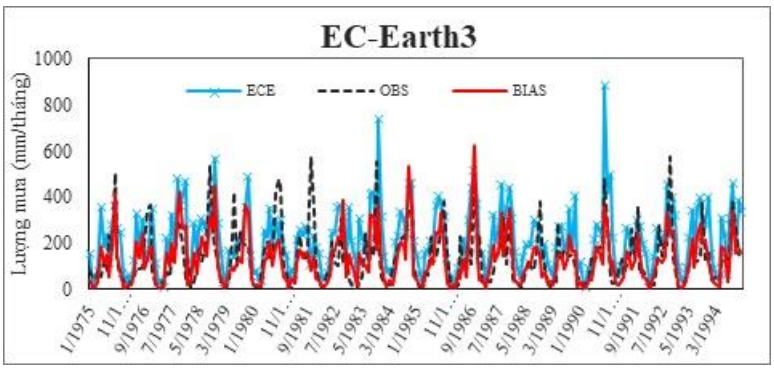
b. Kết quả hiệu chỉnh dữ liệu cho Quảng Nam



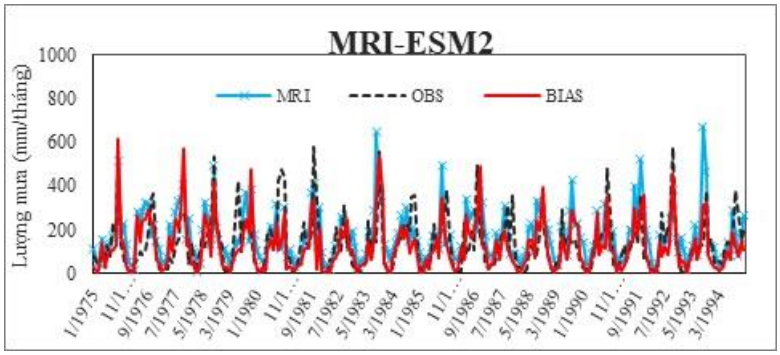
Hình 3-48. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994)

Do có đặc điểm khí hậu tương đồng, biến trình mưa trung bình tháng (1975–1994) tại Quảng Nam khá giống với trạm Đà Nẵng. Tuy nhiên, theo dữ liệu APH, lượng mưa tại Quảng Nam thấp hơn, dao động 17–350 mm/tháng, do mưa phân bố không đều và được tính trung bình theo lưu vực. Mưa tập trung vào mùa mưa (đặc biệt tháng 10), trong khi tháng 2–4 là khô hạn nhất (≤50 mm/tháng).

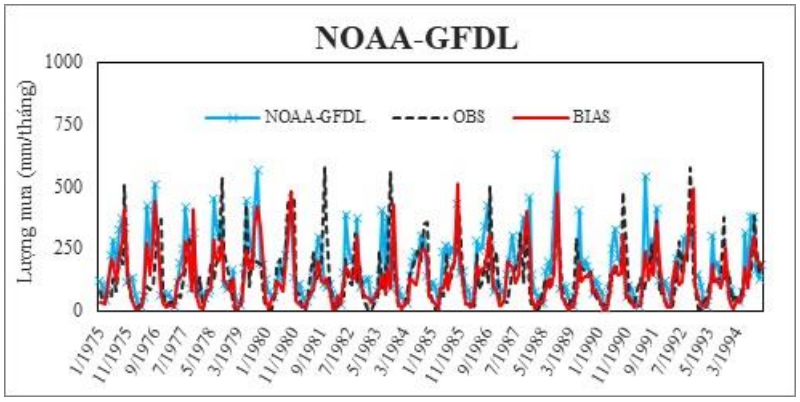
Các mô hình khí hậu có xu hướng dự báo lượng mưa cao hơn thực tế. ECE và GFDL cho kết quả sai lệch lớn, ECE dự đoán quá cao, còn GFDL cho mùa mưa đến sớm. MRI mô phỏng sát hơn nhưng đỉnh mưa lệch một tháng. Sau hiệu chỉnh bằng HSKH, sai lệch được cải thiện rõ rệt, đặc biệt là các chênh lệch thiên cao. Dù đỉnh mưa sau hiệu chỉnh vẫn còn thấp so với thực đo, kết quả cho thấy phương pháp mang lại độ tin cậy khá cao.



Hình 3-49. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) mô hình ECE



Hình 3-50. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) mô hình MRI

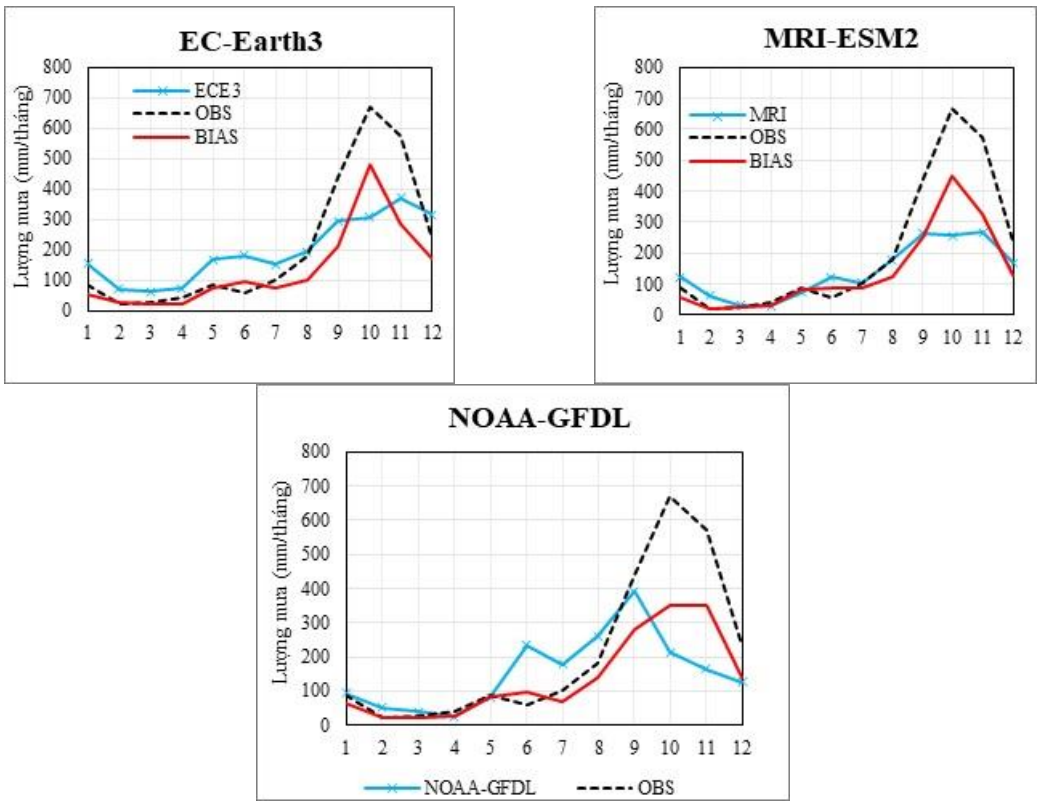


Hình 3-51. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) mô hình GFDL

Các chênh lệch giữa kết mô phỏng từ các mô hình và thực đo, nhất là xu hướng thiên cao hơn được cải thiện rõ rệt cũng được tìm thấy trong biến trình mưa hàng tháng của khu vực (Hình 3-49 đến Hình 3-51).

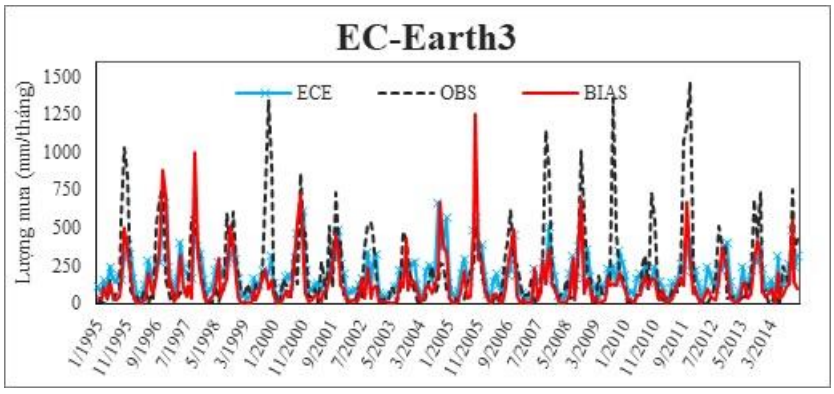
2. Kết quả kiểm định dữ liệu cho giai đoạn kiểm định

a. Kết quả kiểm định dữ liệu tại trạm Đà Nẵng

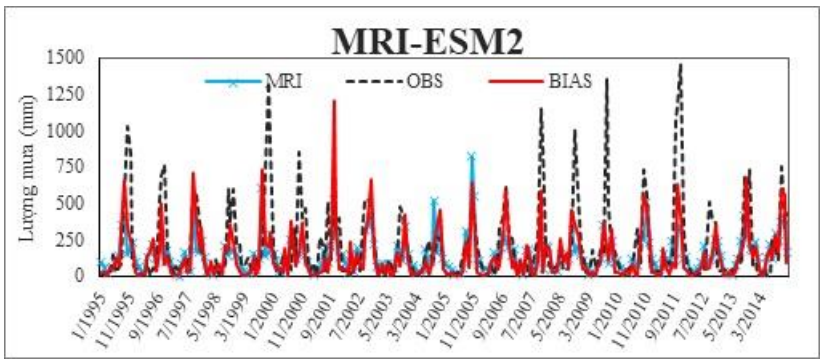


Hình 3-52. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng giai đoạn kiểm định (1995-2014)

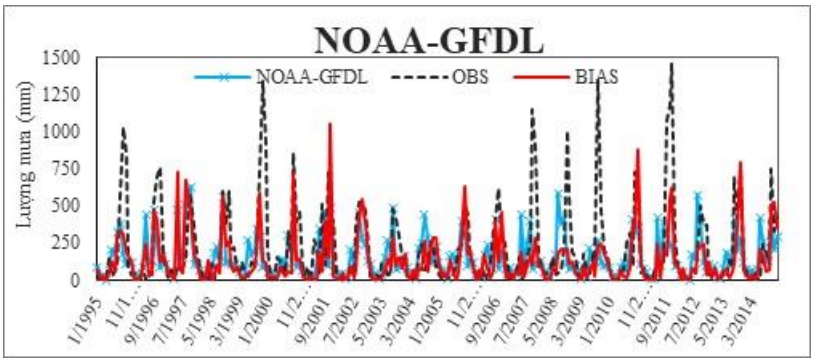
Hình 3-52 cho thấy biến trình mưa trung bình tháng giai đoạn 1995–2014 tại trạm Đà Nẵng có xu hướng tăng so với giai đoạn trước, với lượng mưa giảm vào mùa khô và tăng mạnh vào mùa mưa, đặc biệt trong tháng 10–11 (≈670 mm/tháng). Ba mô hình khí hậu tiếp tục dự báo thiên thấp và xu hướng giảm lượng mưa, trong đó ECE và MRI mô phỏng kém đỉnh mưa, còn GFDL sai lệch cả cường độ lẫn thời điểm đỉnh mưa (rơi vào tháng 9). Sau hiệu chỉnh sai số, kết quả cải thiện đáng kể, đường biến trình mưa gần trùng khớp với quan trắc, dù đỉnh mưa vẫn còn bị đánh giá thấp.



Hình 3-53. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình ECE



Hình 3-54. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình MRI

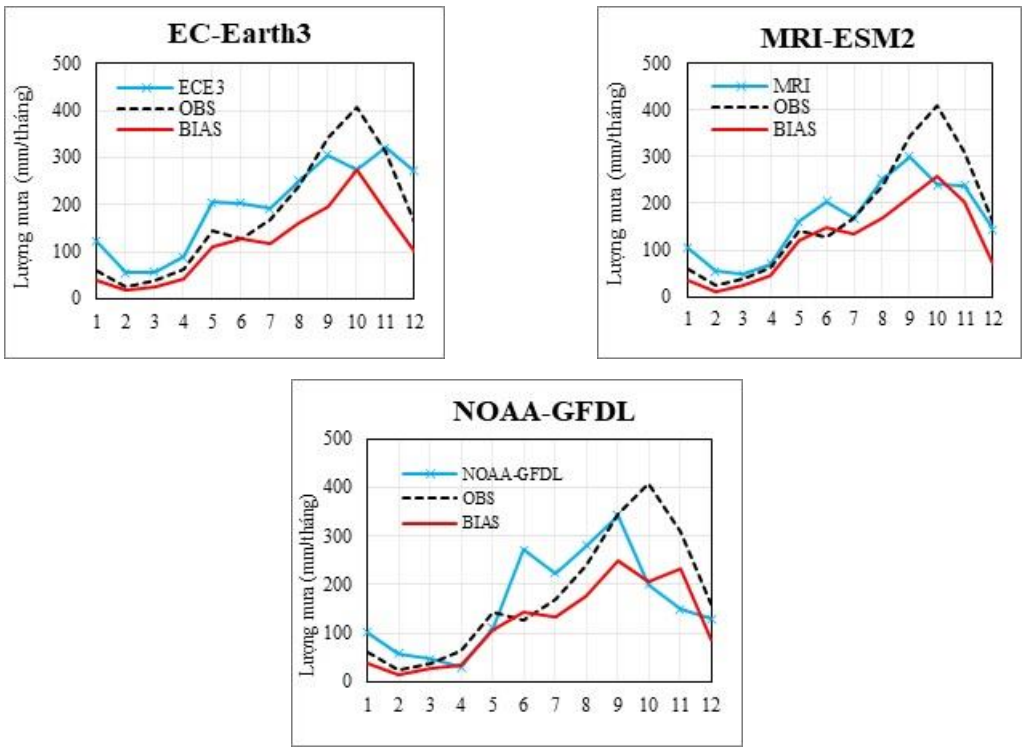


Hình 3-55. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình GFDL

Biến trình mưa hàng tháng trong giai đoạn kiểm định (Hình 3-53 đến Hình 3-55) cũng chỉ ra sự cải thiện đáng kể chênh lệch giữa các đường biến trình về thời gian cũng như cường đồ theo mô phỏng và thực tế. Kết quả hiệu chỉnh cho các đỉnh mưa là khá thấp.

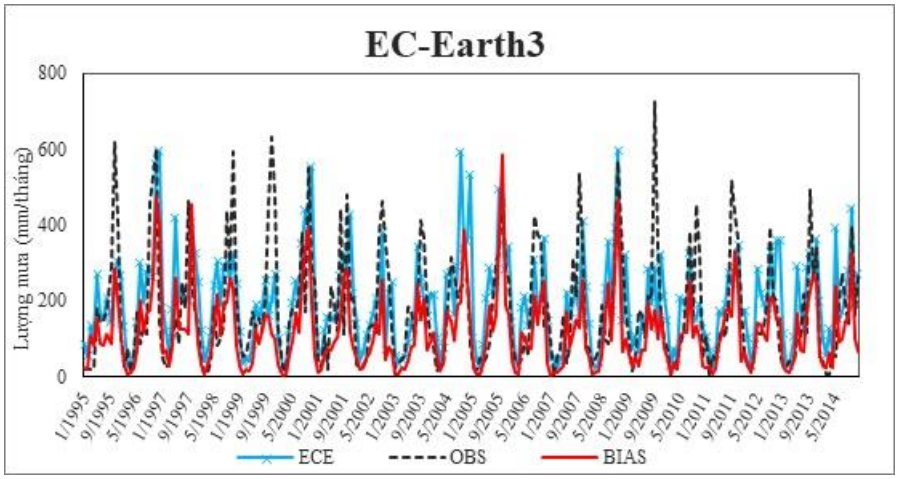
b. Kết quả kiểm định dữ liệu cho Quảng Nam

Tương tự dữ liệu thu thập được ở trạm Đà Nẵng, lượng mưa trong giai đoạn kiểm định trên khu vực Quảng Nam có xu hướng tăng, trong đó, mùa khô khô hơn và mưa nhiều hơn vào mùa mưa (Hình 3-56). Lượng mưa trung bình tháng dao động trong khoảng từ 24-400mm/tháng. Kết quả mô phỏng từ các mô hình cho thấy mưa trên khu vực giảm, dạng đường biến trình không có nhiều thay đổi so với cùng kì giai đoạn trước. Dữ liệu sau khi hiệu chỉnh cũng làm giảm đáng kể các sai lệch so với dữ liệu thực đo ngoại trừ việc đánh giá khá thấp đỉnh mưa trong mô hình GFDL.

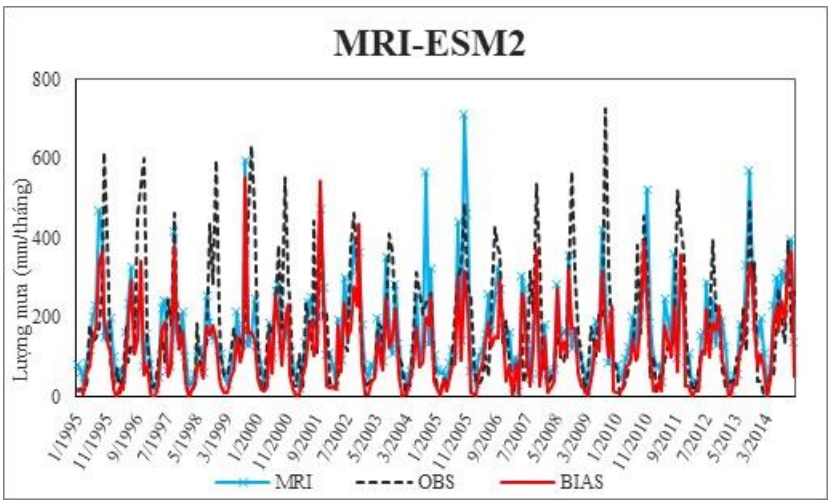


Hình 3-56. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn kiểm định (1995-2014)

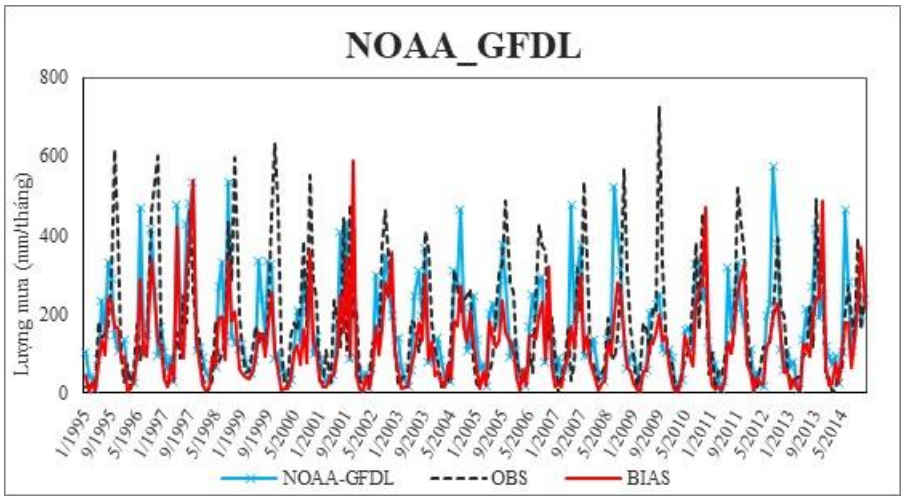
Kết quả sau khi hiệu chỉnh lượng mưa hàng tháng trong cả giai đoạn đã làm giảm rõ rệt các cực trị mưa của mô hình nhưng vẫn đánh giá khá thấp cường độ tại các đỉnh mưa trong thực tế (Hình 3-57 đến Hình 3-59).



Hình 3-57. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình ECE



Hình 3-58. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam trong đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình MRI



Hình 3-59. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình GFDL

3. Đánh giá chung

Kết quả hiệu chỉnh sai số cho lượng mưa từ ba mô hình ECE, MRI và GFDL trong giai đoạn 1975–2014 cho thấy phương pháp hệ số khí hậu (HSKH) hiệu quả và đáng tin cậy. Giai đoạn hiệu chỉnh (1975–1994) và kiểm định (1995–2014) được lựa chọn do thời gian đủ dài, điển hình và chịu tác động của biến đổi khí hậu. Sau hiệu chỉnh, sai lệch thiên thấp và thiên cao của các mô hình được cải thiện rõ rệt, đặc biệt trong mùa khô, dù cường độ mưa cực trị vẫn còn chênh lệch. Giai đoạn kiểm định cũng cho kết quả tương tự, với biến trình mưa mô phỏng gần trùng khớp thực tế dù giá trị mưa trung bình và cực đại còn thấp.

Phương pháp HSKH được áp dụng cho lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, gồm hai khu vực đại diện: Đà Nẵng (số liệu trạm) và Quảng Nam (dữ liệu APHRODITE). Việc hiệu chỉnh được thực hiện qua hai giai đoạn với dữ liệu từ các GCM thuộc CMIP6, sử dụng hệ số khí hậu tính từ giai đoạn hiệu chỉnh để đánh giá độ tin cậy mô hình trong giai đoạn kiểm định.

Tổng thể, kết quả hiệu chỉnh cho thấy sự phù hợp cao giữa mô phỏng và quan trắc, đặc biệt về biến trình lượng mưa. Tuy còn đánh giá thấp cường độ mưa cực trị, phương pháp HSKH vẫn mang lại kết quả khả quan và hứa hẹn ứng dụng hiệu quả trong các nghiên cứu dự báo và đánh giá tác động khí hậu tiếp theo.

3.2.4. Mô phỏng dòng chảy cho các giai đoạn khí hậu trong tương lai

3.2.4.1. Cơ sở dữ liệu

Các dữ liệu khí hậu mặc dù được mô phỏng bởi các mô hình khí hậu độ phân giải cao (CMIP6), từ 80-100 km, với độ phân giải này, khi áp dụng để mô phỏng các yếu tố dòng chảy thì kết quả thu được thường không chính xác do độ phân giải thô của mô hình không thể nắm bắt các đặc điểm địa phương (cục bộ), đặc biệt là các hiện tượng cực đoan xảy ra ở quy mô dưới lưới. Do vậy, phương pháp hiệu chỉnh đã được đề xuất và thực hiện và đây là kết quả đầu vào để tính toán dòng chảy cho các giai đoạn khí hậu trong tương lai.

3.2.4.2. Phương pháp nghiên cứu

Từ các kết quả tính toán các yếu tố khí hậu từ mô hình CMIP6 độ phân giải cao theo hai kịch bản phát thải SSP245 và SSP585 đề tài sử dụng mô hình thuỷ văn Mike -Nam tính mưa - dòng chảy đã được hiệu chỉnh kiểm định.

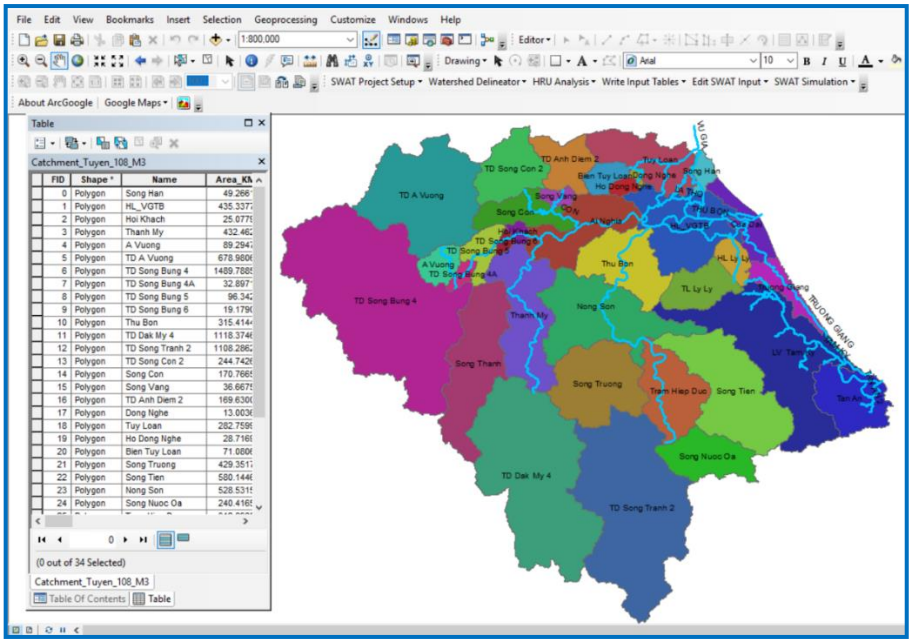
3.2.4.3. Thiết lập, hiệu chỉnh mô hình Mike Nam[92]

1. Tài liệu tính toán: Gồm địa hình, bản đồ số độ cao để phân chia lưu vực và các số liệu KTTV dùng để tính toán và hiệu chỉnh, kiểm định.

2. Phân chia lưu vực

Trên cơ sở dữ liệu bản đồ số địa hình, mạng lưới sông của lưu vực nghiên cứu, sử dụng công cụ Arc GIS phân chia lưu vực sông thành các tiểu lưu vực

với các điểm đầu ra là các điểm thu nước của các nhánh sông, các hồ chứa là điểm đầu vào cho mô hình 1 D và các tiểu lưu vực khu giữa nhập lưu.



Hình 3-60. Kết quả phân chia lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn

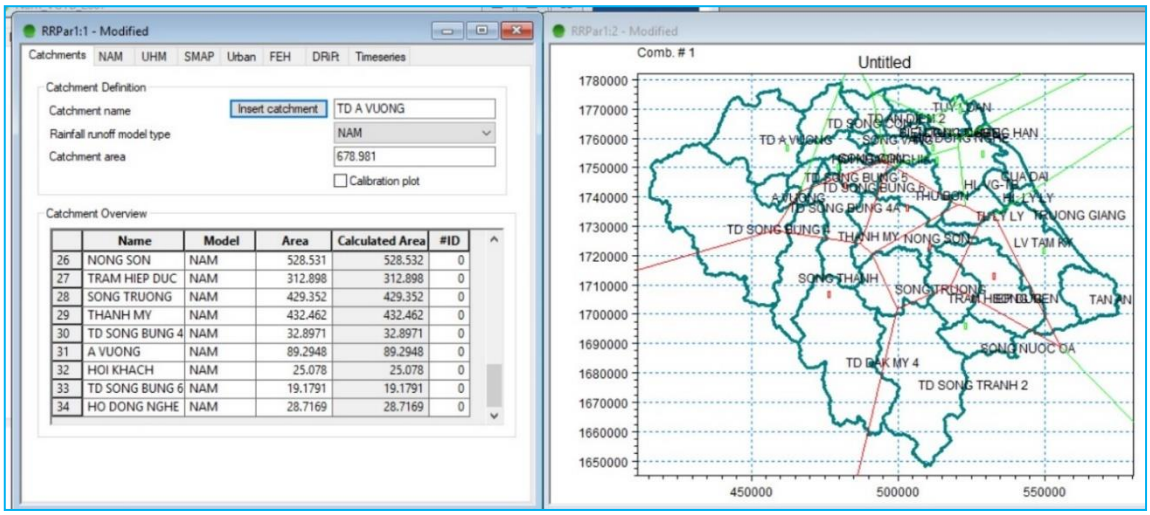
3. Thiết lập, hiệu chỉnh kiểm định mô hình

a) Thiết lập mô hình

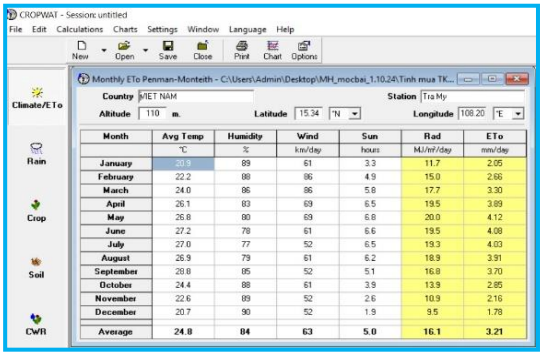
Từ các kết quả phân chia lưu vực, các số liệu KTTV, vị trí các trạm đo trong lưu vực chúng tôi thiết lập bộ mô hình mưa dòng chảy Mike Nam để tính dòng chảy cho các tiểu lưu vực.

Các tiểu lưu vực được tính toán với mưa là mưa trọng số của các trạm đo có trên toàn lưu vực, được phân chia theo Đa giác Thiessen trong mô hình Nam đã thiết lập.

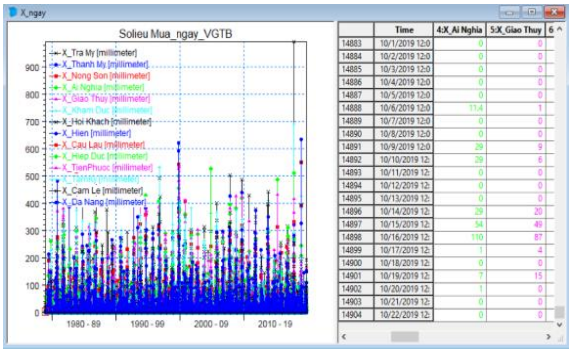
Bốc hơi là bốc hơi tiềm năng trên lưu vực được tính từ tài liệu khí tượng thực đo của các trạm Trà My, Tam Kỳ và Đà Nẵng bằng mô hình Cropwat.



Hình 3-61. Thiết lập mô hình Mike Nam - VG-TB



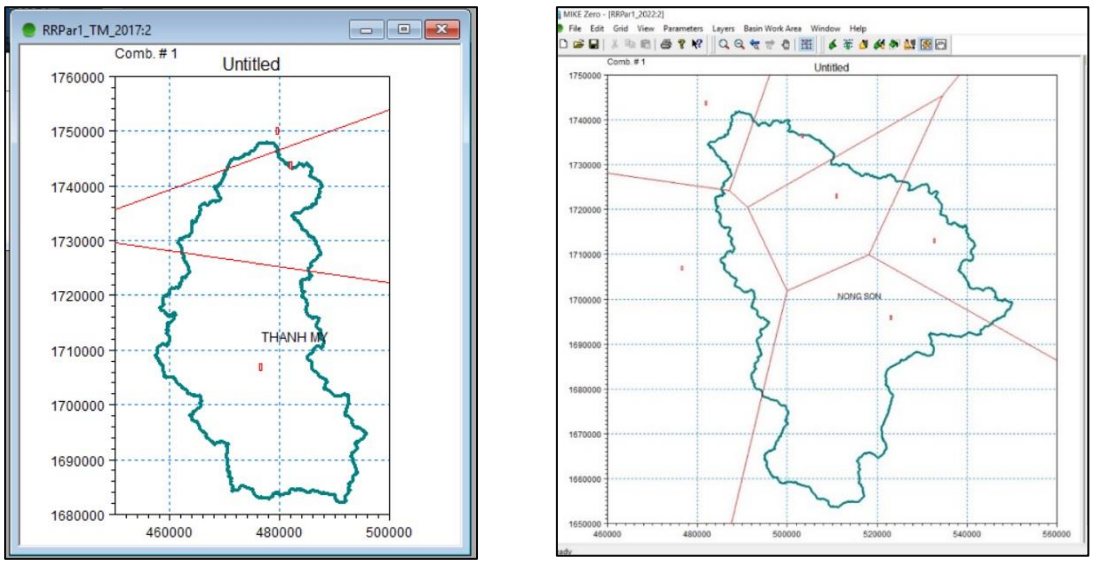
Hình 3-62. Kết quả tính toán bốc hơi tiềm năng trạm Trà My



Hình 3-63. Số liệu mưa các trạm thuộc lưu vực VG-TB

b) Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Trên lưu vực có 2 trạm đo Nông Sơn và Thành Mỹ có đo dòng chảy chúng tôi tiến hành thiết lập hiệu chỉnh thông số mô hình của 2 lưu vực này, từ bộ thông số mô hình của 2 lưu vực này dùng để tính toán cho các lưu vực khác.

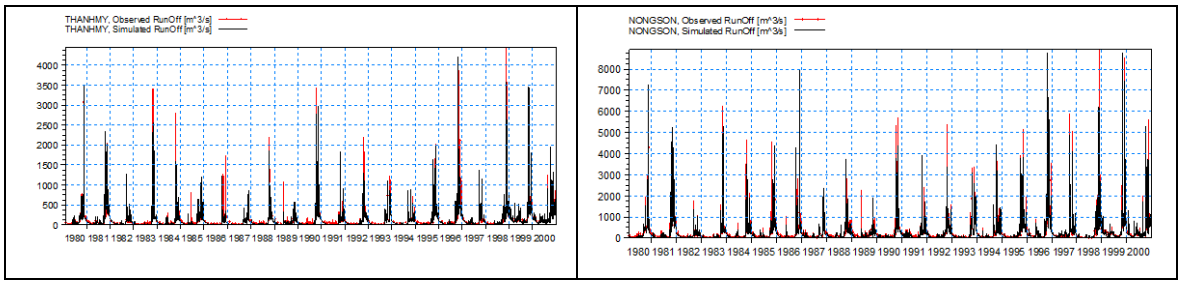


Hình 3-64. Mô hình mike Nam 2 lưu vực Thành Mỹ và Nông Sơn

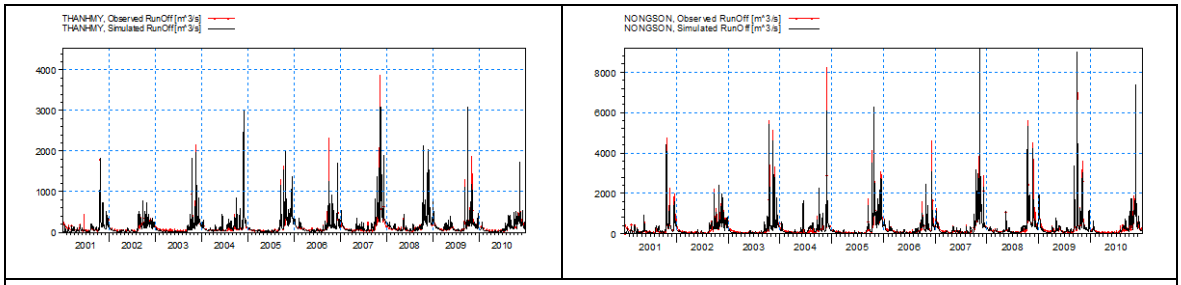
Các tiểu lưu vực thuộc sông Thu Bồn sử dụng bộ thông số theo trạm Nông Sơn; các tiểu lưu vực thuộc sông Vu Gia theo trạm Thành Mỹ.

Để mô phỏng dòng chảy trung bình năm cho các giai đoạn khí hậu tương lai, mô hình được thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định tại hai trạm Nông Sơn và Thành Mỹ nhằm xác định bộ thông số đặc trưng.

Thông số mô hình được xác định bằng phương pháp thử - sai, sao cho sai số giữa kết quả mô phỏng và thực đo là nhỏ nhất. Dữ liệu giai đoạn 1979–2000 dùng để hiệu chỉnh và 2001–2010 dùng để kiểm định. Sau năm 2010, dòng chảy bị ảnh hưởng bởi hoạt động của các thủy điện nên không sử dụng trong hiệu chỉnh mô hình.



Hình 3-65. Đường quá trình lưu lượng ngày tính toán và thực đo trạm Thành Mỹ và Nông Sơn (1979-2000)- Hiệu chỉnh mô hình



Hình 3-66. Đường quá trình lưu lượng ngày tính toán và thực đo trạm Thành Mỹ và Nông Sơn (2001-2010)- Kiểm định mô hình

Bảng 3.25. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình 2 trạm Nông Sơn và Thành Mỹ

Trạm	**Hiệu chỉnh (1979-2000)**		**Kiểm định (2001-2010)**	
	Nash	**R^2**	**Nash**	**R^2**
Nông Sơn	0.89	0.91	0.89	0.90
Thành Mỹ	0.84	0.84	0.81	0.81

Nhận xét:

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy mô hình mô phỏng dòng chảy năm phù hợp tốt với số liệu thực đo, với sai số tương đối nhỏ và hệ số Nash đạt

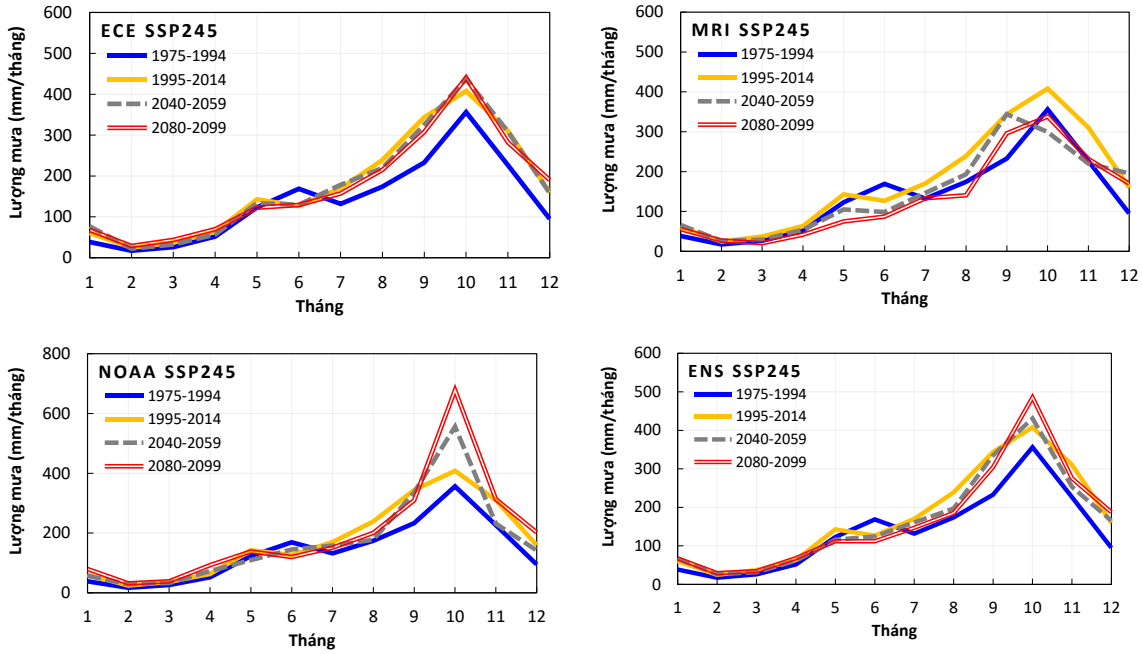
giá trị cao tại cả hai lưu vực. Do đó, bộ thông số mô hình này được lựa chọn để áp dụng tính toán dòng chảy đến các tiểu lưu vực trong điều kiện biến đổi khí hậu.

3.2.4.4. Kết quả mô phỏng dòng chảy cho các giai đoạn trong tương lai.

1. Kết quả dự tính mưa

- Kịch bản phát thải SSP245

Kết quả mô phỏng mưa ngày từ tổ hợp các mô hình khí hậu ECE, MRI và NOAA được hiệu chỉnh dựa trên hàm tương quan thực nghiệm (quantile bias correction) xây dựng cho giai đoạn cơ sở (1995-2014). Các mối quan hệ thực nghiệm này được áp dụng để hiệu chỉnh lượng mưa dự tính theo từng kịch bản phát thải ở các giai đoạn tương lai 2040-2059 và 2080-2099. Hình 3-67 minh họa kết quả dự tính mưa tháng trung bình nhiều năm bởi các mô hình thành phần và tổ hợp mô hình (ENS). So sánh cho thấy các mô hình dự tính có nhiều biến động về lượng mưa, giảm trong các tháng 3-9 và tăng trong các tháng 10 đến tháng 2 năm sau (ngoại trừ tháng 11) ở lưu vực sông VG-TB. Các mô hình ECE và NOAA đều dự tính gia tăng cường độ mưa trong tháng 10, trong khi mô hình MRI có xu thế dự báo giảm nhẹ so với giai đoạn 1995-2014. Tổ hợp kết quả dự báo (ENS) từ 3 mô hình cho thấy sự gia tăng rõ rệt lượng mưa mùa lũ (tháng 10 và 12), đặc biệt ở giai đoạn cuối thế kỷ (Bảng 3.26).



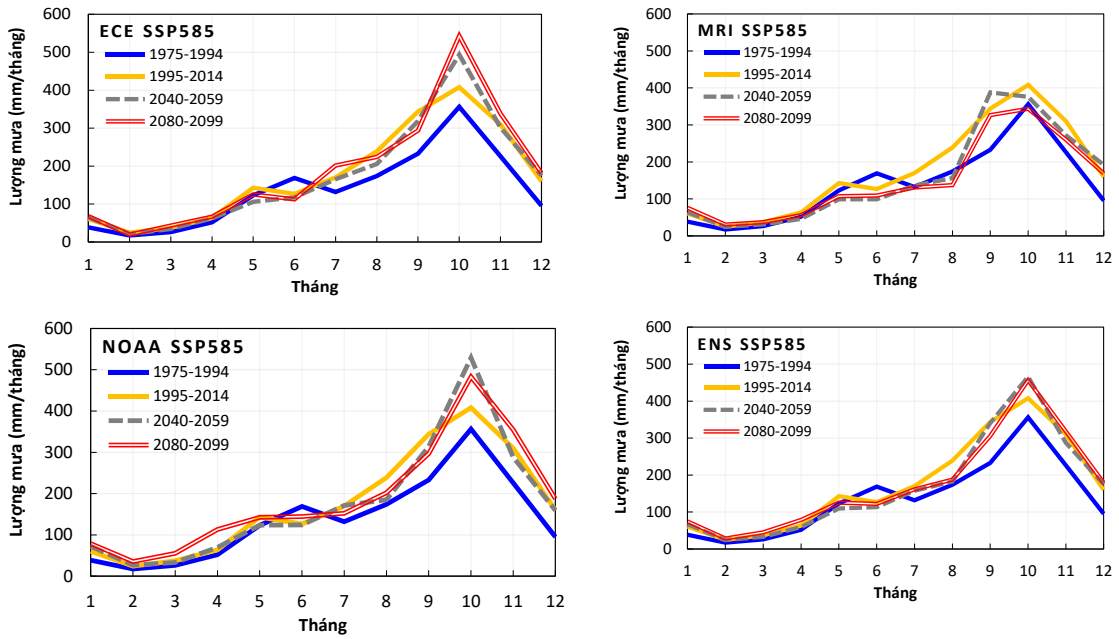
Hình 3-67. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu ở LVS Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)

- Kịch bản phát thải SSP585

Tương tự như kịch bản phát thải trung bình (SSP245), xu hướng gia tăng lượng mưa trong mùa lũ ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn theo kịch bản phát thải cao (SSP585) dự tính sẽ gia tăng mạnh mẽ hơn. Kết quả trung bình của tổ hợp các mô hình thành phần đều cho thấy lượng mưa giai đoạn cuối thế kỷ sẽ tăng đáng kể trong các tháng 10, 11 và 12 (Hình 3-68, Bảng 3.26).

Bảng 3.26. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động lượng mưa theo tháng (%) trung bình tổ hợp ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (2040 - 2059 và 2080 - 2099) so với giai đoạn khí hậu cơ sở (1995 - 2014)

Kịch bản	Giai đoạn	Tháng											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SSP245	2040-2059	10.0	4.9	-14.5	-3.1	-18.8	-1.8	-5.3	-17.5	-2.6	5.6	-18.4	3.3
	2080-2099	11.7	19.0	-7.7	7.4	-21.6	-11.6	-13.4	-22.3	-11.5	19.0	-11.2	17.2
SSP585	2040-2059	10.6	-2.3	-11.7	-6.8	-23.4	-10.4	-7.2	-23.6	-1.0	14.2	-7.4	9.5
	2080-2099	22.6	16.0	21.5	23.8	-12.5	-3.6	-4.9	-21.3	-11.1	11.9	2.5	11.8



Hình 3-68. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585)

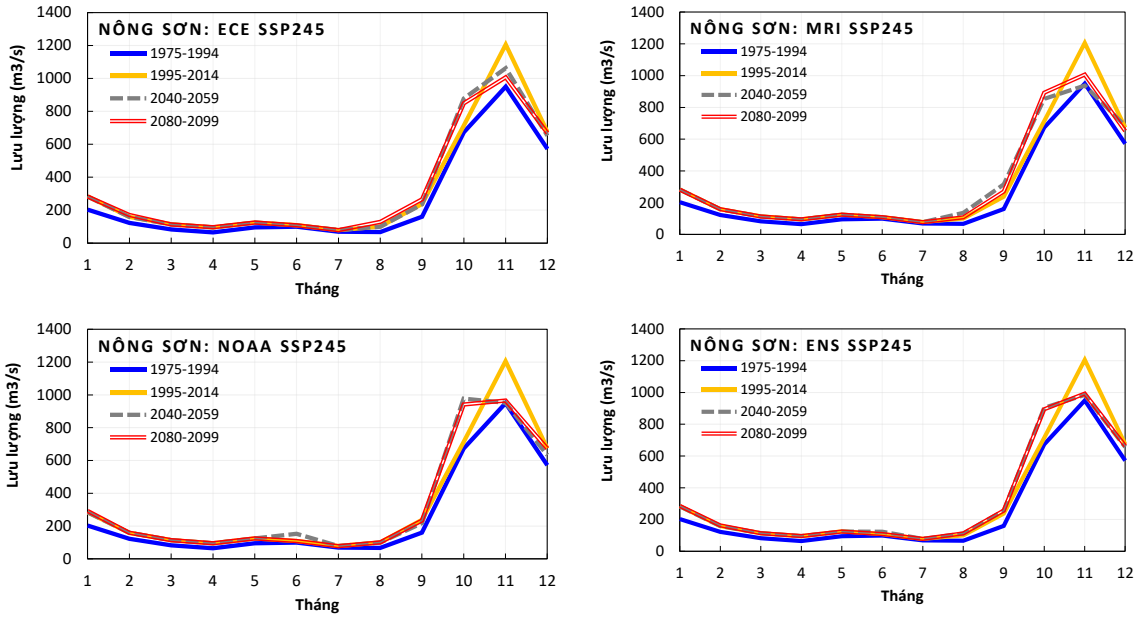
2. Kết qua mô phỏng dòng chảy

Về thực hành chung khi đánh giá những tác động của BĐKH đến các yếu tố khí tượng, thuỷ văn (mưa, dòng chảy), phương pháp hiệu chỉnh kết quả mô phỏng bởi các mô hình khí hậu toàn cầu có thể được thực hiện theo không gian, theo từng vị trí địa lý. Tuy nhiên, trong điều kiện thiếu số liệu quan trắc lịch sử thì nguyên lý hiệu chỉnh theo trung bình lưu vực được áp dụng. Điều này cũng phù hợp với thực tế khi độ phân giải của các mô hình khí hậu ở trong khoảng 50-100 km, tức là mỗi ô lưới tính toán có diện tích từ 2500 km^2 đến 10000 km^2 (tương đương diện tích lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn).

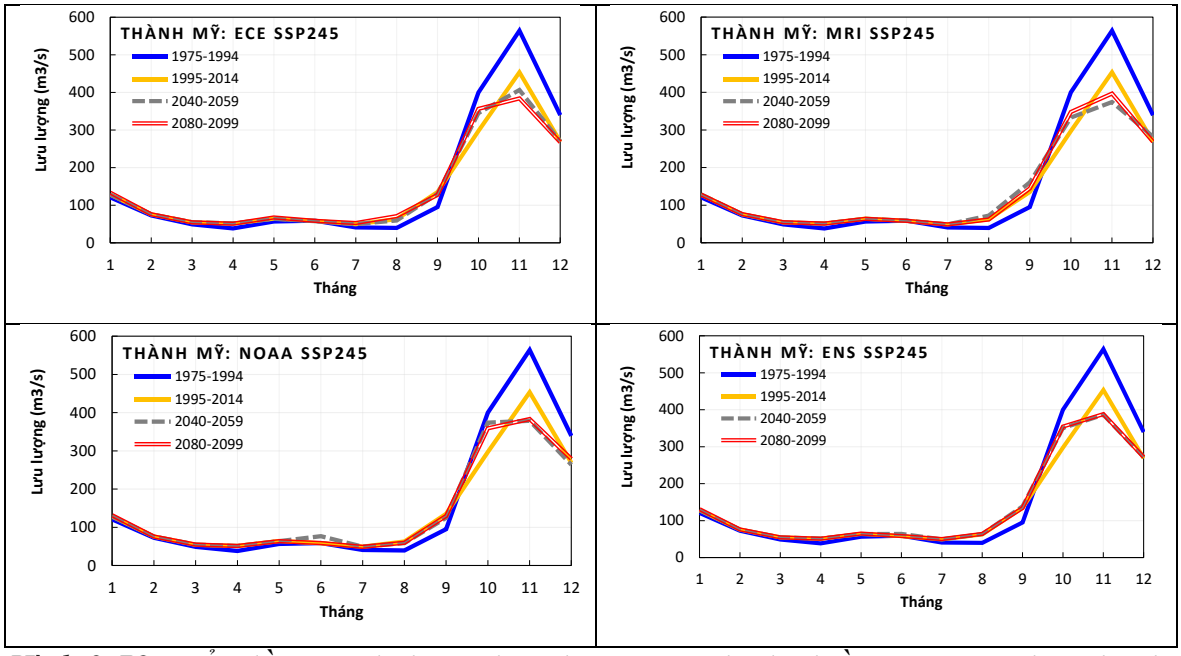
Toàn bộ lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn được chia thành các tiểu lưu vực nhỏ trong đó có chỉ có hai lưu vực (Nông Sơn và Thành Mỹ) có số liệu quan trắc dòng chảy nên kết quả đánh giá biến động dòng chảy trong tương lai do tác động của BĐKH sẽ áp dụng cho trạm Nông Sơn - đại diện sông Thu Bồn và trạm Thành Mỹ - đại diện sông Vu Gia. Biến động dòng chảy ở các tiểu lưu vực còn lại trên hai hệ thống sông sẽ được xác định bằng phương pháp tương tự, hay còn gọi là hệ số khí hậu.

- Kịch bản phát thải SSP245

Lượng mưa ngày dự tính bởi các mô hình khí hậu sau khi đã hiệu chỉnh sai số được sử dụng làm đầu vào cho mô hình Mike-Nam để mô phỏng dòng chảy trong tương lai. Kết quả mô phỏng cho thấy dòng chảy mùa lũ tại hai trạm Nông Sơn và Thành Mỹ có những biến động đáng kể. Tại Nông Sơn (Hình 3-69) , các mô hình dự báo lưu lượng tăng so với giai đoạn 1975-1994, nhưng lại giảm so với giai đoạn 1995-2014. Khác với xu thế tại Nông Sơn, cả 3 mô hình (ECE, MRI, NOAA) và tổ hợp ENS đều dự báo dòng chảy mùa lũ (tháng 11) giảm so với các giai đoạn quá khứ tại trạm Thành Mỹ (Hình 3-70). (Bảng 3.27) cho thấy dòng chảy tăng trong các tháng 8-10 nhưng giảm trong tháng 11 so với giai đoạn nền (1995-2014).



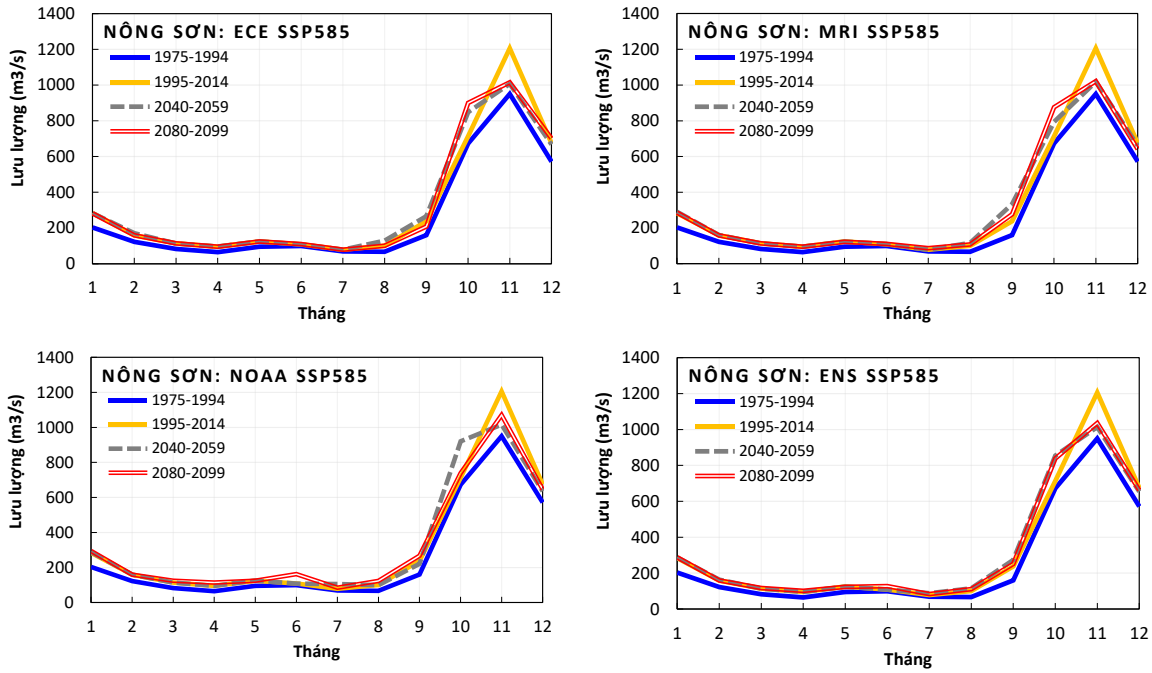
Hình 3-69. Biểu đồ so sánh dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu tại trạm Nông Sơn ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)



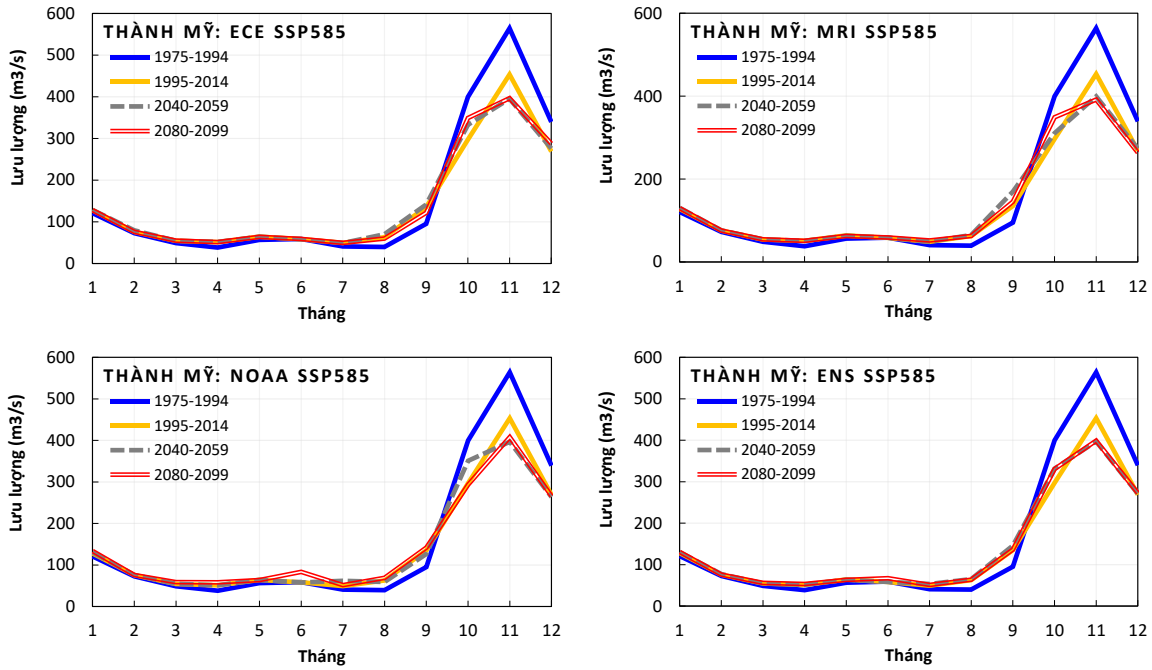
Hình 3-70. Biểu đồ so sánh dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu tại trạm Thành Mỹ ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)

- Kịch bản phát thải SSP585

Với kịch bản phát thải cao (SSP585), tại trạm Nông Sơn (Hình 3-71), dòng chảy tháng 8-10 được dự tính tăng và dòng chảy tháng 11-12 giảm ở cả hai giai đoạn tương lai. Tại trạm Thành Mỹ (Hình 3-72), xu hướng biến động dòng chảy cũng xảy ra tương tự theo cả 3 mô hình cũng như kết quả tổ hợp ENS (Bảng 3.28).



Hình 3-71. Biểu đồ so sánh dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu tại trạm Nông Sơn ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585)



Hình 3-72. Biểu đồ so sánh dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu tại trạm Thành Mỹ ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585)

Bảng 3.27. Tổng hợp kết quả đánh giá biến dòng chảy trạm Nông Sơn theo tháng (%) trung bình tổ hợp ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (2040 - 2059 và 2080 - 2099) so với giai đoạn khí hậu cơ sở (1995 - 2014)

Kịch bản	Giai đoạn	Tháng											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SSP245	2040-2059	-0.1	-0.2	-0.2	0.2	-0.2	13.1	0.5	10.7	7.7	26.6	-18.4	-2.6

Kịch bản	Giai đoạn	Tháng											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2080-2099	0.8	2.4	-0.1	0.2	-0.1	0.0	-0.3	11.6	7.9	25.4	-17.6	-1.5
SSP585	2040-2059	1.3	2.5	-0.2	0.1	-0.1	0.0	11.6	14.2	14.9	19.8	-15.9	-2.8
	2080-2099	1.4	-0.3	3.3	6.3	-0.9	17.3	6.4	9.8	5.5	17.5	-14.1	-1.6

Bảng 3.28. Tổng hợp kết quả đánh giá biến dòng chảy trạm Thành Mỹ theo tháng (%) trung bình tổ hợp ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (2040 - 2059 và 2080 - 2099) so với giai đoạn khí hậu cơ sở (1995 - 2014)

Kịch bản	Giai đoạn	Tháng											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SSP245	2040-2059	0.5	0.1	0.2	0.1	-0.3	10.4	0.5	1.3	2.7	18.0	-14.8	1.2
	2080-2099	2.3	0.4	0.2	-0.3	1.6	0.3	1.9	2.4	-0.8	19.2	-14.4	1.1
SSP585	2040-2059	1.5	2.0	0.2	0.1	-0.3	0.2	8.7	3.6	8.1	11.5	-12.4	0.9
	2080-2099	2.0	0.2	3.0	4.4	-1.0	15.5	3.5	1.9	1.0	11.2	-12.1	1.4

Đánh giá chung

Dữ liệu mưa từ các mô hình khí hậu độ phân giải cao thuộc dự án CMIP6 sau khi được hiệu chỉnh sai số nhằm nâng cao độ chính xác đã được sử dụng để dự tính mưa và dòng chảy tại lưu vực lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn. Kết quả cho thấy, mưa mùa lũ trong tương lai có xu hướng tăng, đặc biệt rõ rệt ứng với kịch bản phát thải cao (SSP585) ở giai đoạn cuối thế kỷ. Mô phỏng dòng chảy bằng mô hình Mike-Nam cũng dự báo lưu lượng (tháng 8-10) dự tính sẽ tăng tại trạm Nông Sơn và Thành Mỹ, cao nhất khoảng 27% và 19% trong tháng 10 so với giai đoạn khí hậu nền 1995-2014. Lưu lượng lũ tháng 11 dự tính sẽ giảm, cho thấy sự dịch chuyển theo hướng đỉnh lũ có thể xuất hiện sớm hơn. Trong khi đã có nghiên cứu dự tính về đặc điểm lũ xuất hiện muộn và kết thúc muộn ở khu vực nghiên cứu (Nam et al., 2012). Điều này dẫn đến khuyến nghị cần có các nghiên cứu tiếp theo để làm rõ hơn tác động của BĐKH. Mặt khác, vận hành hồ chứa trên lưu vực Nông Sơn và Thành Mỹ cũng có những tác động đến chế độ dòng chảy. Tuy nhiên, phạm vi của nghiên cứu chưa xét đến yếu tố này cũng như chưa tách biệt được ảnh hưởng của hồ chứa, BĐKH đến dòng chảy đến dòng chảy trong tương lai.

3.2.5.

3.2.5. Phân tích tần suất mưa, lũ

Việc xác định tần suất mưa, lũ là yếu tố then chốt trong quy hoạch, thiết kế các công trình phòng chống thiên tai và hạ tầng kinh tế - xã hội. Trước đây, các đường tần suất thường dựa vào số liệu quá khứ và giả định không đổi theo thời gian. Tuy nhiên, thời gian gần đây đã ghi nhận sự gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan, đặc biệt là mưa lớn trong thời gian ngắn, do tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH)[78][1], và lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn (VGTB) là khu vực chịu ảnh hưởng nặng nề [79][2].

Để xây dựng các phương án ứng phó với lũ lớn và sự cố vỡ đập trong điều kiện BĐKH, báo cáo xây dựng tổ hợp tần suất mưa toàn lưu vực và tần suất lũ tại trạm Nông Sơn, Thành Mỹ cho các giai đoạn khí hậu tương lai, sử dụng số liệu đã hiệu chỉnh từ dự án CMIP6 (IPCC, 2021). Phân tích được thực hiện cho hai giai đoạn: giữa thế kỷ (2040–2069) và cuối thế kỷ (2080–2099) theo hai kịch bản phát thải trung bình (SSP2-4.5) và rất cao (SSP5-8.5), so sánh với giai đoạn cơ sở 1995–2014.

3.2.5.1. Cơ sở dữ liệu

1. Dữ liệu mưa

Đề tài đã trình bày phương pháp hiệu chỉnh kết quả mô phỏng mưa từ các mô hình khí hậu thuộc dự án CMIP6, với các hàm tương quan thực nghiệm được xây dựng cho giai đoạn 1975–1994 và 1995–2014. Giai đoạn 1995–2014 được chọn làm khí hậu cơ sở để hiệu chỉnh kết quả dự tính mưa trong tương lai theo hai kịch bản phát thải trung bình (SSP245) và cao (SSP585) cho các giai đoạn 2040–2059 và 2080–2099. Kết quả hiệu chỉnh được thực hiện với các mô hình ECE, MRI, NOAA và tổ hợp trung bình ENS.

2. Dữ liệu dòng chảy

Tương tự dữ liệu mưa, dòng chảy được mô phỏng từ chuỗi mưa đã hiệu chỉnh theo các mô hình ECE, MRI, NOAA với hai kịch bản SSP245 và SSP585 cho giai đoạn 2040–2059 và 2080–2099, sử dụng mô hình Mike Nam. Các dữ

[1] Kịch bản BĐKH 2021 (IPCC)
[2] Kịch bản BĐKH 2020 (Bộ TNMT)

liệu này được dùng để phân tích tần suất mưa, lũ tương lai tại trạm Nông Sơn và Thành Mỹ.

3.2.5.2. Phương pháp phân tích tần suất mưa, lũ

Các hiện tượng tự nhiên, bao gồm hiện tượng thủy văn, thường mang tính vừa tất nhiên vừa ngẫu nhiên. Đặc điểm chung là: giá trị lớn hiếm khi xuất hiện, giá trị nhỏ phổ biến hơn và giá trị trung bình xuất hiện nhiều nhất. Do tính ngẫu nhiên này, lý thuyết thống kê xác suất được áp dụng để xác định quy luật xuất hiện của các đặc trưng khí tượng – thủy văn (như lượng mưa, mực nước, lưu lượng…), từ đó phục vụ thiết kế công trình phòng chống thiên tai, thủy lợi.

Việc xây dựng đường tần suất thực nghiệm từ số liệu quan trắc hoặc mô phỏng đủ dài là bước đầu để xác định quy luật xuất hiện các đại lượng thủy văn. Đường này có trục hoành là tần suất xuất hiện (p) và trục tung là giá trị đặc trưng thủy văn. Trong thiết kế công trình, tùy loại công trình mà các tần suất thiết kế được chọn khác nhau, ví dụ: p = 0,1–5% cho phòng chống lũ; p = 1–2% cho cầu cảng; p = 75–99% cho tưới tiêu, cấp nước.

Các phương pháp tính toán trong đề tài là:

- Tính lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp thống kê xác suất với hàm phân phối Pearson III (P_{III})

- Tính lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp thống kê xác suất với hàm phân phối Krítski-Menken hay phân phối Gamma ba tham số.

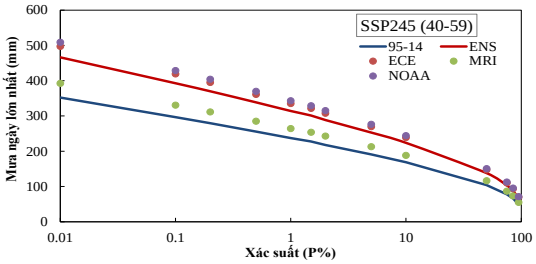
3.2.5.3. Phân tích tần suất mưa

1. Kịch bản phát thải SSP245

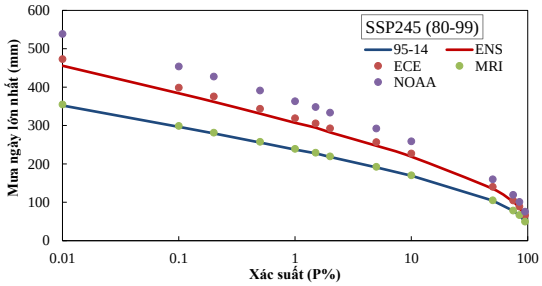
Phương pháp hiệu chỉnh lượng mưa dựa trên tổ hợp các mô hình khí hậu CMIP6 được thực hiện bằng cách xây dựng hàm tương quan thực nghiệm cho từng mô hình trong giai đoạn 1975–1994 và 1995–2014. Giai đoạn 1995–2014 được chọn làm cơ sở để hiệu chỉnh dự báo lượng mưa tương lai theo hai kịch bản phát thải SSP245 và SSP585 cho các giai đoạn 2040–2059 và 2080–2099.

Kết quả phân tích tần suất mưa ngày lớn nhất (theo phân phối Pearson III) Hình 3-73 và Hình 3-74 cho thấy lượng mưa cực đại trong tương lai tăng đáng kể so với giai đoạn cơ sở, đặc biệt với các mô hình ECE và NOAA. Lượng mưa một ngày lớn nhất có chu kỳ 100 năm đạt khoảng 310 mm; mưa 500–600

mm/ngày rất hiếm, với chu kỳ đến 10.000 năm. Các mô hình đều cho thấy xu hướng tăng rõ rệt lượng mưa ngày lớn nhất trong tương lai(Bảng 3.29).



Hình 3-73. Đánh giá thay đổi về tần suất mưa ngày lớn nhất dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)



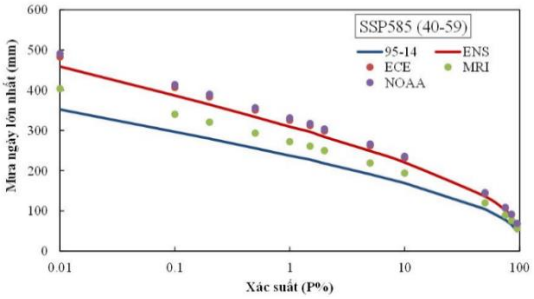
Hình 3-74. Đánh giá thay đổi về tần suất mưa ngày lớn nhất dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)

Bảng 3.29. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất mưa ngày lớn nhất của từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014

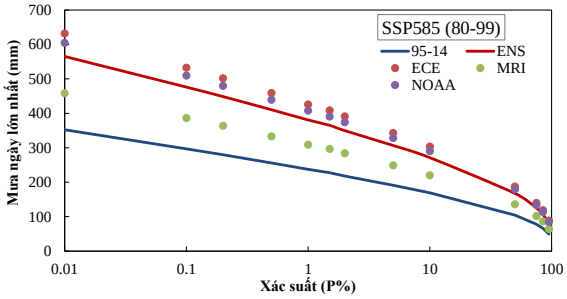
Mô hình	ECE	MRI	NOAA	ENS
SSP245(40-59)	41.3	11.5	44.6	32.4
SSP245(80-99)	37.1	14.6	39.4	30.4

2. Kịch bản phát thải SSP585

Tương tự kịch bản SSP245, kịch bản phát thải rất cao SSP585 cho thấy xu hướng gia tăng lượng mưa mùa lũ trên lưu vực sông VGTB nhưng theo hướng cực đoan hơn. Hình 3-75 và Hình 3-76 phân tích tần suất mưa ngày lớn nhất (phân phối Pearson III) cho thấy: ở giai đoạn 2040–2059, mưa 390 mm/ngày tương ứng với chu kỳ 1.000 năm, nhưng đến cuối thế kỷ, chu kỳ này rút ngắn chỉ còn 100 năm. Điều này cho thấy lượng mưa mùa lũ sẽ gia tăng mạnh và ngày càng cực đoan dưới kịch bản SSP585. Đánh giá biến động về tần suất mưa ngày lớn nhất theo kịch bản SSP585 trong giai đoạn tương lai có thể thấy, trong giai đoạn cuối thế kỷ, mưa ngày lớn nhất tăng cao hơn nhiều so với giai đoạn giữa thế kỷ ở tất cả các mô hình riêng lẻ và trung bình tổ hợp ENS, cao hơn khoảng 18,7 ÷ 45,2% (Bảng 3.30).



Hình 3-75. Đánh giá thay đổi về tần suất mưa ngày lớn nhất dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585)



Hình 3-76. Đánh giá thay đổi về tần suất mưa ngày lớn nhất dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585)

Bảng 3.30. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất mưa ngày lớn nhất của từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải cao (SSP585) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014

Mô hình	ECE	MRI	NOAA	ENS
SSP585(40-59)	34.3	0.7	53.0	29.4
SSP585(80-99)	79.5	30.2	71.7	60.5

3.2.5.4. Kết quả mô phỏng dòng chảy

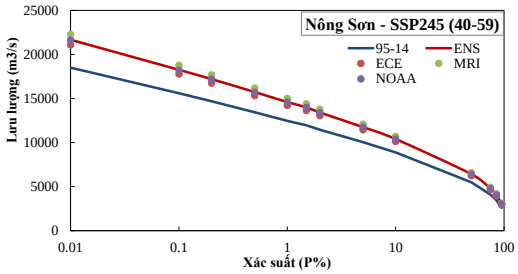
1. Kịch bản phát thải SSP245

Kết quả tính toán tần suất lũ tại hai trạm thủy văn Nông Sơn và Thành Mỹ dựa trên phương pháp thống kê xác suất với hàm phân phối Pearson loại III ứng với các mô phỏng bởi mô hình riêng lẻ (ECE, MRI, NOAA) và tổ hợp các mô hình (ENS) theo kịch bản phát thải SSP245 được thể hiện trong các (Hình 3-79 đến Hình 3-80).

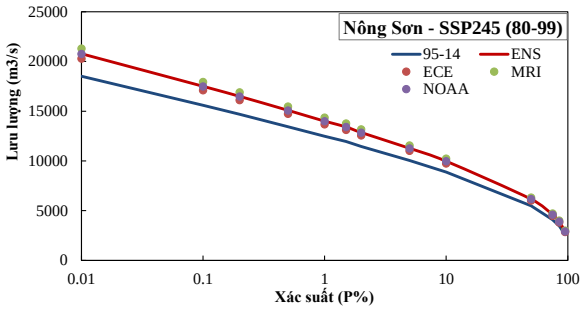
Tại trạm Nông Sơn, lưu lượng đỉnh lũ có tần suất P=0,1% (xác suất xuất hiện tương ứng 1.000 năm) dao động trong khoảng 14.000÷14.900 m^3/s, cao hơn so với giai đoạn cơ sở (1995-2014) khoảng 2.000 m^3/s. Ứng với tần suất P=1% (xác suất xuất hiện tương ứng 100 năm) có lưu lượng đỉnh lũ dao động trong khoảng 6.100 m^3/s trong giai đoạn 2080-2099 và khoảng 6.200 m^3/s trong giai đoạn 2040-2059 (Hình 3-77 và Hình 3-78).

Tại trạm Thành Mỹ, lưu lượng đỉnh lũ đạt tần suất vượt P=1% (xác suất xuất hiện tương ứng 100 năm) rơi vào khoảng 7.900÷8.000m^3/s, lưu lượng đỉnh lũ đối với tần suất vượt P=10% (xác suất xuất hiện tương ứng 10 năm) vào

khoảng 4.100÷4.200m^3/s trong cả hai giai đoạn giữa và cuối thế kỷ (Hình 3-79 và Hình 3-80)

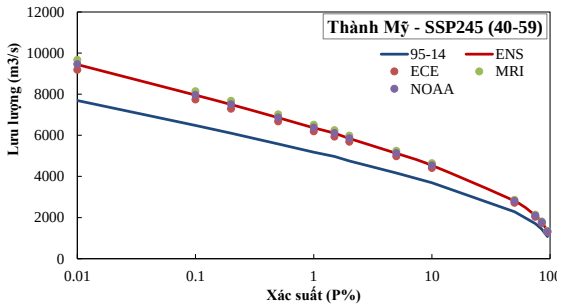


Hình 3-77. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Nông Sơn dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245

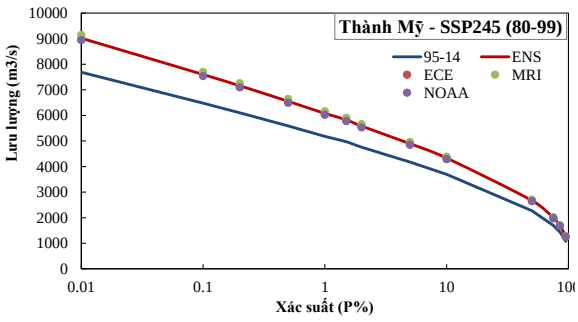


Hình 3-78. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Nông Sơn dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)

Tương tự như lượng mưa một ngày lớn nhất ứng với kịch bản SSP245, sự biến động về tần suất lũ của từng mô hình và trung bình tổ hợp ENS theo kịch bản SSP245 không có sự chênh lệch nhiều giữa giai đoạn giữa và cuối thế kỷ tại hai trạm thủy văn Nông Sơn và Thành Mỹ. Nhìn chung, các mô hình đều dự tính lưu lượng đỉnh lũ giai đoạn giữa thế kỷ tăng cao hơn so với giai đoạn cuối thế kỷ (trừ mô hình MRI, tại trạm Nông Sơn) (Bảng 3.31).



Hình 3-79. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Thành Mỹ dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)



Hình 3-80. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Thành Mỹ dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)

Bảng 3.31. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất lũ từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014

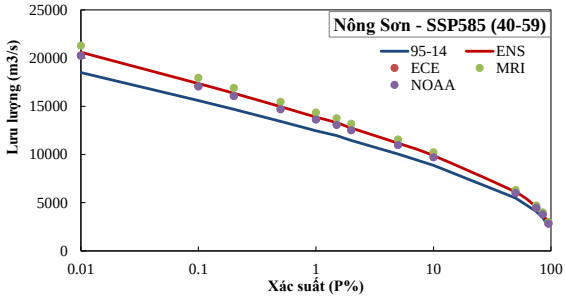
Trạm	Mô hình	ECE	MRI	NOAA	ENS

Nông Sơn	SSP245(40-59)	41.3	11.5	44.6	32.4
	SSP245(80-99)	37.1	14.6	39.4	30.4
Thành Mỹ	SSP245(40-59)	19.5	25.8	23.1	22.8
	SSP245(80-99)	11.7	19.9	14.2	15.2

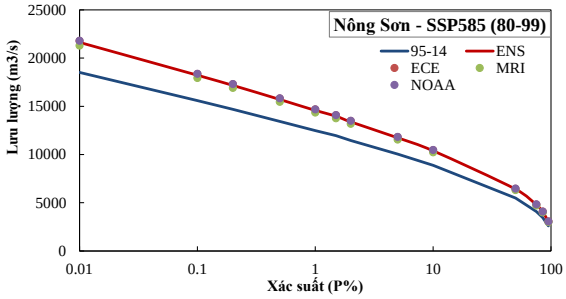
2. Kịch bản phát thải SSP585

Đối với kịch bản phát thải rất cao (SSP585), xu thế gia tăng lưu lượng đỉnh lũ không chênh lệch quá nhiều so với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại hai trạm thủy văn trên lưu vực nghiên cứu. Ở giai đoạn cuối thế kỷ dòng chảy lũ có xu thế cực đoan hơn giai đoạn giữa thế kỷ. Cụ thể:

Trạm Nông Sơn: Tần suất lũ 0,1% (xác suất xuất hiện tương ứng 1.000 năm) ứng với lưu lượng đỉnh lũ khoảng 17.000 m^3/s (2040-2059) và khoảng 18.000 m^3/s (2080-2099); Tần suất lũ 1% (xác suất xuất hiện tương ứng 100 năm) ứng với lưu lượng đỉnh lũ dao động trong khoảng 14.000÷14.900 m^3/s, tăng khoảng 1.500÷2.400 m^3/s so với giai đoạn cơ sở; Tần suất lũ 10% (xác suất xuất hiện tương ứng 10 năm) ứng với lưu lượng đỉnh lũ khoảng 10.000 m^3/s trong cả hai giai đoạn giữa và cuối thế kỷ, cao hơn giai đoạn cơ sở khoảng 1.000 m^3/s (Hình 3-81 và Hình 3-82).



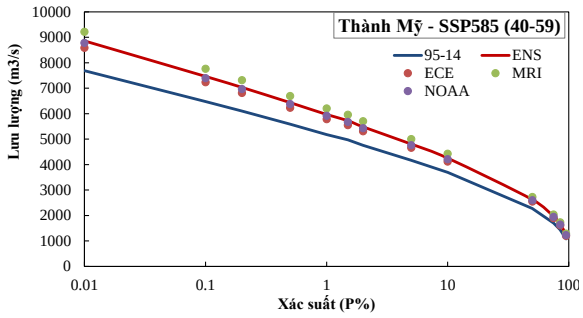
Hình 3-81. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Nông Sơn dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP585)



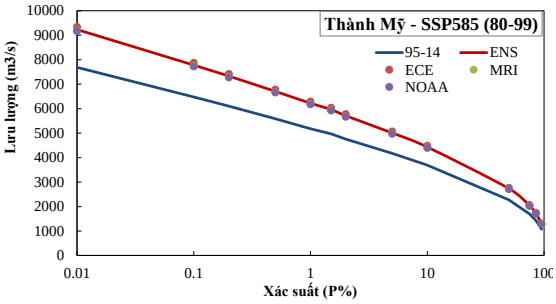
Hình 3-82. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Nông Sơn dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585)

Trạm Thành Mỹ: Tần suất lũ 0,1% (xác suất xuất hiện tương ứng 1.000 năm) tương ứng với lưu lượng đỉnh lũ trong khoảng 7.500 m^3/s ở giai đoạn giữa và khoảng 7.900 m^3/s ở giai đoạn cuối thế kỷ, tăng khoảng 1.100÷1.500 m^3/s so với giai đoạn 1995-2014; Tần suất lũ 1% (xác suất xuất hiện tương ứng 100 năm) có lưu lượng đỉnh lũ tăng hơn khoảng 900÷1.000 m^3/s so với giai

đoạn cơ sở; Tần suất lũ 10% (xác suất xuất hiện tương ứng 10 năm) ứng với lưu lượng đỉnh lũ khoảng 4.100 m^3/s (2040-2059) và khoảng 4.200 m^3/s (2080-2099) (Hình 3-83 và Hình 3-84).



Hình 3-83. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Thành Mỹ dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245)



Hình 3-84. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Thành Mỹ dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585)

(Bảng 3.32)bày kết quả đánh giá biến động (%) tần suất lũ từng mô hình (ECE, MRI, NOAA) và trung bình tổ hợp ENS ứng với kịch bản SSP585 ở giai đoạn 2040-2059 và giai đoạn 2080-2099 so với giai đoạn cơ sở 1995-2014. Dự tính trong tương lai của ba mô hình hay trung bình tổ hợp ENS đều có xu hướng tăng, tăng khoảng 4,6 ÷ 8% tại trạm Nông Sơn và tăng khoảng 0,6 ÷ 4,8% tại trạm Thành Mỹ so với giai đoạn cơ sở.

Bảng 3.32. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất lũ từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải cao (SSP585) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014

Trạm	Mô hình		ECE	MRI	NOAA	ENS
Nông Sơn	SSP585(40-59)		9.6	15.0	12.1	12.2
	SSP585(80-99)		17.6	15.0	17.8	16.8
Thành Mỹ	SSP585(40-59)		16.7	18.9	16.3	17.3
	SSP585(80-99)		21.5	19.5	19.2	20.1

3. Đánh giá chung

Dựa trên dữ liệu mưa và dòng chảy đã hiệu chỉnh từ các mô hình ECE, MRI, NOAA và trung bình tổ hợp ENS theo hai kịch bản SSP245 và SSP585 cho giai đoạn 2040–2059 và 2080–2099, báo cáo sử dụng phương pháp thống kê xác suất với hàm phân phối Pearson III để phân tích tần suất mưa lũ trên lưu vực VGTB. Kết quả cho thấy:

- Tần suất mưa ngày lớn nhất và lũ đều tăng đáng kể so với giai đoạn cơ sở (1995–2014).

- Với SSP245, xu thế cực đoan hơn xảy ra ở giai đoạn giữa thế kỷ; với SSP585, mức độ cực đoan lại tăng mạnh hơn ở cuối thế kỷ.

- Lượng mưa và lưu lượng lũ đỉnh theo SSP585 nhìn chung cực đoan hơn so với SSP245 ở cả hai giai đoạn.

3.2.6. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự báo

Theo IPCC (2021), kịch bản khí hậu là mô phỏng đơn giản và đáng tin cậy về khí hậu tương lai, được xây dựng từ các mô hình khí hậu toàn cầu (GCMs) nhằm phục vụ nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH). CMIP6 là dự án cung cấp các mô hình khí hậu phục vụ Báo cáo Đánh giá lần thứ sáu (AR6) của IPCC[80].

Do ảnh hưởng của sai số hệ thống và các yếu tố đầu vào, các mô hình khí hậu luôn tồn tại độ không chắc chắn và chỉ tiệm cận giá trị thực. Ví dụ, dự báo quỹ đạo bão có cải thiện, nhưng dự báo cường độ bão hay lượng mưa vẫn còn nhiều hạn chế, với độ tin cậy có khi chỉ đạt 20–30%.

Tại Việt Nam, dự báo mưa lớn diện rộng đã đạt độ tin cậy khoảng 75% trong vòng 2–3 ngày trước khi xảy ra, hỗ trợ cảnh báo lũ, sạt lở, ngập lụt. Tuy nhiên, việc dự báo định lượng mưa chi tiết tại từng vị trí vẫn còn hạn chế.

Nhằm xây dựng cơ sở vững chắc cho các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn, vỡ đập trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn trong điều kiện BĐKH, chuyên đề này tập trung xác định khoảng tin cậy của kết quả dự tính mưa, lũ lớn thông qua mô phỏng tổ hợp từ các mô hình khí hậu CMIP6 và thủy văn tại các lưu vực Nông Sơn, Thành Mỹ, với hai kịch bản phát thải SSP2-4.5 và SSP5-8.5 cho giai đoạn 2040–2069 và 2080–2099.

3.2.6.1. Cơ sở dữ liệu

Dữ liệu mưa và dòng chảy cho các giai đoạn khi hậu trong tương lai đã đã được trình bày chi tiết ở các phần trên. Trong phần này Đề tài sẽ sử dụng các bộ dữ liệu mưa và dòng chảy đó để đánh giá độ tin cậy kết quả dự tính mưa, lũ trong tương lai tại trạm thủy văn Nông Sơn và Thành Mỹ.

3.2.6.2. Phương pháp đánh giá độ tin cậy dự tính mưa, lũ

Do tính ngẫu nhiên của các hiện tượng thủy văn, đặc biệt trong dự báo tương lai, việc đánh giá độ không chắc chắn của các mô hình mưa và dòng chảy là yếu tố quan trọng trong ra quyết định, nhất là khi triển khai các biện pháp giảm thiểu rủi ro như cảnh báo lũ, vận hành hồ chứa và sơ tán.

Sự không chắc chắn trong dự báo chủ yếu xuất phát từ sai số trong mô hình khí hậu, dẫn đến sai lệch lượng mưa và lan truyền qua mô hình thủy văn đến dòng chảy. Các nghiên cứu chỉ ra rằng sai số trong dự báo mưa là nguyên nhân chính gây ra sai số dòng chảy [81][82].

Vì vậy, Đề tài này tập trung đánh giá tổng thể sự không chắc chắn trong dự báo mưa từ tổ hợp mô hình khí hậu và ảnh hưởng lan truyền đến dự tính dòng chảy ở các giai đoạn khí hậu tương lai sử dụng phương pháp khoảng tin cậy

Khoảng tin cậy (Confidence Interval - CI) là một khoảng giá trị được tính từ dữ liệu dự tính nhằm bao hàm giá trị thực của tham số chưa biết với một mức độ tin cậy nhất định. Nói cách khác, nếu lặp lại quá trình lấy mẫu nhiều lần, một tỷ lệ phần trăm nhất định (theo mức tin cậy đã chọn) các khoảng tin cậy sẽ chứa giá trị thực của tham số quần thể.

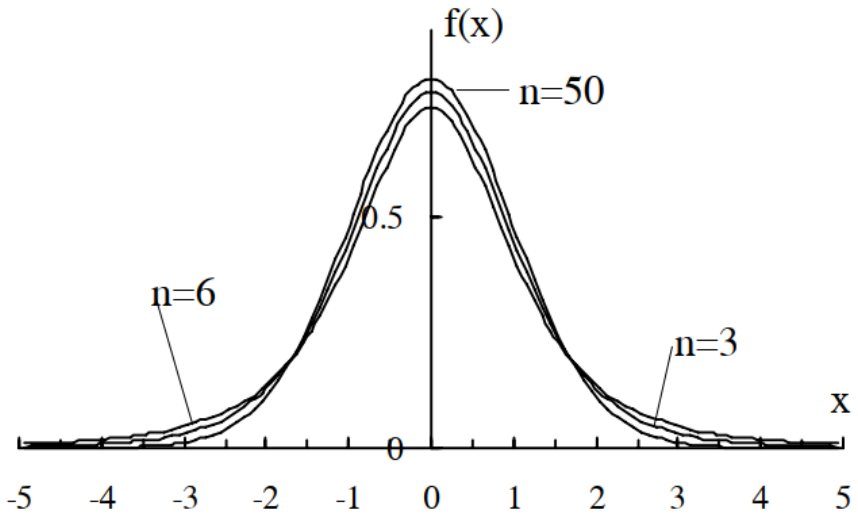
Trong thống kê khí tượng thủy văn, các yếu tố thường tuân theo phân phối chuẩn. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, do chỉ sử dụng 3 mô hình khí hậu có độ phân giải cao, kích thước mẫu nhỏ nên độ tin cậy của khoảng ước lượng sẽ bị ảnh hưởng. Trong trường hợp này, phân phối Student (hay phân phối t), còn được gọi là phân phối chuẩn khi mức độ tự do trở nên lớn, được áp dụng để tính khoảng tin cậy cho giá trị trung bình. Phân bố được xác định trên cơ sở xét biến ngẫu nhiên là tỷ số giữa hai biến ngẫu nhiên độc lập $X_1 \in N(0,1)$và $X_2 \in \frac{\chi(n)}{\sqrt{n}}$: $t=X_1/X_2$. Biến ngẫu nhiên *t* trong trường hợp này được gọi là có phân bố Student với n bậc tự do và ký hiệu $t \in St(n)$ hay gọn hơn t(n).

Mật độ xác suất của phân phối Student có dạng:

$$f_n(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{n\pi}\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\left(1+\frac{x^2}{n}\right)^{\frac{n+1}{2}} \quad (1.4)$$

$$\text{Hoặc: } f_n(x) = \frac{1}{B\left(\frac{n}{2},\frac{1}{2}\right)\sqrt{n}}\left(1+\frac{x^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}} \quad (1.5)$$

Phân bố Student hay phân bố t được W.S.Gosset sử dụng lần đầu tiên trong một bài toán thống kê quan trọng [87] và được tác giả lấy biệt hiệu là Student . Hàm mật độ của biến t cũng chỉ phụ thuộc vào một tham số duy nhất n là số bậc tự do. Từ (1.4) hoặc (1.5) có thể suy ra rằng phân bố Student là một phân bố đối xứng đối với x=0. Trên hình 1.1 dẫn ra đồ thị mật độ xác suất của phân bố Student tương ứng với số bậc tự do m=3, 6 và 50.



Hình 3-85. Hàm mật độ phân phối Student với các bậc tự do khác nhau

Do tính đối xứng của phân bố, tất cả các momen trung tâm bậc lẻ (nếu có) đều bằng 0, còn các momen bậc chẵn được xác định bởi:

$$\mu_{2r} = \frac{1.3\ldots(2r-1)n^r}{(n-2)(n-4)\ldots(n-2r)} \quad (1.6)$$

Khi r=1 và n>2 ta có phương sai của t(n) bằng:

$$D[t(n)] = D_t = \frac{n}{n-2} \quad (1.7)$$

Dĩ nhiên kỳ vọng của phân bố Student bằng 0. Người ta cũng đã chứng minh rằng khi $n\to\infty$ thì phân phối Student tiện cận phân phối chuẩn hóa.

Xác suất để biến ngẫu nhiên có phân phối Student với n bậc tự do nhận giá trị nằm trong khoảng đối xứng (-t0;t0) được tính theo công thức:

$$P(|t| > t_0) = 2\int_{t_0}^{\infty} f_n(x)dx \quad (1.8)$$

Trong đó $f_n(x)$ là mật độ xác suất được cho bởi (1.4) hoặc (1.5).

Phương trình (1.6) trình bày cách xác định khoảng tin cậy của kết quả dự tính mưa, dòng chảy cho các giai đoạn khí hậu (2040-2059) và (2081-2099) với (1-α) mức độ tin cậy và (N-1) bậc tự do[3].

$$\Pr\left\{m_X - \frac{t_{N-1,\alpha/2} s_X}{N^{1/2}} \le \mu_X \le m_X + \frac{t_{N-1,\alpha/2} s_X}{N^{1/2}}\right\} = 1 - \alpha \qquad (1.6)$$

trong đó: 1-α là mức độ tin cậy và $0 < \alpha < 1$

m_X là giá trị trung bình của dự tính mưa, dòng chảy.

s_X là độ lệch chuẩn của dự tính mưa, dòng chảy.

Độ tin cậy được chọn trước khi tiến hành khảo sát dữ liệu. Phổ biến nhất, độ tin cậy 90% thường được sử dụng. Tuy nhiên, các độ tin cậy khác cũng có thể được sử dụng, như 95% và 99,99%.

3.2.6.3. Kết quả đánh giá độ tin cậy dự tính mưa, lũ

1. Độ tin cậy của kết quả dự tính mưa

Kết quả hiệu chỉnh dự tính mưa trong giai đoạn giữa (2040-2059) và giai đoạn cuối (2080-2099) thế kỷ 21 bởi mô hình ECE, MRI và NOAA ứng với hai kịch bản phát thải trung bình (SSP245) và phát thải rất cao (SSP585) được trình bày trước đó. Vì các giai đoạn khí hậu tương lai không có dữ liệu thực đo để so sánh đối chiếu nên báo cáo sử dụng phương pháp khoảng tin cậy để đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính mưa. Thông thường, trong các phân tích thống kê khí tượng thủy văn nói chung, các yếu tố thường có đặc trưng bởi phân phối chuẩn. Tuy nhiên trong phạm vi đề tài, kích thước mẫu tương đối nhỏ (chỉ có 3 mô hình với độ phân giải cao được lựa chọn). Do vậy, báo cáo sử dụng phân phối Student (hay phân phối t) để đánh giá độ tin cậy của cho giá trị lượng mưa dự tính trung bình tổ hợp (ENS) từ ba mô hình ECE, MRI và NOAA. Sử dụng độ tin cậy 90% với N-1 bậc tự do để xác định khoảng tin cậy của kết quả dự tính mưa trong tương lai.

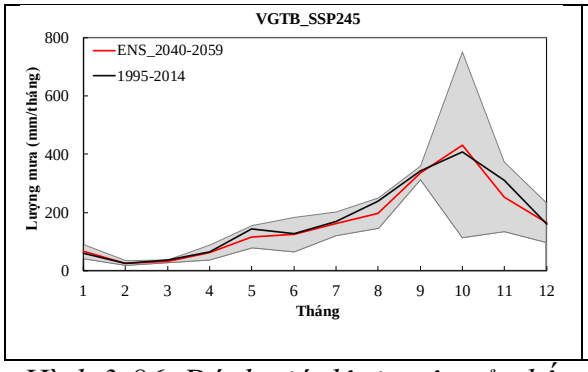
a) Kịch bản phát thải SSP245

Khoảng tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình tổ hợp ENS các mô hình trong giai đoạn 2040-2059 và 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở lưu vực sông VGTB được thể hiện trong Hình

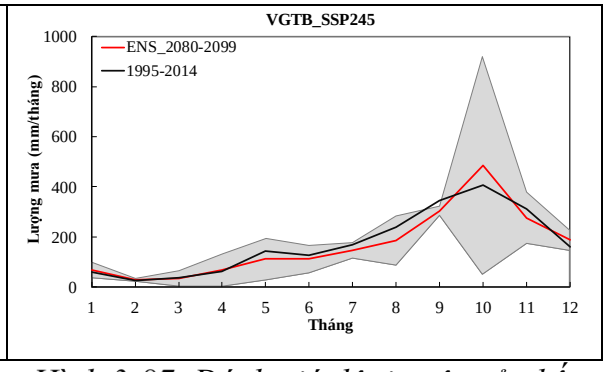
[3] Dingman, S.L.: Physical hydrology. – 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., pp.573-574, 2002.

3-86 và Hình 3-87. Đường màu đỏ thể hiện biến trình lượng mưa tháng lấy trung bình tổ hợp của ba mô hình ECE, MRI và NOAA; vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy của kết quả dự tính mưa trung bình tổ hợp ENS với độ tin cậy 90%. Vùng bóng mờ càng rộng có nghĩa là giá trị mưa dự tính có khoảng tin cậy rộng và ngược lại, vùng bóng mờ càng hẹp ứng với khoảng tin cậy hẹp.

Kết quả tính toán khoảng tin cậy của lượng mưa tháng ENS lấy trung bình trong giai đoạn 2040-2059 (Hình 3-86) và giai đoạn 2080-2099 (Hình 3-87) cho thấy lượng mưa dự tính trong các tháng mùa kiệt (tháng 2-8) có khoảng tin cậy hẹp hơn khoảng tin cậy trong các tháng mùa lũ (tháng 10-12). Với độ tin cậy 90%, lượng mưa tháng trung bình giai đoạn 2040-2059 có khoảng tin cậy dao động trong khoảng 18 ÷ 750 mm/tháng và khoảng 4 ÷ 910 mm/tháng trong giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099).



Hình 3-86. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở lưu vực sông VGTB. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình



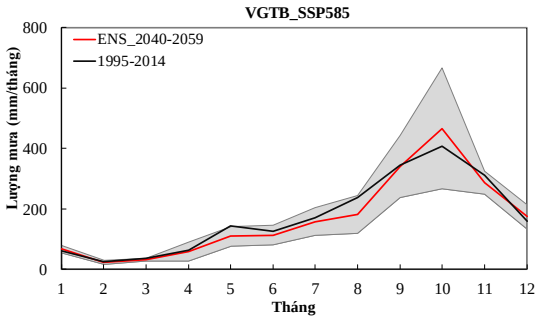
Hình 3-87. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở lưu vực sông VGTB. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình

b) Kịch bản phát thải SSP585

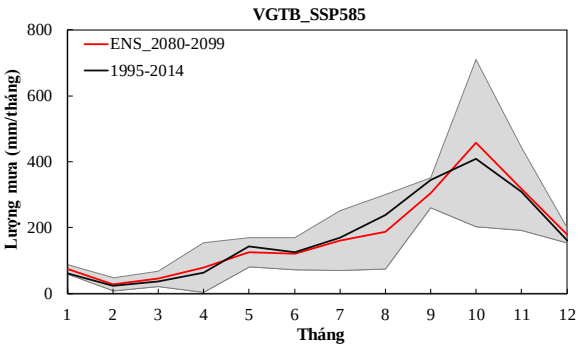
Tương tự như kịch bản phát thải trung bình (SSP245), kết quả dự tính lượng mưa ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) trong mùa lũ có khoảng tin cậy dao động rộng hơn so với mùa kiệt ở cả hai giai đoạn giữa (2040-2059) và cuối thế kỷ (2080-2099).

Độ chính xác của kết quả dự tính lượng mưa tháng ENS trung bình trong giai đoạn 2040-2059 và giai đoạn 2080-2099 cho kết quả dự tính mưa trung bình nhiều năm trong mùa lũ có khoảng tin cậy rộng hơn so với mùa kiệt, với độ tin cậy 90%. Trong giai đoạn 2040-2059 (Hình 3-88), khoảng tin cậy dao động trong khoảng 17 ÷ 300 mm/tháng trong mùa kiệt và khoảng 140 ÷ 670

mm/tháng vào mùa lũ. Giai đoạn 2080-2099, khoảng tin cậy trong mùa kiệt dao động trong khoảng 3 ÷ 250 mm/tháng, khoảng 160 ÷ 710 mm/tháng vào mùa lũ (Hình 3-89).



Hình 3-88. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) ở lưu vực sông VGTB. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình



Hình 3-89. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) ở lưu vực sông VGTB. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình

2. Độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy

Kết quả hiệu chỉnh mô phỏng dòng chảy trong giai đoạn giữa (2040-2059) và giai đoạn cuối (2080-2099) thế kỷ 21 bởi mô hình ECE, MRI và NOAA ứng với hai kịch bản phát thải trung bình (SSP245) và phát thải rất cao (SSP585) được trình bày ở phần trên. Tương tự như phần kết quả dự tính mưa. Vì các giai đoạn khí hậu tương lai không có dữ liệu thực đo để so sánh đối chiếu nên báo cáo sử dụng phương pháp khoảng tin cậy để đánh giá độ tin cậy kết quả mô phỏng dòng chảy. Thông thường, trong các phân tích thống kê khí tượng thủy văn nói chung, các yếu tố thường có đặc trưng bởi phân phối chuẩn. Tuy nhiên trong phạm vi nghiên cứu này, kích thước mẫu tương đối nhỏ (chỉ có 3 mô hình với độ phân giải cao được lựa chọn). Do vậy, báo cáo sử dụng phân phối Student (hay phân phối t) để đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy từ các mô hình khí hậu có độ phân giải cao, gồm: ECE, MRI và NOAA. Chuyên đề lựa chọn độ tin cậy 90% với N-1 bậc tự do để xác định khoảng tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy trong tương lai tại hai trạm thủy văn Nông Sơn và Thành Mỹ.

- Kịch bản phát thải SSP245

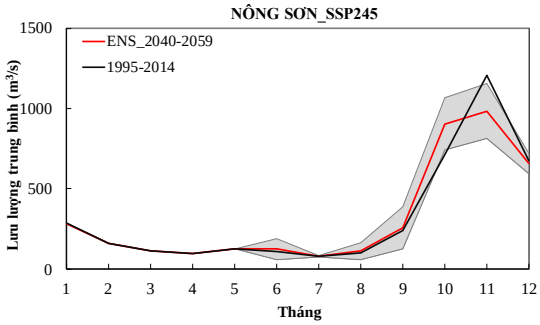
Khoảng tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy trung tháng nhiều năm tổ hợp các mô hình (ENS) trong giai đoạn 2040-2059 và giai đoạn 2080-2099

ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Nông Sơn và trạm Thành Mỹ. Đường màu đỏ thể hiện đường quá trình lưu lượng dòng chảy trung bình tháng lấy trung bình tổ hợp của ba mô hình ECE, MRI và NOAA ứng với kịch bản SSP245; vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy trung bình tổ hợp ENS với độ tin cậy 90%. Vùng bóng mờ càng mở rộng nghĩa là khoảng tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy càng lớn và ngược lại, vùng bóng mờ càng hẹp ứng với khoảng tin cậy hẹp.

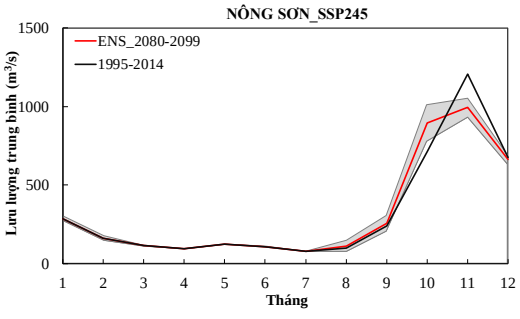
Kết quả cho thấy khoảng tin cậy của dòng chảy lấy trung bình tổ hợp các mô hình (ENS) trong mùa kiệt hẹp hơn so với mùa lũ. Khi so sánh hai giai đoạn khí hậu, khoảng tin cậy trong giai đoạn cuối thế kỷ hẹp hơn so với giai đoạn giữa thế kỷ trong các tháng 6-12.

Giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059): Tại trạm Nông Sơn , với độ tin cậy 90%, sai số lưu lượng mô phỏng lấy trung bình tổ hợp ENS vào mùa kiệt nằm trong khoảng 0,2 ÷ 64,4 m^3/s; vào mùa lũ khoảng 62,4 ÷ 170 m^3/s. Tại trạm Thành Mỹ, với độ tin cậy 90%, sai số lưu lượng mô phỏng lấy trung bình tổ hợp ENS vào mùa kiệt nằm trong khoảng 0,04 ÷ 27,2 m^3/s; vào mùa lũ sai số nằm trong khoảng 23,6 ÷ 52,2 m^3/s.

Giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099): Tại trạm Nông Sơn , với độ tin cậy 90%, sai số lưu lượng mô phỏng lấy trung bình tổ hợp ENS vào mùa kiệt nằm trong khoảng 0,3 ÷ 36,3 m^3/s; vào mùa lũ là khoảng 28,5 ÷ 116 m^3/s. Tại trạm Thành Mỹ, với độ tin cậy 90%, sai số lưu lượng mô phỏng lấy trung bình tổ hợp ENS vào mùa kiệt nằm trong khoảng 0,5 ÷ 14,3 m^3/s; vào mùa lũ sai số nằm trong khoảng 14,7 ÷ 23,5 m^3/s.

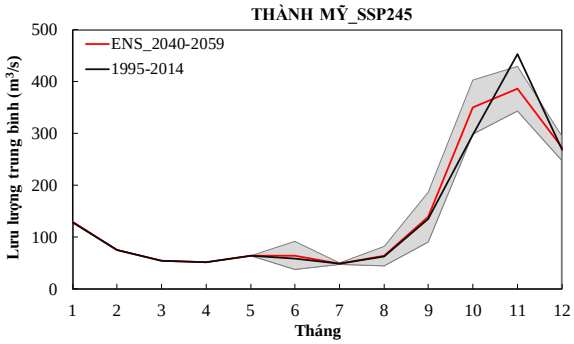


Hình 3-90. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Nông Sơn. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình

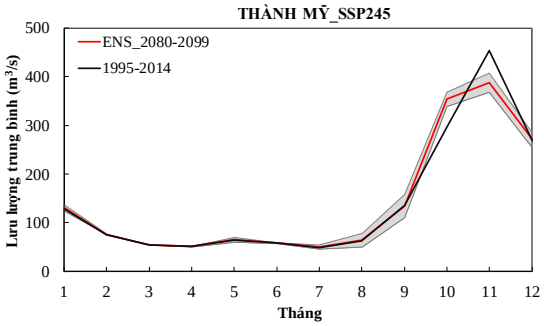


Hình 3-91. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Nông Sơn. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ

hợp các mô hình



Hình 3-92. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Thành Mỹ. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình



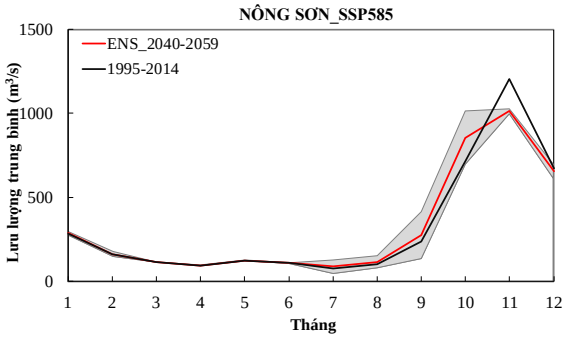
Hình 3-93. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Thành Mỹ. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình

- Kịch bản phát thải SSP585

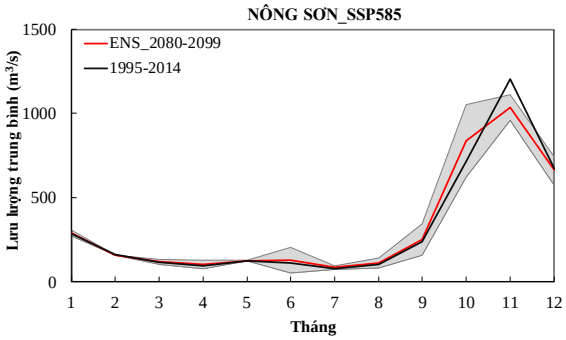
Tương tự như kịch bản SSP245, với kịch bản SSP585, độ chính xác của kết quả mô phỏng cao hơn trong các tháng mùa kiệt và thấp hơn trong các tháng mùa lũ tại cả hai trạm Nông Sơn và Thành Mỹ trong giai đoạn tương lai .

Trạm Nông Sơn, trong giai đoạn 2040-2059 , với độ tin cậy 90%, lưu lượng dòng chảy mô phỏng lấy trung bình tổ hợp ENS có sai số nằm trong khoảng 0,42 ÷ 39,2 m^3/s vào mùa kiệt và khoảng 14,7 ÷ 158,5 m^3/s vào mùa lũ. Vào cuối thế kỷ , độ chính xác của kết quả mô phỏng thấp hơn so với giai đoạn giữa thế kỷ. Khoảng sai số vào mùa kiệt nằm trong khoảng 0,1 ÷ 74,8 m^3/s, trong mùa lũ khoảng 75,5 ÷ 215,4 m^3/s.

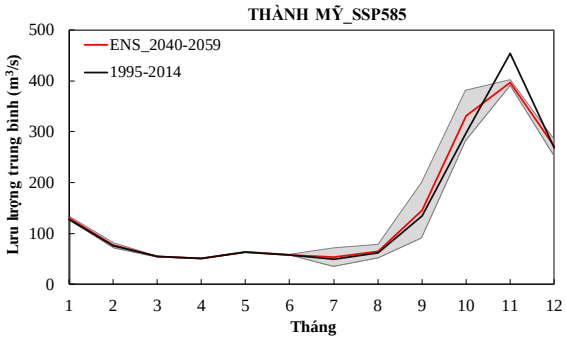
Trạm Thành Mỹ, trong giai đoạn đoạn 2040-2059), với độ tin cậy 90%, lưu lượng dòng chảy mô phỏng lấy trung bình tổ hợp ENS có sai số nằm trong khoảng 0,2 ÷ 18,5 m^3/s vào mùa kiệt và khoảng 5,4 ÷ 54,5 m^3/s vào mùa lũ. Vào cuối thế kỷ , độ chính xác của kết quả mô phỏng thấp hơn so với giai đoạn giữa thế kỷ. Khoảng sai số vào mùa kiệt nằm trong khoảng 0,2 ÷ 35,1 m^3/s, trong mùa lũ khoảng 20,2 ÷ 79,4 m^3/s.



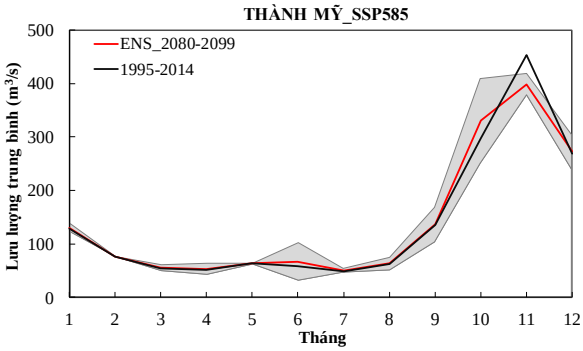
Hình 3-94. Hình 2-1: Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) tại trạm Nông Sơn. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình



Hình 3-95. Hình 2-2: Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) tại trạm Nông Sơn. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình



Hình 3-96. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) tại trạm Thành Mỹ. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình



Hình 3-97. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) tại trạm Thành Mỹ. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình

Có nhiều phương pháp khác nhau để đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính mưa lũ như sai số dự báo, độ lệch chuẩn, tỷ số giữa sai số quân phương, hệ số thiên lệch, khoảng tin cậy… Với mục đích đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính mưa lũ trong giai đoạn khí hậu tương lai (2040-2059 và 2080-2099) phương pháp khoảng tin cậy (Confidence Interval) được sử dụng.

Thông thường, trong các phân tích thống kê khí tượng thủy văn nói chung, các yếu tố thường có đặc trưng bởi phân phối chuẩn. Tuy nhiên trong phạm vi nghiên cứu này, kích thước mẫu tương đối nhỏ (chỉ có 3 mô hình với độ phân giải cao được lựa chọn). Do vậy, báo cáo sử dụng phân phối Student (hay phân

phối t) để đánh giá độ tin cậy kết quả dự tính mưa lũ trong tương lai, với độ tin cậy 90%.

Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trong hai giai đoạn khí hậu (2040-2059 và 2080-2099) ở lưu vực sông VGTB cho thấy, ở cả hai kịch bản phát thải trung bình (SSP245) và phát thải rất cao (SSP585) đều có khoảng tin cậy rộng trong các tháng mùa lũ (tháng 9-12) và khoảng tin cậy hẹp trong các tháng mùa kiệt (tháng 2-8).

Khoảng tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy trong giai đoạn khí hậu tương lai tại hai trạm thủy văn Nông Sơn và Thành Mỹ ứng với hai kịch bản phát thải (SSP245, SSP585) cho kết quả tương tự, với khoảng tin cậy hẹp trong mùa kiệt và rộng trong mùa lũ. Nhìn chung, kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm trong giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) có sai số lớn hơn so với giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059).

3.2.6.4. Xây dựng đường quá trình lũ đến do biến đổi khí hậu

1. Cơ sở tính toán

Đối với công tác vận hành hồ trên hệ thống sông Vu Gia-Thu Bồn, hiện Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn (Quyết định số 1865/QĐ-TTg, ngày 23/12/2019) là cơ sở để các chủ đập thực hiện vận hành trong mùa lũ, đảm bảo an toàn cho công trình và góp phần giảm lũ cho hạ du.

Quy trình vận hành liên hồ chứa sử dụng lũ đến hồ theo các tần suất thiết kế để xây dựng, xác định lưu lượng xả về hạ du. Tuy nhiên gần đây (những năm cuối thế kỷ 20 và đầu thế kỷ 21) có nhiều bằng chứng chỉ ra rằng ngày càng có nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan nằm ngoài các giới hạn những gì đã xảy ra trong quá khứ. Rất nhiều nghiên cứu gần đây đã cho thấy các hiện tượng thời tiết cực đoan, đặc biệt là mưa lớn trong thời đoạn ngắn, đang có xu hướng gia tăng cả về tần xuất và cường độ ở phạm vi toàn cầu.

Trong phạm vi của Đề tài, khí hậu trong giai đoạn tương lai (2015-2100) được mô phỏng với năm kịch bản phát thải mới của CMIP6, được IPCC xây dựng dựa trên các giả định về điều kiện kinh tế - xã hội khác nhau kết hợp với các đường nồng độ khí đại diện (RCPs) từ CMIP5, gồm: SSP1-1.9 (rất thấp), SSP1-2.6 (thấp), SSP2-4.5 (trung bình), SSP3-7.0 (cao) và SSP5-8.5 (rất cao).

Tại các phần trên Đề tài đã trình bày kết quả hiệu chỉnh dự tính mưa trong tương lai bởi các mô hình ECE, MRI, NOAA và trung bình tổ hợp ENS trong giai đoạn 1995-2014 và kết quả mô phỏng dòng chảy dựa trên cơ sở dữ liệu mưa đã được hiệu chỉnh từ các mô hình ECE, MRI, NOAA cho kịch bản phát thải phát thải cao (SSP585) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099).

Trên cơ sở dữ liệu dòng chảy mô phỏng theo ngày đánh giá thay đổi về lũ thiết kế trong giai đoạn khí hậu tương lai (2040-2059) và (2080-2099) ứng với kịch bản phát thải phát thải cao (SSP585) so với giai đoạn khí hậu hiện tại đã được thiết lập cho trạm thuỷ văn Nông Sơn và Thành Mỹ . Đây được coi là các hệ số khí hậu (% thay đổi tần suất mưa lũ) đại diện cho lưu vực sông Vu Gia và lưu vực sông Thu Bồn. Các hồ chứa thuỷ điện trên hai nhánh sông sẽ áp dụng các hệ số khí hậu tương ứng.

Bảng 3.33. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất lũ từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải cao (SSP585) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014

Trạm	Mô hình		ECE	MRI	NOAA	ENS
Nông Sơn	SSP585(40-59)		9.6	15.0	12.1	12.2
	SSP585(80-99)		17.6	15.0	17.8	16.8
Thành Mỹ	SSP585(40-59)		16.7	18.9	16.3	17.3
	SSP585(80-99)		21.5	19.5	19.2	20.1

Ghi chú: Mô hình ECE (Châu Âu); Mô hình MRI (Nhật); Mô hình NOAA (Mỹ); ENS - Trung bình tổ hợp

2. Kết quả tính toán

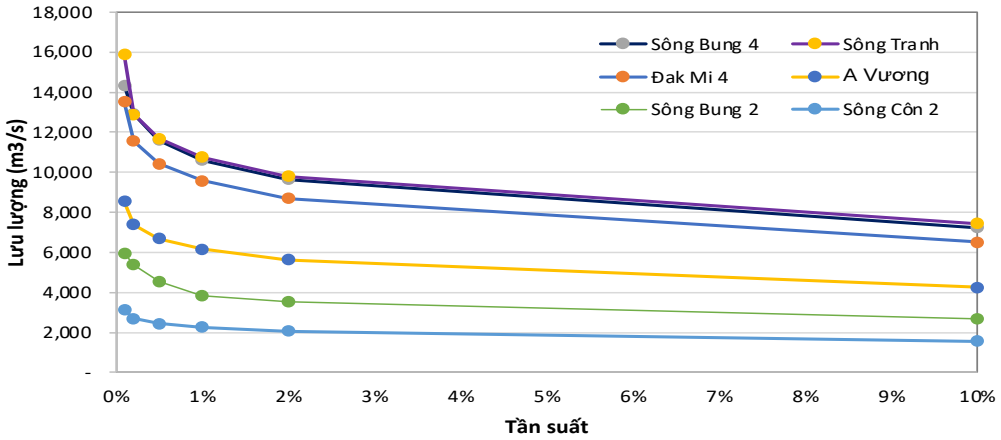
Dưới đây là tổng hợp kết quả toán dòng chảy lũ đến các hồ chứa trong điều kiện khí hậu tương lai.

a) Giai đoạn 2040-2059:

Bảng 3.34. Tổng hợp kết quả tính lưu lượng đỉnh lũ (m^3/s) đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2040-2059

Hồ	Diện tích (Km^2)	Tần suất					
		0.1%	0.2%	0.5%	1%	2%	10%
A Vương	682	8537	7382	6700	6173	5626	4261
Đak Mi 4	1125	13512	11563	10424	9581	8704	6524
Sông Bung 4	1448	14351	12920	11614	10618	9645	7234
Sông Bung 2	334	5960	5393	4535	3839	3517	2706

Hồ	Diện tích (Km^2)	Tần suất					
		0.1%	0.2%	0.5%	1%	2%	10%
Sông Tranh	1100	15874	12880	11683	10758	9805	7441
Sông Côn 2	250	3129	2706	2456	2263	2062	1562



Hình 3-98. Lưu lượng đến các đập thuỷ điện ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2040-2059

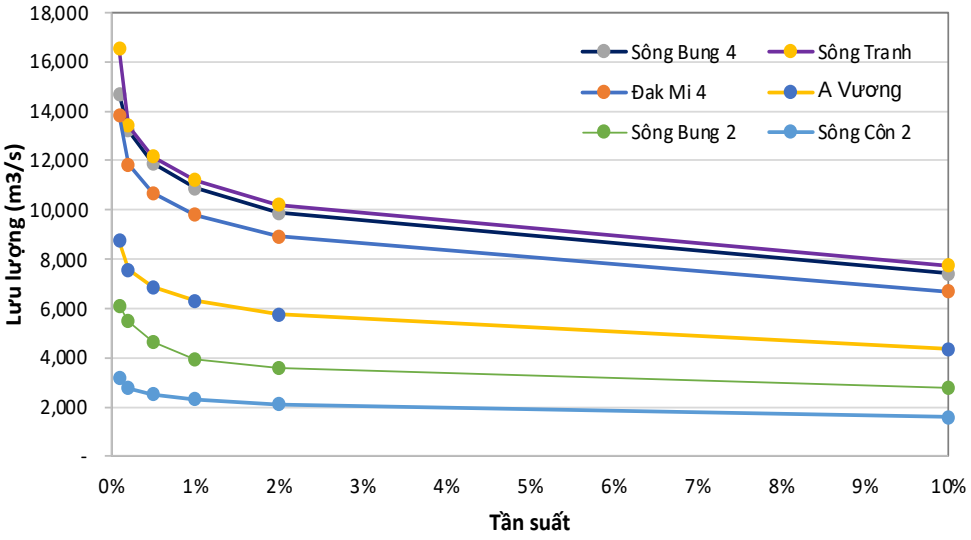
Bảng 3.35. Tổng hợp kết quả tính tổng lượng lũ thời đoạn 1- 3- 5- ngày đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2040-2059

Hồ	W_lũ ($tr.m^3$)	Tần suất					
		0.10%	0.20%	0.50%	1%	2%	10%
A Vương	1 ngày max	468	403	365	336	305	229
	3 ngày max	664	573	520	479	436	329
	5 ngày max	742	641	582	536	488	369
Đak Mi 4	1 ngay max	745	636	573	526	477	355
	3 ngày max	1054	901	812	746	677	506
	5 ngày max	1176	1006	907	833	757	566
Sông Bung 4	1 ngay max	791	712	639	584	529	395
	3 ngày max	1120	1008	905	827	751	562
	5 ngày max	1249	1124	1010	923	839	628
Sông Bung 2	1 ngay max	324	292	245	206	188	143
	3 ngày max	462	417	350	296	270	207
	5 ngày max	517	468	393	332	304	234
Sông Tranh	1 ngay max	876	709	643	591	538	407
	3 ngày max	1239	1004	911	838	763	578
	5 ngày max	1382	1121	1016	936	853	646
Sông Côn 2	1 ngay max	166	143	129	118	107	79
	3 ngày max	240	207	187	172	156	117
	5 ngày max	270	234	212	195	177	134

b) Giai đoạn 2080-2099:

Bảng 3.36. Tổng hợp kết quả tính lưu lượng đỉnh lũ (m^3/s) đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2080-2099

Hồ	Diện tích (Km^2)	Tần suất					
		0.1%	0.2%	0.5%	1%	2%	10%
A Vương	682	8741	7558	6860	6320	5761	4363
Đak Mi 4	1125	13834	11839	10673	9810	8912	6679
Sông Bung 4	1448	14693	13228	11892	10872	9876	7406
Sông Bung 2	334	6102	5521	4643	3931	3601	2771
Sông Tranh	1100	16525	13408	12162	11199	10207	7746
Sông Côn 2	250	3204	2771	2515	2317	2112	1599



Hình 3-99. Lưu lượng đến các đập thuỷ điện ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2080-2099

Bảng 3.37. Tổng hợp kết quả tính tổng lượng lũ thời đoạn 1- 3- 5- ngày đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2080-2099

Hồ	W_lũ ($tr.m^3$)	Tần suất					
		0.10%	0.20%	0.50%	1%	2%	10%
A Vương	1 ngày max	479	413	374	344	313	235
	3 ngày max	680	587	532	490	446	337
	5 ngày max	760	657	596	549	500	378
Dak Mi 4	1 ngay max	763	652	587	538	488	364
	3 ngày max	1079	923	831	764	693	518
	5 ngày max	1204	1030	928	853	775	580
Sông Bung 4	1 ngay max	811	729	654	598	542	405
	3 ngày max	1147	1032	927	847	769	575
	5 ngày max	1279	1151	1035	946	859	643
Sông Bung 2	1 ngay max	332	300	251	211	193	146
	3 ngày max	473	427	359	303	277	212
	5 ngày max	530	479	402	340	312	239

Hồ	W_lũ (tr.m^3)	Tần suất					
		0.10%	0.20%	0.50%	1%	2%	10%
Sông Tranh	1 ngay max	913	739	670	616	561	424
	3 ngày max	1290	1046	948	873	795	602
	5 ngày max	1439	1167	1058	974	888	673
Sông Côn 2	1 ngay max	171	146	132	121	110	81
	3 ngày max	246	212	192	176	160	120
	5 ngày max	277	239	217	200	182	137

3.2.7. Phân tích, đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong điều kiện biến đổi khí hậu

3.2.7.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu tương tự như trong mục 3.1 trong điều kiện bình thường, mô hình điều tiết lũ được thiết lập để mô phỏng điều tiết xả lũ khẩn cấp cho các hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn gồm: Đăk Mi 4, A Vương, Sông Tranh 2, Sông Côn 2, Sông Bung 2 và Sông Bung 4, trong điều kiện biến đổi khí hậu.

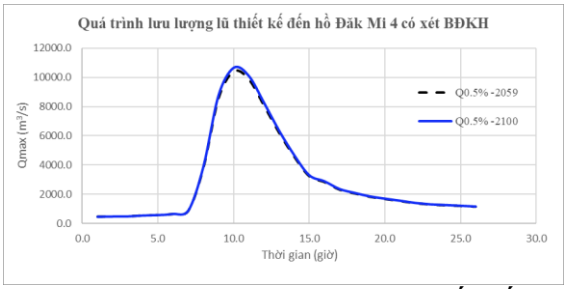
3.2.7.3. Tài liệu, số liệu sử dụng

Tài liệu sử dụng bao gồm:

- Lưu lượng lũ thiết kế đến hồ trong điều kiện biến đổi khí hậu của các hồ A Vương, sông Côn 2, sông Bung 2, sông Bung 4, Đắkmi 4 và sông Tranh 2 đã được tính toán ở trên **mục 3.2.6.4**

Tương tự như trong điều kiện bình thường. Sau khi tính toán lưu lượng đỉnh lũ ứng với các tần suất, tiến hành thu phóng theo con lũ điển hình (lũ thiết kế) được đường quá trình lũ thiết kế.

Hình 3-100. Quá trình lũ thiết kế P=0,5% đến hồ A Vương có xét BĐKH đến giữa và cuối thế kỉ



Hình 3-101. Quá trình lũ thiết kế P=0,5% đến hồ Đăk Mi 4 có xét BĐKH đến giữa và cuối thế kỉ

3.2.7.4. Đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp các hồ trong điều kiện biến đổi khí hậu

1. Phương pháp đánh giá

Với các kịch bản dòng chảy lũ thiết kế trong điều kiện biến đổi khí hậu đến giữa và cuối thế kỷ, báo cáo giả định mực nước trước lũ tại các hồ theo quy định trong quy trình vận hành. Sau đó tiến hành tính toán điều tiết lũ, xác định lưu lượng xả và mực nước hồ tương ứng để đánh giá nguy cơ **xả lũ khẩn cấp**. **Nguy cơ này được xác định khi mực nước hồ vượt quá mực nước dâng bình thường** (xem Bảng 3.38).

Bảng 3.38. Mực nước dâng bình thường các hồ

TT	Hồ	Sông	Mực nước dâng bình thường (m)
1	A Vương	Vu Gia	380,0
2	Sông Côn 2	Vu Gia	340,0
3	Sông Bung 2	Vu Gia	605,0
4	Sông Bung 4	Vu Gia	222,5
5	Đăk Mi 4	Thu Bồn	258,0
6	Sông Tranh 2	Thu Bồn	175,0

Các mực nước trước lũ của các hồ được xác định theo Điều 6. Quy định mức nước vận hành trong mùa lũ của Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn ban hành theo Quyết định số 1865/QĐ-TTg ngày 23/12/2019 của Thủ tướng Chính phủ. Cụ thể như sau:

Bảng 3.39. Mực nước cao nhất trước lũ của các hồ trong mùa lũ

Hồ	Mực nước hồ (m)	
	Từ 10/9 - 15/11	Từ 16/11 - 15/12
A Vương	376,0	377,0 - 380,0
Đắk Mi4	255,0	256,0 - 258,0
Sông Tranh 2	172,0	173,0 - 175,0
Sông Bung 4	217,5	218,5 - 222,5
Sông Bung 2	600,0	602,0 - 605,0

Bảng 3.40. Mực nước đón lũ thấp nhất của các hồ trong mùa lũ

Hồ	Mực nước hồ (m)	
	Từ 10/9 - 15/11	Từ 16/11 - 15/12
A Vương	370,0	377,0
Đắk Mi4	251,5	256,0
Sông Tranh 2	165,0	173,0
Sông Bung 4	216,0	218,5
Sông Bung 2	595,0	602,0

Tính toán đánh giá mực nước hồ với tất cả các mực nước đón lũ thấp nhất và mực nước cao nhất trước lũ của các hồ như (Bảng 3.39 và Bảng 3.40).

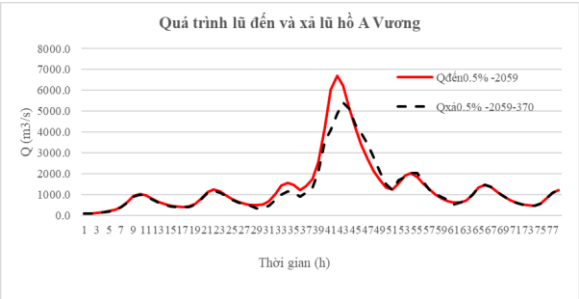
Riêng với hồ sông Côn 2 do không có mực nước Quy định trong quy trình vận hành nên tính toán với mực nước dâng bình thường Z=340m và mực nước Z=335m, thấp hơn mực nước dâng bình thường, cao hơn mực nước chết.

2. Kết quả đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp hồ A Vương

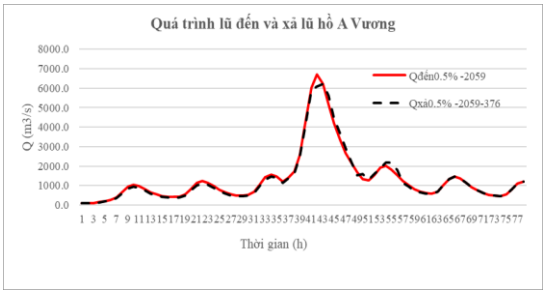
Bảng 3.41. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ TK khẩn cấp
Giữa thế kỉ	6700	5419	370	377.2	380	
	6700	6218	376	378.2	380	
	6700	6385	377	378.5	380	
	6700	7013	380	381.0	380	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	6860	5650	370	378.8	380	
	6860	6102	376	379.7	380	
	6860	6200	377	380.0	380	*Xả lũ khẩn cấp*
	6860	6829	380	381.2	380	*Xả lũ khẩn cấp*

Với lũ thiết kế tần suất 0,5% theo các kịch bản BĐKH, lưu lượng đến hồ A Vương dao động từ 6.700–6.860 m^3/s, mực nước đón lũ từ 370–380 m. Kết quả cho thấy lưu lượng xả khẩn cấp qua tràn khoảng 5.419–6.829 m^3/s, mực nước hồ đạt 377,2–381,2 m (so với đỉnh đập 383,4 m). Như vậy, nếu đón lũ ở cao trình 380 m, hồ A Vương phải xả lũ khẩn cấp trong giai đoạn giữa thế kỷ; còn ở giai đoạn cuối thế kỷ, nguy cơ xả khẩn cấp xảy ra cả khi mực nước đón lũ là 377 m và 380 m.



Hình 3-102. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ A Vương – KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 370m

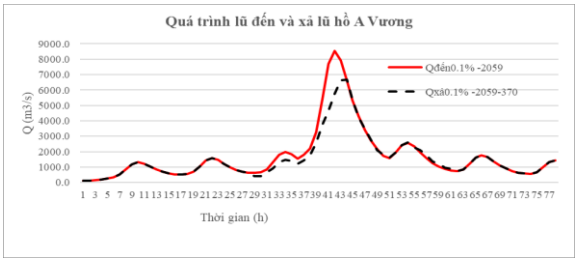


Hình 3-103. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ A Vương – KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 376m

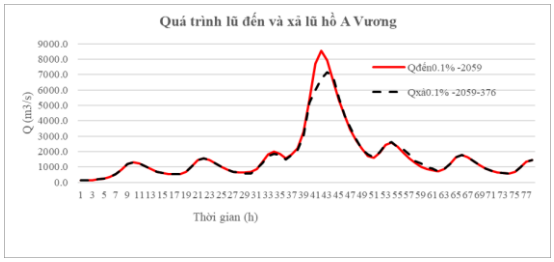
Bảng 3.42. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ KT khẩn cấp
Giữa thế kỉ	8537	6684	370	379.2	380	
	8537	7169	376	379.9	380	
	8537	7258	377	380.1	380	*Xả lũ khẩn cấp*
	8537	7630	380	380.8	380	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	8741	7046	370	381	380	*Xả lũ khẩn cấp*
	8741	7319	376	381.4	380	*Xả lũ khẩn cấp*
	8741	7361	377	381.6	380	*Xả lũ khẩn cấp*
	8741	7630	380	382.8	380	*Xả lũ khẩn cấp*

Với lũ kiểm tra tần suất 0,1% theo các kịch bản BĐKH, lưu lượng đến hồ A Vương từ 8.537–8.741 m³/s, mực nước đón lũ từ 370–380 m. Lưu lượng xả khẩn cấp qua tràn dao động 6.680–7.630 m³/s, mực nước hồ đạt 379,2–382,8 m (đỉnh đập 383,4 m). Kết quả cho thấy, ở mực nước đón lũ 377 m, hồ phải xả lũ kiểm tra khẩn cấp trong giai đoạn giữa thế kỷ; còn ở giai đoạn cuối thế kỷ, hồ đều phải xả lũ kiểm tra khẩn cấp ở cả mực 377 m và 380 m.



Hình 3-104. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ A Vương – KB P=0,1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 370m



Hình 3-105. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ A Vương – KB P=0,1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 376m

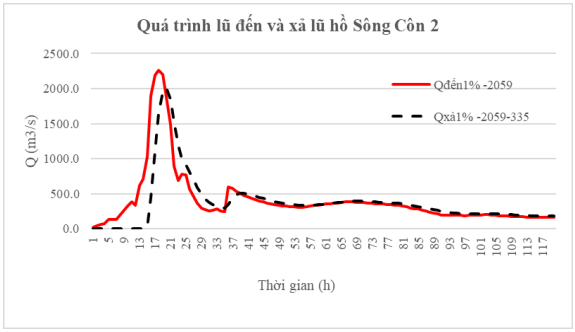
3. Kết quả đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp hồ sông Côn 2

Quá trình điều tiết xả lũ của hồ sông Côn 2 phụ thuộc vào các yếu tố như: lưu lượng đến hồ, mực nước hồ đón lũ, khả năng xả của hồ qua tràn và qua cửa lấy nước (nhà máy phát điện). Do đó, trong trường hợp khẩn cấp, khả năng xả lũ khẩn cấp của hồ được tính bằng khả năng xả tối đa lớn nhất của hồ. Kết quả tính toán các trường hợp như sau:

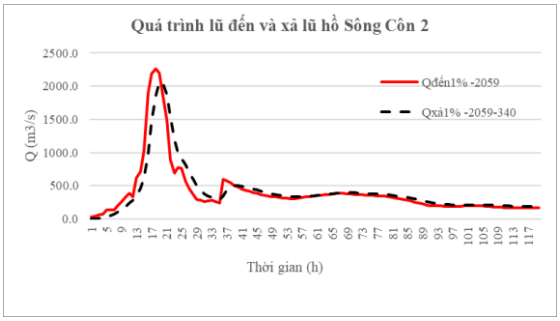
Bảng 3.43. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ TK khẩn cấp
Giữa thế kỷ	2263.0	2005.9	335	344,5	340,0	*Xả lũ khẩn cấp*
	2263.0	2056.5	340	345,6	340,0	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	2371.0	2128.1	335	*345,1*	340,0	*Xả lũ khẩn cấp*
	2371.0	2156.4	340	*346,2*	340,0	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ thiết kế tần suất 1% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông Côn 2 từ 2263 đến 2371 m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 335 đến 340m. Kết quả tính toán lưu lượng xả qua tràn khoảng 2005,9 đến 2156,4 m^3/s, mực nước hồ từ 344,5 đến 346,2m. Như vậy với giải thiết lưu lượng lũ thiết kế tần suất 1% kịch bản BĐKH và hai mực nước đón lũ thì mực nước hồ đều lớn hơn mực nước dâng bình thường do đó hồ cần phải vận hành theo chế độ xả lũ thiết kế khẩn cấp.



Hình 3-106. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Côn 2 – KB P=1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 335m



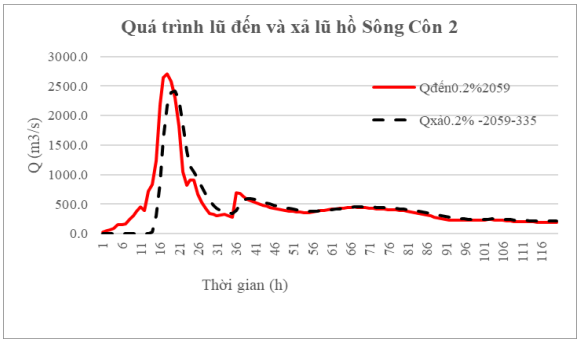
Hình 3-107. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Côn 2 – KB P=1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 340m

Bảng 3.44. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH

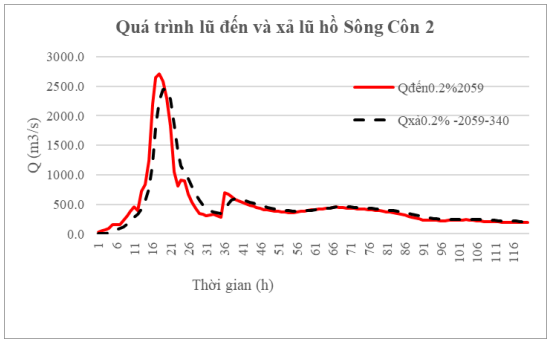
Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ KT khẩn cấp
Giữa thế kỉ	2706	2422	335	345.2	340	*Xả lũ khẩn cấp*
	2706	2448	340	345.6	340	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	2771	2511	335	345.4	340	*Xả lũ khẩn cấp*
	2771	2540	340	345.8	340	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ kiểm tra tần suất 0,2% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông Côn 2 từ 2706 đến 2771m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 335 đến 340m. Kết quả tính toán lưu lượng xả qua tràn khoảng 2422 đến 2540 m^3/s, mực nước hồ từ 345,2 đến 345,8m. Như vậy với

giải thiết lưu lượng lũ kiểm tra tần suất 0,2% kịch bản BĐKH và mực nước đón lũ từ 335-340m hồ sông Côn 2 phải vận hành xả lũ kiểm tra khẩn cấp.



Hình 3-108. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Côn 2 – KB P=0,2% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 335m



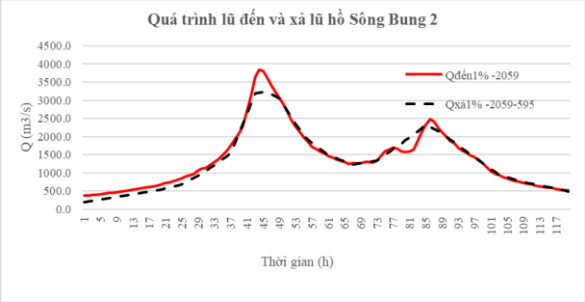
Hình 3-109. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Côn 2 – KB P=0,2% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 340m

4. Kết quả đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp hồ sông Bung 2

Bảng 3.45. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% hồ sông Bung 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ TK khẩn cấp
Giữa thế kỉ	3839.0	3220.8	595,0	604,9	605	
	3839.0	3261.7	600,0	605,1	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	3839.0	3295.4	602,0	605,2	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	3839.0	3351.6	605,0	605,3	605	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	3931.0	3523.9	595,0	*605,2*	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	3931.0	3523.9	600,0	*605,4*	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	3931.0	3522.4	602,0	*605,5*	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	3931.0	3521.1	605,0	*605,9*	605	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ thiết kế tần suất 1% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông Bung 2 từ 3839,0 đến 3931,0 m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 595 đến 605m. Kết quả tính toán lưu lượng xả qua tràn khoảng 3220,8 đến 3523,9 m^3/s, mực nước hồ từ 604,9 đến 605,9m. Như vậy với giả thiết lưu lượng lũ thiết kế tần suất 1% kịch bản BĐKH và các mực nước đón lũ thì hồ sông Bung 2 phải xả lũ thiết kế khẩn cấp khi mực nước đón lũ của hồ từ 600m ở giai đoạn giữa thế kỉ và toàn bộ các mực nước trước lũ ở giai đoạn cuối thế kỉ.



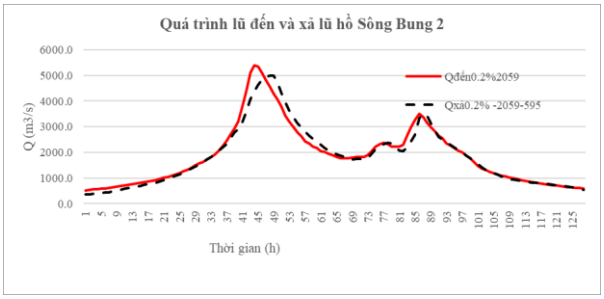
Hình 3-110. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 2 – KB P=1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 340m

Hình 3-111. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 2 – KB P=1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 600m

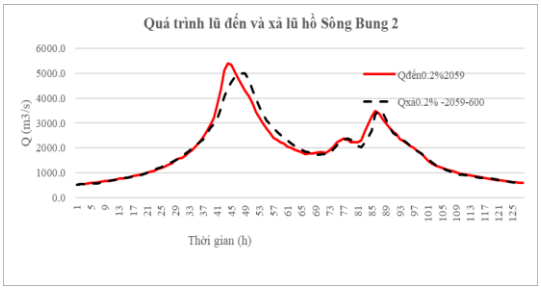
Bảng 3.46. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Bung 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ KT khẩn cấp
Giữa thế kỉ	5,393	4,999	595,0	606,0	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	5,393	5,000	600,0	606,0	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	5,393	5,000	602,0	606,0	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	5,393	5,003	605,0	606,0	605	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	5,521	5,059	595,0	*608,2*	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	5,521	5,061	600,0	*608,3*	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	5,521	5,064	602,0	*608,4*	605	*Xả lũ khẩn cấp*
	5,521	5,070	605,0	*608,5*	605	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ kiểm tra tần suất 0,2% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông Bung 2 từ 5393 đến 5521m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 595 đến 605m. Kết quả tính toán lưu lượng xả qua tràn khoảng 4999 đến 5070 m^3/s, mực nước hồ từ 606 đến 608,5m. Như vậy với giải thiết lưu lượng lũ kiểm tra tần suất 0,2% kịch bản BĐKH và các mực nước đón lũ thì tất cả các kịch bản lũ hồ đều phải xả lũ khẩn cấp.



Hình 3-112. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 2 – KB P=0,2% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 595m



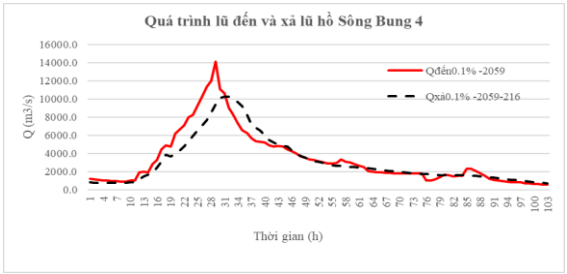
Hình 3-113. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 2 – KB P=0,2% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 600m

5. Kết quả đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp hồ sông Bung 4

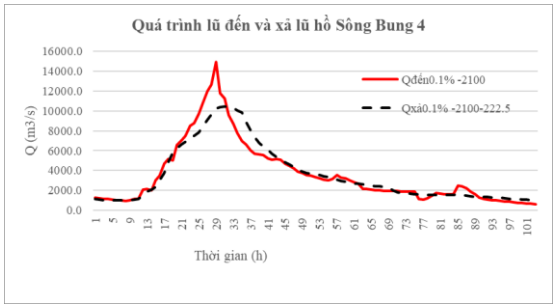
Bảng 3.47. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,1% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ TK khẩn cấp
Giữa thế kỉ	14351	10274	216,0	224,4	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*
	14351	10331	217,5	224,6	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*
	14351	10390	218,5	224,9	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*
	14351	10664	222,5	225,3	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	14963	10038	216,0	*226,0*	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*
	14963	10059	217,5	*226,3*	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*
	14963	10081	218,5	*226,5*	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*
	14963	10231	222,5	*227,2*	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ thiết kế tần suất 1% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông Bung 4 từ 14.351 đến 14.963 m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 216 đến 222,5m. Kết quả tính toán lưu lượng xả qua tràn khoảng 10.038 đến 10.664 m^3/s, mực nước hồ từ 224,4 đến 227,2m. Như vậy với giải thiết lưu lượng lũ thiết kế tần suất 1% kịch bản BĐKH và các mực nước đón lũ hồ sông Bung 4 đều phải chuyển sang vận hành ở chế độ xả lũ khẩn cấp.



Hình 3-114. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 4 – KB P=0,1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 216m



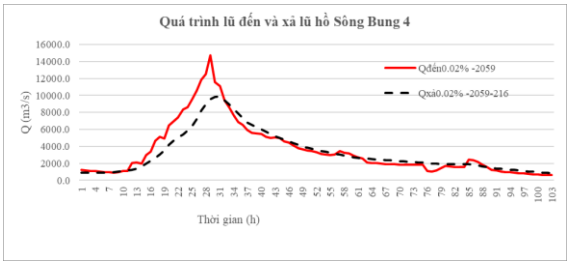
Hình 3-115. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 4 – KB P=0,1% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 222,5m

Bảng 3.48. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,02% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH

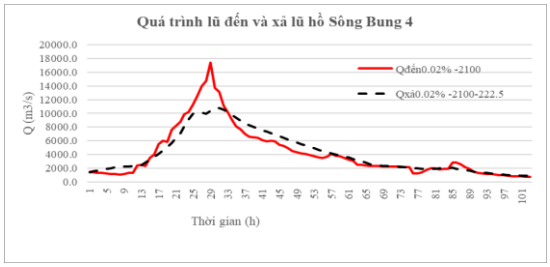
Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ KT khẩn cấp
Giữa thế kỉ	14.740,7	9897,5	216,0	226,5	222,5	
	14.740,7	10051,7	217,5	226,8	222,5	
	14.740,7	10091.6	218,5	227,0	222,5	
	14.740,7	10158,9	222,5	227,3	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ KT khẩn cấp
Cuối thế kỉ	17.430,4	10430,4	216,0	*227,8*	222,5	
	17.430,4	10526,2	217,5	*228,1*	222,5	
	17.430,4	10668,3	218,5	*228,5*	222,5	
	17.430,4	10836,5	222,5	*229,0*	222,5	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ kiểm tra tần suất 0,02% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông Bung 4 từ 14.740,7đến 17.430,4m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 216 đến 222,5m. Kết quả tính toán lưu lượng xả khẩn cấp qua tràn khoảng 9897,5 đến 10836,5m^3/s, mực nước hồ từ 226,5 đến 229,0m. Như vậy với giải thiết lưu lượng lũ kiểm tra tần suất 0,2% kịch bản BĐKH và mực nước đón lũ thấp hơn MNDBT 222,5m (quy trình vận hành) hồ sông Bung 4 đủ năng lực vận hành an toàn trong trường hợp xả lũ khẩn cấp. Trừ trường hợp lũ kiểm tra BĐKH cuối thế kỷ hồ đón lũ ở MNDBT có thể gây mất an toàn khi mực nước trong hồ ngang bằng với mực nước đỉnh đập 229m.



Hình 3-116. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 4 – KB P=0,02% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 216m



Hình 3-117. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ khẩn cấp hồ sông Bung 4 – KB P=0,02% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 222,5m

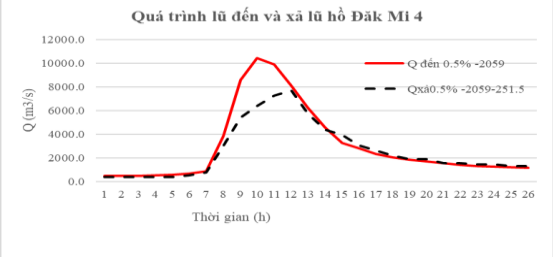
6. Kết quả đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp hồ Đăk Mi 4

Bảng 3.49. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH

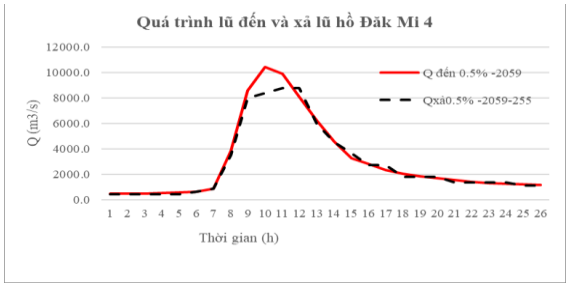
Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ TK khẩn cấp
Giữa thế kỉ	10424	7700	251.5	255.5	258	
	10424	8784	255	256.6	258	
	10424	9320	256	257.1	258	
	10424	10385	258	258.5	258	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	10673	7722	251.5	256.2	258	
	10673	8496	255	257.2	258	
	10673	8930	256	257.6	258	

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ TK khẩn cấp
	10673	9580	258	258.7	258	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ thiết kế tần suất 0,5% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ Đắk Mi 4 từ 10.424 đến 10.673m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 251,5 đến 258m. Kết quả tính toán lưu lượng xả khẩn cấp qua tràn khoảng 7700 đến 10.385m^3/s, mực nước hồ từ 255,5 đến 258,7m. Như vậy với giả thiết lưu lượng lũ thiết kế tần suất 0,5% kịch bản BĐKH và mực nước đón lũ thì hồ Đắk Mi 4 phải vận hành xả lũ khẩn cấp khi mực nước trước lũ của hồ ở mức 258m.



Hình 3-118. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ khẩn cấp hồ sông DăkMi 4 – KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 251,5m



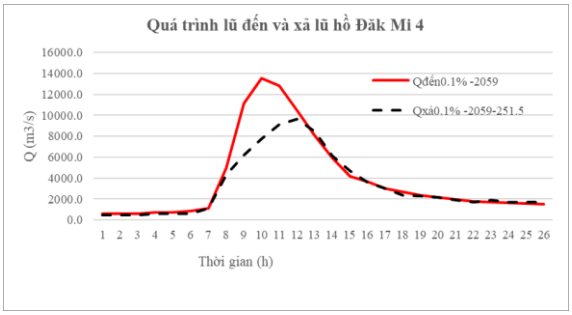
Hình 3-119. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ khẩn cấp hồ sông DăkMi 4 – KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 255m

Bảng 3.50. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH

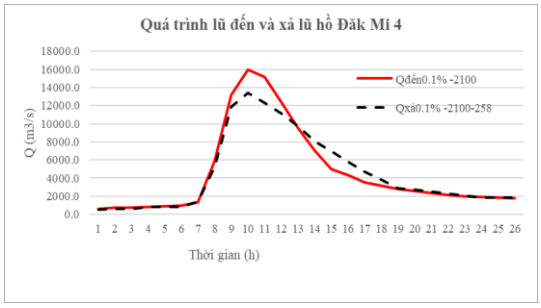
Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ KT khẩn cấp
Giữa thế kỉ	13512	9665	251,5	256,3	258	
	13512	10619	255,0	257,5	258	
	13512	11072	256,0	257,9	258	
	13512	11623	258,0	259,2	258	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	13834	10547	251,5	*256,8*	258	
	13834	11260	255,0	*257,8*	258	
	13834	11348	256,0	*258,4*	258	*Xả lũ khẩn cấp*
	13834	11590	258,0	*260,8*	258	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ kiểm tra tần suất 0,02% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông Đắk Mi 4 từ 13512 đến 13.834m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 251,5 đến 258m. Kết quả tính toán lưu lượng xả qua tràn khoảng 9665 đến 11623m^3/s, mực nước hồ từ 256,3 đến 260,8m. Như vậy với giải thiết lưu lượng lũ kiểm tra tần suất 0,2% kịch bản BĐKH và

các mực nước trước lũ thì ở giai đoạn giữa thế kỉ, mực nước trước lũ 258m, cuối thế kỉ mực nước trước lũ từ 256m trở lên hồ phải xả lũ khẩn cấp.



Hình 3-120. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ Đắk Mi 4– KB P=0,02% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 251,5m



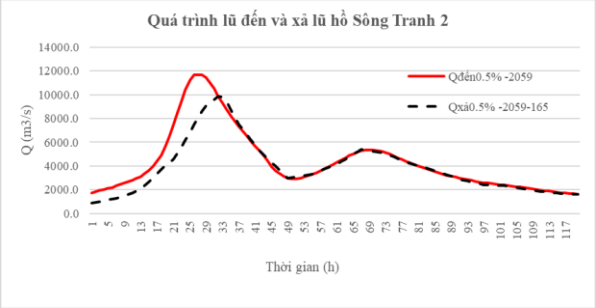
Hình 3-121. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ Đắk Mi 4– KB P=0,02% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 258m

7. Kết quả đánh giá khả năng xả lũ khẩn cấp hồ sông Tranh 2

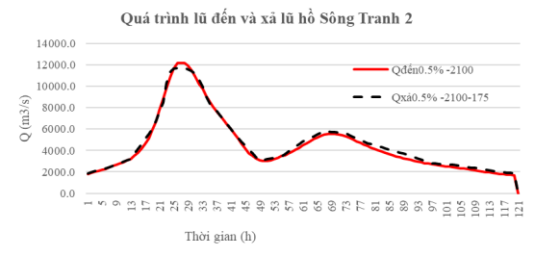
Bảng 3.51. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ TK khẩn cấp
Giữa thế kỉ	11683	9879	165,0	173,8	175	
	11683	10676	172,0	174,4	175	
	11683	10976	173,0	174,7	175	
	11683	11624	175,0	175,4	175	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	12162	10568	165,0	173,9	175	
	12162	11127	172,0	174,3	175	
	12162	11191	173,0	174,6	175	
	12162	11748	175,0	175,0	175	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ thiết kế tần suất 0,5% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông Tranh 2 từ 11.683 đến 12.162m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 165 đến 175m. Kết quả tính toán lưu lượng xả qua tràn khoảng 9879 đến 11748m^3/s, mực nước hồ từ 173,8 đến 175m. Như vậy với giả thiết lưu lượng lũ thiết kế tần suất 0,5% kịch bản BĐKH và các mực nước trước lũ như trên thì ở giai đoạn giữa thế kỉ và cuối thế kỉ khi mực nước trước lũ 175m hồ sông Tranh 2 phải chuyển sang chế độ vận hành xả lũ khẩn cấp thiết kế.



Hình 3-122. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ sông Tranh 2– KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 165m

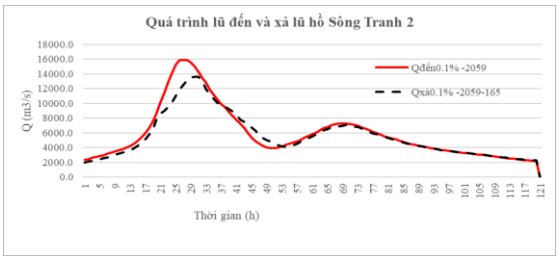


Hình 3-123. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ sông Tranh 2– KB P=0,5% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 175m

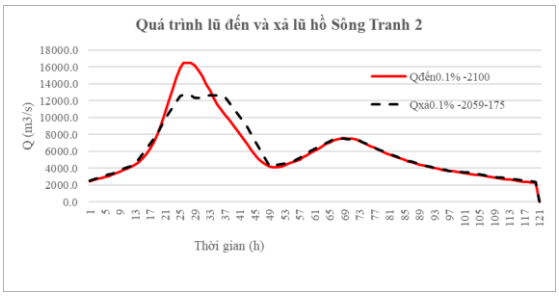
Bảng 3.52. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	MNDBT (m)	Khả năng xả lũ KT khẩn cấp
Giữa thế kỉ	15874	13637	165,0	176,4	175	*Xả lũ khẩn cấp*
	15874	13813	172,0	176,6	175	*Xả lũ khẩn cấp*
	15874	13850	173,0	176,8	175	*Xả lũ khẩn cấp*
	15874	14241	175,0	177,2	175	*Xả lũ khẩn cấp*
Cuối thế kỉ	16525	13082	165,0	177,6	175	*Xả lũ khẩn cấp*
	16525	12920	172,0	178,5	175	*Xả lũ khẩn cấp*
	16525	12887	173,0	178,8	175	*Xả lũ khẩn cấp*
	16525	12791	175,0	179,6	175	*Xả lũ khẩn cấp*

Lũ kiểm tra tần suất 0,02% với các kịch bản BĐKH giai đoạn giữa thế kỷ và giai đoạn cuối thế kỷ lưu lượng đến hồ sông sông Tranh 2 từ 15.874 đến 16.525m^3/s hồ đón lũ mực nước từ 165 đến 175m. Kết quả tính toán lưu lượng xả qua tràn khoảng 12791 đến 14241m^3/s, mực nước hồ từ 176,4 đến 179,6m. Như vậy với giả thiết lưu lượng lũ kiểm tra tần suất 0,2% kịch bản BĐKH và các mực nước trước lũ hồ sông Tranh 2 đều phải chuyển sang chế độ vận hành xả lũ khẩn cấp đảm bảo an toàn công trình.



Hình 3-124. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ sông Tranh 2– KB P=0,1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 165m



Hình 3-125. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ sông Tranh 2– KB P=0,1% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 175m

Kết quả nghiên cứu đã phân tích khả năng xả lũ khẩn cấp trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong điều kiện biến đổi khí hậu. Kết quả này là cơ sở khoa học để xây dựng quy trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn.

3.2.8. Phân tích, đánh giá nguy cơ vỡ đập các hồ thuỷ điện trên lưu vực sông vu gia thu bồn trong điều kiện biến đổi khí hậu

Phương pháp nghiên cứu tương tự như trong phần đáng giá nguy cơ vỡ đập các hồ thuỷ điện trong điều kiện bình thường. Trong điều kiện BĐKH từ các số liệu tính toán dòng chảy tới các lưu vực hồ thuỷ điện đã tính toán sử dụng bộ mô hình HEC-HMS tính điết lũ cho các hồ đã với các kịch bản lũ thiết kế và lũ kiểm tra xác định mực nước hồ. ***Trong trường hợp mực nước hồ lớn hơn cao trình đỉnh đập sẽ có nguy cơ xảy ra vỡ đập***.

Cao trình đỉnh đập các hồ, Mực nước cao nhất trước lũ của các hồ trong mùa lũ, Mực nước đón lũ thấp nhất của các hồ trong mùa lũ như đã nêu trong phần xả lũ khẩn cấp ở trên.

Tính toán đánh giá mực nước hồ với tất cả các mực nước đón lũ thấp nhất và mực nước cao nhất trước lũ của các hồ.

Riêng với hồ sông Côn 2 do không có mực nước Quy định trong quy trình vận hành nên tính toán với mực nước dâng bình thường Z=340m và mực nước Z=335m, thấp hơn mực nước dâng bình thường, cao hơn mực nước chết.

3.2.8.1. Tính toán đánh giá nguy cơ vỡ đập hồ A VƯƠNG

Bảng 3.53. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	6700	5419	370	377.2	383,4	Không
	6700	6218	376	378.2	383,4	Không
	6700	6385	377	378.5	383,4	Không
	6700	7013	380	381.0	383,4	Không
Cuối thế kỉ	6860	5650	370	378.8	383,4	Không
	6860	6102	376	379.7	383,4	Không
	6860	6200	377	380.0	383,4	Không
	6860	6829	380	381.2	383,4	Không

Bảng 3.54. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	8537	6684	370	379,2	383,4	Không
	8537	7169	376	379,9	383,4	Không
	8537	7258	377	380,1	383,4	Không
	8537	7630	380	380,8	383,4	Không
Cuối thế kỉ	8741	7046	370	381	383,4	Không
	8741	7319	376	381,4	383,4	Không
	8741	7361	377	381,6	383,4	Không
	8741	7630	380	382,8	383,4	Không

Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% và lũ kiểm tra P=0,1% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH với các mực nước trước lũ đã được ban hành trong Quy trình vận hành cho thấy mực nước hồ A Vương lớn nhất đạt 382,8m thấp hơn cao trình đỉnh đập 0,6m do đó không có nguy cơ xảy ra vỡ đập hồ A Vương trong điều kiện BĐKH.

3.2.8.2. Tính toán đánh giá nguy cơ vỡ đập hồ Sông Bung 4

Bảng 3.55. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,1% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	14351	10274	216,0	224,4	229,0	Không
	14351	10331	217,5	224,6	229,0	Không
	14351	10390	218,5	224,9	229,0	Không
	14351	10664	222,5	225,3	229,0	Không
Cuối thế kỉ	14963	10038	216,0	*226,0*	229,0	Không
	14963	10059	217,5	*226,3*	229,0	Không
	14963	10081	218,5	*226,5*	229,0	Không
	14963	10231	222,5	*227,2*	229,0	Không

Bảng 3.56. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,02% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	14.740,7	9897,5	216,0	226,5	*229,0*	Không
	14.740,7	10051,7	217,5	226,8	*229,0*	Không
	14.740,7	10091.6	218,5	227,0	*229,0*	Không
	14.740,7	10158,9	222,5	227,3	*229,0*	Không
Cuối thế kỉ	17.430,4	10430,4	216,0	*227,8*	*229,0*	Không
	17.430,4	10526,2	217,5	*228,1*	*229,0*	Không
	17.430,4	10668,3	218,5	*228,5*	*229,0*	Không
	17.430,4	10836,5	222,5	*229,0*	*229,0*	Có

Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,1% và lũ kiểm tra P=0,02% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH với các mực nước trước lũ đã được ban hành trong Quy trình vận hành cho thấy mực nước hồ sông Bung 4 lớn nhất đạt 229,0m với trương hợp lũ kiểm tra P=0,02% giai đoạn cuối thế kỉ, mực nước trước lũ 222,5m bằng cao trình đỉnh đập nên có nguy cơ xảy ra vỡ đập hồ sông Bung 4 trong điều kiện này.

3.2.8.3. Tính toán đánh giá nguy cơ vỡ đập hồ Sông Côn 2

Bảng 3.57. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỷ	2263.0	2005.9	335	344,5	346,7	Không
	2263.0	2056.5	340	345,6	346,7	Không
Cuối thế kỉ	2371.0	2128.1	335	*345,1*	346,7	Không
	2371.0	2156.4	340	*346,2*	346,7	Không

Bảng 3.58. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	2706	2422	335	345,2	346,7	Không
	2706	2448	340	345,6	346,7	Không
Cuối thế kỉ	2771	2511	335	345,4	346,7	Không
	2771	2540	340	346,5	346,7	Không

Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% và lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH với các mực nước trước lũ đã được ban hành trong Quy trình vận hành cho thấy mực nước hồ sông Côn 2 lớn nhất đạt 346,5m với trường hợp lũ kiểm tra P=0,2% giai đoạn cuối thế kỉ, mực nước trước lũ 340,0m thấp hơn cao trình đỉnh đập 0,2m nên không có nguy cơ xảy ra vỡ đập hồ sông Côn 2 trong điều kiện này.

3.2.8.4. Tính toán đánh giá nguy cơ vỡ đập hồ Sông Bung2

Bảng 3.59. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% hồ sông Bung 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	3839.0	3220.8	595,0	604,9	609,0	Không
	3839.0	3261.7	600,0	605,1	609,0	Không
	3839.0	3295.4	602,0	605,2	609,0	Không
	3839.0	3351.6	605,0	605,3	609,0	Không
Cuối thế kỉ	3931.0	3523.9	595,0	*605,2*	609,0	Không
	3931.0	3523.9	600,0	*605,4*	609,0	Không
	3931.0	3522.4	602,0	*605,5*	609,0	Không
	3931.0	3521.1	605,0	*605,9*	609,0	Không

Bảng 3.60. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Bung 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	5,393	4,999	595,0	606,0	609,0	Không
	5,393	5,000	600,0	606,0	609,0	Không
	5,393	5,000	602,0	606,0	609,0	Không
	5,393	5,003	605,0	606,0	609,0	Không
Cuối thế kỉ	5,521	5,059	595,0	*608,2*	609,0	Không
	5,521	5,061	600,0	*608,3*	609,0	Không
	5,521	5,064	602,0	*608,4*	609,0	Không
	5,521	5,070	605,0	*608,5*	609,0	Không

3.2.8.5. Tính toán đánh giá nguy cơ vỡ đập hồ ĐẮKMI 4

Bảng 3.61. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH

Hồ ĐẮKMI 4	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	10424	7700	251.5	255.5	262,0	Không
	10424	8784	255	256.6	262,0	Không
	10424	9320	256	257.1	262,0	Không
	10424	10385	258	258.5	262,0	Không
Cuối thế kỉ	10673	7722	251.5	256.2	262,0	Không
	10673	8496	255	257.2	262,0	Không
	10673	8930	256	257.6	262,0	Không
	10673	9580	258	258.7	262,0	Không

Bảng 3.62. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH

Hồ ĐẮKMI 4	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	13512	9665	251,5	256,3	262,0	Không
	13512	10619	255,0	257,5	262,0	Không
	13512	11072	256,0	257,9	262,0	Không
	13512	11623	258,0	259,2	262,0	Không
Cuối thế kỉ	13834	10547	251,5	*256,8*	262,0	Không
	13834	11260	255,0	*257,8*	262,0	Không
	13834	11348	256,0	*258,4*	262,0	Không
	13834	11590	258,0	*260,8*	262,0	Không

Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% và lũ kiểm tra P=0,1% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH với các mực nước trước lũ đã được ban hành trong Quy trình vận hành cho thấy mực nước hồ Đăk mi 4 lớn nhất đạt 260,8m với mực nước trước lũ 258,0m thấp hơn cao trình đỉnh đập 1,2m do đó không có nguy cơ xảy ra vỡ đập hồ A Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH.

3.2.8.6. Tính toán đánh giá nguy cơ vỡ đập hồ Sông Tranh 2

Bảng 3.63. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	11683	9879	165,0	173,8	178,0	Không
	11683	10676	172,0	174,4	178,0	Không
	11683	10976	173,0	174,7	178,0	Không
	11683	11624	175,0	175,4	178,0	Không
Cuối thế kỉ	12162	10568	165,0	173,9	178,0	Không
	12162	11127	172,0	174,3	178,0	Không
	12162	11191	173,0	174,6	178,0	Không
	12162	11748	175,0	175,0	178,0	Không

Bảng 3.64. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
Giữa thế kỉ	15874	13637	165,0	176,4	178,0	Không
	15874	13813	172,0	176,6	178,0	Không
	15874	13850	173,0	176,8	178,0	Không
	15874	14241	175,0	177,2	178,0	Không
Cuối thế kỉ	16525	13082	165,0	177,6	178,0	Không
	16525	12920	172,0	178,5	178,0	Có

Hồ	Qđến max (m^3/s)	Qxả max (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Cao trình đỉnh đập (m)	Khả năng vỡ đập
	16525	12887	173,0	178,8	178,0	Có
	16525	12791	175,0	179,6	178,0	Có

Kết quả tính toán cho thấy, trong điều kiện biến đổi khí hậu (BĐKH), hầu hết các hồ thủy điện vẫn đảm bảo an toàn khi xảy ra lũ thiết kế và lũ kiểm tra.

Tuy nhiên, riêng hồ Sông Tranh 2, với lũ kiểm tra tần suất 0,1% vào cuối thế kỷ, mực nước lớn nhất vượt cao trình đỉnh đập (176,6 m) ở ba trường hợp: 178,5 m; 178,8 m và 179,6 m.

Do vậy, nguy cơ vỡ đập Sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH là rất cao, cần xem xét điều chỉnh phương án vận hành và nâng cấp công trình.

Kết luận chương 3:

Chương 3 đã tập trung phân tích, đánh giá toàn diện các yếu tố khí tượng – thủy văn và đặc điểm hình thành lũ lớn, nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong cả điều kiện bình thường và điều kiện biến đổi khí hậu. Kết quả nghiên cứu đã xác định rõ các hình thế thời tiết gây mưa, cơ chế hình thành lũ, tác động của hệ thống hồ chứa đến chế độ dòng chảy và nguy cơ mất an toàn đập.

Trên cơ sở sử dụng mô hình khí hậu CMIP6 kết hợp hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy văn MIKE NAM, chương này đã mô phỏng dòng chảy và phân tích khả năng xảy ra lũ lớn, nguy cơ vỡ đập trong các kịch bản khí hậu tương lai.

Các kết quả thu được là cơ sở khoa học quan trọng, làm đầu vào cho các nghiên cứu mô phỏng thủy văn – thủy lực và đánh giá tác động lũ lụt chi tiết ở Chương 4.

CHƯƠNG 4: XÂY DỰNG CÁC PHƯƠNG ÁN ỨNG PHÓ KHẨN CẤP KHI XẢY RA LŨ LỚN VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

4.1. XÂY DỰNG CÁC KỊCH BẢN XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP NGUY CƠ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

Theo đề cương được phê duyệt, đề tài thực hiện tính toán với 24 kịch bản bao gồm các tình huống xả lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập trong điều kiện bình thường và dưới tác động của biến đổi khí hậu. Các kịch bản được xây dựng trong điều kiện vùng hạ lưu không có mưa, nhằm tập trung đánh giá rõ mức độ ngập lụt do hoạt động xả lũ và sự cố vỡ đập tại khu vực hạ du.

Ngoài biên xả lũ, vỡ đập từ các hồ chứa **(Biên trên)**, mô hình còn xem xét biên lưu lượng từ các nhánh sông nhập lưu và khu vực trung lưu **(Biên giữa)**, được tính toán tương ứng với tần suất mưa 10% tần suất này tương ứng với tần suất thiết kế của các hệ thống tiêu. Các biên này được mô phỏng bằng mô hình mưa – dòng chảy MIKE NAM, kế thừa và cập nhật từ kết quả Dự án "Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du" do Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia về Động lực học Sông Biển thực hiện năm 2018 theo đặt hàng của Bộ Nông nghiệp và PTNT, trong đó các lưu vực và thông số mô hình đã được điều chỉnh, cập nhật theo số liệu mới nhất.

Đối với các hồ bậc thang, hồ thủy lợi và thủy điện nhỏ trên các nhánh nhập lưu, do không có dung tích phòng lũ, nên không xét đến tác động điều tiết của các hồ này trong mô phỏng.

Biên hạ du **(Biên dưới)** được xác định tại các cửa sông thuộc khu vực dân cư và đô thị quan trọng, với mực thủy triều tương ứng tần suất 5%, nhằm đảm bảo điều kiện tiêu thoát lũ cho các công trình thủy lợi và vùng hạ du. Cụ thể 24 kịch bản được thể hiện tại **Bảng 4.1** sau đây:

Bảng 4.1. Các kịch bản mô phỏng của Đề tài

TT	Kịch bản mô phỏng	Tên kịch bản	Chi tiết
	1- Kịch bản xảy ra lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong trường hợp hạ du không có mưa		
1	Các hồ chứa trên nhánh sông Vu Gia xả lũ thiết kế, sông Thu Bồn xả lũ 1%	Kịch bản 01	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%

TT	Kịch bản mô phỏng	Tên kịch bản	Chi tiết
			- Hồ Sông Tranh 2 xả lũ 1% - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
2	Hồ Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế, các hồ trên nhánh sông Vu Gia xả lũ 1%	Kịch bản 02	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, Sông Bung 4, A Vương xả lũ 1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%. - Hồ Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
3	Tất cả các hồ trên lưu vực xả lũ thiết kế	Kịch bản 03	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1% - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
	2 - Kịch bản xả lũ vận hành trong trường hợp hạ du không có mưa		
4	Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 3.000m^3/s	Kịch bản 04	- Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
5	Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 5.000m^3/s	Kịch bản 05	- Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
6	Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 7.000m^3/s	Kịch bản 06	- Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
7	Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 10.000m^3/s	Kịch bản 07	- Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
	3 - Kịch bản xả lũ khẩn cấp khi có sự cố kẹt cửa van, trường hợp hạ du không có mưa		
8	Hồ A Vương bị kẹt cửa van	Kịch bản 08	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%;

TT	Kịch bản mô phỏng	Tên kịch bản	Chi tiết
			- Hồ A Vương xả lũ 0,5% kẹt cửa van; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
9	Hồ sông Bung 4 bị kẹt cửa van	Kịch bản 09	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1% - Hồ Sông Bung 4 xả lũ 0,1% kẹt cửa van; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
10	Hồ Đăk Mi 4 bị kẹt cửa van	Kịch bản 10	- Các hồ Sông Bung 2, A Vương, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1% ; - Hồ Đăk Mi 4 xả lũ 0,5% kẹt cửa van; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
11	Hồ sông Tranh 2 bị kẹt cửa van	Kịch bản 11	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%; - Hồ Sông Tranh 2 xả lũ 0,5% kẹt cửa van; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
12	Hồ sông Côn 2 bị kẹt cửa van	Kịch bản 12	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. - Hồ Sông Côn 2 xả lũ 1% kẹt cửa van; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
	4 - Kịch bản xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn		
13	Vỡ đồng thời đập A Vương và đập Sông Bung 4 ứng với lũ kiểm	Kịch bản 13	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%;

TT	Kịch bản mô phỏng	Tên kịch bản	Chi tiết
	tra, các đập còn lại xả lũ thiết kế		- Hồ Sông Bung 4, A Vương xảy ra vỡ đập tương ứng lũ kiểm tra; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
14	vỡ đồng thời đập A Vương và đập Đăk Mi 4 ứng với lũ kiểm tra, các đập còn lại xả lũ thiết kế	Kịch bản 14	- Các hồ, Sông Bung 2, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%. - Hồ Đăk Mi 4, A Vương xảy ra vỡ đập tương ứng lũ kiểm tra; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
15	Vỡ đồng thời đập Sông Bung 4 và đập Đăk Mi 4 ứng với lũ kiểm tra, các đập còn lại xả lũ thiết kế	Kịch bản 15	- Các hồ Sông Bung 2, A Vương, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%; - Hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 4 xảy ra vỡ đập tương ứng lũ kiểm tra; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
16	Vỡ đồng thời đập sông Tranh 2 và đập Sông Bung 4 ứng với lũ kiểm tra, các đập còn lại xả lũ thiết kế	Kịch bản 16	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương, xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%; - Hồ Sông Tranh 2, Sông Bung 4 xảy ra vỡ đập tương ứng lũ kiểm tra; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10%; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%.
	5 - Kịch bản xả lũ khẩn cấp trong điều kiện BĐKH		
17	Các hồ trên nhánh Vu Gia xả lũ thiết kế, nhánh Thu Bồn xả lũ 1%	Kịch bản 17	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%; - Hồ Sông Tranh 2 xả lũ 1%; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10% có xét đến biến đổi khí hậu; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%, có xét đến nước biển dâng.

TT	Kịch bản mô phỏng	Tên kịch bản	Chi tiết
18	Các hồ trên nhánh Thu Bồn xả lũ thiết kế, nhánh Vu Gia xả lũ 1%	Kịch bản 18	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương, Sông Bung 4, Sông Côn 2 xả lũ 1%; - Hồ Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 1%; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10% có xét đến biến đổi khí hậu; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%, có xét đến nước biển dâng.
19	Tất cả các hồ trên lưu vực xả lũ thiết kế khi không có mưa hạ du	Kịch bản 19	- Các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1%; - Hồ Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 1%; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10% có xét đến biến đổi khí hậu; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%, có xét đến nước biển dâng.
	6 - Kịch bản xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong điều kiện BĐKH		
20	Vỡ đập sông Tranh 2 với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH	Kịch bản 20	- Sông Tranh 2 vỡ đập với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10% có xét đến biến đổi khí hậu; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%, có xét đến nước biển dâng.
21	Vỡ đập sông Bung 4 với lũ thiết kế P=0,1% có ảnh hưởng BĐKH	Kịch bản 21	- Sông Bung 4 vỡ đập với lũ thiết kế P=0,1% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10% có xét đến biến đổi khí hậu; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%, có xét đến nước biển dâng.
22	Vỡ đập Đăk Mi 4 với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH	Kịch bản 22	- Đăk Mi 4 vỡ đập với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình;

TT	Kịch bản mô phỏng	Tên kịch bản	Chi tiết
			- Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10% có xét đến biến đổi khí hậu; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%, có xét đến nước biển dâng.
23	Vỡ đập A Vương với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH	Kịch bản 23	- A Vương vỡ đập với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ theo quy trình; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10% có xét đến biến đổi khí hậu; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%, có xét đến nước biển dâng.
24	Vỡ đập sông Bung 2 với lũ thiết kế P=1% có ảnh hưởng BĐKH	Kịch bản 24	- Sông Bung 2 vỡ đập với lũ thiết kế P=1% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ thiết kê theo quy trình; - Các nhánh sông nhập lưu sau các hồ chứa và lưu vực khu giữa tính với tần suất mưa 10% có xét đến biến đổi khí hậu; - Biên hạ lưu là thủy triều ứng với tần suất thiết kế 5%, có xét đến nước biển dâng.

Dưới đây đề tài trình bày các kết quả tính toán xả lũ, vỡ đập của các thuỷ điện lớn, các biên ngập lưu khu giữa và biên dưới theo đề cương đã được duyệt. Đây cũng là các **biên** của mô hình Mike Flood tính toán mô phỏng lũ.

4.1.1. Xây dựng các kịch bản xả lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia- Thu Bồn trong trường hợp hạ du không có mưa

Tần suất lũ thiết kế và lũ kiểm tra của các hồ chứa được xác định theo cấp công trình, mức độ nguy hiểm, quy mô và mục đích khai thác, căn cứ vào các quy chuẩn và tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam. Đối với các hồ chứa thủy điện, tần suất lũ đã được quy định cụ thể trong Quy trình vận hành hồ chứa. Trên cơ sở đó, đề tài tiến hành tính toán chế độ xả lũ tương ứng với các tần suất quy định, phục vụ mô phỏng và đánh giá tác động ngập lụt vùng hạ du.

KB1 - Các hồ chứa trên nhánh sông Vu Gia xả lũ thiết kế, sông Thu Bồn xả lũ 1%

KB2 - Hồ Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế, các hồ trên nhánh sông Vu Gia xả lũ 1%

KB3 - Tất cả các hồ trên lưu vực xả lũ thiết kế

Bảng 4.2. Tổ hợp các kịch bản điều tiết lũ

TT	Sông	Hồ chứa	Tần suất lũ		
			Kịch bản 01	Kịch bản 02	Kịch bản 03
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%	P = 1%	P = 0,5%
		Sông Bung 2	P = 0,5%	P = 1%	P = 0,5%
		Sông Bung 4	P =0,1%	P = 1%	P = 0,1%
		A Vương	P = 0,5%	P = 1%	P = 0,5%
		Sông Côn 2	P=1%	P=1%	P=1%
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=1%	P=0,5%	P=0,5%

Xây dựng quá trình lũ đến thiết kế theo các tần suất:

Trong điều kiện bình thường lưu lượng đỉnh lũ và đường quá trình lũ đã được tính toán tại **mục 3.1.3.1**ở trên.

4.1.1.3. Tính toán điều tiết các kịch bản xả lũ lớn

1. Cơ sở tính toán đường quá trình xả lũ:

Dùng mô hình HEC-HMS của Mỹ để tính toán điều tiết các hồ chứa.

2. Điều kiện đầu vào của các kịch bản

Các kịch bản xả lũ lớn được xác định điều kiện đầu vào gồm lưu lượng và đường quá trình lũ thiết kế đến hồ đã được xác định và mực nước trước lũ được quy định tại Điều 6 Quy định mực nước vận hành trong mùa lũ, chi tiết trong (Bảng 4.3). Mực nước cao nhất trước lũ các hồ trong mùa lũ giai đoạn từ 1/9-15/11 hàng năm. Cụ thể như sau:

Bảng 4.3. Tổng hợp điều kiện đầu vào của các kịch bản tính toán điều tiết

TT	Kịch bản	Tần suất lũ (%)	Lưu lượng đỉnh lũ Qmax (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)
1	***KB01: các hồ chứa trên nhánh sông Vu Gia xả lũ thiết kế, sông Thu Bồn xả lũ 1%***			
	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8.886	255
	Sông Bung 2	P = 0,5%	3.866	600
	Sông Bung 4	P =0,1%	12.234	217.5
	A Vương	P = 0,5%	5.712	376
	Sông Côn 2	P=1%	3.146	278
	Sông Tranh 2	P=1%	8.709	172
2	***Kịch bản 02: hồ Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế, các hồ trên nhánh sông Vu Gia xả lũ 1%***			
	Đăk Mi 4	P = 1%	8.168	255

TT	Kịch bản	Tần suất lũ (%)	Lưu lượng đỉnh lũ Qmax (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)
	Sông Bung 2	P = 1%	3.273	600
	Sông Bung 4	P = 1%	9.052	217.5
	A Vương	P = 1%	5.263	376
	Sông Côn 2	P=1%	3.146	278
	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.413	172
3	***Kịch bản 03: tất cả các hồ trên lưu vực xả lũ thiết kế***			
	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8.886	255
	Sông Bung 2	P = 0,5%	3.866	600
	Sông Bung 4	P = 0,1%	12.234	217.5
	A Vương	P = 0,5%	5.712	376
	Sông Côn 2	P=1%	3.146	278
	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.413	172

4. Kết quả tính toán điều tiết lũ

a) Kịch bản 01: các hồ chứa trên nhánh sông Vu Gia xả lũ thiết kế, sông Thu Bồn xả lũ 1%

Bảng 4.4. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 1

TT	Sông	Kịch bản 01			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8802	258,2
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Bung 4	P =0,1%	8758	228,11
		A Vương	P = 0,5%	5676	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	2.862,9	278
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=1%	9013,8	178,51

b) Kịch bản 02: hồ Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế, các hồ trên nhánh sông Vu Gia xả lũ 1%

Bảng 4.5. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch 2

TT	Sông	Kịch bản 02			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 1%	8351	258,2
		Sông Bung 2	P = 1%	2862,3	605,0
		Sông Bung 4	P = 1%	8641	228,11
		A Vương	P = 1%	4328	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	2.862,9	278,0
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	9.582	175,81

c) Kịch bản 03: tất cả các hồ trên lưu vực xả lũ thiết kế

Bảng 4.6. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 3

TT	Sông	Kịch bản 03			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8802	258,2
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Bung 4	P = 0,1%	8758	228,11
		A Vương	P = 0,5%	5676	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	1.337,7	278,0
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	9582	178,51

4.1.2. Xây dựng các kịch bản xả lũ vận hành các hồ chứa, trường hợp hạ du không có mưa

Trong thực tiễn ứng phó lũ tại địa phương, việc điều hành xả lũ theo lưu lượng qua các trạm Nông Sơn, Thành Mỹ và mực nước tại Câu Lâu, Ái Nghĩa diễn ra thường xuyên hằng năm. Trên cơ sở đề xuất từ tỉnh Quảng Nam (dự án 2018), báo cáo xây dựng các kịch bản vận hành hồ chứa ứng với lưu lượng xả lũ tại hai điểm khống chế: Nông Sơn (sông Vu Gia) và Thành Mỹ (sông Thu Bồn).

Nhóm các kịch bản xả lũ vận hành trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong trường hợp hạ du không có mưa (04 kịch bản) bao gồm:

KB4 - Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 3.000m^3/s

KB5 - Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 5.000m^3/s

KB6 - Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 7.000m^3/s

KB7 - Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 10.000m^3/s

Để xác định các năm điển hình ứng với lưu lượng khống chế tại hai trạm, xây dựng đường tần suất lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất hai trạm Nông Sơn và Thành Mỹ từ năm 1977-2022, xác định được các tần suất tương ứng với các cấp lưu lượng khống chế và năm điển hình tương ứng.

Bảng 4.7. Kết quả xác định tần suất lũ và năm điển hình tại trạm khống chế Nông Sơn, Thành Mỹ (KB4, KB5, KB6, KB7)

Nông Sơn				
Qmax	***P%***	***Năm điển hình***	***Qđh***	***Ghi chú***
3000	90	1978	3060	hoặc 2015 Q=3400
5000	68	2001	4990	
7000	36	2016	7150	
10000	6	1986	10100	hoặc năm 2017 Q=9790
Thành Mỹ				
Qmax	***P%***	***Năm điển hình***	***Qđh***	***Ghi chú***
3000	55	2001	3100	
5000	18	1999	4930	
7000	3,5	1998	7000	
10000	0,15	2009	7230	

Sau khi xác định được các cấp lưu lượng theo các tần suất và năm điển hình trạm Nông Sơn và Thành Mỹ, thu phóng đường quá trình lưu lượng theo con lũ điển hình. Đây là biên trên của mô hình lũ, khống chế tại 2 trạm Nông Sơn và Thành Mỹ.

KB4 - Nông Sơn , Thành Mỹ đều xả 3000 m^3/s

KB5 - Nông Sơn , Thành Mỹ đều xả 5000 m^3/s

KB6 - Nông Sơn , Thành Mỹ đều xả 7000 m^3/s

KB7 - Nông Sơn , Thành Mỹ đều xả 10.000 m^3/s

4.1.3. Xây dựng các kịch bản xả lũ khẩn cấp khi có sự cố kẹt cửa van(5 kịch bản)

Trong quá trình vận hành hồ chứa, sự cố kẹt một hoặc nhiều cửa van xả lũ có thể xảy ra, ảnh hưởng đến khả năng điều tiết lũ. Để chủ động ứng phó, đề tài xây dựng các kịch bản xả lũ khẩn cấp của các hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong điều kiện xảy ra sự cố kẹt cửa van:

KB8 - Kịch bản xả lũ khi hồ A Vương bị kẹt cửa van ứng với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế

KB9 - Kịch bản xả lũ hồ sông Bung 4 bị kẹt cửa van ứng với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế

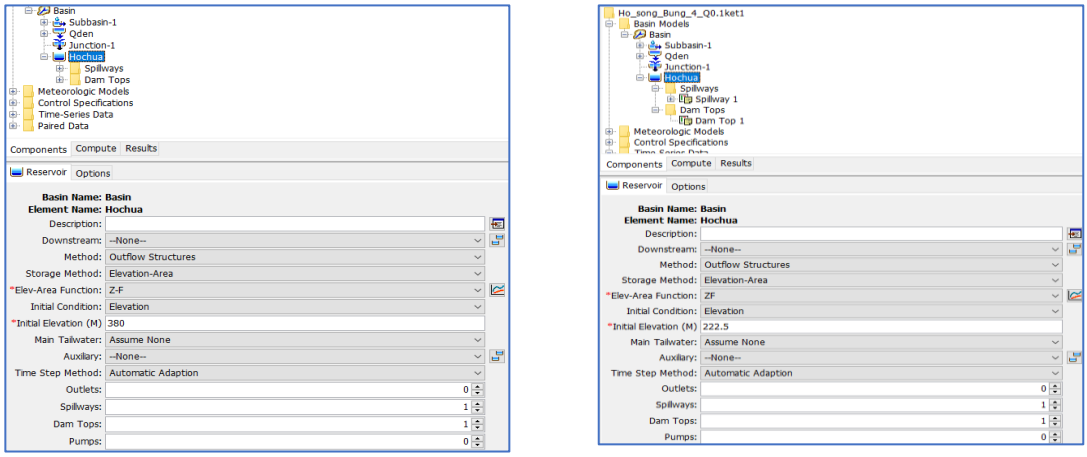
KB10- Kịch bản xả lũ hồ Đăk Mi 4 bị kẹt cửa van ứng với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế

KB11- Kịch bản xả lũ hồ sông Tranh 2 bị kẹt cửa van ứng với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế

KB12 - Kịch bản xả lũ hồ sông Côn 2 bị kẹt cửa van ứng với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế

4.1.3.1. Tính toán điều tiết lũ trong trường hợp kẹt cửa van

Phương pháp sử dụng là phương pháp mô hình toán, dùng HEC-HMS để tính toán điều tiết lũ các hồ theo kịch bản lũ thiết kế trong trường hợp xảy ra sự cố kẹt cửa van gồm: hồ A Vương, sông Bung 4, Đăk mi 4, sông Tranh 2 và Sông Côn 2.



Hình 4-1. Thiết lập tràn xả lũ, đập và thông số hồ chứa thuỷ điện lớn

4.1.3.2. Điều kiện đầu vào của các kịch bản

1. Xác định các tình huống kẹt cửa van

Trong quá trình vận hành, sự cố kẹt cửa van có thể làm giảm lưu lượng xả, khiến mực nước hồ dâng vượt cao trình đỉnh đập và tiềm ẩn nguy cơ vỡ đập. Đề tài xem xét các tình huống điều tiết lũ khi xảy ra kẹt cửa van, với số lượng cửa bị kẹt được giả định ở mức **bất lợi nhất mà hồ vẫn an toàn**, trước khi nước có thể tràn qua đỉnh đập có nguy cơ vỡ đập. Kịch bản này được lựa chọn để tính toán ngập lụt hạ du trong điều kiện nguy hiểm nhất.

Bảng 4.8. Theo thông số thiết kế của và số cửa van bị kẹt của các hồ

TT	***Kịch bản***	***Số lượng cửa van***
1	A Vương	3
2	Sông Bung 4	6
3	Đăk Mi 4	5
4	Sông Tranh 2	6
5	Sông Côn 2 bậc 2	4

2. Điều kiện về lưu lượng lũ thiết kế và mực nước trước lũ

Tính toán điều tiết lũ với tình huống kẹt cửa van với lũ thiết kế và mực nước trước lũ các hồ như sau:

Bảng 4.9. Điều kiện về lưu lượng lũ thiết kế và mực nước trước lũ

TT	***Kịch bản***	***Tần suất lũ (%)***	***Lưu lượng đỉnh lũ Qmax (m^3/s)***	***Mực nước trước lũ (m)***
1	Lũ đến khi hồ A Vương bị kẹt cửa van			
	A Vương	P = 0,5%	5.720	380
2	*Lũ đến khi hồ sông Bung 4 kẹt cửa van*			
	Sông Bung 4	P = 0,1%	12.008	222,5
3	*Kịch bản : hồ Đăk Mi 4 kẹt cửa van*			
	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8.840	258
4	*Lũ đến khi hồ sông Tranh 2 kẹt cửa van*			
	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.300	175
5	*Lũ đến khi hồ sông Côn 2 bậc2 kẹt cửa van*			
	Sông Côn 2	P= 1%	3393,4	605

4.1.3.3. Kết quả tính toán điều tiết lũ các hồ khi có sự cố kẹt cửa van

Khi hạ du không có mưa, hồ tích đầy đến mực nước trước lũ được quy định tại Điều 6 Quy định mực nước vận hành trong mùa lũ trong Quy trình vận hành số 1865/QĐ-TTg. Mực nước cao nhất trước lũ các hồ trong mùa lũ giai đoạn từ 1/9-15/11 hàng năm, các hồ xả lũ khẩn cấp với lũ thiết kế, các hồ bị sự cố kẹt cửa van.

1. Kịch bản điều tiết lũ hồ A Vương bị kẹt cửa van

a. Kết quả tính toán các trường hợp kẹt cửa van hồ A Vương

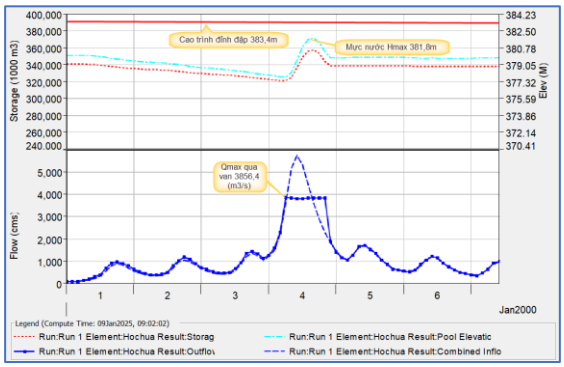
Bảng 4.10. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ A Vương bị kẹt cửa van

TT	**Tần suất**	**Số cửa van kẹt**	**Qxả max (m^3/s)**	**Z hồ max (m)**	**Ghi chú**
1	0,5%	1	3856,4	381,8	Z hồ vượt MNDBT 1,8m và thấp hơn cao trình đỉnh đập 1,6m
2	0,5%	2	3147.6 *(2392,3 m^3/s qua cửa van và 755,3 m^3/s tràn đỉnh đập)*	386,1m	Z hồ vượt MNDBT 6,1m và vượt cao trình đỉnh đập 2,7m

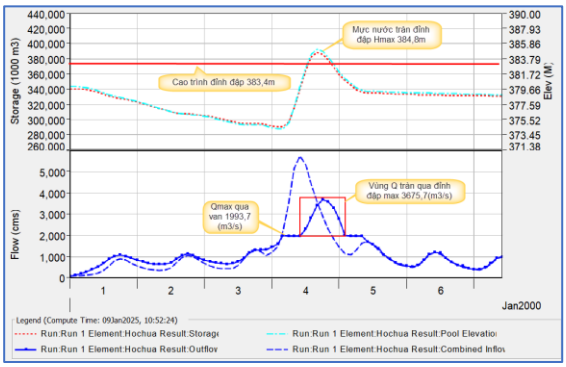
b. Điều tiết hồ A Vương khi kẹt cửa van

Giả thiết hồ A Vương kẹt một cửa van xả lũ, hồ vận hành hai cửa còn lại, hạ mực nước từ MNDBT 380 m xuống 377,8 m để tăng dung tích đón lũ. Khi lũ thiết kế P = 0,5% (đỉnh lũ 5.720 m³/s) đến hồ, lưu lượng xả tối đa đạt 3.856,4 m³/s, mực nước lớn nhất 383,4 m – thấp hơn đỉnh đập 1,6 m và cao hơn MNDBT 1,8 m. Hồ cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn.

Khi kẹt hai cửa van, hồ chỉ vận hành một cửa còn lại, hạ mực nước từ 380m xuống 374,2 m. Khi lũ thiết kế P = 0,5% đến hồ, lưu lượng xả tối đa đạt 1.993,7 m³/s, mực nước lớn nhất 384,8 m – cao hơn đỉnh đập (383,4 m) 1,4 m và MNDBT 4,8 m, lưu lượng tràn lớn nhất 3.678,7 m³/s. Trong kịch bản này, hồ có nguy cơ vỡ đập, cần chủ động xả lũ sớm để bảo đảm an toàn công trình.



Kẹt 1 cửa



Kẹt 2 cửa

Hình 4-2. Đường quá trình điều tết hồ A Vương lũ thiết kế 0,5% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van

Trường hợp nguy hiểm nhất là kẹt 1 của van chúng tôi chọn KB này tính toán xả lũ **: KB8**

Bảng 4.11. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 8

TT	Sông	Kịch bản 8			
		Hồ chứa	**Tần suất lũ lũ TK**	**Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m³/s)**	**Mực nước hồ lớn nhất (m)**
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8802	258,2
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Bung 4	P =0,1%	8758	228,11
		A Vương	P = 0,5%, kẹt 1 cửa van	3856,4	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	2862,9	278
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	9.582	178,51

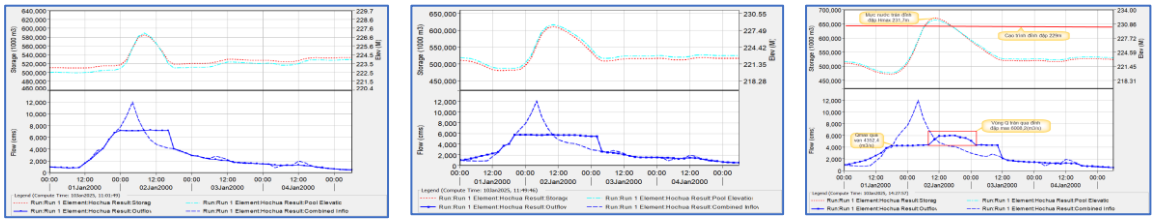
2. Kịch bản điều tiết lũ hồ sông Bung 4 bị kẹt cửa van

a. Kết quả tính toán các trường hợp kẹt cửa van hồ sông Bung 4

Bảng 4.12. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ sông Bung 4 bị kẹt cửa van

TT	Tần suất	Số cửa van kẹt	Qxả max (m^3/s)	Z hồ max (m)	Ghi chú
1	0,1%	1	7259	227	Z hồ vượt MNDBT 4,5m và thấp hơn cao trình đỉnh đập 2m
2	0,1%	2	5777.2	228.5	Z hồ vượt MNDBT 6m và thấp hơn cao trình đỉnh đập 0,5m
3	0,1%	3	6008,2 *(4352,4m3/s qua cửa van và 1655,8m3/s tràn đỉnh đập)*	231,7	Z hồ vượt MNDBT 9,2m và vượt cao trình đỉnh đập 2,7m

b. Điều tiết hồ sông Bung 4 khi kẹt cửa van



Kẹt 1 cửa **Kẹt 2 cửa** **Kẹt 3 cửa**

Hình 4-3. Đường quá trình điều tết hồ sông Bung 4 lũ thiết kế 0,1% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van

Giả thiết hồ Sông Bung 4 kẹt một cửa van xả lũ, hồ vận hành các cửa còn lại, duy trì mực nước ở MNDBT 222,5 m. Khi lũ thiết kế P = 0,1% (đỉnh lũ 12.234 m^3/s) đến hồ, lưu lượng xả tối đa đạt 7.259 m^3/s, mực nước lớn nhất 227,0 m – thấp hơn đỉnh đập 2,0 m và cao hơn MNDBT 4,5 m. Hồ cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn.

Khi kẹt hai cửa van, hồ hạ mực nước từ 222,5 m xuống 220,6 m để tăng dung tích đón lũ. Lưu lượng xả tối đa đạt 5.777,2 m^3/s, mực nước lớn nhất 228,5 m – thấp hơn đỉnh đập 0,5 m và cao hơn MNDBT 6,0 m. Trường hợp này cũng cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn công trình.

Giả thiết kẹt ba cửa van, hồ chỉ vận hành một cửa còn lại, hạ mực nước từ 222,5 m xuống 220,0 m. Khi lũ thiết kế P = 0,1% đến hồ, lưu lượng xả tối đa đạt 4.325,4 m^3/s, mực nước lớn nhất 231,7 m – cao hơn đỉnh đập (229,0 m) 2,7

m và MNDBT 9,2 m, lưu lượng tràn lớn nhất 6.008,2 m³/s. Trong kịch bản này, hồ có nguy cơ vỡ đập và cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn công trình.

Trường hợp nguy hiểm nhất là kẹt 2 của van chúng tôi chọn KB này tính toán xả lũ **: KB9**

Bảng 4.13. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 9

TT	Sông	Kịch bản 9			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8802	258,2
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Bung 4	P = 0,1%, kẹt 2 cửa van	5777,2	228,5
		A Vương	P = 0,5%	5676	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	2.862,9	278,0
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	9.582	178.51

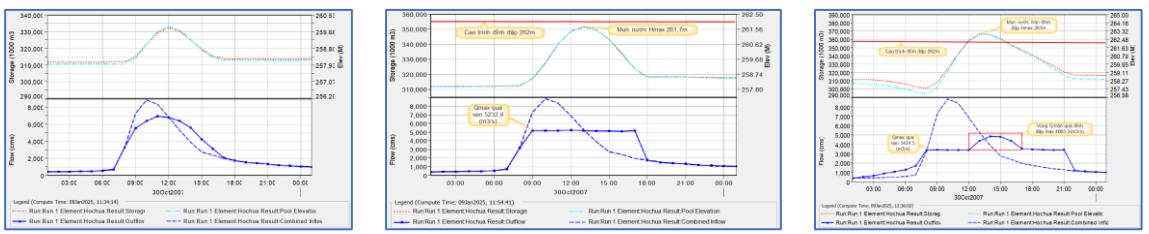
3. Kịch bản điều tiết lũ hồ Đắk Mi 4 bị kẹt cửa van

a. Kết quả tính toán các trường hợp kẹt cửa van hồ Đắk Mi 4

Bảng 4.14. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ Đắk Mi 4 bị kẹt cửa van

TT	Tần suất	Số cửa van kẹt	Qxả max (m^3/s)	Z hồ max (m)	Ghi chú
1	0,5%	1	6948,3	259,9	Z hồ vượt MNDBT 1,9m và thấp hơn cao trình đỉnh đập 2,1m
2	0,5%	2	5232,6	261,7	Z hồ vượt MNDBT 3,7m và thấp hơn cao trình đỉnh đập 0,3m
3	0,5%	3	4865,03 *(3424,5 m^3/s qua cửa van và 1440,8m^3/s tràn đỉnh đập)*	263	Z hồ vượt MNDBT 5m và cao hơn cao trình đỉnh đập 1m

b. Điều tiết hồ Đắk Mi 4 khi kẹt cửa van



Kẹt 1 cửa **Kẹt 2 cửa** **Kẹt 3 cửa**

Hình 4-4. Đường quá trình điều tiết hồ Đắk Mi 4 lũ thiết kế 0,5% đến hồ và xảy ra

sự cố kẹt cửa van

Giả thiết hồ Đắk Mi 4 kẹt một cửa van xả lũ, hồ vận hành bốn cửa còn lại để duy trì mực nước ở MNDBT 258 m. Khi lũ thiết kế P = 0,5% (đỉnh lũ 8.886 m³/s) đến hồ, lưu lượng xả tối đa đạt 6.948,3 m³/s, mực nước lớn nhất 259,9 m – thấp hơn đỉnh đập (262 m) 2,1 m và cao hơn MNDBT 1,9 m. Hồ vận hành an toàn trong trường hợp này.

Khi kẹt hai cửa van, hồ vận hành ba cửa, lưu lượng xả tối đa đạt 5.232,6 m³/s, mực nước lớn nhất 261,7 m – thấp hơn đỉnh đập 0,3 m và cao hơn MNDBT 3,7 m. Trường hợp này cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn công trình.

Giả thiết kẹt ba cửa van, hồ chỉ vận hành hai cửa còn lại, hạ mực nước từ MNDBT 258 m xuống 256,9 m để tăng dung tích đón lũ. Khi lũ thiết kế P = 0,5% đến hồ, lưu lượng xả tối đa đạt 3.424,5 m³/s, mực nước lớn nhất 263,0 m – cao hơn đỉnh đập 1,0 m và MNDBT 5,0 m, lưu lượng tràn lớn nhất 4.865,0 m³/s. Trong kịch bản này, hồ có nguy cơ vỡ đập và cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn công trình.

Trường hợp nguy hiểm nhất là kẹt 2 cửa van chúng tôi chọn KB này tính toán xả lũ **: KB10**

Bảng 4.15. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 10

TT	Sông	Kịch bản 10			
		Hồ chứa	**Tần suất lũ**	**Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)**	**Mực nước hồ lớn nhất (m)**
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%, kẹt 2 cửa van	5232,6	261,7
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Bung 4	P = 0,1%	8758	228,11
		A Vương	P = 0,5%	5676	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	2862,9	278,0
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	9.528	178,51

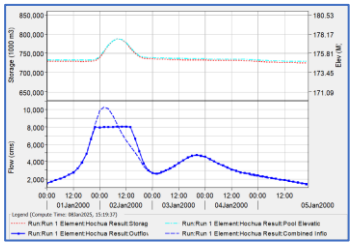
4. Kịch bản điều tiết lũ hồ sông Tranh 2 bị kẹt cửa van

a. Kết quả tính toán các trường hợp kẹt cửa van hồ sông Tranh 2

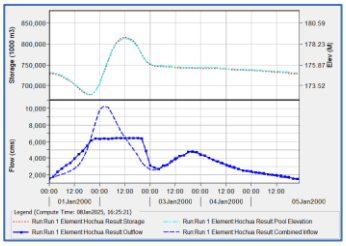
Bảng 4.16. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ sông Tranh 2 bị kẹt cửa van

TT	Tần suất	Số cửa van kẹt	Qxả max (m^3/s)	Z hồ max (m)	Ghi chú
1	0,5%	1	8066,9	177,0	Z hồ vượt MNDBT 2,6m và thấp hơn cao trình đỉnh đập 2,4m.
2	0,5%	2	6460,5	178,9	Z hồ vượt MNDBT 3,9m và thấp hơn cao trình đỉnh đập 1,1m.
3	0,5%	3	5969,4 *(trong đó 4787,5m^3/s qua cửa van, 1181,9 m^3/s tràn qua đỉnh đập)*	182,3	Z hồ vượt MNDBT 7,3m và cao hơn cao trình đỉnh đập 2,3m.

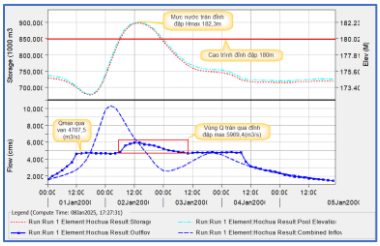
b. Điều tiết hồ sông Tranh 2 khi kẹt cửa van



Kẹt 1 cửa



Kẹt 2 cửa



Kẹt 3 cửa

Hình 4-5. Đường quá trình điều tết hồ sông Tranh 2 lũ thiết kế 0,5% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van

Giả thiết hồ Sông Tranh 2 kẹt một cửa van xả lũ, hồ vận hành các cửa còn lại để duy trì mực nước ở MNDBT 175 m. Khi lũ thiết kế P = 0,5% (đỉnh lũ 9.582m^3/s) đến hồ, lưu lượng xả tối đa đạt 8.066,9 m^3/s, mực nước lớn nhất 177,6 m – thấp hơn đỉnh đập 2,4 m và cao hơn MNDBT 2,6 m. Hồ cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn.

Khi kẹt hai cửa van, hồ hạ mực nước từ 175 m xuống 172,5 m để tăng dung tích đón lũ. Lưu lượng xả tối đa đạt 6.460,5 m^3/s, mực nước lớn nhất 178,9 m – thấp hơn đỉnh đập 1,1 m và cao hơn MNDBT 3,9 m. Trường hợp này cũng cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn công trình.

Giả thiết kẹt ba cửa van, hồ chỉ vận hành hai cửa còn lại, hạ mực nước từ 175,0 m xuống 172,4 m. Khi lũ thiết kế P = 0,5% đến hồ, lưu lượng xả tối đa 4.787,5 m^3/s; hồ đầy và bắt đầu tràn qua đỉnh đập (180,0 m), mực nước lớn nhất đạt 182,3 m – cao hơn đỉnh đập 2,3 m và MNDBT 7,3 m, lưu lượng tràn lớn nhất 5.969,4 m^3/s. Trong kịch bản này, hồ có nguy cơ mất an toàn và cần xả lũ sớm để giảm rủi ro vỡ đập.

Trường hợp nguy hiểm nhất là kẹt 2 của van chúng tôi chọn KB này tính toán xả lũ **: KB11**

Bảng 4.17. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 11

TT	Sông	Kịch bản 11			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8802	258,2
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Bung 4	P = 0,1%	8758	228,11
		A Vương	P = 0,5%	5676	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	2.862,9	281,9
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%, kẹt 2 cửa van	6460,5	178,9

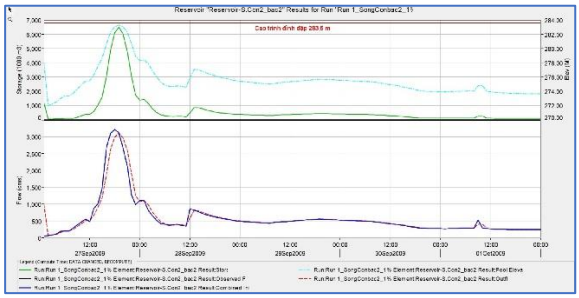
5. Kịch bản điều tiết lũ hồ sông Côn 2

a. Kết quả tính toán các trường hợp kẹt cửa van hồ sông Côn 2 bậc 2

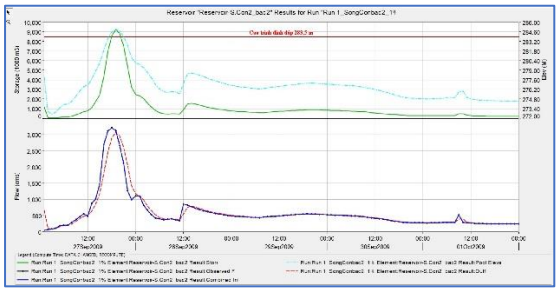
Bảng 4.18. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ sông Côn 2 bị kẹt cửa van

TT	Tần suất	Số cửa van kẹt	Qxả max (m^3/s)	Z hồ max (m)	Ghi chú
1	1%	1	3036,89	283,14	Z hồ vượt MNDBT 5,14 m và thấp hơn cao trình đỉnh đập 0,36 m.
2	1%	2	2995,68	284,81	Z hồ vượt MNDBT 6,81 m và cao hơn cao trình đỉnh đập 1,31 m.

b. Điều tiết hồ sông Côn 2 bậc 2 khi kẹt cửa van



Kẹt 1 cửa



Kẹt 2 cửa

Hình 4-6. Đường quá trình điều tết hồ sông Bung 2 lũ thiết kế 1% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van

Giả thiết hồ Sông Côn 2 bậc 2 kẹt một cửa van xả lũ, hồ vận hành 1 cửa còn lại, và 4 cửa van lật, lúc đó mở hết và tràn tự do, MNDBT 278 m. Khi lũ

thiết kế P = 1% (đỉnh lũ 3136 m³/s) đến hồ, lưu lượng xả tối đa qua tràn đạt 3036,89 m³/s, mực nước lớn nhất 283,14 m – thấp hơn đỉnh đập 0,36 m và cao hơn MNDBT 5,14 m. Hồ cần xả lũ sớm để bảo đảm an toàn công trình.

Khi kẹt hai cửa van, hồ chỉ vận hành hai cửa còn lại, và 4 cửa van lật, lúc đó mở hết và tràn tự do, MNDBT 278 m. Khi lũ thiết kế P = 1% đến hồ, mực nước lớn nhất đạt 284,81 m – cao hơn đỉnh đập 1,31 m và MNDBT 6,81 m, lưu lượng tràn qua tràn tự do và cửa van đạt 2995,68 m³/s. Trong kịch bản này, hồ có nguy cơ vỡ đập và cần chủ động xả lũ sớm để bảo đảm an toàn công trình.

Trường hợp nguy hiểm nhất là kẹt 1 của van chúng tôi chọn KB này tính toán xả lũ **: KB12**

Bảng 4.19. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 12

TT	Sông	Kịch bản 12			
		Hồ chứa	**Tần suất lũ**	**Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)**	**Mực nước hồ lớn nhất (m)**
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8802	258,2
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Bung 4	P = 0,1%	8758	228,11
		A Vương	P = 0,5%	5676	380,25
		Sông Côn 2	P=1%, kẹt 1 cửa van	3036,89	283,14
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	7150,98	175,77

Lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn có hệ thống bậc thang nhiều hồ chứa trên cùng một nhánh sông, do đó việc điều tiết phối hợp giữa các hồ giữ vai trò đặc biệt quan trọng nhằm đảm bảo an toàn công trình và giảm lũ cho hạ du. Hiện nay, các hồ trên lưu vực được vận hành theo Quy trình vận hành liên hồ chứa do Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1865/QĐ-TTg ngày 23/12/2019, cùng với các quy trình vận hành riêng của từng hồ như Sông Bung 4, Sông Bung 2, Sông Tranh, A Vương,… Trong điều kiện bình thường, các hồ tuân thủ nghiêm quy trình này; tuy nhiên, khi xảy ra lũ lớn, lũ vượt tần suất thiết kế hoặc chịu tác động của biến đổi khí hậu, quá trình lũ đến hồ có thể thay đổi khiến việc vận hành theo quy trình khó đảm bảo. Vì vậy, cần xem xét các kịch bản xả lũ khẩn cấp được dự báo trước, đồng thời đánh giá cả khả năng xảy

ra sự cố nghiêm trọng như vỡ đập để chủ động trong công tác phòng, chống thiên tai.

4.1.4. Xây dựng các kịch bản xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn (4 kịch bản)

Lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn có diện tích rộng lớn, gồm hai nhánh sông tương đối độc lập, chịu ảnh hưởng của hai vùng mưa khác nhau. Do đó, khả năng xảy ra sự cố vỡ đập đồng thời tại các hồ chứa là hoàn toàn có thể. Các tổ hợp kịch bản vỡ đập được xem xét như sau:

Tổ hợp 2 hồ chứa cùng vỡ đập:

- 02 hồ trên nhánh sông Vu Gia cùng vỡ khi có lũ kiểm tra

KB 13: Kịch bản vỡ đồng thời đập A Vương và đập Sông Bung 4

KB14: Kịch bản vỡ đồng thời đập A Vương và đập Đăk Mi 4

KB 15: Kịch bản vỡ đồng thời đập Sông Bung 4 và đập Đăk Mi 4

- 01 hồ trên nhánh sông Vu Gia và 01 hồ trên nhánh Thu Bồn cùng vỡ khi có lũ kiểm tra

KB 16: Vỡ đập sông Tranh 2 và đập Sông Bung 4

Các hồ chứa còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình vận hành.

Trong báo cáo sẽ tính toán quá trình lũ do vỡ đập bằng mô hình HEC-HMS. Trình tự các bước tiến hành theo cơ sở khoa học đã nêu tại chương 2:

- *Tính toán các thông số vết vỡ*
- *Mô phỏng vết vỡ bằng các công cụ mô hình*

1. Xây dựng mô hình vỡ đập hồ A Vương

a) Tài liệu sử dụng

Tài liệu sử dụng bao gồm: Lưu lượng thiết kế dòng chảy đến hồ A Vương; Đặc tính công trình: mực nước, dung tích hồ, quan hệ Z-V, Z-F…

- Tài liệu thông tin công trình đập: cao trình đỉnh đập, chiều dài, kích thước đập;

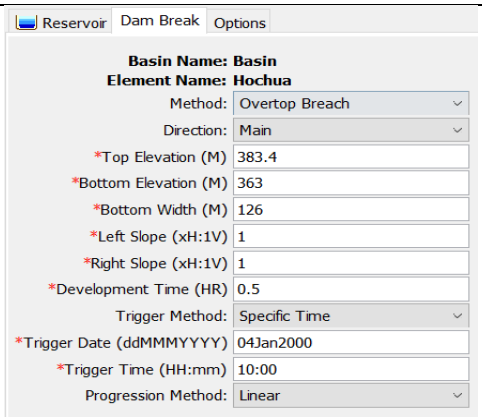
- Tài liệu thông tin công trình xả: Số lượng kích thước cửa van, lưu lượng thiết kế cửa van, cao trình ngưỡng tràn…

b) Thiết lập mô hình: Thiết lập mạng lưới; Thiết lập dòng chảy đến hồ; Thiết lập hồ chứa; Tính toán thiết lập thông số vỡ đập

Dùng công thức Froehlich (2008) dựa vào dữ liệu thực tế của nhiều trường hợp vỡ đập để xác định các ra mối quan hệ của hình dạng vết vỡ, thời gian vỡ đập thông qua mối tương quan với dung tích hồ tại thời điểm vỡ đập, chiều cao của vết vỡ và hệ số mái dốc bên.

Với các thông số đầu vào ở trên, kết hợp với số liệu về quan hệ W~H của hồ chứa, các thông số vết vỡ được tính toán và cho ở bảng sau:

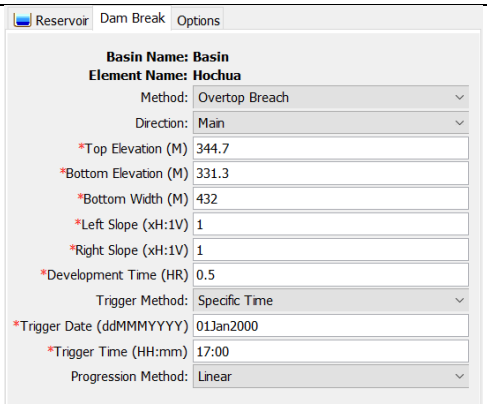
Bảng 4.20. Tính toán các thông số vết vỡ hồ A Vương

Thông số	Kích thước	Thông số vỡ đập
B(m)	126	
Tf(s)	0.5	
$Q_p(m^3/s)$	32078	

Các hồ còn lại tính toán thiết lập tương tự như hồ A Vương sau đây là các kết quả:

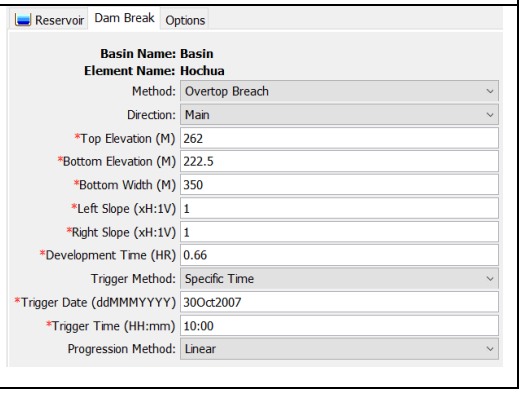
2. Xây dựng mô hình vỡ đập hồ sông Bung 4

Bảng 4.21. Tính toán các thông số vết vỡ hồ sông Bung 4

Thông số	Kích thước	Thông số vỡ đập
B(m)	432	
Tf(s)	0.5	
$Q_p(m^3/s)$	70144	

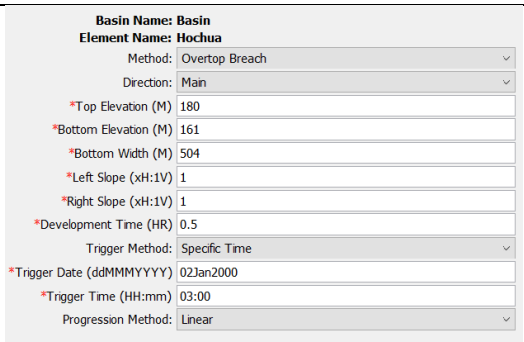
3. Xây dựng mô hình vỡ đập hồ Đắk Mi 4

Bảng 4.22. Tính toán các thông số vết vỡ hồ Đắk Mi 4

Thông số	Kích thước	Thông số vỡ đập
B(m)	350	
Tf(s)	0.5	
$Q_p(m^3/s)$	44091	

4. Xây dựng mô hình vỡ đập hồ sông Tranh 2

Bảng 4.23. Tính toán các thông số vết vỡ hồ sông Tranh 2

Thông số	Kích thước	Thông số vỡ đập
B(m)	504	
Tf(s)	0.5	
$Q_p(m^3/s)$	57220	

Các thông số của đập được nhập vào mô hình như sau:

4.1.4.3. Kết quả tính toán các kịch bản xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia- Thu Bồn

Kịch bản xảy ra vỡ đập: với các hồ xảy ra vỡ đập xác định lưu lượng vỡ đập khi hồ đầy đến mực nước dâng bình thường, các hồ còn lại vận hành xả lũ với lũ thiết kế.

1. Các kịch bản vỡ 2 đập trên nhánh sông Vu Gia:

a) Kịch bản vỡ đồng thời đập A Vương và đập Sông Bung 4 ứng với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế.

Bảng 4.24. Kết quả tính toán kịch bản vỡ đồng thời đập A Vương và đập Sông Bung 4 ứng với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế.

TT	Sông	Kịch bản 13			Mực nước hồ lớn nhất (m)
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, vỡ đập lớn nhất Qmax (m^3/s)	
1	Sông Vu Gia	Sông Bung 4	Lũ kiểm tra	79.925	Vỡ đập
		A Vương	Lũ kiểm tra	45.829	Vỡ đập

TT	Sông	Kịch bản 13			Mực nước hồ lớn nhất (m)
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, vỡ đập lớn nhất Qmax (m^3/s)	
		Đăk Mi 4	P = 0,5%	8802	258,2
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Côn 2	P=1%	2.862,9	281,9
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	9.528	178,51

b) Kịch bản vỡ đồng thời đập A Vương và đập Đăk Mi 4 với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế.

Bảng 4.25. Kết quả tính toán vỡ đồng thời đập A Vương và đập Đăk Mi 4 với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế.

TT	Sông	Kịch bản 14			Mực nước hồ lớn nhất (m)
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, vỡ đập lớn nhất Qmax (m^3/s)	
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	Lũ kiểm tra	51.568	Vỡ đập
		A Vương	Lũ kiểm tra	45.829	Vỡ đập
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		Sông Bung 4	P = 0,1%	8758	228,11
		Sông Côn 2	P=1%	2.862,9	281,9
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	9.528	178,51

c) Kịch bản vỡ đồng thời đập Sông Bung 4 và đập Đăk Mi 4 với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế.

Bảng 4.26. Kết quả tính toán kịch bản vỡ đồng thời đập Sông Bung 4 và đập Đăk Mi 4 với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế

TT	Sông	Kịch bản 15			Mực nước hồ lớn nhất (m)
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)	
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	Lũ kiểm tra	51.568	Vỡ đập
		Sông Bung 4	Lũ kiểm tra	79.925	Vỡ đập
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		A Vương	P = 0,5%	5676	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	2.862,9	281,9
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	9.528	178,51

2. Các kịch bản vỡ 2 đập trên 2 nhánh sông Vu Gia và Thu Bồn với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế.

Kịch bản vỡ đập sông Tranh 2 và 01 hồ chứa trên nhánh sông Vu Gia: chọn trường hợp bất lợi nhất hồ sông Bung 4 trên nhánh Vu Gia bị vỡ đồng thời với vỡ đập hồ sông Tranh 2.

Bảng 4.27. Kết quả tính toán kịch bản vỡ đồng thời đập Sông Bung 4 và đập Sông Tranh 2 với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế

TT	Sông	Kịch bản 16			Mực nước hồ lớn nhất (m)
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ lớn nhất Qmax (m^3/s)	
1	Sông Vu Gia	Sông Bung 4	Lũ kiểm tra	79.925	Vỡ đập
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	Lũ kiểm tra	72.229	Vỡ đập
3	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P = 0,5%	8802	258,2
		Sông Bung 2	P = 0,5%	3706	605,0
		A Vương	P = 0,5%	5676	380,25
		Sông Côn 2	P=1%	2.862,9	281,9

4.1.5. Xây dựng các kịch bản xả lũ khẩn cấp, lũ do vỡ đập trong điều kiện biến đổi khí hậu (08 kịch bản)

Trong điều kiện biến đổi khí hậu, lượng mưa trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn có xu hướng biến động mạnh, với khả năng xuất hiện thường xuyên hơn các trận mưa lớn, cường độ cao tương tự như tháng 12/2018. Khi đó, diễn biến lũ đến các hồ và hạ du sẽ khác biệt đáng kể so với điều kiện bình thường. Vì vậy, đề tài xem xét bổ sung các kịch bản vận hành khẩn cấp và vỡ đập trong điều kiện biến đổi khí hậu, bao gồm:

Kịch bản xả lũ khẩn cấp:

Tất cả các hồ trên một nhánh sông xả lũ theo lũ thiết kế, nhánh còn lại xả lũ với tần suất 1%: *02 kịch bản (KB17, KB18)*;

Tất cả các hồ trên toàn lưu vực xả lũ theo lũ thiết kế: *01 kịch bản (KB19)*.

KB 17: Các hồ trên nhánh Vu Gia xả lũ thiết kế, nhánh Thu Bồn xả lũ 1%

KB18: Các hồ trên nhánh Thu Bồn xả lũ thiết kế, nhánh Vu Gia xả lũ 1%

KB19: Tất cả các hồ trên lưu vực xả lũ thiết kế.

Kịch bản vỡ đập: Mỗi hồ chứa (Sông Tranh 2, Sông Bung 4, Đăk Mi 4, A Vương, Sông Côn 2) được xem xét trong tình huống vỡ đập do lũ thiết kế, trong khi các hồ còn lại vận hành xả lũ theo quy trình:

KB20: Hồ Sông Tranh 2 vỡ đập với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ theo quy trình

KB21: Hồ Sông Bung 4 vỡ đập với lũ thiết kế P=0,1% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ theo quy trình

KB22: Hồ Đăk Mi 4 vỡ đập với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ theo quy trình

KB23: Hồ A Vương vỡ đập với lũ thiết kế P=0,5% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ theo quy trình

KB24: Hồ Sông Côn 2 vỡ đập với lũ thiết kế P=1% có ảnh hưởng BĐKH. Các hồ chứa còn lại xả lũ theo quy trình

Xây dựng đường quá trình lũ đến do biến đổi khí hậu

Kết quả đường quá trình lũ đến các hồ chứa thuỷ điện lớn trong điều kiện biến đổi khí hậu đã được tính toán tại **mục 3.2.6.4** ở trên.

4.1.5.1. Tính toán xả lũ khẩn cấp trong điều kiện biến đổi khí hậu

Phương pháp tính toán điều tiết lũ sử dụng mô hình điều tiết lũ các hồ tương tự như trong điều kiện bình thường đã trình bày ở phần trên.

1. Điều kiện đầu vào kịch bản lũ có tính đến BĐKH

Trong các kịch bản có xét đến tác động của biến đổi khí hậu, căn cứ vào năng lực hiện tại của hệ thống công trình, cơ sở hạ tầng và khả năng ứng phó của địa phương, đề tài lựa chọn giai đoạn trung hạn (2040–2059) — tức giai đoạn giữa thế kỷ XXI, gần với điều kiện thực tế hiện nay — để tính toán và phân tích chế độ xả lũ.

Bảng 4.28. Điều kiện đầu vào, kịch bản lũ có tính đến BĐKH giai đoạn 2040-2059

TT	Kịch bản	Tần suất lũ (%)	Lưu lượng đỉnh lũ Qmax (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)
1	***Kịch bản 17: Xả lũ thiết kế nhánh Vu Gia, lũ 1% sông Thu Bồn có ảnh hưởng BĐKH giai đoạn 2040-2059***			
	Nhánh Vu Gia			
	Đăk Mi 4	P=0,5%	10.424	255
	Sông Bung 2	P = 0,5%	4.535	600
	A Vương	P=0,5%	6.700	376
	Sông Bung 4	P = 0,1%	14.351	217,5
	Sông Côn 2	P=1%	2.263	340
	Nhánh Thu Bồn			
	Sông Tranh 2	P=1%	10.758	172
2	***Kịch bản 18: Xả lũ 1% nhánh Vu Gia, xả lũ thiết kế sông Thu Bồn có ảnh hưởng BĐKH 2040-2059***			
	Nhánh Vu Gia			
	Đăk Mi 4	P=1%	9.581	255
	Sông Bung 2	P=1%	3.839	600

TT	Kịch bản	Tần suất lũ (%)	Lưu lượng đỉnh lũ Qmax (m^3/s)	Mực nước trước lũ (m)
	A Vương	P=1%	6.173	376
	Sông Bung 4	P=1%	10.618	217,5
	Sông Côn 2	P=1%	2.263	340
	Nhánh Thu Bồn			
	Sông Tranh 2	P=0,5%	11.683	165
3	***Kịch bản 19: Tất cả các hồ xả lũ thiết kế có ảnh hưởng BĐKH 2040-2059***			
	Nhánh Vu Gia			
	Đăk Mi 4	P=0,5%	10.424	255
	Sông Bung 2	P = 0,5%	4.535	600
	A Vương	P=0,5%	6.700	376
	Sông Bung 4	P = 0,1%	14.351	217,5
	Sông Côn 2	P=1%	2.263	340
	Nhánh Thu Bồn			
	Sông Tranh 2	P=0,5%	11.683	165

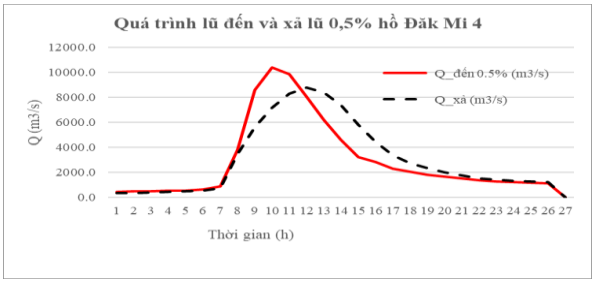
4.1.5.2. Kết quả tính toán các kịch bản xả lũ khẩn cấp trong điều kiện BĐKH

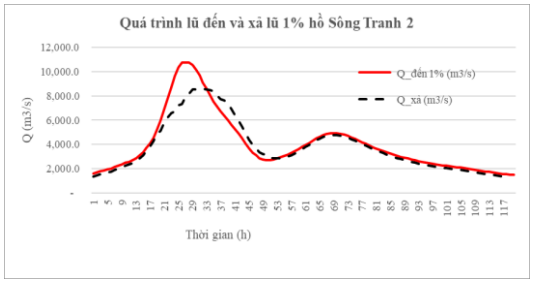
1. Kịch bản 17: Các hồ trên nhánh Vu Gia xả lũ thiết kế, nhánh Thu Bồn xả lũ 1%

Các hồ trên nhánh Vu Gia gồm Sông Bung 4, A Vương, Sông Côn 1, Đăk Mi 4 xả lũ thiết kế, sông Tranh 2 trên nhánh Thu Bồn xả lũ 1%

Bảng 4.29. Kết quả tính toán các hồ trên nhánh Vu Gia xả lũ thiết kế, nhánh Thu Bồn xả lũ 1% có ảnh hưởng BĐKH - KB17

TT	Sông	Kịch bản			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P=0,5%	8.784	258,2
		Sông Bung 4	P = 0,1%	10.330,8	224,9
		A Vương	P=0,5%	6.217	378,2
		Sông Côn 2	P=1%	2056,5	345,6
		Sông Bung 2	P=0,5%	4.204	604,5
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=1%	9.336	172,9



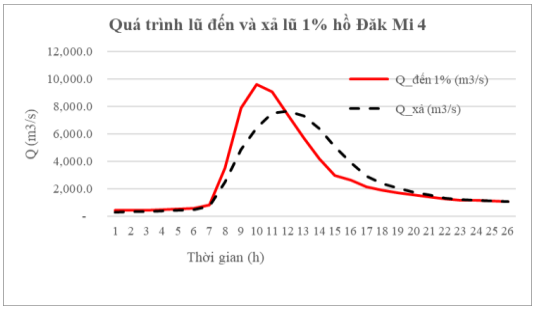


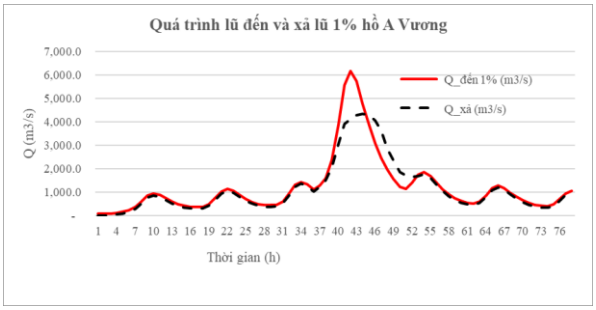
2. Kịch bản 18: Các hồ trên nhánh Thu Bồn xả lũ thiết kế, nhánh Vu Gia xả lũ 1%

Thuỷ điện Sông Tranh 2 trên nhánh Thu Bồn xả lũ thiết kế, các hồ trên nhánh Vu Gia gồm Sông Bung 4, A Vương, Sông Côn 2, Đăk Mi 4 xả lũ 1%

Bảng 4.30. Kết quả tính toán các hồ trên nhánh Thu Bồn xả lũ thiết kế, nhánh Vu Gia xả lũ 1% có ảnh hưởng BĐKH - KB18

TT	Sông	Kịch bản			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P=1%	7.634	256,3
		Sông Bung 2	P=1%	3.243	605,1
		Sông Bung 4	P=1%	7.619	224,5
		A Vương	P=1%	4,345.6	377,2
		Sông Côn 2	P=1%	2056,5	345,6
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.173	173,7

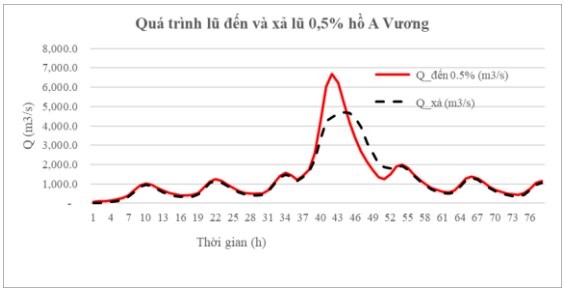


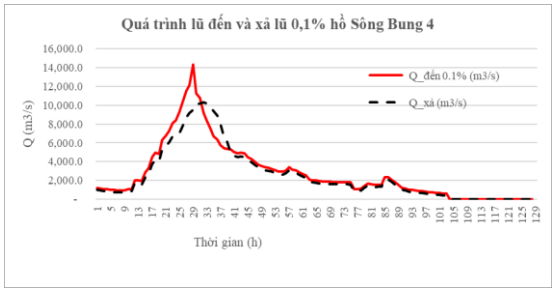


2. Kịch bản 19: Tất cả các hồ xả lũ thiết kế

Bảng 4.31. Kết quả tính toán tất cả các hồ xả lũ thiết kế ảnh hưởng BĐKH - KB19

TT	Sông	Kịch bản			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P=0,5%	8.784	258,2
		Sông Bung 4	P = 0,1%	10.330	224,9
		A Vương	P=0,5%	5639	379,3
		Sông Côn 2	P=1%	2.056	345,6
		Sông Bung 2	P=0,5%	4204	604,5
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.173	173,7





4.1.5.3. Tính toán các kịch bản vỡ đập trong điều kiện biến đổi khí hậu

Phương pháp sử dụng để tính toán vỡ đập, tính toán các thông số vết vỡ, mô phỏng vết vỡ bằng các công cụ mô hình tương tự như trong điều kiện bình thường đã trình bày ở trên.

4.1.5.4. Kết quả xây dựng các kịch bản xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn (05 kịch bản)

Từng hồ chứa (Sông Tranh 2, Sông Bung 4; Đăk Mi4; A Vương; Sông Côn 2) trên lưu vực vỡ đập do lũ thiết kế, các hồ chứa còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

a) KB20 - Hồ sông tranh 2 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

Bảng 4.32. Kết quả tính toán sông tranh 2 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

TT	Sông	Kịch bản 20			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P=0,5%	8.784	258,2
		Sông Bung 4	P = 0,1%	10.330	224,9
		A Vương	P=0,5%	5.639	379,3
		Sông Côn 2	P=1%	2.056	345,6
		Sông Bung 2	P=0,5%	4.293	604,5
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	49927,7	Vỡ đập

b) KB21 - Hồ sông Bung 4 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

Bảng 4.33. Kết quả tính toán sông sông Bung 4 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình

TT	Sông	Kịch bản 21			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P=0,5%	8.784	258,2
		Sông Bung 4	P = 0,1%	42374,5	Vỡ đập
		A Vương	P=0,5%	5.639	379,3
		Sông Côn 2	P=1%	2.056	345,6
		Sông Bung 2	P=0,5%	4.293	604,5
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.173	173,7

b) KB22 - Hồ Đăk Mi 4 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

Bảng 4.34. Kết quả tính toán hồ Đăk Mi 4 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

TT	Sông	Kịch bản 22			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P=0,5%	42374,5	Vỡ đập
		Sông Bung 4	P = 0,1%	10330	224,9
		A Vương	P=0,5%	5.639	379,3
		Sông Côn 2	P=1%	2056	345,6
		Sông Bung 2	P=0,5%	4.293	604,5
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.173	173,7

b) KB23 - Hồ A Vương vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

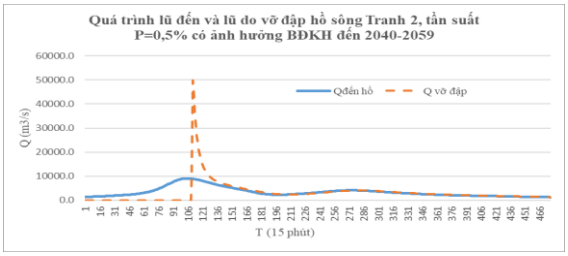
Bảng 4.35. Kết quả tính toán hồ A Vương vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

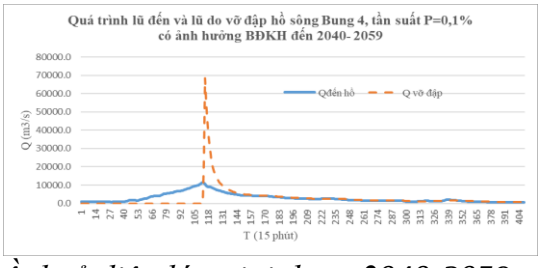
TT	Sông	Kịch bản 23			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P=0,5%	8784	258,2
		Sông Bung 4	P = 0,1%	10330	224,9
		A Vương	P=0,5%	30400,6	Vỡ đập
		Sông Côn 2	P=1%	2056	345,6
		Sông Bung 2	P=0,5%	4.293	604,5
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.17	173,7

b) KB24 - Hồ sông Côn 2 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

Bảng 4.36. Kết quả tính toán hồ sông Côn vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình.

TT	Sông	Kịch bản 24			
		Hồ chứa	Tần suất lũ	Lưu lượng xả lũ, lớn nhất Qmax (m^3/s)	Mực nước hồ lớn nhất (m)
1	Sông Vu Gia	Đăk Mi 4	P=0,5%	8.784	258,2
		Sông Bung 4	P = 0,1%	10.330	224,9
		A Vương	P=0,5%	5.639	379,3
		Sông Côn 2	P=1%	12737,2	Vỡ đập
		Sông Bung 2	P=0,5%	4.293	604,5
2	Sông Thu Bồn	Sông Tranh 2	P=0,5%	10.173	173,7





Hình 4-7. Kết quả tính toán vỡ đập các hồ thuỷ điện lớn giai đoạn 2040-2059

4.1.6. Tính toán dòng chảy biên nhập lưu và khu giữa

Trong điều kiện bình thường, các tính toán sử dụng số liệu thực đo; khi xem xét đến tác động của biến đổi khí hậu, áp dụng dữ liệu dự báo tương ứng với các kịch bản BĐKH theo từng giai đoạn.

4.1.6.1. Tính toán thủy văn thiết kế

1. Xây dựng lựa chọn trận mưa thiết kế

Xác định mô hình mưa thiết kế được thực hiện dựa trên trận mưa bất lợi điển hình tại lưu vực, áp dụng phương pháp thu phóng theo tỷ lệ. Trận mưa điển hình được lựa chọn phải có số liệu tin cậy, lượng mưa lớn kéo dài nhiều ngày và phân bố mưa thuận lợi cho quá trình hình thành lũ.

Lưu vực nghiên cứu có hai trạm đo dòng chảy là Nông Sơn và Thành Mỹ. Dựa trên số liệu quan trắc, trận lũ điển hình được xác định là trận lũ năm 2009 (từ ngày 27/9 đến 3/10/2009). Trận lũ này có đặc điểm đồng pha giữa hai lưu vực – điều hiếm gặp – với lưu lượng đỉnh tại trạm Nông Sơn là 9000 m^3/s (tương ứng tần suất 11%) và tại Thành Mỹ là 7230 m^3/s (tương ứng tần suất 3%).

Trận lũ kéo dài 7 ngày, do đó lượng mưa 7 ngày lớn nhất được sử dụng cho các kịch bản thiết kế với các tần suất 1%, 2%, 5% và 10%. Tổng lượng mưa được phân bố theo dạng mưa giờ thực tế từ trận lũ năm 2009 để tính toán dòng chảy tương ứng.

2. Lựa chọn trạm mưa để tính toán

Dựa trên vị trí các trạm mưa, hiện trạng quan trắc và tình hình số liệu thực tế trong lưu vực tính toán gồm 15 trạm đo mưa quốc gia, số liệu từ 1979 - nay.

3. Tính mưa ngày lớn nhất

Từ số liệu mưa ngày thu thập được, trận lũ điển hình dài 7 ngày do vậy ta tiến hành tính toán lượng mưa 7 ngày lớn nhất đối với từng trạm tính toán trong lưu vực. Vẽ đường tần suất lượng mưa 7 ngày lớn nhất đối với mỗi trạm, từ đó tính được lượng mưa tiêu thiết kế với các tần suất 1%, 2%, 5%, và 10% đối với mỗi trạm nêu trên.

Kết quả tính mưa theo tần suất ứng với thời đoạn 7 ngày Max được liệt kê trong Bảng 4.37 dưới đây:

Bảng 4.37. Tần suất mưa 7 ngày lớn nhất tại các trạm

TT	Trạm mưa	Lượng mưa	Xtb	Cv	Cs	1%	2%	5%	10%
1	Trà My	X7max	751.08	0.41	1.58	1787.20	1599.21	1349.11	1157.03
2	Tiên Phước	X7max	632.39	0.45	0.68	1433.59	1315.01	1148.01	1010.22
3	Hiệp Đức	X7max	548.79	0.41	1.09	1242.26	1128.35	972.48	848.39
4	Nông Sơn	X7max	528.22	0.40	0.92	1156.60	1057.48	920.32	809.55
5	Giao Thuỷ	X7max	485.16	0.43	1.22	1114.80	1033.26	881.88	762.60
6	Câu Lâu	X7max	476.63	0.48	1.29	1186.80	1163.37	896.55	765.80
7	Hội An	X7max	465.81	0.43	2.13	1196.75	1050.83	861.98	722.12
8	Hiên	X7max	438.08	0.63	2.34	1471.18	1258.33	985.36	785.72
9	Khâm Đức	X7max	557.74	0.46	0.92	1368.12	1243.45	1070.92	931.61
10	Thành Mỹ	X7max	418.01	0.48	2.24	1160.27	1009.58	815.51	672.72
11	Hội Khách	X7max	392.51	0.56	1.77	1155.68	1012.10	823.05	679.82
12	Aí Nghĩa	X7max	482.30	0.42	1.42	1146.73	1029.62	872.54	750.60
13	Cẩm Lệ	X7max	441.42	0.48	1.10	1095.77	988.03	840.72	723.53
14	Tam Kỳ	X7max	562.46	0.41	0.52	1186.53	1098.50	972.92	867.67
15	Đà Nẵng	X7max	496.73	0.40	1.32	1136.86	1026.31	877.16	760.52

4. Thu phóng mưa theo tần suất

Hệ số thu phóng được xác định theo công thức:

$$K = \frac{X_p}{X_{đh}}$$

Trong đó:

K: Hệ số thu phóng

X_P: Lượng mưa mô hình thiết kế ứng với tần suất tương ứng

$X_{đh}$: Lượng mưa mô hình phân phối điển hình.

Lượng mưa ngày thiết kế được xác định theo công thức:

$X_{p(i)} = K . X_{đh(i)}$ (mm)

Trong đó:

$X_{p(i)}$: Lượng mưa ngày thứ i của năm thiết kế (mm)

$X_{đh(i)}$: Lượng mưa ngày thứ i của năm điển hình (mm)

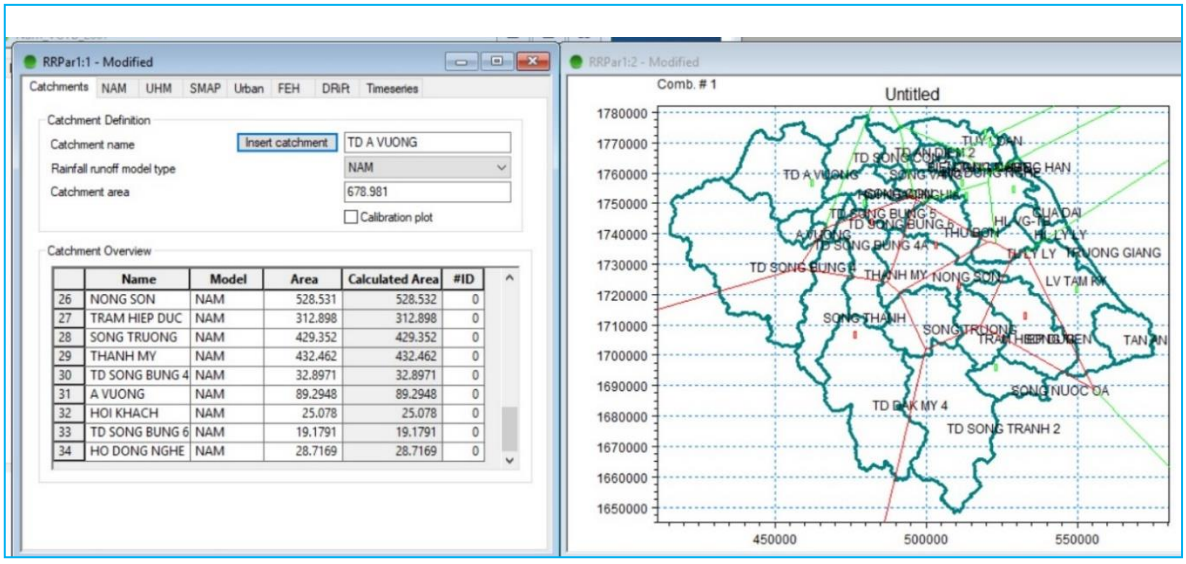
Căn cứ vào số liệu mưa thiết kế đã được tính toán thu phỏng theo trận mưa điển hình của các trạm từ 27/9/2009 đến 3/10/2009. đưa vào mô hình mưa – dòng chảy Mike Nam để tính toán quá trình lũ thiết kế cho các biên trên và biên khu giữa của mô hình thủy lực được thiết lập. (Trong nghiên cứu này trận mưa 7 ngày max đã tính toán và thu phóng theo trận lũ điển hình từ ngày 01:00:00 ngày 27 đến 0:00:00 ngày 03/10/ 2009 cho 15 trạm)

4.1.6.2. Tính toán dòng chảy đến các tiểu lưu vực theo các kịch bản

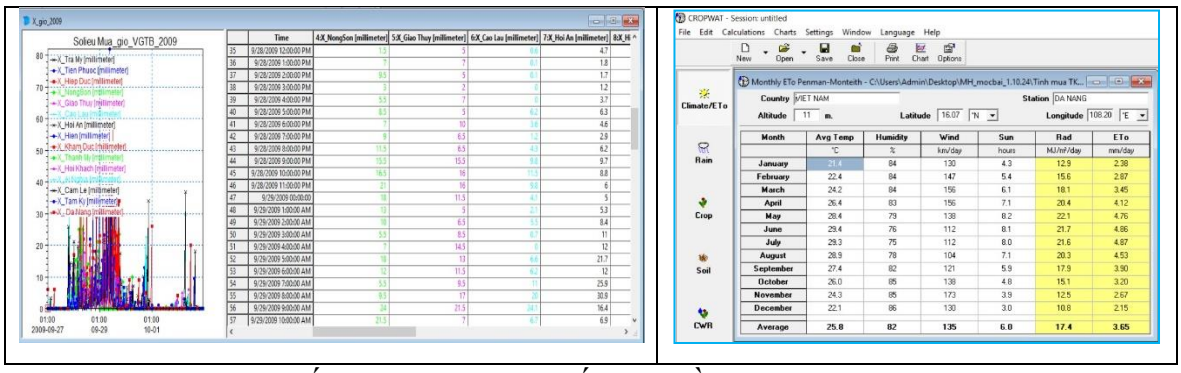
- Thiết lập mô hình Mike Nam (Mưa - dòng chảy) tính lũ đã được thiết lập, hiệu chỉnh, kiểm định đạt độ tin cậy - trình bày tại **mục 4.2.1.2**

Đầu vào là bốc hơi tiềm năng tại các trạm Đà Nẵng, Tam Kỳ, Trà My và mưa ngày tần suất 10% của 15 trạm trên lưu vực.

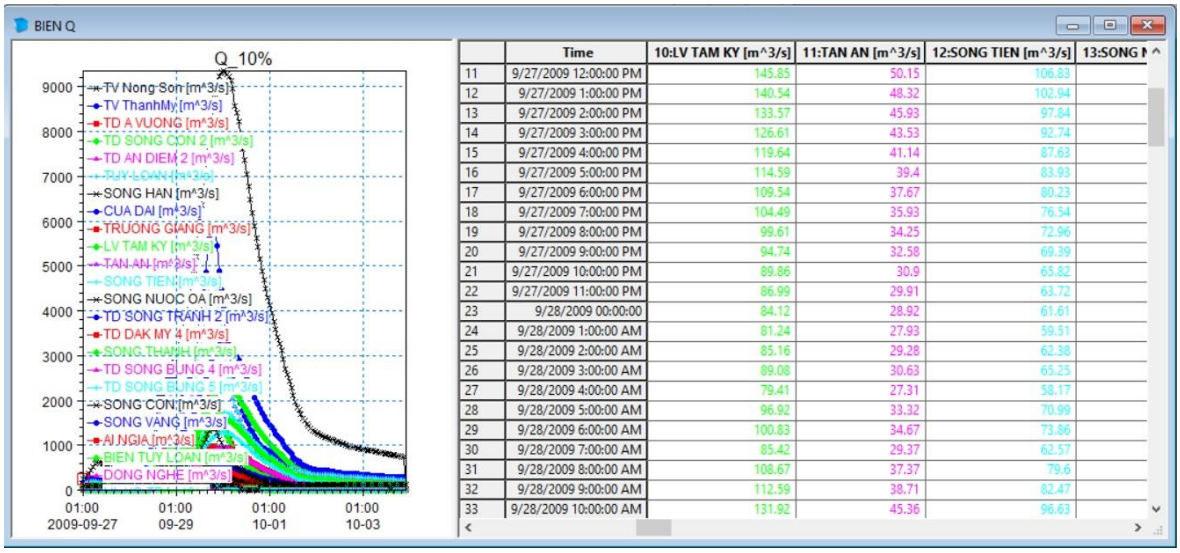
Kết quả là dòng chảy đến các hồ và các tiểu lưu vực theo ứng với mưa 10% là biên nhập lưu và khu giữa trong mô hình 1D Mike11.



Hình 4-8. Mô hình Mike Nam - VG-TB



Hình 4-9. Số liệu mưa giờ và bốc hơi tiềm năng trong Mike Nam



	Time	10:LV TAM KY [m^3/s]	11:TAN AN [m^3/s]	12:SONG TIEN [m^3/s]	13:SONG N
11	9/27/2009 12:00:00 PM	145.85	50.15	106.83	
12	9/27/2009 1:00:00 PM	140.54	48.32	102.94	
13	9/27/2009 2:00:00 PM	133.57	45.93	97.84	
14	9/27/2009 3:00:00 PM	126.61	43.53	92.74	
15	9/27/2009 4:00:00 PM	119.64	41.14	87.63	
16	9/27/2009 5:00:00 PM	114.59	39.4	83.93	
17	9/27/2009 6:00:00 PM	109.54	37.67	80.23	
18	9/27/2009 7:00:00 PM	104.49	35.93	76.54	
19	9/27/2009 8:00:00 PM	99.61	34.25	72.96	
20	9/27/2009 9:00:00 PM	94.74	32.58	69.39	
21	9/27/2009 10:00:00 PM	89.86	30.9	65.82	
22	9/27/2009 11:00:00 PM	86.99	29.91	63.72	
23	9/28/2009 00:00:00	84.12	28.92	61.61	
24	9/28/2009 1:00:00 AM	81.24	27.93	59.51	
25	9/28/2009 2:00:00 AM	85.16	29.28	62.38	
26	9/28/2009 3:00:00 AM	89.08	30.63	65.25	
27	9/28/2009 4:00:00 AM	79.41	27.31	58.17	
28	9/28/2009 5:00:00 AM	96.92	33.32	70.99	
29	9/28/2009 6:00:00 AM	100.83	34.67	73.86	
30	9/28/2009 7:00:00 AM	85.42	29.37	62.57	
31	9/28/2009 8:00:00 AM	108.67	37.37	79.6	
32	9/28/2009 9:00:00 AM	112.59	38.71	82.47	
33	9/28/2009 10:00:00 AM	131.92	45.36	96.63	

Hình 4-10. Kết quả tính toán lũ 10% trong mô hình NAM

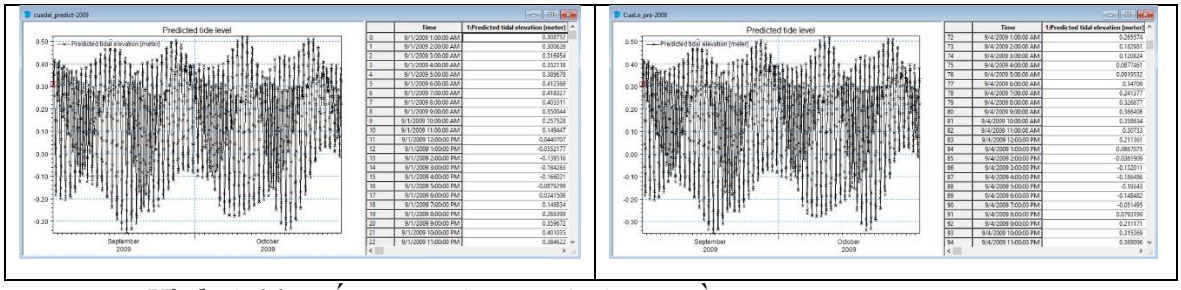
4.1.7. Kết quả tính biên mực nước triều (biên dưới)

Trong điều kiện bình thường, sử dụng số liệu thực đo để tính toán; khi xét đến biến đổi khí hậu (BĐKH), sử dụng số liệu hiện trạng kết hợp với mức gia tăng theo các kịch bản BĐKH tương ứng từng giai đoạn.

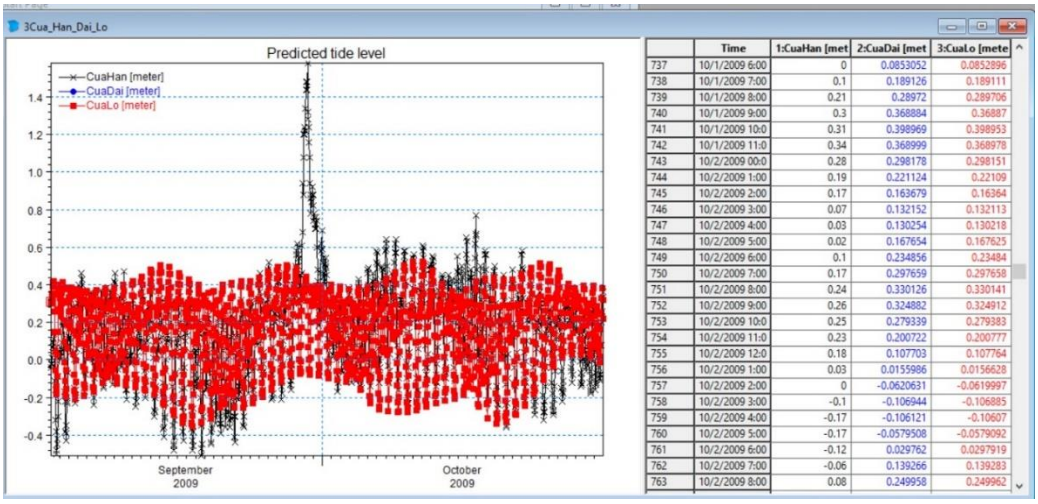
Khu vực nghiên cứu có ba cửa sông: Cửa Hàn, Cửa Đại và Cửa Lở. Trong đó, chỉ Cửa Hàn (trạm Sơn Trà) có số liệu mực nước triều thực đo. Do đó, cần thiết lập mô hình triều để mô phỏng mực nước làm điều kiện biên cho mô hình thủy lực 1 chiều.

Tại trạm Sơn Trà, có dữ liệu mực nước từ năm 1976 đến nay (theo độ cao hải đồ), được chuyển đổi sang hệ cao độ quốc gia. Mực nước triều trung bình mùa lũ (p = 5%) là 0,13 m, năm điển hình được chọn là 2009 với giá trị tương ứng là 0,13 m. Sử dụng module phân tích triều của Mike 21 Toolbox và số liệu mực nước tại trạm Sơn Trà để tính toán các hằng số điều hòa, từ đó dự báo quá

trình triều cho Cửa Đại và Cửa Lở theo thời gian, phục vụ các kịch bản mô phỏng.



Hình 4-11. Kết quả tính toán dự báo triều tại cửa Đại và cửa Lở



	Time	1:CuaHan [met	2:CuaDai [met	3:CuaLo [mete
737	10/1/2009 6:00	0	0.0853052	0.0852896
738	10/1/2009 7:00	0.1	0.189126	0.189111
739	10/1/2009 8:00	0.21	0.28972	0.289706
740	10/1/2009 9:00	0.3	0.368884	0.36887
741	10/1/2009 10:0	0.31	0.398969	0.398953
742	10/1/2009 11:0	0.34	0.368999	0.368978
743	10/2/2009 00:0	0.28	0.298178	0.298151
744	10/2/2009 1:00	0.19	0.221124	0.22109
745	10/2/2009 2:00	0.17	0.163679	0.16364
746	10/2/2009 3:00	0.07	0.132152	0.132113
747	10/2/2009 4:00	0.03	0.130254	0.130218
748	10/2/2009 5:00	0.02	0.167654	0.167625
749	10/2/2009 6:00	0.1	0.234856	0.23484
750	10/2/2009 7:00	0.17	0.297659	0.297658
751	10/2/2009 8:00	0.24	0.330126	0.330141
752	10/2/2009 9:00	0.26	0.324882	0.324912
753	10/2/2009 10:0	0.25	0.279339	0.279383
754	10/2/2009 11:0	0.23	0.200722	0.200777
755	10/2/2009 12:0	0.18	0.107703	0.107764
756	10/2/2009 1:00	0.03	0.0155986	0.0156628
757	10/2/2009 2:00	0	-0.0620631	-0.0619997
758	10/2/2009 3:00	-0.1	-0.106944	-0.106885
759	10/2/2009 4:00	-0.17	-0.106121	-0.10607
760	10/2/2009 5:00	-0.17	-0.0579508	-0.0579092
761	10/2/2009 6:00	-0.12	0.029762	0.0297919
762	10/2/2009 7:00	-0.06	0.139266	0.139283
763	10/2/2009 8:00	0.08	0.249958	0.249962

Hình 4-12. Kết quả tính toán biên triều 3 cửa

4.2. NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH THUỶ VĂN, THUỶ LỰC MÔ PHỎNG NGẬP LỤT KHI XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

Trong nghiên cứu đề tài dùng bộ công cụ MIKE tính toán: MIKE NAM tính toán dòng chảy đến, diễn toán dòng chảy trong sông và ngập bãi mô hình 1 chiều MIKE11 và 2 chiều MIKE 21, MIKE FLOOD kết nối MIKE 11 và MIKE 21 để tính toán ngập lụt ....., ArcGIS xây dựng bản đồ ngập lụt, bản đồ nguy cơ ngập lụt, bản đồ sơ tán dân cư...

4.2.1. Xây dựng mô hình thuỷ văn

4.2.1.1. Lựa chọn mô hình sử dụng

Mỗi mô hình thủy văn đều có ưu, nhược điểm riêng, song hiện nay các nghiên cứu thường chọn các bộ công cụ hoàn chỉnh, dễ sử dụng và có khả năng liên kết giữa mô hình thủy văn – thủy lực, như bộ HEC hoặc MIKE. Trong đó, mô hình MIKE NAM (thuộc Bộ MIKE do Viện DHI – Đan Mạch phát triển) được tích hợp để mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy, có giao diện thân thiện,

khả năng tự hiệu chỉnh tham số và liên kết tốt với các mô-đun khác (MIKE 11, MIKE 21,...).

4.2.1.2. Xây dựng mô hình mưa - dòng chảy.

Đề tài kế thừa mô hình MIKE NAM đã được sử dụng trong dự án tính toán ngập lụt hạ du lưu vực Vu Gia – Thu Bồn Năm - Do phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về độc lực học sông biển thực hiện 2018 *(Theo đặt hàng của Bộ NN&PTNT)*

Bộ thông số mô hình đã xác định cho lưu vực trạm Nông Sơn và trạm Thành Mỹ như sau:

Bảng 4.38. Bộ thông số xác định cho lưu vực trạm Nông Sơn và trạm Thành Mỹ

Lưu vực	**Umax**	**Lmax**	**CQOF**	**CKIF**	**CK1,2**	**TOF**	**TIF**	**TG**	**CKBF**
Trạm Nông Sơn	11	113	0.7	592	40	0.41	0.44	0.33	480
Trạm Thành Mỹ	5.27	179	0.52	85.15	21.7	0.438	0.521	0.547	500

Sử dụng bộ thông số mô hình đã tìm ở trên với số liệu mưa tính toán dòng chảy đến các cho các tiểu lưu vực Vu Gia – Thu Bồn **(Nhập lưu và khu giữa)** theo các kịch bản, trong đó các chỉ tiêu CKIF; CKBF là thời gian chảy truyền phụ thuộc vào yếu tố diện tích lưu vực nên các chỉ tiêu này được xác định lại cho các tiểu lưu vực theo tỉ lệ diện tích.

4.2.2. Xây dựng mô hình thuỷ lực 1 chiều Mike 11

4.2.2.1. Giới thiệu các mô hình thuỷ lực và lựa chọn sử dụng nghiên cứu của Đề tài.

Hiện có nhiều mô hình thủy lực như VRSAP, HEC-RAS, HEC-GEORAS, MIKE... Trong nghiên cứu này, đề tài chọn mô hình MIKE 11 do DHI phát triển vì có khả năng tích hợp tốt với mô hình thủy văn, giao diện thân thiện, mô phỏng được nhiều loại công trình. MIKE 11 giải hệ phương trình Saint-Venant 1 chiều, được dùng phổ biến ở Việt Nam và thế giới.

Tuy nhiên, MIKE 11 chưa mô phỏng đầy đủ bãi tràn nên được bổ trợ bởi mô hình 2 chiều MIKE 21 và công cụ tích hợp MIKE FLOOD. MIKE 21 mô phỏng dòng chảy ngập hai chiều, còn MIKE FLOOD cho phép kết hợp mô hình 1D (MIKE 11) và 2D (MIKE 21) nhằm tăng độ chính xác khi mô phỏng lũ, nước dâng, vỡ đập, tiêu thoát đô thị…

Ngoài ra, công cụ MIKE 11-GIS cho phép kết nối với ArcGIS để mô phỏng không gian vùng ngập, nâng cao khả năng phân tích và trực quan hóa kết quả mô hình.

4.2.2.2. Thiết lập mô hình thuỷ lực một chiều Mike11[92]

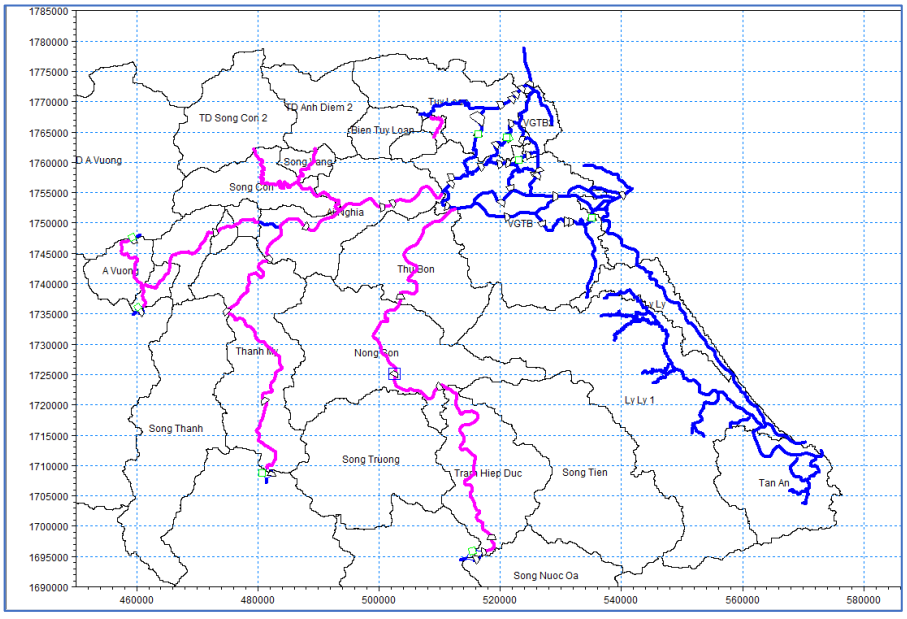
1. Tài liệu sử dụng thiết lập mô hình thủy lực một chiều

- Bản đồ địa hình; Dữ liệu DEM;
- Dữ liệu khảo sát địa hình mặt cắt sông, đường, cầu, cống
- Thông tin các hồ chứa, công trình thủy lợi, quy trình và dữ liệu vận hành.
- Số liệu khí tượng – thủy văn.

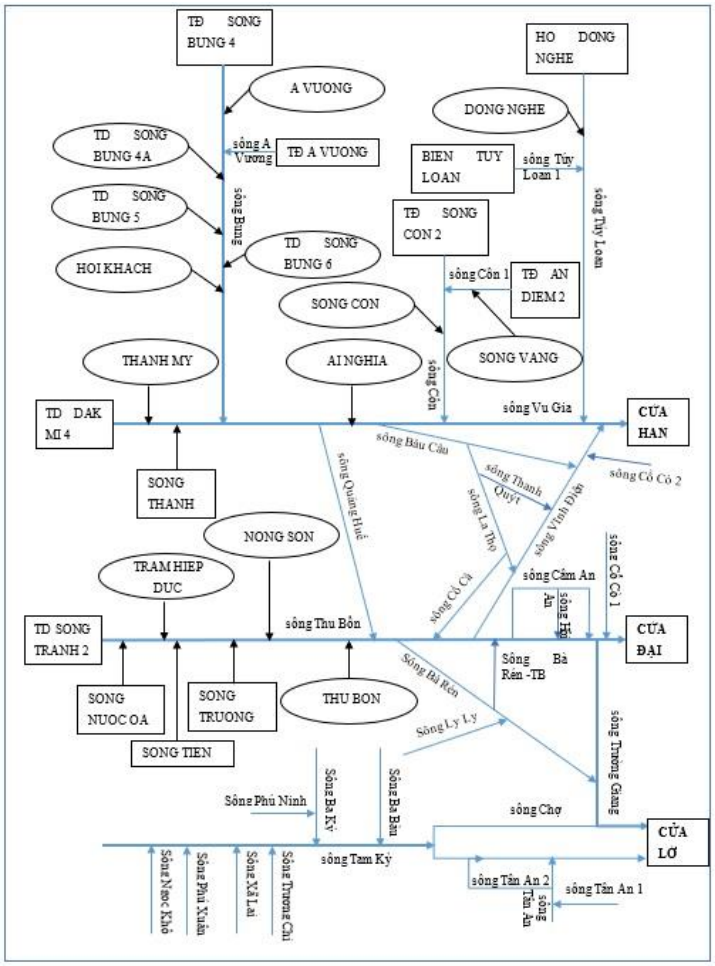
Trình bày chi tiết tại mục _ Số liệu sử dụng trong nghiên cứu **mục 2.4**

2. Thiết lập mạng lưới sông

Phạm vi mô phỏng dòng chảy được chọn là các sông trên hệ thống sông Vu Gia Thu Bồn thuộc lưu vực nghiên cứu: Thượng lưu sông Vu Gia: sông Đăk Mi (thủy điện Đăk Mi 4), sông Bung (Thủy điện sông Bung 4), sông Côn (thủy điện sông Côn). Thượng lưu sông Thu Bồn: sông Tranh (Thủy điện sông Tranh 2). Các sông hạ lưu: Quảng Huế, Bàu Câu, Thanh Quýt, La Thọ, Vĩnh Điện, Bà Rén, Hội An, Cẩm An, Trường Giang, Ly Ly, Tam Kỳ…với cửa ra là cửa Đại cuối sông Thu Bồn, cửa Hàn cuối sông Vu Gia và cửa Lở cuối sông Trường Giang.



Hình 4-13. Mạng lưới mô phỏng các sông trên hệ thống sông Vu Gia Thu Bồn



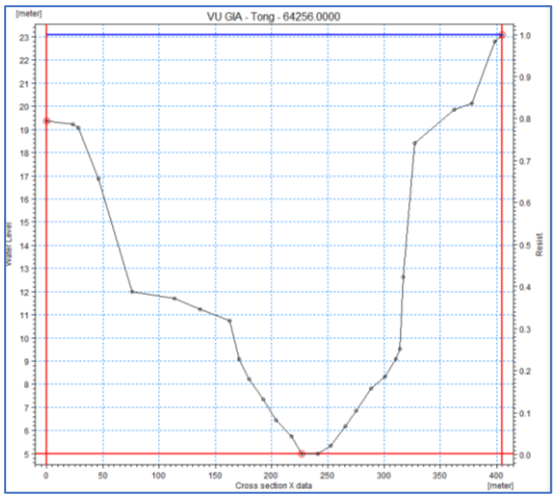
Hình 4-14. Sơ đồ minh họa mạng mô phỏng 1 chiều hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn

3. Thiết lập mặt cắt sông

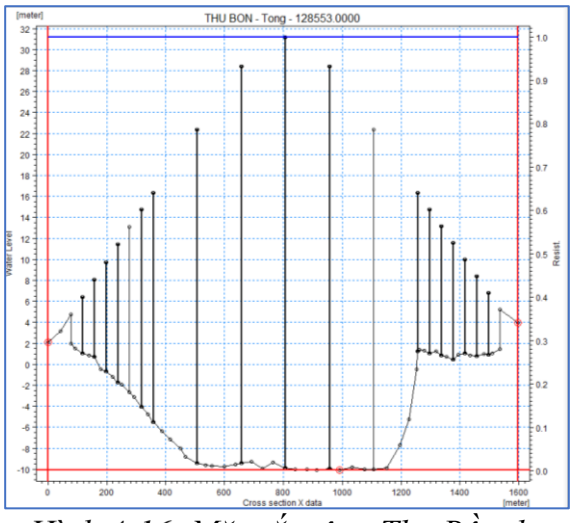
Mặt cắt các sông được đưa vào mô hình dưới dạng cơ sở dữ liệu mặt cắt. Trên các mặt cắt được đánh dấu các điểm đo phía bờ trái, bờ phải, điểm sâu nhất.

Địa hình các sông được đo năm 2010-2012 và được đo bổ sung các năm 2018, 2022.

Dưới đây là một số mặt cắt sông đại diện được thiết lập trong mô hình:



Hình 4-15. Mặt cắt sông Vu Gia đo năm 2022 tại vị trí hạ lưu cầu Hội Khách



Hình 4-16. Mặt cắt sông Thu Bồn đo năm 2022 tại vị trí cầu Cửa Đại

4. Thiết lập các công trình

a. Công trình hồ chứa

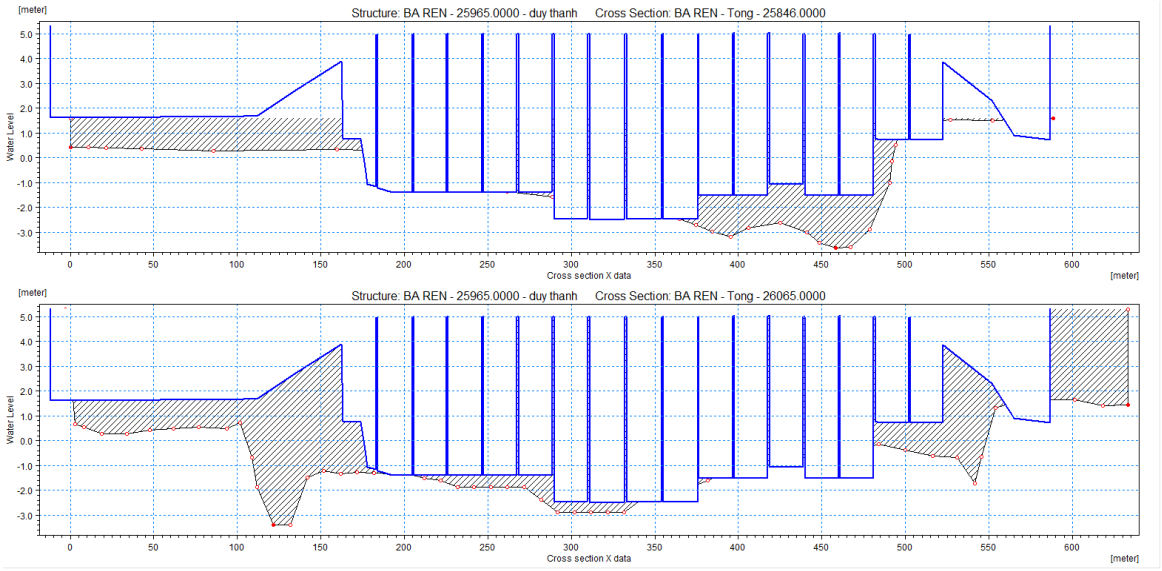
Dữ liệu lưu lượng xả từ các hồ chứa A Vương, Sông Bung 4, Đăk Mi 4 và Sông Tranh 2 được sử dụng làm biên mô hình. Ngoài ra, việc hồ thủy điện Đăk Mi 4 có sự chuyển nước sang sông Thu Bồn ở vị trí (15º34’14” vĩ độ Bắc, 108º3’27” kinh độ Đông), hồ thủy điện A Vương chuyển nước sang sông Bung ở vị trí (15º46’33” vĩ độ Bắc, 107º41’03” độ kinh Đông) để phục vụ phát điện cũng được mô phỏng và được đưa vào mô hình dưới dạng nguồn điểm (point source).

b. Công trình đập dâng

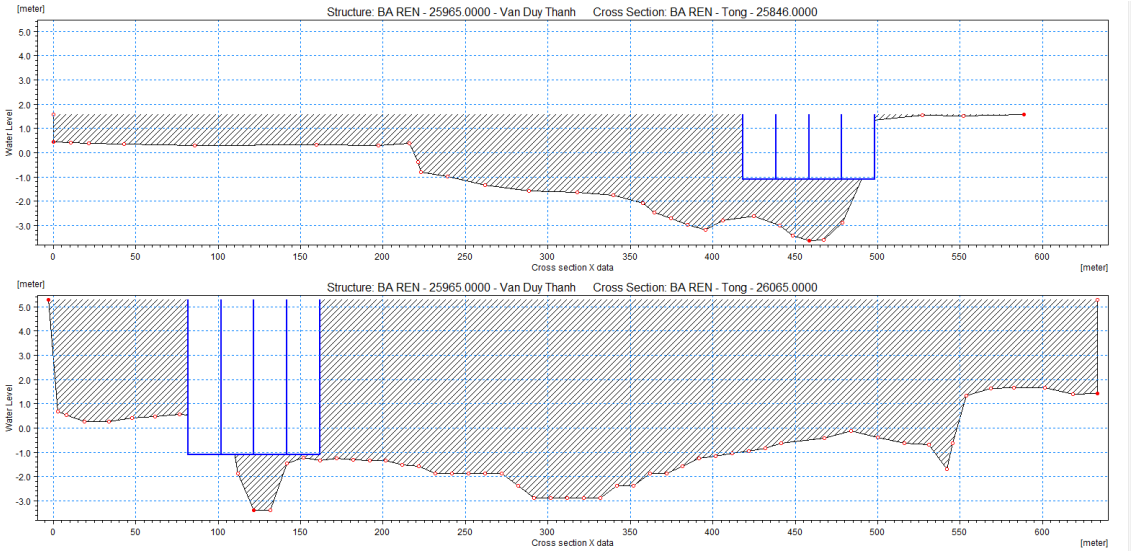
Các công trình đập dâng được mô phỏng trong mô hình gồm 5 đập dâng lớn (4 đập thuộc hệ thống thủy lợi An Trạch và đập dâng Duy Thành) dưới dạng đập tràn đỉnh rộng (Broad Crested Weir) và các cửa van điều tiết được mô phỏng ở dạng Công trình điều khiển (Control Structures).

Bảng 4.39. Các công trình đập dâng được mô phỏng trong mô hình

STT	Nhánh sông	Vị trí (Chainage)	Tên công trình
1	BA REN	25965	Đập Duy Thành
2	BAU CAU	11600	Đập Hà Thanh
3	BAU NIT	340	Đập Bàu Nít
4	THANH QUYT	1090	Đập Thanh Quýt
5	VU GIA	107977	Đập An Trạch



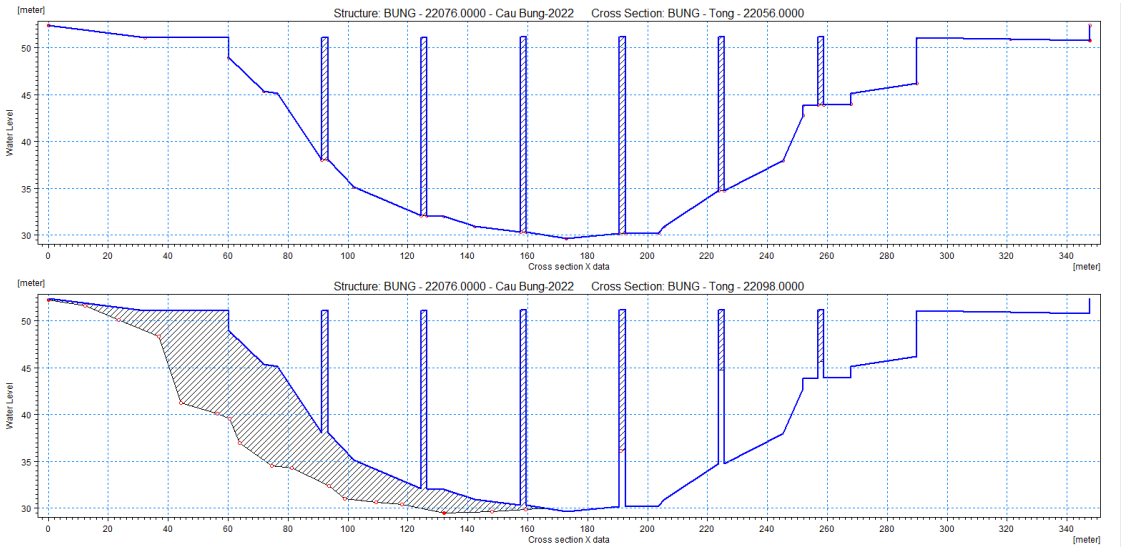
Hình 4-17. Mặt cắt mô phỏng vị trí thượng lưu và hạ lưu công trình đập dâng Duy Thành



Hình 4-18. Mặt cắt mô phỏng hệ thống cửa van điều tiết công trình đập dâng Duy Thành (Control Structures)

c. Công trình cầu qua sông

Các công trình cầu qua sông cũng được mô phỏng dưới dạng đập tràn đỉnh rộng (Broad Crested Weir)



Hình 4-19. Mặt cắt mô phỏng vị trí thượng lưu và hạ lưu công trình cầu Bung

d. Điều kiện biên mô hình

Mô hình thủy lực 1D thiết lập cho lưu vực Vu Gia – Thu Bồn gồm biên thủy lực và biên nhám. Trong đó biên thủy lực gồm biên trên, biên dưới và khu giữa, với biên trên và biên khu giữa là lưu lượng dòng chảy còn biên dưới là mực nước. Trong phần này, chỉ đề cập tới biên thủy lực, biên nhám sẽ trình bày trong phần hiệu chỉnh mô hình.

Biên trên và biên khu giữa của mô hình (biên lưu lượng): sử dụng mô hình NAM để tính toán dữ liệu dòng chảy vào đầu các nhánh sông và dòng chảy đến các khu nhập lưu khu giữa hệ thống. Mô hình NAM được kết nối trực tiếp vào mô hình thủy lực mạng sông.

Đối với các tiểu lưu vực của các hồ thuỷ điện (TD A VUONG, TD SONG BUNG 4, TD DAK Mi 4, TD SONG TRANH 2, Sông Côn 2...) dữ liệu dòng chảy tính từ mô hình Nam sẽ được thay thế bởi lưu lượng xả điều tiết thực đo từ các hồ này.

Biên dưới của mô hình (biên mực nước): là quá trình mực nước thực đo tại 3 cửa sông: cửa Hàn cuối sông Vu Gia (trạm Hội An), cửa Đại cuối sông Thu Bồn (trạm Sơn Trà), cửa Lở cuối sông Trường Giang và sông Chợ (trạm Sơn Trà).

5. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thủy lực

Đề tài sử dụng số liệu trận lũ từ 10/11 - 15/11/2007; từ 28/9- 04/10/2009 để hiệu chỉnh và số liệu trận lũ từ 03/11- 09/11/2017 để kiểm định mô hình. Trên cơ sở thiết lập mô hình và lựa chọn các điều kiện biên về không gian cũng như thời gian, tiến hành hiệu chỉnh mô hình bằng hệ số nhám Maning trong module HD cho đến khi kết quả mô phỏng phù hợp với kết quả thực đo lấy từ các trạm quan trắc.

Tiêu chí đánh giá chất lượng theo các chỉ số được trình bày dưới đây:

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình, Đề tài sử dụng 03 chỉ số để đánh giá chất lượng của mô hình so với số liệu quan trắc thực tế bao gồm: NSE, RSR, PBIAS.

Bảng 4.40. Tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình

Đánh giá	NSE	RSR	PBIAS (%)
Rất tốt	0,75 < NSE ≤ 1	0 ≤ RSR ≤ 0,5	PBIAS < ± 10
Tốt	0,65 < NSE ≤ 0,75	0,5 ≤ RSR ≤ 0,6	±10 ≤ PBIAS < ±15
Đạt yêu cầu	0,5 < NSE ≤ 0,65	0,6 ≤ RSR ≤ 0,7	±15 ≤ PBIAS < ±25
Không đạt	NSE ≤ 0,5	RSR > 0,7	PBIAS ≥ ±25

Trong đó các hệ số NSE, RSR, PBIAS được xác định như sau:

Hệ số Nash Sutcliffe

Nash và Sutcliffe (NSE) (1970) được coi là phương pháp phổ biến và đáng tin cậy nhất hiện nay trong các nghiên cứu đánh giá mô hình thủy văn, thủy lực. Các giá trị NSE nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Một sự phù hợp tốt nhất được biểu thị bằng giá trị 1 trong khi 0 biểu thị sự phù hợp kém. Andersen và cộng sự (2001) đã chỉ ra rằng NSE trong khoảng từ 0,5 đến 0,95 thể hiện kết quả mô phỏng tốt. Chỉ số NSE được tính toán theo công thức sau.

$$NSE=1-\frac{\sum_{i=1}^{N}(Q_{iTD}-Q_{iTT})^2}{\sum_{i=1}^{N}(Q_{iTD}-\overline{Q}_{TD})^2}$$

Trong đó:

Q_{iTT}: Giá trị tính toán (m^3/s)

Q_{iTD}: Giá trị thực đo (m^3/s)

$\overline{Q}_{TD}$: Giá trị thực đo trung bình (m^3/s)

N là số lượng giá trị thực đo.

Tỉ số độ lệch quan trắc tiêu chuẩn (RSR)

Tỉ số độ lệch quan trắc tiêu chuẩn RMSE-ob- servations standard deviation ratio (RSR) là một sai số thống kê giúp bình thường hóa RMSE với độ lệch chuẩn của dòng chảy thực đo. Tỉ số độ lệch quan trắc tiêu chuẩn được tính theo công thức sau.

$$RSR=\frac{RMSE}{STDEV_{obs}}=\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(Q_{iTD}-Q_{iTT})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(Q_{iTD}-\overline{Q}_{TD})^2}}$$

Phần trăm BIAS

Gupta và cs (1999) đã chỉ ra rằng phần trăm BIAS (PBIAS) là một loại phân tích sai số thống kê định lượng khả năng mô phỏng các giá trị của mô hình để đánh giá giới hạn dao động của chuỗi dữ liệu quan trắc được. PBIAS có thể được tính toán bằng cách sử dụng công thức dưới đây.

$$PBIAS=\frac{\sum_{i=1}^{N}(Q_{iTD}-Q_{iTT})x100}{\sum_{i=1}^{N}Q_{iTD}}$$

a. Hiệu chỉnh mô hình

Sử dụng số liệu trận lũ năm 2007 từ 10 /11 - 15/11/2007 và trận lũ điển hình xảy ra năm 2009 từ 28/9- 04/10/2009 để hiệu chỉnh mô hình.

Việc hiệu chỉnh thông số mô hình chủ yếu được tiến hành bằng cách thay đổi độ nhám của lòng dẫn (biên nhám) sao cho kết quả tính toán phù hợp với số liệu thực đo tại các trạm có số liệu đo đạc lưu lượng và mực nước. Có thể giả thiết hệ số nhám căn cứ đặc trưng lòng dẫn theo bảng hệ số nhám trong sông thiên nhiên tại TCVN4118-2021 và TCVN 13615 : 2022 đối với sông suối nhỏ.

Qua hiệu chỉnh mô hình đã xác định được hệ số nhám cục bộ của các sông. Sau khi tối ưu bộ thông số, tiến hành kiểm tra giá trị lưu lượng, mực nước tính toán và thực đo tại một số trạm thủy văn gồm:

Trạm Thành Mỹ trên sông Vu Gia tại vị trí chainage 52307

Trạm Hội Khách trên sông Vu Gia tại vị trí chainage 58737

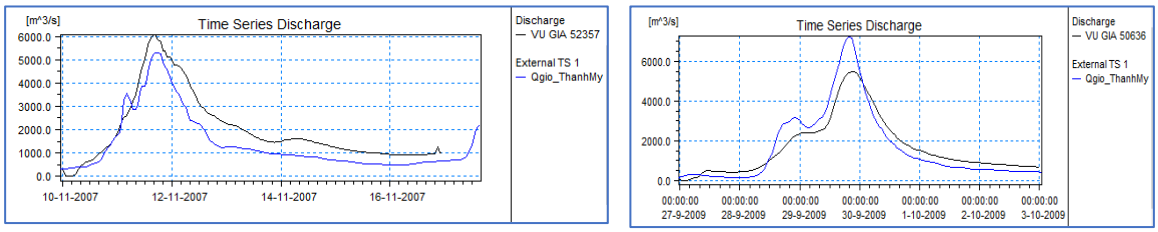
Trạm Ái Nghĩa trên sông Vu Gia tại vị trí chainage 96687

Trạm Nông Sơn trên sông Thu Bồn tại vị trí chainage 70316

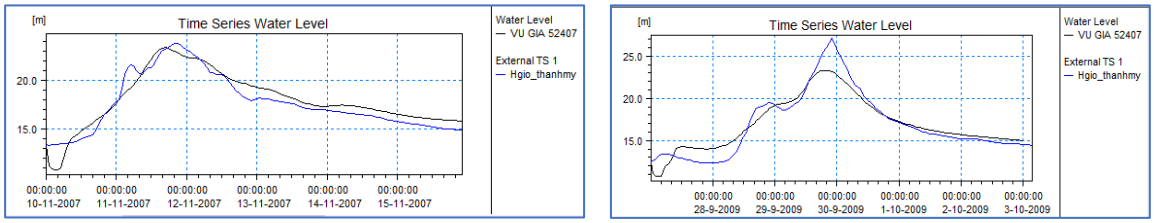
Trạm Giao Thủy trên sông Thu Bồn tại vị trí chainage 97650

Trạm Câu Lâu trên sông Thu Bồn tại vị trí chainage 116579

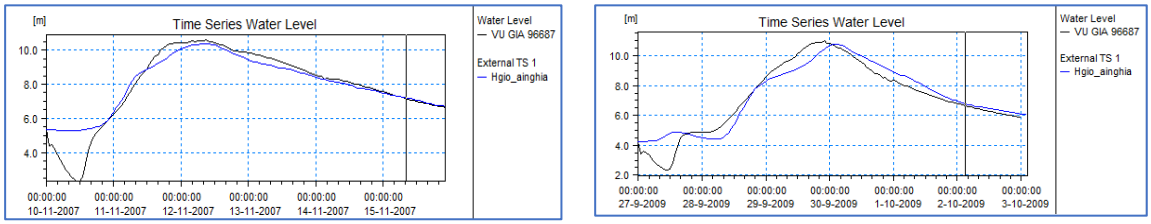
Kết quả tính toán như sau:



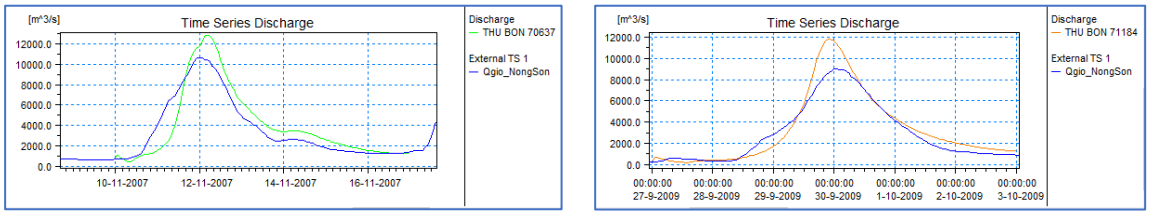
Hình 4-20. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Thành Mỹ



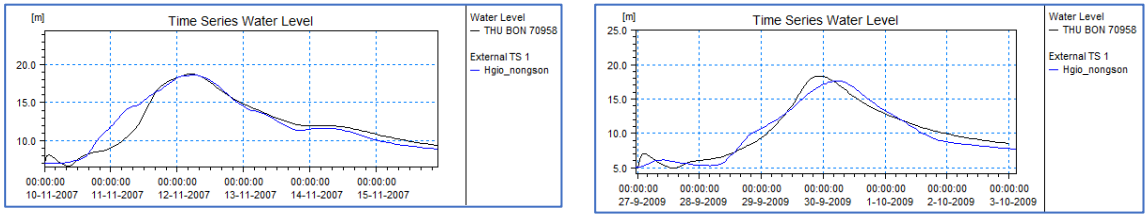
Hình 4-21. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Thành Mỹ



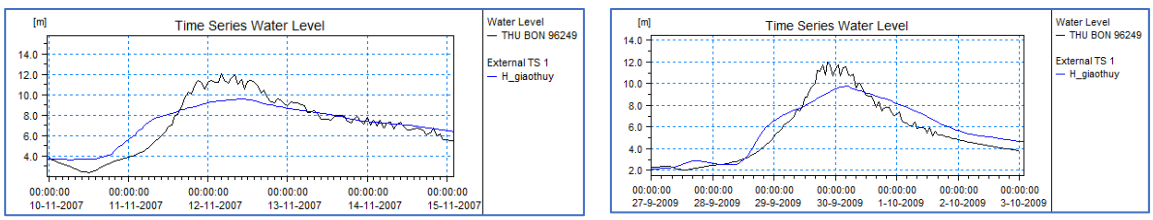
Hình 4-22. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Ái Nghĩa



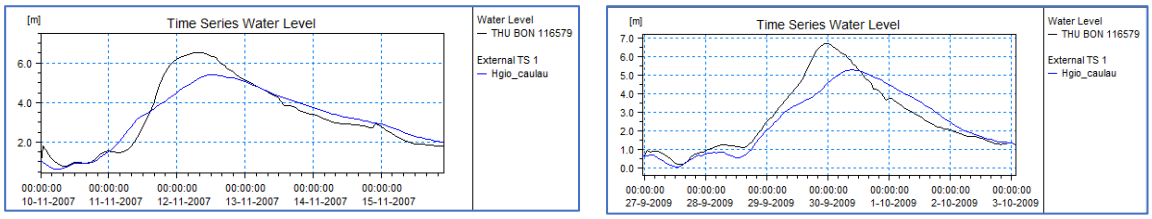
Hình 4-23. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Nông Sơn



Hình 4-24. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Nông Sơn



Hình 4-25. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Giao Thủy

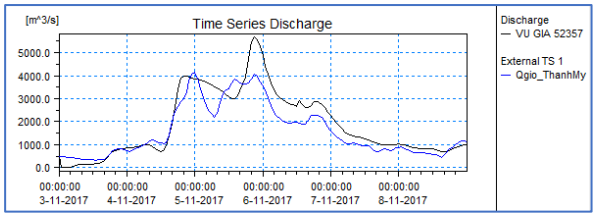


Hình 4-26. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Câu Lâu

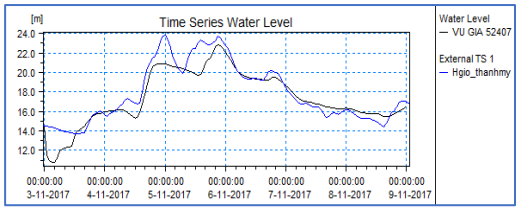
Có thể thấy các đường mực nước tính toán và thực đo tại các điểm kiểm định tương đối khớp về hình dạng và giá trị đỉnh, không xuất hiện sai số lớn về trị tuyệt đối cũng như thời điểm xuất hiện cực trị địa phương và toàn phương.

b. Kiểm định mô hình

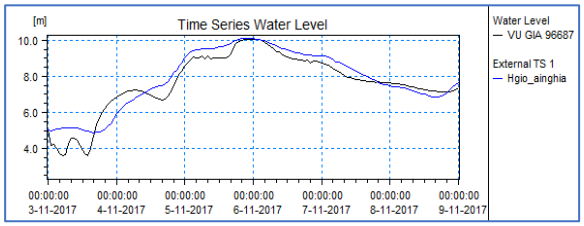
Sau khi tối ưu bộ thông số, để kiểm tra mức độ tin cậy cần kiểm định với bộ số liệu độc lập. Đề tài sử dụng số liệu trận lũ năm 2017 từ ngày 03/11- 09/11 để kiểm định bộ thông số của mô hình.



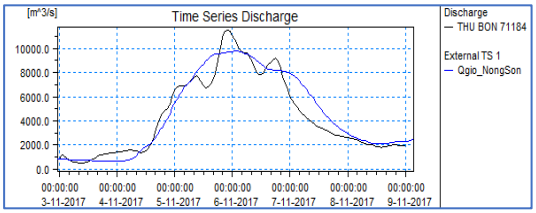
Hình 4-27. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Thành Mỹ



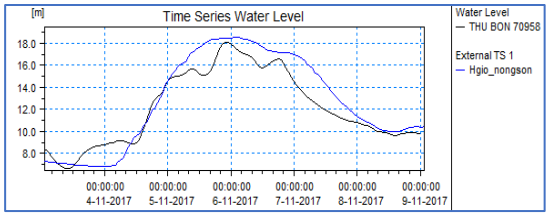
Hình 4-28. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Thành Mỹ



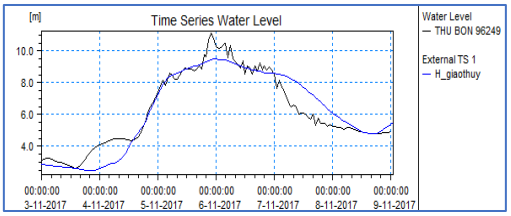
Hình 4-29. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Ái Nghĩa



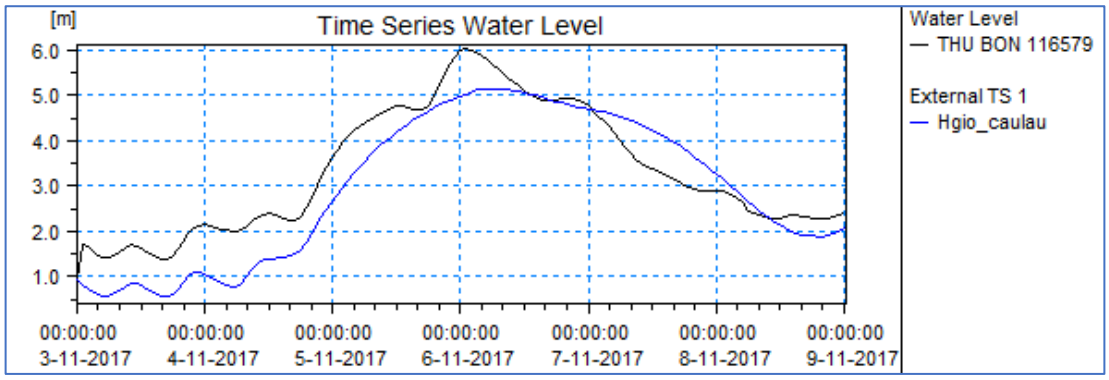
Hình 4-30. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Nông Sơn



Hình 4-31. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Nông Sơn



Hình 4-32. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Giao Thủy



Hình 4-33. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Câu Lâu

Đánh giá độ tin cậy

Kết quả tính toán các chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô hình tại một số điểm kiểm định như sau:

Bảng 4.41. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2007

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
1	Q	Nông Sơn	Thu Bồn	0,80	0,44	0,12
2	Q	Thành Mỹ	Vu Gia	0,71	0,53	0,17
3	H	Thành Mỹ	Vu Gia	0,88	0,34	0,00
4	H	Ái Nghĩa	Vu Gia	0,80	0,45	0,01
5	H	Nông Sơn	Thu Bồn	0,91	0,3	0,01
6	H	Giao Thủy	Thu Bồn	0,57	0,65	0,03
7	H	Câu Lâu	Thu Bồn	0,83	0,41	0,04

Bảng 4.42. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2009

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
1	Q	Nông Sơn	Thu Bồn	0,88	0,34	0,09
2	Q	Thành Mỹ	Vu Gia	0,88	0,35	0,15
3	H	Thành Mỹ	Vu Gia	0,90	0,32	0,00
4	H	Ái Nghĩa	Vu Gia	0,88	0,35	0,01
5	H	Nông Sơn	Thu Bồn	0,94	0,25	0,01
6	H	Giao Thủy	Thu Bồn	0,83	0,42	0,03
7	H	Câu Lâu	Thu Bồn	0,77	0,48	0,09

Bảng 4.43. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2017

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
1	Q	Nông Sơn	Thu Bồn	0,91	0,31	0,05
2	Q	Thành Mỹ	Vu Gia	0,74	0,51	0,11
3	H	Thành Mỹ	Vu Gia	0,85	0,38	0,00
4	H	Ái Nghĩa	Vu Gia	0,88	0,35	0,01
5	H	Nông Sơn	Thu Bồn	0,88	0,34	0,01
6	H	Giao Thủy	Thu Bồn	0,89	0,32	0,02
7	H	Câu Lâu	Thu Bồn	0,81	0,44	0,05

Như vậy kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực cho số liệu trận lũ các năm 2007, 2009 và 2017 cho kết quả tốt, hoàn nguyên đầy đủ quá trình mực nước và lưu lượng thực đo. Các chỉ tiêu NSE, RSR, PBIAS đạt kết quả tốt/rất tốt so với tiêu chí đánh giá. Do đó bộ thông số mô hình một chiều là đáng tin cậy, có thể sử dụng để mô phỏng dòng chảy lũ cho hệ thống Vu Gia - Thu Bồn.

4.2.3. Xây dựng mô hình thuỷ lực 2 chiều kết nối 1 chiều - 2 chiều [92]

4.2.3.1. Lựa chọn mô hình sử dụng cho đề tài

Dựa trên tính phổ biến và khả năng tích hợp, Đề tài chọn bộ mô hình MIKE để mô phỏng lũ và đánh giá nguy cơ ngập cho hạ du sông Vu Gia – Thu Bồn. Do dòng chảy vùng ngập gồm cả dòng tập trung và tràn mặt nên cần kết hợp mô hình 1 chiều (MIKE 11) và 2 chiều (MIKE 21). Để tối ưu hiệu quả và giảm khối lượng tính toán, Đề tài sử dụng mô hình MIKE FLOOD – tích hợp MIKE 11 và MIKE 21 – chỉ kích hoạt mô hình 2 chiều khi có tràn, nhằm mô phỏng chính xác và hiệu quả quá trình ngập lụt.

Cơ sở lý thuyết của mô hình được trình bày chi tiết trong báo cáo chuyên đề Xây dựng mô hình thuỷ văn, thuỷ lực kết nối 1- 2 chiều trong nội dung 5.

4.2.3.2. Thiết lập mô hình Mike Flood

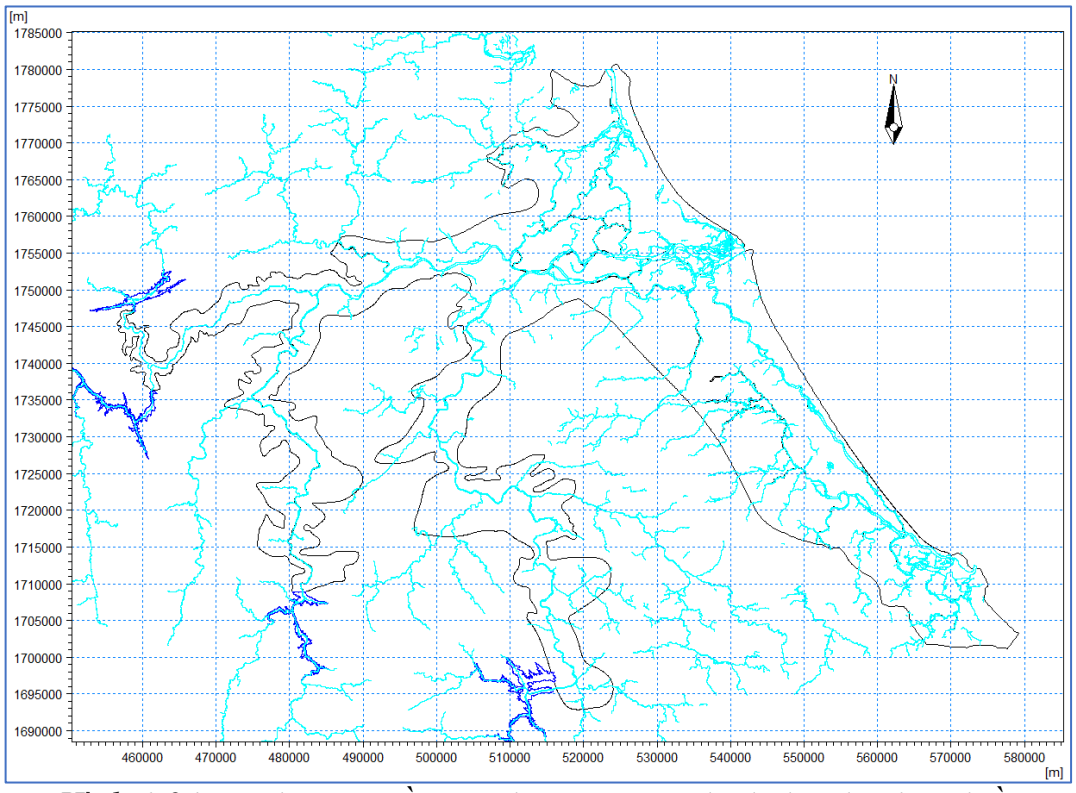
Như đã nêu ở phần trước, Đề tài lựa chọn sử dụng MIKE FLOOD để có thể kết nối giữa 2 mô hình MIKE11, MIKE21 trong việc tính toán lũ cho hệ thống sông và đồng bằng ngập lũ VGTB. Trong đó, mạng lưới thủy lực một chiều đã được Đề tài nghiên cứu xây dựng ở mục xây dựn mô hình 1 chiều Mike 11 ở trên. Dưới đây sẽ trình bày nội dung thiết lập mô hình thủy lực 2 chiều MIKE 21 và kết nối 1 chiều – 2 chiều.

1. Thiết lập mô hình MIKE 21 FM [92]

a. Phạm vi mô phỏng trên mô hình hai chiều:

Mục đích của việc xác định miền tính cho mô hình 2 chiều nhằm giảm bớt khối lượng tính toán mà không ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng. Dựa trên bản đồ vết lũ các trận lũ lớn đo đạc trong năm 1999, 2009, qua khảo sát thực địa tại địa bàn tỉnh Quảng Nam, TP Đà Nẵng, nhóm thực hiện Đề tài xác định ranh

giới mô hình 2 chiều như sau: Phía trên tính từ hạ du các hồ chứa thủy điện A Vương, Sông Bung 4, Đắk Mi 4, Sông Tranh 2 kéo đến vùng bờ biển của Quảng Nam và Đà Nẵng.



Hình 4-34. Ranh giới miền mô phỏng trên mô hình thủy lực hai chiều

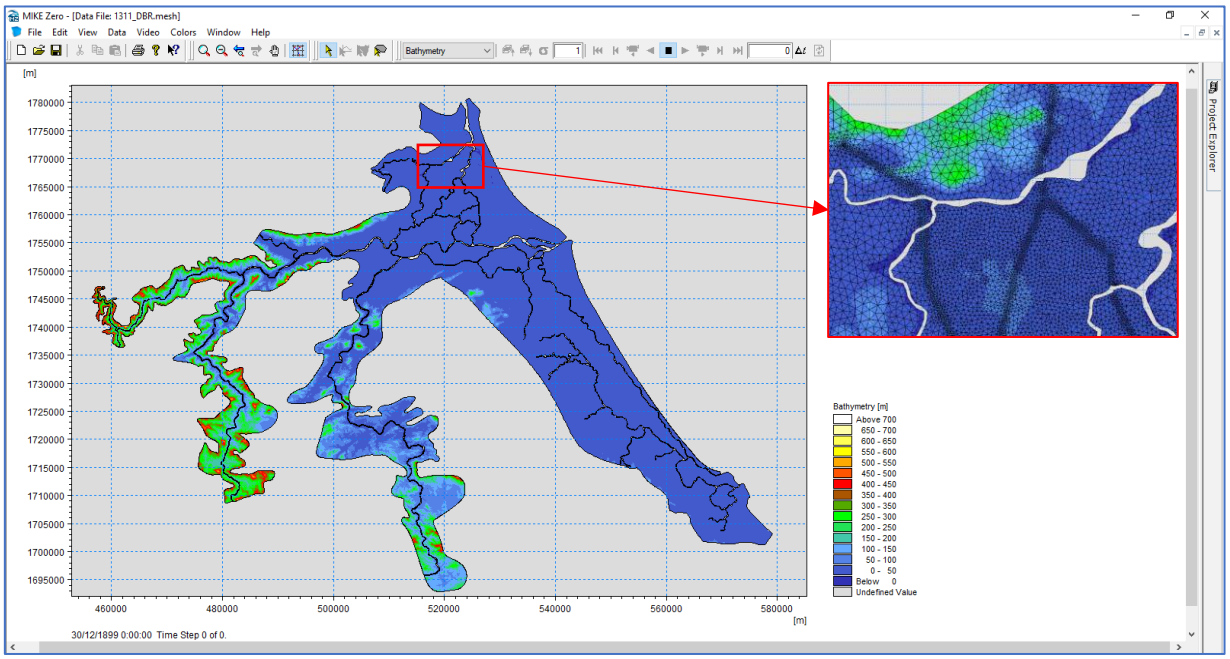
b. Xây dựng lưới tính toán

Đề tài sử dụng module Mesh Generator của Mike21FM để tạo lập lưới tính cho miền tính 2 chiều gồm các bãi chứa lũ dọc theo các sông trong miền mô phỏng.

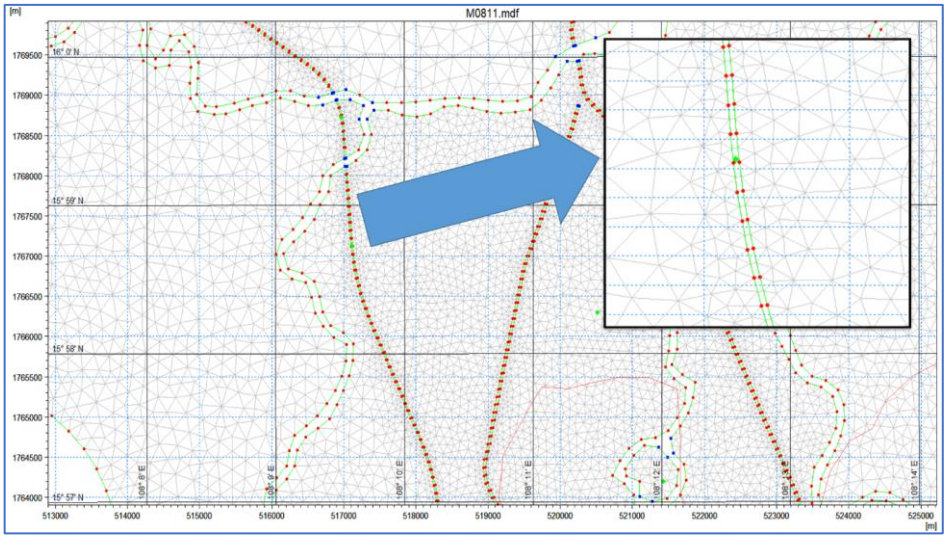
Trong việc thiết lập mô hình, bước lưới phù hợp là yếu tố quan trọng để thu được kết quả đáng tin cậy từ những mô phỏng. Lưới tính cho các vùng là đồng ruộng, khu vực bằng phẳng có diện tích lớn để giảm số phần tử tính toán nhưng vẫn đảm bảo được mức độ chi tiết kỹ thuật. Với những khu vực có sự thay đổi nhiều về địa hình như đường giao thông, cầu, cống, khu rìa các bờ sông, đê kè, hay các khu dân cư hoặc các vùng cần có mức độ chi tiết thì số mắt lưới được tăng dày. Trên cơ sở đó, khu vực nghiên cứu được rời rạc hóa thành 510416 phần tử hữu hạn (element) và 273336 nút lưới (node). Đối với các tuyến đường giao thông quan trọng, Đề tài sử dụng lưới tứ giác để mô phỏng sát với thực tế nhất.

Sau khi hoàn thành công việc chia lưới, tiến hành nội suy các giá trị độ cao cho lưới tính từ số liệu đầu vào là số liệu địa hình và số liệu DEM độ cao.

Kết quả xây dựng lưới tính toán cho khu vực VGTB như hình dưới đây.



Hình 4-35. Kết quả chia lưới địa hình cho khu vực VGTB



Hình 4-36. Lưới tứ giác được áp dụng cho các tuyến đường giao thông quan trọng

c. Thiết lập các thông số cơ bản của mô hình

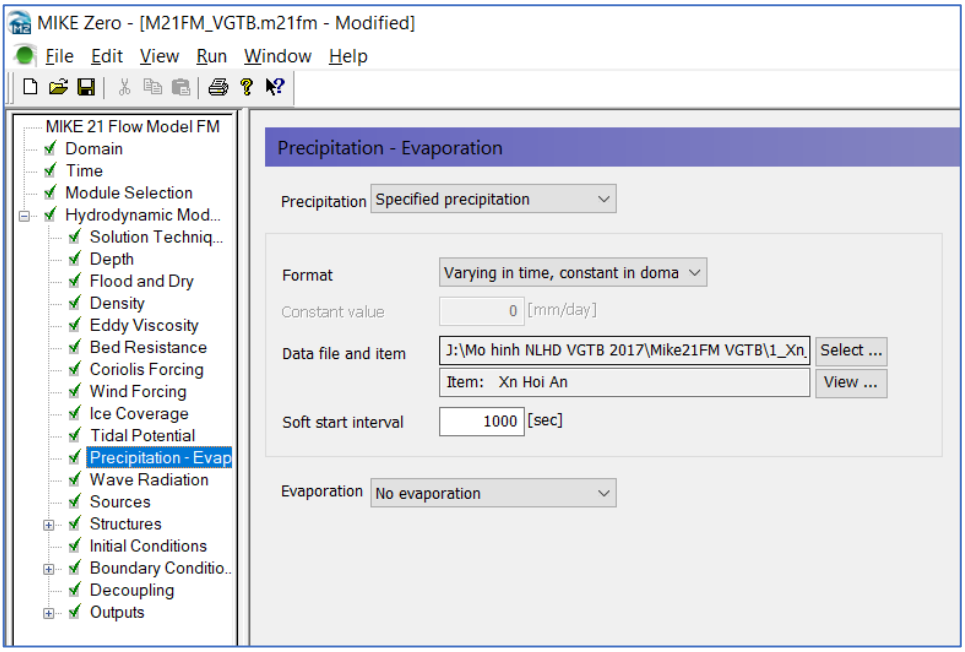
Các thông số được thiết lập bao gồm:

- Địa hình, hệ số nhám, điều kiện ban đầu,...
- Các công trình: cầu, cống, đường giao thông.

Số liệu địa hình của vùng nghiên cứu đã được mô phỏng ở bước xây dựng lưới tính.

Hệ số nhám của khu vực nghiên cứu tham khảo TCVN 13615 : 2022

Ngoài các dữ liệu dòng chảy được trao đổi từ mô hình MIKE 11, trong mô hình MIKE 21 còn bổ sung dữ liệu mưa trên vùng đồng bằng thông qua công cụ "Precipiation-Evaporation". Đề tài sử dụng chuỗi số liệu mưa giờ tại trạm Hội An.

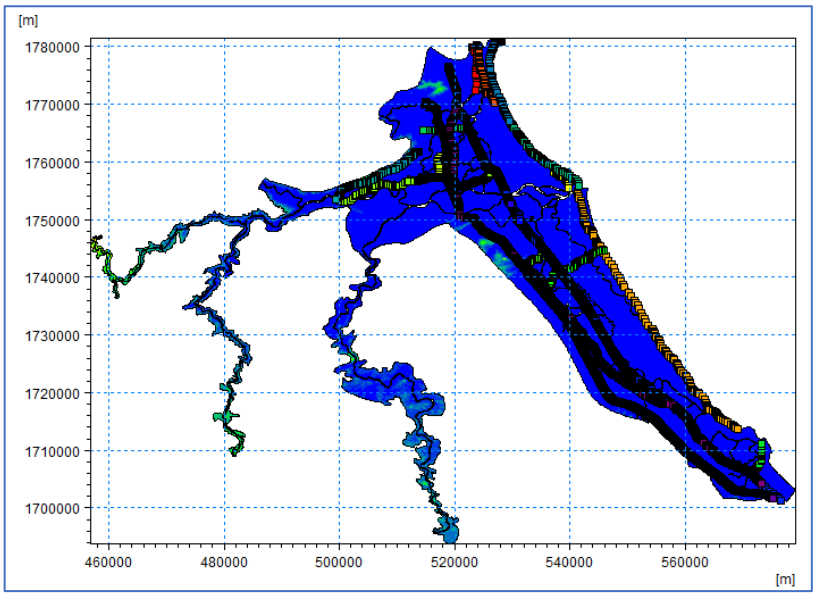


Hình 4-37. Thiết lập mưa cho mô hình MIKE 21 FM

Tiến hành khai báo các tuyến đường, cầu, cống qua đường trong lưu vực VGTB tại modul Structures của mô hình MIKE 21 FM. Đối với các tuyến đường chính, ngoài việc mô phỏng bằng cách chia lưới còn được mô phỏng tại modul Dike.

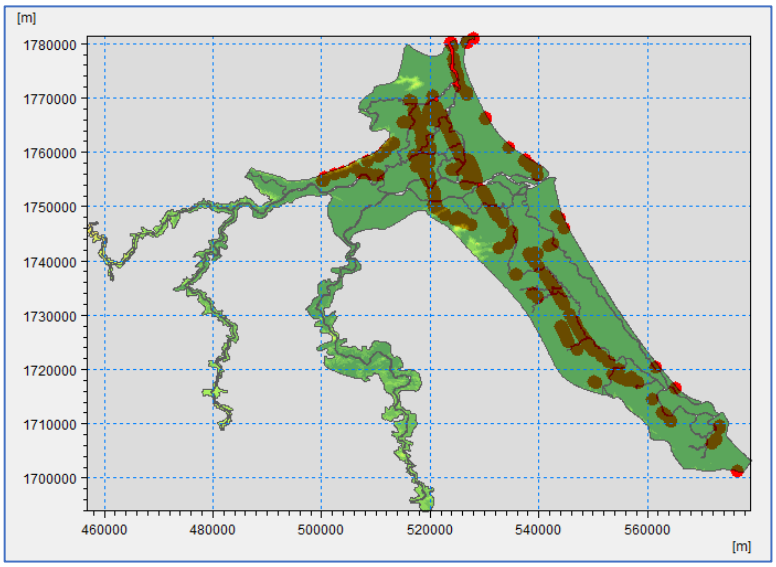
Bảng 4.44. Danh sách các tuyến đường chính được mô phỏng thông qua modul Dike

STT	**Tuyến đường**	**STT**	**Tuyến đường**
1	Bạch Đằng	9	Đường tỉnh 618
2	Hữu sông Hàn	10	Nam Kỳ Khởi Nghĩa
3	Cửa Đại – Kỳ Hòa	11	Ngũ Hành Sơn – Cửa Đại
4	Cửa Đại	12	Quốc lộ 14B
5	Đường tỉnh 605	13	Sơn Trà – Ngũ Hành Sơn
6	Đường tỉnh 609	14	Quốc lộ 1A
7	Đường tỉnh 611	15	Cao tốc
8	Đường tỉnh 613	16	Đường sắt



Hình 4-38. Các tuyến đường chính được mô phỏng trong MIKE 21 FM

Ngoài các tuyến đường chính, Đề tài đã mô phỏng các công trình cầu, cống qua đường thông qua modul Culvert của mô hình MIKE 21 FM. Tổng cộng có 248 cống, 55 cầu qua đường (danh sách chi tiết thể hiện tại chuyên đề 5.2.2 và 5.2.3) đã được Đề tài mô phỏng.



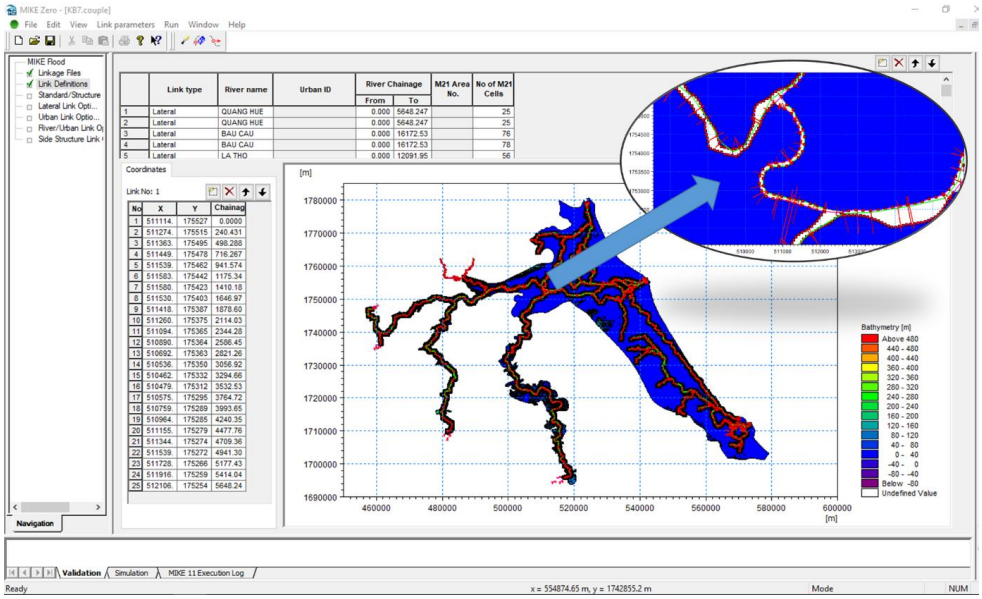
Hình 4-39. Vị trí các cầu, cống qua đường được mô phỏng trong MIKE 21 FM

2. Thiết lập mô hình MIKE FLOOD kết nối mô hình một chiều và hai chiều

Mô hình MIKE 21 và mô hình MIKE 11 được kết nối với nhau thông qua dạng kết nối bên (Lateral links). Kết nối bên được thực hiện tại tất cả các trục sông trong vùng nghiên cứu. Vị trí các kết nối bên được xác định thông qua xác định phạm vi dòng chảy thường xuyên trong sông. Liên kết bên được thiết lập cho hai bên bờ trái và bờ phải của sông.

Sự trao đổi nước giữa sông và đồng thông qua các liên kết bên được mô phỏng như dòng chảy qua các đập tràn với hệ số lưu lượng ω = 1,838. Chế độ lan truyền dòng chảy trực tiếp qua các ô (cell to cell), cao trình các tuyến tràn được lựa chọn tự động thông qua so sánh cao độ giữa cao độ địa hình trong MIKE 21 và cao độ bờ sông trong MIKE 11. Hệ số hiệu chỉnh độ sâu tính toán ổn định (depth Tolerance) là 0,1 m.

Kết quả thiết lập kết nối mô hình MIKE 11 và MIKE 21 cho lưu vực VGTB được thể hiện như trong hình dưới đây.



Hình 4-40. Kết quả kết nối mô hình MIKE 11 và MIKE 21

4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE FLOOD

Qua nghiên cứu, phân tích số liệu thủy văn và hiện trạng ngập lũ cũng như các công trình xây dựng, cơ sở hạ tầng, các công trình hồ chứa thủy điện, Đề tài lựa chọn các trận lũ sau để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình:

- Trận lũ để hiệu chỉnh mô hình: trận lũ từ 10/11 - 15/11/2007 và trận lũ từ 28/9- 04/10/2009.

- Trận lũ để kiểm định mô hình: trận lũ từ 03/11- 09/11/2017, trận lũ từ ngày 06/10 đến 16/10 năm 2020 và trận lũ từ ngày 08/10 đến 19/10năm 2022.

Trên cơ sở thiết lập mô hình và lựa chọn các điều kiện biên về không gian cũng như thời gian, tiến hành hiệu chỉnh mô hình cho đến khi kết quả mô phỏng dòng chảy trên sông phù hợp với kết quả thực đo từ các trạm quan trắc và kết quả mô phỏng ngập lụt phù hợp với kết quả điều tra vết lũ lịch sử.

Tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình như đã nêu tại phần thiết lập, hiệu chỉnh mô hình thuỷ văn và thuỷ lực 1 chiều ở trên.

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình, Đề tài sử dụng 03 chỉ số để đánh giá chất lượng của mô hình so với số liệu quan trắc thực tế bao gồm: NSE, RSR, PBIAS.

a. Hiệu chỉnh mô hình

Việc hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình gồm hiệu chỉnh thông số mô hình 1 chiều và mô hình 2 chiều sao cho kết quả tính toán phù hợp với số liệu thực đo tại các trạm có số liệu đo đạc lưu lượng và mực nước, kết quả mô phỏng ngập lụt phù hợp kết quả điều tra vết lũ.

Để hiệu chỉnh mô hình, Đề tài sử dụng số liệu trận lũ từ ngày 10/11/2007 đến ngày 15/11/2007 và số liệu trận lũ từ ngày 28/9/2009 đến ngày 04/10/2009.

Tiến hành kiểm tra giá trị lưu lượng, mực nước tính toán và thực đo tại một số trạm thủy văn gồm:

Trạm Thành Mỹ trên sông Vu Gia tại vị trí chainage 52307

Trạm Ái Nghĩa trên sông Vu Gia tại vị trí chainage 96687

Trạm Nông Sơn trên sông Thu Bồn tại vị trí chainage 70316

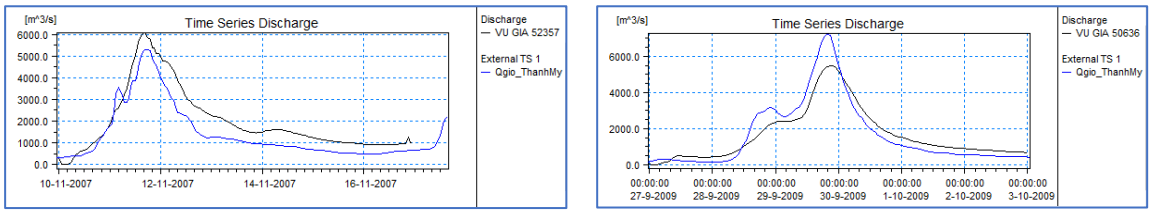
Trạm Giao Thủy trên sông Thu Bồn tại vị trí chainage 97650

Trạm Câu Lâu trên sông Thu Bồn tại vị trí chainage 116579

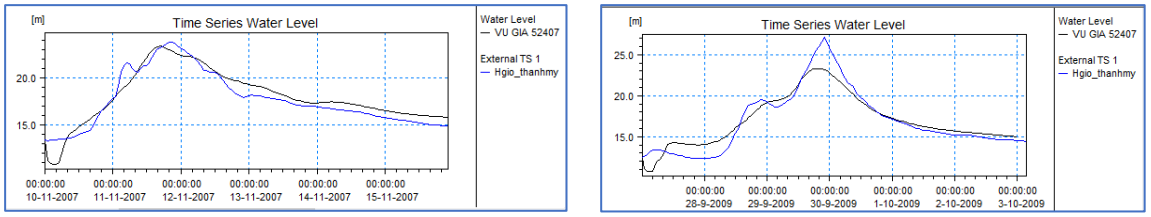
Trạm Hội An trên sông Cẩm An tại vị trí chainage 3138.5

Trạm Cẩm Lệ trên sông Vu Gia tại vị trí chainage 117317

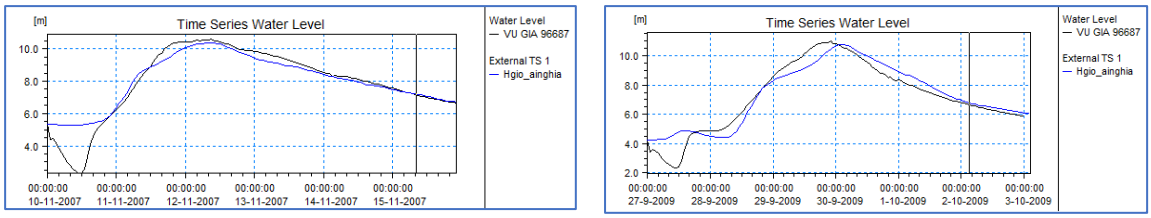
Kết quả tính toán như sau:



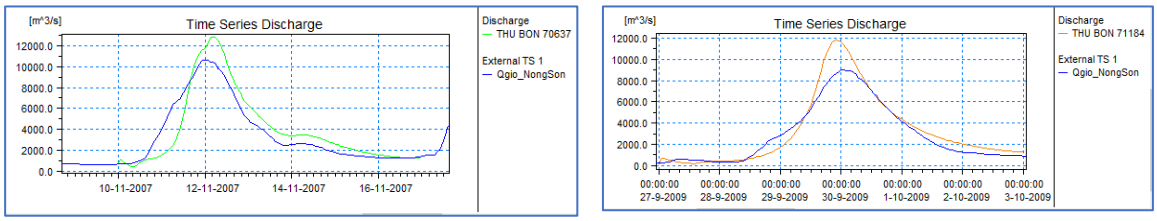
Hình 4-41. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Thành Mỹ



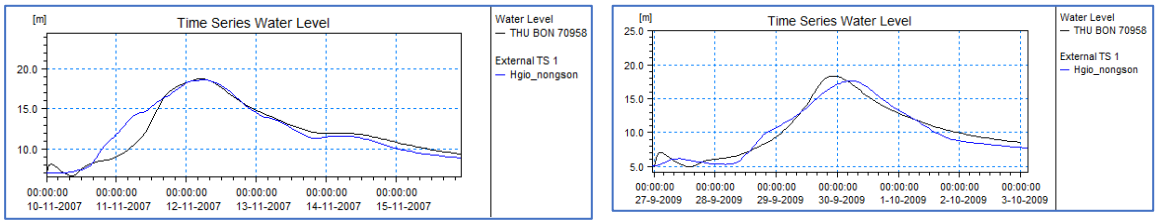
Hình 4-42. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Thành Mỹ



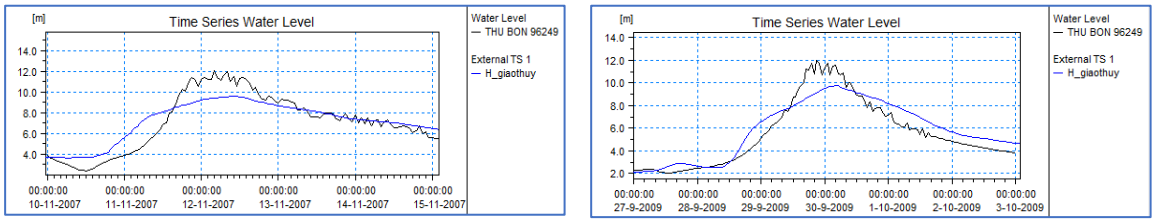
Hình 4-43. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Ái Nghĩa



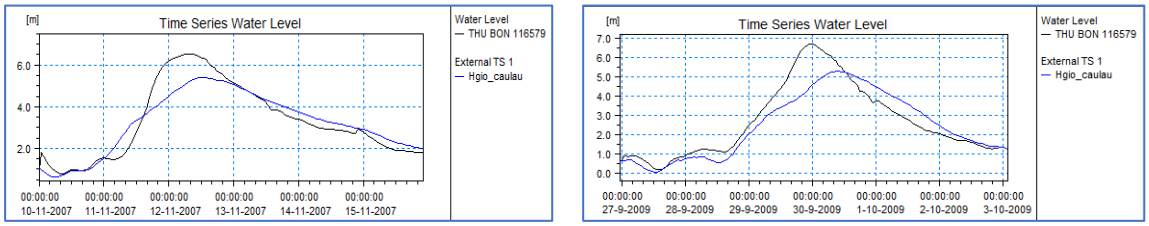
Hình 4-44. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Nông Sơn



Hình 4-45. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Nông Sơn



Hình 4-46. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Giao Thủy



Hình 4-47. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Câu Lâu

Đánh giá độ tin cậy:

Bảng 4.45. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2007

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
1	Q	Nông Sơn	Thu Bồn	0,80	0,44	12
2	Q	Thành Mỹ	Vu Gia	0,71	0,53	17
3	H	Thành Mỹ	Vu Gia	0,88	0,34	00

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
4	H	Ái Nghĩa	Vu Gia	0,80	0,45	01
5	H	Nông Sơn	Thu Bồn	0,91	0,3	01
6	H	Giao Thủy	Thu Bồn	0,57	0,65	03
7	H	Câu Lâu	Thu Bồn	0,83	0,41	04

Bảng 4.46. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2009

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
1	Q	Nông Sơn	Thu Bồn	0,88	0,34	09
2	Q	Thành Mỹ	Vu Gia	0,88	0,35	15
3	H	Thành Mỹ	Vu Gia	0,90	0,32	00
4	H	Ái Nghĩa	Vu Gia	0,88	0,35	01
5	H	Nông Sơn	Thu Bồn	0,94	0,25	01
6	H	Giao Thủy	Thu Bồn	0,83	0,42	03
7	H	Câu Lâu	Thu Bồn	0,77	0,48	09

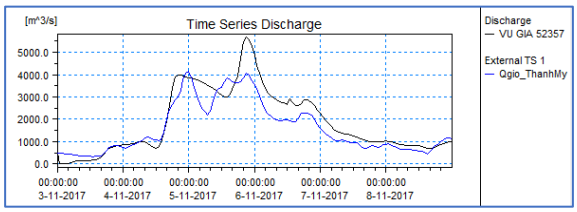
b. Kiểm định mô hình

Trận lũ năm 2017

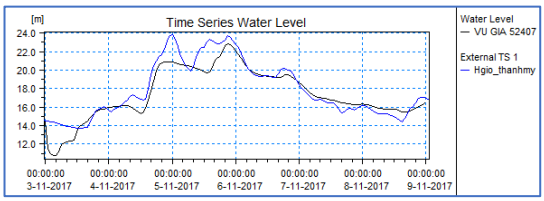
Đề tài sử dụng số liệu trận lũ năm 2017 từ ngày 03/11- 09/11 để kiểm định bộ thông số của mô hình.

So sánh mô phỏng và tính toán

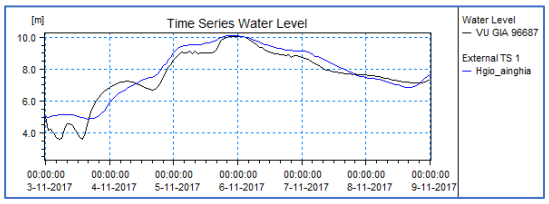
Kết quả tính toán mực nước, lưu lượng so với giá trị thực đo tại một số trạm thủy văn như sau:



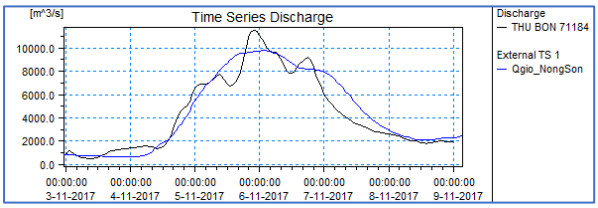
Hình 4-48. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Thành Mỹ



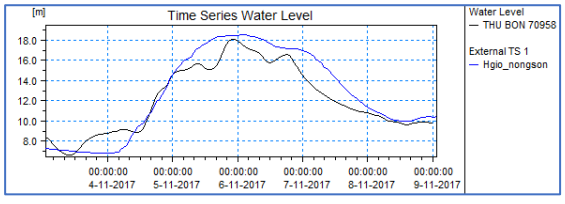
Hình 4-49. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Thành Mỹ



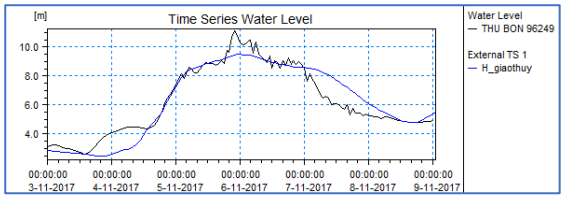
Hình 4-50. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Ái Nghĩa



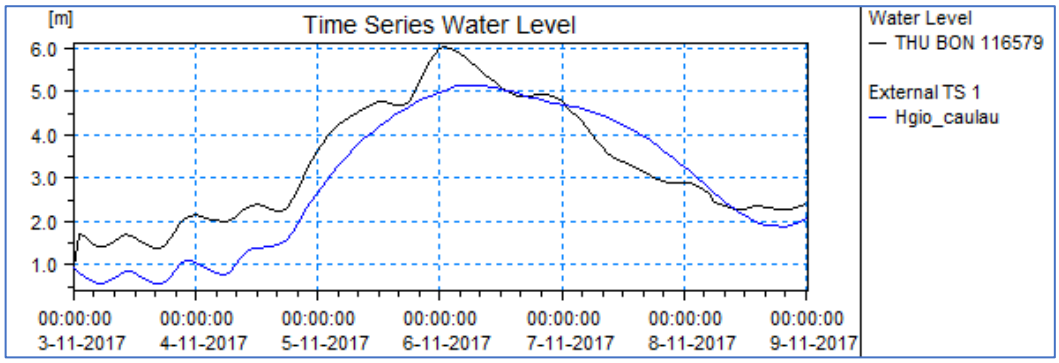
Hình 4-51. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Nông Sơn



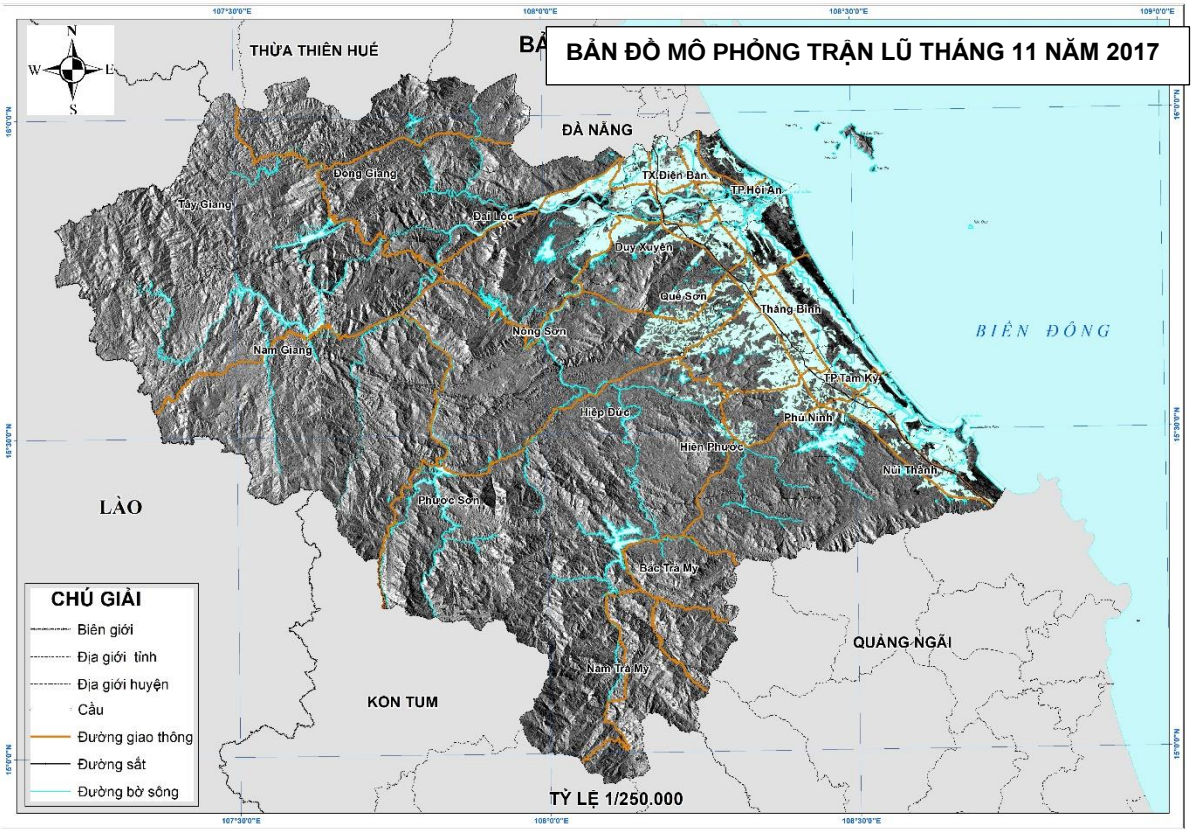
Hình 4-52. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Nông Sơn



Hình 4-53. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Giao Thủy



Hình 4-54. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Câu Lâu



Hình 4-55. So sánh kết quả ngập lụt mô phỏng và bản đồ ngập lụt năm 2017

Kết quả mô phỏng ngập lụt cho trận lũ tháng 11/2017 so với bản đồ ngập lụt thực tế khá tương đồng. Trong trận lũ này, ngập lụt xảy ra trên diện rộng tại 82 xã, phường thị trấn của tỉnh Quảng Nam (thuộc các huyện Phú Ninh, Nam Trà My, Nam Giang, Duy Xuyên, Tam Kỳ, Tiên Phước, Hội An, Thăng Bình, Quế Sơn, Đại Lộc, Bắc Trà My).

Đánh giá độ tin cậy

Kết quả tính toán các chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô hình tại một số điểm kiểm định như sau

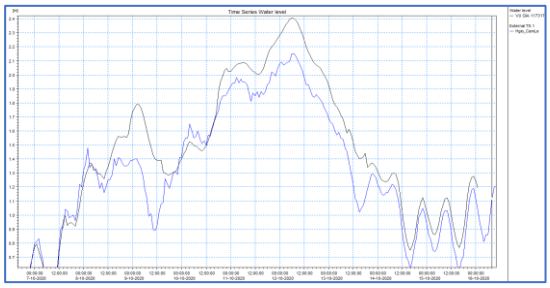
Bảng 4.47. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2017

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
1	Q	Nông Sơn	Thu Bồn	0,91	0,31	05
2	Q	Thành Mỹ	Vu Gia	0,74	0,51	11
3	H	Thành Mỹ	Vu Gia	0,85	0,38	00
4	H	Ái Nghĩa	Vu Gia	0,88	0,35	01
5	H	Nông Sơn	Thu Bồn	0,88	0,34	01
6	H	Giao Thủy	Thu Bồn	0,89	0,32	02
7	H	Câu Lâu	Thu Bồn	0,81	0,44	05

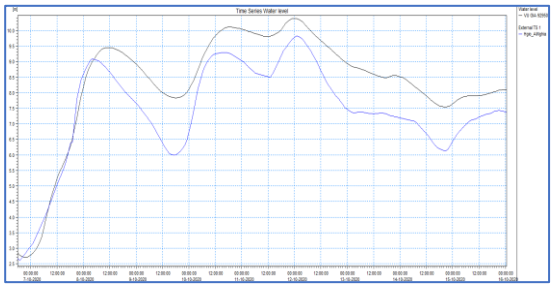
Trận lũ năm 2020

Sử dụng trận lũ năm 2020 diễn ra từ ngày 06/10 đến 16/10 để kiểm định mô hình phần ngập lụt hạ du.

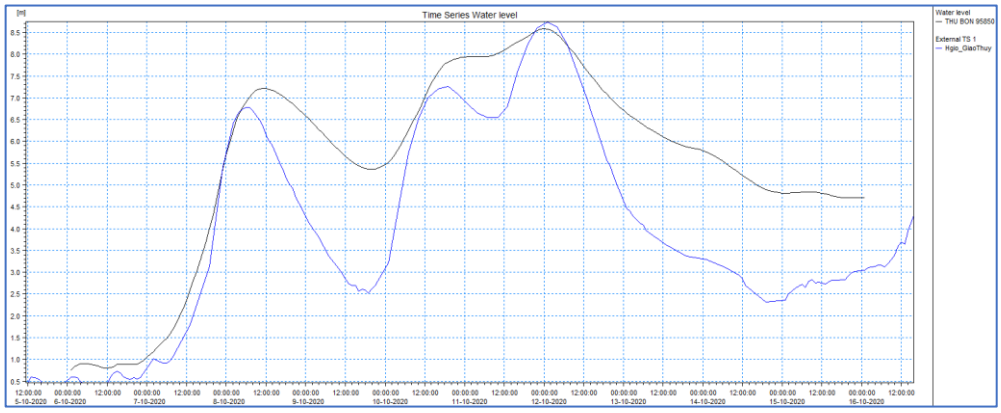
So sánh mô phỏng và tính toán



Hình 4-56. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2020 tại trạm Cẩm Lệ



Hình 4-57. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2020 tại trạm Ái Nghĩa



Hình 4-58. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2020 tại trạm Giao Thủy

Đánh giá độ tin cậy

Bảng 4.48. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2020

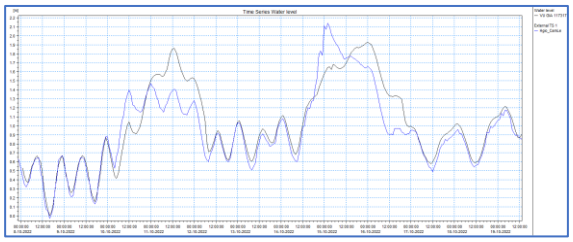
TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
1	H	Cẩm Lệ	Vu Gia	0.90	0.32	11

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
2	H	Ái Nghĩa	Vu Gia	0.76	0.49	11
3	H	Giao Thủy	Thu Bồn	0.52	0.76	20

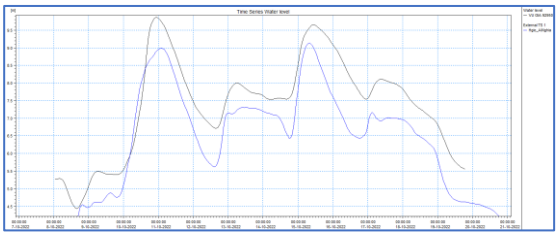
Trận lũ năm 2022

Mô phỏng trận lũ năm 2022 từ ngày 08/10 đến 19/10

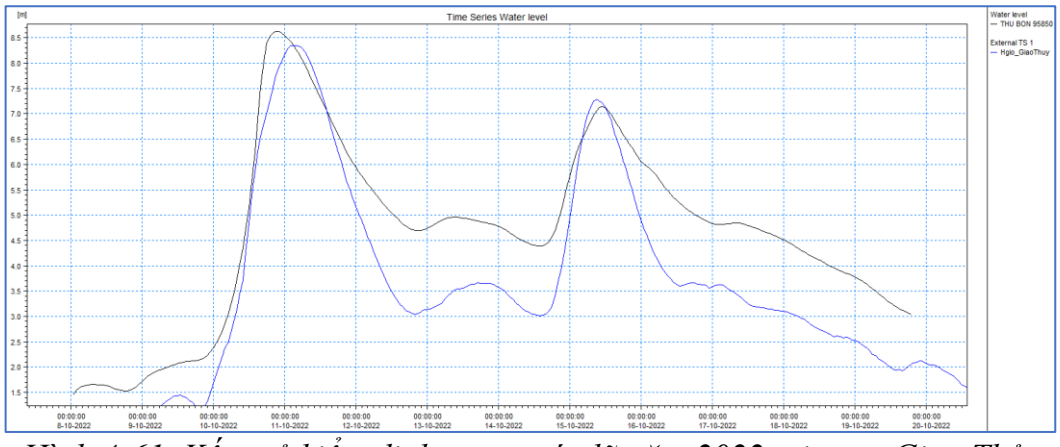
So sánh mô phỏng và tính toán



Hình 4-59. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2022 tại trạm Cẩm Lệ



Hình 4-60. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2022 tại trạm Ái Nghĩa



Hình 4-61. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2022 tại trạm Giao Thủy

Đánh giá độ tin cậy

Bảng 4.49. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2022

TT	Yếu tố	Trạm	Sông	NSE	RSR	PBIAS
1	H	Cẩm Lệ	Vu Gia	0.81	0.44	15
2	H	Ái Nghĩa	Vu Gia	0.57	0.66	11
3	H	Giao Thủy	Thu Bồn	0.60	0.63	18

Như vậy kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực cho số liệu trận lũ các năm 2007, 2009, 2017, 2020 và 2022 cho kết quả tốt với các chỉ tiêu NSE, RSR, PBIAS đạt kết quả tốt/rất tốt so với tiêu chí đánh giá. Do đó bộ thông số mô hình là đáng tin cậy, có thể sử dụng để tính toán các kịch bản mô phỏng dòng chảy lũ cho hệ thống Vu Gia - Thu Bồn.

4.2.3.3. Kết quả tính toán các kịch bản xả lũ vỡ đập

1. Các kịch bản tính toán

Sử dụng bộ thông số mô hình MIKE FLOOD đã tìm được, trên cơ sở các kịch bản đã được xây dựng tiến hành tính toán mô phỏng cho lưu vực VGTB với tổng số kịch bản là 24 kịch bản, chi tiết các kịch bản xảy ra lũ lớn, lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông VG-TB tại **Bảng 4.1.**

2. Kết quả tính toán

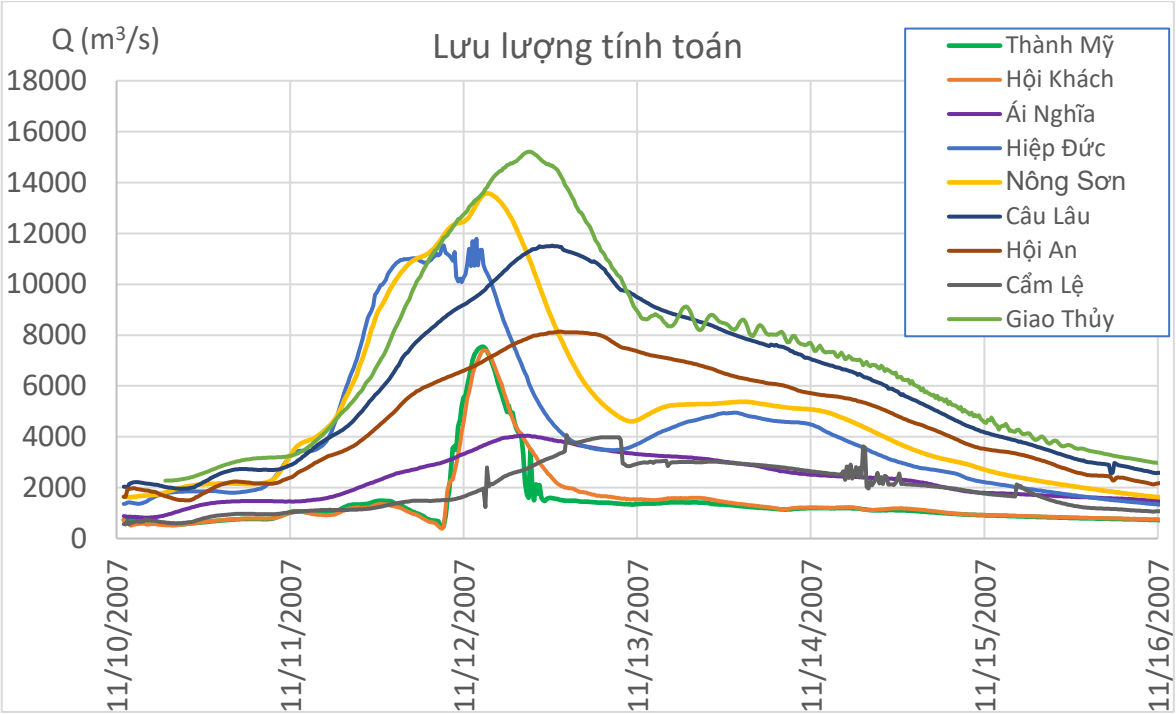
Từ kết quả tính toán của 24 kịch bản chúng tôi trích xuất kết quả ra giá trị Q, Hmax tại các trạm thuỷ văn, đường quá trình Q và H, diện tích độ sâu ngập, căn cứ vào đó đưa mức độ RRTT và kích hoạt các phương án ứng phó. Kết quả trích xuất được chi tiết 24 KB tại chuyên đề 5.2.3 và sản phẩm số 5, dưới đây là kết quả của 1 kịch bản đại diện Kịch bản 1 (KB1):

1- Kịch bản 01: các hồ chứa trên nhánh sông Vu Gia xả lũ thiết kế, sông Thu Bồn xả lũ 1%

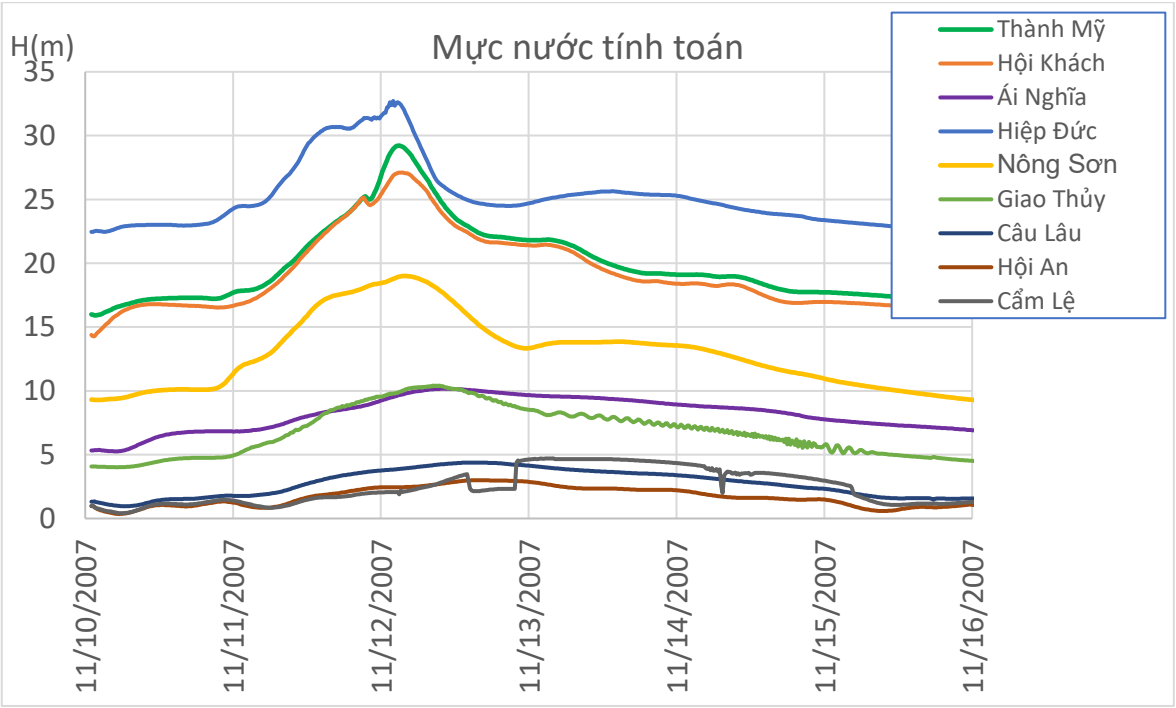
Bảng 4.50. Kết quả tính toán giá trị Q, H max tại một số trạm thủy văn - KB1

TT	Sông	Trạm thủy văn	Chainage	Q	H	Cấp báo động
1	Vu Gia	Hội Khách	VU GIA 67343	15418,57	21,994	III
2	Vu Gia	Ái Nghĩa	VU GIA 96687	4019,886	10,161	III
3	Thu Bồn	Câu Lâu	THU BON 116579	11480,41	4,377	III
4	Thu Bồn	Hiệp Đức	THU BON 41369	12264,95	32,718	III
5	Thu Bồn	Giao Thủy	THU BON 96249	15840,36	10,42	III
6	Thu Bồn	Nông Sơn	THU BON 70958	13603,76	18,999	III
7	Cái (Vu Gia)	Thành Mỹ	VU GIA 52407	7544,301	29,221	III
8	Cẩm An	Hội An	CAM AN 3138.5	8241,219	2,994	III
9	Vu Gia	Cẩm Lệ	VU GIA 117317	4071,716	4,71	III

(Cấp báo động trên các sông căn cứ Quyết định 05/2020/QĐ-TTg ngày 31/01/2020 của Thủ tướng Chính phủ)



Hình 4-62. Lưu lượng tính toán tại một số trạm thủy văn trên lưu vực VGTB - KB1



Hình 4-63. Mực nước tính toán tại một số trạm thủy văn trên lưu vực VGTB - KB1

Bảng 4.51. Kết quả tính toán diện tích ngập lụt cho lưu vực VGTB theo KB1

Độ ngập sâu	**Diện tích theo độ ngập sâu (km^2)**	
	Đà Nẵng	**Quảng Nam**
< 0.5	3.78	65.64
0.5 - 1.0	7.02	89.24

Độ ngập sâu	Diện tích theo độ ngập sâu (km^2)	
	Đà Nẵng	**Quảng Nam**
1.0 - 1.5	7.79	86.40
1.5 - 2.0	7.87	72.94
2.0 - 2.5	9.18	59.52
2.5 - 3.0	9.46	37.85
3.0 - 3.5	5.42	23.53
> 3.5	5.10	88.78

4.2.4. Xây Dựng bản đồ ngập lụt theo các kịch bản đã xây dựng

4.2.4.1. Cơ sở khoa học để xây dựng bản đồ lũ lụt.

Tổng quan: Bản đồ lũ lụt là công cụ được sử dụng để giúp chuẩn bị cho lũ lụt và giảm thiểu tác động của chúng. Chúng phác thảo các mối nguy hiểm lũ lụt tiềm ẩn giúp những người ra quyết định [89] Chuẩn bị và giảm thiểu lũ lụt; Quy hoạch sử dụng đất; Quản lý khẩn cấp và Nhận thức của người dân về nguy cơ lũ lụt.

4.2.4.2. Các loại bản đồ lũ lụt:

Bản đồ lũ lụt xác định các khu vực bị nước bao phủ trong các đợt lũ lụt thực tế hoặc tiềm ẩn. Chúng có thể xác định khả năng xảy ra lũ lụt và tác động của nó đối với các công trình, con người và tài sản. Sau đây là các loại bản đồ lũ lụt khác nhau thường được sử dụng:

1 - Bản đồ ngập lụt: Các bản đồ hiển thị phạm vi nước lũ của các đợt lũ lụt thực sự hoặc cho thấy khả năng bao phủ nước lũ đối với các đợt lũ lụt có cường độ khác nhau. Chúng nhằm hỗ trợ các kế hoạch chuẩn bị khẩn cấp cho cộng đồng ở vùng đồng bằng ngập lũ và vùng có nguy cơ lũ lụt.

2 - Bản đồ phạm vi lụt/bản đồ khẩn cấp: Một loại bản đồ ngập lụt cho thấy sự phân bố hoặc phạm vi ngập trong các sự kiện thời gian thực. Chúng hỗ trợ cho công tác chuẩn bị và ứng phó khẩn cấp cho các cộng đồng nằm trong vùng ngập lũ.

3 - Bản đồ nguy cơ lũ lụt: Hiển thị các khu vực có khả năng xảy ra lũ lụt trong các tình huống khác nhau dựa trên các nghiên cứu về thủy văn và thủy lực. Bản đồ nguy cơ lũ lụt là bản đồ kỹ thuật, thường được sử dụng cho xây

dựng các kế hoạch ứng phó hoặc quy hoạch sử dụng đất liên quan đến giảm thiểu lũ lụt.

4 - Bản đồ rủi ro lũ lụt: Thể hiện những nguy cơ tiềm tàng mà cộng đồng có thể gặp phải trong kịch bản lũ lụt. Hậu quả bao gồm các khía cạnh xã hội, kinh tế, môi trường và văn hóa.

5 - Bản đồ nhận thức về lũ lụt: Bản đồ truyền thông cung cấp một câu chuyện cùng với bản đồ rủi ro/nguy cơ lụt và thể hiện lịch sử lụt lũ trong cộng đồng của họ. Chúng cũng cho thấy khả năng lụt lũ trong tương lai và những rủi ro liên quan.

Trong phần này đề tài trình bày kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt:

Bản đồ ngập lụt là một công cụ trực quan cho phép nắm bắt được khả năng ngập lụt khi dự báo được diễn biến mực nước ở một vị trí đặc trưng nào đó trong khu vực ngập. Điều này rất cần thiết cho các nhà quản lý khi quyết định xử lý tình huống khẩn cấp.

Bản đồ ngập lụt nhằm:

- Cho biết trước diện tích ngập, mức ngập tại bất kỳ điểm nào trong vùng ngập khi biết được cấp mực nước lũ tại điểm chốt.
- Đánh giá nguy cơ thiệt hại hàng năm và việc phân tích chi phí - lợi ích của những dự án công trình phòng chống ngập lụt.
- Tạo cơ sở lựa chọn và phối hợp các biện pháp phòng lụt và ngập úng.
- Trợ giúp thực hiện phân vùng quản lý sử dụng đất trong khu vực thường xuyên ngập úng.
- Tạo cơ sở nghiên cứu biện pháp phòng ngập trong xây dựng cơ bản.
- Thiết kế và vận hành các công trình khống chế ngập úng.

Từ các kịch bản xả lũ, vỡ đập từ thượng nguồn ứng với các tần suất thiết kế, kiểm tra, vượt lũ thiết kế, các kịch bản giả định .... Ứng với mỗi kịch bản thì dưới hạ lưu sẽ chịu ảnh hưởng của dòng chảy lũ cả về độ ngập sâu và lưu tốc dòng chảy lũ. Căn cứ vào địa hình, địa vật, nhân lực, vật lực, trình độ văn hóa hiểu biết của từng khu vực ảnh hưởng từ đó các nhà nghiên cứu, các nhà quản lý sẽ xây dựng các phương án ứng phó phù hợp thích hợp nhất nhằm chủ

động ứng phó trong các tình huống xả lũ, vỡ đập và giảm thiểu tối đa về người và tài sản do tác động của lũ lụt gây ra.

4.2.4.3. Lựa chọn phần mềm xây dựng bản đồ ngập lụt

Những năm gần đây, bản đồ ngập lụt đã trở thành công cụ quan trọng hỗ trợ công tác phòng chống lụt bão, giúp xác định vị trí, diện tích ngập và vùng cần di dời dân cư, qua đó giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản.

Hiện nay có nhiều phần mềm xây dựng bản đồ như ArcGIS, MapInfo, AutoCAD... Mỗi phần mềm có ưu nhược điểm riêng, việc lựa chọn cần đảm bảo tính logic, linh hoạt, dễ sử dụng và hỗ trợ định dạng chuẩn quốc tế.

Trong đề tài này, phần mềm ArcGIS Desktop (ứng dụng ArcMap) được lựa chọn để xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du. ArcMap hỗ trợ các chức năng chính gồm:

- Hiển thị, truy vấn và chỉnh sửa dữ liệu bản đồ;
- Tạo, in ấn và chia sẻ bản đồ chất lượng cao;
- Phân tích không gian và xử lý dữ liệu tự động;
- Tổ chức, quản lý và chia sẻ cơ sở dữ liệu GIS hiệu quả.

4.2.4.4. Các Phương pháp xây dựng bản đồ ngập lụt

Hiện nay để xây dựng bản đồ ngập lụt các phương pháp thường áp dụng trong xây dựng bản đồ ngập lụt có thể kể đến như sau:

1. Phương pháp thống kê, điều tra vết lũ

2. Phương pháp sử dụng bản đồ địa hình, địa mạo.

3. Phương pháp ảnh vệ tinh

4. Phương pháp mô phỏng bằng các mô hình toán.

Trên cơ sở phân tích các phương pháp trên đề tài áp dụng phương pháp mô phỏng bằng mô hình toán để xây dựng bản đồ ngập lụt.

4.2.4.5. Cơ sở lý thuyết xây dựng bản đồ ngập lụt

Kết quả từ mô hình thủy văn – thủy lực chỉ cung cấp số liệu thô về diện ngập, độ sâu, vận tốc dòng chảy. Để sử dụng hiệu quả, cần chồng xếp các dữ liệu này với lớp nền bản đồ khác trong hệ thống GIS nhằm tạo bản đồ ngập lụt phục vụ in ấn hoặc hiển thị trên máy tính.

Hệ thống thông tin địa lý (GIS) là công cụ mạnh mẽ để thu thập, lưu trữ, phân tích và trình bày dữ liệu không gian, hỗ trợ ra quyết định trong nhiều lĩnh vực như kinh tế, xã hội, quốc phòng. GIS bao gồm các thành phần: con người, phần mềm, phần cứng, cơ sở dữ liệu và quy trình chuyên môn.

Dữ liệu GIS gồm nhiều loại: vector (điểm, đường, vùng), raster (DEM, ảnh vệ tinh), dữ liệu mạng lưới (giao thông, điện, cấp thoát nước), địa hình 3D, dữ liệu đo đạc, địa chỉ và bảng thuộc tính.

GIS giúp các cơ quan quản lý nhanh chóng tiếp cận và phân tích thông tin không gian phục vụ quy hoạch, quan trắc, mô hình hóa và ứng phó thiên tai.

4.2.4.6. Các bước xây dựng bản đồ ngập lụt

1. Biên tập và xây dựng bản đồ nền

Bản đồ nền là phần dữ liệu cơ bản đầu tiên của bản đồ ngập lụt. Bao gồm các lớp dữ liệu về địa hình, địa mạo; lớp dữ liệu bình đồ; lớp dữ liệu sông suối, lớp dữ liệu dân cư, cơ sở,….

Để xây dựng bản đồ nền, trong nhiệm vụ này nhóm thực hiện sử dụng 2 bản đồ nền dạng số hóa tỉ lệ 1:50.000 và 1:10.000 do Bộ Tài nguyên Môi trường đo đạc và cập nhật, các khu vực quan trọng 1/2000 và 1/5000 . Với các bản đồ nền dạng số hóa được Bộ Tài nguyên Môi trường đo đạc và cập nhật được phân theo cấp hành chính cấp tỉnh, huyện, xã. Do vậy đề tài đã cắt và chỉnh sửa để tạo ra phần dữ liệu nền cho lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn thuộc tỉnh Quảng Nam và TP. Đà Nẵng

2. Xây dựng lớp dữ liệu ngập lụt

Kết quả tính toán thủy lực từ mô hình Mike Flood được trính xuất ra dưới dạng file *.acs đưa vào Arc-Map thông qua Arc Toolbox triết suất dữ liệu dạng polygon. Ở đây cần lưu ý khi tạo điểm cần nhập đúng hệ tọa độ tham chiếu

Sau khi file dữ liệu độ ngập được xây dựng, add lớp dữ liệu ngập lên lớp bản đồ nền đã tạo ở trên và bắt đầu biên tập, trích xuất bản đồ.

3. Biên tập và trích xuất bản đồ ngập lụt

Biên tập bản đồ là bước cuối cùng khi xây dựng bạn đồ ngập lụt hạ lưu lưu vực VG-TB. Thực hiện add các lớp dữ liệu nền và dữ liệu độ sâu ngập đã

thực hiện xây dựng ở trên lên cùng một Layers. Thêm các trường dữ liệu công trình thủy lợi, các trạm thủy văn, trạm khí tượng, kênh, vị trí Ủy ban nhân dân cấp tỉnh, huyện, xã …

Đặt chế độ Layout View, tạo khung bản đồ, tỉ lệ bản đồ, tên bản đồ, thước tỉ lệ, kí hiệu định hướng bản đồ (Mũi tên chỉ hướng Bắc), nhãn ghi chú.

Biên tập bản đồ kết thúc bằng việc trích xuất các bản đồ theo các kịch bản xả lũ, vỡ đập đã được đặt ra.

Thực hiện hiệu chỉnh, chỉnh sửa theo đúng quy chuẩn bảng màu, ký hiệu, dạng đường … tại các lớp dự liệu : thực vật (polygon, line, point, text), thủy hệ (polygon, line, point, text), bình đồ (line), giao thông (line, text), dân cư, cơ sở (polygon, point, text), ranh giới tỉnh, huyện, xã (polygon, line, text).

Thực hiện chỉnh sửa file độ sâu ngập về thang màu chuẩn thể hiện độ ngập của nước lũ trên bản đồ ngập lụt theo Tiêu chuẩn kỹ thuật: TCKT 03:2015/TCTL Công trình thủy lợi - Hướng dẫn xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa nước trong các tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập do Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ban hành.

Quy định về thang màu thể hiện độ ngập của nước lũ trên bản đồ ngập lụt như sau :

a) Độ ngập lớn nhất (H_{max}) = màu xanh đậm (Dard Blue), [Red=50, Green=50, Blue=180]

b) Độ ngập nhỏ nhất (H_{min}) = màu xanh nhạt (Light Blue), [Red=176, Green=226, Blue=255]

c) Số phổ màu = từ 5 đến 10, tùy theo yêu cầu về độ mịn của dải màu cần thể hiện.

d) Giá trị tham khảo của từng phổ màu trong trường hợp chia dải màu từ H_{max} đến H_{min} thành 10 bước như Bảng màu dưới đây :

		Color	Red	Green	Blue	Value
1	✓		50	50	180	Hmax
2	✓		64	69	188	
3	✓		78	89	196	
4	✓		92	108	205	
5	✓		106	128	213	
6	✓		120	147	221	
7	✓		134	167	230	
8	✓		148	186	238	
9	✓		162	206	246	
10	✓		176	226	255	Hmin

Hình 4-64. Bảng màu chuẩn độ ngập theo TCKT 03:2015/TCTL

Hoàn thiện bản đồ cần đưa thêm khung bản đồ, tỉ lệ bản đồ, tên bản đồ, thước tỉ lệ, kí hiệu định hướng bản đồ (Mũi tên chỉ hướng Bắc), nhãn ghi chú.

Trích xuất bản đồ thực hiện theo yêu cầu của nhiệm vụ đặt ra. Tùy theo Tỷ lệ bản đồ cần trích xuất để chọn khổ giấy. Sau khi chọn khổ giấy thực hiện trích xuất bản đồ. Lựa chọn kiểu trích xuất dạng ảnh (*.png, *.jpg, *.tiff, *.gif, *.pdf …), sao cho phù hợp với yêu cầu và thuận tiện cho việc in ấn các bản đồ.

Cụ thể chi tiết các bước và nội dung thực hiện như sau:

1. Chuyển đổi và chuẩn hóa dữ liệu mô hình:

Kết quả mô phỏng ngập từ MIKE 21 dạng lưới tam giác không đều (DFSU) được chuyển đổi sang định dạng raster đều (DFS2). Sau đó tiến hành phân tích phân loại độ sâu ngập theo các ngưỡng giá trị xác định, và chuyển đổi sang dạng vector (polygon) để phục vụ xử lý không gian.

2. Xây dựng lớp bản đồ sử dụng đất:

Biên tập lớp bản đồ hiện trạng sử dụng đất dưới định dạng shapefile thống nhất, nhằm phục vụ phân tích chồng ghép với lớp ngập lụt và các lớp dữ liệu khác trong môi trường GIS.

3. Chuẩn hóa hệ tọa độ không gian:

Tất cả các lớp dữ liệu không gian được chuyển đổi về cùng hệ tọa độ và múi chiếu (thống nhất hệ quy chiếu VN-2000 hoặc WGS 84 tùy theo yêu cầu), đảm bảo tính chính xác trong các thao tác phân tích chồng lớp.

4. Phân tích chồng lớp và giao cắt không gian:

Thực hiện phân tích Overlay để chồng ghép các lớp dữ liệu (ngập lụt, sử dụng đất, hạ tầng, dân cư...), sử dụng phép giao (Intersect) để xác định chính xác phạm vi ngập lụt trên từng loại đối tượng cụ thể.

5. Tính toán và phân loại đối tượng bị ảnh hưởng:

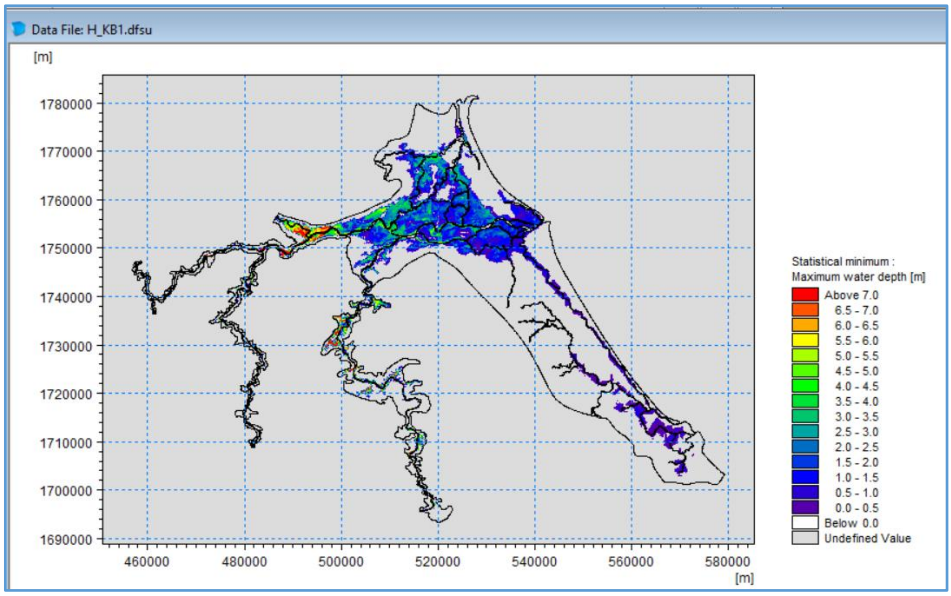
Sau khi xác định vùng ngập tương ứng với các đối tượng phân tích, tiến hành tính toán diện tích và phân loại mức độ ảnh hưởng theo từng đối tượng như đất ở, đất nông nghiệp, công trình hạ tầng, khu dân cư,...

Đối với số dân bị ảnh hưởng do ngập lụt, việc phân tích được thực hiện dựa trên hiện trạng sử dụng đất ở và dân số của từng khu vực. Trên cơ sở diện tích đất ở hiện trạng và quy mô dân số tương ứng, mật độ dân số được xác định để tính toán số dân bị ảnh hưởng trong các vùng ngập.

Đối với thời gian để đưa ra các phương án ứng phó: Đề tài phân tích thời gia ngập nứng với đội sâu ngập lớn nhất (Time at maximum water depth) tức là thời gian ứng với mức ngập cao nhất từng vị trí, từ sau thời điểm xả lũ, vỡ đập.

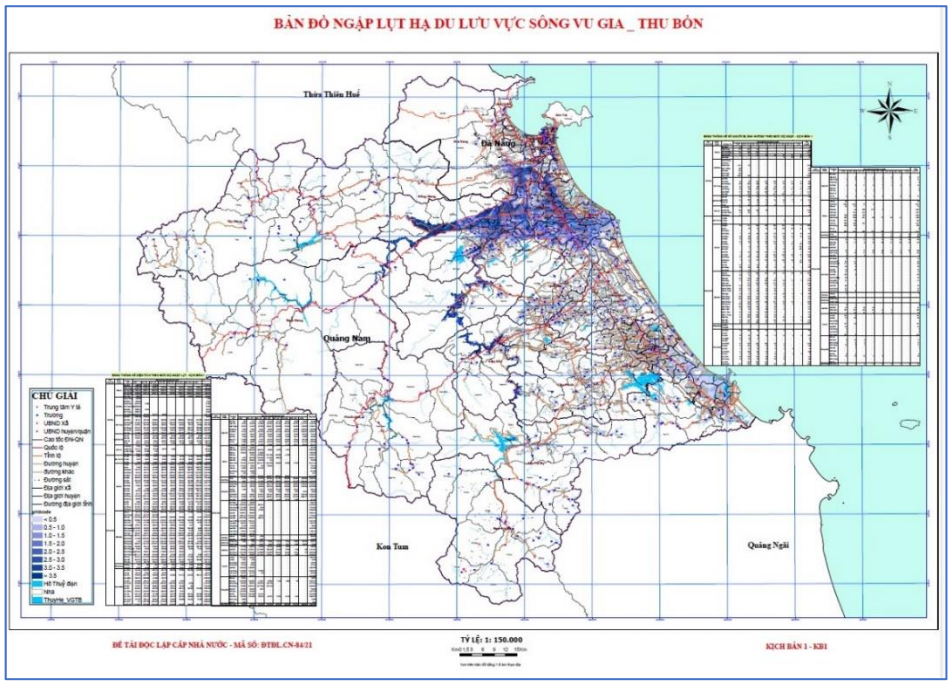
4.2.4.7. Kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt

1. Trích xuất kết quả ngập lụt từ mike flood



Hình 4-65. Độ sâu ngập kịch bản 1 (KB1)

2.Kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt



Hình 4-66. Bản đồ ngập lụt kịch bản 1 (KB1)

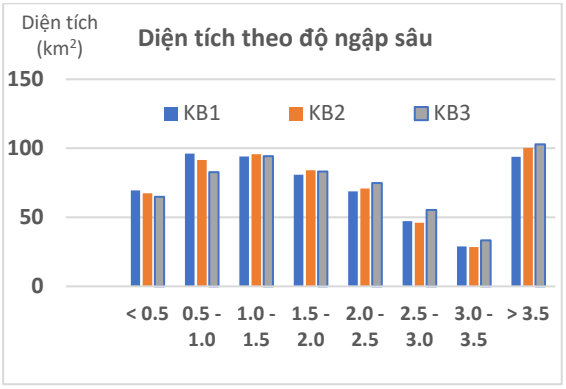
Các kết quả mô phỏng ngập lụt tương ứng với 24 kịch bản được biên tập và thể hiện chi tiết trong Tập sản phẩm số 5 – Bộ bản đồ các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn. Hệ thống bản đồ được xây dựng ở nhiều tỷ lệ và phạm vi khác nhau, bao gồm:

- 24 bản đồ ngập lụt toàn lưu vực ở tỷ lệ 1/150.000, khổ 2A0;
- 24 bản đồ ngập lụt khu vực thành phố Đà Nẵng ở tỷ lệ 1/40.000, khổ 2A0;
- 24 bản đồ ngập lụt khu vực tỉnh Quảng Nam ở tỷ lệ 1/12.000, khổ 2A0;
- 504 bản đồ ngập lụt chi tiết cho từng quận, huyện chịu ảnh hưởng trong lưu vực, được thể hiện ở các tỷ lệ 1/5.000, 1/10.000 và 1/25.000, khổ 2A0.

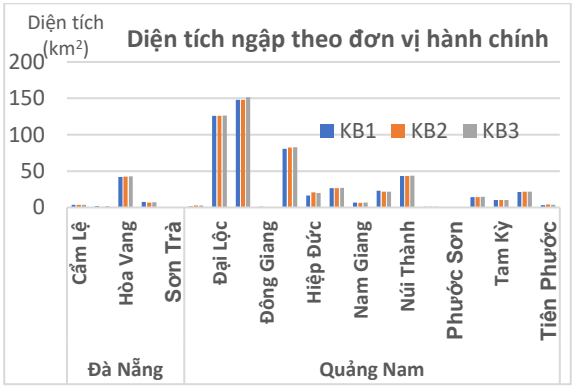
Hệ thống bản đồ này cung cấp cơ sở dữ liệu trực quan và có độ chính xác cao, phục vụ hiệu quả cho công tác quản lý rủi ro thiên tai, lập kế hoạch ứng phó khẩn cấp và ra quyết định trong các tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập.

Trong các bản đồ ngập lụt thể hiện chi tiết về vị trí, độ sâu ngập và số người bị ảnh hưởng dưới đây là kết quả quả tính toán:

a) Kịch bản xảy ra lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong trường hợp hạ du không có mưa (KB 01-03), khi xảy ra lũ lớn trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong trường hợp hạ du không có mưa, tại Đà Nẵng có độ sâu ngập chủ yếu từ (0,5-3) m, với tổng diện tích ngập khoảng 40km^2 tập trung ở huyện Hòa Vang. Tại Quảng Nam có độ sâu ngập chủ yếu từ (0,5-2) m và >3,5m với tổng diện tích ngập khoảng từ (330-350) km^2, tập trung ở các huyện Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên.

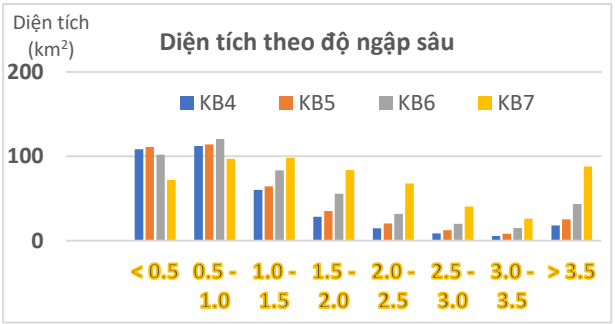


Hình 4-67. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB01-03)

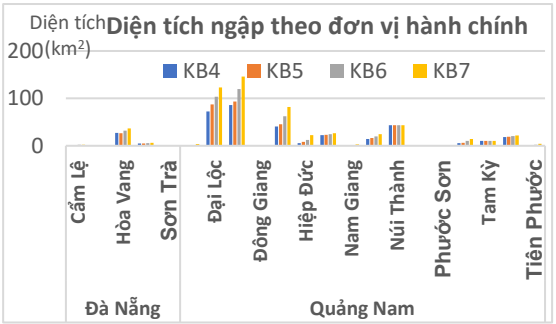


Hình 4-68. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB01-03)

b) Kịch bản xả lũ vận hành trong trường hợp hạ du không có mưa (KB 04-07), khi các hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn xả lũ vận hành trong trường hợp hạ du không có mưa, tại Đà Nẵng có độ sâu ngập chủ yếu từ (0,5-1,5) m đối với KB 04, 05; từ (1-2) m với KB 06 và từ (1-2,5) m với KB 07 với tổng diện tích ngập khoảng từ (33-46) km^2 tập trung ở huyện Hòa Vang. Tại Quảng Nam có độ sâu ngập chủ yếu từ dưới (0,5-1) m với tổng diện tích ngập khoảng (300-530) km^2, tập trung ở các huyện Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên, Núi Thành.



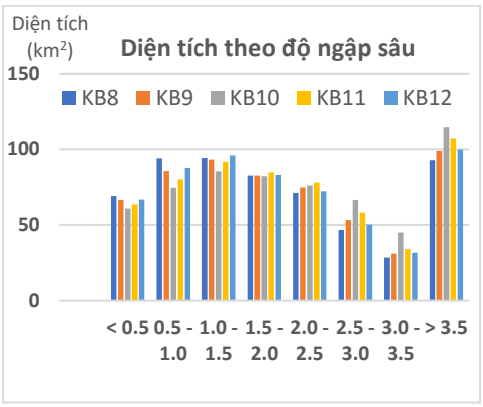
Hình 4-69. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB04-07)



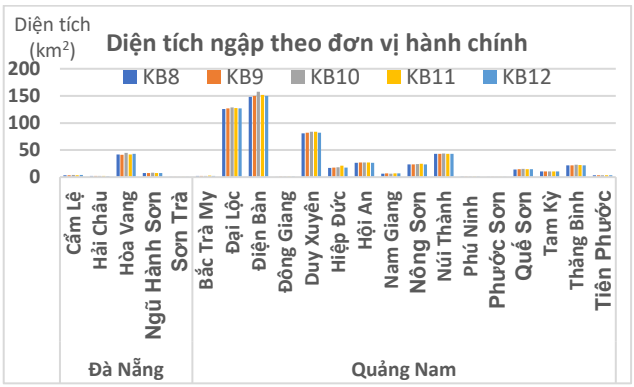
Hình 4-70. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB04-07)

c) Kịch bản xả lũ khẩn cấp khi có sự cố kẹt cửa van, trường hợp hạ du không có mưa (KB 08-12), khi các hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn khẩn cấp khi có sự cố kẹt cửa van trong trường hợp hạ du không có mưa, tại Đà Nẵng có độ sâu ngập chủ yếu từ (0,5-3) m với tổng diện tích ngập khoảng từ (55-60) km^2

tập trung ở huyện Hòa Vang. Tại Quảng Nam có độ sâu ngập từ dưới 0,5m đến hơn 3,5m với tổng diện tích ngập khoảng (520-545) km^2, tập trung ở các huyện Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên.

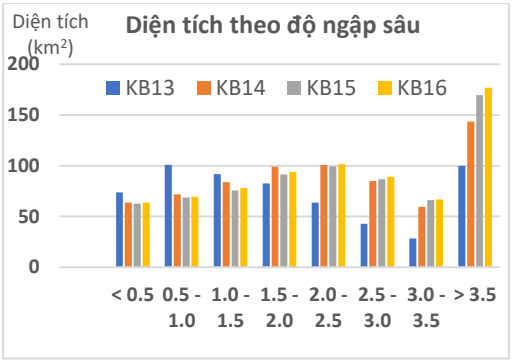


Hình 4-71. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB08-12)

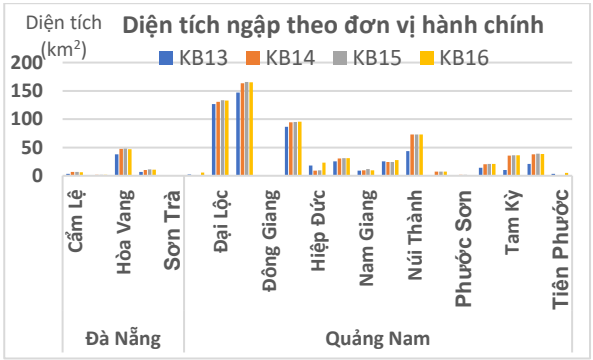


Hình 4-72. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB08-12)

d) Kịch bản xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn (KB 13-16), khi xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, có thể gây ra ngập lụt trên khu vực với độ sâu ngập từ dưới 0,5m đến hơn 3,5m. Trong đó tổng diện tích ngập tại Đà Nẵng khoảng từ (50-93) km^2 tập trung ở huyện Hòa Vang. Tổng diện tích ngập tại Quảng Nam khoảng (530-650) km^2, tập trung ở các huyện Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên, Núi Thành. Trong nhóm KB này thì KB 16 gây ngập nặng nề nhất với tổng diện tích ngập lên tới 739km^2, diện tích ngập tương ứng với độ sâu >3,5m lên tới 169km^2.



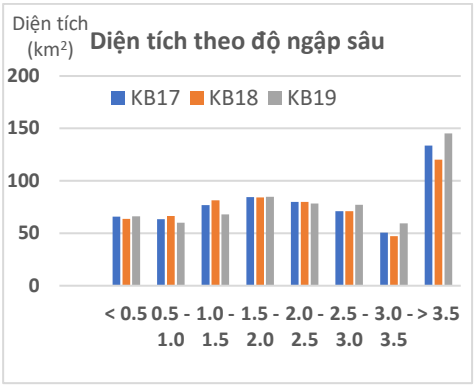
Hình 4-73. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB13-16)



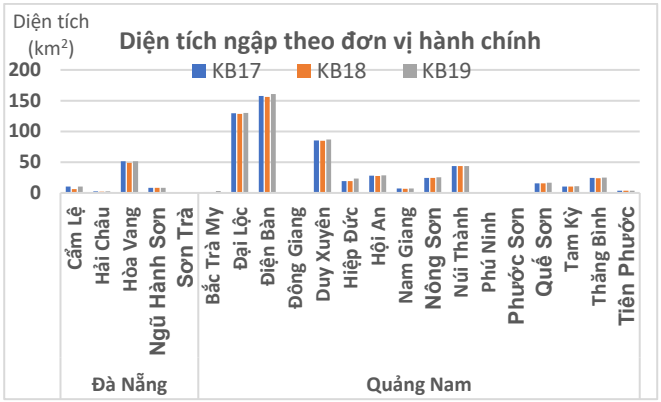
Hình 4-74. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB13-16)

e) Kịch bản xả lũ khẩn cấp trong điều kiện BĐKH (KB 17-19), khi xảy ra xả lũ khẩn cấp trong điều kiện BĐKH, có thể gây ra ngập lụt trên khu vực sông Vu Gia – Thu Bồn với độ sâu ngập từ dưới 0,5m đến hơn 3,5m. Trong đó tổng diện tích ngập tại Đà Nẵng khoảng từ (65-73) km^2 tập trung ở huyện Hòa Vang. Tổng diện tích

ngập tại Quảng Nam khoảng (550-570)km^2, tập trung ở các huyện Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên, Núi Thành.



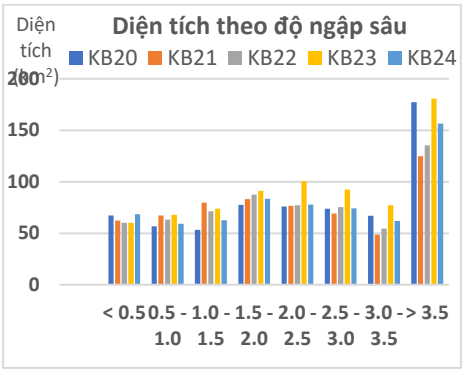
Hình 4-75. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB17-19)



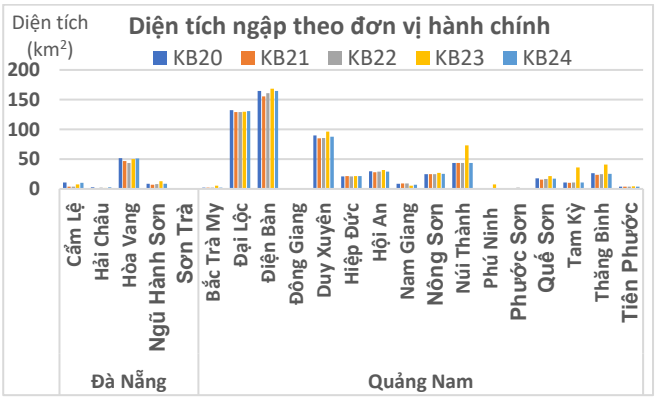
Hình 4-76. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB17-19)

f) Kịch bản xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong điều kiện BĐKH (KB 20-24), khi xảy ra xả lũ khẩn cấp trong điều kiện BĐKH, có thể gây ra ngập lụt trên khu vực sông Vu Gia – Thu Bồn với độ sâu ngập từ dưới 0,5m đến hơn 3,5m. Trong đó tổng diện tích ngập tại Đà Nẵng khoảng từ (58-78) km^2 tập trung ở huyện Hòa Vang. Tổng diện tích ngập tại Quảng Nam khoảng (550-665) km^2, tập trung ở các huyện Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên, Núi Thành, Hội An, Nông Sơn, ...

Trong nhóm KB này thì KB 23 gây ngập nặng nề nhất với tổng diện tích ngập lên tới 744km^2, diện tích ngập tương ứng với độ sâu >3,5m lên tới 180km^2.



Hình 4-77. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB20-24)



Hình 4-78. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB20-24)

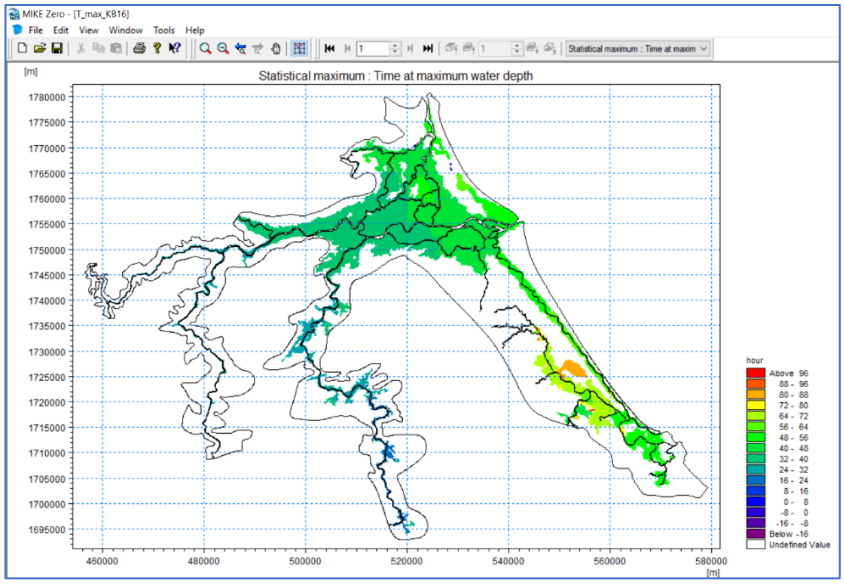
Trong điều kiện bình thường, kịch bản 16 (vỡ đập Sông Tranh 2 và Sông Bung 4) gây ngập lớn nhất với 739 km², trong đó 101 km² ngập 2–2,5 m và 177 km² ngập >3,5 m. Dưới tác động BĐKH, kịch bản 23 (vỡ đập A Vương) gây ngập 744 km², với 101 km² ngập 2–2,5 m và 181 km² ngập >3,5 m.

Số người bị ảnh hưởng của 24 KB, được đánh giá chi tiết tại mục: **4.3.1-Dân số ảnh hưởng ngập lụt ứng với các kịch bản** và **4.3.2 -Phương án sơ tán dân cư khi xảy ra tình huống khẩn cấp** ở các phần bên dưới của báo cáo.

Vỡ đập gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản do lượng nước lớn tràn xuống hạ du với tốc độ cao. Vì vậy, cần đặc biệt chú trọng an toàn hồ chứa và vùng hạ du. Huyện Điện Bàn và Đại Lộc là hai khu vực dễ bị ngập nặng nhất, cần ưu tiên công tác phòng chống lũ, đầu tư hạ tầng và hệ thống dự báo, cảnh báo để giảm thiểu thiệt hại.

3. Thời gian ứng với mức ngập cao nhất - Time at maximum water depth

Từ kết quả mô phỏng, Đề tài đã lựa chọn ba nhóm kịch bản đại diện gồm: Nhóm 1 – xả lũ lớn và xả lũ khẩn cấp (KB3); Nhóm 2 – xả lũ vận hành (KB7); và Nhóm 3 – xả lũ lớn kết hợp vỡ đập (KB16). Thời gian và phạm vi ngập lớn nhất của từng kịch bản được thể hiện chi tiết trong **Bản đồ di dân – Sản phẩm số 5**. Dưới đây trình bày kịch bản tiêu biểu thuộc nhóm vỡ đập (KB16).



Hình 4-79. Thời gian đạy đến độ sâu ngập cao nhất KB16

Bảng 4.52. Thời gian đạt đến mức ngập cao nhất KB16

Quận/ Huyện	Diện tích đất ở bị ngập ứng với thời gian đạt độ sâu ngập lớn nhất (h)								Tổng (m2)
	< 24h	24-30h	30-36h	36-42h	42-48h	48-54h	54-60h	> 60h	
Cẩm Lệ	0.00	0.00	0.00	0.00	136150.93	16276.57	0.00	0.00	152,427.50
Hải Châu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	175528.74	0.00	0.00	175,528.74
Hòa Vang	-	-	-	98,467	954,778	25,087	-	-	1,078,331.75
Ngũ Hành Sơn	-	-	-	-	96,595	69,082	-	-	165,676.98
Sơn Trà	942	22	407	3	20	63,867	-	-	65,261.41
Bắc Trà My	2,066	1,297	140	-	-	-	-	-	3,503.65

Quận/ Huyện	Diện tích đất ở bị ngập ứng với thời gian đạt độ sâu ngập lớn nhất (h)								Tổng (m2)
	< 24h	24-30h	30-36h	36-42h	42-48h	48-54h	54-60h	> 60h	
Đại Lộc	-	36,167	1,475,212	82,729	-	-	-	-	1,594,107.71
Điện Bàn	-	-	-	958,459	1,993,273	315,326	22,844	-	3,289,901.23
Nam Giang	0.00	22863.37	8129.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30,992.67
Duy Xuyên	-	-	109,890	492,042	701,047	8,637	-	-	1,311,615.76
Hiệp Đức	7,804	47,129	1,245	-	-	-	-	-	56,178.15
Hội An	-	-	-	-	873,275	441,643	-	-	1,314,918.78
Nông Sơn	-	5,360	88,551	-	-	-	-	-	93,911.65
Núi Thành	-	-	-	55,244	9,490	147,408	6,916	329,949	549,007.38
Phú Ninh	-	-	-	287	1,048	610	1,428	107,656	111,028.56
Quế Sơn	-	-	-	3,854	115,893	-	-	-	119,746.50
Tam Kỳ	-	-	-	5,944	46	-	-	816,625	822,615.28
Thăng Bình	-	-	-	-	4,107	62,887	7,262	4,815	79,070.74
Tiên Phước	6,164	410	-	-	-	-	-	-	6,573.72

Căn cứ vào thời gian đạt mức ngập cao nhất từ các kịch bản từ đó đưa ra các phương án ứng phó kịp thời để giảm thiểu mức độ thiệt hại tại vùng hạ du.

4.2.5. Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ lớn, khẩn cấp, vỡ đập

4.2.5.2. Cơ sơ khoa học xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lũ lụt:

Cơ sở khoa học xây dựng bản đồ lũ đã được trình bày trong phần "Xây dựng bản đồ ngập lụt". Trong nội dung này, đề tài tập trung trình bày kết quả xây dựng bản đồ nguy cơ lũ lụt cho lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, phục vụ công tác ứng phó thiên tai và quy hoạch sử dụng đất.

Nguy cơ lũ lụt [90] được xác định dựa trên mức độ nghiêm trọng và tần suất lũ, cùng với đặc điểm địa hình và diễn biến dòng chảy (độ sâu, vận tốc, tốc độ dâng nước). Vùng có nước sâu hoặc vận tốc lớn đều tiềm ẩn rủi ro cao, có thể gây thiệt hại cho người, phương tiện và công trình.

Việc tổng hợp hai yếu tố độ sâu và vận tốc dòng chảy là cơ sở chính để đánh giá nguy cơ lũ, xác định khu vực rủi ro, phục vụ lập kế hoạch sơ tán dân cư, phát triển đô thị an toàn và quản lý rủi ro lũ lụt bền vững trên toàn lưu vực.

4.2.5.3. Phương pháp xây dựng bản đồ nguy cơ lũ

Bản đồ nguy cơ lũ lụt giúp xác định các khu vực dễ bị ảnh hưởng bởi lũ, cung cấp thông tin về phạm vi, độ sâu và tần suất ngập. Tùy theo mục đích sử dụng, bản đồ có thể được thiết kế và phân loại khác nhau. Đây là công cụ quan trọng hỗ trợ các nhà quản lý, cơ quan dự báo, ứng phó khẩn cấp và quy hoạch

trong việc giảm thiệt hại, lên kế hoạch sơ tán và nâng cao nhận thức cộng đồng, từ đó giảm nguy cơ tử vong do lũ.

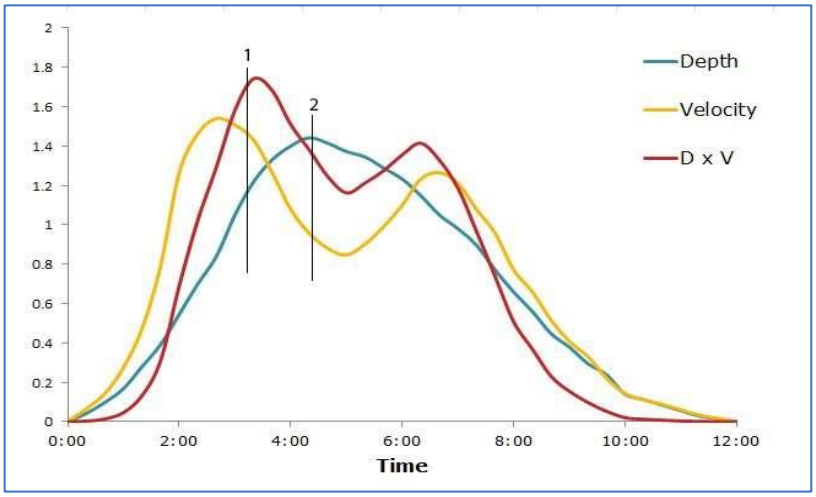
4.2.5.4. Phương pháp phân loại nguy cơ lũ lụt

Trong nghiên cứu này, bản đồ nguy cơ lũ cho lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn được xây dựng bằng cách kết hợp mô hình toán và công nghệ GIS. Phương pháp tiếp cận dựa trên tài liệu "Hướng dẫn thực hành trong quản lý rủi ro lũ lụt ở Australia" do Viện Nghiên cứu Phục hồi sau Thảm họa của Australia ban hành [91].

4.2.5.5. Giới thiệu phương pháp

Lũ lụt tác động đến nhiều đối tượng với mức độ nguy cơ khác nhau, đặc biệt là con người. Thiếu hiểu biết hoặc chủ quan trong ứng xử có thể làm tăng rủi ro, gây thương tích hoặc thiệt hại về người. Do đó, việc nâng cao nhận thức cộng đồng là cần thiết, ngay cả đối với những tình huống tưởng chừng đơn giản như lái xe trong vùng ngập.

Ở các khu vực ngập rộng, lũ thường lên chậm, cho phép có thời gian đánh giá và ứng phó. Ngược lại, tại các lưu vực vừa và nhỏ, lũ lên nhanh, yếu tố thời gian trở nên đặc biệt quan trọng. Mức độ nguy hiểm không chỉ phụ thuộc vào độ sâu hay vận tốc riêng lẻ, mà còn ở giá trị tổ hợp D×V – có thể vượt ngưỡng an toàn trước khi đạt đỉnh lũ. Thông tin này là cơ sở quan trọng trong quy hoạch sơ tán và đánh giá nguy cơ, được minh họa trong (Hình 4-80) dưới đây.

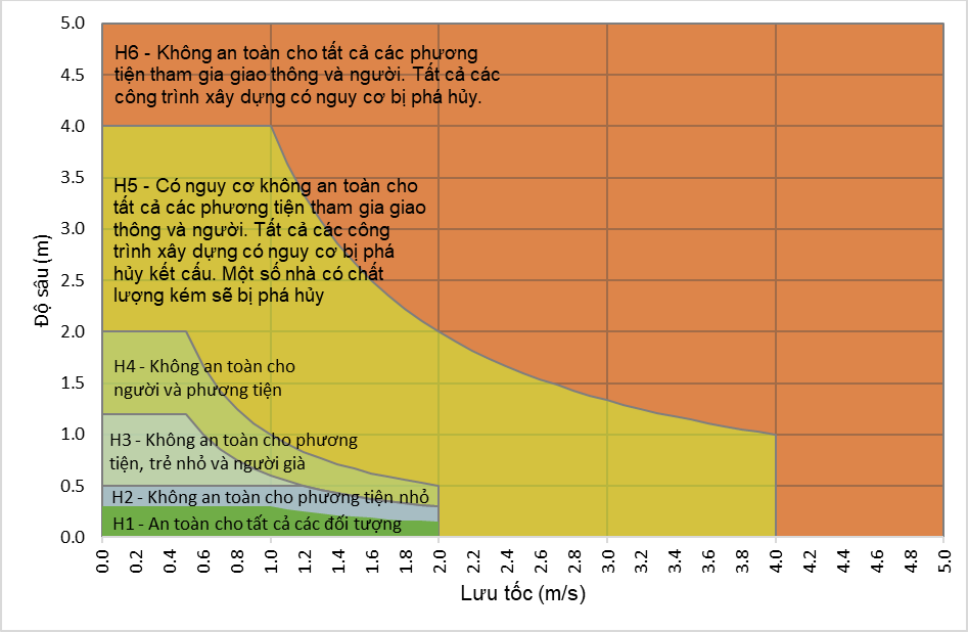


Hình 4-80. Nguy cơ cao nhất ở thời điểm trước khi mực nước lũ đạt Max

Phân vùng khu vực dễ bị tổn thương do lũ lụt được thực hiện dựa trên các đường cong thể hiện mối liên hệ giữa mức độ nguy hiểm và khả năng gây thiệt hại của dòng chảy lũ. Mức độ tổn thương của cộng đồng và tài sản được đánh giá thông qua các ngưỡng liên quan đến sự an toàn khi đi bộ, lái xe qua vùng ngập hoặc trú ẩn trong công trình.

Tính dễ bị tổn thương còn phụ thuộc vào quy hoạch sử dụng đất, đánh giá phát triển và kế hoạch ứng phó khẩn cấp. Các nghiên cứu lũ lụt thường cung cấp dữ liệu đầu vào quan trọng cho đánh giá rủi ro, hỗ trợ hoạch định chiến lược và quy hoạch sử dụng đất phù hợp với nguy cơ lũ lụt, một tập hợp các đường cong nguy cơ dễ bị tổn thương được trình bày trong (Hình 4-81) có thể được sử dụng như một phân loại chung về nguy cơ lũ lụt trên vùng ngập lũ.

Các đường cong nguy cơ lũ lụt tổng hợp được trình bày trong (Hình 4-81) thiết lập các ngưỡng nguy hiểm liên quan đến tính dễ bị tổn thương của cộng đồng và các đối tượng khác khi tương tác với lũ. Các đường cong kết hợp được chia thành các vùng nguy cơ liên quan đến các ngưỡng tổn thương cụ thể như được mô tả trong (Bảng 4.53 và Bảng 4.54). Trong đó cung cấp các giới hạn cho các đối tượng bị tác động được cung cấp trong (Bảng 4.53).



Hình 4-81. Họ đường cong phân vùng nguy hiểm do lũ lụt đối với các đối tượng

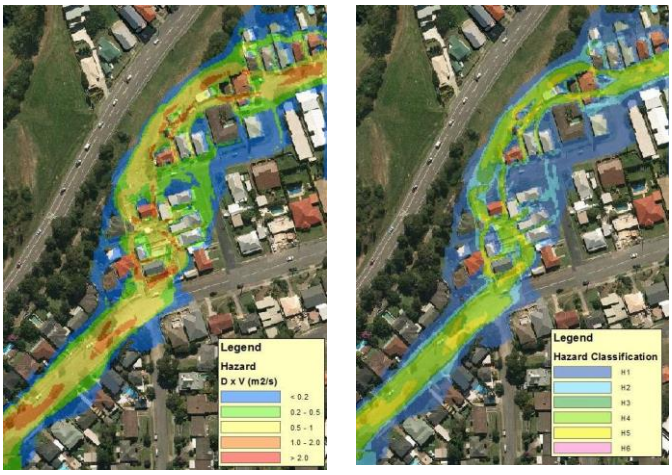
Bảng 4.53. Phân vùng nguy cơ tổng hợp với các đối tượng chịu tác động

Phân loại nguy cơ	Mức độ nguy cơ
H1	Không có nguy cơ. An toàn đối với tất cả các đối tượng là người, phương tiện giao thông và các công trình xây dựng
H2	Mức nguy cơ thấp. Có nguy cơ không an toàn cho các phương tiện nhỏ khi tham gia giao thông
H3	Mức nguy cơ vừa. Có nguy cơ không an toàn đối với mọi phương tiện tham gia giao thông, trẻ em và người cao tuổi
H4	Mức nguy cơ cao. Có nguy cơ không an toàn đối với mọi phương tiện tham gia giao thông và người
H5	Mức nguy cơ rất cao. Có nguy cơ không an toàn cho tất cả các phương tiện tham gia giao thông và người. Tất cả các loại nhà dễ bị hư hỏng về cấu trúc. Một số loại công trình kém bền vững dễ bị hư hỏng.
H6	Mức nguy cơ đặc biệt cao. Có nguy cơ không an toàn cho tất cả các phương tiện tham gia giao thông và người. Tất cả các loại công trình được coi là dễ bị hư hỏng.

Bảng 4.54. Phân vùng nguy cơ tổng hợp theo vận tốc và độ sâu ngập

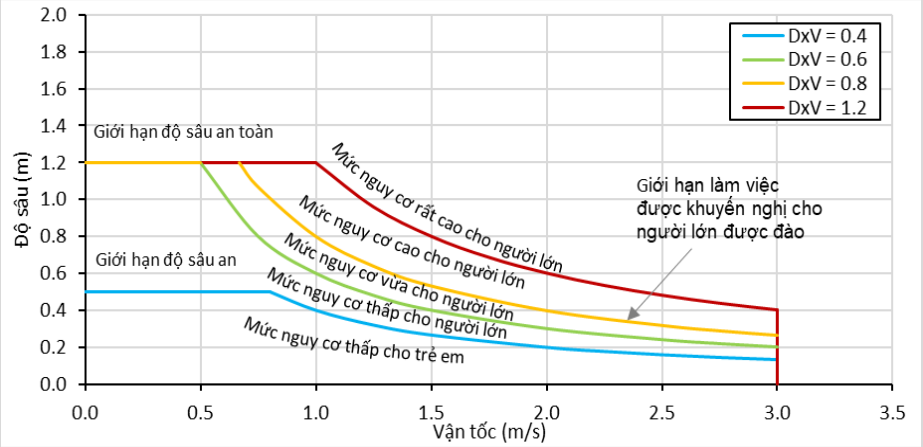
Phân loại nguy cơ	Mức giới hạn kết hợp (D và V) m^2/s	Mức giới hạn độ sâu ngập (D) m	Mức giới hạn về vận tốc (V) m/s
H1	D*V ≤ 0.3	0.3	2.0
H2	D*V ≤ 0.6	0.5	2.0
H3	D*V ≤ 0.6	1.2	2.0
H4	**D*V ≤ 1.0**	**2.0**	**2.0**
H5	**D*V ≤ 4.0**	**4.0**	**4.0**
H6	**D*V > 4.0**	**-**	**-**

Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ lụt dựa trên các ngưỡng tổn thương được xây dựng ở trên cho toàn bộ lưu vực.

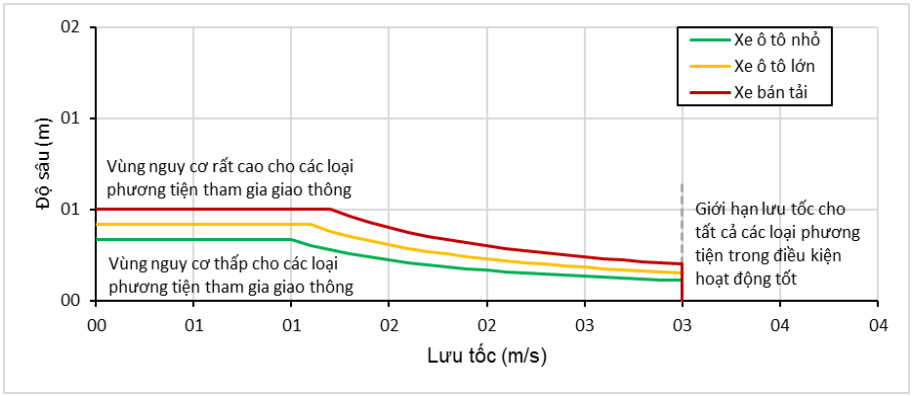


Hình 4-82. Bản đồ phân vùng nguy cơ lũ lụt theo các ngưỡng dễ bị tổn thương

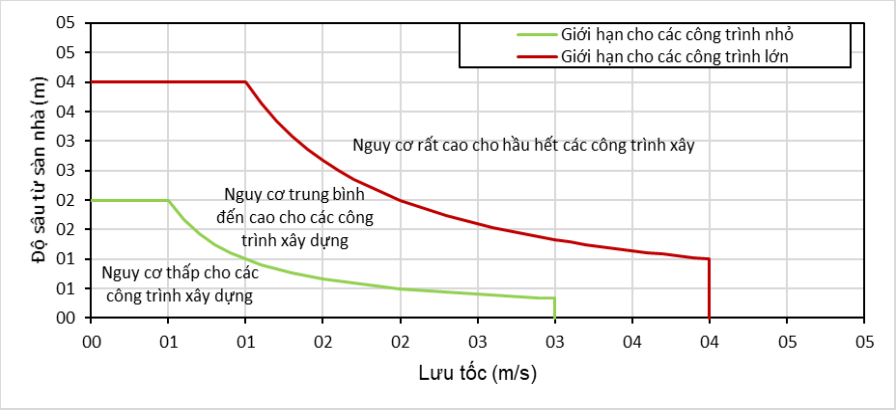
Trong một số trường hợp, phân vùng nguy cơ lũ lụt cụ thể sẽ thích hợp hơn các đường cong chung được đề xuất trong (Hình 4-81). Ví dụ, nếu việc đánh giá mối nguy hiểm được yêu cầu làm cơ sở cho một kế hoạch sơ tán, sau đó phân tích nguy cơ nên được hướng dẫn bởi các đường cong tính dễ bị tổn thương đặc biệt cho sự ổn định của con người (Hình 4-83) và sự ổn định của phương tiện (Hình 4-84) để đánh giá sự phù hợp của các các tuyến đường sơ tán. Ngoài ra, nếu cần đánh giá, dự báo tác động của xả lũ đến các tòa nhà phù hợp để sử dụng làm nơi tránh lũ, thì có thể áp dụng các đường cong ổn định của tòa nhà trình bày trong (Hình 4-85).



Hình 4-83. Phân vùng nguy cơ lũ lụt cho đối tượng là người



Hình 4-84. Phân vùng nguy cơ lũ lụt cho đối tượng là các phương tiện giao thông

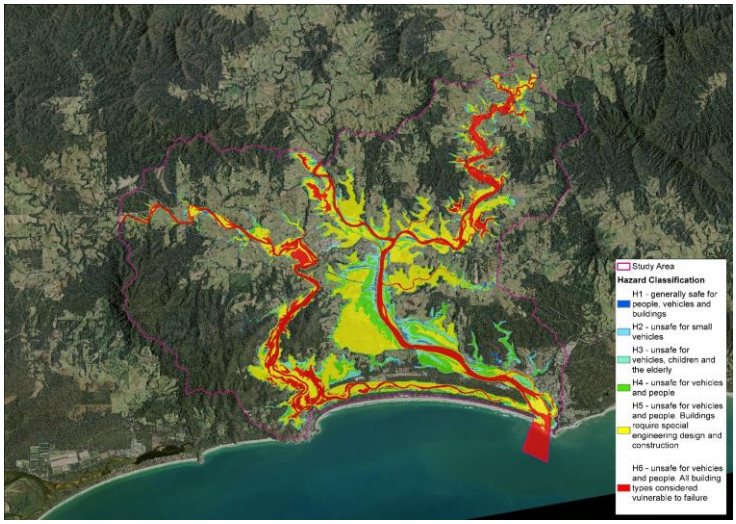


Hình 4-85. Phân vùng nguy cơ lũ lụt cho các đối tượng là công trình xây dựng

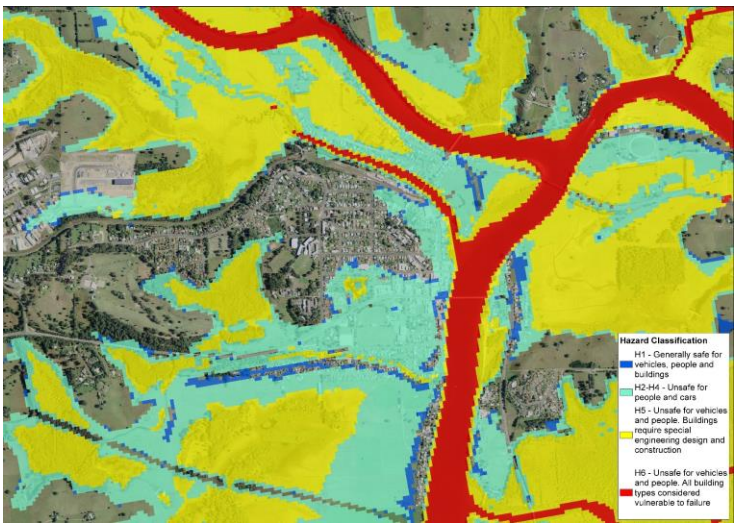
5. Phân loại nguy cơ lũ lụt

Nguy cơ lũ lụt thường được định lượng trong các nghiên cứu và cập nhật trong quá trình quản lý rủi ro, nhằm hỗ trợ ra quyết định và quy hoạch phòng chống lũ.

Phân loại nguy cơ có thể chia theo các mức H1 đến H6 (Hình 4-86), giúp xác định rõ mối nguy đối với con người, phương tiện và công trình. Các mức H2–H4 có thể được nhóm lại để tập trung quản lý nguy cơ với người và phương tiện, trong khi H5 và H6 được tách riêng do liên quan đến hậu quả nghiêm trọng và yêu cầu phương án quản lý đặc biệt (Hình 4-87).



Hình 4-86. Ví dụ về nguy cơ lũ lụt cho cấp H1 đến H6 cho vùng ngập rộng



Hình 4-87. Ví dụ về nguy cơ lũ lụt cho loại H1, kết hợp H2 đến H4, H5 và H6 cho một khu vực địa phương

4.2.5.6. Kết quả xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lũ

Phần này trình bày quá trình lựa chọn các kịch bản đại diện cho từng nhóm kịch bản và xử lý kết quả mô phỏng để xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lũ. Kết quả mô phỏng được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho việc thành lập ba bản đồ nguy cơ ngập lũ tương ứng với ba nhóm kịch bản gồm:

- Nhóm kịch bản xả lũ lớn và xả lũ khẩn cấp;
- Nhóm kịch bản xả lũ vận hành hồ chứa;
- Nhóm kịch bản lũ do vỡ đập.

a) Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ lớn, khẩn cấp:

Đề tài lựa chọn kịch bản đại diện theo tiêu chí là kịch bản có mức độ ảnh hưởng lớn nhất trong nhóm kịch bản đó.

Nhóm kịch bản xả lũ lớn, lũ khẩn cấp là : KB1, KB2, KB3

Kết quả tính toán ngập lụt với kịch bản xả lũ lớn, khẩn cấp:

Dựa trên mô hình thủy lực và bản đồ ngập, diện tích ngập tương ứng với các kịch bản như sau: KB1: 57.951 ha; KB2: 58.466 ha; KB3: 59.166 ha

Trong đó, kịch bản 3 (toàn bộ hồ trên lưu vực xả lũ thiết kế) có diện tích ngập lớn nhất, được chọn để xây dựng bản đồ nguy cơ vì thể hiện đầy đủ phạm vi rủi ro.

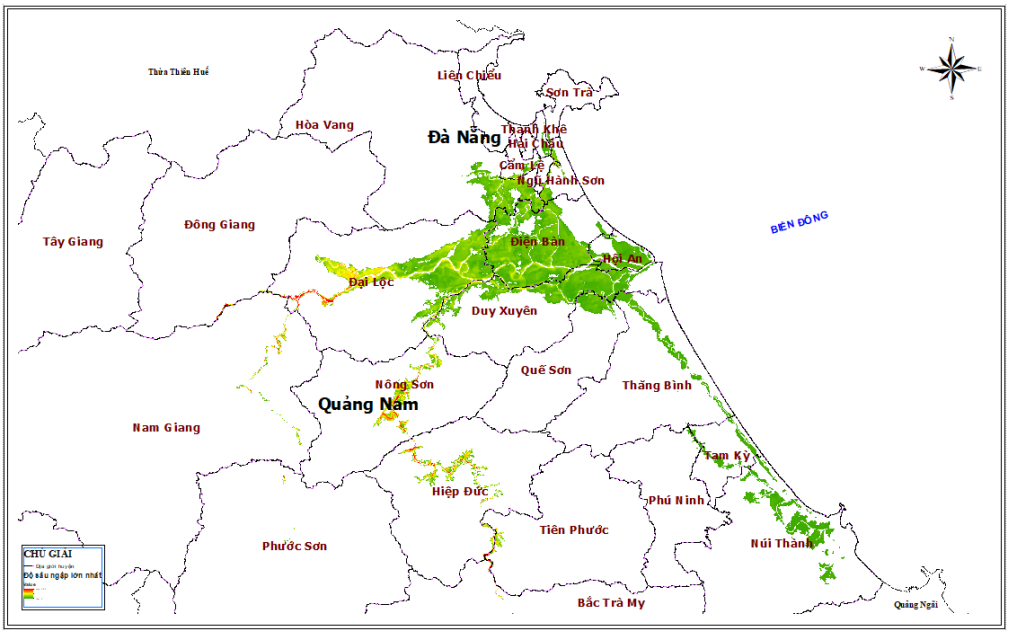
Phân loại nguy cơ theo cấp độ rủi ro thiên tai:

Nguy cơ thấp (vận tốc × mực nước < 0,6 m²/s): dòng chảy êm, không đe dọa tính mạng → không cần sơ tán.

Nguy cơ trung bình (0,6–1,0 m²/s): có thể gây mất ổn định cơ thể → cần sơ tán tại chỗ (lên tầng cao hoặc sang nhà kiên cố gần đó).

Nguy cơ cao (> 1,0 m²/s): nguy hiểm đến tính mạng → cần sơ tán tập trung đến nơi an toàn (trường học, UBND, điểm trú ẩn...).

Các lớp bản đồ vận tốc và độ sâu ngập được trích từ mô hình thủy lực 2D cho kịch bản 3 nhằm phục vụ phân vùng nguy cơ và đề xuất phương án ứng phó.

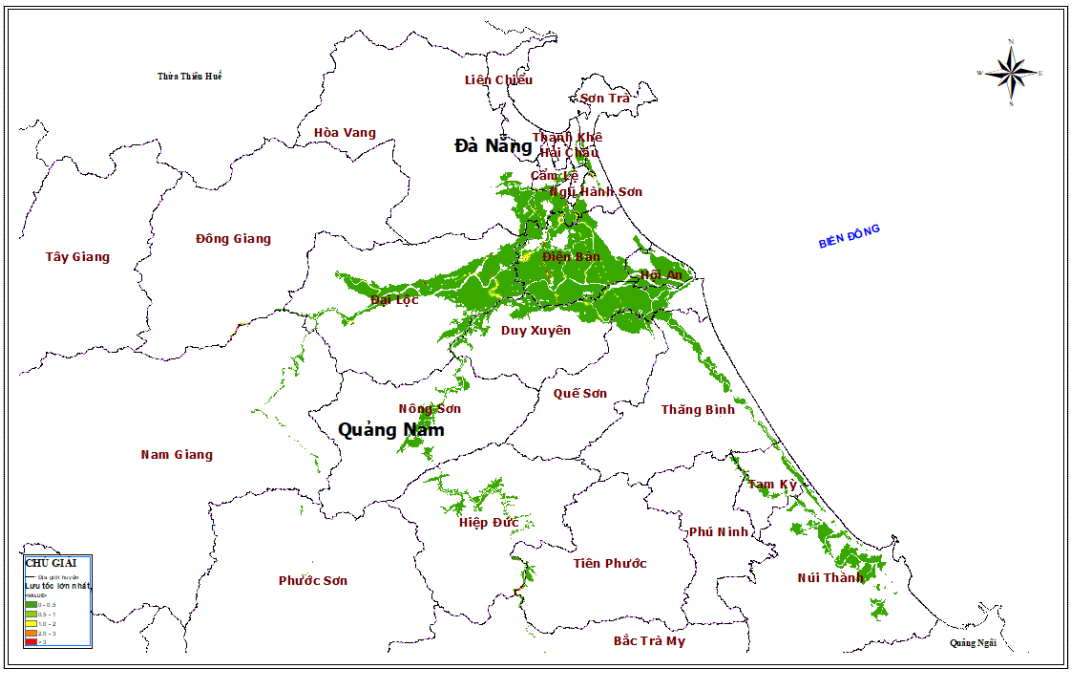


Hình 4-88. Kết quả trích xuất độ sâu ngập lớn nhất cho kịch bản số 3

Bảng 4.55. Thống kê diện tích ngập theo cấp độ sâu phục vụ xây dựng bản đồ nguy cơ lũ lớn, lũ khẩn cấp

Địa điểm		**Diện tích ngập theo độ sâu ngập lụt (ha)**					
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/ TX/TP**	**0.0-0.3 (m)**	**0.3-0.5 (m)**	**0.5-1.2 (m)**	**1.2-2.0 (m)**	**2.0-4.0 (m)**	**>4.0 (m)**
Đà Nẵng	Cẩm Lệ	16,93	13,08	91,83	72,14	136,50	51,35
	Hải Châu	45,40	75,06	96,62	33,74	1,76	0,00
	Hòa Vang	67,20	117,90	656,37	1039,85	2224,21	170,64
	Ngũ Hành Sơn	8,36	16,96	106,65	129,31	418,27	44,51
	Sơn Trà	12,18	9,22	16,10	9,01	0,78	0,00
Quảng Nam	Bắc Trà My	0,37	2,11	12,91	25,26	94,70	124,64
	Đại Lộc	101,12	177,66	1259,60	2158,30	5220,70	3734,46
	Điện Bàn	308,06	375,51	2345,65	4966,61	6660,94	500,13
	Đông Giang	0,00	0,03	0,82	3,68	9,76	66,12

Địa điểm		Diện tích ngập theo độ sâu ngập lụt (ha)					
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/ TX/TP**	**0.0-0.3 (m)**	**0.3-0.5 (m)**	**0.5-1.2 (m)**	**1.2-2.0 (m)**	**2.0-4.0 (m)**	**>4.0 (m)**
	Duy Xuyên	160,31	286,84	2587,10	2826,85	2067,56	379,99
	Hiệp Đức	6,02	15,26	132,32	231,72	546,26	1074,09
	Hội An	97,28	154,50	1196,71	1091,66	146,78	0,00
	Nam Giang	1,74	3,40	29,70	62,96	176,80	379,49
	Nông Sơn	1,40	5,51	69,06	172,54	565,00	1346,90
	Núi Thành	1594,71	1347,82	1397,04	8,73	0,00	0,00
	Phú Ninh	44,90	33,62	24,37	0,17	0,00	0,00
	Phước Sơn	0,29	0,41	2,29	4,30	9,16	19,56
	Quế Sơn	40,17	92,29	532,78	655,50	141,49	0,00
	Tam Kỳ	294,70	359,57	382,54	1,80	0,00	0,00
	Thăng Bình	307,24	322,03	1126,74	430,16	4,76	0,00
	Tiên Phước	0,30	0,48	8,73	23,61	108,00	245,65

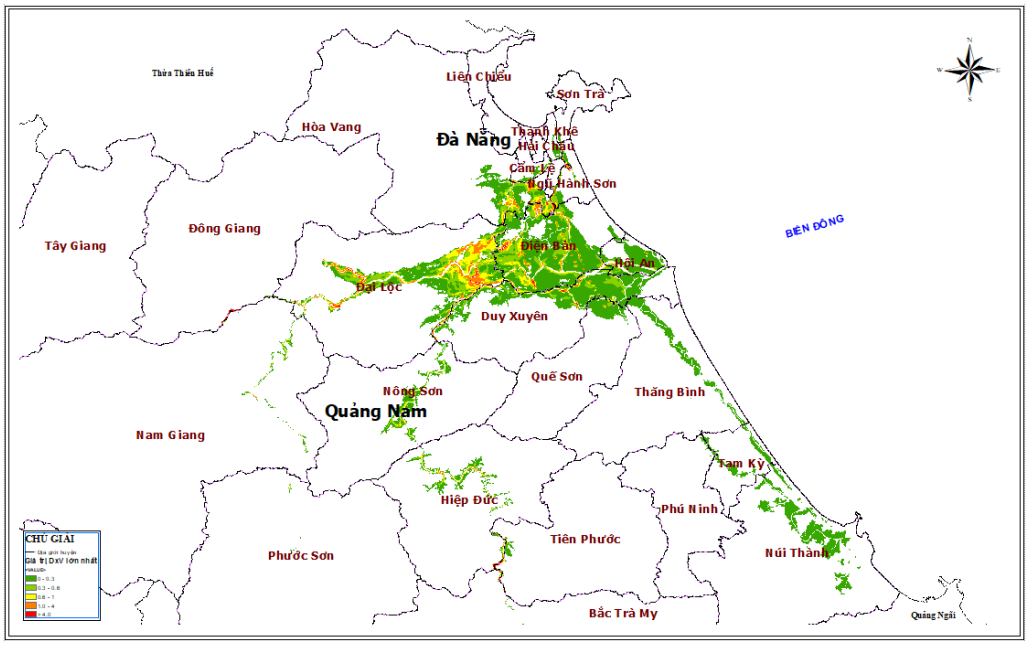


Hình 4-89. Kết quả trích xuất lưu tốc dòng chảy lớn nhất cho kịch bản số 3

Bảng 4.56. Thống kê diện tích tương ứng với cấp vận tốc phục vụ xây dựng bản đồ nguy cơ nhóm xả lũ lớn, lũ khẩn cấp

Địa điểm		Diện tích ngập (ha)		
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**0.0-2.0 (m/s)**	**2.0-4.0 (m/s)**	**>4.0 (m/s)**
Đà Nẵng	Cẩm Lệ	380,75	1,96	0,21
	Hải Châu	253,17	0,00	0,00
	Hòa Vang	4259,89	19,07	1,79
	Ngũ Hành Sơn	725,95	0,03	0,06
	Sơn Trà	47,95	0,00	0,00
Quảng Nam	Bắc Trà My	258,57	2,69	0,75
	Đại Lộc	12637,43	11,86	13,05

Địa điểm		Diện tích ngập (ha)		
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**0.0-2.0 (m/s)**	**2.0-4.0 (m/s)**	**>4.0 (m/s)**
	Điện Bàn	15079,49	49,51	33,27
	Đông Giang	62,09	6,64	11,93
	Duy Xuyên	8313,85	1,87	0,00
	Hiệp Đức	2010,39	4,30	1,62
	Hội An	2688,80	0,00	0,00
	Nam Giang	636,60	6,93	15,08
	Nông Sơn	2165,75	0,40	0,00
	Núi Thành	4353,15	0,00	0,00
	Phú Ninh	103,75	0,00	0,00
	Phước Sơn	36,75	0,00	0,00
	Quế Sơn	1462,63	0,00	0,00
	Tam Kỳ	1040,51	0,00	0,00
	Thăng Bình	2194,31	0,00	0,00
	Tiên Phước	363,59	11,11	13,00



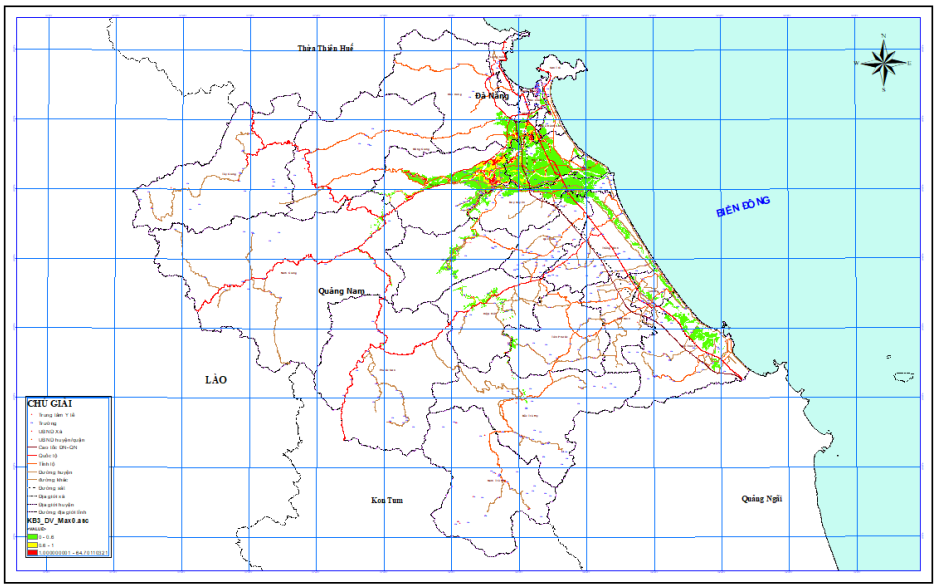
Hình 4-90. Kết quả tính toán giá trị DxV lớn nhất cho kịch bản số 3

Bảng 4.57. Thống kê diện tích từng huyện theo cấp độ nguy cơ cho từng huyện nhóm kịch bản xả lũ lớn, lũ khẩn cấp

Địa điểm		Diện tích ngập (ha)		
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**Nguy cơ trung bình**	**Nguy cơ thấp**	**Nguy cơ cao**
Đà Nẵng	Cẩm Lệ	315,80	26,25	40,24
	Hải Châu	202,18	-	-
	Hòa Vang	3.351,26	532,80	395,89
	Ngũ Hành Sơn	556,90	58,08	109,43
	Sơn Trà	47,95	-	-

Địa điểm		Diện tích ngập (ha)		
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**Nguy cơ trung bình**	**Nguy cơ thấp**	**Nguy cơ cao**
Quảng Nam	Bắc Trà My	206,77	10,11	44,74
	Đại Lộc	8.524,32	2.382,73	1.750,05
	Điện Bàn	13.152,04	1.147,07	859,61
	Đông Giang	24,30	3,46	51,98
	Duy Xuyên	7.826,25	288,45	199,64
	Hiệp Đức	1.706,35	151,91	153,85
	Hội An	2.633,27	40,55	14,32
	Nam Giang	544,60	51,89	60,18
	Nông Sơn	1.981,98	153,64	29,39
	Núi Thành	4.353,15	-	-
	Phú Ninh	103,75	-	-
	Phước Sơn	33,96	2,55	0,12
	Quế Sơn	1.430,04	19,53	12,84
	Tam Kỳ	1.040,51	-	-
	Thăng Bình	2.192,21	2,10	-
	Tiên Phước	314,94	25,11	46,93

Kết quả xây dựng Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ lớn, lũ khẩn cấp.



Hình 4-91. Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ lớn, lũ khẩn cấp

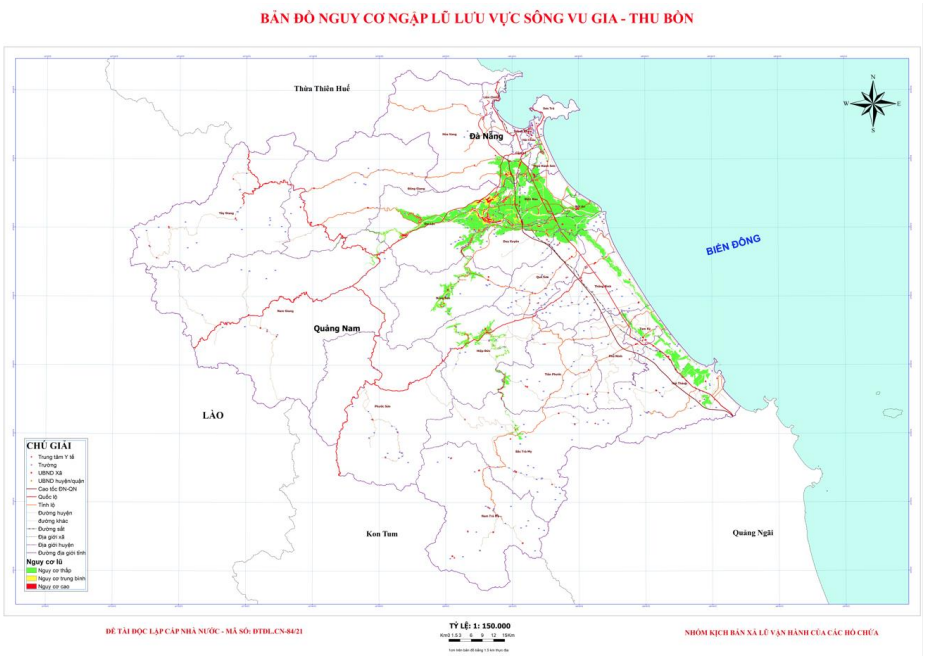
b) Đối với nhóm bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ vận hành các hồ chứa:

Tương tự như nhóm xả lũ lớn, lũ khẩn cấp đề tài lựa chọn kịch bản đại diện theo tiêu chí là kịch bản có mức độ ảnh hưởng lớn nhất trong nhóm kịch bản đó.

Nhóm kịch bản xả lũ do vận hành: KB4, KB5, KB6 và KB7

Kết quả diện tích ngập ứng với các kịch bản lần lượt là: KB4 = 35.585 ha, KB5 = 39.092 ha, KB6 = 47.222 ha, KB7 = 57.274ha.

Căn cứ vào kết quả tính toán trên, chúng tôi đã lựa chọn các kịch bản số 07, Các nhánh đồng thời xả với lưu lượng Q_{vh}= 10.000m^3/s để xây dựng bản đồ nguy cơ ngập, kịch bản này có vùng ngập và diện tích ngập lớn nhất, vì vậy nó sẽ thể hiện đầy đủ các vùng nguy cơ cho nhóm kịch bản xả xả lũ vận hành.



Hình 4-92. Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ vận hành

Bảng 4.58. Thống kê diện tích tương ứng với cấp nguy cơ xả lũ vận hành

Địa điểm		**Diện tích ngập**		
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**Nguy cơ trung bình**	**Nguy cơ thấp**	**Nguy cơ cao**
Đà Nẵng	Cẩm Lệ	169,60	8,68	28,99
	Hải Châu	43,69	-	-
	Hòa Vang	3.192,41	275,22	220,47
	Ngũ Hành Sơn	569,97	30,09	60,47
	Sơn Trà	22,35	-	-
Quảng Nam	Bắc Trà My	310,36	28,92	48,38
	Đại Lộc	9.561,03	1.713,17	1.035,24
	Điện Bàn	13.301,45	783,20	518,48
	Đông Giang	16,39	3,51	19,76
	Duy Xuyên	7.731,50	276,79	187,32
	Hiệp Đức	1.898,36	206,85	179,68
	Hội An	2.576,56	37,27	13,39
	Nam Giang	260,01	4,65	9,10

Địa điểm		Diện tích ngập		
Tỉnh/thành phố	Quận/huyện/TX/TP	Nguy cơ trung bình	Nguy cơ thấp	Nguy cơ cao
	Nông Sơn	2.210,77	218,80	52,97
	Núi Thành	4.335,40	0,08	-
	Phú Ninh	106,48	-	-
	Phước Sơn	3,58	-	-
	Quế Sơn	1.406,03	16,35	7,58
	Tam Kỳ	1.047,56	-	-
	Thăng Bình	2.154,57	1,65	-
	Tiên Phước	332,56	45,36	35,04

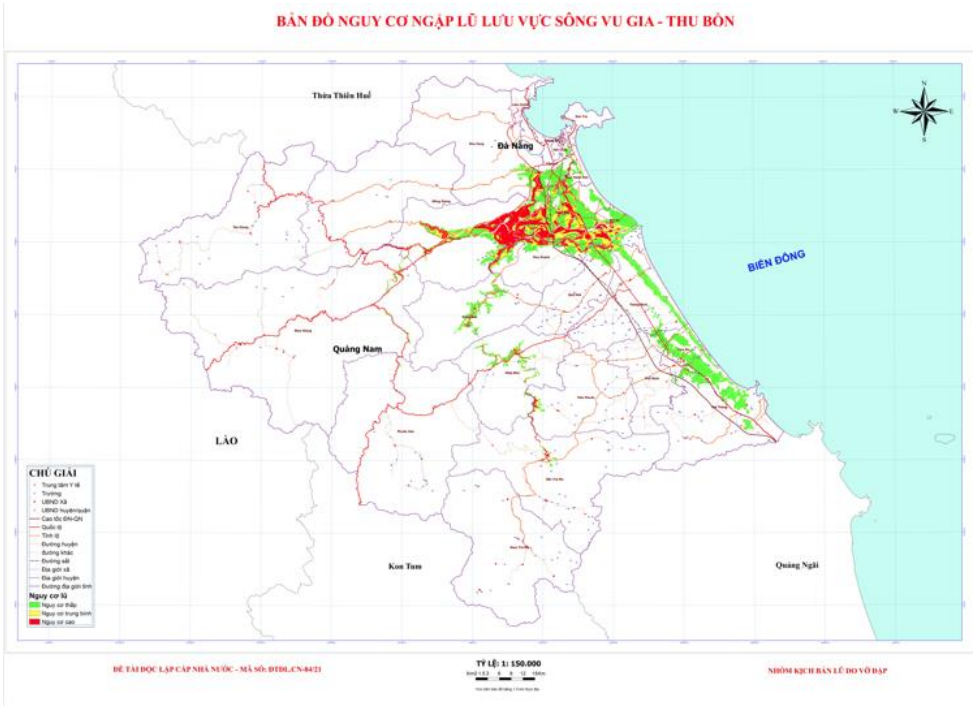
c)Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản vỡ đập:

Nhóm kịch bản vỡ đập là : KB13, KB14, KB15 và KB16

Kết quả diện tích ngập ứng với các kịch bản vỡ đập lần lượt là: KB13 = 58.356 ha, KB14 = 70.670 ha, KB15= 71.967 ha, KB16 = 73.905 ha.

Căn cứ vào kết quả tính toán trên, chúng tôi đã lựa chọn các kịch bản số 16 - Vỡ đồng thời đập sông Tranh 2 và đập Sông Bung 4 để xây dựng bản đồ nguy cơ ngập, kịch bản này có vùng ngập và diện tích ngập lớn nhất, vì vậy nó sẽ thể hiện đầy đủ các vùng nguy cơ cho nhóm kịch bản vỡ đập.

Kết quả xây dựng Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ do vỡ đập



Hình 4-93. Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản vỡ đập

Bảng 4.59. Tthống kê diện tích tương ứng với cấp nguy cơ do vỡ đập

Địa điểm		Diện tích ngập		
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**Nguy cơ trung bình**	**Nguy cơ thấp**	**Nguy cơ cao**
Đà Nẵng	Cẩm Lệ	511,73	34,73	56,01
	Hải Châu	154,25	-	-
	Hòa Vang	3.242,51	562,68	822,59
	Ngũ Hành Sơn	679,24	99,26	212,39
	Sơn Trà	48,77	-	-
Quảng Nam	Bắc Trà My	184,11	57,96	274,22
	Đại Lộc	3.370,94	2.085,54	7.743,55
	Điện Bàn	7.678,08	4.180,76	4.506,19
	Đông Giang	17,29	4,46	96,09
	Duy Xuyên	3.994,17	2.786,94	2.723,47
	Hiệp Đức	1.623,71	261,14	377,39
	Hội An	2.205,88	589,54	265,84
	Nam Giang	426,41	116,52	366,60
	Nông Sơn	2.258,47	315,10	175,42
	Núi Thành	6.775,99	25,30	17,98
	Phú Ninh	690,88	2,28	4,52
	Phước Sơn	38,36	6,57	16,19
	Quế Sơn	1.631,15	294,06	106,11
	Tam Kỳ	3.472,89	1,24	0,04
	Thăng Bình	3.461,78	187,56	19,05
	Tiên Phước	219,46	109,00	189,46

Các bản đồ **nguy cơ ngập lũ** được xây dựng tương ứng với **ba nhóm kịch bản** (xả lũ lớn xả lũ khẩn cấp, xả lũ vận hành và vỡ đập), được thể hiện ở **tỷ lệ 1/150.000**, khổ **2A0**, trong **Tập sản phẩm số 5 – Bộ bản đồ các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn**.

4.2.6. Đánh giá tác động của nguy cơ ngập lũ đến sơ tán dân theo các kịch bản

4.2.6.1. Phân tích kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt

Dựa vào các kết quả tính toán mà Đề tài đã thiết lập trong phần " Xây dựng bản đồ ngập lụt theo các kịch bản đã xây dựng".

- Thống kê diện tích bị ảnh hưởng: Dựa vào kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt ở trên, tiến hành tính toán thống kê xác định mức độ ngập lụt cho toàn lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn ứng với 24 kịch bản thể hiện chi tiết trong

chuyên đề 5.3.2.1 và trên bộ bản đồ sản phẩm số 5. Dưới đây là kết quả đại diện của kịch bản 2

Bảng 4.60. Thống kê diện tích ngập tương ứng với KB2

Tỉnh/ thành phố	Quận/ huyện/ TX/ TP	Diện tích ngập (ha)								
		0-0,5 (m)	0,5 -1 (m)	1-1,5 (m)	1,5-2(m)	2-2,5(m)	2,5-3(m)	3-3,5(m)	> 3,5 (m)	Tổng
Đà Nẵng	Cẩm lệ	18.02	59.94	61.73	40.63	25.33	29.75	36.08	98.37	369.84
	Hải Châu	56.15	10.42	1.66	-	-	-	-	-	68.23
	Hòa Vang	225.53	492.26	569.18	668.82	779.78	767.27	408.31	327.41	4,238.56
	Ngũ Hành Sơn	28.18	67.83	81.53	103.25	167.35	128.01	47.23	49.44	672.83
	Sơn Trà	9.62	10.52	5.97	0.83	-	-	-	-	26.94
Quảng Nam	Bắc Trà My	2.34	13.42	17.70	18.97	20.10	24.28	23.50	171.70	292.01
	Đại Lộc	303.77	937.44	1,175.55	1,438.44	1,513.90	1,488.43	1,155.06	4,592.35	12,604.92
	Điện Bàn	808.06	1,948.79	2,931.58	3,482.24	3,033.06	1,342.63	560.06	688.20	14,794.61
	Đông Giang	0.16	0.55	2.03	3.22	3.17	2.74	2.35	68.22	82.43
	Duy Xuyên	505.11	1,839.55	2,137.56	1,530.64	991.35	430.39	259.15	533.30	8,227.06
	Hiệp Đức	22.87	80.10	129.11	145.63	152.75	149.22	139.80	1,261.05	2,080.53
	Hội An	272.48	768.15	1,078.68	421.00	95.47	18.46	3.19	-	2,657.43
	Nam Giang	4.17	21.18	33.46	40.18	45.54	45.99	42.26	401.03	633.81
	Nông Sơn	5.87	37.12	77.85	112.82	137.85	147.56	143.23	1,516.55	2,178.84
	Núi Thành	2,945.43	1,292.85	109.45	-	-	-	-	-	4,347.73
	Phú Ninh	78.61	23.23	1.24	-	-	-	-	-	103.08
	Phước Sơn	0.86	0.91	1.55	2.30	2.53	2.31	2.18	19.97	32.61
	Quế Sơn	157.44	409.94	492.70	269.32	93.73	18.80	3.31	0.18	1,445.42
	Tam Kỳ	656.82	368.46	13.16	-	-	-	-	-	1,038.45
	Thăng Bình	645.86	770.40	635.25	109.44	2.37	1.75	0.41	-	2,165.48
	Tiên Phước	0.90	5.40	10.16	13.57	16.90	20.11	23.67	314.81	405.53

Nhận xét chung đối với 24 kịch bản:

Sau khi xây dựng 24 bản đồ ngập lụt tương ứng với các kịch bản khác nhau, kết quả cho thấy vùng ngập lớn nhất tập trung chủ yếu tại huyện Đại Lộc và thị xã Điện Bàn (Quảng Nam). Phần lớn các kịch bản đều có diện tích ngập trên 12.000 ha, ngoại trừ kịch bản KB4 và KB5 với diện tích ngập từ 7.000–9.000 ha, tập trung tại các vùng trũng thuộc các xã như Đại Quang, Đại Đồng, Điện Thọ, Điện Quang, Điện Hồng...

Độ sâu ngập phổ biến ở các kịch bản dao động từ 1,0–1,5 m. Riêng kịch bản KB23 có mức độ ngập nghiêm trọng nhất, với nhiều địa phương bị ngập sâu trên 3,5 m, ngoại trừ quận Hải Châu (TP. Đà Nẵng) và huyện Phú Ninh (Quảng Nam), nơi có độ ngập lớn nhất từ 3,0–3,5 m.

Trong số các kịch bản, KB23 là kịch bản có diện tích ngập lớn nhất với 74.422 ha, trong khi KB4 có diện tích ngập nhỏ nhất với 35.586 ha. Địa phương chịu ảnh hưởng lớn nhất là thị xã Điện Bàn ở kịch bản KB23 với diện tích ngập khoảng 16.825 ha, tiếp theo là huyện Đại Lộc trong kịch bản KB15 với khoảng 13.325 ha bị ngập.

4.2.6.2. Đánh giá tác động của ngập lụt đến sơ tán dân cư

Đánh giá ảnh hưởng đến dân cư trong các kịch bản xả lũ được thực hiện bằng cách kết hợp bản đồ độ sâu ngập với bản đồ phân bố dân cư. Dựa trên điều tra thực tế và mực nước đỉnh lũ, số người bị ảnh hưởng được thống kê theo các mức độ ngập tương ứng với từng kịch bản xả lũ.

(1) Với kịch bản KB1:

Tổng số người bị ảnh hưởng bởi ngập lụt là 62.132 người, phân bố theo độ sâu ngập như sau:

0,0–0,5m: 14.777 người – chủ yếu tại các địa phương ven sông Vu Gia - Thu Bồn như Cẩm Lệ, Hải Châu, Hoà Vang, Đại Lộc, Điện Bàn… (trừ Bắc Trà My, Đông Giang, Nam Giang, Phước Sơn).

0,5–1,0m: 15.127 người – ảnh hưởng rộng ở hầu hết địa phương ven sông (trừ Bắc Trà My, Đông Giang, Nam Giang, Phú Ninh, Phước Sơn).

1,0–1,5m: 13.974 người – trừ một số nơi như Hải Châu, Tam Kỳ, Bắc Trà My, Đông Giang...

1,5–2,0m: 8.260 người – phạm vi ảnh hưởng tương tự nhóm trên.

2,0–2,5m: 4.571 người – ảnh hưởng giảm, trừ nhiều địa phương như Sơn Trà, Tam Kỳ...

2,5–3,0m: 2.438 người – tập trung tại Hoà Vang, Ngũ Hành Sơn, Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên...

3,0–3,5m: 1.028 người – chủ yếu ở Cẩm Lệ, Hoà Vang, Đại Lộc, Điện Bàn...

Trên 3,5m: 1.957 người – ảnh hưởng nặng tại Cẩm Lệ, Hoà Vang, Đại Lộc, Điện Bàn, Nam Giang...

Phân bố người dân bị ảnh hưởng cho thấy mức độ rủi ro tăng dần theo độ sâu ngập và tập trung ở các vùng thấp ven sông.

Bảng 4.61. Thống kê ảnh hưởng về người ứng với KB1

Tỉnh/ thành phố	Quận/ huyện/ TX/ TP	Số người dân bị ảnh hưởng ngập lụt (người)								
		0-0,5 (m)	0,5 -1 (m)	1-1,5 (m)	1,5-2(m)	2-2,5(m)	2,5-3(m)	3-3,5(m)	> 3,5 (m)	Tổng
Đà Nẵng	Cẩm lệ	297	1,049	705	138	28	30	82	106	2,435
	Hải Châu	6,245	168							6,414
	Hòa Vang	424	934	1,155	1,081	833	502	155	164	5,248
	Ngũ Hành Sơn	79	266	175	129	127	62	18	6	862
	Sơn Trà	856	525	194	38					1,613
Quảng Nam	Bắc Trà My							5		5
	Đại Lộc	277	978	1,139	1,434	1,692	1,241	543	1,402	8,706
	Điện Bàn	1,467	3,696	4,686	3,428	1,490	422	128	63	15,380
	Đông Giang									
	Duy Xuyên	443	1,757	2,168	1,339	215	53	13	5	5,993
	Hiệp Đức	5	17	27	21	19	13	10	20	131
	Hội An	3,297	5,314	3,431	451	46	29	11	-	12,579
	Nam Giang			11	13	23	15	14	82	161
	Nông Sơn	41	75	59	76	73	58	50	107	539
	Núi Thành	581	90	-	-	-	-	-	-	671
	Phú Ninh									
	Phước Sơn									
	Quế Sơn	179	157	191	105	13	5	-	-	650
	Tam Kỳ	554	59	-	-	-	-	-	-	613
	Thăng Bình	28	36	25	5		-	-	-	96
	Tiên Phước		5	7	6	9	6			34

Thống kê ảnh hưởng chi tiết về người của các kịch bản theo mức độ ngập đối với từng địa phương còn lại được thể hiện chi tiết trong Sản phẩm số 5 tại bản đồ ngập lụt 24 KB in trên bản đồ khổ lớn.

Kết quả tổng hợp thống kê ảnh hưởng về người do xả lũ, vỡ đập của các kịch bản được thể hiện ở bảng dưới đây.

Bảng 4.62. Tổng hợp thống kê ảnh hưởng về người ứng với từng kịch bản

Tỉnh/ thành phố	Quận/ huyện/ TX/ TP	Số người dân bị ảnh hưởng ngập lụt (người)											
		KB1	**KB2**	**KB3**	**KB4**	**KB5**	**KB6**	**KB7**	**KB8**	**KB9**	**KB10**	**KB11**	**KB12**
Đà Nẵng	Cẩm lệ	2,435	2,619	2,552	298	301	429	408	2,371	2,012	2,663	2,079	2,690
	Hải Châu	6,414	1,049	8,604	-	-	-	489	7,477	8,901	12,024	9,372	4,806
	Hòa Vang	5,248	5,287	5,357	2,459	2,428	3,553	4,592	5,161	5,149	5,672	5,239	5,455
	Ngũ Hành Sơn	862	756	861	286	285	387	722	845	891	1,216	897	841
	Sơn Trà	1,613	872	2,088	225	225	225	619	1,613	1,869	2,743	1,869	1,338
Quảng Nam	Bắc Trà My	5	15	10	-	5	5	19	10	10	10	15	10
	Đại Lộc	8,706	8,701	8,781	3,993	5,445	6,923	8,446	8,675	8,788	8,955	8,825	8,797
	Điện Bàn	15,380	15,293	15,957	6,671	6,927	10,092	14,995	15,329	15,643	17,393	15,964	15,633
	Đông Giang		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Duy Xuyên	5,993	6,126	6,200	2,995	3,402	4,578	6,092	6,001	6,096	6,307	6,244	6,097
	Hiệp Đức	131	263	242	-	26	69	298	136	157	172	239	159
	Hội An	12,579	12,797	13,058	8,134	9,136	10,143	12,675	12,672	13,003	13,325	13,202	12,888
	Nam Giang	161	151	163	-	-	5	51	157	161	157	163	159
	Nông Sơn	539	606	600	107	155	304	636	553	568	582	630	569
	Núi Thành	671	670	672	671	672	671	678	671	673	680	673	674
	Phú Ninh		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phước Sơn		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Quế Sơn	650	666	682	287	310	425	657	651	679	720	706	675
	Tam Kỳ	613	499	505	613	612	613	613	613	613	614	614	613
	Thăng Bình	96	98	107	72	73	76	97	97	107	117	113	105
	Tiên Phước	34	53	42	-	-	10	50	33	35	35	42	34

Bảng 4.62 (tiếp theo)Tổng hợp thống kê ảnh hưởng về người ứng với từng kịch bản

Tỉnh/ thành phố	Quận/ huyện/ TX/ TP	Số người dân bị ảnh hưởng ngập lụt (người)											
		KB13	KB14	KB15	KB16	KB17	KB18	KB19	KB20	KB21	KB22	KB23	KB24
Đà Nẵng	Cẩm lệ	1,676	2,857	2,921	2,833	7,145	4,627	6,991	7,161	2,979	2,657	3,728	7,012
	Hải Châu	963	4,881	5,287	4,882	13,496	11,462	13,491	13,821	1,676	11,072	6,427	14,738
	Hòa Vang	4,724	6,343	6,419	6,266	7,104	6,652	7,057	7,129	6,417	5,605	6,787	6,971
	Ngũ Hành Sơn	758	1,322	1,473	1,341	1,209	1,065	1,223	1,329	812	1,186	1,772	1,413
	Sơn Trà	984	1,872	2,322	1,824	2,680	2,126	2,682	2,680	1,280	2,123	3,545	3,031
Quảng Nam	Bắc Trà My	10	5	5	43	6	6	16	8	8	8	36	8
	Đại Lộc	8,734	9,225	9,413	9,352	9,037	8,951	9,058	9,262	8,997	9,001	9,217	9,138
	Điện Bàn	15,079	17,677	18,370	18,164	17,190	16,966	17,841	19,955	17,129	18,419	18,985	20,463
	Đông Giang	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Duy Xuyên	6,433	7,064	7,120	7,137	6,439	6,381	6,568	6,684	6,373	6,484	7,161	6,599
	Hiệp Đức	176	55	57	366	191	197	321	239	242	239	318	252
	Hội An	11,453	14,927	15,181	15,151	13,855	13,658	14,179	15,040	13,807	14,377	15,742	14,625
	Nam Giang	149	271	322	249	221	166	223	275	218	224	82	210
	Nông Sơn	659	414	547	775	616	619	684	648	646	648	751	655
	Núi Thành	677	3,421	3,432	3,423	684	684	686	686	681	684	3,443	685
	Phú Ninh	-	1,215	1,215	1,215	-	-	-	5	-	-	1,217	-
	Phước Sơn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Quế Sơn	658	994	1,008	1,006	761	749	775	834	748	774	1,022	788
	Tam Kỳ	613	13,092	13,131	13,103	624	615	624	628	615	623	13,191	624
	Thăng Bình	86	405	429	414	141	133	158	189	134	162	494	166
	Tiên Phước	35	-	-	66	34	37	41	41	42	42	53	40

4.2.7. Đánh giá tác động ngập lũ đến các tuyến đường sơ tán

Hệ thống giao thông đường bộ trong lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn được phân bố hợp lý và tương đối đồng đều, với các trục chính chạy song song Quốc lộ 1A theo hướng Bắc – Nam, kết nối hiệu quả với các tuyến ngang Đông – Tây và mạng lưới đường huyện, xã, thôn xóm, tạo điều kiện thuận lợi cho giao thương và đi lại.

Quốc lộ: Gồm các tuyến trọng yếu như cao tốc Đà Nẵng – Quảng Ngãi, Quốc lộ 1A, Hồ Chí Minh, Đông Trường Sơn, QL14B, 14D, 14E, 14G, 40B, 24C.

Tỉnh lộ: Có các tuyến ĐT.601 đến ĐT.618 và các nhánh B như ĐT.603B, 607B, 609B, 610B, 611B, 613B...

Hệ thống đường địa phương: Đường huyện, xã, đô thị và giao thông nông thôn được cứng hóa, nhựa hóa khoảng 75%, đảm bảo cơ bản nhu cầu đi lại và phát triển kinh tế - xã hội.

Tuy nhiên, một số tuyến đường được xây dựng từ lâu đã xuống cấp do thiên tai; tỷ lệ cứng hóa đường xã, đường nông thôn còn thấp. Địa hình miền núi phức tạp tại các huyện như Bắc Trà My, Nam Trà My, Phước Sơn, Nam Giang, Tây Giang, Hòa Vang... khiến giao thông trở thành lĩnh vực dễ bị tổn thương khi xảy ra thiên tai.

Kết quả mô phỏng ngập lụt cho thấy nhiều tuyến quốc lộ, tỉnh lộ bị ảnh hưởng trong các kịch bản xả lũ, cụ thể:

QL1A: Ngập 0,5–1,0m tại TT Vĩnh Điện (Điện Bàn), TT Nam Phước (Duy Xuyên), Quế Xuân 1 (Quế Sơn), Tam An (Phú Ninh).

QL14E: Ngập ~0,5m tại Thăng Bình.

QL14H: Ngập 0,5–1,0m tại Duy Xuyên.

ĐT.615: Ngập 0,5–1,5m tại Tam Kỳ, Phú Ninh.

ĐT.609: Ngập sâu 1,5–3,0m tại Đại Lộc, Điện Bàn, có đoạn ngập trên 3,5m.

ĐT.608: Ngập 1,0–2,0m tại Hội An, Điện Bàn.

ĐT.610B: Ngập 1,0–2,0m tại Duy Xuyên.

ĐT.605: Ngập 1,0–1,5m tại Điện Bàn.

Kết luận: Nhiều tuyến giao thông trọng điểm bị ngập sâu trong các kịch bản xả lũ, gây ảnh hưởng lớn đến việc sơ tán dân và ứng phó khẩn cấp, đặc biệt tại các vùng trũng thấp và khu vực ven sông. Đây là yếu tố cần được ưu tiên trong quy hoạch hạ tầng và lập phương án ứng phó thiên tai vùng lưu vực.

4.3. ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA NGUY CƠ NGẬP LŨ ĐẾN SƠ TÁN DÂN CƯ THEO CÁC KỊCH BẢN

4.3.1. Dân số ảnh hưởng ngập lụt ứng với các kịch bản

Từ kết quả tính toán ngập lụt trên toàn lưu vực sông với 24 kịch bản, nhóm thực hiện đã biên tập và xây dựng được 24 bản đồ ngập lụt khác nhau. Trên cơ sở đó, tiến hành chồng chập bản đồ và tính toán, thống kê ra các đối tượng bị ảnh hưởng bởi ngập lụt với các mức độ ngập khác nhau, trong đó có các đối tượng bị ảnh hưởng như: con người, cơ sở hạ tầng, các loại cây trồng…

Khi xảy ra tình huống khẩn cấp do lũ gây ra trên lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn ứng với 24 kịch bản trên, số người dân chịu ảnh hưởng bởi lũ lụt là 26.824÷93.971 người, trong đó tập trung nhiều ở các địa phương phía hạ du lưu vực sông như Đại Lộc, Hội An, Điện Bàn, Duy Xuyên, Cẩm Lệ…

4.3.2. Phương án sơ tán dân cư khi xảy ra tình huống khẩn cấp

4.3.2.1. Phương án sơ tán dân cơ trên địa bàn thành phố Đà Nẵng

a. Khu vực sơ tán

Theo kết quả phân tích từ bản đồ ngập lụt hạ du ứng với các kịch bản, các địa phương có đơn vị hành chính ven sông Vu Gia thường bị ngập với mức ngập cao, các quận huyện thường xuyên bị ảnh hưởng là Hòa Vang, Hải Châu, Ngũ Hành Sơn. Khi xảy ra tình huống khẩn cấp do lũ lụt, một số nhà dân ở khu vực thấp trũng có cao trình nền không vượt được mực nước lũ, bắt buộc phải sơ tán đến khu vực cao hơn, đặc biệt là đến các khu vực có nhà cao tầng ổn định. Số lượng dân cư sơ tán ứng với các kịch bản đã được thống kê tại Bảng 4.62.

b. Định hướng các điểm tiếp nhận sơ tán

Khi có tình huống khẩn cấp xảy ra, định hướng sơ tán dân trên 7 quận huyện của thành phố Đà Nẵng là các công trình kiên cố như nhà cửa xây gạch, đổ mái bê tông của các hộ dân trong khu vực cao trong vùng và các công trình trụ sở UBND, trạm y tế các trường học… Theo kết quả thống kê của Ban Chỉ huy phòng chống thiên tai và Tìm kiếm cứu nạn thành phố Đà Nẵng năm 2022, số lượng công trình được sử dụng là nơi tập kết sơ tán dân khi có thiên tai xảy ra trên toàn thành phố là 493 công trình, đáp ứng chỗ ở tạm thời cho khoảng 181.094 người dân sơ tán.

Bảng 4.63. Số lượng các điểm sơ tán dân trên địa bàn thành phố Đà Nẵng

TT	Tên Quận/Huyện	Số công trình làm điểm sơ tán dân	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)
1	Quận Hải Châu	41	12.631
2	Quận Thanh Khê	74	24.560
3	Quận Sơn Trà	33	12.330
4	Quận Ngũ Hành Sơn	52	14.950
5	Quận Liên Chiểu	81	58.320
6	Quận Cẩm Lệ	59	8.832
7	Huyện Hòa Vang	153	49.471
	Tổng	**493**	**181.094**

c. Công tác hậu cần

Sau khi sơ tán nhân dân đến khu vực an toàn, ban chỉ huy PCTT và TKCN thành phố sẽ sắp xếp các tổ chức đoàn thể, sử dụng lượng nhu yếu phẩm đã chuẩn bị từ trước như gạo, thuốc men, chăn màn…tổ chức theo từng khu vực, bảo đảm nhu cầu sinh hoạt cho nhân dân, sẵn sàng trưng dụng lượng nhu yếu phẩm từ các tổ dân phố khác để phục vụ cho nhân dân vùng sơ tán, tuyệt đối không để nhân dân chịu đói, chịu khát.

4.3.2.2. Phương án di dời dân cơ trên địa bàn tỉnh Quảng Nam

a. Khu vực sơ tán

Theo kết quả phân tích từ bản đồ ngập lụt hạ du ứng với các kịch bản, các địa phương có đơn vị hành chính ven sông Thu Bồn và hệ thống sông vùng hạ du thường bị ngập với mức ngập cao, các địa phương thường xuyên bị ảnh hưởng là Đại Lộc, Duy Xuyên, Điện Bàn, Hội An, Thăng Bình. Khi xảy ra tình huống khẩn cấp do lũ lụt, một số nhà dân ở khu vực thấp trũng có cao trình nền không vượt được mực nước lũ, bắt buộc phải sơ tán đến khu vực cao hơn, đặc biệt là đến các khu vực có nhà cao tầng ổn định. Số lượng dân cư cần sơ tán ứng với các kịch bản đã được thống kê tại Bảng 4.62.

b. Định hướng các điểm tiếp nhận sơ tán

Khi có tình huống khẩn cấp xảy ra, định hướng sơ tán dân trên các huyện thị của tỉnh Quảng Nam là các công trình kiên cố như nhà cửa xây gạch, đổ mái bê tông của các hộ dân trong khu vực cao trong vùng và các công trình trụ sở UBND, trạm y tế các trường học… Theo kết quả thống kê của Ban Chỉ huy phòng chống thiên tai và Tìm kiếm cứu nạn tỉnh Quảng Nam năm 2022, số lượng công trình được sử dụng là nơi tập kết sơ tán dân khi có thiên tai xảy ra trên toàn tỉnh là 1.744 công trình, đáp ứng chỗ ở tạm thời cho khoảng 345.423 người dân sơ tán.

Bảng 4.64. Số lượng các điểm sơ tán dân trên địa bàn tỉnh Quảng Nam

TT	Tên huyện/TP/TX	Số công trình làm điểm sơ tán dân	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)
1	Huyện Duy Xuyên	112	80.554
2	TP Hội An	56	14.225
3	TX Điện Bàn	160	39.018
4	Huyện Đại Lộc	144	9.200
5	Huyện Quế Sơn	104	11.559
6	Huyện Nông Sơn	48	20.902
7	Huyện Thăng Bình	168	38.449
8	TP Tam Kỳ	104	20.089
9	Huyện Núi Thành	128	38.540
10	Huyện Tiên Phước	120	21.968

TT	Tên huyện/TP/TX	Số công trình làm điểm sơ tán dân	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)
11	Huyện Phước Sơn	96	9.300
12	Huyện Đông Giang	88	7.581
13	Huyện Hiệp Đức	32	250
14	Huyện Nam Trà My	80	4.582
15	Huyện Tây Giang	80	1.428
16	Huyện Phú Ninh	88	21.348
17	Huyện Bắc Trà My	104	2.232
18	Huyện Nam Giang	32	4.200
	Tổng	**1.744**	**345.423**

c. Công tác hậu cần

Sau khi sơ tán nhân dân đến khu vực an toàn, ban chỉ huy PCTT và TKCN thành phố sẽ sắp xếp các tổ chức đoàn thể, sử dụng lượng nhu yếu phẩm đã chuẩn bị từ trước như gạo, thuốc men, chăn màn…tổ chức theo từng khu vực, bảo đảm nhu cầu sinh hoạt cho nhân dân, sẵn sàng trưng dụng lượng nhu yếu phẩm từ các tổ dân phố khác để phục vụ cho nhân dân vùng sơ tán, tuyệt đối không để nhân dân chịu đói, chịu khát.

4.3.2.3. Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán

1. Đánh giá các điểm sơ tán dân trên địa bàn thành phố Đà Nẵng

Khi xảy ra tình huống khẩn cấp do lũ lụt từ thượng nguồn sông Vu Gia Thu Bồn đổ về, các hộ dân sống quanh khu vực giáp sông Vu Gia và giáp các sông phía hạ lưu cần phải sơ tán để đề phòng thiệt hại do thiên tai gây ra.

Đối tượng cần ưu tiên sơ tán khi xảy ra thiên tai là những người già, trẻ nhỏ, người neo đơn, người đau ốm, người không đủ sức khỏe để tham gia vào lực lượng phòng chống lũ. Lực lượng còn lại sẽ tham gia trong quá trình đảm bảo an toàn, hỗ trợ người dân sơ tán và tham gia công tác phòng chống lũ, hoàn thành công tác chống lũ xong sẽ chủ động di dời vào thời điểm thích hợp, tùy tình hình phức tạp của mỗi cơn lũ.

Theo tính toán của nhóm thực hiện Đề tài, ứng với 24 kịch bản xả lũ từ thượng nguồn, số dân cư tại các địa phương trên địa bàn thành phố Đà Nẵng cần phải di dời được thống kê chi tiết tại (Bảng 4.65). Để đánh giá được khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân cư ứng với 24 kịch bản, nhóm thực hiện đã tích hợp Bảng 4.63 và Bảng 4.65) để làm phép so sánh, đánh giá sức chứa của các điểm sơ tán dân, phương pháp đánh giá được nhóm đề tài thực hiện như sau:

Căn cứ vào số lượng người dân bị ảnh hưởng bởi lũ lụt (A) theo 24 kịch bản tại các quận, huyện, tham chiếu với sức chứa của các điểm sơ tán dân cư (B).

Nếu A>=B: Đánh giá là điểm sơ tán dân đủ khả năng tiếp nhận hết người dân khi có tình huống thiên tai khẩn cấp xảy ra.

Nếu A<B: Đánh giá là điểm sơ tán dân chưa đủ khả năng tiếp nhận hết người dân khi có tình huống thiên tai khẩn cấp xảy ra.

Kết quả đánh giá các điểm sơ tán dân trên địa bàn thành phố Đà Nẵng như bảng sau:

Bảng 4.65. Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân tại thành phố Đà Nẵng

TT	Các kịch bản	Quận Hải Châu			Quận Cẩm Lệ			Quận Sơn Trà			Quận Ngũ Hành Sơn		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
1	KB1	6.414	12.631	Tiếp nhận hết	2.435	8.832	Tiếp nhận hết	1.613	12.330	Tiếp nhận hết	862	14.950	Tiếp nhận hết
2	KB2	1.049	12.631	Tiếp nhận hết	2.619	8.832	Tiếp nhận hết	872	12.330	Tiếp nhận hết	756	14.950	Tiếp nhận hết
3	KB3	8.604	12.631	Tiếp nhận hết	2.552	8.832	Tiếp nhận hết	2.088	12.330	Tiếp nhận hết	861	14.950	Tiếp nhận hết
4	KB4	-	12.631	Tiếp nhận hết	298	8.832	Tiếp nhận hết	225	12.330	Tiếp nhận hết	286	14.950	Tiếp nhận hết
5	KB5	-	12.631	Tiếp nhận hết	301	8.832	Tiếp nhận hết	225	12.330	Tiếp nhận hết	285	14.950	Tiếp nhận hết
6	KB6	-	12.631	Tiếp nhận hết	429	8.832	Tiếp nhận hết	225	12.330	Tiếp nhận hết	387	14.950	Tiếp nhận hết
7	KB7	489	12.631	Tiếp nhận hết	408	8.832	Tiếp nhận hết	619	12.330	Tiếp nhận hết	722	14.950	Tiếp nhận hết
8	KB8	7.477	12.631	Tiếp nhận hết	2.371	8.832	Tiếp nhận hết	1.613	12.330	Tiếp nhận hết	845	14.950	Tiếp nhận hết
9	KB9	8.901	12.631	Tiếp nhận hết	2.012	8.832	Tiếp nhận hết	1.869	12.330	Tiếp nhận hết	891	14.950	Tiếp nhận hết

TT	Các kịch bản	Quận Hải Châu			Quận Cẩm Lệ			Quận Sơn Trà			Quận Ngũ Hành Sơn		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
10	KB10	12.024	12.631	Tiếp nhận hết	2.663	8.832	Tiếp nhận hết	2.743	12.330	Tiếp nhận hết	1.216	14.950	Tiếp nhận hết
11	KB11	9.372	12.631	Tiếp nhận hết	2.079	8.832	Tiếp nhận hết	1.869	12.330	Tiếp nhận hết	897	14.950	Tiếp nhận hết
12	KB12	4.806	12.631	Tiếp nhận hết	2.690	8.832	Tiếp nhận hết	1.338	12.330	Tiếp nhận hết	841	14.950	Tiếp nhận hết
13	KB13	963	12.631	Tiếp nhận hết	1.676	8.832	Tiếp nhận hết	984	12.330	Tiếp nhận hết	758	14.950	Tiếp nhận hết
14	KB14	4.881	12.631	Tiếp nhận hết	2.857	8.832	Tiếp nhận hết	1.872	12.330	Tiếp nhận hết	1.322	14.950	Tiếp nhận hết
15	KB15	5.287	12.631	Tiếp nhận hết	2.921	8.832	Tiếp nhận hết	2.322	12.330	Tiếp nhận hết	1.473	14.950	Tiếp nhận hết
16	KB16	4.882	12.631	Tiếp nhận hết	2.833	8.832	Tiếp nhận hết	1.824	12.330	Tiếp nhận hết	1.341	14.950	Tiếp nhận hết
17	KB17	13.496	12.631	Tiếp nhận không hết	7.145	8.832	Tiếp nhận hết	2.680	12.330	Tiếp nhận hết	1.209	14.950	Tiếp nhận hết
18	KB18	11.462	12.631	Tiếp nhận hết	4.627	8.832	Tiếp nhận hết	2.126	12.330	Tiếp nhận hết	1.065	14.950	Tiếp nhận hết
19	KB19	13.491	12.631	Tiếp nhận không hết	6.991	8.832	Tiếp nhận hết	2.682	12.330	Tiếp nhận hết	1.223	14.950	Tiếp nhận hết

TT	Các kịch bản	Quận Hải Châu			Quận Cẩm Lệ			Quận Sơn Trà			Quận Ngũ Hành Sơn		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
20	KB20	13.821	12.631	Tiếp nhận không hết	7.161	8.832	Tiếp nhận hết	2.680	12.330	Tiếp nhận hết	1.329	14.950	Tiếp nhận hết
21	KB21	1.676	12.631	Tiếp nhận hết	2.979	8.832	Tiếp nhận hết	1.280	12.330	Tiếp nhận hết	812	14.950	Tiếp nhận hết
22	KB22	11.072	12.631	Tiếp nhận hết	2.657	8.832	Tiếp nhận hết	2.123	12.330	Tiếp nhận hết	1.186	14.950	Tiếp nhận hết
23	KB23	6.427	12.631	Tiếp nhận hết	3.728	8.832	Tiếp nhận hết	3.545	12.330	Tiếp nhận hết	1.772	14.950	Tiếp nhận hết
24	KB24	14.738	12.631	Tiếp nhận không hết	7.012	8.832	Tiếp nhận hết	3.031	12.330	Tiếp nhận hết	1.413	14.950	Tiếp nhận hết

Bảng 4.65 (Tiếp) Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân tại thành phố Đà Nẵng

TT	Các kịch bản	Huyện Hòa Vang			TT	Các kịch bản	Huyện Hòa Vang		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá			Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
1	KB1	5.248	49.471	Tiếp nhận hết	13	KB13	4.724	49.471	Tiếp nhận hết
2	KB2	5.287	49.471	Tiếp nhận hết	14	KB14	6.343	49.471	Tiếp nhận hết
3	KB3	5.357	49.471	Tiếp nhận hết	15	KB15	6.419	49.471	Tiếp nhận hết
4	KB4	2.459	49.471	Tiếp nhận hết	16	KB16	6.266	49.471	Tiếp nhận hết
5	KB5	2.428	49.471	Tiếp nhận hết	17	KB17	7.104	49.471	Tiếp nhận hết
6	KB6	3.553	49.471	Tiếp nhận hết	18	KB18	6.652	49.471	Tiếp nhận hết
7	KB7	4.592	49.471	Tiếp nhận hết	19	KB19	7.057	49.471	Tiếp nhận hết
8	KB8	5.161	49.471	Tiếp nhận hết	20	KB20	7.129	49.471	Tiếp nhận hết
9	KB9	5.149	49.471	Tiếp nhận hết	21	KB21	6.417	49.471	Tiếp nhận hết
10	KB10	5.672	49.471	Tiếp nhận hết	22	KB22	5.605	49.471	Tiếp nhận hết
11	KB11	5.239	49.471	Tiếp nhận hết	23	KB23	6.787	49.471	Tiếp nhận hết
12	KB12	5.455	49.471	Tiếp nhận hết	24	KB24	6.971	49.471	Tiếp nhận hết

2. Đánh giá mức độ tiếp nhận dân cư sơ tán tại các điểm tập trung tại thành phố Đà Nẵng

Từ kết quả tính toán trong (Bảng 4.65) cho thấy, với danh mục các điểm sơ tán dân hiện nay khi xảy ra tình huống khẩn cấp ứng với 24 kịch bản xả lũ trên lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn thì cơ bản cơ sở hạ tầng hiện nay tiếp nhận hết số lượng người sơ tán, riêng Quận Hải Châu có 4 kịch bản xả lũ lớn là tiếp nhận không hết lượng người dân sơ tán. Mức độ tiếp nhận tại các địa phương cụ thể như sau:

+ Quận Hải Châu: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 0÷14.738 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các phường Hòa Cường Bắc, Hòa Thuận Đông, Bình Thuận, Bình Hiên. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn quận là 12.631 người. Như vậy, với danh mục các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn quận Hải Châu hiện nay, khả năng đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra mới chỉ thỏa mãn 20 kịch bản, cơ sở hạ tầng chưa đáp ứng hết nhu cầu chỗ ở cho người dân sơ tán cho 04 kịch bản còn lại là KB17, KB19, KB20, KB24. Chính quyền sở tại cần có kế hoạch bổ sung thêm vào danh mục các công trình (các khu chức năng, các trường học, các nhà cao tầng…) kết hợp sơ tán dân khu có lũ đến.

+ Quận Cẩm Lệ: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 298÷7.161 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các phường Hòa Xuân, Hòa Thọ Tây, Khuê Trung, Hòa Thọ Đông. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn quận là 8.832 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn quận Cẩm Lệ đáp ứng hết nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Quận Sơn Trà: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 225÷3.545 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các phường An Hải Bắc, An Hải Tây, Nại Hiên Đông. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn quận là 12.330 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa

bàn quận Sơn Trà đáp ứng hết nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Quận Ngũ Hành Sơn: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 285÷1.772 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các phường Hòa Hải, Hòa Quý, Khuê Mỹ, Mỹ An. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn quận là 14.950 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn quận Ngũ Hành Sơn đáp ứng hết nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Hòa Vang: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 2.426÷7.129 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Hòa Tiến, Hòa Phong, Hòa Châu, Hòa Phước... Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 49.471 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Hòa Vang đáp ứng hết nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

3. Đánh giá các điểm sơ tán dân trên địa bàn tỉnh Quảng Nam

Đánh giá tương tự như với thành phố Đà Nẵng ở trên.

Theo tính toán của nhóm thực hiện Đề tài, ứng với 24 kịch bản xả lũ từ thượng nguồn, số dân cư tại các địa phương trên địa bàn tỉnh Quảng Nam cần phải di dời được thống kê chi tiết tại (Bảng 4.66). Để đánh giá được khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân cư ứng với 24 kịch bản, nhóm thực hiện đã tích hợp (Bảng 4.64 và Bảng 4.66) để làm phép so sánh, đánh giá sức chứa của các điểm sơ tán dân.

Bảng 4.66. Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân tại tỉnh Quảng Nam

TT	Các kịch bản	Huyện Duy Xuyên			Thành phố Hội An			Thị xã Điện Bàn			Huyện Đại Lộc		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
1	KB1	5.993	80.554	Tiếp nhận hết	12.579	14.225	Tiếp nhận hết	15.380	39.018	Tiếp nhận hết	8.706	9.200	Tiếp nhận hết
2	KB2	6.126	80.554	Tiếp nhận hết	12.797	14.225	Tiếp nhận hết	15.293	39.018	Tiếp nhận hết	8.701	9.200	Tiếp nhận hết
3	KB3	6.200	80.554	Tiếp nhận hết	13.058	14.225	Tiếp nhận hết	15.957	39.018	Tiếp nhận hết	8.781	9.200	Tiếp nhận hết
4	KB4	2.995	80.554	Tiếp nhận hết	8.134	14.225	Tiếp nhận hết	6.671	39.018	Tiếp nhận hết	3.993	9.200	Tiếp nhận hết
5	KB5	3.402	80.554	Tiếp nhận hết	9.136	14.225	Tiếp nhận hết	6.927	39.018	Tiếp nhận hết	5.445	9.200	Tiếp nhận hết
6	KB6	4.578	80.554	Tiếp nhận hết	10.143	14.225	Tiếp nhận hết	10.092	39.018	Tiếp nhận hết	6.923	9.200	Tiếp nhận hết
7	KB7	6.092	80.554	Tiếp nhận hết	12.675	14.225	Tiếp nhận hết	14.995	39.018	Tiếp nhận hết	8.446	9.200	Tiếp nhận hết
8	KB8	6.001	80.554	Tiếp nhận hết	12.672	14.225	Tiếp nhận hết	15.329	39.018	Tiếp nhận hết	8.675	9.200	Tiếp nhận hết
9	KB9	6.096	80.554	Tiếp nhận hết	13.003	14.225	Tiếp nhận hết	15.643	39.018	Tiếp nhận hết	8.788	9.200	Tiếp nhận hết
10	KB10	6.307	80.554	Tiếp nhận hết	13.325	14.225	Tiếp nhận hết	17.393	39.018	Tiếp nhận hết	8.955	9.200	Tiếp nhận hết
11	KB11	6.244	80.554	Tiếp nhận hết	13.202	14.225	Tiếp nhận hết	15.964	39.018	Tiếp nhận hết	8.825	9.200	Tiếp nhận hết
12	KB12	6.097	80.554	Tiếp nhận hết	12.888	14.225	Tiếp nhận hết	15.633	39.018	Tiếp nhận hết	8.797	9.200	Tiếp nhận hết
13	KB13	6.433	80.554	Tiếp nhận hết	11.453	14.225	Tiếp nhận hết	15.079	39.018	Tiếp nhận hết	8.734	9.200	Tiếp nhận hết
14	KB14	7.064	80.554	Tiếp nhận hết	14.927	14.225	Tiếp nhận không hết	17.677	39.018	Tiếp nhận hết	9.225	Tiếp nhận không hết	Tiếp nhận hết

TT	Các kịch bản	Huyện Duy Xuyên			Thành phố Hội An			Thị xã Điện Bàn			Huyện Đại Lộc		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
15	KB15	7.120	80.554	Tiếp nhận hết	15.181	14.225	Tiếp nhận không hết	18.370	39.018	Tiếp nhận hết	9.413	Tiếp nhận không hết	Tiếp nhận hết
16	KB16	7.137	80.554	Tiếp nhận hết	15.151	14.225	Tiếp nhận không hết	18.164	39.018	Tiếp nhận hết	9.352	Tiếp nhận không hết	Tiếp nhận hết
17	KB17	6.439	80.554	Tiếp nhận hết	13.855	14.225	Tiếp nhận hết	17.190	39.018	Tiếp nhận hết	9.037	9.200	Tiếp nhận hết
18	KB18	6.381	80.554	Tiếp nhận hết	13.658	14.225	Tiếp nhận hết	16.966	39.018	Tiếp nhận hết	8.951	9.200	Tiếp nhận hết
19	KB19	6.568	80.554	Tiếp nhận hết	14.179	14.225	Tiếp nhận hết	17.841	39.018	Tiếp nhận hết	9.058	9.200	Tiếp nhận hết
20	KB20	6.684	80.554	Tiếp nhận hết	15.040	14.225	Tiếp nhận không hết	19.955	39.018	Tiếp nhận hết	9.262	Tiếp nhận không hết	Tiếp nhận hết
21	KB21	6.373	80.554	Tiếp nhận hết	13.807	14.225	Tiếp nhận hết	17.129	39.018	Tiếp nhận hết	8.997	9.200	Tiếp nhận hết
22	KB22	6.484	80.554	Tiếp nhận hết	14.377	14.225	Tiếp nhận không hết	18.419	39.018	Tiếp nhận hết	9.001	9.200	Tiếp nhận hết
23	KB23	7.161	80.554	Tiếp nhận hết	15.742	14.225	Tiếp nhận không hết	18.985	39.018	Tiếp nhận hết	9.217	Tiếp nhận không hết	Tiếp nhận hết
24	KB24	6.599	80.554	Tiếp nhận hết	14.625	14.225	Tiếp nhận không hết	20.463	39.018	Tiếp nhận hết	9.138	9.200	Tiếp nhận hết

Bảng 4.66(Tiếp). Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân tại tỉnh Quảng Nam

TT	Các kịch bản	Huyện Quế Sơn			Huyện Nông Sơn			Huyện Thăng Bình			Thành phố Tam Kỳ		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
1	KB1	650	11.559	Tiếp nhận hết	539	20.902	Tiếp nhận hết	96	38.449	Tiếp nhận hết	613	20.089	Tiếp nhận hết
2	KB2	666	11.559	Tiếp nhận hết	606	20.902	Tiếp nhận hết	98	38.449	Tiếp nhận hết	499	20.089	Tiếp nhận hết
3	KB3	682	11.559	Tiếp nhận hết	600	20.902	Tiếp nhận hết	107	38.449	Tiếp nhận hết	505	20.089	Tiếp nhận hết
4	KB4	287	11.559	Tiếp nhận hết	107	20.902	Tiếp nhận hết	72	38.449	Tiếp nhận hết	613	20.089	Tiếp nhận hết
5	KB5	310	11.559	Tiếp nhận hết	155	20.902	Tiếp nhận hết	73	38.449	Tiếp nhận hết	612	20.089	Tiếp nhận hết
6	KB6	425	11.559	Tiếp nhận hết	304	20.902	Tiếp nhận hết	76	38.449	Tiếp nhận hết	613	20.089	Tiếp nhận hết
7	KB7	657	11.559	Tiếp nhận hết	636	20.902	Tiếp nhận hết	125	38.449	Tiếp nhận hết	613	20.089	Tiếp nhận hết
8	KB8	651	11.559	Tiếp nhận hết	553	20.902	Tiếp nhận hết	97	38.449	Tiếp nhận hết	613	20.089	Tiếp nhận hết
9	KB9	679	11.559	Tiếp nhận hết	568	20.902	Tiếp nhận hết	107	38.449	Tiếp nhận hết	613	20.089	Tiếp nhận hết
10	KB10	720	11.559	Tiếp nhận hết	582	20.902	Tiếp nhận hết	117	38.449	Tiếp nhận hết	614	20.089	Tiếp nhận hết
11	KB11	706	11.559	Tiếp nhận hết	630	20.902	Tiếp nhận hết	113	38.449	Tiếp nhận hết	614	20.089	Tiếp nhận hết
12	KB12	675	11.559	Tiếp nhận hết	569	20.902	Tiếp nhận hết	105	38.449	Tiếp nhận hết	613	20.089	Tiếp nhận hết
13	KB13	658	11.559	Tiếp nhận hết	659	20.902	Tiếp nhận hết	86	38.449	Tiếp nhận hết	613	20.089	Tiếp nhận hết
14	KB14	994	11.559	Tiếp nhận hết	414	20.902	Tiếp nhận hết	405	38.449	Tiếp nhận hết	13.092	20.089	Tiếp nhận hết

TT	Các kịch bản	Huyện Quế Sơn			Huyện Nông Sơn			Huyện Thăng Bình			Thành phố Tam Kỳ		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
15	KB15	1.008	11.559	Tiếp nhận hết	547	20.902	Tiếp nhận hết	429	38.449	Tiếp nhận hết	13.131	20.089	Tiếp nhận hết
16	KB16	1.006	11.559	Tiếp nhận hết	775	20.902	Tiếp nhận hết	414	38.449	Tiếp nhận hết	13.103	20.089	Tiếp nhận hết
17	KB17	761	11.559	Tiếp nhận hết	616	20.902	Tiếp nhận hết	141	38.449	Tiếp nhận hết	624	20.089	Tiếp nhận hết
18	KB18	749	11.559	Tiếp nhận hết	619	20.902	Tiếp nhận hết	133	38.449	Tiếp nhận hết	615	20.089	Tiếp nhận hết
19	KB19	775	11.559	Tiếp nhận hết	684	20.902	Tiếp nhận hết	158	38.449	Tiếp nhận hết	624	20.089	Tiếp nhận hết
20	KB20	834	11.559	Tiếp nhận hết	648	20.902	Tiếp nhận hết	189	38.449	Tiếp nhận hết	628	20.089	Tiếp nhận hết
21	KB21	748	11.559	Tiếp nhận hết	646	20.902	Tiếp nhận hết	134	38.449	Tiếp nhận hết	615	20.089	Tiếp nhận hết
22	KB22	774	11.559	Tiếp nhận hết	648	20.902	Tiếp nhận hết	162	38.449	Tiếp nhận hết	623	20.089	Tiếp nhận hết
23	KB23	1.022	11.559	Tiếp nhận hết	751	20.902	Tiếp nhận hết	494	38.449	Tiếp nhận hết	13.191	20.089	Tiếp nhận hết
24	KB24	788	11.559	Tiếp nhận hết	655	20.902	Tiếp nhận hết	166	38.449	Tiếp nhận hết	624	20.089	Tiếp nhận hết

Bảng 4.66(Tiếp). Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân tại tỉnh Quảng Nam (Tiếp)

TT	Các kịch bản	Huyện Núi Thành			Huyện Tiên Phước			Huyện Hiệp Đức			Huyện Phú Ninh		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
1	KB1	671	38.540	Tiếp nhận hết	34	21.968	Tiếp nhận hết	131	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
2	KB2	670	38.540	Tiếp nhận hết	53	21.968	Tiếp nhận hết	263	250	Tiếp nhận không hết	-	21.348	Tiếp nhận hết
3	KB3	672	38.540	Tiếp nhận hết	42	21.968	Tiếp nhận hết	242	250	Tiếp nhận hết	-	21.348	Tiếp nhận hết
4	KB4	671	38.540	Tiếp nhận hết	-	21.968	Tiếp nhận hết	11	250	Tiếp nhận hết	-	21.348	Tiếp nhận hết
5	KB5	672	38.540	Tiếp nhận hết	-	21.968	Tiếp nhận hết	26	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
6	KB6	671	38.540	Tiếp nhận hết	10	21.968	Tiếp nhận hết	69	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
7	KB7	678	38.540	Tiếp nhận hết	50	21.968	Tiếp nhận hết	298	250	Tiếp nhận không hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
8	KB8	671	38.540	Tiếp nhận hết	33	21.968	Tiếp nhận hết	136	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
9	KB9	673	38.540	Tiếp nhận hết	35	21.968	Tiếp nhận hết	157	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
10	KB10	680	38.540	Tiếp nhận hết	35	21.968	Tiếp nhận hết	172	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
11	KB11	673	38.540	Tiếp nhận hết	42	21.968	Tiếp nhận hết	239	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
12	KB12	674	38.540	Tiếp nhận hết	34	21.968	Tiếp nhận hết	159	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
13	KB13	677	38.540	Tiếp nhận hết	35	21.968	Tiếp nhận hết	176	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết

TT	Các kịch bản	Huyện Núi Thành			Huyện Tiên Phước			Huyện Hiệp Đức			Huyện Phú Ninh		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
14	KB14	3.421	38.540	Tiếp nhận hết	-	21.968	Tiếp nhận hết	55	250	Tiếp nhận hết	1.215	21.348	Tiếp nhận hết
15	KB15	3.432	38.540	Tiếp nhận hết	-	21.968	Tiếp nhận hết	57	250	Tiếp nhận hết	1.215	21.348	Tiếp nhận hết
16	KB16	3.423	38.540	Tiếp nhận hết	66	21.968	Tiếp nhận hết	366	250	Tiếp nhận không hết	1.215	21.348	Tiếp nhận hết
17	KB17	684	38.540	Tiếp nhận hết	34	21.968	Tiếp nhận hết	191	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
18	KB18	684	38.540	Tiếp nhận hết	37	21.968	Tiếp nhận hết	197	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
19	KB19	686	38.540	Tiếp nhận hết	41	21.968	Tiếp nhận hết	321	250	Tiếp nhận không hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
20	KB20	686	38.540	Tiếp nhận hết	41	21.968	Tiếp nhận hết	239	250	Tiếp nhận hết	3	21.348	Tiếp nhận hết
21	KB21	681	38.540	Tiếp nhận hết	42	21.968	Tiếp nhận hết	242	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
22	KB22	684	38.540	Tiếp nhận hết	42	21.968	Tiếp nhận hết	239	250	Tiếp nhận hết	2	21.348	Tiếp nhận hết
23	KB23	3.443	38.540	Tiếp nhận hết	53	21.968	Tiếp nhận hết	318	250	Tiếp nhận không hết	1.217	21.348	Tiếp nhận hết
24	KB24	685	38.540	Tiếp nhận hết	40	21.968	Tiếp nhận hết	252	250	Tiếp nhận không hết	2	21.348	Tiếp nhận hết

Bảng 4.66(Tiếp). Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân tại tỉnh Quảng Nam (Tiếp)

TT	Các kịch bản	Huyện Bắc Trà My			Huyện Nam Giang		
		Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá	Dân số bị ảnh hưởng lũ lụt theo các kịch bản (người)	Sức chứa của các điểm sơ tán dân (người)	Đánh giá
1	KB1	5	2.232	Tiếp nhận hết	161	4.200	Tiếp nhận hết
2	KB2	14	2.232	Tiếp nhận hết	151	4.200	Tiếp nhận hết
3	KB3	11	2.232	Tiếp nhận hết	163	4.200	Tiếp nhận hết
4	KB4	-	2.232	Tiếp nhận hết	-	4.200	Tiếp nhận hết
5	KB5	4	2.232	Tiếp nhận hết	3	4.200	Tiếp nhận hết
6	KB6	4	2.232	Tiếp nhận hết	8	4.200	Tiếp nhận hết
7	KB7	26	2.232	Tiếp nhận hết	51	4.200	Tiếp nhận hết
8	KB8	9	2.232	Tiếp nhận hết	157	4.200	Tiếp nhận hết
9	KB9	9	2.232	Tiếp nhận hết	161	4.200	Tiếp nhận hết
10	KB10	9	2.232	Tiếp nhận hết	157	4.200	Tiếp nhận hết
11	KB11	16	2.232	Tiếp nhận hết	163	4.200	Tiếp nhận hết
12	KB12	9	2.232	Tiếp nhận hết	159	4.200	Tiếp nhận hết
13	KB13	8	2.232	Tiếp nhận hết	149	4.200	Tiếp nhận hết
14	KB14	3	2.232	Tiếp nhận hết	271	4.200	Tiếp nhận hết
15	KB15	3	2.232	Tiếp nhận hết	322	4.200	Tiếp nhận hết
16	KB16	43	2.232	Tiếp nhận hết	249	4.200	Tiếp nhận hết
17	KB17	6	2.232	Tiếp nhận hết	221	4.200	Tiếp nhận hết
18	KB18	6	2.232	Tiếp nhận hết	166	4.200	Tiếp nhận hết
19	KB19	16	2.232	Tiếp nhận hết	223	4.200	Tiếp nhận hết
20	KB20	8	2.232	Tiếp nhận hết	275	4.200	Tiếp nhận hết
21	KB21	8	2.232	Tiếp nhận hết	218	4.200	Tiếp nhận hết
22	KB22	8	2.232	Tiếp nhận hết	224	4.200	Tiếp nhận hết
23	KB23	36	2.232	Tiếp nhận hết	82	4.200	Tiếp nhận hết
24	KB24	8	2.232	Tiếp nhận hết	210	4.200	Tiếp nhận hết

4. Đánh giá mức độ tiếp nhận dân cư sơ tán tại các điểm tập trung tại tỉnh Quảng Nam

Từ kết quả tính toán trong (Bảng 4.66), đánh giá mức độ tiếp nhận tại các địa phương như sau:

+ Huyện Duy Xuyên: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 2.995÷7.161 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Duy Phước, Duy Châu, Duy Trinh, TT Nam Phước, Duy Hòa, Duy Vinh, Duy Thành. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 80.554 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Duy Xuyên đáp ứng hết nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Thành phố Hội An: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 8.134÷15.742 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các phường Cẩm Châu, Cẩm Thanh, Cẩm Hà, Cẩm Kim, Cẩm Nam. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn thành phố là 14.225 người. Như vậy, với danh mục các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn thành phố Hội An hiện nay, khả năng đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra thỏa mãn 17 kịch bản. 7 kịch bản còn lại (các kịch bản 14, 15, 16, 20, 22, 23, 24), sức chứa của các điểm sơ tán không tiếp nhận hết số lượng người cần chuyển đến. Chính quyền sở tại cần có kế hoạch bổ sung thêm vào danh mục các công trình (các khu chức năng, các trường học, các nhà cao tầng…) kết hợp sơ tán dân khu có lũ đến.

+ Thị xã Điện Bàn: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 6.671÷20.463 người, đây là khu vực rốn lũ của lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các phường Điện Hòa, Điện Hồng, Điện Thọ, Điện Tiến, Điện Phong, Điện Phước, Điện Quang.... Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn thị xã là 39.018 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn thị xã Điện Bàn đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Đại Lộc: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 3.993÷9.413 người, đây là khu vực rốn lũ của lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Đại Đồng, Đại Quang, Đại

Hồng, Đại CườngĐại Nghĩa, Đại Minh, Đại Hưng... Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 9.200 người. Như vậy, với danh mục các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Đại Lộc hiện nay, khả năng đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra thỏa mãn 19 kịch bản. 5 kịch bản còn lại (các kịch bản 14, 15, 16, 20, 23), sức chứa của các điểm sơ tán không tiếp nhận hết số lượng người cần chuyển đến. Chính quyền sở tại cần có kế hoạch bổ sung thêm vào danh mục các công trình (các khu chức năng, các trường học, các nhà cao tầng…) kết hợp sơ tán dân khu có lũ đến.

+ Huyện Quế Sơn: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 287÷1.022 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Quế Phú, Quế Xuân 1, Quế Xuân 2, Hương An. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 11.559 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Quế Sơn đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Nông Sơn: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 107÷775 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Quế Trung, Quế Lâm, Phước Ninh, Quế Phước. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 20.902 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Nông Sơn đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Thăng Bình: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 72÷494 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Bình Giang, Bình Đào, Bình Sa, Bình An, Bình Triều, Bình Nam. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 38.449 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Thăng Bình đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Thành phố Tam Kỳ: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 499÷13.191 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các phường Tam Thăng, Tam Phú, An Phú, Tân Thạnh, Hòa Hương. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn thành phố là 20.089 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn thành phố Tam Kỳ đáp ứng hết nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Núi Thành: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 671÷3.443 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Tam Hòa, Tam Xuân 1, Tam Xuân 2, Tam Giang, Tam Hải, Tam Hiệp. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 38.540 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Núi Thành đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Tiên Phước: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 0÷66 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Tiên Lãnh, Tiên Ngọc. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 21.968 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Tiên Phước đáp ứng hết nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Hiệp Đức: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 11÷366 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Hiệp Hòa, Quế Bình, Quế Lưu, Hiệp Thuận, Thăng Phước, Tân An. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 250 người. Như vậy, với danh mục các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Hiệp Đức hiện nay, khả năng đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra mới chỉ thỏa mãn 18 kịch bản, cơ sở hạ tầng chưa đáp ứng hết nhu cầu chỗ ở cho người dân sơ tán cho trong 6 kịch bản còn lại (các kịch bản 2, 7, 16, 19, 23, 24). Chính quyền sở tại cần có kế hoạch bổ sung thêm vào danh mục các công trình (các khu chức năng, các trường học, các nhà cao tầng…) kết hợp sơ tán dân khu có lũ đến.

+ Huyện Phú Ninh: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 0÷1.217 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Tam An, Tam Đàn, Tam Thành, Tam Đại. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 21.348 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Phú Ninh đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Bắc Trà My: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 0÷43 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là các xã Trà Sơn, Trà Đốc, Trà Tân. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là

2.232 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Bắc Trà My đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

+ Huyện Nam Giang: Dân số bị ảnh hưởng bởi lũ lụt theo 24 kịch bản giao động từ 0÷322 người, khu vực có nguy cơ ngập lụt cao là xã Cà Dy và thị trấn Thạnh Mỹ. Sức chứa của các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện là 4.200 người. Như vậy, các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn huyện Nam Giang đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra.

5. Đánh giá chung

Qua kết quả tính toán từ các (Bảng 4.65 và Bảng 4.66) cho thấy, khi có tình huống khẩn cấp xảy ra do lũ lụt trên lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn, phần lớn các huyện thị của tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng bị ảnh hưởng. Với danh mục các điểm sơ tán dân cư hiện nay, cơ bản đã đáp ứng được nhu cầu chỗ ở tạm thời cho người dân sơ tán đến. Tuy nhiên, với kịch bản lũ từ thượng nguồn đổ về với lưu lượng lớn, người dân sơ tán với số lượng đông thì một số địa phương bị quá tải về chỗ ở khi sơ tán. Cụ thể:

- Khu vực thành phố Đà Nẵng: Có 5/8 đơn vị hành chính bị ảnh hưởng bởi lũ lụt trên lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn. Trong 5 đơn vị hành chính bị ảnh hưởng đó, có 4 đơn vị tiếp nhận hết số người sơ tán theo các kịch bản (Hòa Vang, Ngũ Hành Sơn, Sơn Trà, Cẩm Lệ), 1 đơn vị hành chính không tiếp nhận hết số lượng người dân sơ tán theo các kịch bản là quận Hải Châu.

Với danh mục các điểm sơ tán dân cư trên địa bàn quận Hải Châu hiện nay, khả năng đáp ứng nhu cầu về chỗ ở cho người dân khi có lũ lụt xảy ra mới chỉ thỏa mãn 20 kịch bản, cơ sở hạ tầng chưa đáp ứng hết nhu cầu chỗ ở cho người dân sơ tán cho 04 kịch bản còn lại là KB17, KB19, KB20, KB24. Chính quyền sở tại cần có kế hoạch bổ sung thêm vào danh mục các công trình (các khu chức năng, các trường học, các nhà cao tầng…) kết hợp sơ tán dân khu có lũ đến.

- Khu vực tỉnh Quảng Nam: Có 16/18 đơn vị hành chính bị ảnh hưởng bởi lũ lụt trên lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn. Trong 16 đơn vị hành chính bị ảnh hưởng đó, có 13 đơn vị tiếp nhận hết số người sơ tán theo các kịch bản, 3 đơn

vị hành chính không tiếp nhận hết số lượng người dân sơ tán theo các kịch bản là thành phố Hội An, huyện Đại Lộc và huyện Hiệp Đức.

Thành phố Hội An chỉ tiếp nhận hết số lượng người sơ tán của 17/24 kịch bản, huyện Đại Lộc tiếp nhận hết số lượng người sơ tán của 19/24 kịch bản và huyện Hiệp Đức tiếp nhận hết số lượng người sơ tán của 18/24 kịch bản. Vì vậy, chính quyền sở tại của các huyện, thành phố trên cần có kế hoạch bổ sung thêm vào danh mục các công trình (các khu chức năng, các trường học, các nhà cao tầng…) kết hợp sơ tán dân khu có lũ đến.

Trên đây là kết quả đánh giá khả năng đáp ứng của cơ sở hạ tầng, cứ có ảnh hưởng là cần có phương án di dời. Nhưng trên thực tế số người bị ảnh hưởng nằm ở vùng < 0,5m và 0,5 - 1m không cần phải di dời. Do vậy có thể thấy các cơ sở hạ tầng để tiếp nhận sơ tán dân trên lưu vực đã cơ bản đáp ứng yêu cầu. Với cấp độ di dời ứng phó thực tế tại địa phương đang được thực hiện như ở bảng sau:

Bảng 4.67. Mức độ ngập lụt phải di dời dân

Mức độ ngập	**Chiều sâu ngập (m)**	**Tác động và yêu cầu**
Ngập nhẹ	< 0,5 m	Không cần di dời; ảnh hưởng sinh hoạt nhẹ, có thể chủ động ứng phó tại chỗ
Ngập trung bình	0,5 – 1,0 m	Xem xét di dời nhóm dễ tổn thương (trẻ em, người già); đặc biệt nếu có dòng chảy mạnh
Ngập nặng	> 1,0 m	Phải di dời khẩn cấp toàn bộ dân cư trong khu vực bị ảnh hưởng
Ngập nguy hiểm	> 1,5 m hoặc dòng xiết >1 m/s	Di tản bắt buộc, khẩn cấp; có nguy cơ mất an toàn tính mạng, thiệt hại lớn

4.3.3. Xây dựng các phương án ứng phó khẩn cấp theo các nhóm kịch bản

Mục tiêu của xây dựng các phương án ứng phó với tình huống khẩn cấp trong tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập nhằm hỗ trợ cho các cơ quan, chính quyền và các bên liên quan ở hạ du hồ khi tình trạng khẩn cấp xảy ra.

Phương án ứng phó khẩn cấp cho vùng hạ du Vu Gia - Thu Bồn trong tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập cung cấp những thông tin chính sau:

Xác định, nhận diện và đánh giá các sự kiện với các nguy cơ làm hại đến an toàn đập và các công trình phụ trợ;

Thiết lập các thủ tục cho việc tuyên bố khẩn cấp, cấp độ báo động khẩn cấp;

Kế hoạch hành động chi tiết đối với tình huống khẩn cấp;

Xác định, dự kiến được vùng ngập lụt và phạm vi ngập lụt ở hạ du hồ chứa trong các điều kiện xả lũ khác nhau và trường hợp xảy ra sự cố vỡ đập;

Xây dựng bản đồ ngập lụt ứng với các kịch bản tương ứng;

Đề ra được phương án bảo vệ phòng tránh hay giảm nhẹ thiệt hại cho các khu vực chịu ảnh hưởng của ngập lụt;

Xây dựng được phương án sơ tán nhanh chóng, triệt để và đảm bảo tính mạng của nhân dân.

4.3.3.1. Phân loại mức độ khẩn cấp và mức báo động

1. Các căn cứ để xây dựng mức độ khẩn cấp và mức báo động

Để xây dựng các loại tình huống khẩn cấp, Đề tài căn cứ vào các nghị quyết, quyết định và tiêu chuẩn và hướng dẫn sau:

- Nghị định số 66/2021/NĐ-CP của Chính phủ: Quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Phòng, chống thiên tai và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Phòng, chống thiên tai và Luật Đê điều;

- Quyết định số QĐ 18/2021/QĐ-TTg 22/4/2021 của Thủ tướng Chính phủ quy định về dự báo, cảnh báo truyền tin và cấp độ rủi ro thiên tai;

- Tiêu chuẩn kỹ thuật: TCKT 03:2015/TCTL Công trình thủy lợi - Hướng dẫn xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa nước trong các tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập, do bộ Nông Nghiệp và Phát triển Nông thôn ban hành theo Quyết định số 3587/QĐ - BNN -TCTL ngày 04/9/2015 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

- Sổ tay an toàn đập, 2012, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

- Sổ tay hướng dẫn xây dựng phương án ứng phó thiên tai theo các cấp độ rủi ro thiên tai, 2020 Ban chỉ đạo Trung ương về Phòng chống Thiên tai.

2. Các nhân tố gây tác động xấu đến hạ du:

- Mưa lớn kéo dài trên diện rộng;

- Tràn xả lũ lớn nhưng chưa đến mức gây tràn đỉnh đập;

- Dòng chảy từ hồ do vỡ đập với bất kỳ nguyên nhân nào;

Nếu các nhân tố này kết hợp với nhau trong cùng một thời điểm sẽ dẫn đến các tác động rất lớn.

3. Các nhân tố nguy hiểm gây vỡ đập:

Nguy cơ vỡ đập chủ yếu đối với hồ chứa ở thượng nguồn là do:

- Chuyển vị của đập do dòng thấm mạnh gây ra;
- Trượt ở một mặt cắt nào đó có thể do nguyên nhân động đất;
- Sạt lở đất lòng hồ tạo sóng lũ tràn đỉnh;
- Động đất gây nứt đập;
- Thiết bị đóng mở cửa van trục trặc;
- Phần tử xấu phá hoại.

Các dấu hiệu vỡ đập như sau:

- Dòng thấm phát triển ngay sau phía hạ lưu đập, ở chân đập, hai bên cống hoặc vai đập;
- Khe nứt ngang hoặc nứt dọc mái hạ lưu đập;
- Mưa lớn dài ngày, xuất hiện nhiều điểm sạt lở lòng hồ mạnh khi nước hồ đang cao.

Bảng 4.68. Tổng hợp các dấu hiệu nguy cơ vỡ đập

STT	Nguy cơ vỡ đập	Nguyên nhân
1	Vỡ vai/thân đập	Dòng thấm qua vai đập/chân đập
2	Đập trượt/chuyển vị - dưới nền	Động đất hoặc do phá hoại
		Lũ (mưa hay sạt lở hồ chứa)
3	Đập trượt/chuyển vị - Trong thân đập	Động đất hoặc do phá hoại
		Lũ (mưa hay sạt lở hồ chứa)
		Thấm trong thân đập
4	Sự cố tràn xả lũ	Cây cối thượng nguồn lôi về gây tắc nghẽn tràn
		Kẹt cửa van tràn xả lũ

4.3.3.2. Cách xác định các yếu tố đe dọa an toàn công trình và hạ du

Để nhận biết các yếu tố nguy cơ đe dọa an toàn công trình và vùng hạ du, đơn vị quản lý khai thác cần căn cứ vào các kênh thông tin sau đây:

Theo dõi thông tin dự báo thời tiết: thông tin về lượng mưa, lũ, động đất;

Quan trắc, phân tích các số liệu đo đạc trong khu vực hồ như lượng mưa, mực nước hồ, lưu lượng.

Trong các hồ thuỷ điện trong lưu vực Vu Gia - Thu Bồn đã lắp các trạm quan trắc như : Mực nước, mưa

Các số liệu quan trắc này cùng với thông tin dự báo từ Đài KTTV TTB sẽ giúp xác định rõ hơn khả năng xuất hiện lũ, mức độ đáp ứng khả năng phòng lũ của hồ, khả năng xả của tràn.

Đập chính: Kiểm tra số liệu đo đạc, quan trắc: quan trắc dòng chảy về hồ, quan trắc mực nước hồ, dòng chảy qua tràn, quan trắc dòng thấm, lưu lượng thấm, quan trắc chuyển vị, ...;

- Đối với tràn có cửa: Theo dõi hoạt động các thiết bị (cơ khí, điện) vận hành, chướng ngại vật trước cửa tràn và trên đường tràn làm giảm khả năng tháo của tràn. Thấm qua mang tràn. Lún, chuyển vị ngang của tràn;

- Kiểm tra hiện trạng sạt lở quanh lòng hồ.

- Ở hạ du căn cứ vào mức báo động tại các trạm thuỷ văn khống chế

4.3.3.3. Các tình huống khẩn cấp tại đầu mối

Các tình huống khẩn cấp ở các hồ thuỷ điện lớn được đề xuất bao gồm:

a.Các bộ phận công trình hoạt động bình thường, lũ về

- *Tình huống 1:* Mực nước hồ đang dâng tiệm cận cao trình MNDBT. Mưa lớn trên lưu vực, Đài KTTV dự báo sẽ tiếp tục mưa, khả năng sẽ có lũ lớn.

- *Tình huống 2:* Mực nước đã đạt cao trình MNDBT và tiếp tục tăng và tiệm cận cao trình MNLTK. Đài KTTV dự báo mưa lớn trên lưu vực, dự báo lũ sẽ tiếp tục về - vận hành tràn xả lũ.

- *Tình huống 3:* Mực nước đã dâng cao hơn cao trình MNDBT, tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLTK, mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - vận hành tràn xả lũ với lưu lượng thiết kế.

Tràn làm việc không bình thường (vì lý do nào đó mà tràn không xả được lưu lượng thiết kế, có thể bị kẹt cửa hoặc cản trở đường tràn)

- *Tình huống 4:* Mực nước hồ đang dâng tiệm cận cao trình MNDBT, tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLTK. Mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo sẽ có lũ lớn - tràn vận hành không bình thường.

- *Tình huống 5:* Mực nước đã dâng cao hơn MNLTK nhưng và tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLKT. Mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - tràn vận hành không bình thường.

- *Tình huống 6:* Mực nước đã dâng cao hơn cao trình MNLTK nhưng vẫn thấp hơn cao trình MNLKT , mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - tràn vận hành không bình thường.

- *Tình huống 7:* Mực nước dâng cao hơn cao trình MNLKT - tràn vận hành không bình thường.

b. Đập làm việc không bình thường

- *Tình huống 8:* Lún hoặc dịch chuyển ngang (nứt) đỉnh đập hoặc nứt ở mái thượng hoặc hạ lưu đập.

- *Tình huống 9:* Thấm đập tăng nhiều, xuất hiện dòng thấm phía mái hạ lưu đập.

- *Tình huống 10:* Do động đất, đập bị nứt, bị lún làm nước trong hồ thâm nhập vào các vết nứt hoặc chỗ lún sụt có nguy cơ gây vỡ đập.

c. Phân loại tình huống khẩn cấp an toàn đập

Báo động cấp 1: Tình huống khẩn cấp khi không có nguy hiểm của việc vỡ đập, nhưng có thể ngập lụt xảy ra phía hạ lưu.

Báo động cấp 2: Tình huống khẩn cấp ban đầu, là khi đập bắt đầu xuất hiện các sự cố, các sự cố phát triển chậm.

Báo động cấp 3: Tình huống khẩn cấp sắp xảy ra, là khi nguy cơ vỡ đập đang phát triển. Tình trạng này xảy ra chỉ khi còn có thời gian để phân tích nghiên cứu thêm trước khi đập vỡ. Tình trạng của đập có thể đang xấu đi nhưng được đánh giá khó có thể vỡ trong vài giờ.

Báo động cấp 4: Tình huống khẩn cấp đang xảy ra, được sử dụng khi đập sắp vỡ. Đó là tình huống khi đập hoặc đã vỡ, đang vỡ hoặc sắp vỡ. Cần thông báo khẩn cấp trong tình huống khẩn cấp này.

Bảng 4.69. Điều kiện báo động tương ứng với các cấp báo động hồ chứa

STT	Cấp báo động	Điều kiện và đặc điểm nhận dạng báo động
1	Báo động cấp 1 (Đề phòng) *Khi xảy ra ít nhất một trong dấu hiệu:*	- Trong điều kiện mưa cường độ cao bao phủ một vùng rộng trên lưu vực , có dự báo là tiếp tục mưa và tràn đang được vận hành; Mực nước hồ đã dâng tiệm cận cao trình MNDBT. - Hoặc xuất hiện lượng thấm ở đập từ những vị trí khác nhau ở trên bề mặt mái đập hoặc ở chân đập. - Hoặc, xuất hiện vết nứt nhỏ đỉnh đập hoặc nứt ở mái thượng hoặc hạ lưu đập.
2	Báo động cấp 2 (Sẵn sàng) *Khi xảy ra ít nhất một trong dấu hiệu:*	- Tiếp tục lượng mưa lớn ở lưu vực, mực nước hồ chứa dâng lên vượt cao trình MNDBT và tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLTK. Tràn đã được xả theo quy trình vận hành cho hồ. - Xuất hiện thêm vết nứt đập nhưng không có sự rò rỉ nước. - Xuất hiện động đất có thể đo, cảm nhận được hoặc khi được báo cáo có động đất trong phạm vi đập với bán kính 100 km. - Sự phá hủy chủ động hoặc do các tác nhân bên ngoài làm hư hỏng đến đập hay bộ phận kết cấu đập nhưng không gây ảnh hưởng đến quá trình hoạt động, an toàn của đập.
3	Báo động cấp 3 (Hành động khẩn cấp) *Khi xảy ra ít nhất một trong dấu hiệu:*	- Mực nước hồ chứa đã vượt cao trình MNLTK m và tiếp tục tăng thêm. - Lũ xả với lưu lượng thiết kế qua tràn có thể gây lụt tác động tới cuộc sống con người ở hạ lưu, trong khi mực nước hồ tiếp tục tăng. - Đập bị nứt với nhiều chỗ rò rỉ. Xuất hiện thêm các chỗ rò rỉ nước với lưu lượng rò rỉ càng lúc tăng lên. - Động đất gây ảnh hưởng nguy hại đến kết cấu đập và các bộ phận khác của đập. - Xác nhận thấy sự tác động nguy hại của bom, mìn hay chất gây nổ gây nguy hiểm cho đập. - Sự phá hủy chủ động hoặc do các tác nhân bên ngoài gây xuất hiện sự rò rỉ nước qua đập.
4	Báo động cấp 4 (Vỡ đập hoặc lũ lớn) *Khi xảy ra ít nhất một trong dấu hiệu:*	- Mực nước vượt cao trình MNLKT. - Hoặc, thủng lớn ở bất kỳ vị trí nào của đập gây ra sóng chuyển thành lũ ở hạ lưu và ngập lụt. - Động đất gây ảnh hưởng đến việc tràn nước không kiểm soát được của đập. - Bom, mìn nổ làm nguy hại đến đập và các bộ phận kết cấu đi kèm.
		- Sự phá hủy chủ động hoặc do các tác nhân bên ngoài gây nguy hiểm cho đập và bộ phận kết cấu đi kèm dẫn đến việc tràn nước không kiểm soát được.

4.3.3.4. Các tình huống khẩn cấp tại hạ du

a) Cấp độ rủi ro thiên tai và trạm thủy văn khống chế để phục vụ điều hành ứng phó ở hạ du.

Theo quy định về cấp độ rủi ro thiên tai, cấp độ RRTT về lũ và ngập lụt trên lưu vực sông Vu Gia -Thu Bồn ta có bảng thống kê phục vụ công tác lập bản đồ điều hành ứng phó với các tình huống khi vận hành khẩn cấp liên hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn như sau:

Bảng 4.70. Mức độ rủi ro về lũ và ngập lụt trên lưu vực Vu Gia- Thu Bồn

Sông	**Vu Gia**		**Thu Bồn**	
Trạm TV	**Ái Nghĩa**	**Cẩm Lệ**	**Câu Lâu**	**Hội An**
Địa phương	Đại Lộc	Hòa Vang, Cẩm Lệ, NgH.Sơn	Điện Bàn, Duy Xuyên	TP. Hội An
Cấp độ 1	BĐ2 - BĐ3		BĐ2 - BĐ3	
Cấp độ 2	BĐ3 - BĐ3 + 1m		BĐ3 - BĐ3 + 1m	
Cấp độ 3	BĐ3 + 1m - Lũ lịch sử		BĐ3 + 1m - Lũ lịch sử	
Cấp độ 4	Trên lũ lịch sử		Trên lũ lịch sử	

Bảng 4.71. Cấp báo động lũ tại các trạm thủy văn trên lưu vực

Tỉnh /TP	**Sông**	**Trạm**	**Cấp báo động**			**Lũ lịch sử**	
			BĐ1	**BĐ2**	**BĐ3**	**MN**	**Năm**
Đà Nẵng	Hàn	Cẩm Lệ	1,00	1,80	2,50	4,40	1964
Quảng Nam	Vu Gia	Ái Nghĩa	6,50	8,00	9,00	10,77	2009
	Thu Bồn	Câu Lâu	2,00	3,00	4,00	5,48	1964
		Hội An	1,00	1,50	2,00	3,40	1964

b) Phạm vi, mức độ ảnh hưởng của lũ, ngập lụt theo Cấp độ RRTT

- Trạm Cẩm Lệ khống chế cho thành phố Đà Nẵng:

Phạm vi ảnh hưởng gồm phường Hòa Thuận Đông; Bình Thuận; Hòa Cường Bắc (Hải Châu); Mỹ An; Khuê Mỹ; Hòa Qúy; Hòa Hải (Ngũ Hành Sơn); Hòa Thọ Tây; Hòa Xuân (Cẩm Lệ); xã Hoà Phong; Hòa Châu; Hòa Tiến và Hòa Phước huyện Hòa Vang;

- Trạm Ái Nghĩa khống chế cho huyện Đại Lộc:

Phạm vi ảnh hưởng bao gồm 15 xã: Đại Sơn, Đại Lãnh, Đại Hưng, Đại Hồng, Đại Đồng, Đại Quang, Đại Nghĩa, Đại Hiệp, Đại Tân, Đại Phong, Đại Minh, Đại Thắng, Đại Cường, Đại An, Đại Hoà và thị trấn Ái Nghĩa;

- Trạm Câu Lâu khống chế cho huyện Duy Xuyên và Điện Bàn:

+ Phạm vi ảnh hưởng gồm 31 xã (Thị xã Điện Bàn: 20 xã/phường Vĩnh Điện, Điện Tiến, Điện Hoà, Điện Thắng Bắc, Điện Thắng, Điện Thắng Trung, Điện Thắng Nam, Điện Ngọc, Điện Hồng, Điện Thọ, Điện Phước, Điện An, Điện Nam Bắc, Điện Nam Trung, Điện Nam Đông, Điện Dương, Điện Quang, Điện Phong, Điện Minh, Điện Phương và 11 xã huyện Duy Xuyên: Nam Phước, Duy Thu, Duy Tân, Duy Hoà, Duy Châu, Duy Trinh, Duy Trung, Duy Phước, Duy Thành, Duy Vinh, Duy Nghĩa);

- Trạm Hội An khống chế cho TP. Hội An:

+ Phạm vi ảnh hưởng gồm 12 xã, phường: Minh An, Tân An, Cẩm Phô, Thanh Hà, Sơn Phong, Cẩm Châu, Cửa Đại, Cẩm An, Cẩm Hà, Cẩm Kim, Cẩm Nam, Cẩm Thanh.

c) Đánh giá phân loại khẩn cấp

Sau khi đã phát hiện được điều kiện nguy hiểm cho các hạng mục công trình đầu mối từ khi kiểm tra phát hiện sớm, từ những thông tin và dữ liệu được nêu ở trên, cần phải đánh giá tính nghiêm trọng của điều kiện nguy hiểm.

Xác định tình huống khẩn cấp xảy ra đánh giá tình huống khẩn cấp theo bảng dưới đây:

Bảng 4.72. Đánh giá phân loại các tình huống khẩn cấp

TT	Tình trạng vận hành	Tình huống khẩn cấp	Cấp báo động			
			1	2	3	4
1	Bình thường	Tình huống 1: Mực nước hồ đang dâng tiệm cận cao trình MNDBT. Mưa lớn trên lưu vực, Đài KTTV dự báo sẽ tiếp tục mưa, khả năng sẽ có lũ lớn.	1			

TT	Tình trạng vận hành	Tình huống khẩn cấp	Cấp báo động			
			1	2	3	4
2		Tình huống 2: Mực nước đã đạt cao trình MNDBT và tiếp tục tăng và tiệm cận cao trình MNLTK. Đài KTTV dự báo mưa lớn trên lưu vực, dự báo lũ sẽ tiếp tục về - vận hành tràn xả lũ.		2		
3		Tình huống 3: Mực nước đã dâng cao hơn cao trình MNLTK, tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLKT, mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - vận hành tràn xả lũ với lưu lượng thiết kế.			3	
`4	Tràn hoạt động không bình thường	Tình huống 4: Mực nước hồ đang dâng tiệm cận cao trình MNDBT, tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLTK. Mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo sẽ có lũ lớn - tràn vận hành không bình thường.	1			
5		Tình huống 5: Mực nước đã dâng cao hơn MNDBT nhưng và tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLTK. Mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - tràn vận hành không bình thường.		2		
6		Tình huống 6: Mực nước đã dâng cao hơn cao trình MNLTK nhưng vẫn thấp hơn cao trình MNLKT, mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - tràn vận hành không bình thường.			3	
7		Tình huống 7: Mực nước dâng cao hơn cao trình MNLKT - tràn vận hành không bình thường.				4
8	Đập hoạt động không bình thường	Tình huống 8: Lún hoặc dịch chuyển ngang (nứt) đỉnh đập hoặc nứt ở mái thượng hoặc hạ lưu đập.		2		
9		Tình huống 9: Thấm đập tăng nhiều, xuất hiện dòng thấm phía mái hạ lưu đập.			3	
10	Động đất	Tình huống 10: Do động đất, đập bị nứt, bị lún làm nước trong hồ thâm nhập vào các vết nứt hoặc chỗ lún sụt có nguy cơ gây vỡ đập.				4

4.3.3.5. Phương án ứng phó ở công trình đầu mối

1. Kế hoạch hành động sẵn sàng của chủ đập tại công trình đầu mối:

Để đảm bảo ứng phó kịp thời, chủ động sẵn sàng trong mọi tình huống, *chủ đập cần chuẩn bị sẵn sàng, đầy đủ các hạng mục:*

- *Giám sát hồ chứa*: Theo dõi liên tục mực nước, thấm, sụt lún; đặc biệt lưu ý mực nước hạ lưu để kịp thời phát hiện nguy cơ sự cố.

- *Phòng ngừa mất điện:* Bảo đảm nguồn điện chính và dự phòng; bố trí máy phát cơ động, đèn chiếu sáng cố định và cầm tay.

- *Tiếp cận hiện trường:* Xây dựng phương án tiếp cận nhanh, an toàn theo cấp báo động; báo cáo cơ quan cấp tỉnh khi cần.

- *Duy trì liên lạc:* Trang bị hệ thống liên lạc dự phòng như bộ đàm, radio sóng ngắn, Inmarsat.

- *Dự trữ vật tư:* Lập kế hoạch bổ sung, vận chuyển vật tư – thiết bị phục vụ ứng phó khi có sự cố.

- *Truyền thông cảnh báo:* Phối hợp cơ quan thường trực PCTT để phát thông tin cảnh báo và tổ chức triển khai phương án ứng phó.

2. Kế hoạch hành động sẵn sàng cho trường hợp khẩn cấp của đơn vị trực tiếp quản lý khai thác hồ chứa:

- *Liên lạc khẩn cấp:* Thường xuyên cập nhật, trao đổi thông tin với Sở Nông nghiệp và PTNT để đưa ra đánh giá và cảnh báo kịp thời.

- *Kiểm tra trước mùa lũ:* Định kỳ đánh giá an toàn đập, đề xuất phương án xử lý nhằm đảm bảo công trình vận hành an toàn.

- *Giám sát vận hành hồ:* Theo dõi mực nước hồ, tuân thủ nghiêm quy trình vận hành đã được phê duyệt.

- *Vận hành cửa tràn*: Thực hiện theo chỉ đạo, đảm bảo đúng quy trình, an toàn và hiệu quả.

- *Lực lượng cứu hộ:* Khi có sự cố, đơn vị vận hành phải kịp thời báo cáo Trưởng ban PCTT và chính quyền địa phương để huy động lực lượng xử lý, ngăn chặn sự cố lan rộng hoặc vỡ đập.

Tổng hợp kế hoạch hành động tại công trình đầu mối ứng với từng tình huống khẩn cấp

TT	Tình trạng	Tình huống khẩn cấp	Hành động của đơn vị quản lý khai thác	Hành động của chủ đập
1	Bình thường	Tình huống 1: Mực nước hồ đang dâng tiệm cận cao trình MNDBT. Mưa lớn trên lưu vực, Đài KTTV dự báo sẽ tiếp tục mưa, khả năng sẽ có lũ lớn.	- Giám sát mực nước trong hồ kết hợp số liệu quan trắc thủy văn, thực hiện chế độ báo cáo 01 giờ/01 lần. - Theo dõi, quan trắc các hiện tượng của đập thường xuyên. Báo cáo Sở NN và PTNT	- Báo cáo thông tin tới Ban Chỉ huy PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu; - Cử cán bộ chuyên môn kết hợp đơn vị quản lý khai thác theo dõi sát tình hình đập; - Giữ liên lạc thường xuyên với đơn vị quản lý khai thác và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu.
2		Tình huống 2: Mực nước đã đạt cao trình MNDBT và tiếp tục tăng và tiệm cận cao trình MNLTK. Đài KTTV dự báo mưa lớn trên lưu vực, dự báo lũ sẽ tiếp tục về - vận hành tràn xả lũ.	- Giám sát mực nước trong hồ, thực hiện chế độ báo cáo 1 giờ/lần - Theo dõi các hiện tượng của đập thường xuyên - Rà soát lực lượng, vật tư ứng cứu, sẵn sàng di chuyển lên công trình khi có lệnh.	- Báo cáo, thông báo các thông tin tới Ban Chỉ huy PCTT-TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu Trưởng ban BCH PCTT-TKCN và PTDS tỉnh công bố mức báo động; - Huy động kỹ sư, chuyên gia đến đập để đánh giá tình hình, triển khai các biện pháp khắc phục và sửa chữa.
3		Tình huống 3: Mực nước đã dâng cao hơn cao trình 100,80m, tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLTK , mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - vận hành tràn xả lũ với lưu lượng thiết kế.	- Giám sát mực nước trong hồ, thực hiện chế độ báo cáo 15 phút/1 lần. - Báo cáo Sở NN và PTNT. - Huy động lực lượng, vật tư để thực hiện các hành động khẩn cấp để sửa chữa hoặc các biện pháp khắc phục có thể để giảm thiểu nguy cơ vỡ đập.	- Báo cáo, thông báo các thông tin Ban chỉ huy PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu Trưởng ban BCH PCTT- TKCN và PTDS tỉnh công bố báo động cấp 3; - Huy động kỹ sư, chuyên gia đến đập để triển khai các biện pháp khắc phục và sửa chữa.

TT	Tình trạng	Tình huống khẩn cấp	Hành động của đơn vị quản lý khai thác	Hành động của chủ đập
4	Tràn hoạt động không bình thường	Tình huống 4: Mực nước hồ đang dâng tiệm cận cao trình MNDBT, tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLTK. Mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo sẽ có lũ lớn - tràn vận hành không bình thường.	- Giám sát mực nước trong hồ, thực hiện chế độ báo cáo 1 giờ/1 lần - Điều tra nguyên nhân tràn làm việc không bình thường và báo cáo với Sở NN và PTNT. - Rà soát lực lượng, vật tư ứng cứu, sẵn sàng di chuyển lên công trình khi có lệnh. - Thực hiện các biện pháp sửa chữa khẩn cấp.	- Báo cáo, thông báo các thông tin Ban chỉ huy PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu Trưởng ban BCH PCTT- TKCN và PTDS tỉnh công bố báo động cấp 2; - Huy động kỹ sư, chuyên gia đến đập để triển khai các biện pháp khắc phục và sửa chữa
5		Tình huống 5: Mực nước đã dâng cao hơn MNLTK nhưng và tiếp tục tăng nhanh đến cao trình MNLKT. Mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - tràn vận hành không bình thường.	Giám sát mực nước trong hồ, thực hiện chế độ báo cáo 15 phút/1 lần. - Theo dõi các hiện tượng của đập, tràn thường xuyên - Điều tra nguyên nhân tràn làm việc không bình thường và báo cáo với Sở NN và PTNT. - Thực hiện các biện pháp sửa chữa khẩn cấp.	- Báo cáo, thông báo các thông tin Ban chỉ huy PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu Trưởng ban BCH PCTT- TKCN và PTDS tỉnh công bố báo động cấp 2; - Huy động kỹ sư, chuyên gia đến đập để triển khai các biện pháp khắc phục và sửa chữa
6		Tình huống 6: Mực nước đã dâng cao hơn cao trình MNLTK nhưng vẫn thấp hơn cao trình MNLKT, mưa lớn trên lưu vực, trời tiếp tục mưa dự báo lũ sẽ tiếp tục về - tràn vận hành không bình thường.	Giám sát mực nước trong hồ, thực hiện chế độ báo cáo 15 phút/1 lần. Báo cáo Sở NN và PTNT. Huy động lực lượng, vật tư để thực hiện các hành động khẩn cấp để sửa chữa hoặc các biện pháp khắc phục có thể để giảm thiểu nguy cơ vỡ đập.	- Báo cáo, thông báo các thông tin Ban chỉ huy PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu Trưởng ban BCH PCTT- TKCN và PTDS tỉnh công bố báo động cấp 3; Giữ liên lạc thường xuyên với đơn vị vận hành và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu Huy động chuyên gia hỗ trợ ứng phó khẩn cấp

TT	Tình trạng	Tình huống khẩn cấp	Hành động của đơn vị quản lý khai thác	Hành động của chủ đập
7		Tình huống 7: Mực nước dâng cao hơn cao trình MNLKT - tràn vận hành không bình thường.	Theo dõi, cập nhật tình trạng khẩn cấp của công trình; Báo cáo Sở NN và PTNT. Sơ tán các thiết bị, máy móc ở khu vực công trình. Triển khai kế hoạch hành động khẩn cấp sửa chữa sự cố.	Báo cáo, thông báo các thông tin Ban chỉ huy PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu BCH PCTT-TKCN và PTDS tỉnh công bố báo động cấp 4; Sơ tán dân và tài sản;
8	Đập hoạt động không bình thường	Tình huống 8: Lún hoặc dịch chuyển ngang (nứt) đỉnh đập hoặc nứt ở mái thượng hoặc hạ lưu đập.	Theo dõi, đo đạc báo cáo các hiện tượng lún, dịch chuyển của đập thường xuyên; Điều tra các nguyên nhân gây lún hoặc dịch chuyển đập Báo cáo Sở NN và PTNT.	Cập nhật thông tin từ đơn vị vận hành, báo cáo, thông báo các thông tin tới Ban PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu BĐ cấp 2; Cử cán bộ, chuyên gia xuống hiện trường điều tra nguyên nhân gây lún hoặc dịch chuyển đập
9		Tình huống 9: Thấm đập tăng nhiều, xuất hiện dòng thấm phía mái hạ lưu đập	Theo dõi, đo đạc báo cáo các hiện tượng lún, dịch chuyển, thấm, xói ngầm, sạt lở của đập; Điều tra các nguyên nhân gây lún hoặc dịch chuyển đập, xói ngầm, sạt mái. Báo cáo Sở NN và PTNT. Chuẩn bị lực lượng, vật tư sửa chữa, khắc phục sự cố	Cập nhật thông tin từ đơn vị vận hành, báo cáo, thông báo các thông tin tới Ban chỉ huy PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu công bố báo động cấp 3; Cử cán bộ, chuyên gia xuống hiện trường hỗ trợ khắc phục sự cố

TT	Tình trạng	Tình huống khẩn cấp	Hành động của đơn vị quản lý khai thác	Hành động của chủ đập
10	Động Đất	Tình huống 10: Do động đất, đập bị nứt, bị lún làm nước trong hồ thâm nhập vào các vết nứt hoặc chỗ lún sụt có nguy cơ gây vỡ đập.	Theo dõi, đo đạc báo cáo các hiện thấm, nứt, lún, các tác động từ bên ngoài vào công trình; báo cáo Sở NN và PTNT. Sơ tán tài sản, thiết bị. Triển khai kế hoạch hành động khẩn cấp, sửa chữa, khắc phục sự cố.	Báo cáo, thông báo các thông tin Ban chỉ huy PCTT - TKCN và PTDS tỉnh và các cơ quan tổ chức ở hạ lưu, tham mưu công bố báo động cấp 4; Triển khai lực lượng kỹ thuật, phối hợp với các lực lượng ứng cứu và tiến hành các biện pháp khắc phục và sửa chữa

Phương án dự trù vật tư ứng phó khi có sự cố công trình: Vị trí tập kết vật tư, Đường di chuyển lên công trình đầu mối

Phương án dự trù vật tư ứng với các sự cố và kế hoạch hành động:

Bảng 4.73. Bảng thống kê vật tư tương ứng với các sự cố

STT	Tình huống	Kế hoạch hành động	Vật tư cần chuẩn bị
1	Tràn mất khả năng xả lũ do đất đá lấp	Huy động nhân lực đào xúc đất đá để tràn có thể tiếp tục xả lũ. Trong trường hợp tràn mất hoàn toàn khả năng xả lũ và mực nước trong hồ tiếp tục tăng, cần đào một vị trí trong đập phụ hoặc ngoài tràn để xả lũ làm giảm mực nước trong hồ.	10 Máy đào gầu sấp 5 máy ủi 20 Xe cơ giới vận chuyển
2	Tràn đỉnh	Huy động nhân lực đơn vị quản lý, quân đội, công an và người dân tiến hành đắp bao tải cát trên toàn bộ chiều dài đập, chiều rộng bằng chiều rộng đỉnh đập và đắp cao 1m so với đỉnh đập nhằm giảm lượng nước tràn qua đỉnh	10 Máy đào gầu sấp 5 máy ủi 20 Xe cơ giới vận chuyển

Dự kiến phương tiện cơ giới và thiết bị cứu hộ huy động thực hiện phương án theo bảng sau:

Bảng 4.74. Phương án huy động nhân lực, vật tư

TT	Tên phương tiện	Số lượng	Nguồn huy động
I	**Tại cụm đầu mối:**		
1	Xe kiểm tra công trình	03	Công ty TNHH khai thác CTTL - TĐ
2	Máy đào	10	Huy động từ các doanh nghiệp trên địa bàn
3	Máy ủi	5	Huy động từ các doanh nghiệp trên địa bàn

TT	Tên phương tiện	Số lượng	Nguồn huy động
4	Xe tải ben vận chuyển	20	Huy động từ các doanh nghiệp trên địa bàn
5	Máy phát điện	05	Đơn vị quản lý khai thác hồ
6	Máy đầm	10	Đơn vị quản lý khai thác hồ
II	**Tại khu vực hạ du (nguồn lực chuẩn bị cho 1 xã):**		
1	Xe tải	03	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
2	Ca nô	02	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
3	Ghe	11	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
4	Xuồng	01	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
5	Áo phao cứu sinh	60	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
6	Phao tròn	15	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
7	Ô tô	03	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
8	Máy cưa	02	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
9	Máy phát điện	02	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
10	Mì tôm (thùng)	50	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
11	Nước đóng chai (thùng)	50	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn
12	Bao tải	1000	UBND xã và huy động từ doanh nghiệp, người dân trên địa bàn

4.3.3.6. Phương án ứng phó ở vùng hạ du

1. Ứng phó với mức báo động 1 (đề phòng)

Các hành động sẽ được thực hiện:

- **Đơn vị quản lý khai thác:** Thường xuyên liên lạc với cấp trên, báo cáo định kỳ 1 giờ/lần, đề xuất điều chỉnh mức báo động hoặc chấm dứt báo động khi cần thiết.

- **Các cơ quan, tổ chức hạ lưu**: Cập nhật thông tin trực tiếp từ Ban Chỉ huy PCTT-TKCN và PTDS tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng; duy trì trực 24/24 để sẵn sàng ứng phó với tình huống khẩn cấp.

- **Chính quyền cấp huyện, xã**: Chủ tịch UBND kiêm Trưởng ban PCTT-TKCN và PTDS trực tiếp chỉ huy ứng phó theo chỉ đạo của tỉnh, được quyền huy động mọi nguồn lực tại chỗ để xử lý kịp thời khi xảy ra báo động.

2. Ứng phó với mức báo động 2 (sẵn sàng)

Các hành động bổ sung được thực hiện:

Đơn vị quản lý khai thác căn cứ vào các hiện tượng bất thường quan trắc được, đối chiếu với bảng phân loại mức độ khẩn cấp để báo cáo với Trưởng BCH PCTT-TKCN và PTDS tỉnh Quảng Nam, mô tả cụ thể tình huống khẩn cấp. Thực hiện chế độ đo đạc, báo cáo từ 15 phút/1 lần.

Sở Nông nghiệp và PTNT thực hiện đánh giá và khẳng định điều kiện và tham mưu Trưởng ban BCH PCTT - TKCN và PTDS tỉnh công bố báo động cấp 2 cho tất cả các cơ quan và tổ chức ở hạ lưu.

Các cơ quan và tổ chức ở hạ lưu chủ động nắm bắt, cập nhật thông tin trực tiếp từ BCH PCTT-TKCN và PTDS tỉnh và BCH PCTT-TKCN và PTDS cấp huyện, cấp xã, lên kế hoạch trực thường xuyên 24/24, chuẩn bị phương tiện, nhân lực, vật lực sẵn sàng sơ tán.

3. Ứng phó với mức báo động 3 (hành động khẩn cấp)

Các hành động bổ sung được thực hiện:

Đơn vị quản lý khai thác thực hiện chế độ quan trắc, báo cáo tình hình 15 phút/lần.

Sở Nông nghiệp và PTNT thực hiện đánh giá và khẳng định điều kiện và tham mưu Trưởng ban BCH PCTT - TKCN và PTDS tỉnh công bố báo động cấp 3 cho tất cả các cơ quan và tổ chức ở hạ lưu. Toàn bộ BCH PCTT-TKCN

& PTDS cấp huyện và xã có mặt tại hiện trường để tham gia chỉ đạo công tác phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn.

Ban chỉ huy PCTT-TKCN và PTDS tỉnh, Sở Nông nghiệp và PTNT và đơn vị quản lý khai thác sẽ huy động các lực lượng và thiết bị để thực hiện các hành động khẩn cấp để sửa chữa hoặc các biện pháp khắc phục có thể được thực hiện để giảm thiểu nguy cơ vỡ đập.

Huy động các dịch vụ hỗ trợ như công an, cứu hỏa & tìm kiếm cứu nạn, quân đội, cung cấp nước, chữ thập đỏ, bác sỹ, thiết bị thi công, vv...

Người dân khu vực hạ lưu chuẩn bị sơ tán và tổ chức nơi lánh nạn và các thiết bị sơ tán khác.

4. Ứng phó với mức báo động 4 (hành động khẩn cấp)

Các hành động bổ sung được thực hiện:

Huy động ca nô, xuồng, ghe, các phương tiện vận tải và thiết bị để hỗ trợ sơ tán.

Chuẩn bị khẩn cấp thủ tục sơ tán cho người dân hạ lưu những người sẽ bị ảnh hưởng và bị đe dọa bởi nước lũ, hoặc là do lũ lớn hoặc do vỡ đập.

Ra lệnh sơ tán cho tất cả những người bị ảnh hưởng.

Tất cả các cơ quan tỉnh, huyện và địa phương khẩn trương cứu trợ cho người dân phải sơ tán.

Kế hoạch di chuyển dân cư khỏi vùng nguy hiểm:

Hành động của các cơ quan liên quan

- **Trưởng ban PCTT-TKCN & PTDS các cấp**: Quyết định và tổ chức sơ tán dân khỏi vùng nguy hiểm; được yêu cầu huy động nhân lực, vật tư, phương tiện phục vụ cứu hộ, cứu trợ.

- **Bộ Chỉ huy Quân sự tỉnh**: Chịu trách nhiệm chính trong cứu nạn trên đất liền, sông và phòng thủ dân sự; xây dựng kế hoạch PCTT, chuẩn bị lực lượng, trang thiết bị sẵn sàng ứng cứu và sơ tán dân.

- **Công an tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng**: Phụ trách cứu hộ tại nhà cao tầng, khu dân cư, khu công nghiệp; đảm bảo giao thông an toàn, an ninh trật tự, phối hợp lực lượng trong sơ tán và cứu hộ.

- **Sở Giao thông Vận tải**: Xây dựng phương án đảm bảo giao thông khi xảy ra thiên tai; tổ chức di chuyển an toàn trên đường bộ và đường thủy; huy động phương tiện hỗ trợ sơ tán dân.

- **UBND cấp huyện, xã**: Thực hiện phương châm "4 tại chỗ" và sẵn sàng huy động chi viện theo lệnh cấp trên.

Các phương thức di dời

Phương án di dời dân cư:

Có hai hình thức di dời chính:

Di dời tại chỗ: Di chuyển dân đến các điểm cao, nhà cao tầng trong xã hoặc lân cận, cự ly ngắn.

Di dời toàn bộ: Áp dụng khi toàn xã ngập sâu, không còn điểm cao an toàn; phải di chuyển dân cư đến nơi khác xa hơn.

Tình huống di dời được chia thành hai trường hợp điển hình:

Trường hợp 1: Sự cố xảy ra trong điều kiện khô ráo, diện ngập nhỏ, ít dân bị ảnh hưởng → chỉ cần di dời tại chỗ.

Trường hợp 2: Hồ xả lũ lớn (≥ lưu lượng thiết kế) hoặc vỡ đập khi có mưa diện rộng → cần tính đến phương án di dời toàn bộ.

Tùy theo kịch bản, mức độ ngập lụt được phân chia thành 4 cấp báo động (theo quy định hiện hành) để chủ động xây dựng phương án ứng phó và tổ chức di dời kịp thời.

Bảng 4.75. Thời điểm báo động ứng với các mức báo động

Mức báo động	Phạm vi báo động
Báo động cấp 1	Thông báo cho những nhà dân, khu vực dân cư thuộc những vùng trũng chuẩn bị tinh thần, cảnh giác, thường xuyên theo dõi các thông tin về diễn biến an toàn đập và thông tin về mưa lũ, chuẩn bị đồ đạc cần thiết để khi có lệnh thì phải di dời đến những điểm cao trong xã khi có diễn biến xấu có thể xảy ra liên quan đến an toàn đập và mưa lũ.
Báo động cấp 2	- Thông báo cho những nhà dân, khu vực dân cư thuộc những vùng trũng chuẩn bị tinh thần, cảnh giác, thường xuyên theo dõi các thông tin về diễn biến an toàn đập và thông tin về mưa lũ, chuẩn bị đồ đạc

Mức báo động	Phạm vi báo động
	cần thiết để khi có lệnh thì phải di dời đến những điểm cao trong xã khi có diễn biến xấu có thể xảy ra liên quan đến an toàn đập và mưa lũ. - Khi có lệnh di dời tập trung thì những người dân nằm ở các vùng trũng tập trung dân đến địa điểm tập trung của thôn, những nhà cao tầng (2 hoặc 3 tầng) để tránh.
Báo động cấp 3	Chuyển dân từ vùng thấp trũng đến trung tâm thôn, những nhà có điểm cao 2 ÷ 3 tầng, nhà văn hóa, trường học bằng phương tiện thuyền bè hoặc trong trường hợp có thể có thể đi bằng các phương tiện cơ giới.
Báo động cấp 4	Chuyển dân từ vùng thấp trũng đến trung tâm thôn, những nhà có điểm cao 2 ÷ 3 tầng, nhà văn hóa, trường học bằng phương tiện thuyền bè hoặc các phương tiện hỗ trợ của lực lượng, quân đội vũ trang (ca nô, xuồng máy, ...) đề phòng tình huống xấu có thể xảy ra.

Kế hoạch di dời vùng hạ du Vu Gia - Thu Bồn:

Vị trí di dời được lựa chọn là nơi có địa hình cao, nhà dân an toàn trong vùng, hoặc công trình kiên cố như chùa, trường học, nhà văn hóa, bệnh viện... Phương án di chuyển ưu tiên quãng đường ngắn, thuận lợi, đảm bảo an toàn, phù hợp với phương châm "4 tại chỗ" trong phòng chống lụt bão của địa phương.

4.3.3.7. Chế độ thông tin và cảnh báo khẩn cấp

1. Chế độ thông báo tình huống khẩn cấp

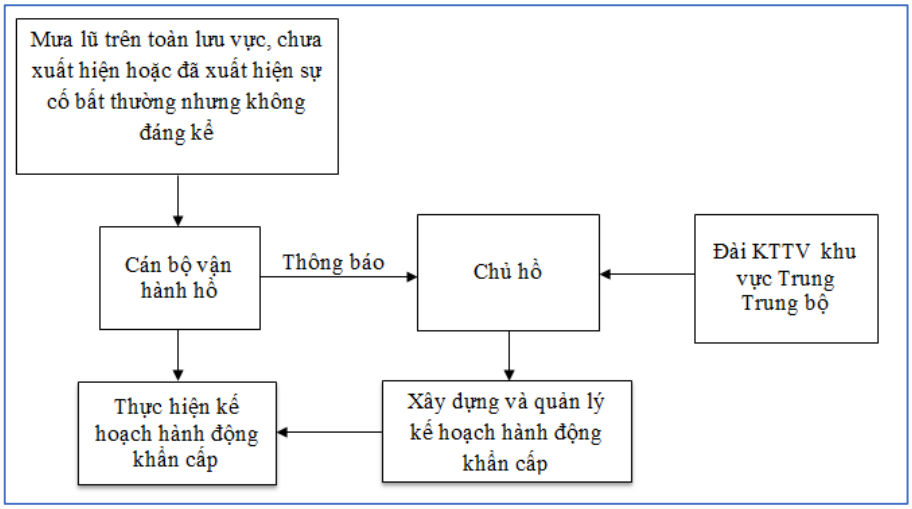
Khi phát hiện sự cố, nhân viên vận hành đánh giá mức độ nghiêm trọng, đối chiếu với điều kiện báo động. Nếu là tình huống khẩn cấp, lập tức báo cáo cụm trưởng cụm đầu mối hồ. Cụm trưởng đánh giá lại và thông báo cho Trưởng ban PCTT-TKCN Công ty quản lý hồ, đồng thời báo cáo Ban chỉ huy PCTT-TKCN & PTDS tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng và các huyện có nguy cơ ngập.

Ban chỉ huy cấp tỉnh tiếp tục thông báo cho cơ quan báo chí, Đài Phát thanh - Truyền hình, Bộ Chỉ huy Quân sự, Công an tỉnh, các Ban chỉ huy PCTT-TKCN & PTDS cấp huyện, chỉ đạo chính quyền xã thông báo khẩn đến người

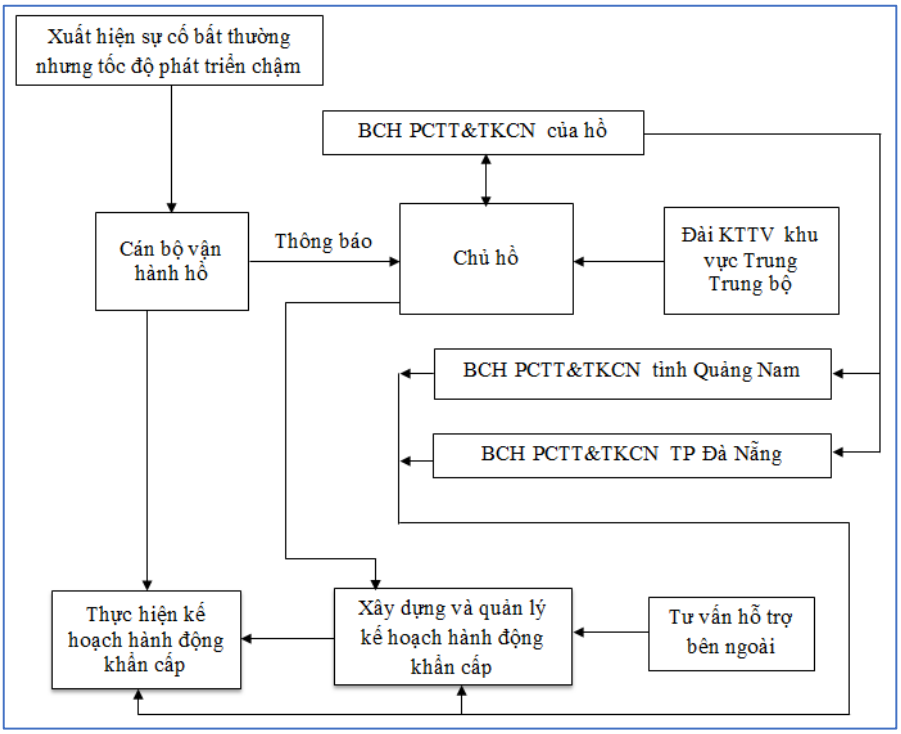
dân trong vùng nguy hiểm qua báo chí, phát thanh, văn bản đến UBND xã và cảnh báo trực tiếp tại hiện trường.

2. Sơ đồ thông báo

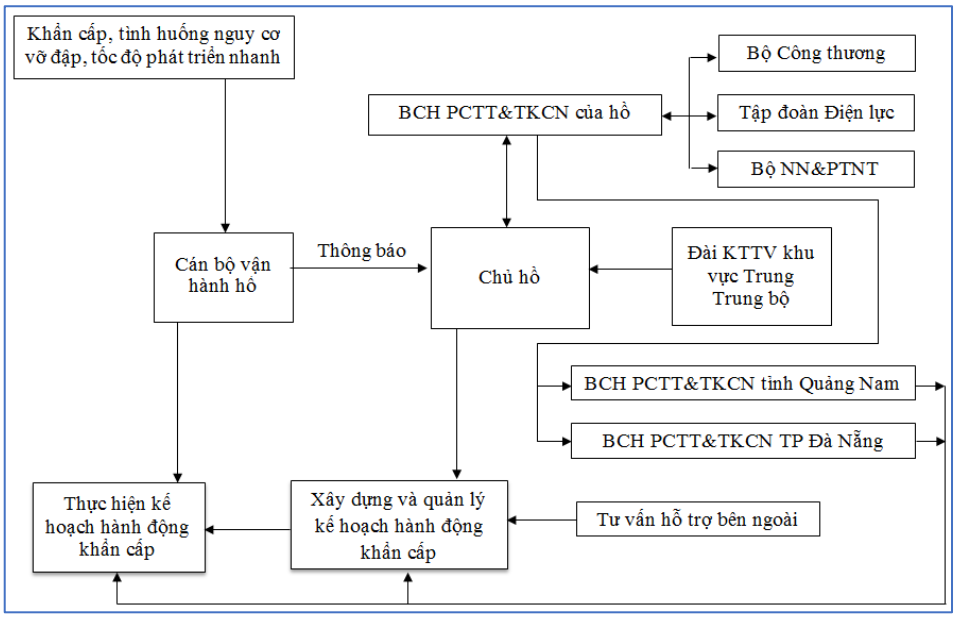
Sơ đồ thông tin tình huống khẩn cấp theo các cấp báo động ứng với các tình huống có nguy cơ lũ lớn, vỡ đập được trình bày trong các hình sau:



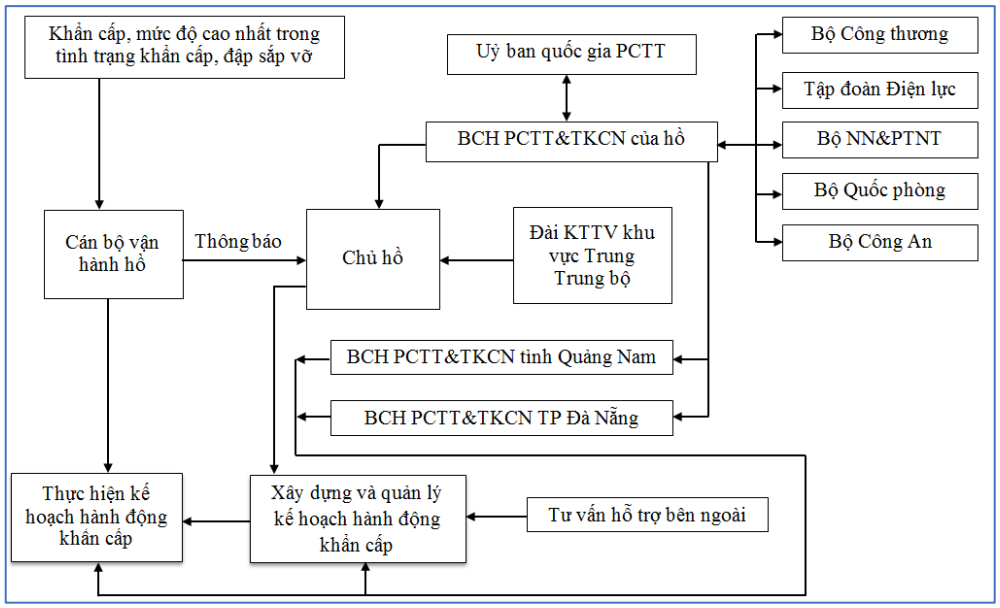
Hình 4-94. Sơ đồ báo cáo đối với mức báo động 1



Hình 4-95. Sơ đồ báo cáo đối với mức báo động 2



Hình 4-96. Sơ đồ báo cáo đối với mức báo động 3



Hình 4-97. Sơ đồ báo cáo đối với mức báo động 4

4.3.3.8. Phương tiện thông báo

Hệ thống cảnh báo sử dụng các phương tiện như điện thoại, vô tuyến điện, phát thanh, truyền hình, thư, email, còi, loa, kẻng,… phù hợp với điều kiện thực tế và thống nhất với địa phương.

Trong tình huống khẩn cấp khi mất sóng điện thoại và gián đoạn liên lạc, đơn vị quản lý công trình sử dụng bộ đàm, máy thông tin sóng ngắn Codan, mạng Inmarsat và còi, loa tại các khu vực trọng yếu để cảnh báo người dân chủ động ứng phó.

4.3.3.9. Hệ thống cảnh báo, thông báo

Từ thực tiễn xây dựng phương án ứng phó và tham vấn địa phương, tư vấn đề xuất lắp đặt bổ sung thiết bị cảnh báo tại khu vực hồ chứa và hạ lưu nhằm vận hành hiệu quả phương án:

Công ty TNHH Khai thác CTTL - Thủy điện lắp đặt còi hú báo động xả lũ tại đầu mối công trình để cảnh báo kịp thời cho người dân.

Mỗi thôn/khu phố có nguy cơ ngập lụt trang bị một kẻng báo động.

Quy định hiệu lệnh còi hú báo động như sau:

Báo động 1: Theo dõi, chưa phát tín hiệu.

Báo động 2: 2 hồi còi, mỗi hồi 20 giây, cách nhau 10 giây.

Báo động 3: 3 hồi còi, mỗi hồi 20 giây, cách nhau 10 giây.

Báo động 4: 4 hồi còi, mỗi hồi 30 giây, cách nhau 5 giây.

4.3.3.10. Trách nhiệm của các cơ quan trong ứng phó khẩn cấp

1. Xác định trách nhiệm chung

Trách nhiệm xây dựng và triển khai phương án ứng phó tình huống khẩn cấp (EPP) cần được xác định ngay từ quá trình lập kế hoạch. Chủ đập chịu trách nhiệm chính trong phát triển, cập nhật, duy trì và thực hiện EPP. Cán bộ quản lý khẩn cấp các cấp có trách nhiệm thông báo, sơ tán vùng hạ du trong tình huống khẩn cấp.

2. Phân công trách nhiệm cụ thể

Điều phối chung: Chủ tịch UBND tỉnh.

Chủ quản lý đập: Các Công ty quản lý hồ thủy điện (Đak Mi, A Vương, Sông Bung, Sông Tranh...).

Thông báo khẩn cấp: Trưởng Ban Chỉ huy PCTT-TKCN & PTDS tỉnh.

Chỉ huy sơ tán: Chủ tịch UBND tỉnh và cấp huyện/xã liên quan.

Chấm dứt và tổng kết sau khẩn cấp: Trưởng Ban Chỉ huy PCTT-TKCN & PTDS tỉnh.

Cập nhật EPP: Thực hiện định kỳ 5 năm/lần hoặc khi có thay đổi.

3. Vai trò trách nhiệm các cơ quan

UBND tỉnh và BCH PCTT-TKCN & PTDS tỉnh:

Phê duyệt, chỉ đạo triển khai, điều hành toàn bộ EPP.

Phát lệnh báo động, huy động lực lượng khi có sự cố.

Sở Nông nghiệp & PTNT:

Tổ chức thực hiện, đào tạo, cập nhật và lồng ghép EPP.

Lập kế hoạch, dự toán ngân sách triển khai phương án.

Các đơn vị quản lý hồ chứa:

Rà soát nhân sự, tổ chức theo dõi quan trắc, dự báo khí tượng thủy văn.

Chuẩn bị vật tư, phương tiện ứng cứu; lập kế hoạch xử lý khi có sự cố xảy ra.

Báo cáo định kỳ, lưu trữ thông tin vận hành.

UBND và BCH PCTT-TKCN cấp huyện:

Chỉ đạo cấp xã thực hiện phương án.

Phối hợp tổ chức diễn tập, kiểm tra lồng ghép nội dung EPP vào kế hoạch phòng chống thiên tai địa phương.

Huy động lực lượng, phương tiện, tổ chức sơ tán khi có sự cố.

UBND và BCH PCTT-TKCN cấp xã:

Thực hiện phương án ứng phó tại chỗ, tổ chức sơ tán dân đến nơi an toàn.

Dự trữ hàng hóa thiết yếu, đảm bảo sinh hoạt người dân sơ tán.

Thường xuyên cập nhật, điều chỉnh phương án phù hợp thực tiễn.

Đài KTTV tỉnh Quảng Nam, TTB:

Cung cấp thông tin cảnh báo, dự báo mưa lũ kịp thời cho cơ quan chức năng.

Các cơ quan, đơn vị liên quan trên địa bàn:

Tùy theo chức năng, chủ động phối hợp triển khai ứng phó theo phương án.

Người dân vùng ảnh hưởng:

Chấp hành lệnh sơ tán, theo dõi thông tin cảnh báo.

Chủ động phòng tránh, bảo vệ tài sản, thu hoạch nông sản, dự trữ nhu yếu phẩm.

4.3.4. Xây dựng bản đồ sơ tán dân theo các nhóm kịch bản

Bản đồ sơ tán dân cư là một công cụ trực quan cho phép nắm bắt được khu vực thấp trũng dễ bị ngập lụt, dự báo được diễn biến mực nước ở một vị trí đặc trưng nào đó trong khu vực ngập, định hướng được các vùng không ngập, vùng an toàn... Điều này rất cần thiết cho các nhà quản lý khi quyết định di dời dân cư trong tình huống khẩn cấp.

Bản đồ di dời dân cư vùng ngập lụt nhằm:

- Cho biết trước khu vực ngập lụt, mức ngập nước trong vùng ngập khi biết được cấp mực nước lũ tại điểm chốt.

- Định hướng được khu vực an toàn, làm cơ sở để di dời dân khi có lũ lụt xảy ra.

- Tạo cơ sở lựa chọn và phối hợp các biện pháp phòng lụt và ngập úng.

- Trợ giúp thực hiện phân vùng quản lý sử dụng đất trong khu vực thường xuyên ngập úng.

- Tạo cơ sở nghiên cứu biện pháp phòng ngập trong xây dựng cơ bản, xây dựng hạ tầng phục vụ trong công tác phòng chống thiên tai…

Từ các nhóm kịch bản xả lũ, vỡ đập từ thượng nguồn lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn ứng với các tần suất thiết kế, kiểm tra, vượt lũ thiết kế, các kịch bản giả định.... Ứng với mỗi nhóm kịch bản thì dưới hạ lưu sẽ chịu ảnh hưởng của dòng chảy lũ cả về độ ngập sâu và lưu tốc dòng chảy lũ. Căn cứ vào địa hình, địa vật, nhân lực, vật lực, trình độ văn hóa hiểu biết của từng khu vực ảnh hưởng từ đó các nhà nghiên cứu, các nhà quản lý sẽ xây dựng các phương án di dời dân cư phù hợp, thích hợp nhất nhằm giảm thiểu tối đa về nười và tài sản do tác động của lũ lụt gây ra.

4.3.4.1. Các bước xây dựng bản đồ sơ tán dân

1) Biên tập và xử lý bản đồ nền:

Bản đồ nền là phần dữ liệu cơ bản đầu tiên của bản đồ sơ tán. Bao gồm các lớp dữ liệu về địa hình, địa mạo; lớp dữ liệu bình đồ; lớp dữ liệu sông suối, đường giao thông, lớp dữ liệu dân cư, cơ sở hạ tầng, các điểm sơ tán dân….

Để xây dựng bản đồ nền, trong đề tài này nhóm thực hiện sử dụng 2 bản đồ nền dạng số hóa tỉ lệ 1:50.000 và 1:10.000 do Bộ Tài nguyên Môi trường đo đạc và cập nhật. Với các bản đồ nền dạng số hóa được Bộ Tài nguyên Môi trường đo đạc và cập nhật được phân theo cấp hành chính cấp tỉnh, huyện, xã. Do vậy đề tài đã cắt và chỉnh sửa để tạo ra phần dữ liệu nền cho lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn thuộc tỉnh Quảng Nam và TP. Đà Nẵng.

2) Biên tập và xử lý lớp ngập lụt (phần xây dựng bản đồ ngập lụt)

3) Biên tập và xử lý lớp di chuyển, sơ tán dân cư

Trên cơ sở chồng chập bản đồ nền và lớp ngập lụt ở trên, sẽ thể hiện rõ vùng ngập ứng với các mức ngập và vùng cao, vùng an toàn khi có lũ. Căn cứ vào hạ tầng giao thông, vị trí các điểm sơ tán tập trung để định hướng di chuyển, sơ tán dân cư vùng ngập lụt lên sơ tán tại các vị trí cao hơn, an toàn trong lũ lụt.

Hướng sơ tán trên bản đồ thể hiện bằng dấu mũi tên, điểm bắt đầu là các vùng ngập và điểm đến sẽ là các điểm sơ tán tập trung đã được định trước.

4) Trích xuất bản đồ sơ tán dân cư

Hoàn thiện bản đồ cần đưa thêm khung bản đồ, tỉ lệ bản đồ, tên bản đồ, thước tỉ lệ, kí hiệu định hướng bản đồ (Mũi tên chỉ hướng Bắc), nhãn ghi chú.

Trích xuất bản đồ thực hiện theo yêu cầu của đề tài đặt ra. Bản đồ được in trên khổ giấy A0. Sau khi chọn khổ giấy, thực hiện trích xuất bản đồ, lựa chọn kiểu trích xuất dạng ảnh (*.png,*.jpg, *.tiff, *.gif, *.pdf …) hoặc dạng PDF sao cho phù hợp với yêu cầu và thuận tiện cho việc in ấn các bản đồ.

4.3.4.2. Kết quả xây dựng bản đồ sơ tán dân theo các nhóm kịch bản

Theo kết quả nghiên cứu của đề tài, có tổng cộng 24 kịch bản xả lũ về hạ du, được chia làm 3 nhóm để xây dựng bản đồ sơ tán dân như sau:

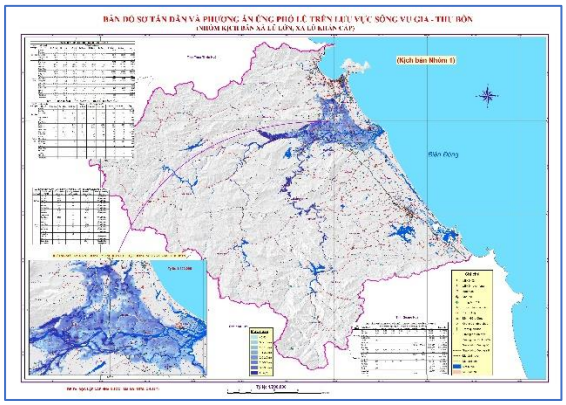
Nhóm 1 - Các hồ trên lưu vực xả lũ lớn, lũ khẩn cấp

Nhóm 2 - Các hồ trên lưu vực xả lũ vận hành

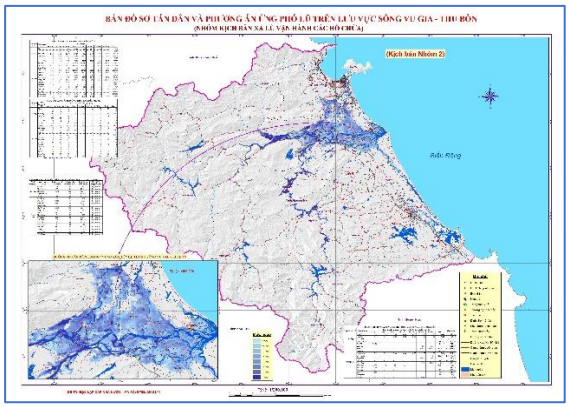
Nhóm 3 - Các hồ trên lưu vực xả lũ lớn và xảy ra vỡ đập

Kết quả bản đồ sơ tán dân cư theo các nhóm kịch bản 1, 2, 3:

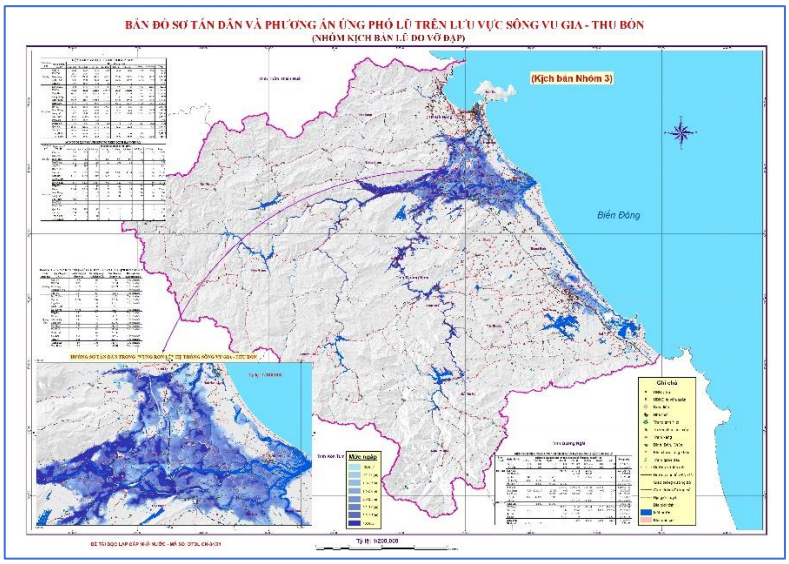
Ứng với mỗi nhóm kịch bản xả lũ, vỡ đập căn cứ vào số người bị ảnh hưởng, cơ sở hạ tầng hiện có, thời gian đạt đến độ sâu ngập lớn nhất đưa ra hướng sơ tán dân cư vùng hạ du ứng với từng nhóm kịch bản *(có bản đồ khổ lớn đính kèm sản phẩm số 5)*:



Hình 4-98. Bản đồ sơ tán dân cư ứng với kịch bản Nhóm 1



Hình 4-99. Bản đồ sơ tán dân cư ứng với kịch bản Nhóm 2



Hình 4-100. Bản đồ sơ tán dân cư ứng với kịch bản Nhóm 3

Tương tự như các bản đồ nguy cơ ngập lũ, **bản đồ sơ tán dân** được xây dựng tương ứng với **ba nhóm kịch bản** (xả lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập), được thể hiện ở **tỷ lệ 1/150.000**, khổ **2A0**, trong **Tập sản phẩm số 5 – Bộ bản đồ các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn**.

Kết luận chương 4:

Chương 4 đã xây dựng và phân tích hệ thống các kịch bản lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn trong cả điều kiện

bình thường và điều kiện biến đổi khí hậu. Trên cơ sở đó, bộ mô hình thủy văn – thủy lực MIKE NAM, MIKE 11 và MIKE FLOOD đã được thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định, bảo đảm độ tin cậy cho việc mô phỏng ngập lụt tương ứng với 24 kịch bản điển hình.

Kết quả mô phỏng đã cho phép xây dựng bộ bản đồ ngập lụt chi tiết cho toàn lưu vực, thành phố Đà Nẵng, tỉnh Quảng Nam và các quận, huyện chịu ảnh hưởng, cùng ba bản đồ nguy cơ ngập lũ tương ứng với các nhóm kịch bản: xả lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập. Đồng thời, chương này cũng đã xây dựng bản đồ sơ tán dân, đánh giá tác động ngập lụt đến dân cư và hạ tầng giao thông, qua đó đề xuất các phương án ứng phó khẩn cấp phù hợp với từng cấp độ rủi ro.

Các kết quả nghiên cứu của chương là cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng phục vụ công tác quản lý, điều hành, ứng phó và giảm nhẹ thiệt hại trong các tình huống lũ lớn, sự cố công trình và thiên tai cực đoan, đồng thời là nền tảng để đề xuất các giải pháp phòng, chống và giảm thiểu rủi ro thiên tai được trình bày trong Chương 6.

CHƯƠNG 5: XÂY DỰNG QUY TRÌNH VÀ KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH ỨNG PHÓ VỚI CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ XẢY RA VỠ ĐẬP TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

5.1. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN XÂY DỰNG QUI TRÌNH, KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH ỨNG PHÓ VỚI CÁC TÌNH HUỐNG

Trên thế giới, hầu hết các quốc gia đều trải qua một số bước để nhận biết, đánh giá mức độ nguy hiểm đối với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập như sau:

- Quan trắc lượng mưa, mực nước, lưu lượng đến hồ chứa hay điểm khống chế;

- Mô phỏng, tính toán lũ thông qua các công cụ mô hình toán;

- Kiểm tra các công trình hạ tầng PCTT như đê điều, hồ chứa;

- Đưa ra thông tin cảnh báo sớm, chỉ dẫn, sơ tán theo các tình huống thực tế tương ứng với qui trình nhận biết và đánh giá các tình huống.

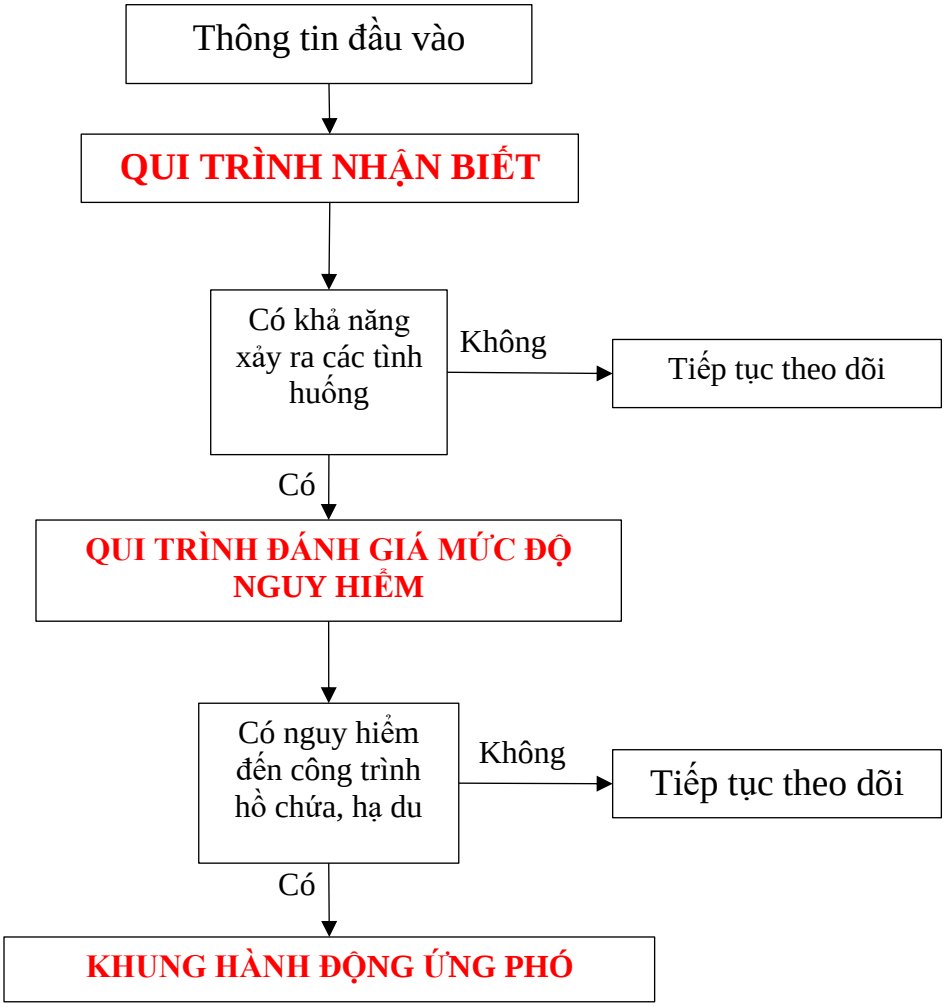
Trên cơ sở đó, Đề tài xây dựng Qui trình, khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập với các nội dung chính gồm:

- Qui trình nhận biết tình huống: Từ thông tin dữ liệu (dữ liệu quan trắc lượng mưa, mực nước, lưu lượng đến hồ,...) tính toán, trích xuất kết quả và so sánh với tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập; Phân tích, đánh giá về các tình huống có thể xảy ra; Kết luận nguy cơ xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập.

- Qui trình đánh giá mức độ nguy hiểm: Tính toán phân vùng mức độ nguy hiểm, lập bản đồ nguy cơ ngập lũ cho từng nhóm đối tượng; So sánh với tiêu chí đánh giá mức độ nguy hiểm để kết luận về mức độ nguy hiểm của các tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và xảy ra vỡ đập.

- Khung hành động ứng phó: Các hoạt động trước, trong và sau khi xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ vỡ đập.

Các bước thực hiện qui trình và khung hành động nêu trên được sơ đồ hóa như hình dưới đây.

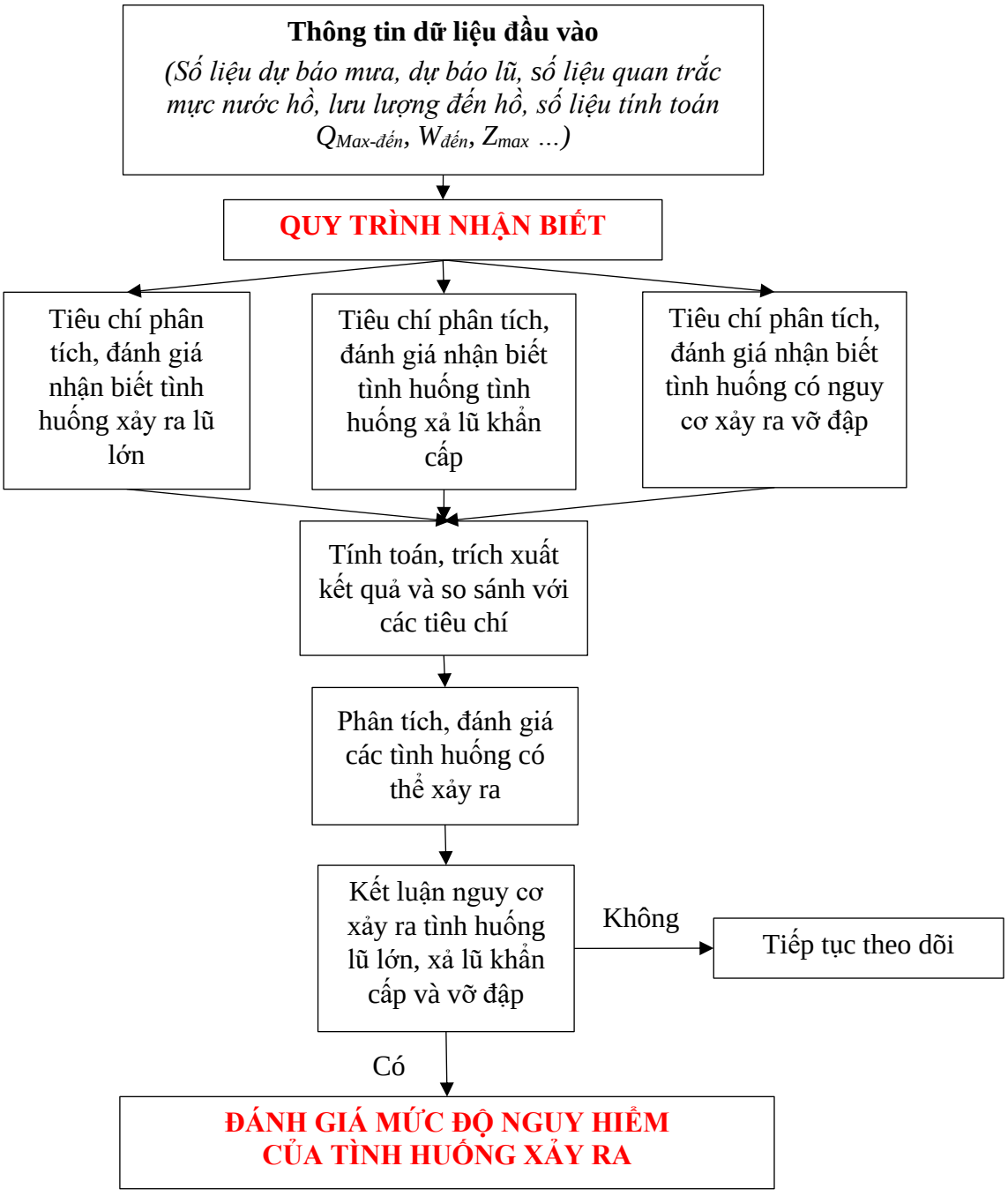


Hình 5-1. Qui trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống lũ

5.2. XÂY DỰNG QUY TRÌNH NHẬN BIẾT CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP

5.2.1. Qui trình thực hiện và Yêu cầu số liệu đầu vào

5.2.1.1. Qui trình thực hiện



Hình 5-2. Qui trình thực hiện nhận biết các tình huống xảy ra

5.2.1.2. Yêu cầu số liệu đầu vào

- Số liệu công trình hồ chứa: các thông số cơ bản, đặc trưng Z~F~W, trạng thái hồ chứa tại thời điểm xem xét (mực nước thượng lưu, mực nước hạ lưu hồ chứa, lưu lượng xả qua tuốc bin, lưu lượng xả qua tràn xả lũ, lưu lượng tháo qua cống lấy nước …)

- Số liệu mực nước (hay lưu lượng) các điểm khống chế vùng hạ du theo cấp độ rủi ro thiên tai (hoặc cấp báo động mực nước)

- Số liệu đầu vào cho mô hình thủy văn: Bản đồ địa hình; Chuỗi số liệu khí tượng, thủy văn tại các trạm đo trên lưu vực (số liệu thực đo và dự báo).

- Số liệu đầu vào cho mô hình thủy lực 1D, 2D: Bản đồ địa hình; Dữ liệu khảo sát địa hình các sông, các công trình trong khu vực; Vị trí và các thông số kỹ thuật các hồ chứa, công trình thủy lợi và cơ sở hạ tầng; Chuỗi số liệu khí tượng, thủy văn tại các trạm đo trên lưu vực (số liệu thực đo và dự báo).

5.2.2. Xây dựng các tiêu chí nhận biết các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ vỡ đập

5.2.2.1. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn

(a) Đối với khu vực thượng lưu hồ chứa

Thông qua các số liệu nghiên cứu tính toán của đề tài và qui định trong qui trình vận hành của các hồ chứa A Vương, sông Bung 4, Đak Mi 4 và sông Tranh 2, các tiêu chí trong Bảng dưới đây được đề xuất để nhận biết, xác định các tình huống xảy ra lũ lớn đến lưu vực hồ chứa.

Bảng 5.1. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn trên lưu vực hồ chứa

STT	Tên hồ chứa	Tiêu chí nhận biết $Q_{TC}(m^3/s)$	Xảy ra lũ lớn
1	TĐ A Vương	2.098	$Q_{Max\text{-đến}} \geq Q_{TC}$
2	TĐ Sông Bung 4	5.100	$Q_{Max\text{-đến}} \geq Q_{TC}$
3	TĐ Đak Mi 4	3.000	$Q_{Max\text{-đến}} \geq Q_{TC}$
4	TĐ Sông Tranh 2	3.650 ÷ 6.800	$Q_{TC1} \leq Q_{Max\text{-đến}} \leq Q_{TC2}$

Ghi chú: - TĐ: Thủy điện
- $Q_{Max\text{-đến}}$ là lưu lượng đến hồ lớn nhất tính toán.

(b) Đối với khu vực hạ lưu hồ chứa

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu tính toán của đề tài và qui định trong qui trình vận hành của các hồ chứa A Vương, sông Bung 4, Đak Mi 4 và sông Tranh 2; Qui định về cấp độ rủi ro thiên tai theo Quyết định số 18/2021/QĐ-TTg, ngày 22/4/2021 của Thủ tướng Chính phủ, cấp báo động lũ tại các trạm thủy văn (hoặc điểm khống chế) vùng hạ du lưu vực sông VGTB. Mực nước trên các sông đạt giá trị từ BĐ3 trở lên được coi là lũ lớn, do đó đối với khu vực hạ lưu hồ chứa các tiêu chí dưới đây được đề xuất để nhận biết tình huống

xảy ra lũ lớn vùng hạ du của các hồ chứa lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn. Ngoài ra để phục vụ công tác ứng phó khi xảy ra lũ lớn (nếu cần), cần xác định cấp độ RRTT tương ứng kết quả tính toán mực nước tại các trạm thủy văn theo quy định tại Quyết định số 18/2021/QĐ-TTg.

Bảng 5.2. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn vùng hạ du hồ chứa

STT	Trạm thủy văn	Lưu vực sông	Khu vực	Mực nước BĐ3 (m)	Xảy ra lũ lớn	
					RRTT cấp 2	RRTT cấp 3
1	Thành Mỹ	Vu Gia	2	22,0	BĐ3<H_{max}<BĐ3+1	H_{max}>BĐ3+1
2	Hội Khách	Vu Gia	2	16,5	BĐ3<H_{max}<BĐ3+1	H_{max}>BĐ3+1
3	Ái Nghĩa	Vu Gia	3	9,0		H_{max} >BĐ3
4	Cẩm Lệ	Vu Gia	3	2,5		H_{max} >BĐ3
5	Hiệp Đức	Thu Bồn	2	30,0	BĐ3<H_{max}<BĐ3+1	H_{max}>BĐ3+1
6	Nông Sơn	Thu Bồn	2	15,0	BĐ3<H_{max}<BĐ3+1	H_{max}>BĐ3+1
7	Giao Thủy	Thu Bồn	3	8,8		H_{max} >BĐ3
8	Câu Lâu	Thu Bồn	3	4,0		H_{max} >BĐ3
9	Hội An	Thu Bồn	3	2,0		H_{max} >BĐ3

Ghi chú:
- RRTT: Rủi ro thiên tai;
- H_{max} là mực nước lớn nhất tính toán tại điểm khống chế;
- Trong phạm vi nghiên cứu chỉ cần xét cấp độ RRTT đối với trường hợp xảy ra lũ lớn (khi H>BĐ3)

5.2.2.2. Tiêu chí nhận biết tình huống xả lũ khẩn cấp

(a) Theo qui định của qui trình vận hành đơn hồ chứa và liên hồ chứa (tiêu chí 1)

Theo qui định của các qui trình vận hành của các hồ chứa A Vương (Quyết định số 2576/QĐ-UBND ngày 18/09/2020), Đak Mi 4A (Quyết định số 132/QĐ-SCT ngày 16/7/2024), sông Bung 4 (Quyết định số 109/QĐ-BCT ngày 27/01/2022), sông Tranh 2 (Quyết định số 147/QĐ-BCT ngày 08/02/2022) và qui trình vận hành liên hồ chứa (Quyết định số 1865/QĐ-TTg ngày 23/12/2019). Xả lũ khẩn cấp (chế độ vận hành đảm bảo an toàn công trình) là trường hợp các hồ chứa xả nước để bảo đảm an toàn công trình khi mực nước hồ đạt đến mực nước dâng bình thường mà lưu lượng đến hồ vẫn tiếp tục tăng nhằm đảm bảo cho hồ chứa được an toàn, tránh rủi ro sự cố; hoặc khi xuất hiện sự cố có nguy cơ đe dọa đến an toàn của hồ chứa, an toàn công trình thủy lợi, kết cấu hạ tầng ở hạ du. Trong trường hợp có số liệu tính toán dự báo lưu lượng đến hồ, có thể nhận biết các tình huống xả lũ khẩn cấp trong vận hành hồ chứa theo tiêu chí qui định trong bảng dưới đây.

Bảng 5.3. Tiêu chí nhận biết tình huống xả lũ khẩn cấp hồ chứa (tiêu chí 1)

STT	Tên hồ chứa	Tiêu chí nhận biết MNDBT (m)	Xả lũ khẩn cấp
1	TĐ A Vương	380,0	$Z_{hồ}$ = MNDBT, $Q_{thực\ đo}$<$Q_{max\text{-}đến}$
2	TĐ Đak Mi 4	258,0	$Z_{hồ}$ = MNDBT, $Q_{thực\ đo}$<$Q_{max\text{-}đến}$
3	TĐ Sông Bung 4	222,5	$Z_{hồ}$ = MNDBT, $Q_{thực\ đo}$<$Q_{max\text{-}đến}$
4	TĐ Sông Tranh 2	175,0	$Z_{hồ}$ = MNDBT, $Q_{thực\ đo}$<$Q_{max\text{-}đến}$

Ghi chú:
- MNDBT: Mực nước dâng bình thường;
- $Z_{hồ}$: Mực nước hồ tại thời điểm vận hành hiện tại;
- $Q_{thực\ đo}$: lưu lượng đến hồ thực đo tại thời điểm vận hành hiện tại;
- $Q_{max\text{-}đến}$: lưu lượng đến hồ lớn nhất tính toán.

(b) Tiêu chí theo tính toán tổng lượng lũ đến hồ chứa (tiêu chí 2)

Tùy theo tình hình thực tế của từng hồ chứa, từng thời điểm trong năm và có hay không có công cụ tính toán lưu lượng lũ đến hồ chứa để xác định cách tính tổng lượng lũ đến hồ chứa. Các tiêu chí được qui định trong bảng dưới đây để nhận biết tình huống xả lũ khẩn cấp có xảy ra hay không tương ứng với các trận lũ đến lưu vực hồ chứa.

Bảng 5.4. Tiêu chí nhận biết tình huống xả lũ khẩn cấp hồ chứa (tiêu chí 2)

STT	Hồ chứa	Giai đoạn	Mực nước lớn nhất trước lũ $MNTL_{max}$ (m)	Dung tích lớn nhất có thể trữ $W_{trữ}$ (10^6 m^3)	Xả lũ khẩn cấp
1	TĐ A Vương	01/9 - 15/11	376,0	55,86	$W_{đến}$-$W_{xả}$> $W_{trữ}$
		16/11 - 15/12	377,0 - 380,0	47,07-20,72	$W_{đến}$-$W_{xả}$> $W_{trữ}$
2	TĐ Đak Mi 4	01/9 - 15/11	255,0	55,51	$W_{đến}$-$W_{xả}$> $W_{trữ}$
		16/11 - 15/12	256,0 - 258,0	45,16-24,45	$W_{đến}$-$W_{xả}$> $W_{trữ}$
3	TĐ Sông Bung 4	01/9 - 15/11	217,5	168,52	$W_{đến}$-$W_{xả}$> $W_{trữ}$
		16/11 - 15/12	218,5 - 222,5	154,05-93,22	$W_{đến}$-$W_{xả}$> $W_{trữ}$
4	TĐ Sông Tranh 2	01/9 - 15/11	172,0	140,65	$W_{đến}$-$W_{xả}$> $W_{trữ}$
		16/11 - 15/12	173,0 - 175,0	120,19-76,26	$W_{đến}$-$W_{xả}$> $W_{trữ}$

Ghi chú:

- $W_{trữ}$ là giá trị dung tích lớn nhất có thể trữ của hồ tương ứng mực nước trước lũ;
$W_{trữ} = W_{MNLKT}$-W_{MNTL}
- W_{MNTL}; W_{MNLKT} lần lượt là giá trị dung tích của hồ tương ứng giá trị $MNTL_{max}$ và MNLKT;
- $W_{đến}$ là giá trị Tổng lượng lũ đến hồ tính toán;
- $W_{xả}$ là giá trị tổng lượng xả hiện tại của hồ;
- Thực tế vận hành cần tính toán xác định $W_{trữ}$ tương ứng $Z_{hồ}$ (mực nước hồ tại thời điểm vận hành hiện tại) để xác định tình huống xả lũ khẩn cấp.

5.2.2.3. Tiêu chí nhận biết tình huống có nguy cơ vỡ đập

Theo qui định của các qui trình vận hành của các hồ chứa A Vương (Quyết định số 2576/QĐ-UBND ngày 18/09/2020), Đak Mi 4A (Quyết định số 132/QĐ-SCT ngày 16/7/2024), sông Bung 4 (Quyết định số 109/QĐ-BCT ngày 27/01/2022), sông Tranh 2 (Quyết định số 147/QĐ-BCT ngày 08/02/2022) và qui trình vận hành liên hồ chứa (Quyết định số 1865/QĐ-TTg ngày 23/12/2019).

Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài trên cơ sở đề cương được phê duyệt, đánh giá nguy cơ vỡ đập sẽ xem xét trên cơ sở mực nước hồ chứa được qui định trong qui trình vận hành đơn hồ và qui trình vận hành liên hồ chứa.

Theo Quy trình vận hành liên hồ 1865/QĐ-TTg, khi vận hành hồ chứa trong mùa lũ, thứ tự ưu tiên hàng đầu là cần đảm bảo an toàn công trình:

Đảm bảo an toàn tuyệt đối cho công trình thủy điện Sông Bung 4 không để mực nước hồ chứa vượt cao trình mực nước lũ kiểm tra với mọi trận lũ có chu kỳ lặp lại nhỏ hơn hoặc bằng 5.000 năm;

Đảm bảo an toàn tuyệt đối cho các công trình thủy điện: A Vương, Đắk Mi 4, Sông Tranh 2, Sông Bung 4A, Sông Bung 5, Sông Bung 2, Sông Bung 6, Đắk Mi 2, Đắk Mi 3 và Sông Tranh 3 không để mực nước hồ chứa vượt cao trình mực nước lũ kiểm tra với mọi trận lũ có chu kỳ lặp lại nhỏ hơn hoặc bằng 1.000 năm;

Các tiêu chí qui định trong bảng dưới đây để nhận biết tình huống có nguy cơ vỡ đập.

Bảng 5.5. Tiêu chí nhận biết tình huống có nguy cơ vỡ đập

STT	Tên hồ chứa	Tiêu chí nhận biết MNLKT (m)	Ghi chú	Có nguy cơ vỡ đập
1	TĐ A Vương	382,2	MNLKT P=0,1%	Z_{max}>MNLKT
2	TĐ Đak Mi 4	260,33	MNLKT P=0,1%	Z_{max}>MNLKT
3	TĐ Sông Bung 4	228,11	MNLKT P=0,02%	Z_{max}>MNLKT
4	TĐ Sông Tranh 2	178,51	MNLKT P=0,1%	Z_{max}>MNLKT

Ghi chú:

- Z_{Max} là mực nước thượng lưu hồ lớn nhất tính toán (tương ứng khi hồ đã vận hành tối đa các công trình xả lũ + phát điện)

- MNLKT là mực nước lũ kiểm tra.

5.2.3. Nhận biết các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập

5.2.3.2. Thiết lập mô hình toán

- Thiết lập mô hình toán thủy văn: Toàn bộ lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn được phân chia thành 25 tiểu lưu vực để tính toán. Đề tài sử dụng chuỗi lưu lượng thực đo tại hai trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn để xác định bộ thông số của mô hình NAM từ đó áp dụng cho các tiểu lưu vực trên lưu vực Vu Gia Thu Bồn.

- Thiết lập mô hình điều tiết lũ/vận hành hồ chứa

- Thiết lập mô hình toán thủy lực 1D, 2D: Đề tài sử dụng mô hình MIKE FLOOD kết nối giữa 2 mô hình MIKE11, MIKE21 để tính toán lũ cho hệ thống sông và đồng bằng ngập lũ VGTB. Trên cơ sở tài liệu thu thập được, Đề tài xác định ranh giới mô hình 2 chiều với phạm vi tính từ hạ du các hồ chứa thủy điện A Vương, Sông Bung 4, Đắk Mi 4, Sông Tranh 2 kéo đến vùng bờ biển của Quảng Nam và Đà Nẵng. Sau khi thiết lập mô hình, Đề tài sử dụng 02 trận lũ để hiệu chỉnh và 01 trận lũ để kiểm định mô hình.

5.2.3.3. Tính toán, trích xuất kết quả theo các tình huống

(a) Tính toán, trích xuất kết quả từ mô hình thủy văn

Trên cơ sở số liệu dự báo mưa trên lưu vực, sử dụng mô hình thủy văn để tính toán, mô phỏng và trích xuất kết quả bao gồm các thông số được qui định trong bảng dưới đây.

Bảng 5.6. Kết quả tính toán mực nước lớn nhất

STT	Hồ chứa	Giai đoạn	Mực nước lớn nhất trước lũ (m)	Mực nước hồ thực đo $Z_{hồ}$ (m)	Mực nước lớn nhất tính toán Z_{max} (m)
1	TĐ A Vương	01/9 - 15/11	376,0	…	…
		16/11 - 15/12	377,0 - 380,0	…	…
2	TĐ Đak Mi 4	01/9 - 15/11	255,0	…	…
		16/11 - 15/12	256,0 - 258,0	…	…
3	TĐ Sông Bung 4	01/9 - 15/11	217,5	…	…
		16/11 - 15/12	218,5 - 222,5	…	…
4	TĐ Sông Tranh 2	01/9 - 15/11	172,0	…	…
		16/11 - 15/12	173,0 - 175,0	…	…

Bảng 5.7. Kết quả tính toán lưu lượng lớn nhất đến hồ

STT	Hồ chứa	Lưu lượng thực đo $Q_{thực đo}$ (m^3/s)	Lưu lượng lớn nhất đến hồ $Q_{max-đến}$ tính toán (m^3/s)	Ghi chú
1	TĐ A Vương	…	…	$Q_{thực đo}<Q_{Max-đến}$
2	TĐ Đak Mi 4	…	…	…
3	TĐ Sông Bung 4	…	…	…
4	TĐ Sông Tranh 2	…	…	…

Ghi chú:

- $Q_{thực đo}$: lưu lượng đến hồ thực đo tại thời điểm vận hành hiện tại
- $Q_{max-đến}$: lưu lượng đến hồ lớn nhất tính toán

Bảng 5.8. Kết quả tính toán tổng lượng lũ đến

STT	Hồ chứa	Giai đoạn	Dung tích lớn nhất có thể trữ $W_{trữ}$ (10^6 m^3)	Lưu lượng xả qua hồ (tràn+tuốc bin)	Tổng lượng lũ đến hồ chứa ($W_{đến}$)
1	TĐ A Vương	01/9 - 15/11	…	…	…
		16/11 - 15/12	…	…	…
2	TĐ Đak Mi 4	01/9 - 15/11	…	…	…
		16/11 - 15/12	…	…	…
3	TĐ Sông Bung 4	01/9 - 15/11	…	…	…
		16/11 - 15/12	…	…	…
4	TĐ Sông Tranh 2	01/9 - 15/11	…	…	…
		16/11 - 15/12	…	…	…

(b) Tính toán, trích xuất kết quả từ mô hình thủy lực 1D, 2D

Trên cơ sở kịch bản được xây dựng, sử dụng mô hình thủy lực 1D, 2D để tính toán, mô phỏng và trích xuất kết quả mực nước tại các điểm khống chế vùng hạ du các sông Vu Gia và sông Thu Bồn như Nông Sơn, Thành Mỹ, Hiệp Đức, Hội Khách, Câu Lâu, Ái Nghĩa, Hội An, các thông số được qui định trong bảng dưới đây.

Bảng 5.9. Kết quả tính toán, mô phỏng mực nước tại các điểm khống chế hạ du

STT	Trạm thủy văn	Lưu vực sông	Mực nước lớn nhất (m)
1	Thành Mỹ	Vu Gia	...
2	Hội Khách	Vu Gia	...
3	Ái Nghĩa	Vu Gia	...

STT	Trạm thủy văn	Lưu vực sông	Mực nước lớn nhất (m)
4	Cẩm Lệ	Vu Gia	...
5	Hiệp Đức	Thu Bồn	...
6	Nông Sơn	Thu Bồn	...
7	Giao Thủy	Thu Bồn	...
8	Câu Lâu	Thu Bồn	...
9	Hội An	Thu Bồn	...

5.2.3.4. Lập bảng so sánh kết quả tính toán, mô phỏng với các tiêu chí

Bảng 5.10. Kết quả so sánh lưu lượng lớn nhất đến các hồ chứa

STT	Tên hồ chứa	Tiêu chí nhận biết về lưu lượng $Q_{TC}(m^3/s)$	$Q_{max\text{-}đến}$ tính toán (m^3/s)	So sánh
1	TĐ A Vương	2.098	...	$Q_{max\text{-}đến} > Q_{TC}$
2	TĐ Đak Mi 4	3.000	...	...
3	TĐ Sông Bung 4	5.100	...	...
4	TĐ Sông Tranh 2	3.650 - 6.800	...	...

Bảng 5.11. Kết quả so sánh mực nước lớn nhất thượng lưu hồ chứa

STT	Tên hồ chứa	Tiêu chí nhận biết về mực nước (m)		Mực nước lớn nhất tính toán (Z_{Max})	So sánh
		MNDBT	MNLKT		
1	TĐ A Vương	380,0	382,2	...	Z_{max}<MNDBT
2	TĐ Đak Mi 4	258,0	260,33	...	...
3	TĐ Sông Bung 4	222,5	228,11	...	...
4	TĐ Sông Tranh 2	175,0	178,51	...	...

Bảng 5.12. Kết quả so sánh tổng lượng lũ đến hồ chứa

STT	Hồ chứa	Giai đoạn	Dung tích lớn nhất có thể trữ ($W_{trữ}$)	Tổng lượng lũ đến hồ chứa ($W_{đến}$)	So sánh
1	TĐ A Vương	01/9 - 15/11	...	...	$W_{đến} > W_{trữ}$
		16/11 - 15/12	...	...	...
2	TĐ Đak Mi 4	01/9 - 15/11	...	...	...
		16/11 - 15/12	...	...	...
3	TĐ Sông Bung 4	01/9 - 15/11	...	...	...
		16/11 - 15/12	...	...	...
4	TĐ Sông Tranh 2	01/9 - 15/11	...	...	...
		16/11 - 15/12	...	...	...

Bảng 5.13. Kết quả so sánh mực nước hạ lưu hồ chứa tại các điểm khống chế

STT	Trạm thủy văn	Lưu vực sông	Mực nước lớn nhất tính toán H_{max}(m)	Mực nước BĐ3 (m)	So sánh	Cấp độ RRTT
1	Thành Mỹ	Vu Gia	...	22,0	H_{max}> BĐ3+1	Cấp 3
2	Hội Khách	Vu Gia	...	16,5	...	...
3	Ái Nghĩa	Vu Gia	...	9,0	...	...
4	Cẩm Lệ	Vu Gia	...	2,5	...	...
5	Hiệp Đức	Thu Bồn	...	30,0	...	...
6	Nông Sơn	Thu Bồn	...	15,0	...	...
7	Giao Thủy	Thu Bồn	...	8,8	...	...
8	Câu Lâu	Thu Bồn	...	4,0	...	...
9	Hội An	Thu Bồn	...	2,0	...	...

5.2.3.5. Phân tích, đánh giá kết quả tính toán, mô phỏng

Căn cứ kết quả so sánh và tiêu chí quy định để xác định nguy cơ xảy ra các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, có nguy cơ vỡ đập.

- Phân tích, đánh giá về tình huống xảy ra lũ lớn: CÓ/KHÔNG?

- Phân tích, đánh giá về tình huống xảy ra xả lũ khẩn cấp: CÓ/KHÔNG?

- Phân tích, đánh giá về tình huống có nguy cơ vỡ đập: CÓ/KHÔNG?

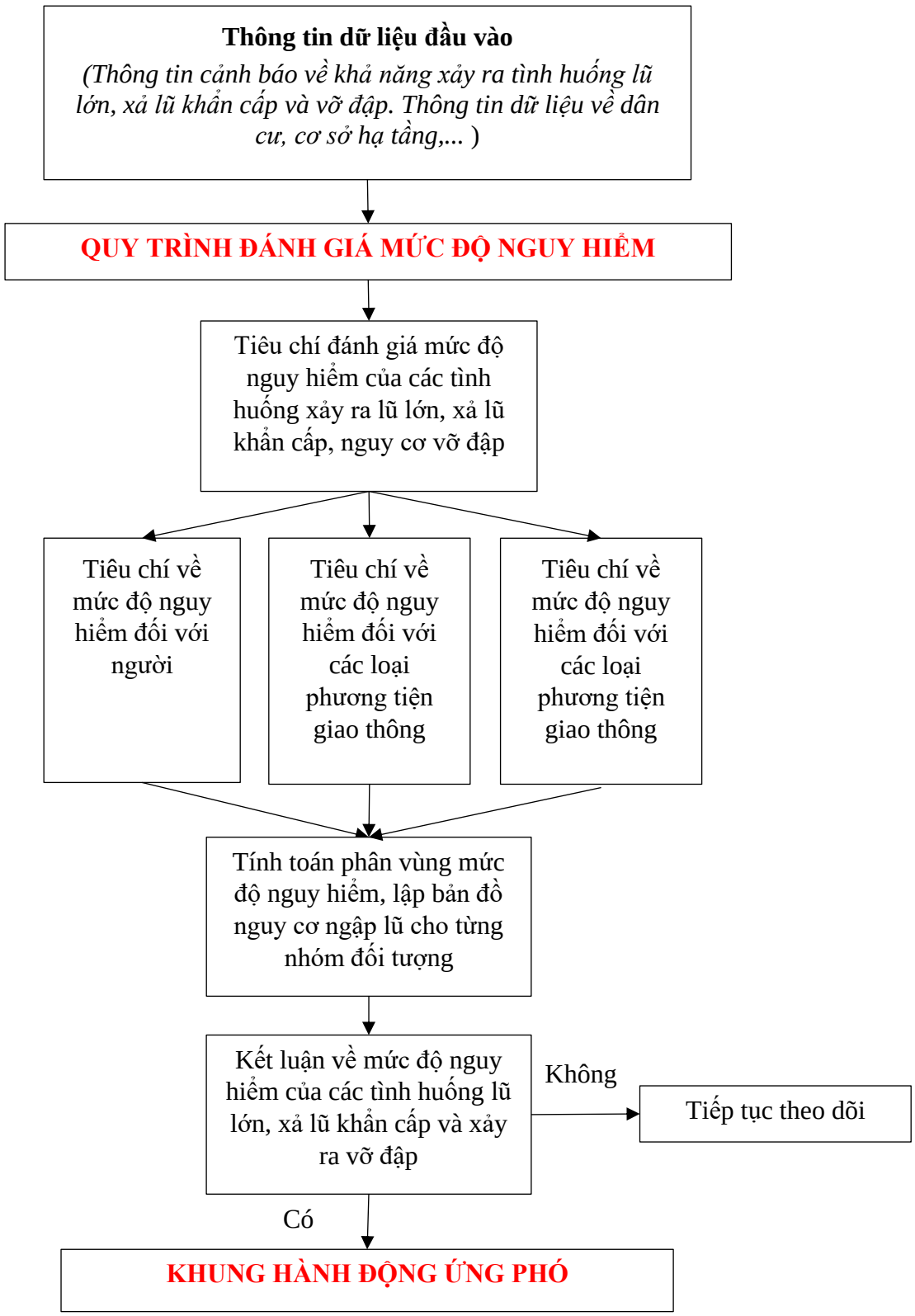
- Trả lời câu hỏi **có/không có** xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp nguy cơ vỡ đập?

NẾU TRẢ LỜI LÀ CÓ THÌ CHUYỂN SANG GIAI ĐOẠN ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ NGUY HIỂM CHO CÁC ĐỐI TƯỢNG Ở HẠ DU THEO TÌNH HUỐNG XẢY RA.

5.3. XÂY DỰNG QUY TRÌNH ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ NGUY HIỂM CỦA CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ VỠ ĐẬP

5.3.1. Qui trình thực hiện và Yêu cầu số liệu đầu vào

5.3.1.1. Qui trình thực hiện



Hình 5-3. Qui trình thực hiện để đánh giá mức độ nguy hiểm của các tình huống xảy ra

5.3.1.2. Yêu cầu số liệu đầu vào

- Thông tin cảnh báo về khả năng xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập.

- Số liệu về cơ sở hạ tầng (giao thông, điện, nước, nhà ở …), dân cư, nhà cộng đồng tránh trú thiên tai, trụ sở cơ quan, trường học, bệnh viện, trạm y tế …

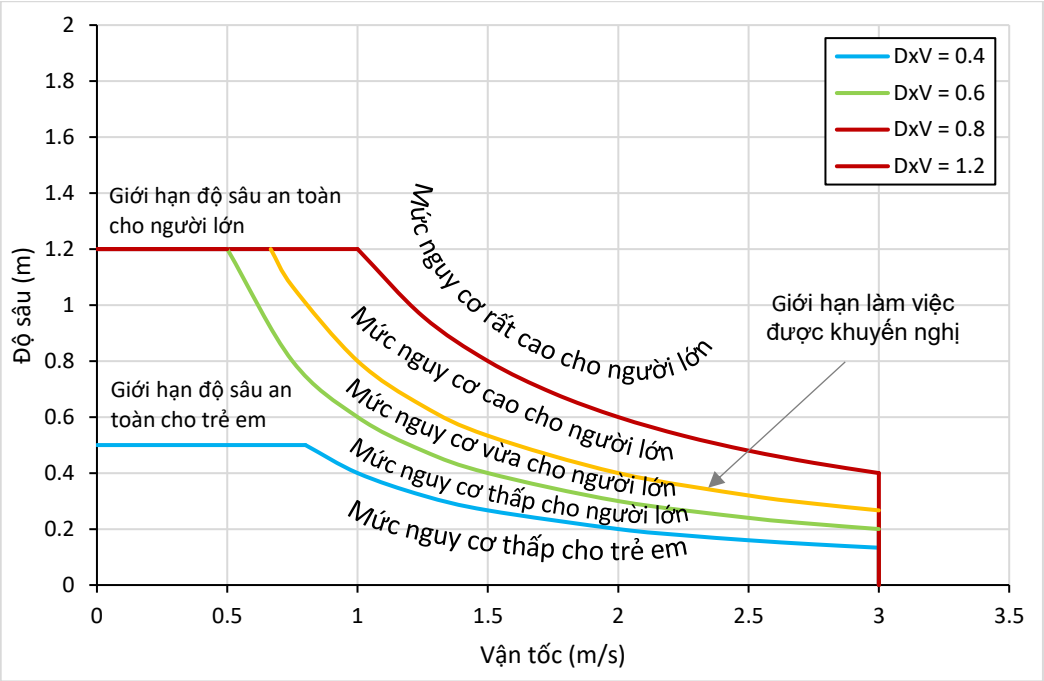
- Các bản đồ: ngập lụt, nguy cơ và bản đồ tác động đến các đối tượng ảnh hưởng, …

5.3.1.3. Xác định tiêu chí đánh giá mức độ nguy hiểm của các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ vỡ đập

Để đánh giá mức độ nguy hiểm của các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ xảy ra vỡ đập, Đề tài sử dụng Tiêu chí về mức độ nguy hiểm theo độ sâu và vận tốc ngập cho từng đối tượng (người, phương tiện giao thông, công trình xây dựng).

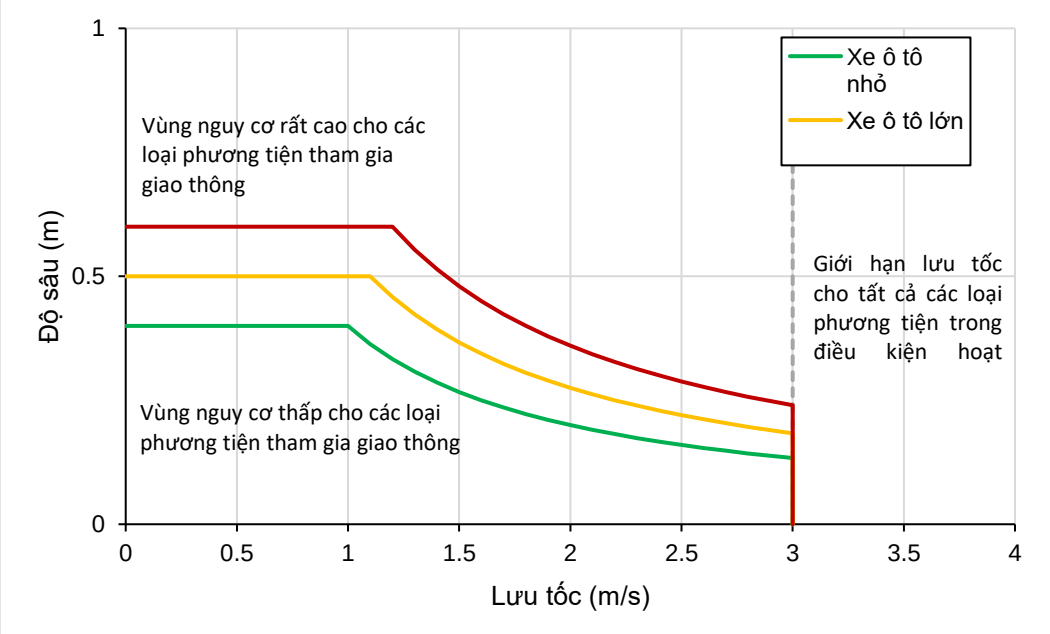
Trên cơ sở tham khảo Sổ tay hướng dẫn quản lý đồng bằng ngập lũ của Úc và kết quả nghiên cứu của đề tài KC.08.13/16-20. Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài, chúng tôi đề xuất các tiêu chí làm cơ sở để đánh giá mức độ nguy hiểm cho từng nhóm đối tượng là NGƯỜI, PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG, CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG. Các tiêu chí được thể hiện trong các hình vẽ, bảng ở dưới đây.

5.3.1.4. Tiêu chí về mức độ nguy hiểm đối với người



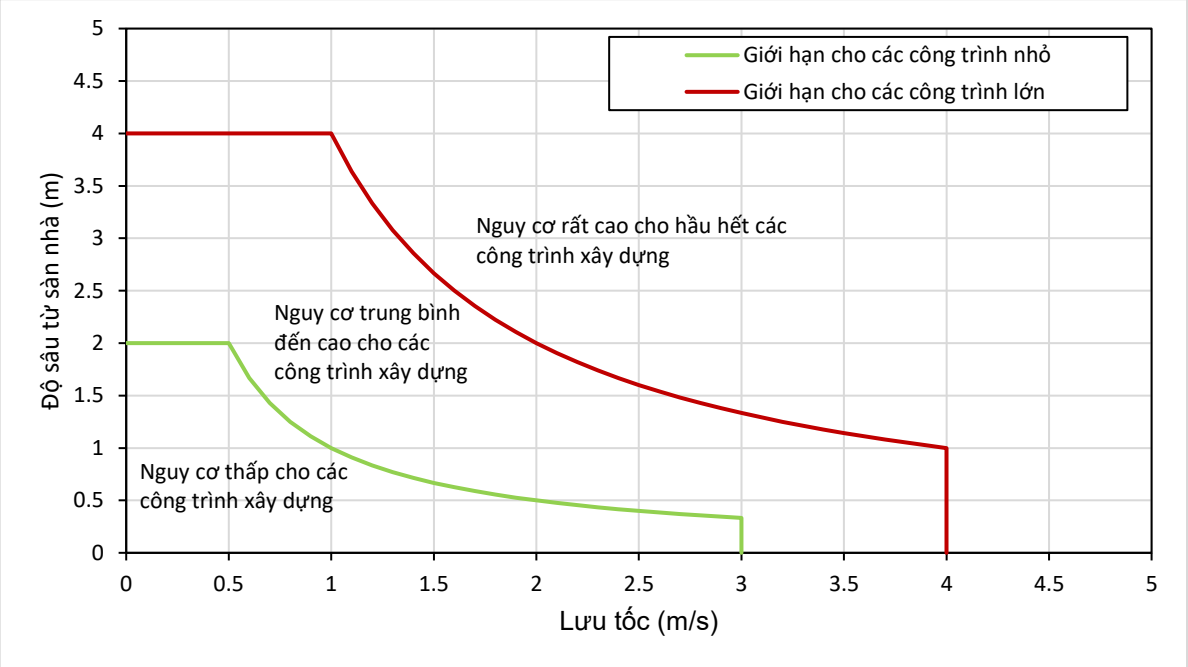
Hình 5-4. Phân vùng mức độ nguy hiểm cho các đối tượng là người

5.3.1.5. Tiêu chí về mức độ nguy hiểm đối với các loại phương tiện giao thông



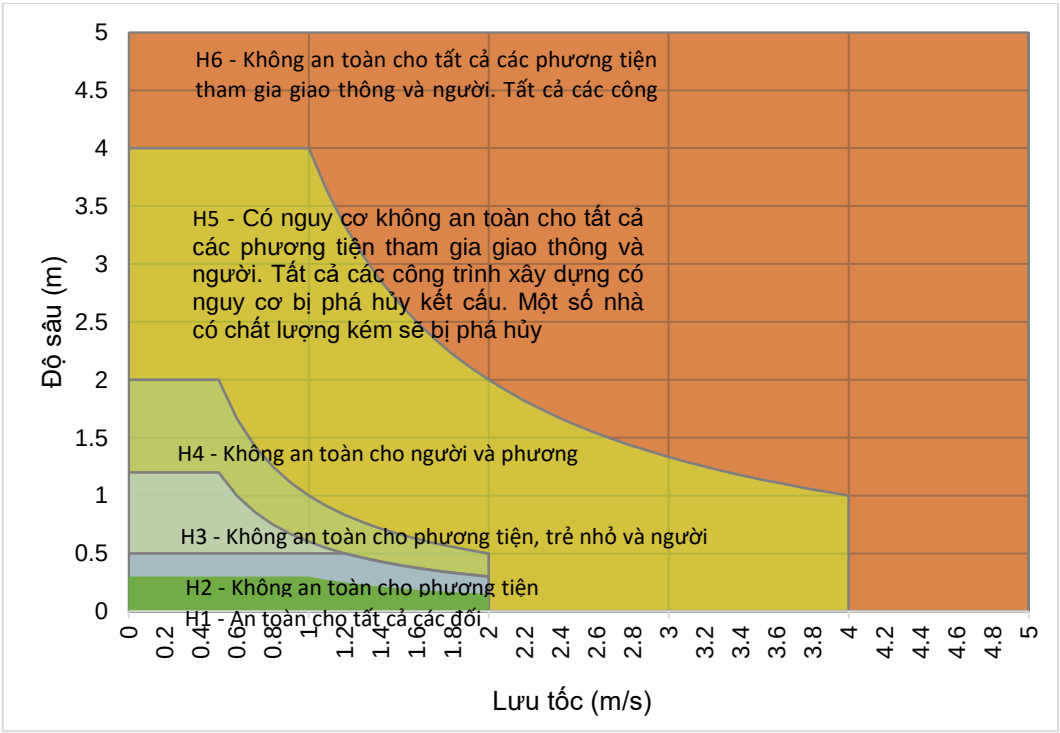
Hình 5-5. Phân vùng mức độ nguy hiểm cho các đối tượng là phương tiện giao thông

5.3.1.6. Tiêu chí về mức độ nguy hiểm đối với các loại công trình xây dựng



Hình 5-6. Phân vùng mức độ nguy hiểm cho các đối tượng là công trình xây dựng

5.3.1.7. Tổng hợp phân vùng mức độ nguy hiểm cho các nhóm đối tượng



Hình 5-7. Phân vùng mức độ nguy hiểm đối với các nhóm đối tượng khác nhau

Bảng 5.14. Phân vùng nguy cơ tổng hợp với các đối tượng chịu tác động

Phân loại	Mức độ nguy hiểm
H1	Không có nguy hiểm. An toàn đối với tất cả các đối tượng là người, phương tiện giao thông và các công trình xây dựng
H2	Mức nguy hiểm thấp. Có nguy cơ không an toàn cho các phương tiện

Phân loại	Mức độ nguy hiểm
	nhỏ khi tham gia giao thông
H3	Mức độ nguy hiểm vừa. Có nguy cơ không an toàn đối với mọi phương tiện tham gia giao thông, trẻ em và người cao tuổi
H4	**Mức độ nguy hiểm cao**. Có nguy cơ không an toàn đối với mọi phương tiện tham gia giao thông và người
H5	**Mức độ nguy hiểm rất cao**. Có nguy cơ không an toàn cho tất cả các phương tiện tham gia giao thông và người. Tất cả các công trình xây dựng có nguy cơ bị phá hủy kết cấu. Một số nhà có chất lượng kém sẽ bị phá hủy.
H6	**Mức độ nguy hiểm đặc biệt cao**. Có nguy cơ không an toàn cho tất cả các phương tiện tham gia giao thông và người. Tất cả các công trình xây dựng có nguy cơ bị phá hủy.

Bảng 5.15. Phân vùng mức độ nguy hiểm tổng hợp theo vận tốc và độ sâu ngập

Phân loại	Mức giới hạn kết hợp (D và V) m^2/s	Mức giới hạn độ sâu ngập (D) m	Mức giới hạn về vận tốc (V) m/s
H1	D*V ≤ 0.3	0.3	2.0
H2	D*V ≤ 0.6	0.5	2.0
H3	D*V ≤ 0.6	1.2	2.0
H4	**D*V ≤ 1.0**	**2.0**	**2.0**
H5	**D*V ≤ 4.0**	**4.0**	**4.0**
H6	**D*V > 4.0**	**-**	**-**

5.3.2. Đánh giá mức độ nguy hiểm tương ứng với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập

5.3.2.1. Tính toán, trích xuất kết quả theo các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập

(a) Tính toán, trích xuất kết quả độ sâu ngập

Bảng 5.16. Thống kê vị trí, diện tích ngập theo Độ sâu ngập lụt (D)

Địa điểm		Diện tích ngập theo độ sâu ngập lụt (ha)					
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**0,0-0,3 (m)**	**0,3-0,5 (m)**	**0,5-1,2 (m)**	**1,2-2,0 (m)**	**2,0-4,0 (m)**	**>4,0 (m)**

(b) Tính toán, trích xuất kết quả vận tốc

Bảng 5.17. Thống kê vị trí, diện tích ngập theo Vận tốc ngập lụt (V)

Địa điểm		**Diện tích ngập (ha)**		
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**0,0-2,0 (m/s)**	**2,0-4,0 (m/s)**	**>4,0 (m/s)**

(c) Tính toán, trích xuất kết quả tổng hợp (DxV)

Bảng 5.18. Thống kê vị trí, diện tích ngập theo Độ sâu ngập x Vận tốc (DxV)

Địa điểm		**Diện tích ngập**						
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**	**H5**	**H6**	**Tổng**

Trên cơ sở thống kê về vị trí, diện tích ngập, số liệu về dân cư, cơ sở hạ tầng (giao thông, điện, nước, nhà ở …) tiến hành lập bảng thống kê số người, số công trình có khả năng bị ảnh hưởng như sau:

Bảng 5.19. Thống kê số người bị ảnh hưởng theo Độ sâu ngập x Vận tốc (DxV)

Địa điểm		**Số lượng người bị ảnh hưởng**						
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**	**H5**	**H6**	**Tổng**

Bảng 5.20. Thống kê số công trình bị ảnh hưởng theo Độ sâu ngập x Vận tốc (DxV)

Địa điểm		Số công trình bị ảnh hưởng						
Tỉnh/thành phố	**Quận/huyện/TX/TP**	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**	**H5**	**H6**	**Tổng**

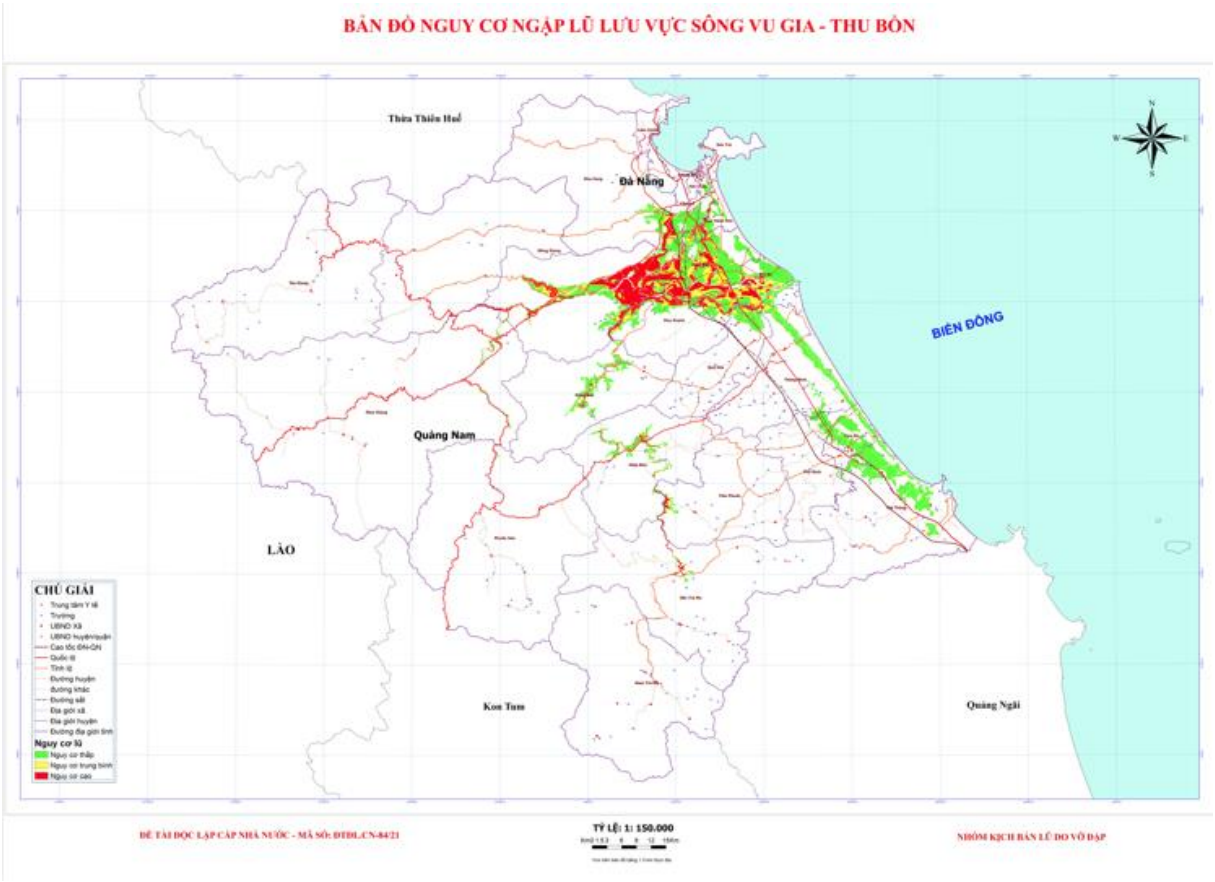
Bảng 5.21. Thống kê chiều dài các tuyến tường giao thông theo các cấp độ DxV

Tỉnh/thành phố	Loại đường	Tổng chiều dài bị ảnh hưởng (km)						
		H1	**H2**	**H3**	**H4**	**H5**	**H6**	**Tổng**
	Cao tốc							
	Quốc lộ							
	Tỉnh lộ							
	Đường huyện							
	Đường khác							

5.3.2.2. Đánh giá mức độ nguy hiểm tương ứng với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và nguy cơ vỡ đập

(a) Thiết lập bản đồ nguy cơ cho từng nhóm đối tượng

Trên cơ sở giá trị vận tốc và mực nước mô phỏng trong mô hình thủy lực và kết quả phân vùng nguy cơ đối với các đối tượng dễ bị tổn thương được trình bày ở trên tiến hành xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lũ tương ứng các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ xảy ra vỡ đập.



Hình 5-8. Ví dụ về 01 bản đồ nguy cơ ngập đã được xây dựng cho lưu vực sông VGTB

** Trình tự các bước tính toán và kết quả xây dựng bản đồ tương ứng các nhóm kịch bản được thể hiện trong nội dung số 4 của đề tài.*

(b) Phân tích, đánh giá mức độ nguy hiểm cho từng nhóm đối tượng

Lập bảng tổng hợp về mức độ nguy hiểm cho từng nhóm đối tượng theo vùng nguy cơ dựa trên tiêu chí tại Bảng 5.14.

Bảng 5.22. Tổng hợp mức độ nguy hiểm cho người

Mức độ nguy hiểm	Diện tích ngập		Kết luận
	Quảng Nam	Đà Nẵng	
H1			Không nguy hiểm
H2			Mức nguy hiểm thấp cho người lớn
H3			Không an toàn cho trẻ em và người già
H4			Mức nguy hiểm cao
H5			Mức nguy hiểm rất cao
H6			Mức nguy hiểm đặc biệt cao

Bảng 5.23. Tổng hợp mức độ nguy hiểm cho các phương tiện

Mức độ nguy hiểm	Diện tích ngập		Kết luận
	Quảng Nam	Đà Nẵng	
H1			Không nguy hiểm
H2			Không an toàn cho các phương tiện nhỏ tham gia giao thông
H3			Có nguy cơ không an toàn
H4			Mức nguy hiểm cao
H5			Mức nguy hiểm rất cao
H6			Mức nguy hiểm đặc biệt cao

Bảng 5.24. Tổng hợp mức độ nguy hiểm cho cơ sở hạ tầng

Mức độ nguy hiểm	Diện tích ngập		Kết luận
	Quảng Nam	Đà Nẵng	
H1			Không nguy hiểm
H2			Mức nguy hiểm thấp
H3			Mức nguy hiểm vừa
H4			Mức nguy hiểm cao
H5			Mức nguy hiểm rất cao. Tất cả các công trình xây dựng có nguy cơ bị phá hủy kết cấu. Một số nhà có chất lượng kém sẽ bị phá hủy
H6			Mức nguy hiểm đặc biệt cao. Tất cả các công trình xây dựng có nguy cơ bị phá hủy hoàn toàn

Trên cơ cở các bảng tổng hợp, đánh giá mức độ nguy hiểm cho từng nhóm đối tượng. Từ đó đưa ra kết luận CÓ/KHÔNG CÓ NGUY HIỂM?. Nếu câu trả lời là CÓ thì thống kê các đối tượng bị nguy hiểm ở mục sau.

Bảng 5.25. Tổng số người bị ảnh hưởng theo các mức độ nguy hiểm

Mức độ nguy hiểm	Số người bị ảnh hưởng (ha)		Kết luận
	Quảng Nam	Đà Nẵng	
H1			Không nguy hiểm
H2			Mức nguy hiểm thấp cho người
H3			Không an toàn cho trẻ em và người già
H4			Mức nguy hiểm cao cho tất cả mọi người
H5			Mức nguy hiểm rất cao cho tất cả mọi người
H6			Mức nguy hiểm đặc biệt cao cho tất cả mọi người

Bảng 5.26. Tổng hợp chiều dài các tuyến đường ứng với các cấp độ nguy hiểm

Mức độ nguy hiểm	Tổng chiều dài các tuyến đường bị ảnh hưởng (km)		Kết luận
	Quảng Nam	Đà Nẵng	
H1			Không nguy hiểm
H2			Không an toàn cho các phương tiện nhỏ tham gia giao thông
H3			Có nguy cơ không an toàn
H4			Mức nguy hiểm cao
H5			Mức nguy hiểm rất cao
H6			Mức nguy hiểm đặc biệt cao

Bảng 5.27. Tổng hợp số lượng công trình xây dựng bị ảnh hưởng ứng với từng cấp độ

Mức độ nguy hiểm	Số công trình bị ảnh hưởng		Kết luận
	Quảng Nam	Đà Nẵng	
H1			Không nguy hiểm
H2			Mức nguy hiểm thấp
H3			Mức nguy hiểm vừa
H4			Mức nguy hiểm cao
H5			Mức nguy hiểm rất cao. Tất cả các công trình xây dựng có nguy cơ bị phá hủy kết cấu. Một số nhà có chất lượng kém sẽ bị phá hủy
H6			Mức nguy hiểm đặc biệt cao. Tất cả các công trình xây dựng có nguy cơ bị phá hủy hoàn toàn

5.3.2.3. Phân tích, đánh giá kết quả xác định mức độ nguy hiểm

Căn cứ kết quả phân tích và tiêu chí quy định để xác định mức độ nguy hiểm có thể xảy ra khi xuất hiện các tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, vỡ đập.

- Phân tích, đánh giá về mức độ nguy hiểm khi xuất hiện lũ lớn trên lưu vực: CÓ/KHÔNG?

- Phân tích, đánh giá về mức độ nguy hiểm khi xả lũ khẩn cấp: CÓ/KHÔNG?

- Phân tích, đánh giá về mức độ nguy hiểm khi xảy ra vỡ đập: CÓ/KHÔNG?

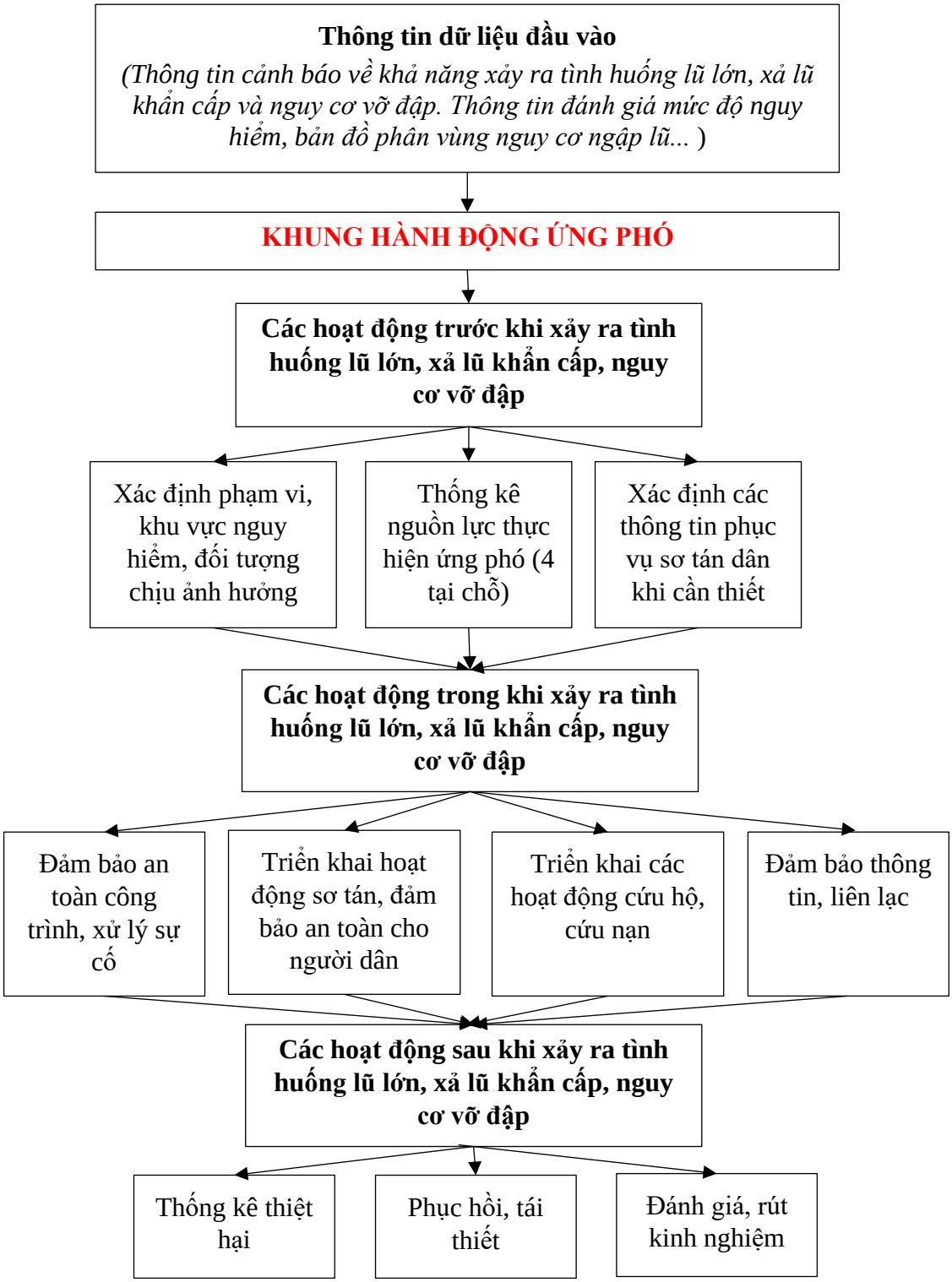
Sau khi phân tích, đánh giá và xác định được CÓ HAY KHÔNG CÓ mức độ nguy hiểm khi xuất hiện các tình huống lũ lớn, xả lũ lớn, vỡ đập trên lưu vực sông VGTB thì chuyển sang bước tiếp theo.

NẾU TRẢ LỜI LÀ CÓ THÌ CHUYỂN SANG GIAI ĐOẠN ỨNG PHÓ Ở HẠ DU.

5.4. XÂY DỰNG KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH ỨNG PHÓ VỚI CÁC TÌNH HUỐNG XẢY RA LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ NGUY CƠ VỠ ĐẬP

5.4.1. Qui trình thực hiện và Yêu cầu số liệu đầu vào

5.4.1.1. Qui trình thực hiện



Hình 5-9. Khung hành động ứng phó với các tình huống xảy ra

5.4.1.2. Yêu cầu số liệu đầu vào

- Số liệu về chỉ huy ứng phó (Ban chỉ huy các cấp) …

- Số liệu về lực lượng tham gia ứng phó …(CA, QĐ, dân quân tự vệ, người dân)

- Số liệu về phương tiện, vật tư tham gia ứng phó (loại hình, khả năng chuyên chở…)

- Số liệu về hậu cần (lương thực, nước uống, môi trường, vệ sinh, điện, viễn thông, truyền hình, thuốc men ….)

- Số liệu về các tuyến đường giao thông phục vụ sơ tán dân cư an toàn (tuyến đường, khoảng cách đến điểm sơ tán tập trung …)

- Số liệu về các điểm tránh trú an toàn: nhà cộng đồng phòng tránh thiên tai, trụ sở cơ quan, trường học, bệnh viện, trạm y tế …. (loại công trình, cấp công trình, sức chứa…)

- Số liệu dân cư cần sơ tán tại chỗ, sơ tán tập trung…

- Bản đồ nguy cơ, bản đồ tác động đến từng nhóm đối tượng

- Bản đồ: ngập lụt, nguy cơ, tác động đến từng nhóm đối tượng ảnh hưởng

Theo quy định tại Luật PCTT 2013, hàng năm các đơn vị, tổ chức trên lưu vực VGTB phải xây dựng, rà soát, điều chỉnh phương án ứng phó thiên tai, trong đó có phương án ứng phó với lũ, đã xác định các nguồn lực thực hiện cũng như dự kiến hoạt động ứng phó cần triển khai hàng năm. Trong phạm vi nghiên cứu của Đề tài, ở mục này chỉ đưa ra khung ứng phó khi đã có thông tin dự báo về mưa lũ (ngay trước khi xảy ra tình huống).

5.4.2. Giai đoạn TRƯỚC khi xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập (giai đoạn chuẩn bị)

Xác định khu vực nguy hiểm, các đối tượng chịu tác động bởi các tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ vỡ đập

Trên cơ sở đánh giá về mức độ nguy hiểm của tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ xảy ra vỡ đập, tiến hành khoanh vùng, xác định phạm vi, mức độ nguy hiểm và lập bảng thống kê xác định các đối tượng trong khu vực nguy hiểm: người dân, công trình quan trọng về ANQP, văn hóa, kiến trúc, tôn

giáo ..... Ngoài ra cần tiếp tục căn cứ tình hình mưa lũ thực tế và số liệu dự báo về mưa lũ tại địa phương để điều chỉnh nếu cần.

5.4.2.1. Xác định các nguồn lực cần huy động thực hiện các hoạt động ứng phó

Xác định lực lượng chỉ huy, lực lượng thực hiện công tác ứng phó

+ Lực lượng chỉ đạo, điều hành công tác ứng phó

- Xác định lực lượng chỉ huy các cấp, phân công nhiệm vụ cho các tổ chức, cá nhân.

- Lập bảng thống kê lực lượng chỉ đạo, điều hành công tác ứng phó (Họ và tên, chức vụ, trách nhiệm được phân công, số điện thoại liên lạc ...)

Bảng 5.28. Thống kê lực lượng chỉ đạo, điều hành công tác ứng phó

STT	Họ và tên	Chức vụ	Trách nhiệm được phân công	Điện thoại
1	Nguyễn Văn A	Chủ tịch UBND	……	……
2	Nguyễn Văn B	TP Kinh tế	…….	…….
3	Nguyễn Văn C	Chuyên viên	……	……

+ Lực lượng triển khai công tác ứng phó

- Xác định lực lượng phục vụ công tác sơ tán đến điểm an toàn

- Xác định lực lượng phục vụ các điểm sơ tán

- Lập bảng thống kê các lực lượng triển khai các hoạt động ứng phó (số lượng người tại các điểm)

Bảng 5.29. Tổng hợp lực lượng dự kiến huy động triển khai hoạt động ứng phó

STT	Địa điểm	Lực lượng										
		Quân đội	Công An	Cơ động	Dự bị động viên	Dân quân tự vệ	Đội Xung kích PCTT	Phụ nữ	Đoàn TN	Y tế	Hội chữ TĐ	Lực lượng khác (nếu có)
A	**RRTT cấp độ 2**											
1	Thôn A											
2	Thôn B											
3	Thôn C											
	……											
	Tổng											
B	**RRTT cấp độ 3**											
	…..											

5.4.2.2. Xác định phương tiện, vật tư thực hiện công tác ứng phó

Lập bảng thống kê các phương tiện, vật tư tham gia thực hiện công tác ứng phó (đường bộ, đường thủy, áo phao, xuồng cứu hộ, thiết bị thông tin liên lạc, thuốc men, tài chính ...)

Bảng 5.30. Tổng hợp phương tiện dự kiến huy động bảo vệ công trình

STT	Tên công trình	Phương tiện phục vụ bảo vệ công trình								Đối tượng huy động
		Máy xúc	Ô tô tải	Xe ben	Ghe, Thuyền	Máy cưa	Rựa	Máy Kéo	Xe ủi	
1	Hồ A									Công ty A …….
2	Hồ B									….
…	……..	….	…..	…….	…….	……..	……	……	……	
Tổng Cộng										

Bảng 5.31. Tổng hợp phương tiện dự kiến huy động sơ tán dân

STT	Đơn vị	Phương tiện phục vụ sơ tán dân					Tên cá nhân tổ chức được huy động
		Xe 16 chỗ	Xe 25-29 chỗ	Xe 4-9 chỗ	Xe tải thùng	Ghe, thuyền	
A	**RRTT cấp độ 2**						
1	Thôn A						- Ông: Nguyễn Văn A - Hợp tác xã B …….
2	Thôn B						
…	……..	….	…..	…….	…….	……..	
	Cộng						
B	**RRTT cấp độ 3**						
	……						

Bảng 5.32. Tổng hợp phương tiện, vật tư trang thiết bị huy động phục vụ cứu hộ, cứu nạn

STT	Danh mục phương tiện, trang thiết bị	Đơn vị	Nơi huy động				Tổng cộng
			Xã	Huyện	Tỉnh	Các lực lượng đóng trên địa bàn	
1	Xe tải các loại	chiếc	…	…	…	…	…
2	Xe cứu thương	chiếc	…	…	…	…	…

STT	Danh mục phương tiện, trang thiết bị	Đơn vị	Nơi huy động				Tổng cộng
			Xã	Huyện	Tỉnh	Các lực lượng đóng trên địa bàn	
3	Xe chuyên dùng các loại	chiếc	…	…	…	…	…
4	Ca nô	chiếc	…	…	…	…	…
5	Xuồng máy các loại	chiếc	…	…	…	…	…
6	Máy bộ đàm	máy	…	…	…	…	…
7	Máy phát điện	máy	…	…	…	…	…
8	Phao các loại	cái	…	…	…	…	…
9	Áo phao	cái	…	…	…	…	…
10	Ống nhòm	cái	…	…	…	…	…
	….						

Bảng 5.33. Tổng hợp vật tư, lương thực, nước uống, nhu yếu phẩm thiết yếu

STT	Đơn vị	Lương thực, thực phẩm				Dụng cụ y tế, Thuốc dự phòng	Nhiên liệu		
		Thực phẩm ăn liền (thùng)	Nước uống đóng chai (thùng)	Gạo (tấn)	Muối (kg)		Xăng (lít)	Dầu diezen (lít)	Dầu hỏa (lít)
1	Thôn A	…	…	…	…	…	…	…	…
2	Thôn B	…	…	…	…	…	…	…	…
3	Thôn C	…	…	…	…	…	…	…	…
	…	…	…	…	…	…	…	…	…
	Tổng cộng								

Bảng 5.34. Tổng hợp Phương tiện, vật tư dự trữ tại các công trình

STT	Phương tiện, vật tư	Đơn vị	Hồ A	Hồ B	...	Tổng
1	Bao tải, bao cát	Cái				
2	Cát	m^3				
3	Đá hộc	m^3				
4	Đá 1x2	m^3				
5	Đá 4x6	m^3				
6	Búa tạ	Cái				
7	Dao, rựa	Cái				
8	Xà beng	Cái				
9	Xẻng	Cái				
10	Áo phao	Cái				
11	Bộ đàm	Cái				
12	Máy phát điện	Cái				
	…					

5.4.2.3. Thông tin, truyền thông, cảnh báo thiên tai

Lập bảng thống kê phương thức thông tin cảnh báo, liên lạc giữa lực lượng ứng phó với cộng đồng.

Bảng 5.35. Thống kê phương thức liên lạc, cảnh báo thiên tai

STT	Phương thức liên lạc	Đơn vị	Xã A	Xã B	Hồ A	Hồ B	...	Tổng
1	Điện thoại	Cái						
2	Loa phát thanh	Cái						
3	Còi báo động	Cái						
4	…							
	…							

5.4.2.4. Xây dựng phương án sơ tán dân

Trên cơ sở thống kê về địa điểm, diện tích ngập, số người, số công trình bị ảnh hưởng tương ứng với các kịch bản tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ xảy ra vỡ đập (đã xác định ở Quy trình đánh giá mức độ nguy hiểm) tiến hành lập các bảng thống kê thông tin phục vụ công tác sơ tán và lập bản đồ các nội dung trên (nếu có) như sau:

Bảng 5.36. Thống kê các điểm sơ tán tại chỗ (nhà dân)

STT	Địa điểm	Số lượng			Ghi chú
		Nhà 2 tầng	Nhà 3 tầng trở lên	Chung cư cao tầng	
1	Xã S				
2	...				
3	...				

Bảng 5.37. Thống kê các điểm sơ tán tập trung an toàn

STT	Địa điểm	Đặc điểm	Quy mô	Sức chứa (người)
1	Trường THCS A			
2	Bệnh viện, trạm y tế B			
3	Nhà cộng đồng thôn C			
4	Nhà văn hóa xã D			
	...			

Ghi chú:

- Đặc điểm: nhà mấy tầng?
- Quy mô: Diện tích sử dụng
- Sức chứa: khả năng tiếp nhận sơ tán bao nhiêu người?

Bảng 5.38. Thống kê các tuyến đường thực hiện công tác sơ tán (tuyến đường, khoảng cách đến điểm sơ tán)

STT	Nơi cần sơ tán	Địa điểm sơ tán đến	Tuyến đường	Khoảng cách
1	Thôn B	Trường THCS A	...	...
2	Xã C	Xã D	...	...
	...	...		

5.4.3. Giai đoạn TRONG khi xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập (giai đoạn triển khai ứng phó)

5.4.3.1. Công tác chỉ huy, chỉ đạo điều hành

Đối với RRTT cấp độ 2, Chủ tịch UBND thành phố chỉ huy các địa phương, cơ quan, đơn vị trên địa bàn triển khai triển khai các hoạt động ứng phó với các tình huống tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ xảy ra vỡ đập; huy động nguồn lực để ứng phó kịp thời, phù hợp với diễn biến thiên tai tại địa phương.

Đối với RRTT cấp độ 3, BCĐQG về PCTT chỉ đạo các địa phương, các bộ, cơ quan ngang bộ, cơ quan thuộc Chính phủ triển khai các biện pháp ứng phó thiên tai; quyết định các biện pháp cấp bách và huy động nguồn lực theo thẩm quyền để hỗ trợ các địa phương ứng phó khi có yêu cầu.

Đối với RRTT cấp độ 4, Thủ tướng Chính phủ chỉ đạo các bộ, cơ quan ngang bộ, cơ quan thuộc Chính phủ và các địa phương liên quan triển khai các biện pháp ứng phó.

Trường hợp RRTT vượt cấp độ 4, BCĐQG về PCTT báo cáo Thủ tướng Chính phủ đề nghị Chủ tịch nước ban bố tình trạng khẩn cấp về thiên tai.

5.4.3.2. Các hoạt động triển khai trong giai đoạn ứng phó

Thông tin cảnh báo về mức độ nguy hiểm của các tình huống xảy ra tới người dân, cộng đồng

Ra Quyết định sơ tán dân khi cần thiết.

Triển khai các hoạt động cứu hộ cứu nạn.

Triển khai các biện pháp đảm bảo an toàn công trình, ứng phó sự cố công trình.

Đảm bảo an toàn giao thông, đảm bảo thông tin liên lạc.

Tiếp tục theo dõi tình hình mưa lũ thực tế và số liệu dự báo về mưa lũ tại địa phương để điều chỉnh đánh giá về mức độ nguy hiểm của tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ xảy ra vỡ đập (phạm vi, mức độ nguy hiểm, các đối tượng trong khu vực nguy hiểm,...)

5.4.4. Giai đoạn SAU khi xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập (giai đoạn phục hồi)

5.4.4.1. Tổng hợp, thống kê thiệt hại

Lập bảng thống kê thiệt hại theo qui định tại Thông tư liên tịch số 43/2015/TTLT-BNNPTNT-BKHĐT ngày 23/11/2015.

5.4.4.2. Phục hồi, tái thiết

- Lập bảng thống kê nhu cầu để phục hồi các công trình hạ tầng
- Lập bảng thống kê nhu cầu hỗ trợ doanh nghiệp, người dân phục hồi sản xuất, sinh kế

5.4.4.3. Đánh giá công tác ứng phó

- Ưu điểm, tồn tại, hạn chế và Bài học rút kinh nghiệm

5.5. ÁP DỤNG QUI TRÌNH, KHUNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH CHO 01 KỊCH BẢN CỤ THỂ TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA-THU BỒN

Đề tài lựa chọn kịch bản xả lũ khi các hồ Đăk Mi 4, Sông Bung 2, A Vương, Sông Tranh 2 xả lũ thiết kế 0,5%. Hồ Sông Bung 4 xả lũ thiết kế 0,1%. Hồ Sông Côn 2 xả lũ thiết kế 1% (KB3) để áp dụng Qui trình, Khung hỗ trợ ra Quyết định đã xây dựng ở trên.

(Đây là một trong các sản phẩm chính của đề tài, chi tiết và cụ thể được thể hiện trong sản phẩm số 3)

Kết luận chương 5:

Chương 5 đã xây dựng **quy trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó** với các tình huống **lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập** trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, làm cơ sở quan trọng cho công tác chỉ đạo, điều hành ứng phó thiên tai.

Các nội dung chính gồm: (i) xác định phương pháp tiếp cận và yêu cầu dữ liệu đầu vào; (ii) xây dựng quy trình nhận biết và đánh giá mức độ nguy hiểm

của các tình huống; (iii) thiết lập khung hỗ trợ ra quyết định cho ba giai đoạn **trước, trong và sau** khi xảy ra sự cố; và (iv) áp dụng thử nghiệm cho một kịch bản cụ thể trên lưu vực.

Kết quả nghiên cứu góp phần hoàn thiện hệ thống công cụ hỗ trợ ra quyết định trong phòng, chống và giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai gây ra, nâng cao năng lực chủ động ứng phó cho các cấp chính quyền và cơ quan quản lý lưu vực.

CHƯƠNG 6: ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP PHÒNG CHỐNG GIẢM THIỂU RỦI RO LŨ GĂN LIỀN VỚI ĐIỀU KIỆN THỰC TẾ TRÊN LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN VÀ NĂNG LỰC ỨNG PHÓ KHẨN CẤP CỦA ĐỊA PHƯƠNG

Những năm gần đây, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, thời tiết diễn biến bất thường, cùng với tác động từ phát triển kinh tế - xã hội và áp lực dân số gia tăng, thiên tai trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn ngày càng phức tạp, xuất hiện với tần suất cao, cường độ lớn, phạm vi rộng, trái quy luật và có xu hướng gia tăng tính cực đoan, gây thiệt hại nghiêm trọng về người, tài sản, môi trường và ảnh hưởng lớn đến phát triển kinh tế - xã hội.

Công tác phòng chống thiên tai đã được Đảng, Nhà nước và chính quyền các cấp quan tâm, từng bước chuyển từ bị động sang chủ động, kết hợp giữa giải pháp công trình và phi công trình, đẩy mạnh phối hợp liên ngành, ứng dụng khoa học công nghệ và xây dựng các kế hoạch, phương án ứng phó, khắc phục hậu quả, góp phần giảm nhẹ thiệt hại.

Tình huống khẩn cấp là tình huống có nguy cơ gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản, ảnh hưởng lớn đến đời sống nếu không được kiểm soát kịp thời, có thể dẫn đến thảm họa.

Mục tiêu và nội dung chính:

Đánh giá điều kiện thực tế của lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn, năng lực ứng phó của thành phố Đà Nẵng và tỉnh Quảng Nam trong các tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, vỡ đập theo phương châm 4 tại chỗ.

Đề xuất các giải pháp công trình và phi công trình phù hợp với điều kiện địa phương nhằm giảm thiểu thiệt hại trong các tình huống thiên tai có thể xảy ra trong tương lai.

6.1. ĐIỀU KIỆN NĂNG LỰC THỰC TẾ CỦA TỈNH QUẢNG NAM VÀ THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG TRONG CÔNG TÁC ỨNG PHÓ VỚI LŨ LỚN, XẢ LŨ KHẨN CẤP VÀ SỰ CỐ VỠ ĐẬP

6.1.1. Điều kiện năng lực chống lũ thực tế của thành phố Đà Nẵng[1]

6.1.1.2. Tổng quan về phương án phòng, chống lũ

Hàng năm, thành phố Đà Nẵng đều xây dựng và cập nhật phương án phòng, chống thiên tai, trong đó bao gồm các nội dung cụ thể về phòng, chống lũ.

Đối với kịch bản lũ, phương án được thiết lập dựa trên cấp báo động mực nước tại trạm Cẩm Lệ, theo các mức: Báo động III, trên Báo động III +1,0 m, trên Báo động III +1,5 m và trên Báo động III +2,0 m.

Đối với kịch bản sự cố vỡ đập, phương án ứng phó được xây dựng cho 20 hồ chứa nước trên địa bàn, trong đó có hai hồ chứa lớn là Đồng Nghệ (17,17 triệu m^3) và Hòa Trung (11,61 triệu m^3), cùng 18 hồ chứa vừa và nhỏ khác như: Trước Đông, Tân An, Diêu Phong, Hốc Gối, Trường Loan, Hố Giáo, Hố Cái, Hòa Khê, Hố Thung, Truông Đá Bạc, Hố Cau, Đồng Tréo, Hố Trảy, Phúc Túc, Hố Lăng, An Nhơn, Hóc Khế và Bàu Tràm.

Đối với từng kịch bản, phương án ứng phó tập trung vào các nội dung chính: công tác truyền thông, tổ chức ứng phó, sơ tán dân và khắc phục hậu quả. Trách nhiệm tổ chức được phân công rõ ràng cho các sở, ban, ngành, đơn vị lực lượng vũ trang và chính quyền địa phương.

Như vậy, thành phố Đà Nẵng đã có phương án ứng phó lũ lớn dựa theo mực nước tại Cẩm Lệ; đồng thời các phương án ứng phó sự cố vỡ đập được xây dựng cụ thể cho các hồ chứa nằm trong địa giới hành chính của thành phố.

6.1.1.3. Hệ thống cảnh báo và truyền tin thiên tai

Hệ thống giám sát dữ liệu khí tượng – thủy văn phục vụ phòng, chống thiên tai của thành phố gồm:

Các điểm giám sát mực nước tại hồ Đồng Nghệ, cầu Tà Lang – Giàn Bí, đập Bara An Trạch, cầu Lâm Viên, cầu Túy Loan, cầu Trường Định;

Hệ thống giám sát mưa tự động Vrain;

Dữ liệu khí tượng thủy văn do Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Trung Trung Bộ cung cấp;

Dữ liệu hồ chứa được cung cấp theo quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn.

Hệ thống truyền tin cảnh báo được triển khai theo cơ chế: thường xuyên cập nhật các bản tin cảnh báo, dự báo thiên tai từ cơ quan chuyên môn; khi có thiên tai, Sở Thông tin và Truyền thông chỉ đạo các đài truyền hình, phát thanh ưu tiên phát tin khẩn cấp.

Thông tin đến người dân được truyền tải qua nhiều kênh: hệ thống loa truyền thanh cơ sở, xe loa cơ động, VTV8, DRT, điện thoại, fax, email và các phương tiện truyền thông chính thống khác.

Cơ chế đa kênh giúp thông tin cảnh báo được phổ biến rộng rãi, song vẫn tồn tại hạn chế khi quy trình truyền tin còn phụ thuộc nhiều vào con người, có thể gây chậm trễ hoặc sai sót trong tình huống khẩn cấp. Do đó, việc đầu tư hệ thống cảnh báo tự động, truyền tin thời gian thực và hệ thống báo động tại chỗ là cần thiết, đặc biệt trong các tình huống lũ lớn hoặc sự cố vỡ đập có diễn biến nhanh.

6.1.1.4. Phương án ứng phó lũ lụt

Phương án phòng, chống và khắc phục hậu quả lũ lụt của thành phố Đà Nẵng được xây dựng với ba nội dung chính:

(1) Công tác truyền thông và cảnh báo; (2) Tổ chức ứng phó và sơ tán dân,

(3) Khắc phục hậu quả sau thiên tai; Trong đó, công tác truyền thông đảm bảo thông tin cảnh báo được truyền đạt nhanh chóng, chính xác tới cộng đồng dân cư bằng nhiều hình thức.

Về tổ chức ứng phó, các kịch bản lũ được xác định theo các mức báo động tại Cẩm Lệ (Báo động III, trên Báo động III +1,5 m và +2,0 m), tương ứng với các cấp độ lũ lớn và trên mức lịch sử.

Vùng ảnh hưởng của lũ bao gồm khu vực hạ lưu sông Vu Gia – Cẩm Lệ, đặc biệt là các xã Hòa Phú, Hòa Ninh, Hòa Phong, Hòa Khương, Hòa Tiến, Hòa Châu, Hòa Phước, Hòa Quý, Hòa Hải, cùng một số phường Hòa Thọ Đông, Hòa Thọ Tây, Hòa Xuân, Khuê Trung, Hòa Cường Nam, Hòa Cường Bắc, Khuê Mỹ, Mỹ An.

Công tác chỉ đạo, điều hành được phân công cụ thể cho UBND các quận, huyện, Bộ Chỉ huy Quân sự thành phố, Công an thành phố, Bộ đội Biên phòng, cùng các sở, ngành chức năng như Xây dựng, Nông nghiệp & PTNT, Giao thông vận tải, Y tế, Giáo dục, Thông tin & Truyền thông, Du lịch, Văn hóa – Thể thao, các công ty hạ tầng kỹ thuật và Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Trung Trung Bộ.

6.1.1.5. Cơ sở hạ tầng phòng, chống lũ lụt

(a) Hạ tầng thủy lợi: Thành phố đã hoàn thành nâng cấp 17/19 hồ chứa đảm bảo an toàn trước mưa, lũ lớn. Hai hồ chứa lớn là Hòa Trung và Đồng Nghệ được đầu tư nâng cấp đạt tiêu chuẩn thiết kế với tần suất P = 1% và tần suất kiểm tra P = 0,1%; các hồ chứa vừa và nhỏ khác đã được sửa chữa, đảm bảo an toàn vận hành trong mùa mưa lũ.

(b) Đê, kè phòng chống thiên tai: Tổng chiều dài đê, kè trên địa bàn khoảng 56 km, bao gồm đê, kè biển, kè cửa sông và kè sông. Kết cấu chủ yếu là bê tông cốt thép (đối với kè tường đứng) và kè mềm (đối với kè sông nội địa).

(c) Nhà tránh trú bão, thiên tai cộng đồng: Thành phố đã đầu tư 18 nhà phòng chống thiên tai cộng đồng tại các quận/huyện Sơn Trà, Ngũ Hành Sơn, Liên Chiểu và Hòa Vang. Khi không có thiên tai, các công trình này được sử dụng làm nhà văn hóa, lớp học mầm non hoặc nơi sinh hoạt cộng đồng, giúp tối ưu công năng sử dụng.

(d) Hệ thống quan trắc và cảnh báo: Hiện có 12 trạm khí tượng thủy văn, 21 trạm đo mưa tự động, 4 trạm mực nước tự động, 2 trạm cảnh báo lũ tự động, 21 trạm trực canh ven biển và 250 biển cảnh báo thiên tai.

(e) Hệ thống giao thông và thông tin: Các tuyến quốc lộ, tỉnh lộ và đường cứu hộ, cứu nạn được kết nối đồng bộ, tạo điều kiện thuận lợi cho công tác ứng phó, tìm kiếm cứu nạn. Hệ thống thông tin – truyền thông hiện đại, đa kênh phủ rộng đến cấp thôn, tổ dân phố, với hơn 2.500 trạm BTS và mạng cáp quang hơn 6 km, đảm bảo thông tin thông suốt trong mọi tình huống.

6.1.1.6. Công tác tuyên truyền, nâng cao nhận thức cộng đồng

Thành phố triển khai Kế hoạch số 132/KH-UBND ngày 15/7/2021 về truyền thông phòng, chống thiên tai đến năm 2030 và Quyết định số 73/QĐ-UBND ngày 27/4/2023 về cơ cấu lại lĩnh vực thủy lợi và phòng chống thiên tai giai đoạn 2021–2025, tầm nhìn đến 2030.

Các kế hoạch này nhằm phát huy sức mạnh tổng hợp của hệ thống chính trị và toàn xã hội trong công tác phòng ngừa, ứng phó và khắc phục hậu quả lũ lụt; đồng thời nâng cao nhận thức cộng đồng, kỹ năng ứng phó và quản lý rủi ro thiên tai dựa vào cộng đồng, hình thành văn hóa phòng ngừa, chủ động ứng phó với thiên tai trên toàn thành phố.

6.1.1.7. Nguồn lực tài chính và năng lực ứng phó "bốn tại chỗ"

Nguồn lực tài chính của thành phố được đảm bảo thông qua Quỹ phòng, chống thiên tai, duy trì đều đặn qua các năm.

Cụ thể: năm 2020 thu hơn 10,6 tỷ đồng, năm 2022 thu 7,2 tỷ đồng, năm 2023 thu 11,26 tỷ đồng; kinh phí được sử dụng cho sửa chữa công trình PCTT, vận hành trạm đo, mua sắm trang thiết bị, hỗ trợ địa phương bị ảnh hưởng thiên tai.

Thành phố triển khai hiệu quả phương châm "4 tại chỗ" (chỉ huy tại chỗ – lực lượng tại chỗ – phương tiện tại chỗ – hậu cần tại chỗ). Công tác tổ chức bộ máy phòng, chống thiên tai được kiện toàn, cơ sở vật chất và trang thiết bị ngày càng được đầu tư hiện đại.

Các lực lượng vũ trang đóng vai trò nòng cốt trong công tác cứu hộ, cứu nạn; chính quyền địa phương chủ động xây dựng, cập nhật phương án theo từng loại hình thiên tai.

Nhờ đó, năng lực chủ động ứng phó của Đà Nẵng đối với các tình huống lũ lớn, ngập lụt và sự cố vỡ đập đã được nâng lên rõ rệt, đảm bảo sẵn sàng huy động nguồn lực và giảm thiểu thiệt hại khi thiên tai xảy ra.

6.1.2. Điều kiện năng lực chống lũ thực tế của tỉnh Quảng Nam[2]

6.1.2.1. Năng lực ứng phó khẩn cấp "bốn tại chỗ"

a) Năng lực chỉ huy tại chỗ:

Hệ thống chỉ huy PCTT&TKCN các cấp trên địa bàn tỉnh được kiện toàn hằng năm, hoạt động theo phương châm "bốn tại chỗ".

Ban Chỉ huy PCTT&TKCN tỉnh do Chủ tịch UBND tỉnh làm Trưởng ban, trực tiếp chỉ đạo toàn diện công tác phòng ngừa, ứng phó và khắc phục hậu quả thiên tai, bao gồm tình huống lũ lớn và sự cố vỡ đập. Cơ quan thường trực là Sở Nông nghiệp và PTNT, tham mưu ban hành văn bản chỉ đạo, xây dựng và giám sát thực hiện phương án ứng phó, tổng hợp báo cáo thiệt hại, kiểm tra an toàn hồ chứa và phối hợp huấn luyện, diễn tập.

Bộ Chỉ huy Quân sự tỉnh đảm nhiệm công tác cứu hộ, cứu nạn; Công an tỉnh bảo đảm an ninh, trật tự; Chi cục Thủy lợi duy trì trực ban, theo dõi tình hình thiên tai và tham mưu điều hành kịp thời. Các sở, ngành liên quan (Công Thương, TN&MT, Y tế, TT&TT, Giáo dục, Đài PT-TH…) phối hợp thực hiện nhiệm vụ theo chức năng, đảm bảo thông tin, hậu cần, phương tiện và lực lượng phục vụ ứng phó. Ở cấp huyện và xã, Ban Chỉ huy PCTT&TKCN được kiện toàn hằng năm, do Chủ tịch UBND cùng cấp làm Trưởng ban, trực tiếp chỉ đạo công tác phòng chống, sơ tán dân và khắc phục hậu quả. Tuy nhiên, nhân lực kiêm nhiệm nhiều, chưa được đào tạo chuyên sâu, ảnh hưởng đến năng lực chỉ huy tại cơ sở.

b) Lực lượng tại chỗ

Lực lượng ứng phó của tỉnh gồm: 3.229 quân nhân, 1.607 công an, 312 biên phòng, 8.112 dân quân tự vệ, 9.800 thanh niên xung kích và gần 1.000 cán bộ chỉ huy, điều hành. Ngoài ra, các đơn vị Quân khu 5 sẵn sàng chi viện với lực lượng, phương tiện cơ giới, công binh và không quân.

Tuy nhiên, khi có thiên tai lớn, việc huy động đồng bộ gặp khó khăn do địa hình chia cắt; lực lượng tại chỗ vẫn là nòng cốt, quyết định hiệu quả ứng phó ban đầu.

c) Phương tiện tại chỗ

Toàn tỉnh có thể huy động khoảng 148 tàu thuyền, 120 ca nô, 504 xe ô tô, 92 xe cứu hộ, 344 máy phát điện, 8.000 phao cứu sinh và hơn 30.000 bao cát, cùng nhiều trang thiết bị cứu hộ khác.

Tuy nhiên, số lượng và chủng loại phương tiện chưa đáp ứng yêu cầu theo Quyết định 20/2021/QĐ-TTg, đặc biệt ở cấp huyện và xã, còn phụ thuộc vào hỗ trợ của quân đội và cấp tỉnh.

d) Hậu cần tại chỗ

Công tác dự trữ vật tư, lương thực, thuốc men, nhiên liệu được triển khai thường xuyên. Kế hoạch dự trữ của tỉnh gồm hơn 2.000 tấn gạo, 48.000 thùng mì, 4.500 thùng lương khô, 1,4 triệu lít dầu và 1,6 triệu lít xăng. Tuy nhiên, phân bố chưa đồng đều, đặc biệt tại vùng sâu, vùng xa; việc tiếp cận hàng hóa khi bị chia cắt còn khó khăn.

6.1.2.2. Năng lực cơ sở hạ tầng phòng, chống thiên tai

Hệ thống công trình phòng chống thiên tai tương đối hoàn chỉnh, gồm:

Các hồ chứa thủy điện lớn (A Vương, Đắk Mi 4, Sông Bung, Sông Tranh…) vận hành theo Quy trình liên hồ 1865/QĐ-TTg, góp phần cắt giảm lũ hạ du.

Hệ thống thủy lợi đảm bảo tưới tiêu và giảm lũ, song nhiều hồ chứa nhỏ chưa có bản đồ ngập hạ du và phương án PCTT, một số công trình xuống cấp, tiềm ẩn rủi ro mất an toàn.

Công trình cấp nước sinh hoạt (545 hệ thống) hoạt động chưa bền vững, nhiều công trình hư hỏng hoặc ngừng hoạt động, đặc biệt ở vùng trung du – miền núi.

Đê, kè và công trình chống sạt lở phân bố dọc sông, ven biển, song còn 85 điểm sạt lở nghiêm trọng, dài trên 100 km cần được đầu tư xử lý.

6.1.2.3. Hệ thống thông tin, giao thông và nhà tránh trú

Toàn tỉnh có 149 trạm quan trắc khí tượng – thủy văn, 27 trạm cảnh báo hạ du hồ chứa. Tuy nhiên, mạng lưới phân bố chưa đều, nhiều trạm thủ công, chưa liên thông dữ liệu.

Ngành điện lực và viễn thông đều có phương án bảo đảm vận hành an toàn, ưu tiên phụ tải trọng yếu và duy trì thông tin liên lạc trong thiên tai. Hệ thống giao thông cơ bản thuận lợi nhưng nhiều tuyến miền núi xuống cấp, thường xuyên bị chia cắt khi mưa lũ.

Nhà tránh trú thiên tai được bố trí tại nhà văn hóa, trường học, trụ sở cơ quan và nhà Gươl ở miền núi, song số lượng chưa đáp ứng nhu cầu sơ tán an toàn khi bão, lũ lớn xảy ra.

6.1.2.4. Năng lực và nhận thức cộng đồng

Công tác đào tạo, tập huấn, diễn tập, truyền thông được triển khai thường xuyên theo Đề án 1002, góp phần nâng cao năng lực và ý thức chủ động phòng tránh của cộng đồng.

Người dân ở vùng ngập lụt đã hình thành thói quen dự trữ lương thực, nâng nền nhà, bố trí sàn gác an toàn. Tuy nhiên, nhận thức và kỹ năng ứng phó của một bộ phận dân cư, đặc biệt là đồng bào miền núi và nhóm dễ tổn thương, vẫn còn hạn chế.

Hệ thống thông tin cảnh báo đến người dân chưa đồng bộ; cần tiếp tục nâng cao năng lực cộng đồng gắn với chương trình phát triển KT-XH và thích ứng BĐKH.

6.2. LỰA CHỌN GIẢI PHÁP PHÒNG CHỐNG, GIẢM THIỂU RỦI RO DO LŨ PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN THỰC TẾ CỦA ĐỊA PHƯƠNG

6.2.1. Mục tiêu, quan điểm lựa chọn giải pháp

6.2.1.1. Mục tiêu

a. Mục tiêu chung:

Chủ động trong công tác ứng phó với lũ lụt, thích ứng với BĐKH, giảm thiểu tổn thất về người và tài sản, góp phần xây dựng tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng đảm bảo khả năng quản lý rủi ro do lũ lụt, cộng đồng an toàn trong lũ lụt, đặc biệt là về người, nhà ở và cơ sở hạ tầng quan trọng.

b. Mục tiêu cụ thể:

Hệ thống pháp luật, cơ chế chính sách về PCTT, đặc biệt với lũ lụt, ngày càng được hoàn thiện, tạo hành lang pháp lý đầy đủ cho công tác chỉ đạo, điều hành và ứng phó. Mục tiêu tương lai là giảm thiểu tối đa thiệt hại về người và tài sản, đảm bảo người dân vùng lũ được sơ tán kịp thời, được tập huấn kiến thức, kỹ năng PCTT, đồng thời nâng cao năng lực dự báo, cảnh báo với mức độ tự động hóa cao hơn.

6.2.1.2. Quan điểm

Tăng cường khả năng thích ứng với lũ lụt cho người dân vùng hạ lưu sông Vu Gia – Thu Bồn thông qua các giải pháp linh hoạt, đồng bộ và dài hạn. Chủ động kiểm soát rủi ro lũ lụt theo từng ngành, từng địa phương. Hoạt động phòng ngừa, ứng phó cần dựa vào điều kiện tự nhiên, lấy người dân làm trung tâm và chủ thể nhằm hướng đến phát triển bền vững.

6.2.2. Giải pháp phòng chống, giảm thiểu rủi ro do lũ trên địa bàn thành phố Đà Nẵng

6.2.2.2. Giải pháp phi công trình

Thành phố Đà Nẵng tập trung hoàn thiện cơ chế, chính sách, nâng cao năng lực quản lý, tăng cường nhận thức cộng đồng và hiện đại hóa công nghệ dự báo – cảnh báo nhằm chủ động phòng, tránh và giảm nhẹ thiệt hại do lũ lụt.

(1) Hoàn thiện thể chế, chính sách và kế hoạch phòng chống lũ lụt:

Rà soát, ban hành và đồng bộ các văn bản pháp luật, chính sách về đê điều, thủy lợi, tài nguyên nước; lồng ghép nội dung ứng phó lũ lụt vào quy hoạch, kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội, đặc biệt tại các quận, huyện ven sông như Hòa Vang, Cẩm Lệ, Thanh Khê.

(2) Nâng cao năng lực quản lý và ứng phó thiên tai:

Tăng cường đào tạo, tập huấn, diễn tập PCTT&TKCN cho lực lượng chức năng, chính quyền cơ sở và người dân; củng cố năng lực điều hành, chỉ huy tại các cấp.

(3) Phát huy vai trò cộng đồng trong quản lý rủi ro thiên tai:

Triển khai hiệu quả Đề án "Nâng cao nhận thức cộng đồng và quản lý rủi ro thiên tai dựa vào cộng đồng đến năm 2030" (Kế hoạch 151/KH-UBND, 2021).

(4) Tăng cường công tác thông tin – truyền thông:

Đa dạng hóa hình thức tuyên truyền (báo chí, mạng xã hội, pa-nô, ấn phẩm, hội nghị, hội thi...) để phổ biến kiến thức và kỹ năng phòng tránh lũ lụt; đầu tư, nâng cấp hạ tầng thông tin – viễn thông đảm bảo kết nối an toàn, thông

suốt trong mùa mưa lũ; duy trì đầu mối tiếp nhận và xử lý thông tin cứu hộ cứu nạn (Tổng đài 1022, 113, 114, 115...).

(5) Đẩy mạnh hợp tác quốc tế:

Tận dụng nguồn lực, kinh nghiệm và công nghệ tiên tiến trong dự báo, cảnh báo lũ, quản lý lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, đào tạo cán bộ và nâng cao năng lực cộng đồng ứng phó thiên tai.

(6) Tăng cường nguồn lực tài chính:

Ưu tiên bố trí ngân sách, Quỹ PCTT và huy động xã hội hóa cho công tác phòng, chống lũ, cứu hộ cứu nạn và đầu tư hiện đại hóa hạ tầng cảnh báo.

(7) Hiện đại hóa hệ thống quan trắc, thông tin và dự báo:

Phối hợp với tỉnh Quảng Nam triển khai ba trụ cột then chốt:

Tăng cường mạng lưới trạm KTTV: Mở rộng, tự động hóa và đồng bộ mạng lưới quan trắc đến năm 2030 đạt trình độ trung bình khu vực, hướng đến tự động hoàn toàn năm 2045.

Hiện đại hóa hệ thống thông tin – cảnh báo lũ: Phát triển hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực, ứng dụng trí tuệ nhân tạo và Big Data trong dự báo, cảnh báo và điều hành liên hồ.

Nâng cao chất lượng dự báo dòng chảy lũ đến hồ: Kết hợp mô hình toán – vật lý hiện đại, dữ liệu đồng bộ và năng lực chuyên môn để đảm bảo an toàn hồ chứa và vùng hạ du.

6.2.2.3. Giải pháp công trình

Thành phố ưu tiên đầu tư, nâng cấp hạ tầng, đảm bảo không gian thoát lũ, sắp xếp dân cư và kiểm soát quy hoạch xây dựng thích ứng với điều kiện thủy văn – khí hậu mới.

(1) Tăng cường hệ thống quan trắc, dự báo và cảnh báo lũ:

Xây dựng mạng lưới giám sát, cảnh báo mưa lớn, lũ, sạt lở; hoàn thiện cơ sở dữ liệu KTTV tích hợp; triển khai mô hình dự báo ngập theo thời gian thực phục vụ chỉ đạo ứng phó.

(2) Kiểm soát quy hoạch và phương án ứng phó:

Lồng ghép tiêu chuẩn chống lũ (P=1%) vào quy hoạch đô thị, điều chỉnh cao độ nền, bố trí hồ điều tiết và trạm bơm chống ngập; kiểm soát mật độ bê tông hóa để tăng khả năng thấm, thoát nước.

(3) Bố trí, sắp xếp dân cư vùng lũ:

Thực hiện chương trình di dời, tái định cư theo Quyết định 2146/QĐ-UBND (2022); ưu tiên các vùng thấp trũng ven sông Yên, Túy Loan, Vĩnh Điện; hoàn thành các dự án tái định cư vùng sạt lở, lũ quét.

(4) Đầu tư hạ tầng phòng chống lũ:

Xây dựng, sửa chữa nhà cộng đồng tránh lũ tại huyện Hòa Vang, quận Cẩm Lệ, Thanh Khê; đầu tư hệ thống thoát nước, nạo vét kênh mương, cải tạo các tuyến đường nội thị thường xuyên ngập.

(5) Kiểm soát an toàn và năng lực thoát lũ:

Rà soát cầu, cống, tuyến đường chắn dòng; mở rộng khẩu độ thoát lũ qua các tuyến chính (QL1A, Nam Kỳ Khởi Nghĩa, ADB5, đường vành đai...); khơi thông các sông Yên, Túy Loan, Vĩnh Điện, Cẩm Lệ; phối hợp Quảng Nam sớm hoàn thành dự án khơi thông sông Cổ Cò – Đế Võng.

(6) Bảo vệ hành lang thoát lũ:

Kiểm soát nghiêm lấn chiếm lòng, bãi sông; quy định hành lang thoát lũ tối thiểu 100 m; giữ nguyên cao độ cồn bãi, chỉ sử dụng cho cây xanh, thoát lũ, không xây dựng công trình.

(7) Đẩy mạnh nghiên cứu khoa học và ứng dụng công nghệ:

Nghiên cứu tác động lũ lụt trên hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn, điều chỉnh tiêu chuẩn quy hoạch – thiết kế thích ứng BĐKH; ứng dụng công nghệ viễn thám, tự động hóa và mô hình số trong quan trắc, dự báo và quản lý nguồn nước.

6.2.3. Giải pháp phòng chống, giảm thiểu rủi ro do lũ trên địa bàn tỉnh Quảng Nam

6.2.3.2. Giải pháp phi công trình

Tỉnh Quảng Nam tập trung hoàn thiện thể chế, kiện toàn tổ chức, hiện đại hóa dự báo, nâng cao nhận thức cộng đồng và phát triển rừng phòng hộ đầu nguồn, hướng tới quản lý rủi ro thiên tai tổng hợp và bền vững.

(1) Hoàn thiện cơ chế, chính sách và kế hoạch PCTT:

Hàng năm rà soát, kiện toàn Ban Chỉ huy PCTT và TKCN các cấp; vận hành hiệu quả Quỹ PCTT tỉnh.

Thực hiện chính sách hỗ trợ hộ nghèo xây dựng nhà ở phòng tránh bão, lũ theo Quyết định 33/2015/QĐ-TTg, 48/2014/QĐ-TTg; huy động nguồn lực xã hội, doanh nghiệp, tổ chức quốc tế hỗ trợ người dân vùng lũ.

Triển khai Bộ chỉ số đánh giá công tác PCTT cấp tỉnh (QĐ 01/QĐ-TWPCTT, 2021) và Đề án "Nâng cao nhận thức cộng đồng và quản lý rủi ro thiên tai dựa vào cộng đồng đến năm 2030" (QĐ 553/QĐ-TTg, 2021).

(2) Kiện toàn tổ chức và tăng cường năng lực quản lý:

Thành lập, củng cố Văn phòng thường trực Ban Chỉ huy PCTT&TKCN các cấp; tăng cường trang thiết bị, cơ sở vật chất, thông tin liên lạc và họp trực tuyến.

Đào tạo, tập huấn thường xuyên cho cán bộ các cấp; xây dựng lực lượng xung kích PCTT cấp xã với dân quân tự vệ làm nòng cốt.

Tổ chức diễn tập định kỳ (tỉnh, huyện 5 năm/lần; xã 3 năm/lần).

Rà soát, cập nhật Kế hoạch PCTT cấp tỉnh, huyện, xã giai đoạn 2021–2025, định hướng đến 2030; lập bản đồ ngập lụt, sạt lở và quy hoạch bố trí dân cư vùng có nguy cơ cao.

Phát triển bộ công cụ hỗ trợ ra quyết định ứng phó xả lũ khẩn cấp, lũ cực lớn, vỡ đập và đánh giá định lượng tác động hồ chứa.

(3) Hiện đại hóa công tác dự báo, cảnh báo thiên tai:

Nâng cấp, tự động hóa mạng lưới quan trắc theo Quy hoạch mạng lưới trạm KTTV quốc gia (QĐ 289/QĐ-TTg, 2024); lắp đặt các trạm mưa, mực

nước, camera giám sát tại hồ chứa và vùng hạ du sông Vu Gia – Thu Bồn, sông Tam Kỳ.

Thiết lập cơ sở dữ liệu trung tâm, cập nhật mô hình dự báo ngập lụt, xây dựng hệ thống truyền tin và kho dữ liệu KTTV chuyên dùng. Trang bị thiết bị cảnh báo ngập sâu, sạt lở, lũ quét tại khu vực trọng điểm, vùng dân cư ven sông, vùng trũng thấp.

(4) Nâng cao nhận thức cộng đồng:

Đa dạng hóa công tác truyền thông, phổ biến pháp luật PCTT qua báo chí, mạng xã hội, hội nghị, hội thi và chương trình truyền hình.

Phát triển ứng dụng (App) cung cấp thông tin lũ lụt, trang thông tin điện tử chuyên biệt của Ban Chỉ huy PCTT tỉnh.

Lồng ghép kiến thức phòng chống thiên tai vào chương trình giáo dục phổ thông; tổ chức tập huấn cho cộng đồng vùng ven sông, vùng có nguy cơ cao.

(5) Trồng, bảo vệ và phục hồi rừng phòng hộ đầu nguồn:

Tăng cường bảo vệ rừng tự nhiên, phục hồi rừng đầu nguồn nhằm giảm lũ, xói mòn, sạt lở đất.

Triển khai Kế hoạch phát triển lâm nghiệp bền vững đến năm 2030; phấn đấu tỷ lệ che phủ rừng toàn tỉnh đạt trên 70%.

6.2.3.3. Giải pháp công trình

Tập trung đầu tư, nâng cấp hạ tầng thủy lợi, giao thông, thoát lũ và dân sinh theo hướng đồng bộ, bền vững, thích ứng với biến đổi khí hậu.

(1) Đầu tư, nâng cấp công trình thủy lợi:

Sửa chữa, nâng cấp hồ chứa hiện có, bảo đảm an toàn đập; xây dựng mới hồ chứa tại khu vực có điều kiện thuận lợi theo Quy hoạch tỉnh Quảng Nam (QĐ 72/QĐ-TTg, 2024).

Cắm mốc, quản lý hành lang thoát lũ các sông chính (Vu Gia – Thu Bồn, Tam Kỳ, Vĩnh Điện…); kiểm soát chặt việc lấn chiếm lòng sông, hành lang thoát lũ trong quy hoạch và xây dựng.

(2) Xây dựng công trình dân sinh có tính đến PCTT:

Xây dựng nhà cộng đồng tránh trú bão, lũ; di dời, bố trí lại dân cư vùng ngập, lũ quét, sạt lở.

Xây dựng trường học kiên cố kết hợp nơi tránh lũ; nâng cấp hệ thống y tế, trạm xá vùng sâu, vùng cao, huy động vốn ADB và các nguồn hợp pháp để trang bị cơ sở y tế đạt chuẩn.

(3) Đầu tư hạ tầng giao thông thích ứng lũ:

Nâng cấp quốc lộ, tỉnh lộ, đường huyện và giao thông nông thôn; thay thế cầu yếu, cầu tràn bằng cầu vượt lũ.

Phấn đấu đến năm 2030, 100% đường huyện được nhựa hóa hoặc bê tông hóa, 80% có chất lượng tốt, 70% cầu đạt tiêu chuẩn vĩnh cửu.

(4) Nạo vét, khơi thông dòng chảy:

Thực hiện nạo vét, thông dòng chảy tại cửa sông, kênh mương nội thị (Tam Kỳ, Hội An), kết hợp lắp đặt biển cảnh báo tại điểm nguy hiểm. Tiếp tục khơi thông sông Cổ Cò (bề rộng 90–138 m, đáy -3 m) nhằm tăng khả năng thoát lũ vùng hạ lưu Vu Gia – Thu Bồn; triển khai nạo vét sông Trường Giang (chiều dài ~70 km, đáy -3 m) để giảm ngập cho khu vực Tam Kỳ, Thăng Bình.

(5) Kiểm soát vận hành hồ thủy điện:

Giám sát chặt quy trình vận hành 29 hồ thủy điện (1.574 MW); điều chỉnh quy trình vận hành hài hòa giữa phát điện – phòng lũ – chống hạn; lắp đặt hệ thống cảnh báo vùng hạ du hồ chứa.

(6) Xây dựng điểm tránh lũ:

Mỗi xã vùng ngập thuộc các huyện Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên, Quế Sơn, Hội An, Thăng Bình, Tam Kỳ xây dựng ít nhất 01 nhà tránh lũ ba tầng (100–150 m^2), bố trí ở vị trí cao, gần khu dân cư, có bếp và nhà vệ sinh.

(7) Nâng cấp, xây dựng đê điều:

Tu bổ, nâng cấp đê sông kết hợp giao thông nông thôn; xử lý cống xung yếu, nền đê yếu.

Xây dựng mới các tuyến đê bao bảo vệ khu dân cư, sản xuất vùng trũng (Bình Tú – Bình Trung, Bình An – Bình Nam, Tam Xuân 1–2…) với tần suất chống lũ 5%; kết hợp trạm bơm tiêu cho TP Tam Kỳ.

(8) Nghiên cứu khoa học và ứng dụng công nghệ:

Đẩy mạnh nghiên cứu đánh giá tác động lũ lụt hệ thống Vu Gia – Thu Bồn, cung cấp luận cứ điều chỉnh tiêu chuẩn thiết kế và quy hoạch thích ứng BĐKH.

Ứng dụng công nghệ viễn thám, tự động hóa, mô hình số trong quan trắc, dự báo, cảnh báo và quản lý vận hành nguồn nước.

6.3. GIẢI PHÁP XÁC ĐỊNH TUYẾN, CHỈ GIỚI THOÁT LŨ VÀ CAO TRÌNH VƯỢT LŨ VỚI CÁC CÔNG TRÌNH QUAN TRỌNG VÙNG HẠ DU LƯU VỰC SÔNG VU GIA-THU BỒN

6.3.1. Xác định tuyến, chỉ giới thoát lũ vùng hạ du

6.3.1.1. Khái niệm về tuyến, chỉ giới thoát lũ

Khả năng thoát lũ (KNTL) của lòng dẫn thể hiện mức độ tiêu thoát dòng chảy lũ nhanh hay chậm, là cơ sở để xác định hành lang thoát lũ (HLTL) ứng với các tần suất lũ cần đảm bảo.

KNTL của một đoạn sông được xác định bằng lưu lượng thoát qua đoạn sông ứng với một mực nước nhất định. Việc phân tích biến động KNTL theo thời gian cho phép đánh giá xu thế thay đổi khả năng thoát lũ, xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp nâng cao năng lực thoát lũ.

Trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn, khu vực hạ du có hệ thống sông phân lưu phức tạp, đặc biệt tại TP. Đà Nẵng chỉ có trạm thủy văn Cẩm Lệ có chuỗi số liệu quan trắc dài năm. Do đó, đề tài sử dụng phương pháp mô hình hóa thủy lực để đánh giá KNTL cho các phân lưu, phụ lưu chính, qua đó xác định các tuyến, chỉ giới thoát lũ phù hợp với yêu cầu phòng chống lũ.

Các mặt cắt đặc trưng được lựa chọn dựa trên bản đồ mạng lưới sông suối và kết quả đo đạc địa hình lòng sông năm 2022, đại diện cho từng đoạn sông trong khu vực nghiên cứu, phục vụ tính toán và xác định KNTL theo các tần suất thiết kế.

6.3.1.2. Hiện trạng khả năng thoát lũ

Kết quả đánh giá khả năng thoát nước tự nhiên của các sông và phân lưu vùng hạ du sông Vu Gia – Thu Bồn thuộc TP. Đà Nẵng cho thấy, khu vực có khả năng thoát lũ kém nhất là sông Vĩnh Điện và đoạn sông Vu Gia khi chảy vào địa phận thành phố. Đây là những khu vực có lòng sông hẹp, nông, khả năng trữ nước thấp, dẫn đến tình trạng tiêu thoát lũ hạn chế.

Sông Vĩnh Điện là phân lưu của sông Thu Bồn chuyển nước sang hệ thống sông Vu Gia, chảy qua các xã Hòa Phước, Hòa Xuân và Hòa Quý. Tính toán cho thấy, trong trận lũ năm 2009, đoạn sông thuộc địa phận TP. Đà Nẵng chỉ đạt 10–30% khả năng thoát lũ; trong trận lũ năm 2007, tỷ lệ này chỉ đạt 5–20%. Trong khi đó, đoạn sông thuộc tỉnh Quảng Nam vẫn đảm bảo tiêu thoát lũ. Nước từ sông Vĩnh Điện được xác định là nguồn chính gây ngập cho quận Cẩm Lệ và Ngũ Hành Sơn.

Đoạn sông Yên (thuộc dòng chính sông Vu Gia) chảy qua các xã Hòa Tiến, Hòa Khương và Hòa Phong cũng có khả năng thoát lũ thấp do bị chia nước, lòng sông hẹp và bị bồi xói phức tạp. Việc xây dựng đập An Trạch càng làm giảm khả năng tiêu thoát dòng chảy tự nhiên. Kết quả tính toán cho thấy, trong trận lũ 2009, khả năng thoát lũ của sông Yên chỉ đạt 15–50% lượng nước đến; còn trong lũ 2007, chỉ đạt dưới 30%, gây nguy cơ ngập lớn cho huyện Hòa Vang.

Phân tích bản đồ vận tốc dòng chảy (thành phần U và V) cho thấy nước lũ từ sông Yên và sông Vĩnh Điện thường tràn bờ, lan rộng ra vùng hạ du, gây ngập sâu cho các quận Cẩm Lệ và Ngũ Hành Sơn.

Tổng hợp số liệu địa hình qua các năm 2007, 2009, 2018 và 2022 cho thấy hình thái dòng chảy và vùng ngập lụt tại khu vực hạ du sông Vu Gia – Thu Bồn có sự biến động mạnh, thể hiện xu thế giảm dần khả năng thoát lũ tự nhiên. Do đó, cần có các giải pháp công trình và phi công trình phù hợp nhằm tăng cường năng lực thoát lũ, giảm thiểu diện tích ngập trong tương lai.

6.3.1.3. Quan điểm xác định tuyến (hành lang), chỉ giới thoát lũ vùng hạ du

Hành lang thoát lũ (HLTL) có vai trò đặc biệt quan trọng đối với các đô thị – nơi tập trung dân cư, hạ tầng và các công trình trọng điểm. Trên cơ sở tổng hợp kinh nghiệm kiểm soát lũ của các đô thị lớn trên thế giới và kết quả nghiên cứu thực tế, đề tài đề xuất quan điểm xác định HLTL vùng hạ du sông Vu Gia – Thu Bồn theo các nguyên tắc sau:

(1) Dành không gian cho nước: Trong quy hoạch đô thị cần bố trí quỹ đất tối thiểu cho nước, tương tự như cho giao thông, dân cư hay cây xanh. Không gian này phải linh hoạt, thích ứng với biến đổi khí hậu và diễn biến dòng chảy theo thời gian.

(2) Giảm thiểu thiệt hại và rủi ro: Quản lý thoát lũ phải gắn với kiểm soát ngập, chủ động phòng ngừa, sẵn sàng ứng phó và thích nghi để giảm tổn thất về người và tài sản.

Trên cơ sở đó, đề tài xác định quan điểm xây dựng HLTL cho TP. Đà Nẵng như sau:

Khu vực đô thị trọng điểm (Cẩm Lệ, Ngũ Hành Sơn): Bảo vệ an toàn trước lũ có tần suất 5%.

Khu vực huyện Hòa Vang: Bảo đảm mức ngập trong giới hạn lũ 10%, ưu tiên bảo vệ khu dân cư và công trình hạ tầng.

Khu vực nông nghiệp trũng thấp (Hòa Châu, Hòa Tiến, Hòa Phước): Dành không gian cho nước, cho phép ngập tạm thời nhằm giảm tải dòng chảy cho vùng đô thị.

Phân tích bản đồ sử dụng đất năm 2020 và ảnh vệ tinh Landsat 8 (2021) cho thấy:

Đất nông nghiệp chiếm 46,75% (chủ yếu là đất lúa), ngập sâu 0–2 m;

Đất ở nông thôn chiếm 15,8%, ngập chủ yếu <1 m;

Đất mặt nước và sông suối chiếm 8,7%;

Đất đô thị ngập dưới 10% diện tích.

Để xác định tuyến và chỉ giới thoát lũ, đề tài áp dụng tiêu chí mức độ nguy hiểm theo độ sâu và vận tốc ngập (H1–H6) cho từng đối tượng chịu tác động

(người, công trình, phương tiện), từ đó xây dựng **bộ bản đồ nguy cơ lũ, ngập lụt vùng hạ du** tương ứng với các kịch bản xả lũ lớn, xả khẩn cấp và vỡ đập. Kết quả là cơ sở khoa học cho việc xác định hành lang, chỉ giới thoát lũ và đề xuất các giải pháp giảm thiểu rủi ro, bảo đảm phát triển bền vững cho khu vực hạ du sông Vu Gia – Thu Bồn.

6.3.1.4. Quan điểm xác định cao trình vượt lũ đối với các công trình quan trọng khi đầu tư xây dựng và nâng cấp

Đặc thù của lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn là không có dung tích phòng lũ đủ lớn để có thể cắt, giảm lũ lớn cho vùng hạ du. Vùng hạ du lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn chỉ có khả năng chống lũ với tần suất xuất hiện 20 năm/lần (5%). Do vậy, tùy theo mức độ quan trọng của công trình xây dựng mà lựa chọn tần suất chống lũ là 5%, 2% hay 1%, từ đó lựa chọn ra cao trình vượt lũ thích hợp.

6.3.2. Giải pháp xác định tuyến, chỉ giới thoát lũ vùng hạ du

6.3.2.1. Định hướng giải pháp

Kết quả mô phỏng 24 kịch bản xả lũ lớn, xả khẩn cấp và lũ vỡ đập cho thấy phạm vi ảnh hưởng rất rộng, bao trùm gần như toàn bộ vùng hạ du thuộc các huyện, thành phố của tỉnh Quảng Nam (Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên, Thăng Bình, Tam Kỳ…) và TP. Đà Nẵng (Hòa Vang, Cẩm Lệ, Ngũ Hành Sơn, Sơn Trà, Hải Châu…). Phân tích ảnh viễn thám các trận lũ lịch sử cũng khẳng định xu thế mở rộng không gian ngập, đe dọa trực tiếp khu vực đô thị và vùng sản xuất nông nghiệp.

Để bảo đảm TP. Đà Nẵng có khả năng chống chịu lũ tương đương năm 2007 trong quy hoạch phát triển đến năm 2030, tầm nhìn 2050 (có xét đến BĐKH), hành lang thoát lũ (HLTL) cần được thiết lập trên cơ sở tổng hợp các giải pháp:

Mở rộng HLTL dọc các sông, đặc biệt ở những đoạn bị thu hẹp đột ngột, nút giao phân lưu.

Tăng khẩu độ cống, kênh thoát nước ra cửa sông, nâng cao khả năng tiêu thoát.

Tổ chức không gian vùng trũng thấp (đất lúa, cây hàng năm) theo hướng "sống chung với lũ" – phát triển điểm dân cư cao tầng, mật độ thấp để giảm cản trở dòng chảy.

Hiểm họa lũ được đánh giá thông qua bản đồ ngập, thời đoạn lũ, vận tốc và xung lượng lũ. Đề tài sử dụng **mô hình MIKE FLOOD** để mô phỏng, hiệu chỉnh theo các trận lũ lịch sử, từ đó xây dựng **bản đồ hiểm họa lũ ứng với tần suất 10%** bằng phương pháp chồng xếp các lớp bản đồ độ sâu ngập, vận tốc và thời gian ngập.

Đồng thời, việc xác định HLTL tuân thủ **Nghị định 43/2015/NĐ-CP** về hành lang bảo vệ nguồn nước, đảm bảo ổn định bờ sông, phòng chống lấn chiếm và tạo không gian cảnh quan – sinh thái. Cụ thể:

Vùng ven sông Vu Gia (gồm sông Yên, Cẩm Lệ, Hàn): **30 m** tính từ bờ sông.

Vùng ven sông Quá Giáng, Vĩnh Điện: **30 m**.

Vùng ven sông Cổ Cò: **20 m**.

Ngoài ra, cần **mở rộng các khúc cong bị thu hẹp**, đặc biệt khu vực ngã ba sông Vĩnh Điện – Hàn, đảm bảo lưu lượng tạo lòng 1.085 m^3/s (mực nước 6,1 m tại Ái Nghĩa và 0,3 m tại Cẩm Lệ) theo công thức Altunin (CHLB Nga), nhằm duy trì khả năng thoát lũ an toàn và bền vững cho vùng hạ du.

$$B_{tl} = B_o(1 + k)$$

Trong đó: B_o - Chiều rộng lòng dẫn chính (chiều rộng mặt nước ứng với lưu lượng tạo lòng m^3/s);

k - Hệ số tính đến loại hình vận động của lòng dẫn, khoảng 1,5.

Hiện trạng sử dụng đất ven sông được xem xét nhằm xác định các khu vực có thể bố trí trong hành lang thoát lũ (HLTL) mà **ít ảnh hưởng đến quy hoạch không gian đô thị** và **có mức độ tổn thương thấp**. Việc đánh giá này giúp đảm bảo hài hòa giữa yêu cầu **thoát lũ an toàn** và **phát triển bền vững không gian đô thị TP. Đà Nẵng**.

6.3.2.2. Thiết kế sơ bộ giải pháp

a) Phương án 1: Mở rộng mặt cắt ngang dọc theo các dòng sông, đặc biệt quan tâm đến những đoạn sông bị thu hẹp đột ngột:

Kích thước của mặt cắt ngang sông

Chiều rộng lòng dẫn chính: trên đoạn sông nghiên cứu, chiều rộng lòng dẫn chính tại từng vị trí, khu vực chênh lệch nhau khá lớn. Ví dụ trên sông Cẩm Lệ, chiều rộng lòng dẫn chính từng đoạn sông chênh nhau tới 3 lần,… Chiều rộng HLTL: tại từng vị trí , khu vực cũng chênh lệch nhau khá lớn, như đoạn sông Cẩm Lệ chiều rộng HLTL chênh nhau đến 2,7 lần; đoạn sông Vĩnh Điện chiều rộng HLTL chênh lệch nhau 1,5 lần. Một số vị trí có chiều rộng HLTL hẹp nhất là:

Trên đoạn sông Cẩm Lệ: chiều rộng HLTL nhỏ nhất khoảng 270m (khu vực thôn Cẩm Nê – xã Hòa Tiến),

Trên sông Vĩnh Điện, chiều rộng HLTL nhỏ nhất khoảng 250m (xã Hòa Châu, P. Hòa Quý)..

Trên sông Túy Loan, chiều rộng HLTL nhỏ nhất khoảng 110m

Trên sông Yên, chiều rộng HLTL nhỏ nhất khoảng 250m (khu vực thôn Thạch Bồ, xã Hòa Tiến - Đường Lâm, xã Hòa Phong)

Tỷ số giữa chiều rộng HLTL hiện tại so với chiều rộng lòng sông chính hiện tại trên từng khu vực, vị trí đoạn sông cũng có sự chênh lệch khá lớn. Tại Cầu Đỏ (sông Cẩm Lệ) chênh lệch khoảng 4 lần, vị trí thôn Giáng Nam (xã Hòa Phước) – An Lưu (P. Hòa Quý) chênh lệch khoảng 7 lần.

Diện tích mặt cắt thoát lũ

Trên toàn đoạn sông, với yêu cầu thoát qua cùng 1 lưu lượng lũ, tuy nhiên diện tích mặt cắt thoát lũ ở các vị trí lại có sự khác nhau rất lớn, tại một số vị trí có chiều rộng HLTL hẹp nhất nêu trên, diện tích mặt cắt thoát lũ nhỏ hơn từ 2- 3 lần so với diện tích mặt cắt thoát lũ của phần lớn các vị trí khác. Điều này cho thấy để đảm bảo thoát lũ tại các vị trí này chế độ thủy lực sẽ phức tạp hơn thể hiện qua các giá trị vận tốc dòng chảy lớn và độ dốc mực nước khác biệt so với xu thế chung trên toàn đoạn.

Trong thời gian những năm 2000, TP. Đà Nẵng đã thực hiện dự án khai thác cát kết hợp chỉnh trị sông tại ngã ba sông Vĩnh Điện - Cẩm Lệ - Sông Hàn. Dự án đã nạo vét 5 triệu m^3 cát để san nền cho các dự án khu dân cư nam cầu Trần Thị Lý, khu dân cư Tuyên Sơn và Đông Nam Tượng Đài, làm lợi cho thành phố gần 90 tỉ đồng, tương đương với kinh phí xây dựng cầu sông Hàn bấy giờ. Dự án đã tạo ra sự thông thoáng dòng chảy và thực tế từ sau khi hoàn thành dự án (năm 2002), mực nước lũ tại Cẩm Lệ đã được giảm đi rất nhiều so với trước đây. Vì vậy, nếu được kiểm soát tốt, việc nạo vét đảm bảo HLTL là điều rất cần thiết đối với các sông miền Trung có sự biến động dòng chảy mùa rất lớn.

b) Phương án 2: Xác định tuyến kênh thoát lũ

Từ kết quả tổ hợp các bản đồ đã trình bày ở trên kết hợp với việc tận dụng các kênh dẫn nước đã có sẵn, mở rộng các cống thoát nước nhằm đưa nước từ các vùng ngập sâu ra sông, với tiêu chí thoát được lượng lũ 5 - 10%, Đề tài đề xuất các phương án xây dựng tuyến kênh thoát lũ như sau:

Về thông số thiết kế kênh: Độ sâu 2,5m; Chiều rộng kênh: 24m; Hệ số nhám: 0,025; Hệ số mái kênh: 1,5

Các phương án kênh thoát lũ:

+ Phương án 2.1: Xây dựng tuyến kênh thoát lũ chiều dài khoảng 2,7km, bao gồm 2 tuyến kênh chính: (1) kênh thoát lũ với chiều dài khoảng 1,3km tại khu vực thôn Cổ Mân, Lỗ Giáng, Tùng Lâm (xã Hòa Xuân, Q. Ngũ Hành Sơn), thoát lũ khu vực xã Hòa Xuân qua sông Vĩnh Điện; (2) kênh thoát lũ chiều dài khoảng 1,4km tại khu vực thôn Đông Hòa, xã Hòa Châu, huyện Hòa Vang, giảm tốc độ dòng chảy lũ qua hồ điều tiết và thoát ra sông Cẩm Lệ.

+ Phương án 2.2: Xây dựng tuyến kênh thoát lũ tổng chiều dài toàn hệ thống khoảng 3,8 km chia thành 3 tuyến kênh chính (chiều dài 3 đoạn kênh lần lượt là: 0,6 km; 1,2 km; 2,0 km), hướng thoát lũ theo hướng từ sông Cẩm Lệ sang sông Vĩnh Điện, thông qua hệ thống hồ điều tiết.

+ Phương án 2.3: Xây dựng tuyến kênh thoát lũ với tổng chiều dài toàn hệ thống khoảng 5,9 km, bao gồm 4 tuyến kênh với chiều dài lần lượt là: 0,6 km,

1,2 km, 0,7 km và 3,4 km, hướng kênh thoát lũ song với sông Cẩm lệ, hướng thoát lũ về phía ngã 3 sông Hàn – sông Cẩm Lệ - sông Vĩnh Điện.

c) Phương án 3: Khu vực chậm lũ.

Mục tiêu bảo vệ: Biện pháp chậm lũ trên hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn được áp dụng nhằm bảo vệ an toàn khu vực trung tâm TP. Đà Nẵng, giảm thiểu tối đa thiệt hại về người và tài sản khi xảy ra lũ lớn.

Kết quả phân tích bản đồ ngập lụt và bản đồ mức độ tổn thương cho thấy vùng hạ du sông Vu Gia – Thu Bồn thường xuyên chịu ngập sâu, đặc biệt tại các xã Hòa Châu, Hòa Tiến, Hòa Phước và Hòa Phong (huyện Hòa Vang). Trong đó, Hòa Châu có rủi ro ngập cao nhất, tiếp đến là Hòa Tiến và Hòa Phước.

Các vùng ngập chủ yếu hình thành do:

Hòa Phong: nước sông Yên tràn bờ.

Hòa Tiến, Hòa Châu: nước sông Cẩm Lệ tràn qua nút thắt Cầu Đỏ.

Hòa Phước: nước từ ngã ba sông Quá Giáng – Vĩnh Điện dâng tràn.

Các khu vực này chủ yếu là đất nông nghiệp trũng thấp (cao trình 1,4–1,6 m), được quy hoạch giữ nguyên chức năng nông nghiệp đến năm 2030, do đó phù hợp đóng vai trò vùng trữ lũ tự nhiên, góp phần giảm ngập đô thị trung tâm và bổ cập nước ngầm.

Để phát huy hiệu quả, cần kiên cố hóa và mở rộng hệ thống kênh tiêu, kênh dẫn nước, tạo điều kiện đưa nước lũ chủ động vào vùng trũng và tiêu thoát sau lũ.

Các phương án được mô phỏng trên bộ mô hình thủy văn – thủy lực MIKE NAM, MIKE 11 và MIKE FLOOD, với trận lũ năm 2007 làm cơ sở nền, diễn toán theo quy hoạch không gian TP. Đà Nẵng đến năm 2030, tầm nhìn 2050, có xét đến biến đổi khí hậu và vận hành liên hồ chứa theo Quyết định 1865/QĐ-TTg ngày 23/12/2019.

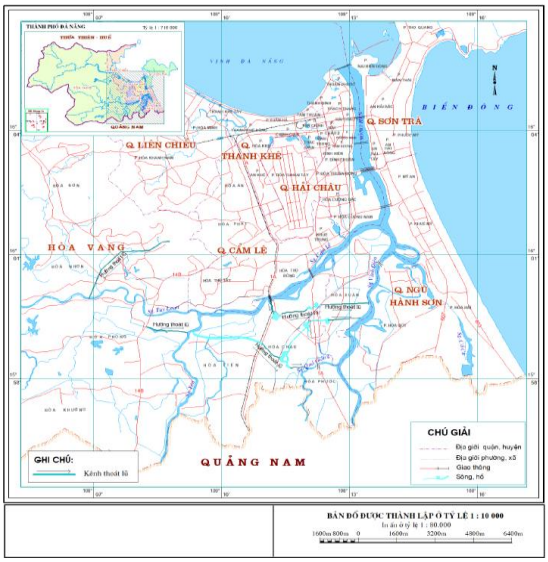
6.3.2.3. Kết quả tính toán, mô phỏng

a) Phương án 1: Mở rộng HLTL dọc theo các dòng sông, đặc biệt quan tâm đến những đoạn sông bị thu hẹp đột ngột. Kết quả tính toán ngập lụt theo

phương án nạo vét một số khúc cong, nút thắt đảm bảo mặt cắt thoát lũ tự nhiên ở khu vực Cầu Đỏ, sông Yên… cho thấy diện tích ngập đã giảm được 27,7% so với kịch bản mô phỏng trận lũ năm 2007 trên nền địa hình năm 2015 và giảm được 42,26% so với kịch bản hiện trạng năm 2007. Đồng thời, chiều sâu và thời gian ngập lụt cũng đã giảm đáng kể. Một số vùng có diện tích ngập lớn như xã Hòa Phong, Hòa Châu, Hòa Tiến, Hòa Phước (huyện Hòa Vang); Phường Hòa Quý (Q. Ngũ Hành Sơn) khi có HLTL diện tích ngập đã giảm.

Hình 6-1. Sơ đồ tuyến thoát lũ vùng hạ du sông VGTB theo phương án 1

Hình 6-2. Sơ đồ tuyến thoát lũ vùng hạ du sông VGTB theo phương án 2.1



Hình 6-3. Sơ đồ tuyến thoát lũ vùng hạ du sông VGTB theo phương án 2.2

Hình 6-4. Sơ đồ tuyến thoát lũ vùng hạ du sông VGTB theo phương án 2.3

Bảng 6.1. Thống kê diện tích ngập lụt theo kết quả mô phỏng lũ tần suất 5% - Mô hình lũ 2007 đối với một số khu vực thuộc thành phố Đà Nẵng

TT	Quận/ Huyện	Xã/Phường	Cấp ngập				Tổng ($km^{2)}$
			0 - 1m	1 - 2m	2 - 3m	3 - 4m	
1	Huyện Hòa Vang	Xã Hòa Châu	2,01	3,76	0,76	0,13	6,66
		Xã Hòa Khương	3,12	2,31	0,32		5,75
		Xã Hòa Nhơn	1,34	0,45	0,12	0,1	2,01
		Xã Hòa Phước	1,41	1,21	1,03	0,21	3,86
		Xã Hòa Phong	3,01	3,02	1,31	0,07	7,41
		Xã Hòa Tiến	5,55	2	0,2	0,01	7,76
2	Quận Cẩm Lệ	P. Hòa Thọ Đông	0,2	0,1	0,01		0,31
		P. Hòa Thọ Tây	0,13	0,3	0,1		0,53
		P. Hòa Xuân	0,55	1,01	0,98		2,54
		P. Khuê Trung	0,33	0,1			0,43
3	Quận Hải Châu	P. Hòa Cường Bắc	0,2				0,2
		P. Hòa Cường Nam	0,08				0,08
4	Quận Ngũ Hành Sơn	P. Hòa Hải	1,3	1,01	1		3,31
		P. Hòa Quý	1,1	2,78	5,11	0,1	9,09
		P. Khuê Mỹ	0,13	0,23	0,41	0,01	0,78
		P. Mỹ An	0,01				0,01
Tổng diện tích ngập theo các cấp			20,47	18,28	11,35	0,63	50,73

b) Phương án 2: Kênh thoát lũ

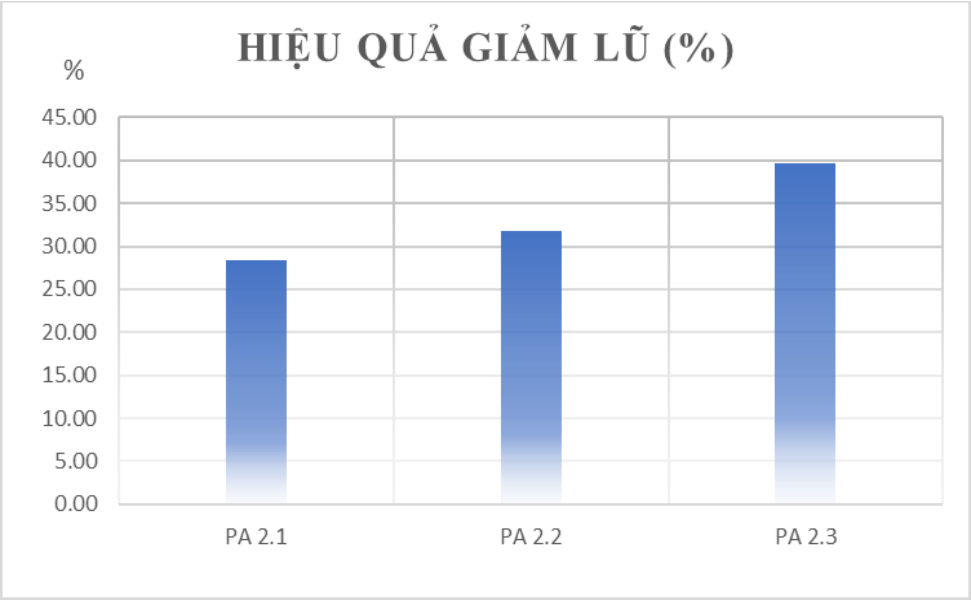
Tận dụng các kênh dẫn nước đã có sẵn, mở rộng các cống thoát nước nhằm đưa nước từ các vùng ngập sâu ra cửa sông. Thiết lập lưới tính với các phương

án tuyến kênh thoát lũ làm đầu vào mô hình tính ngập lụt với trận lũ 5%. Kết quả mô phỏng ngập lụt với các phương án kênh thoát lũ như sau:

Phương án 2.1: hiệu quả giảm lũ là 28,36%, với phương án này lượng lũ ngập lụt tại một số khu vực xã Hòa Châu, Hòa Phước, Hòa Xuân diện tích ngập đã giảm khá lớn, đặc biệt hiệu quả giảm lũ với cấp ngập lớn hơn 3m đã giảm tới 61,1%.

Phương án 2.2: Hiệu quả giảm lũ lên đến 31,72%, trong đó hiệu quả giảm lũ của vùng có diện tích ngập lớn như xã Hòa Châu đã giảm được 45,48%. Đặc biệt diện tích ngập lụt ở các độ sâu ngập đã giảm đáng kể, như ở độ sâu ngập lớn hơn 3m diện ngập đã giảm lên tới 68,5%.

Phương án 2.3: Hiệu quả giảm lũ là 39,62%, với phương án này những khu vực có hiệu quả giảm lũ cao như xã Hòa Châu, Hòa Xuân, Hòa Tiến. Diện tích vùng ngập với độ sâu ngập lớn hơn 3m đã giảm lên tới 75,93%. Đây là phương án cho hiệu quả giảm lũ cao.



Hình 6-5. Hiệu quả giảm lũ của 3 phương án kênh thoát lũ

Bảng 6.2. Thống kê diện tích ngập theo các phương án mở kênh thoát lũ đối với một số khu vực thuộc TP. Đà Nẵng

Quận/Huyện	Xã/Phường	Phương án 2.1					Phương án 2.2					Phương án 2.3				
		Cấp ngập				Tổng km^2	Cấp ngập				Tổng km^2	Cấp ngập				Tổng km^2
		0 - 1m	1 - 2m	2 - 3m	3 - 4m		0 - 1m	1 - 2m	2 - 3m	3 - 4m		0 - 1m	1 - 2m	2 - 3m	3 - 4m	
H. Hòa Vang	X. Hòa Châu	2,41	3,02	1,12	0,04	**6,59**	2,31	2,67	0,98	0,01	**5,97**	2,01	1,97	0,45	0,01	**4,44**
	X.Hòa Khương	3,02	2,05	0,21	0,01	**5,29**	3,01	2,1	0,2		**5,31**	2,98	2,01	0,17		**5,16**
	X. Hòa Nhơn	1,92	0,32	0,09		**2,33**	2	0,19	0,06		**2,25**	1,97	0,21	0,1		**2,28**
	X. Hòa Phước	1,65	2,89	1,67	0,13	**6,34**	1,7	2,12	1,34	0,12	**5,28**	1,71	2,51	1,42	0,1	**5,74**
	X. Hòa Phong	2,32	1,12	0,31		**3,75**	2,31	1,1	0,13		**3,54**	2,01	0,97	0,1		**3,08**
	X. Hòa Tiến	2,1	0,1	0,02		**2,22**	2,01	0,12	0,02		**2,15**	0,65	0,1	0,01		**0,76**
Q. Cẩm Lệ	P. Hòa Thọ Đông	0,65	0,14	0,01		**0,8**	0,72	0,21	0,01		**0,94**	0,6	0,3	0,01		**0,91**
	P. Hòa Thọ Tây	0,81	0,34	0,1		**1,25**	0,7	0,31	0,1		**1,11**	0,69	0,45	0,09		**1,23**
	P. Hòa Xuân	0,25	0,31	0,05		**0,61**	0,12	0,21	0,05		**0,38**	0,1	0,21	0,02		**0,33**
	P. Khuê Trung	0,47	0,08			**0,55**	0,48	0,07			**0,55**	0,34	0,04			**0,38**
Q. Hải Châu	P. Hòa Cường Bắc	0,26				**0,26**	0,3				**0,3**	0,24				**0,24**
Q. Ngũ Hành Sơn	P. Hòa Hải	2,15	1,03	0,04		**3,22**	1,97	1,21	0,03		**3,21**	1,54	1,22	0,02		**2,78**
	P. Hòa Quý	1,21	4,67	3,01	0,03	**8,92**	1,23	4,79	2,96	0,03	**9,01**	1,09	4,32	2,31	0,01	**7,73**
	P. Khuê Mỹ	0,32	0,65	0,1		**1,07**	0,31	0,74	0,1	0,01	**1,16**	0,35	0,87	0,11	0,01	**1,34**
	P. Mỹ An						0,01				**0,01**					
TỔNG DIỆN TÍCH NGẬP		**19,54**	**16,72**	**6,73**	**0,21**	**43,2**	**19,18**	**15,84**	**5,98**	**0,17**	**41,17**	**16,29**	**15,18**	**4,81**	**0,13**	**36,41**

c) Phương án 3: Khu vực chậm lũ

Dựa trên bản đồ nguy cơ lũ và tính tổn thương do lũ, với tiêu chí cần xác định không gian cho nước, đề tài đề xuất các khu vực đất nông nghiệp thường xuyên có nguy cơ ngập lụt cao. Trong tương lai đây cũng là các khu vực được quy hoạch phát triển nông nghiệp như xã Hòa Phong, Hòa Tiến, Hòa Châu, Hòa Phước của huyện Hòa Vang. Với thời gian ngập lũ 3 – 5 ngày trong tháng X, tháng XI sẽ mang ý nghĩa tốt hơn như bổ cập nước ngầm tại khu vực vùng gò đồi của TP Đà Nẵng, trữ ẩm trong đất và nguồn phân bón tự nhiên của sông mang lại cho khu vực canh tác (bùn – phù sa)… Trên cơ sở bản đồ ngập lụt, đề xuất diện tích đất châm lũ đạt 900ha thuộc các xã Hòa Khương, Hòa Phong và Hòa Tiến. Khi xác định khu chậm lũ, diện tích ngập ở các khu vực này giao động từ 1 – 2 m, tuy nhiên diện tích ngập thuộc quận Cẩm Lệ, quận Ngũ Hành Sơn và quận Hải Châu hầu như không còn.

6.3.2.4. Phân tích lựa chọn giải pháp tuyến, chỉ giới thoát lũ

Tổng hợp các phương án thoát lũ cho vùng hạ du lưu vực sông VGTB theo các kịch bản phát triển đến 2030.

Theo các phương án độc lập đã trình bày ở trên, đề tài kiến nghị các phương án nhằm giảm lũ lụt khu vực hạ du sông Vu Gia –Thu Bồn phù hợp với tiêu chí đảm bảo phát triển bền vững các địa phương, bao gồm:

(1) Mở rộng các đoạn co hẹp trên sông.

(2) Xây dựng tuyến kênh thoát lũ với tổng chiều dài toàn hệ thống khoảng 5,9km, bao gồm 4 tuyến kênh với chiều dài lần lượt là: 0,6km, 1,2km, 0,7km và 3,4km, hướng kênh thoát lũ song với sông Cẩm lệ, hướng thoát lũ về phía ngã 3 sông Hàn – sông Cẩm Lệ - sông Vĩnh Điện.

(3) Sử dụng khu vực ngập lụt có nguy cơ lũ cao nhưng tính dễ bị tổn thương do lũ thấp gồm các xã Hòa Phong (300ha), Hòa Tiến (400ha), Hòa Châu (400ha) và Hòa Phước (400ha) thuộc huyện Hòa Vang với tổng diện tích ngập lũ khoảng 1500ha với tối đa thời gian ngập kéo dài 32 giờ; trong đó chủ yếu diện tích ngập dưới 1m (chiếm tới 50% diện tích chậm lũ).

Bảng 6.3. Diện tích đề xuất khu chậm lũ và thời gian ngập

Địa điểm	Cấp ngập 0 - 1m		Cấp ngập 1 - 2m		Cấp ngập 2 - 3m		Tổng
	F (km^2)	Thời gian	F (km^2)	Thời gian	F (km^2)	Thời gian	
Xã Hòa Châu	1,84	20	1,21	22	0,68	32	3,73
Xã Hòa Phước	1,34	28	1,11	24	0,88	20	3,33
Xã Hòa Phong	1,21	22	1,03	22	0,7	26	2,94
Xã Hòa Tiến	2,1	27	1,32	14	0,79	18	4,21
TỔNG	**6,49**		**4,67**		**3,05**		**14,21**

6.3.3. Giải pháp xác định cao trình vượt lũ của các công trình quan trọng khi xây dựng, nâng cấp.

- Đặc thù của lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn là không có dung tích phòng lũ đủ lớn để có thể cắt, giảm lũ lớn cho vùng hạ du. Vùng hạ du lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn chỉ có khả năng chống lũ với tần suất xuất hiện 20 năm/lần (5%). Do vậy, tùy theo mức độ quan trọng của công trình xây dựng mà lựa chọn tần suất chống lũ là 5%, 2% hay 1%, từ đó lựa chọn ra cao trình vượt lũ thích hợp.

- Kết quả tính toán, mô phỏng mô hình toán thủy lực 1D, 2D đã xác định được các khu vực ngập lụt theo mức độ ngập khác nhau cho vùng hạ du bao gồm toàn bộ tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng đối với 24 kịch bản vận hành xả lũ, vỡ đập của các hồ chứa thượng nguồn.

- Trên cơ sở bản đồ ngập lụt, đề tài đã xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lũ đối với 03 nhóm kịch bản xả lũ lớn, khẩn cấp, xả lũ vận hành và vỡ đập đối với các hồ chứa thượng nguồn như A Vương, sông Bung 4, Đak Mi 4A và sông Tranh 2. Bản đồ nguy cơ ngập lụt cho thấy bức tranh tổng thể các khu vực là dòng chủ lưu thoát lũ, các khu vực có nguy cơ thấp và các khu vực có nguy cơ cao.

- Từ các kết quả trên, kết hợp với cấp công trình được quyết định trong chủ trương đầu tư sẽ tiến hành tính toán, lựa chọn chính xác cao độ vượt lũ đối với các công trình xây dựng quan trọng như trụ sở chính quyền, trường học, bệnh viện lớn, nhà cộng đồng phòng tránh thiên tai, khu công nghiệp, khu dân cư tập trung …

Cao độ vượt lũ phụ thuộc vào tần suất chống lũ cho công trình được lựa chọn. Trong kết quả nghiên cứu của đề tài đã có cao trình mực nước tương ứng tần suất lũ xảy ra trên lưu vực cho bất kỳ khu vực nào thuộc địa bản tỉnh Quảng Nam và TP Đà Nẵng.

6.4. GIẢI PHÁP XÂY DỰNG ĐÊ BAO BẢO VỆ KHU VỰC TRỌNG ĐIỂM VỀ QUỐC PHÒNG, AN NINH VÀ KINH TẾ-XÃ HỘI

6.4.1. Định hướng giải pháp

6.4.1.1. Lựa chọn khu vực trọng điểm bảo vệ

Trong phạm vi nghiên cứu, chúng tôi tiến hành nghiên cứu tìm kiếm giải pháp để bảo vệ khu vực trọng điểm về Quốc phòng – An ninh và kinh tế xã hội cho khu vực là thành phố Tam Kỳ, tỉnh Quảng Nam. Mục tiêu của giải pháp là giảm thiểu thiệt hại do ngập lụt gây ra đối với thành phố Tam Kỳ và vùng phụ cận.

6.4.1.2. Định hướng giải pháp

Trong phạm vi nghiên cứu , chúng tôi sẽ đánh giá các giải pháp tăng khả năng thoát lũ ra biển, giảm thiểu ngập lụt cho khu vực thành phố Tam Kỳ và vùng phụ cận. Giải pháp định hướng như sau:

a) Giải pháp làm kênh thoát lũ

Kênh chuyển nước từ hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang

Kênh chuyển nước từ sông Tam Kỳ (hạ lưu thành phố Tam Kỳ) đến sông Trường Giang

Kênh chuyển nước từ hồ Sông Đầm trở lại sông Tam Kỳ

Kênh chuyển nước từ sông Trường Giang ra biển (để kết hợp với phương án 1 hoặc 2)

Hình 6-6. Sơ đồ bố trí các tuyến thoát lũ khu vực thành phố Tam Kỳ và phụ cận.

Trong đó: A1- Cống ngăn lũ sông Bàn Thạch; A2- Tràn thoát lũ từ hồ sông Đầm ra kênh thoát lũ; A3- Kênh thoát lũ hồ sông Đầm ra sông Trường Giang;

B - Kênh thoát lũ từ sông Trường Giang ra biển.

b) Giải pháp đê bao

Đê bao được xem là một biện pháp giảm thiểu rủi ro ngập lụt thiết yếu, vì có thể làm giảm đáng kể nguy cơ ngập lụt. Các tuyến đê trong khu đô thị Tam Kỳ hiện nay phần lớn được xem là các biện pháp quản lý lũ độc lập. Tuy nhiên, đê cũng sẽ cần thiết kết hợp với các tùy chọn kênh thoát lũ để tiếp tục giảm nguy cơ ngập lụt cao hơn. Mới đây, một con đê đã được xây dựng bên bờ hữu sông Bàn Thạch để bảo vệ TP Tam Kỳ chống ngập.

Tuyến đê bờ hữu sông Bàn Thạch: Một tuyến đê được xây dựng ở bờ hữu sông Bàn Thạch để bảo vệ Thành phố Tam Kỳ trước ngập lụt. Tổng chiều dài công trình đê bao là 9,7 km. Công trình sẽ chống ngập giữa Quốc lộ 1, ở vành đai phía Tây Bắc khu vực đã xây dựng và đường Nam Quảng Nam ở vành đai phía Đông Nam. Cao trình đỉnh dao động từ 4,28 - 4,34 m+MSL.

Tuyến đê bờ tả sông Bàn Thạch: Tuyến đê thứ hai ở bờ tả sông Bàn Thạch được. Tổng chiều dài của con đê này là 10,1 km, và chiều rộng là 15m. Cao trình đỉnh ước tính là 4,5 m+MSL, tương đương với đê ở bờ hữu sông.

Hình 6-7. Sơ đồ phương án bố trí tuyến đê bao bờ hữu kết hợp tuyến thoát lũ ra sông Trường Giang qua hồ sông Đầm

A1- Kênh chuyển nước từ sông Bàn Thạch qua hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang

A2- Kênh chuyển nước từ sông Tam Kỳ đến sông Trường Giang

A3- Kênh chuyển nước từ hồ Sông Đầm đến sông Tam Kỳ

B- Kênh chuyển nước từ sông Trường Giang ra biển (kết hợp với A1 hoặc A2)

C- Đê ở bờ tả và bờ hữu trên sông Bàn Thạch

D- Đê ở bờ tả và bờ hữu trên sông Bàn Thạch và kênh chuyển nước A1

6.4.2. Thiết kế sơ bộ giải pháp

6.4.2.1. Phương án đào tuyến thoát lũ

1. Tuyến thoát lũ chuyển nước từ hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang (PA1.1)

Kênh chuyển nước từ sông Bàn Thạch đến hồ Sông Đầm được đề xuất nhằm phân lũ, giảm tải dòng chảy về trung tâm TP. Tam Kỳ. Nước lũ sẽ được điều tiết qua hai cửa cống rộng 30 m đặt tại hạ lưu sông Bàn Thạch và dẫn vào hồ Sông Đầm thông qua kênh chuyển hiện có. Từ đây, nước được thoát ra sông Trường Giang qua một kênh mới dài khoảng 2 km, rộng đáy 50 m. Mực nước hồ được kiểm soát bằng cống hoặc đập tràn, đảm bảo dao động tự nhiên giữa mùa mưa và mùa khô khoảng 1–1,5 m.

Giải pháp này giúp hình thành khu vực trữ lũ chủ động, tạo môi trường đất ngập nước linh hoạt, cải thiện chất lượng nước và góp phần phát triển không

gian sinh thái, giải trí cho khu vực ven đô TP. Tam Kỳ. Việc triển khai dự án đòi hỏi khối lượng đào đắp khoảng 700–1.000 nghìn m³, thu hồi đất và bố trí tái định cư phù hợp; đồng thời xây dựng cầu qua kênh và các công trình giao cắt cần thiết.

2. Tuyến thoát lũ chuyển nước từ chuyển nước từ sông Tam Kỳ (hạ lưu thành phố Tam Kỳ) đến sông Trường Giang (PA1.2)

Một phương án chuyển lũ thay thế kết nối sông Tam Kỳ ngay hạ lưu thành phố Tam Kỳ với sông Trường Giang . Kênh chuyển nước có kích thước tương tự như phương án trên, và đòi hỏi công việc đào đắp tương tự và tiềm năng thu hồi đất và tái định cư. Dòng chảy trong kênh chuyển nước cũng sẽ cần phải được kiểm soát bởi đập tràn có chiều rộng 50 m.

Phương án chuyển lũ này ít hiệu quả hơn trong việc giảm nguy cơ ngập lụt so với Phương án 1.1 ở trên.

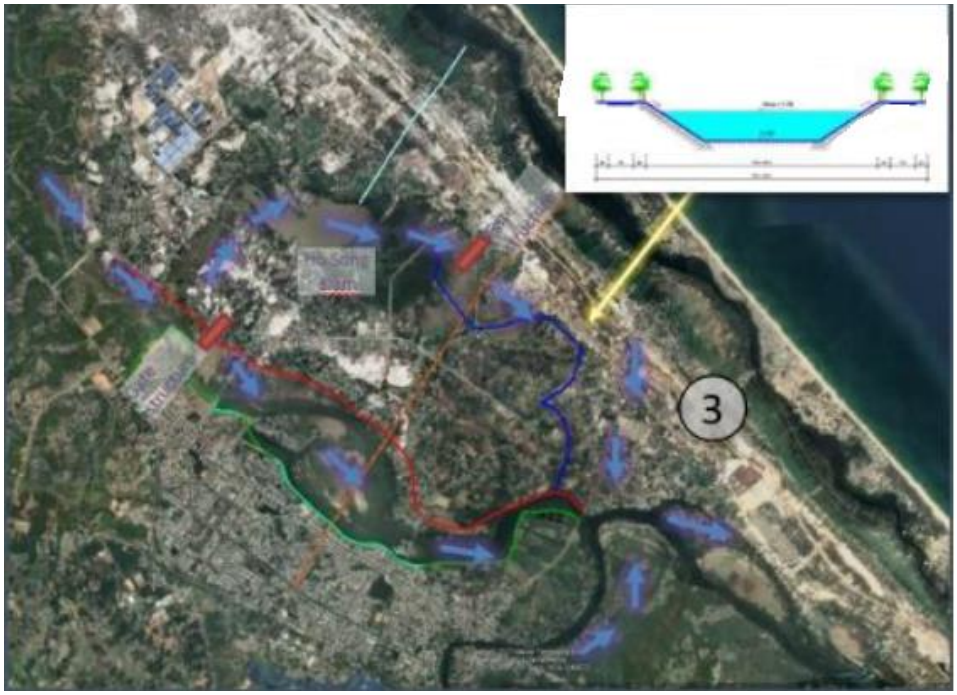
Hình 6-8. Phương án chuyển lũ từ sông Tam Kỳ đến sông Trường Giang

3. Tuyến thoát lũ chuyển nước từ chuyển nước từ hồ Sông Đầm trở lại sông Tam Kỳ (PA1.3)

Khả năng thoát lũ của hệ thống sông Bàn Thạch – Tam Kỳ có thể được nâng cao thông qua việc xây dựng kênh nối từ sông Bàn Thạch qua hồ Sông Đầm đến sông Tam Kỳ ở hạ lưu thành phố. Giải pháp này nằm trong khuôn khổ Dự án "Đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu tỉnh Quảng Nam" do Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB) tài trợ. Khi vận hành, kênh sẽ góp phần hạ thấp

mực nước sông Bàn Thạch tại khu vực thượng lưu hợp lưu với sông Tam Kỳ, giảm nguy cơ ngập lụt cho khu vực đô thị.

Kênh chuyển nước dự kiến dài khoảng 6 km, rộng 50 m và sâu 6,5 m, kết nối hồ Sông Đầm với sông Tam Kỳ, đòi hỏi thu hồi đất và bố trí tái định cư cho người dân bị ảnh hưởng. Để điều tiết dòng chảy, hệ thống cửa cống tương tự như trên sông Bàn Thạch cần được lắp đặt nhằm kiểm soát phân lũ. Ngoài ra, có thể bố trí thêm cống điều tiết rộng 30 m trong kênh nhằm kiểm soát mực nước hồ Sông Đầm, tăng hiệu quả điều tiết và giảm thiểu rủi ro ngập lụt cho khu vực hạ lưu.



Hình 6-9. Phương án chuyển lũ từ sông Bàn Thạch đến Tam Kỳ qua hồ sông Đầm

4. Tuyến thoát lũ chuyển nước từ chuyển nước từ sông Trường Giang ra biển (PA1.4)

Các phương án chuyển nước 1.1 và 1.2 sẽ làm tăng mực nước lũ ở lưu vực sông Trường Giang. Để giảm thiểu tác động này, một kênh chuyển nước thứ hai có thể được xây dựng để xả nước lũ dư thừa từ sông Trường Giang ra biển. Do đó, kênh chuyển nước này không phải là một lựa chọn độc lập mà nên được kết hợp với một trong những kênh chuyển nước kết nối hệ thống sông Bàn Thạch / Tam Kỳ và sông Trường Giang.

Kênh chuyển nước này đòi hỏi phải xây dựng một kênh dài khoảng 400 m và chiều rộng đáy 50 m. Vị trí này là đoạn hẹp nhất giữa sông và biển, và cung cấp một sự liên kết tốt với kênh chuyển nước giữa hồ và sông Trường Giang. Đất đai, nhà cửa và tài sản hiện có dọc theo con đường sẽ phải được giải tỏa / di dời để xây dựng kênh. Một cây cầu đường bộ sẽ được xây dựng để tăng cường tiếp cận các khu đô thị và du lịch dọc theo bãi biển.

Một cống hai cửa bề rộng 25 m có thể được xây dựng để tạo điều kiện đóng kênh dẫn trong điều kiện bình thường, và chỉ sử dụng nó khi xả lũ. Lựa chọn khác, kênh có thể được mở tự do. Điều này sẽ có tác động tích cực đến lưu thông nước và chất lượng nước trong sông. Tuy nhiên, điều này cũng làm tăng rủi ro cho lưu vực sông Trường Giang bị ảnh hưởng trực tiếp hơn với nước dâng do bão.

6.4.2.2. Phương án đê bao

- Phương án Đê hiện trạng / quy hoạch (Phương án 2.1): Phương án này sẽ bảo vệ trung tâm TP Tam Kỳ trước lũ sông với tần suất 2,5%. Tổng diện tích tại TP Tam Kỳ và các huyện Thăng Bình, Núi Thành bị ngập sâu hơn 1 m trong trường hợp xảy ra lũ 1/10 năm sẽ giảm khoảng 1.045 ha so với kịch bản cơ sở.

- Phương án Đê hiện trạng / quy hoạch, kết hợp với kênh chuyển nước từ hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang (Phương án 2.2): Trong trường hợp hệ thống đê được kết hợp với phương án chuyển nước 1.1, tổng diện tích ngập lụt tại TP Tam Kỳ và các huyện Thăng Bình, Núi Thành sẽ giảm khoảng 995 ha so với kịch bản cơ sở trong trường hợp xảy ra ngập 1/10 năm. Nhìn chung điều này tương tự như phương án 2.1 nhưng diện tích ngập lụt ở TP Tam Kỳ giảm trong khi nó tăng lên ở lưu vực sông Trường Giang ít dân cư hơn.

Một con đê được xây dựng ở bờ hữu sông Bàn Thạch để bảo vệ Thành phố Tam Kỳ trước ngập lụt.

6.4.3. Kết quả tính toán mô phỏng

6.4.3.1. Phương án tuyến thoát lũ

1. Phương án 1.1: Kết quả mô phỏng cho thấy, khi xem xét TP Tam Kỳ và khu vực Tam Kỳ/Chu Lai mở rộng, các nguy cơ ngập lụt - mức độ ngập lụt

và độ sâu - được giảm thiểu ở quy mô tương đối hạn chế. Việc vận hành kênh chuyển nước chuyển các nguy cơ ngập lụt từ khu đô thị đông dân cư của Thành phố Tam Kỳ sang các khu vực ít dân cư khác trong thung lũng sông Trường Giang. Kênh chuyển nước giảm độ sâu ngập tối đa lũ dọc theo sông Bàn Thạch thuộc thành phố Tam Kỳ và huyện Núi Thành lên đến 1 m, nhưng nâng mực nước tối đa dọc sông Trường Giang lên tới 0,6 m.

2. Phương án 1.2: Kênh chuyển nước này ít hiệu quả hơn trong việc giảm nguy cơ ngập lụt so với Phương án 1.1 đã thảo luận trước đó.

3. Phương án 1.3: Kênh chuyển nước này góp phần ít hơn vào việc giảm nguy cơ ngập lụt so với cả hai phương án 1.1 và 1.2 được thảo luận trước đó. Độ sâu ngập tối đa ở trung tâm thành phố Tam Kỳ giảm tới 0,5 m, nhưng làm tăng mực nước tối đa ở hồ Sông Đầm và xung quanh kênh đào.

4. Phương án 1.4: Kênh dự kiến sẽ dễ bị bồi lắng và xói mòn do vận chuyển trầm tích dọc bờ biển. Do đó, một kết nối khép kín (có cống) với sông Trường Giang đòi hỏi phải bảo trì thường xuyên tại bờ biển để tránh bị bồi lấp. Một kết nối mở với sông Trường Giang cho phép thủy triều lan truyền qua kênh, và sẽ góp phần giảm trầm tích và giữ cho kênh mở. Tuy nhiên, điều này tạo ra một điều kiện thủy lực cần nghiên cứu thêm.

Kênh chuyển nước này có thể giảm thiểu sự gia tăng phần lớn mực nước lũ ở lưu vực sông Trường Giang do hoạt động của các phương án chuyển nước 1.1 và 1.2. Nó cũng làm giảm thêm mực nước ngập trong và xung quanh thành phố Tam Kỳ. Việc giảm nguy cơ ngập lụt cho kênh chuyển nước ra biển chưa được tính toán cho tùy chọn này.

6.4.3.2. Phương án đê bao

- Phương án 2.1: Kết quả tính toán mô phỏng thấy rằng Tổng diện tích tại TP Tam Kỳ và các huyện Thăng Bình, Núi Thành bị ngập sâu hơn 1 m trong trường hợp xảy ra lũ 1/10 năm sẽ giảm khoảng 1.045 ha so với kịch bản cơ sở.

- Phương án 2.2: Trong trường hợp hệ thống đê được kết hợp với phương án đào tuyến thoát lũ theo phương án 1.1, tổng diện tích ngập lụt tại TP Tam Kỳ và các huyện Thăng Bình, Núi Thành sẽ giảm khoảng 995 ha so với kịch

bản cơ sở trong trường hợp xảy ra ngập 1/10 năm. Nhìn chung điều này tương tự như phương án 2.1 nhưng diện tích ngập lụt ở TP Tam Kỳ giảm trong khi nó tăng lên ở lưu vực sông Trường Giang ít dân cư hơn.

6.4.4. Phân tích, đánh giá kết quả của các phương án tính toán

Bảng 6.4. Phân tích, đánh giá các giải pháp đề xuất

TT	Phương án tính toán	Diện tích ngập lụt (ha) theo độ sâu ngập lụt (m)						
		0 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	>3
I	**Trường hợp 1: Điều kiện khí hậu hiện tại – Tần suất 10%**							
0	Điều kiện cơ sở	591,9	687,4	567,1	520,8	442,3	523,1	682,6
1	Đê hai bên sông Bàn Thạch	378,8	471,9	318,9	248,2	311,8	333,7	479,5
2	Đê hai bên sông Bàn Thạch và kênh chuyển nước từ hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang	400,5	403,1	379	332,4	587,8	349,2	93,3
II	**Trường hợp 2: Điều kiện khí hậu hiện tại – Tần suất 1%**							
0	Điều kiện cơ sở	539,4	674,8	590	630,9	507,6	535	1.786,10
1	Đê hai bên sông Bàn Thạch	539,4	674,8	590	630,9	507,6	535	1.786,10
2	Đê hai bên sông Bàn Thạch và kênh chuyển nước từ hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang	427,9	359,1	402,1	411,5	393,7	309,7	968,7
III	**Trường hợp 3: Điều kiện Biến đổi khí hậu năm 2050 - Tần suất 10%**							
0	Điều kiện cơ sở	634,5	585,3	609,5	508,3	492,4	565,4	1.651,40
1	Đê hai bên sông Bàn Thạch	634,5	585,3	609,5	508,3	492,4	565,4	1.651,40
2	Đê hai bên sông Bàn Thạch và kênh chuyển nước từ hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang	322,2	341,6	396,6	383,9	342,1	317,7	855,8
IV	**Trường hợp 4: Điều kiện Biến đổi khí hậu năm 2050 - Tần suất 1%**							
0	Điều kiện cơ sở	231,3	294,8	315,6	373,8	515,9	638,7	4.303,00
1	Đê hai bên sông Bàn Thạch	231,3	294,8	315,6	373,8	515,9	638,7	4.303,00
2	Đê hai bên sông Bàn Thạch và kênh chuyển nước từ hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang	243,6	327,3	487	541,1	588,8	544	3.919,90

Đánh giá chung:

Phương án 1: Về cơ bản, đê hai bên sông Bàn Thạch làm tăng hiệu quả giảm thiểu rủi ro ngập lụt đối với các hiện tượng ngập lụt trong điều kiện khí hậu hiện nay.

Phương án 2: Ngoài đê bao, kênh thoát lũ từ hồ Sông Đầm đến sông Trường Giang được xây dựng làm tăng hiệu quả giảm thiểu rủi ro ngập lụt.

Kết luận chương 6:

Chương 6 đã đánh giá năng lực ứng phó thực tế của thành phố Đà Nẵng và tỉnh Quảng Nam trong công tác phòng, chống và giảm nhẹ rủi ro lũ lụt, đồng thời đề xuất các giải pháp tổng hợp phù hợp với điều kiện đặc thù của từng địa phương.

Trên cơ sở phân tích hiện trạng, chương đã lựa chọn và đề xuất các nhóm giải pháp công trình và phi công trình; xác định tuyến, chỉ giới thoát lũ và cao trình vượt lũ cho các công trình trọng điểm; đồng thời đề xuất phương án đê bao bảo vệ các khu vực quan trọng về quốc phòng, an ninh và kinh tế - xã hội vùng hạ du sông Vu Gia – Thu Bồn.

Các kết quả nghiên cứu là cơ sở định hướng cho quy hoạch phòng chống lũ lụt bền vững, góp phần nâng cao hiệu quả ứng phó khẩn cấp và tăng cường năng lực thích ứng của địa phương trước các hiện tượng thiên tai cực đoan trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Với vị trí địa lý đặc thù và địa hình phức tạp, hàng năm các lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn (VGTB) phải đối mặt với rất nhiều loại hình thiên tai, trong đó lũ, ngập lũ là loại hình thiên tai gây tổn thất nặng nề nhất về kinh tế, xã hội cho vùng hạ du, ảnh hưởng lớn đến cơ hội, khả năng thu hút đầu tư của tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng. Nó không những làm giảm tăng trưởng GDP mà còn trực tiếp cướp đi sinh mạng của nhiều người dân, đẩy một bộ phận dân chúng (những người nghèo nhất) quay trở lại ranh giới nghèo đói. Đặc biệt trong những năm gần đây, lưu vực sông VGTB đã phải liên tục gánh chịu những ảnh hưởng nghiêm trọng bởi bão, lũ và lụt.

Với truyền thống hàng nghìn năm chung sống, ứng phó với các loại hình thiên tai, cùng với nỗ lực của Chính phủ, các cấp chính quyền và người dân, Việt Nam đã đạt được những thành tựu đáng kể trong công tác phòng tránh thiên tai. Cụ thể, công tác quản lý và tổ chức phòng, tránh thiên tai đang được nỗ lực triển khai ở tất cả các cấp từ trung ương đến địa phương, từ nhận thức, khái niệm đến hành động thực tiễn. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của các nguyên nhân như: biến đổi khí hậu toàn cầu, bề mặt thảm phủ bị suy thoái do nạn chặt phá rừng, phát triển kinh tế làm đẩy nhanh tốc độ đo thị hóa, công nghiệp hóa, và chuyển đổi đất rừng thành đất canh tác. Mặt khác, việc xây dựng và vận hành các hồ chứa thủy điện ở thượng lưu sông VGTB đã làm thay đổi đánh kể chế độ thủy văn, thủy lực trên lưu vực, dẫn đến công tác dự báo, cảnh báo lũ gặp nhiều khó khăn hơn. Bên cạnh đó là sự gia tăng về dân số và cơ sở hạ tầng, đô thị dẫn đến thiệt hại do lũ gây ra có xu hướng ngày càng tăng và ngày càng cực đoan hơn.

Trên thế giới và trong nước đã có những đóng góp quan trọng trong việc đánh giá, dự báo mưa, lũ lớn và công tác vận hành xả lũ hỗ trợ ra quyết định nhằm giảm thiểu tối đa rủi ro thiên tai ở hầu hết các lưu vực sông trên. Các nghiên cứu đã ứng dụng một số các công nghệ tiên tiến trên thế giới như ứng dụng kết quả từ mô hình mô phỏng khí tượng-thủy văn để đánh giá nguy cơ về

lũ, lụt, các tình huống xả lũ khẩn cấp hay vỡ đập. Một số ít các nghiên cứu cũng bắt đầu đề cập đến việc sử dụng các công cụ DSS hỗ trợ ra quyết định trong công tác phòng chống thiên tai. Một số khác cũng đã đưa ra một số giải pháp căn bản trong ứng phó với các tình huống do xả lũ khẩn cấp hay vỡ đập mà dẫn đến nguy cơ gây ra lũ chồng lũ cho nhiều khu vực ở hạ du, xây dựng được các bản đồ ngập lụt ứng với các kịch bản mưa lũ, lớn. Tuy nhiên, các nghiên cứu vẫn còn một số vấn đề tồn tại cần được tiếp tục giải quyết. Các hạn chế bao gồm việc thiếu ứng dụng các bộ công cụ đánh giá, tính toán mưa, lũ lớn và vận hành tối ưu, các bộ công cụ về quy trình và khung hỗ trợ ra quyết định.

Hơn nữa, tại Khu vực miền Trung và LVS Vu Gia – Thu Bồn vẫn còn một số tồn tại trong công tác ứng phó với mưa lũ và an toàn đập, trong đó có các tồn tại của hệ thống thủy lợi, hồ chứa thủy lợi, hồ chứa thủy điện, hệ thống tiêu thoát nước hệ thống đê điều và cả công tác dự báo, cảnh báo mưa lũ và vỡ đập.

Với mong muốn giảm thiểu thiệt hại do lũ gây ra, cũng như chuẩn bị sẵn sàng cho các tình huống có thể xảy ra đối với các hồ chứa trong quá trình khai thác vận hành.

Các nghiên cứu của đề tài đạt được các mục tiêu đặt hàng của bộ KHCN:

- Đánh giá được khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

- Xây dựng được quy trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và xảy ra vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

- Đề xuất được giải pháp giảm thiểu thiệt hại tới hạ du khi xảy ra lũ lớn, vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

Các kết quả đóng góp của đề tài:

1- Đề tài đã thực hiện các công việc thu thập, chỉnh lý và hệ thống hóa các số liệu đã có. Đo đạc khảo sát bổ sung tài liệu địa hình, thuỷ văn đây là một bộ cơ sở dữ liệu có khối lượng lớn và quan trọng phục vụ cho các nội dung nghiên cứu của đề tài và cho các nghiên cứu tiếp theo trên lưu vực.

Công tác thu thập, điều tra cập nhật và thành lập bộ số liệu cơ bản bao gồm: (i) Thu thập, tổng hợp các số liệu trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn (các tài liệu KTTV, mặt đệm, thổ nhưỡng; tài liệu địa hình và các mặt cắt sông phục vụ công tác tính toán thủy lực; tài liệu vận hành hồ chứa; các bộ dữ liệu không gian về mô phỏng khí hậu-CMIP6, mưa VnGP, mưa số trị, ảnh viễn thám và các tài liệu về kinh tế xã hội khác v.v.); (ii) Đo đạc, khảo sát bổ sung, cập nhật mặt cắt ngang sông, cầu, cống, đường giao thông phục vụ thiết lập mô hình toán thủy văn, thủy lực lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

2 - Nghiên cứu tổng kết cơ sở khoa học và thực tiễn ứng phó với khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên thế giới và Việt Nam:

Ngoài việc nghiên cứu đánh giá về các kết quả nghiên cứu đã có trong và ngoài nước liên quan, công tác nghiên cứu thực tiễn ứng phó với khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập nhằm cung cấp thông tin, làm rõ, từ đó chỉ ra những tồn tại, những điểm cần khắc phục, bổ sung. Việc nghiên cứu sẽ gồm các nội dung chính là tổng quan đánh giá về các kết quả nghiên cứu đã có trong và ngoài nước liên quan đến vấn đề nghiên cứu, tổng quan về ứng phó với khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn và các bài học thực tiễn ứng phó với những tình huống nêu trên.

3 - Nghiên cứu đánh giá khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn trong điều kiện bình thường:

Dựa trên cơ sở số liệu quan trắc về KTTV đề tài đã: (i) tiến hành phân tích đặc điểm mưa lớn và sự hình thành lũ lớn lưu vực Vu Gia-Thu Bồn; (ii) đánh giả khả năng xảy ra lũ lớn trước và sau khi xây dựng các công trình thủy lợi, thủy điện; (iii) nghiên cứu phân tích, đánh giá nguy cơ vỡ đập trên lưu vực (gồm các hồ thủy điện: điện A Vương, sông Bung 4, sông Bung 2, Đăk Mi4 và sông Tranh 2); và (iv) đánh giá nguy cơ và rủi ro lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn trong điều kiện bình thường.

4 - Nghiên cứu đánh giá khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn trong điều kiện BĐKH:

Hiện tại đã có một số nghiên cứu trong và ngoài nước đánh giá về tác động của BĐKH đến chế độ dòng chảy do những thay đổi về mưa, nhiệt độ và bốc hơi trên lưu vực. Tuy nhiên, các mô hình khí hậu có độ phân giải cao thường có thời đoạn mô phỏng ngắn, vì vậy việc tính toán, phân tích tần suất mưa, lũ chưa thực sự hợp lý. Thêm vào đó, các mô hình khí hậu luôn tồn tại tính không chắc chắn. Do vậy, Đề tài này tập trung phân tích, đánh giá biến động về mưa lớn ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn được dự báo bởi tổ hợp các mô hình khí hậu, thuộc dự án "So sánh giữa các mô hình - giai đoạn 6 – CMIP6", được xây dựng dựa trên các kịch bản cập nhật nhất về phát thải khí nhà kính. Dựa trên kết quả dự báo về mưa lớn (đã được hiệu chỉnh sai số), mô hình thủy văn sẽ được áp dụng để tính toán dòng chảy và lan truyền lũ ở hạ du lưu vực sông. Đánh giá thay đổi về tần suất và cường độ mưa, lũ sẽ được so sánh với giai đoạn chuẩn. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã thực hiện các nội dung khoa học : Nghiên cứu đánh giá khả năng xảy ra lũ lớn và nguy cơ vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn trong điều kiện BĐKH.

5 - Nghiên cứu xây dựng các phương án ứng phó khẩn cấp khi xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn:

Đề tài đã xây dựng kịch bản xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và sự cố vỡ đập; xây dựng bộ công cụ tính toán mô hình toán (MHT) tính toán xây dựng bản đồ ngập lụt, bản đồ nguy cơ lũ lụt và đề xuất phương án ứng phó cho từng kịch bản cụ thể.

6 - Nghiên cứu xây dựng qui trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và xảy ra vỡ đập lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

Để có thể thực hiện công tác ứng phó với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và xảy ra vỡ đập lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn, thì việc thiết lập qui trình và khung hỗ trợ ra quyết định là vô cùng cần thiết để xây dựng chính sách và là cơ sở quan trọng để chủ động xây dựng giải pháp dài hạn về giảm thiểu rủi ro thiên tai và đảm bảo an toàn hồ đập. Các hoạt động chính bao gồm: tổng quan các văn bản pháp luật liên quan; nghiên cứu xây dựng qui trình ứng

phó với các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và sự cố vỡ đập, xây dựng khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống trên; dự thảo qui trình và khung hỗ trợ ra quyết định. Các nội dung chính đó là:

- Quy trình nhận biết tình huống: Đưa ra các tiêu chí nhận biết các tình huống xảy ra lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ vỡ đập và các bước thực hiện gồm: Bước 1: Tính toán, trích xuất kết quả và so sánh với tiêu chí; Bước 2: Phân tích, đánh giá về các tình huống có thể xảy ra; Bước 3: Kết luận nguy cơ xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập.

- Quy trình đánh giá mức độ nguy hiểm: Đưa ra các tiêu chí đánh giá mức độ nguy hiểm của các tình huống và các bước thực hiện gồm: Bước 1: Tính toán phân vùng mức độ nguy hiểm, lập bản đồ nguy cơ ngập lũ cho từng nhóm đối tượng; Bước 2: Kết luận về mức độ nguy hiểm của các tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp và xảy ra vỡ đập.

- Khung hành động ứng phó gồm Các hoạt động trước, trong và sau khi xảy ra tình huống lũ lớn, xả lũ khẩn cấp, nguy cơ vỡ đập.

7 - Nghiên cứu đề xuất các giải pháp phòng chống giảm thiểu rủi ro lũ gắn liền với điều kiện thực tế trên trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn và năng lực ứng phó khẩn cấp của địa phương:

- Từ kết quả phân tích hiện trạng về năng lực thực tế của chính quyền địa phương trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn khi xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập và nghiên cứu các giải pháp (công trình và phi công trình) ứng phó khẩn cấp với từng tình huống xả lũ, vỡ đập đảm bảo an toàn hồ đập và tính mạng tài sản của người dân vùng hạ lưu, bao gồm các giải pháp ứng phó trước, trong và sau khi có sự cố xảy ra.

- Đề xuất các giải pháp phòng chống giảm thiểu thiệt hại:

+ Đề xuất tăng cường mạng lưới quan trắc KTTV và hệ thống thông tin cảnh báo lũ lụt khu vực thượng lưu và hạ lưu các hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn; Giải pháp nâng cao chất lượng tính toán, dự báo dòng chảy lũ đến hồ chứa: công cụ tính toán dòng chảy lũ đến hồ chứa, công cụ hỗ trợ vận hành hồ chứa ...

+ Phân tích, lựa chọn các giải pháp phòng chống giảm thiểu rủi ro lũ phù hợp với điều kiện, năng lực thực tế của địa phương và xây dựng phương án ứng phó các tình huống xả lũ (xả lũ bình thường, xả lũ khẩn cấp và vỡ đập

+ Đề xuất giải pháp xác định tuyến, chỉ giới thoát lũ vùng hạ du và cao trình vượt lũ đối với các công trình quan trọng khi đầu tư xây dựng và nâng cấp; Giải pháp mở rộng, tăng khả năng thoát lũ cho các cửa sông (cửa Hàn, cửa Đại, cửa Lở, cửa An Hoà) và các cầu, cống cắt ngang sông Vu Gia-Thu Bồn.

+ Đề xuất giải pháp xây dựng đê bao bảo vệ các khu vực trọng điểm về quốc phòng, an ninh và kinh tế xã hội quan trọng.

Các tồn tại, hạn chế hướng nghiên cứu tiếp

- Đây mới chỉ là các tình huống giả định để đưa ra hướng các quyết định ứng phó.....các kịch bản mới chỉ mang tính đại diện (mưa lũ, vỡ đập)

Do vậy để hoàn thiện hướng nghiên cứu tiếp của Đề tài:

- Xây dựng mô hình dự báo cảnh báo sớm (mưa lũ, vỡ đập) theo thời gian thực

- Xây dựng đội ngũ chuyên gia áp dụng phương pháp, mô hình tính toán phân tích và cập nhật trực tiếp các trường hợp xảy ra theo dự báo mưa lũ, cảnh báo sớm và theo thời gian thực và đưa ra các phương án ứng phó khẩn cấp.

KIẾN NGHỊ

Trước những biến động bất thường và khả năng xuất hiện các cực đoan của thời tiết do BĐKH, kết quả nghiên cứu của Đề tài là các giải pháp và định hướng trong công tác phòng chống thiên tai. Các kết quả này đều dựa trên các cơ sở khoa học và thực tiễn của hai tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng, đề tài kiến nghị :

- Triển khai các bước tiếp theo lộ trình chung là xây dựng các đề án, dự án cụ thể cho từng hạng mục của ứng phó, phòng chống thiên tai ở hai địa phương trên cơ sở nghiên cứu đề xuất của đề tài. Cụ thể như: dự án cắm mốc quy hoạch chỉ giới thoát lũ và cao trình vượt lũ của các công trình quan trọng cơ sở hạ tầng và sơ tán dân trong các trường hợp thiên tai khẩn cấp; xây dựng

các đê bao bảo vệ các khu vực trọng điểm về quốc phòng, an ninh và kinh tế xã hội.v.v.

- Cần thiết phải hiện đại hoá, xây dựng một hệ thống quan trắc các yếu tố khí tượng thủy văn hiện đại trên lưu vực. Hệ thống này giúp cho việc thu thập các số liệu cần thiết trong nghiên cứu khoa học cũng như trong công tác phục vụ phòng chống thiên tai phát triển kinh tế xã hội trên toàn lưu vực.

- Xây dựng lực lượng khoa học công nghệ tiếp cận và sử dụng các bộ công cụ tính toán hiện đại nhằm tham mưu hỗ trợ ra quyết định kịp thời cho các cấp quản lý, nhằm ứng phó với thiên tai do lũ lớn , vỡ đập có thế xảy ra .

- Tuyên truyền phổ biến cho người dân ở từng hộ gia đình, thôn, xóm, xã phường của hai tỉnh các kiến thức chung về phòng chống thiên tai và những giải pháp xử lý cụ thể cho từng hộ gia đình, thôn, xóm, xã, phường trong các trường hợp khẩn cấp. Đặc biệt chú ý tới các vấn đề về cực đoan, về xả lũ lớn, lũ khẩn cấp và trong trường hợp có thể xảy ra vỡ đập.

- Các nghiên cứu cơ sở mang tính định hướng của đề tài có thể vận dụng, áp dụng cho các lưu vực khác trên cơ sở bổ sung thêm điều kiện cụ thể của mỗi lưu vực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Viện Khoa học Thuỷ lợi Việt Nam (2021), " Quy hoạch tỉnh Quảng Nam thời kỳ 2021-2030 và tầm nhìn đến 2050".

[2] Viện Khoa học Thuỷ lợi miền Trung và Tây Nguyên " Quy hoạch thành phố Đà Nẵng thời kỳ 2021-2030 và tầm nhìn đến 2050".

[3] David Novak, "Ask the scientist: Extreme rainfall, why it happens and how we predict it," Aug. 08, 2018. https://www.noaa.gov/stories/ask-scientist-extreme-rainfall-why-it-happens-and-how-we-predict-it (accessed Jan. 31, 2023).

[4] S. Yokoi and J. Matsumoto, "Collaborative Effects of Cold Surge and Tropical Depression–Type Disturbance on Heavy Rainfall in Central Vietnam," *Monthly Weather Review*, vol. 136, no. 9, pp. 3275–3287, Sep. 2008, doi: 10.1175/2008MWR2456.1.

[5] "Báo cáo - Đánh giá môi trường (ĐM)." Dự án quản lý thiên tai (WB5), Mar. 2012.

[6] "Lũ bủa vây phố cổ Hội An - VnExpress Du lịch," 2020. https://vnexpress.net/lu-bua-vay-pho-co-hoi-an-4179461.html (accessed Mar. 03, 2023).

[7] "Trung tâm Chính sách và Kỹ thuật phòng chống thiên tai." http://dmc.gov.vn/kien-thuc-co-ban/lu-pt32.html?lang=vi-VN (accessed Mar. 03, 2023).

[8] "Nhìn lại trận lụt 'Đại họa năm Thìn' ở miền trung năm 1964." https://phong-manulife.moma.vn/tin-tuc/nhin-lai-tran-lut-dai-hoa-nam-thin-o-mien-trung-nam-1964 (accessed Apr. 05, 2023).

[9] Nguyễn Bá Quỳ, "Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến các thiên tai liên quan đến dòng chảy (lũ lụt, khô hạn) tỉnh Quảng Nam, Việt Nam." Báo cáo Dự án P1-08-VIE, chuyên đề 5, 2010.

[10] Nguyễn Thanh Sơn and Cấn Thu Văn, "Các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương - Lý luận và thực tiễn: Phần 1: Khả năng ứng dụng trong đánh giá tính dễ bị tổn thương lũ lụt ở miền Trung Việt Nam." Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 28(3S), tr. 115-122, 2012.

[11] "Lũ đặc biệt lớn trên các sông Quảng Nam," Nov. 06, 2017. https://laodong.vn/xa-hoi/lu-dac-biet-lon-tren-cac-song-quang-nam-574384.ldo (accessed Apr. 05, 2023)

[12] Trần Văn Tình, "Xây dựng bản đồ ngập lụt vùng hạ lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn." Đại học Quốc gia Hà Nội, 2013.

[13] Nguyễn Văn Tỉnh and Nguyễn Quang Trung, "Đề tài cấp nhà nước: Nghiên cứu xác định khả năng chịu tải và dòng chảy tối thiểu của sông Vu Gia - Thu Bồn." Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2015.

[14] Trung tâm Khí tượng Thủy văn tỉnh Quảng Nam, "Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ, đặc điểm khí hậu thủy văn Quảng Nam năm 2012." 2012.

[15] "Quyết định 1962/QĐ-UBND năm 2021 về Kế hoạch phòng, chống thiên tai trên địa bàn tỉnh Quảng Nam giai đoạn 2021-2025," Quyết định 1962/QĐ-UBND năm 2021 về Kế hoạch phòng, chống thiên tai trên địa bàn tỉnh Quảng Nam giai đoạn 2021-2025 Số hiệu 1962/QĐ-UBND - LawNet. https://lawnet.vn/vb/Quyet-dinh-

1962-QD-UBND-2021-ke-hoach-phong-chong-thien-tai-tinh-Quang-Nam-75ED0.html (accessed Mar. 25, 2023).

[16] "Quyết định 875/QĐ-KHĐT năm 2003 Quy hoạch thủy điện sông Vu Gia - Thu Bồn." https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Xay-dung-Do-thi/Quyet-dinh-875-QD-KHDT-nam-2003-Quy-hoach-thuy-dien-song-Vu-Gia-Thu-Bon-143417.aspx (accessed Mar. 06, 2023).

[17] Hoàng Thái Bình, "Xác định hành lang thoát lũ trên sông vùng hạ du Vu Gia - Thu Bồn (thuộc thành phố Đà Nẵng) khi hệ thống công trình thủy điện ở thượng du đi vào vận hành trong bối cảnh biến đổi khí hậu." báo cáo tổng kết đề tài mã số VAST-NĐP.12/15-16, Hà Nội, 2017.

[18] Hoàng Thanh Sơn, Vũ Thị Thu Lan, and Nguyễn Đại Trung, "Biến động lan truyền mặn vùng hạ lưu sông Vu Gia - Thu Bồn dưới tác động vận hành của các công trình thủy điện." Tạp chí Khí tượng thủy văn, Jun. 2018.

[19] Tô Thúy Nga and Lê Hùng, "Ảnh hưởng xả lũ của hồ chứa thủy điện A Vương đến ngập lụt hạ lưu Vu Gia - Thu Bồn." Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, số 37, 2012.

[20] Kiều Xuân Tuyển, "Thuyết minh đề tài: Nghiên cứu xây dựng các phương án ứng phó khẩn cấp với khả năng xảy ra lũ lớn và sự cố vỡ đập trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn."

[21] "Quyết định 05/2020/QĐ-TTg mực nước tương ứng với các cấp báo động lũ trên sông phạm vi cả nước." https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Quyet-dinh-05-2020-QD-TTg-muc-nuoc-tuong-ung-voi-cac-cap-bao-dong-lu-tren-song-pham-vi-ca-nuoc-433671.aspx (accessed Mar. 09, 2023)

[22] Dương Quốc Huy C., Nguyễn Tùng Phong, Trần Đăng, and Nguyễn Văn Duy, "Tác động của các công trình hồ, đập đối với dòng chảy trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn," 2013.

[23] V. H. Lê, "Nghiên cứu tính toán ngập lụt và ảnh hưởng của nó đến hạ du hồ chứa Khe Tân trong trường hợp xả lũ và vỡ đập :Luận Văn thạc sĩ chuyên ngành Thủy văn học: 60-44-90," 2020.

[24] Q. L. Hoàng, Đ. K. Đặng, and Đ. Đ. Đặng, "Nghiên cứu ảnh hưởng của vỡ đập, hồ chứa đến hệ thống công trình đường bộ trong bối cảnh biến đổi khí hậu," *Cầu đường Việt Nam*, vol. 68, no. 1+2.

[25] T. C. MacDonald and J. Langridge-Monopolis, "Breaching Charateristics of Dam Failures," *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 110, no. 5, pp. 567–586, May 1984, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1984)110:5(567).

[26] X. Zhang, R. Srinivasan, and F. Hao, 'Predicting Hydrologic Response to Climate Change in the Luohe River Basin Using the SWAT Model', *Transactions of the ASABE*, vol. 50, no. 3, pp. 901–910, 2007, doi: 10.13031/2013.23154.

[27] Trần Quốc Đạt, N. H. Trung, and L. Kanchit, 'Mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động mực nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng từ thượng nguồn', *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 2012.

[28] 'PCMDI - An overview of CMIP'. https://pcmdi.llnl.gov/mips/cmip/overview_ms/ms_text.html (accessed Jun. 30, 2022).

[29] G. A. Meehl *et al.*, 'THE WCRP CMIP3 Multimodel Dataset: A New Era in Climate Change Research', *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 88, no. 9, pp. 1383–1394, Sep. 2007, doi: 10.1175/BAMS-88-9-1383.

[30] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, *Thông tin khoa học Những điểm nổi bật của báo cáo đánh giá lần thứ 6 (AR6-WGI) của ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu và xây dựng kế hoạch cập nhật kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*. Tạp chí khoa học và biến đổi khí hậu, 2021.

[31] M. Almazroui, S. Saeed, F. Saeed, M. N. Islam, and M. Ismail, 'Projections of Precipitation and Temperature over the South Asian Countries in CMIP6', *Earth Syst Environ*, vol. 4, no. 2, pp. 297–320, Jun. 2020, doi: 10.1007/s41748-020-00157-7.

[32] F. Yazdandoost, S. Moradian, A. Izadi, and A. Aghakouchak, 'Evaluation of CMIP6 precipitation simulations across different climatic zones: Uncertainty and model intercomparison', *Atmospheric Research*, vol. 250, p. 105369, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.atmosres.2020.105369.

[33] 'Assessment of Sea Ice Extent in CMIP6 With Comparison to Observations and CMIP5 - Shu - 2020 - Geophysical Research Letters - Wiley Online Library'. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020GL087965 (accessed Jul. 19, 2022).

[34] S. T. Turnock *et al.*, 'Historical and future changes in air pollutants from CMIP6 models', *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 20, no. 23, pp. 14547–14579, Nov. 2020, doi: 10.5194/acp-20-14547-2020.

[35] [43]B. Su *et al.*, 'Insight from CMIP6 SSP-RCP scenarios for future drought characteristics in China', *Atmospheric Research*, vol. 250, p. 105375, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.atmosres.2020.105375.

[36] Y. Xiang, Y. Wang, Y. Chen, and Q. Zhang, 'Impact of Climate Change on the Hydrological Regime of the Yarkant River Basin, China: An Assessment Using Three SSP Scenarios of CMIP6 GCMs', *Remote Sensing*, vol. 14, no. 1, p. 115, Dec. 2021, doi: 10.3390/rs14010115.

[37] M. L. Tan, J. Liang, N. Samat, N. W. Chan, J. M. Haywood, and K. Hodges, 'Hydrological Extremes and Responses to Climate Change in the Kelantan River Basin, Malaysia, Based on the CMIP6 HighResMIP Experiments', *Water*, vol. 13, no. 11, p. 1472, May 2021, doi: 10.3390/w13111472.

[38] S. Try, S. Tanaka, K. Tanaka, T. Sayama, T. Khujanazarov, and C. Oeurng, 'Comparison of CMIP5 and CMIP6 GCM performance for flood projections in

the Mekong River Basin', *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 40, p. 101035, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.ejrh.2022.101035.

[39] Z. Dong *et al.*, 'Future projection of seasonal drought characteristics using CMIP6 in the Lancang-Mekong River Basin', *Journal of Hydrology*, vol. 610, p. 127815, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.jhydrol.2022.127815.

[40] S. YUKIMOTO *et al.*, 'The Meteorological Research Institute Earth System Model Version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and Basic Evaluation of the Physical Component', *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, vol. 97, no. 5, pp. 931–965, 2019, doi: 10.2151/jmsj.2019-051.

[41] R. Döscher *et al.*, 'The EC-Earth3 Earth System Model for the Climate ModelIntercomparison Project 6', Climate and Earth system modeling, preprint, Feb. 2021. doi: 10.5194/gmd-2020-446.

[42] J. P. Dunne *et al.*, 'The GFDL Earth System Model Version 4.1 (GFDL-ESM 4.1): Overall Coupled Model Description and Simulation Characteristics', *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, vol. 12, no. 11, p. e2019MS002015, 2020, doi: 10.1029/2019MS002015.

[43] J. Alvich, 'HiRAM'. https://www.gfdl.noaa.gov/hiram/ (accessed Jun. 08, 2022).

[44] 'Unidata | NetCDF'. https://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/ (accessed Nov. 03, 2022).

[45] S. Bergström, B. Carlsson, M. Gardelin, G. Lindström, A. Pettersson, and M. Rummukainen, 'Climate change impacts on runoff in Sweden - Assessments by global climate models, dynamical downscalling and hydrological modelling', *Climate Research - CLIMATE RES*, vol. 16, pp. 101–112, Jan. 2001, doi: 10.3354/cr016101.

[46] C. Teutschbein and J. Seibert, 'Regional Climate Models for Hydrological Impact Studies at the Catchment Scale: A Review of Recent Modeling Strategies', *Geography Compass*, vol. 4, pp. 834–860, Jul. 2010, doi: 10.1111/j.1749-8198.2010.00357.x.

[47] W. Terink, R. T. W. L. Hurkmans, P. J. J. F. Torfs, and R. Uijlenhoet, 'Bias correction of temperature and precipitation data for regional climate model application to the Rhine basin', Hydrology and Climate/Catchment and River Basin, preprint, Aug. 2009. doi: 10.5194/hessd-6-5377-2009.

[48] M. Mendez, B. Maathuis, D. Hein-Griggs, and L.-F. Alvarado-Gamboa, 'Performance evaluation of bias correction methods for climate change monthly precipitation projections over Costa Rica', *Water*, vol. 12, no. 2, p. 482, 2020.

[49] C. Piani, J. O. Haerter, and E. Coppola, 'Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe', *Theor Appl Climatol*, vol. 99, no. 1, pp. 187–192, Jan. 2010, doi: 10.1007/s00704-009-0134-9.

[50] G. H. Fang, J. Yang, Y. N. Chen, and C. Zammit, 'Comparing bias correction methods in downscaling meteorological variables for a hydrologic impact study

in an arid area in China', *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 19, no. 6, pp. 2547–2559, Jun. 2015, doi: 10.5194/hess-19-2547-2015.

[51] M. Shrestha, S. C. Acharya, and P. K. Shrestha, 'Bias correction of climate models for hydrological modelling – are simple methods still useful?', *Meteorological Applications*, vol. 24, no. 3, pp. 531–539, 2017, doi: 10.1002/met.1655.

[52] J. Chen, F. P. Brissette, D. Chaumont, and M. Braun, 'Finding appropriate bias correction methods in downscaling precipitation for hydrologic impact studies over North America', *Water Resources Research*, vol. 49, no. 7, pp. 4187–4205, 2013, doi: 10.1002/wrcr.20331.

[53] Thăng V. V., Thục T., Khiêm M. V., Linh L. N., Minh H. T., and Vân H. T. T., 'Dự Tính Biến Đổi Khí Hậu Và Đánh Giá Sự Thay Đổi Của Mưa Cực Đoan Cho Tỉnh Hà Tĩnh', p. 7.

[54] M. Van Khiem, 'Study of Biascorrection Methods for Seasonal Rainfall Forecast over Vietnam', *EES*, vol. 34, no. 1S, Dec. 2018, doi: 10.25073/2588-1094/vnuees.4333.

[55] Ngoc Hoa N., 'Nghiên cứu phương pháp dự báo và cảnh báo hạn khí tượng thủy văn áp dụng cho khu vực tỉnh Đăk Lăk, Tây Nguyên', *VNJHM*, vol. 2019, no. 699, pp. 30–41, Mar. 2019, doi: 10.36335/VNJHM.2019(699).30-41.

[56] Geert Lenderink, 'Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: Direct versus delta approach', *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 11, no. 3, pp. 1145–1159, 2007.

[57] Jürg Schmidli, Christoph Frei, Pier Luigi Vidale, 'Downscaling from GCM precipitation: a benchmark for dynamical and statistical downscaling methods', *International Journal of Climatology*, vol. 26, no. 5, pp. 679–689, 2006.

[58] Robert Leander, T. Adri Buishand, 'Resampling of regional climate model output for the simulation of extreme river flows', *Journal of Hydrology*, vol. 332, no. 3–4, pp. 487–496, 2007.

[59] Pari Sima Katiraie-Boroujerdy, Matin Rahnamay Naeini, Ali Ata Akbari Asanjan, Chavoshian, Kuo-lin Hsu, Soroosh Sorooshian, 'Bias Correction of Satellite-Based Precipitation Estimations Using Quantile Mapping Approach in Different Climate Regions of Iran', *Remote Sensing*, vol. 12, no. 13, p. 2102, 2020.

[60] Bùi Tuấn Hải, 'Nghiên cứu sử dụng dữ liệu viễn thám trong mô phỏng dòng chảy mặt phục vụ quy hoạch thủy lợi và phòng chống thiên tai - áp dụng cho lưu vực sông Cả', Đại học Thủy Lợi, Hà Nội, 2020.

[61] A. Mudbhatkal and A. Mahesha, 'Bias Correction Methods for Hydrologic Impact Studies over India's Western Ghat Basins', *J. Hydrol. Eng.*, vol. 23, no. 2, p. 05017030, Feb. 2018, doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001598.

[62] C. Teutschbein and J. Seibert, 'Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and

evaluation of different methods', *Journal of Hydrology*, vol. 456–457, pp. 12–29, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.05.052.

[63] J. Schmidli, C. Frei, and P. L. Vidale, 'Downscaling from GCM precipitation: a benchmark for dynamical and statistical downscaling methods', *Int. J. Climatol.*, vol. 26, no. 5, pp. 679–689, Apr. 2006, doi: 10.1002/joc.1287.

[64] B. Szabó-Takács, A. Farda, P. Skalák, and J. Meitner, 'Influence of Bias Correction Methods on Simulated Köppen−Geiger Climate Zones in Europe', *Climate*, vol. 7, no. 2, Art. no. 2, Feb. 2019, doi: 10.3390/cli7020018.

[65] M. S. Shiru and I. Park, 'Comparison of Ensembles Projections of Rainfall from Four Bias Correction Methods over Nigeria', *Water*, vol. 12, no. 11, Art. no. 11, Nov. 2020, doi: 10.3390/w12113044.

[66] J. Teng *et al.*, 'How does bias correction of regional climate model precipitation affect modelled runoff?', *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 19, no. 2, pp. 711–728, Feb. 2015, doi: 10.5194/hess-19-711-2015.

[67] E. P. Maurer, D. L. Ficklin, and W. Wang, 'Technical Note: The impact of spatial scale in bias correction of climate model output for hydrologic impact studies', *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 20, no. 2, pp. 685–696, Feb. 2016, doi: 10.5194/hess-20-685-2016.

[68] M. Enayati, O. Bozorg-Haddad, J. Bazrafshan, S. Hejabi, and X. Chu, 'Bias correction capabilities of quantile mapping methods for rainfall and temperature variables', *Journal of Water and Climate Change*, vol. 12, no. 2, pp. 401–419, Mar. 2021, doi: 10.2166/wcc.2020.261.

[69] 'ukcp18-guidance---how-to-bias-correct.pdf'. Accessed: Nov. 10, 2022. [Online]. Available: https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/research/ukcp/ukcp18-guidance---how-to-bias-correct.pdf

[70] A. Wood, L. Leung, V. Sridhar, and D. Lettenmaier, 'Hydrologic Implications of Dynamical and Statistical Approaches to Downscaling Climate Model Outputs', *Climatic Change*, vol. 62, pp. 189–216, Jan. 2004, doi: 10.1023/B:CLIM.0000013685.99609.9e.

[71] A. S. Kiem, H. Ishidaira, H. P. Hapuarachchi, M. C. Zhou, Y. Hirabayashi, and K. Takeuchi, 'Future hydroclimatology of the Mekong River basin simulated using the high-resolution Japan Meteorological Agency (JMA) AGCM', *Hydrol. Process.*, vol. 22, no. 9, pp. 1382–1394, Apr. 2008, doi: 10.1002/hyp.6947.

[72] Hironori I., Kuniyoshi T., and Kazuhiko F., 'The study on relation between GCM precipitation data and ground observation data and development of a correction method of GCM precipitation data -Case study in the Yoshino River Basin'. 2008. doi: 10.11520/jshwr.21.0.72.0.

[73] H. Inomata, K. Takeuchi, and K. Fukami, 'Development of a statistical bias correction method for daily precipitation data of GCM20', *Journal of Japan*

Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), vol. 67, no. 4, p. I_247-I_252, 2011.

[74] P. Ruangrassamee, T. Ram-Indra, and P. Hanittinan, *Uncertainty in Flood Forecasting under Climate Change: Case Study of the Yom River Basin, Thailand*. 2015. doi: 10.1061/9780784479162.114.

[75] T. Trinh and D. Nam, 'Mô Hình Hóa Mưa Độ Phân Giải Cao Kết Hợp Giữa Mô Hình Động Lực Khí Tượng Và Phương Pháp Thống Kê: Áp Dụng Cho Lưu Vực Sông Sài Gòn -Đồng Nai', Aug. 2022.

[76] D. H. Nam, T. D. Hoa, P. C. Duong, D. H. Thuan, and D. T. Mai, 'Assessment of flood extremes using downscaled CMIP5 high-resolution ensemble projections of near-term climate for the upper Thu Bon Catchment in Vietnam', *Water*, vol. 11, no. 4, p. 634, 2019.

[77] M. R. Djuwansah, I. Narulita, F. R. Fajary, and A. Mulyono, 'Rainfall data Similarity Assessment of the Coordinated Regional Downscaling Experiments South East Asia Models to Observation in the Bintan Island', *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 789, no. 1, p. 012051, Jun. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/789/1/012051.

[78] M. Wild, 'The global energy balance as represented in CMIP6 climate models', *Clim Dyn*, vol. 55, no. 3, pp. 553–577, Aug. 2020, doi: 10.1007/s00382-020-05282-7.

[79] Nguyễn Hữu Khải, 'Phân tích thống kê trong thủy văn'. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2008.

[80] 'Climate Change 2021: The Physical Science Basis - World | ReliefWeb'. Accessed: Mar. 28, 2024. [Online]. Available: https://reliefweb.int/report/world/climate-change-2021-physical-science-basis

[81] H. Kardhana and A. Mano, 'Uncertainty Evaluation in a Flood Forecasting Model Using JMA Numerical Weather Prediction', *Journal of Disaster Research*, vol. 4, no. 4, pp. 600–605, Aug. 2009, doi: 10.20965/jdr.2009.p0272.

[82] Y. Xuan, I. Cluckie, and Y. Wang, 'Uncertainty analysis of hydrological ensemble forecasts in a distributed model utilising short-range rainfall prediction', *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 13, Mar. 2009, doi: 10.5194/hess-13-293-2009.

[83] T.-W. Chu and A. Shirmohammadi, 'Evaluation of the SWAT Model's Hydrology Component in the Piedmont Physiographic Region of Maryland', *Transactions of the ASAE*, vol. 47, pp. 1057–1073, Jul. 2004, doi: 10.13031/2013.16579.

[84] J. Singh, H. V. Knapp, and M. Demissie, 'Hydrologic modeling of the Iroquios River watershed using HSPF and SWAT', *ISWS Contract Report CR-2004-08*, 2004, Accessed: Apr. 07, 2023. [Online]. Available: https://hdl.handle.net/2142/94220

[85] G. G. Vazquez-Amabile and B. A. Engel, 'Use of SWAT to compute groundwater table depth and streamflow in the Muscatatuck River watershed', *Transactions of the ASAE*, 2005, Accessed: Apr. 07, 2023. [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Use+of+SWAT+to+compute+g

roundwater+table+depth+and+streamflow+in+the+Muscatatuck+River+watershed&author=Vazquez-Amabile%2C+G.G.&publication_year=2005

[86] D. Moriasi, J. Arnold, M. Van Liew, R. Bingner, R. D. Harmel, and T. Veith, 'Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations', *Transactions of the ASABE*, vol. 50, May 2007, doi: 10.13031/2013.23153.

[87] Harald Cramér, 'Phương pháp toán học trong thống kê (Tập I)'. NXB Khoa học, Hà Nội, 1969.

[88] HEC-HMS User's Manual, 10/18/2023

[89] "Goverment of Canada," 20 12 2023. [Online]. Available: https://natural-resources.canada.ca/science-and-data/science-and-research/natural-hazards/flood-mapping-types-and-process/24264.

[90] A. Institute, Managing the Floodplain: A Guide to Best Practice in Flood Risk Management in Australia, 2017.

[91] Australian Disaster Resilience Handbook Collection, Managing the Floodplain: A Guide to Best Practice in Flood Risk Management in Australia, 2017.

[92] DHI (2014) MIKE Zero. Manuals. 2014;

[93] Quyết định số 1865/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 23 tháng 12 năm 2019 về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

MỤC LỤC HÌNH

Hình 1-1. Các thành phần của một hệ thống cảnh báo ngập lụt tổng hợp hạ du hồ chứa nước 46
Hình 2-1. Bản đồ lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn 52
Hình 2-2. Bản đồ địa hình lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn 54
Hình 2-3. Mạng lưới trạm quan trắc KTTV trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn 62
Hình 2-4. Bản đồ trạm đo mưa trên lưu vực 64
Hình 2-5. Sơ đồ vết vỡ đập bê tông trọng lực 83
Hình 2-6. Sơ đồ vết vỡ đập vòm bê tông 83
Hình 2-7. Sơ đồ mô phỏng dòng chảy đến hồ 87
Hình 2-8. Biểu đồ quan hệ Z-F hồ chứa 87
Hình 3-1. Đồ thị diễn tả một quá trình lũ [7] 94
Hình 3-2. Quá trình lũ trận lũ tháng 11 năm 1990 tại (a) trạm Thành Mỹ và (b) trạm Nông Sơn 99
Hình 3-3. Quá trình lũ trận lũ tháng 11 năm 1998 tại (a) trạm Thành Mỹ và (b) trạm Nông Sơn 100
Hình 3-4. Quá trình lũ trận lũ tháng 11 năm 1999 tại (a) trạm Thành Mỹ và (b) trạm Nông Sơn 101
Hình 3-5. Đường quá trình mực nước trận lũ tháng 11 năm 1999 tại Cẩm Lệ và Hội An 101
Hình 3-6. Đường quá trình mực nước trận lũ cuối tháng 9 đầu tháng 10 năm 2009 tại (a) Thành Mỹ và (b) Hội An 102
Hình 3-7. Đường quá trình mực nước trận lũ tháng 11 năm 2013 tại trạm Câu Lâu và trạm Hội An 103
Hình 3-8. Hạ lưu sông Vu Gia chìm trong lũ lớn[11] 104
Hình 3-9. Ngập lụt ở Hiệp Đức, phía sau thủy điện Sông Tranh 2[11] 104
Hình 3-10. Quá trình mưa, lũ đợt lũ từ 7/10-13/10/2020 tại trạm Thành Mỹ 104
Hình 3-11. Quá trình mưa, lũ đợt lũ từ 7/10-13/10/2020 tại trạm Nông Sơn 104
Hình 3-12. Quá trình mưa, lũ đợt lũ từ 26/10-02/11/2020 tại trạm Thành Mỹ 105
Hình 3-13. Quá trình mưa, lũ đợt lũ từ 26/10-02/11/2020 tại trạm Nông Sơn 105
Hình 3-14. Phân phối lưu lượng trung bình tháng trong năm tại trạm Thành Mỹ (trái) và Nông Sơn (phải) trong lưu vực sông Vu Gia -Thu Bồn. 107
Hình 3-15. Lượng mưa ngày lớn nhất trung bình nhiều năm tại một số trạm trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn 109
Hình 3-16. Đường quá trình lũ đến, lũ xả thực và lũ xả đề nghị [19] 113
Hình 3-17. Quá trình lũ điển hình các trận lũ tháng 11 năm (a) 1990, (b) 1998, (c) 1999 và (d) 2007 tại trạm thủy văn Thành Mỹ 116
Hình 3-18. Quá trình mưa, lũ điển hình đợt lũ từ 27/9 đến 2/10/2009 tại Thành Mỹ 117
Hình 3-19. Quá trình mưa, lũ điển hình các trận lũ tháng 10 và tháng 11 (a) năm 2013 (b) năm 2017 (c, d) năm 2020 tại trạm thủy văn Thành Mỹ 118
Hình 3-20. Quá trình lũ điển hình các trận lũ tháng 11 năm (a) 1990, (b) 1998, (c) 1999 và (d) 2007 tại trạm thủy văn Nông Sơn 118
Hình 3-21. Quá trình mưa, lũ điển hình đợt lũ từ 27/9 đến 2/10/2009 tại trạm thủy văn Nông Sơn 119
Hình 3-22. Quá trình mưa, lũ điển hình các trận lũ tháng 10 và tháng 11 (a) năm 2013 (b) năm 2017 (c, d) năm 2020 tại thủy văn Nông Sơn 120

Hình 3-23. Đường quá trình đỉnh lũ năm trong hai giai đoạn trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện tại trạm Thành Mỹ 121
Hình 3-24. Đường quá trình đỉnh lũ năm trong hai giai đoạn trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện tại trạm Nông Sơn 121
Hình 3-25. Diễn biến lưu lượng tại trạm Thành Mỹ vào hai trận lũ 2009 và 2020. 121
Hình 3-26. Diễn biến lưu lượng tại trạm Nông Sơn vào hai trận lũ 2009 và 2017. 121
Hình 3-27. Diễn biến mực nước trong mùa kiệt tại hạ lưu sông Thu Bồn trong thời kỳ trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện ở trạm Hội An 122
Hình 3-28. Diễn biến mực nước trong mùa kiệt tại hạ lưu sông Vu Gia trong thời kỳ trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện ở trạm Cẩm Lệ 122
Hình 3-29. Diễn biến mực nước trong mùa lũ tại hạ lưu sông Thu Bồn trong thời kỳ trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện tại trạm Hội An 122
Hình 3-30. Diễn biến mực nước trong mùa lũ tại hạ lưu sông Vu Gia trong thời kỳ trước (1980-2009) và sau (2010-2020) khi xây dựng thủy điện tại trạm Cẩm Lệ 122
Hình 3-31. Phân tích tần suất dựa trên dòng chảy quan trắc và mô phỏng tại Nông Sơn và Thành Mỹ 124
Hình 3-32. Lưu lượng đến các đập thuỷ điện ứng với các tần suất thiết kế trong điều kiện khí hậu hiện tại 125
Hình 3-33. Quá trình lũ thiết kế đến hồ Đăk Mi 4 theo các tần suất 127
Hình 3-34. Quá trình lũ thiết kế đến hồ sông Bung 2 theo các tần suất 127
Hình 3-35. Quá trình lũ thiết kế đến hồ sông Bung 4 theo các tần suất 127
Hình 3-36. Quá trình lũ thiết kế đến hồ A Vương theo các tần suất 127
Hình 3-37. Quá trình lũ thiết kế đến hồ sông Côn 2 127
Hình 3-38. Quá trình lũ thiết kế đến hồ sông Tranh 2 127
Hình 3-39. Cấu hình cơ bản của mô hình MRI-ESM1 132
Hình 3-40. Dữ liệu lượng mưa APHRODITE với định dạng Netcdf 133
Hình 3-41. Khu vực tính toán (màu vàng - điểm lưới của APHRODITE, màu xanh dương – vị trí trạm đo mưa Đà Nẵng) 133
Hình 3-42. Giao diện của trang web CMIP6 134
Hình 3-43. Giao diện file wget.sh trên hệ thống LINUX/UNIX 134
Hình 3-44. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) 141
Hình 3-45. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) của mô hình ECE 142
Hình 3-46. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) của mô hình MRI 142
Hình 3-47. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) của mô hình GFDL 142
Hình 3-48. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) 143
Hình 3-49. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) mô hình ECE 144
Hình 3-50. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) mô hình MRI 144
Hình 3-51. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn hiệu chỉnh (1975-1994) mô hình GFDL 144

Hình 3-52. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng giai đoạn kiểm định (1995-2014) 145
Hình 3-53. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình ECE 145
Hình 3-54. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình MRI 146
Hình 3-55. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại trạm Đà Nẵng giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình GFDL 146
Hình 3-56. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn kiểm định (1995-2014) 147
Hình 3-57. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình ECE 147
Hình 3-58. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam trong đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình MRI 148
Hình 3-59. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng giữa thực đo, mô phỏng và sau khi hiệu chỉnh tại Quảng Nam giai đoạn kiểm định (1995-2014) mô hình GFDL 148
Hình 3-60. Kết quả phân chia lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn 150
Hình 3-61. Thiết lập mô hình Mike Nam - VG-TB 151
Hình 3-62. Kết quả tính toán bốc hơi tiềm năng trạm Trà My 151
Hình 3-63. Số liệu mưa các trạm thuộc lưu vực VG-TB 151
Hình 3-64. Mô hình mike Nam 2 lưu vực Thành Mỹ và Nông Sơn 151
Hình 3-65. Đường quá trình lưu lượng ngày tính toán và thực đo trạm Thành Mỹ và Nông Sơn (1979-2000)- Hiệu chỉnh mô hình 152
Hình 3-66. Đường quá trình lưu lượng ngày tính toán và thực đo trạm Thành Mỹ và Nông Sơn (2001-2010)- Kiểm định mô hình 152
Hình 3-67. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu ở LVS Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 154
Hình 3-68. Biểu đồ so sánh lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585) 154
Hình 3-69. Biểu đồ so sánh dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu tại trạm Nông Sơn ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 156
Hình 3-70. Biểu đồ so sánh dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu tại trạm Thành Mỹ ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 156
Hình 3-71. Biểu đồ so sánh dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu tại trạm Nông Sơn ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585) ... 157
Hình 3-72. Biểu đồ so sánh dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giữa thực đo, dự tính cho các giai đoạn khí hậu tại trạm Thành Mỹ ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585) .. 157
Hình 3-73. Đánh giá thay đổi về tần suất mưa ngày lớn nhất dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 161
Hình 3-74. Đánh giá thay đổi về tần suất mưa ngày lớn nhất dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 161

Hình 3-75. Đánh giá thay đổi về tần suất mưa ngày lớn nhất dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585) 162
Hình 3-76. Đánh giá thay đổi về tần suất mưa ngày lớn nhất dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585) 162
Hình 3-77. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Nông Sơn dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245 163
Hình 3-78. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Nông Sơn dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 163
Hình 3-79. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Thành Mỹ dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 163
Hình 3-80. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Thành Mỹ dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 163
Hình 3-81. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Nông Sơn dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP585) 164
Hình 3-82. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Nông Sơn dự tính cho giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585) 164
Hình 3-83. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Thành Mỹ dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) 165
Hình 3-84. Đánh giá thay đổi về tần suất lũ tại trạm Thành Mỹ dự tính cho giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với với kịch bản phát thải cao (SSP585) 165
Hình 3-85. Hàm mật độ phân phối Student với các bậc tự do khác nhau.....168
Hình 3-86. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở lưu vực sông VGTB. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 170
Hình 3-87. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở lưu vực sông VGTB. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 170
Hình 3-88. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) ở lưu vực sông VGTB. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 171
Hình 3-89. Đánh giá độ tin cậy của kết quả dự tính lượng mưa tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) ở lưu vực sông VGTB. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 171
Hình 3-90. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Nông Sơn. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 172
Hình 3-91. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Nông Sơn. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 172
Hình 3-92. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Thành Mỹ. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 173
Hình 3-93. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) tại trạm Thành Mỹ. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 173

Hình 3-94. Hình 2-63: Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) tại trạm Nông Sơn. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 174
Hình 3-95. Hình 2-64: Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) tại trạm Nông Sơn. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 174
Hình 3-96. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2040-2059 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) tại trạm Thành Mỹ. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 174
Hình 3-97. Đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy tháng trung bình nhiều năm giai đoạn khí hậu 2080-2099 ứng với kịch bản phát thải rất cao (SSP585) tại trạm Thành Mỹ. Vùng bóng mờ thể hiện khoảng tin cậy 90% của trung bình tổ hợp các mô hình 174
Hình 3-98. Lưu lượng đến các đập thuỷ điện ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2040-2059 177
Hình 3-99. Lưu lượng đến các đập thuỷ điện ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2080-2099 178
Hình 3-100. Quá trình lũ thiết kế P=0,5% đến hồ A Vương có xét BĐKH đến giữa và cuối thế kỉ 179
Hình 3-101. Quá trình lũ thiết kế P=0,5% đến hồ Đăk Mi 4 có xét BĐKH đến giữa và cuối thế kỉ 179
Hình 3-102. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ A Vương – KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 370m 181
Hình 3-103. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ A Vương – KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 376m 181
Hình 3-104. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ A Vương – KB P=0,1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 370m 182
Hình 3-105. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ A Vương – KB P=0,1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 376m 182
Hình 3-106. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Côn 2 – KB P=1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 335m 183
Hình 3-107. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Côn 2 – KB P=1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 340m 183
Hình 3-108. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Côn 2 – KB P=0,2% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 335m 184
Hình 3-109. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Côn 2 – KB P=0,2% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 340m 184
Hình 3-110. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 2 – KB P=1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 340m 185
Hình 3-111. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 2 – KB P=1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 600m 185
Hình 3-112. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 2 – KB P=0,2% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 595m 185
Hình 3-113. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 2 – KB P=0,2% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 600m 185
Hình 3-114. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 4 – KB P=0,1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 216m 186

Hình 3-115. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 4 – KB P=0,1% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 222,5m 186
Hình 3-116. Đường quá trình lưu lượng đến và xả hồ sông Bung 4 – KB P=0,02% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 216m 187
Hình 3-117. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ khẩn cấp hồ sông Bung 4 – KB P=0,02% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 222,5m 187
Hình 3-118. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ khẩn cấp hồ sông DăkMi 4 – KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 251,5m 188
Hình 3-119. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ khẩn cấp hồ sông DăkMi 4 – KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 255m 188
Hình 3-120. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ Đắk Mi 4– KB P=0,02% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 251,5m 189
Hình 3-121. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ Đắk Mi 4– KB P=0,02% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 258m 189
Hình 3-122. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ sông Tranh 2– KB P=0,5% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 165m 190
Hình 3-123. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ sông Tranh 2– KB P=0,5% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 175m 190
Hình 3-124. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ sông Tranh 2– KB P=0,1% BĐKH giữa thế kỷ, mực nước trước lũ 165m 190
Hình 3-125. Đường quá trình mực nước và lưu lượng khi xả lũ hồ sông Tranh 2– KB P=0,1% BĐKH cuối thế kỷ, mực nước trước lũ 175m 190
Hình 4-1. Thiết lập tràn xả lũ, đập và thông số hồ chứa thuỷ điện lớn 207
Hình 4-2. Đường quá trình điều tết hồ A Vương lũ thiết kế 0,5% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van 209
Hình 4-3. Đường quá trình điều tết hồ sông Bung 4 lũ thiết kế 0,1% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van 210
Hình 4-4. Đường quá trình điều tiết hồ Đắk Mi 4 lũ thiết kế 0,5% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van 211
Hình 4-5. Đường quá trình điều tết hồ sông Tranh 2 lũ thiết kế 0,5% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van 213
Hình 4-6. Đường quá trình điều tết hồ sông Bung 2 lũ thiết kế 1% đến hồ và xảy ra sự cố kẹt cửa van 214
Hình 4-7. Kết quả tính toán vỡ đập các hồ thuỷ điện lớn giai đoạn 2040-2059 226
Hình 4-8. Mô hình Mike Nam - VG-TB 228
Hình 4-9. Số liệu mưa giờ và bốc hơi tiềm năng trong Mike Nam 229
Hình 4-10. Kết quả tính toán lũ 10% trong mô hình NAM 229
Hình 4-11. Kết quả tính toán dự báo triều tại cửa Đại và cửa Lở 230
Hình 4-12. Kết quả tính toán biên triều 3 cửa 230
Hình 4-13. Mạng lưới mô phỏng các sông trên hệ thống sông Vu Gia Thu Bồn 232
Hình 4-14. Sơ đồ minh họa mạng mô phỏng 1 chiều hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn 233
Hình 4-15. Mặt cắt sông Vu Gia đo năm 2022 tại vị trí hạ lưu cầu Hội Khách 234
Hình 4-16. Mặt cắt sông Thu Bồn đo năm 2022 tại vị trí cầu Cửa Đại 234
Hình 4-17. Mặt cắt mô phỏng vị trí thượng lưu và hạ lưu công trình đập dâng Duy Thành 235

Hình 4-18. Mặt cắt mô phỏng hệ thống cửa van điều tiết công trình đập dâng Duy Thành (Control Structures) 235
Hình 4-19. Mặt cắt mô phỏng vị trí thượng lưu và hạ lưu công trình cầu Bung 236
Hình 4-20. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Thành Mỹ 239
Hình 4-21. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Thành Mỹ 239
Hình 4-22. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Ái Nghĩa 239
Hình 4-23. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Nông Sơn 239
Hình 4-24. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Nông Sơn 239
Hình 4-25. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Giao Thủy 239
Hình 4-26. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Câu Lâu 240
Hình 4-27. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Thành Mỹ 240
Hình 4-28. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Thành Mỹ 240
Hình 4-29. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Ái Nghĩa 240
Hình 4-30. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Nông Sơn 240
Hình 4-31. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Nông Sơn 240
Hình 4-32. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Giao Thủy 240
Hình 4-33. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Câu Lâu 241
Hình 4-34. Ranh giới miền mô phỏng trên mô hình thủy lực hai chiều 243
Hình 4-35. Kết quả chia lưới địa hình cho khu vực VGTB 244
Hình 4-36. Lưới tứ giác được áp dụng cho các tuyến đường giao thông quan trọng 244
Hình 4-37. Thiết lập mưa cho mô hình MIKE 21 FM 245
Hình 4-38. Các tuyến đường chính được mô phỏng trong MIKE 21 FM 246
Hình 4-39. Vị trí các cầu, cống qua đường được mô phỏng trong MIKE 21 FM 246
Hình 4-40. Kết quả kết nối mô hình MIKE 11 và MIKE 21 247
Hình 4-41. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Thành Mỹ 248
Hình 4-42. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Thành Mỹ 249
Hình 4-43. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Ái Nghĩa 249
Hình 4-44. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại trạm Nông Sơn 249
Hình 4-45. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Nông Sơn 249
Hình 4-46. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Giao Thủy 249
Hình 4-47. Mực nước tính toán và thực đo năm 2007 và 2009 tại Câu Lâu 249
Hình 4-48. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Thành Mỹ 250
Hình 4-49. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Thành Mỹ 250
Hình 4-50. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Ái Nghĩa 250
Hình 4-51. Lưu lượng tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Nông Sơn 250
Hình 4-52. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Nông Sơn 250
Hình 4-53. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Giao Thủy 250
Hình 4-54. Mực nước tính toán và thực đo năm 2017 tại trạm Câu Lâu 251
Hình 4-55. So sánh kết quả ngập lụt mô phỏng và bản đồ ngập lụt năm 2017 251
Hình 4-56. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2020 tại trạm Cẩm Lệ 252
Hình 4-57. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2020 tại trạm Ái Nghĩa 252
Hình 4-58. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2020 tại trạm Giao Thủy 252
Hình 4-59. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2022 tại trạm Cẩm Lệ 253

Hình 4-60. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2022 tại trạm Ái Nghĩa 253
Hình 4-61. Kết quả kiểm định mực nước lũ năm 2022 tại trạm Giao Thủy 253
Hình 4-62. Lưu lượng tính toán tại một số trạm thủy văn trên lưu vực VGTB - KB1 255
Hình 4-63. Mực nước tính toán tại một số trạm thủy văn trên lưu vực VGTB - KB1 255
Hình 4-64. Bảng màu chuẩn độ ngập theo TCKT 03:2015/TCTL 261
Hình 4-65. Độ sâu ngập kịch bản 1 (KB1) 262
Hình 4-66. Bản đồ ngập lụt kịch bản 1 (KB1) 263
Hình 4-67. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB01-03) 264
Hình 4-68. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB01-03) 264
Hình 4-69. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB04-07) 264
Hình 4-70. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB04-07) 264
Hình 4-71. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB08-12) 265
Hình 4-72. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB08-12) 265
Hình 4-73. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB13-16) 265
Hình 4-74. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB13-16) 265
Hình 4-75. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB17-19) 266
Hình 4-76. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB17-19) 266
Hình 4-77. Kết quả tính diện tích theo độ ngập sâu (KB20-24) 266
Hình 4-78. Diện tích ngập theo đơn vị hành chính (KB20-24) 266
Hình 4-79. Thời gian đạy đến độ sâu ngập cao nhất KB16 267
Hình 4-80. Nguy cơ cao nhất ở thời điểm trước khi mực nước lũ đạt Max 269
Hình 4-81. Họ đường cong phân vùng nguy hiểm do lũ lụt đối với các đối tượng 270
Hình 4-82. Bản đồ phân vùng nguy cơ lũ lụt theo các ngưỡng dễ bị tổn thương 271
Hình 4-83. Phân vùng nguy cơ lũ lụt cho đối tượng là người 272
Hình 4-84. Phân vùng nguy cơ lũ lụt cho đối tượng là các phương tiện giao thông 272
Hình 4-85. Phân vùng nguy cơ lũ lụt cho các đối tượng là công trình xây dựng 273
Hình 4-86. Ví dụ về nguy cơ lũ lụt cho cấp H1 đến H6 cho vùng ngập rộng 273
Hình 4-87. Ví dụ về nguy cơ lũ lụt cho loại H1, kết hợp H2 đến H4, H5 và H6 cho một khu vực địa phương 274
Hình 4-88. Kết quả trích xuất độ sâu ngập lớn nhất cho kịch bản số 3 275
Hình 4-89. Kết quả trích xuất lưu tốc dòng chảy lớn nhất cho kịch bản số 3 276
Hình 4-90. Kết quả tính toán giá trị DxV lớn nhất cho kịch bản số 3 277
Hình 4-91. Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ lớn, lũ khẩn cấp 278
Hình 4-92. Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản xả lũ vận hành 279
Hình 4-93. Bản đồ nguy cơ ngập lũ với nhóm kịch bản vỡ đập 280
Hình 4-94. Sơ đồ báo cáo đối với mức báo động 1 329
Hình 4-95. Sơ đồ báo cáo đối với mức báo động 2 329
Hình 4-96. Sơ đồ báo cáo đối với mức báo động 3 330
Hình 4-97. Sơ đồ báo cáo đối với mức báo động 4 330
Hình 4-98. Bản đồ sơ tán dân cư ứng với kịch bản Nhóm 1 335
Hình 4-99. Bản đồ sơ tán dân cư ứng với kịch bản Nhóm 2 335
Hình 4-100. Bản đồ sơ tán dân cư ứng với kịch bản Nhóm 3 335
Hình 5-1. Qui trình và khung hỗ trợ ra quyết định ứng phó với các tình huống lũ 338

Hình 5-2. Qui trình thực hiện nhận biết các tình huống xảy ra 339
Hình 5-3. Qui trình thực hiện để đánh giá mức độ nguy hiểm của các tình huống xảy ra 348
Hình 5-4. Phân vùng mức độ nguy hiểm cho các đối tượng là người 350
Hình 5-5. Phân vùng mức độ nguy hiểm cho các đối tượng là phương tiện giao thông ...350
Hình 5-6. Phân vùng mức độ nguy hiểm cho các đối tượng là công trình xây dựng 351
Hình 5-7. Phân vùng mức độ nguy hiểm đối với các nhóm đối tượng khác nhau 351
Hình 5-8. Ví dụ về 01 bản đồ nguy cơ ngập đã được xây dựng cho lưu vực sông VGTB 355
Hình 5-9. Khung hành động ứng phó với các tình huống xảy ra.....359
Hình 6-1. Sơ đồ tuyến thoát lũ vùng hạ du sông VGTB theo phương án 1.....390
Hình 6-2. Sơ đồ tuyến thoát lũ vùng hạ du sông VGTB theo phương án 2.1.....390
Hình 6-3. Sơ đồ tuyến thoát lũ vùng hạ du sông VGTB theo phương án 2.2.....390
Hình 6-4. Sơ đồ tuyến thoát lũ vùng hạ du sông VGTB theo phương án 2.3.....390
Hình 6-5. Hiệu quả giảm lũ của 3 phương án kênh thoát lũ 392
Hình 6-6. Sơ đồ bố trí các tuyến thoát lũ khu vực thành phố Tam Kỳ và phụ cận. 397
Hình 6-7. Sơ đồ phương án bố trí tuyến đê bao bờ hữu kết hợp tuyến thoát lũ ra sông Trường Giang qua hồ sông Đầm.....398
Hình 6-8. Phương án chuyển lũ từ sông Tam Kỳ đến sông Trường Giang.....399
Hình 6-9. Phương án chuyển lũ từ sông Bàn Thạch đến Tam Kỳ qua hồ sông Đầm.....400

MỤC LỤC BẢNG

Bảng 2.1. Hình thái hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn 56
Bảng 2.2. Các trạm đo mưa trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn 59
Bảng 2.3. Danh sách các trạm thuỷ văn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn.....60
Bảng 2.4. Danh sách các trạm đo mưa độc lập.....60
Bảng 2.5. Trạm đo mưa trên một số hồ thủy điện lớn trên lưu vực VG-TB 63
Bảng 2.6. Các công trình thuỷ điện lớn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn 66
Bảng 2.7. Thống số các đập dâng trên dòng chính 68
Bảng 2.8. Các công thức kinh nghiệm tính toán các thông số vết vỡ đối với đập đất.....81
Bảng 2.9. Công thức kiến nghị dùng cho từng trường hợp 82
Bảng 2.10. Các thông số của vết vỡ đối với đập bê tông/khối cứng 83
Bảng 2.11. Mực nước ban đầu để tính toán vỡ đập trong điều kiện thời tiết bình thường..84
Bảng 2.12. Lưu lượng dòng chảy trong tính toán vỡ đập trong điều kiện thời tiết mưa lũ .84
Bảng 2.13. Công thức tính lưu lượng qua đập tràn.....86
Bảng 3.1. Đặc trưng dòng chảy mùa lũ trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn 96
Bảng 3.2. Tần suất lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất tại trạm Thành Mỹ (sông Vu Gia) và trạm Nông Sơn (sông Thu Bồn).....97
Bảng 3.3. Số trận lũ chính vụ xảy ra trong tháng 10, 11 (từ năm 1980 đến năm 2020).....98
Bảng 3.4. Khả năng xuất hiện lũ lớn trong năm. 98
Bảng 3.5. Đặc trưng đỉnh lũ lớn nhất năm (từ 1980-2022) 99
Bảng 3.6. Thông số dòng chảy năm các sông chính trên lưu vực sông VG-TB [13].....106
Bảng 3.7. Lưu lượng trung bình tháng, năm tại một số trạm trên lưu vực sông Vu Gia thời kỳ 1977-2006. 106

Bảng 3.8. Đánh giá cấp độ rủi ro do mưa lớn và mức độ dễ bị tổn thương [15] 108
Bảng 3.9. Lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất tại một số trạm thủy văn trong lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn, giai đoạn 1977 - 2020. 110
Bảng 3.10. Cấp báo động lũ ở một số trạm thuộc các lưu vực sông [15] 110
Bảng 3.11. Mực nước lũ tại các trạm thủy văn trong những năm qua [15] 111
Bảng 3.12. Lưu lượng đỉnh lũ nhỏ nhất tại một số trạm thủy văn trong lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn, giai đoạn 1977 - 2014 [13] 112
Bảng 3.13. Các công trình thủy điện lớn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn [20] 114
Bảng 3.14. Các trận lũ được sử dụng 115
Bảng 3.15. Tổng hợp kết quả tính lưu lượng đỉnh lũ (m3/s) đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế trong điều kiện bình thường 125
Bảng 3.16. Tổng hợp kết quả tính tổng lượng lũ thời đoạn 1-, 3-, 5- ngày đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế trong điều kiện khí hậu hiện tại 126
Bảng 3.17. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn trên lưu vực hồ chứa 128
Bảng 3.18. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn vùng hạ du hồ chứa 128
Bảng 3.19. Tiêu chí nhận biết tình huống có nguy cơ vỡ đập 128
Bảng 3.20. Mực nước tại các trạm thuỷ văn ứng với tần suất 30% và 70% (m) 128
Bảng 3.21. Bảng tính toán giá trị Q, H max tại một số trạm thủy văn (KB4) 129
Bảng 3.22. Danh sách các biến khí tượng thu thập từ CMIP6 131
Bảng 3.23. Thông tin về các mô hình CMIP6 sử dụng trong nghiên cứu 131
Bảng 3.24. Đánh giá chung về các phương pháp hiệu chỉnh số liệu điển hình [61][69] ... 137
Bảng 3.25. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình 2 trạm Nông Sơn và Thành Mỹ 152
Bảng 3.26. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động lượng mưa theo tháng (%) trung bình tổ hợp ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (2040 - 2059 và 2080 - 2099) so với giai đoạn khí hậu cơ sở (1995 - 2014) 154
Bảng 3.27. Tổng hợp kết quả đánh giá biến dòng chảy trạm Nông Sơn theo tháng (%) trung bình tổ hợp ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (2040 - 2059 và 2080 - 2099) so với giai đoạn khí hậu cơ sở (1995 - 2014) 157
Bảng 3.28. Tổng hợp kết quả đánh giá biến dòng chảy trạm Thành Mỹ theo tháng (%) trung bình tổ hợp ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (2040 - 2059 và 2080 - 2099) so với giai đoạn khí hậu cơ sở (1995 - 2014) 158
Bảng 3.29. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất mưa ngày lớn nhất của từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014 161
Bảng 3.30. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất mưa ngày lớn nhất của từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải cao (SSP585) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014 162
Bảng 3.31. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất lũ từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải trung bình (SSP245) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014 163
Bảng 3.32. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất lũ từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải cao (SSP585) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014 165
Bảng 3.33. Tổng hợp kết quả đánh giá biến động (%) tần suất lũ từng mô hình và trung bình tổ hợp ứng với kịch bản phát thải cao (SSP585) ở giai đoạn giữa thế kỷ (2040-2059) và giai đoạn cuối thế kỷ (2080-2099) so với giai đoạn cơ sở 1995-2014 176

Bảng 3.34. Tổng hợp kết quả tính lưu lượng đỉnh lũ (m3/s) đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2040-2059 176
Bảng 3.35. Tổng hợp kết quả tính tổng lượng lũ thời đoạn 1- 3- 5- ngày đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2040-2059 177
Bảng 3.36. Tổng hợp kết quả tính lưu lượng đỉnh lũ (m3/s) đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2080-2099 178
Bảng 3.37. Tổng hợp kết quả tính tổng lượng lũ thời đoạn 1- 3- 5- ngày đến các hồ chứa ứng với các tần suất thiết kế giai đoạn 2080-2099 178
Bảng 3.38. Mực nước dâng bình thường các hồ 180
Bảng 3.39. Mực nước cao nhất trước lũ của các hồ trong mùa lũ 180
Bảng 3.40. Mực nước đón lũ thấp nhất của các hồ trong mùa lũ 180
Bảng 3.41. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH 181
Bảng 3.42. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH 182
Bảng 3.43. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH 183
Bảng 3.44. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH 183
Bảng 3.45. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% hồ sông Bung 2 trong điều kiện BĐKH 184
Bảng 3.46. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Bung 2 trong điều kiện BĐKH 185
Bảng 3.47. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,1% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH 186
Bảng 3.48. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,02% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH 186
Bảng 3.49. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH 187
Bảng 3.50. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH 188
Bảng 3.51. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH 189
Bảng 3.52. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH 190
Bảng 3.53. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH 191
Bảng 3.54. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ A Vương trong điều kiện BĐKH 192
Bảng 3.55. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,1% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH 192
Bảng 3.56. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,02% hồ sông Bung 4 trong điều kiện BĐKH 192
Bảng 3.57. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH 193
Bảng 3.58. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Côn 2 trong điều kiện BĐKH 193

Bảng 3.59. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=1% hồ sông Bung 2 trong điều kiện BĐKH 194
Bảng 3.60. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,2% hồ sông Bung 2 trong điều kiện BĐKH 194
Bảng 3.61. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH 194
Bảng 3.62. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ Đăk mi 4 trong điều kiện BĐKH 195
Bảng 3.63. Kết quả tính toán điều tiết lũ thiết kế P=0,5% hồ sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH 195
Bảng 3.64. Kết quả tính toán điều tiết lũ kiểm tra P=0,1% hồ sông Tranh 2 trong điều kiện BĐKH 195
Bảng 4.1. Các kịch bản mô phỏng của Đề tài 197
Bảng 4.2. Tổ hợp các kịch bản điều tiết lũ 203
Bảng 4.3. Tổng hợp điều kiện đầu vào của các kịch bản tính toán điều tiết 203
Bảng 4.4. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 1 204
Bảng 4.5. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch 2 204
Bảng 4.6. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 3 205
Bảng 4.7. Kết quả xác định tần suất lũ và năm điển hình tại trạm khống chế Nông Sơn, Thành Mỹ (KB4, KB5, KB6, KB7) 206
Bảng 4.8. Theo thông số thiết kế của và số cửa van bị kẹt của các hồ 207
Bảng 4.9. Điều kiện về lưu lượng lũ thiết kế và mực nước trước lũ 208
Bảng 4.10. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ A Vương bị kẹt cửa van 208
Bảng 4.11. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 8 209
Bảng 4.12. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ sông Bung 4 bị kẹt cửa van 210
Bảng 4.13. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 9 211
Bảng 4.14. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ Đắk Mi 4 bị kẹt cửa van 211
Bảng 4.15. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 10 212
Bảng 4.16. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ sông Tranh 2 bị kẹt cửa van 213
Bảng 4.17. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 11 214
Bảng 4.18. Kết quả tính toán kịch bản xả lũ khi hồ sông Côn 2 bị kẹt cửa van 214
Bảng 4.19. Kết quả tính toán lưu lượng xả lũ theo kịch bản 12 215
Bảng 4.20. Tính toán các thông số vết vỡ hồ A Vương 217
Bảng 4.21. Tính toán các thông số vết vỡ hồ sông Bung 4 217
Bảng 4.22. Tính toán các thông số vết vỡ hồ Đắk Mi 4 218
Bảng 4.23. Tính toán các thông số vết vỡ hồ sông Tranh 2 218
Bảng 4.24. Kết quả tính toán kịch bản vỡ đồng thời đập A Vương và đập Sông Bung 4 ứng với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế. 218
Bảng 4.25. Kết quả tính toán vỡ đồng thời đập A Vương và đập Đăk Mi 4 với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế. 219
Bảng 4.26. Kết quả tính toán kịch bản vỡ đồng thời đập Sông Bung 4 và đập Đăk Mi 4 với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế 219
Bảng 4.27. Kết quả tính toán kịch bản vỡ đồng thời đập Sông Bung 4 và đập Sông Tranh 2 với lũ kiểm tra, các hồ khác xả lũ thiết kế 220
Bảng 4.28. Điều kiện đầu vào, kịch bản lũ có tính đến BĐKH giai đoạn 2040-2059 221

Bảng 4.29. Kết quả tính toán các hồ trên nhánh Vu Gia xả lũ thiết kế, nhánh Thu Bồn xả lũ 1% có ảnh hưởng BĐKH - KB17 222
Bảng 4.30. Kết quả tính toán các hồ trên nhánh Thu Bồn xả lũ thiết kế, nhánh Vu Gia xả lũ 1% có ảnh hưởng BĐKH - KB18 223
Bảng 4.31. Kết quả tính toán tất cả các hồ xả lũ thiết kế ảnh hưởng BĐKH - KB19 223
Bảng 4.32. Kết quả tính toán sông tranh 2 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình. 224
Bảng 4.33. Kết quả tính toán sông sông Bung 4 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình 224
Bảng 4.34. Kết quả tính toán hồ Đăk Mi 4 vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình. 225
Bảng 4.35. Kết quả tính toán hồ A Vương vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình. 225
Bảng 4.36. Kết quả tính toán hồ sông Côn vỡ đập với lũ thiết kế, các hồ còn lại xả lũ thiết kế theo quy trình. 225
Bảng 4.37. Tần suất mưa 7 ngày lớn nhất tại các trạm 227
Bảng 4.38. Bộ thông số xác định cho lưu vực trạm Nông Sơn và trạm Thành Mỹ 231
Bảng 4.39. Các công trình đập dâng được mô phỏng trong mô hình 234
Bảng 4.40. Tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình 237
Bảng 4.41. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2007 241
Bảng 4.42. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2009 241
Bảng 4.43. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2017 241
Bảng 4.44. Danh sách các tuyến đường chính được mô phỏng thông qua modul Dike 245
Bảng 4.45. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2007 249
Bảng 4.46. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2009 250
Bảng 4.47. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2017 252
Bảng 4.48. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2020 252
Bảng 4.49. Kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình đối với dữ liệu năm 2022 253
Bảng 4.50. Kết quả tính toán giá trị Q, H max tại một số trạm thủy văn - KB1 254
Bảng 4.51. Kết quả tính toán diện tích ngập lụt cho lưu vực VGTB theo KB1 255
Bảng 4.52. Thời gian đạt đến mức ngập cao nhất KB16 267
Bảng 4.53. Phân vùng nguy cơ tổng hợp với các đối tượng chịu tác động 271
Bảng 4.54. Phân vùng nguy cơ tổng hợp theo vận tốc và độ sâu ngập 271
Bảng 4.55. Thống kê diện tích ngập theo cấp độ sâu phục vụ xây dựng bản đồ nguy cơ lũ lớn, lũ khẩn cấp 275
Bảng 4.56. Thống kê diện tích tương ứng với cấp vận tốc phục vụ xây dựng bản đồ nguy cơ nhóm xả lũ lớn, lũ khẩn cấp 276

Bảng 4.57. Thống kê diện tích từng huyện theo cấp độ nguy cơ cho từng huyện nhóm kịch bản xả lũ lớn, lũ khẩn cấp 277
Bảng 4.58. Thống kê diện tích tương ứng với cấp nguy cơ xả lũ vận hành 279
Bảng 4.59. Tthống kê diện tích tương ứng với cấp nguy cơ do vỡ đập 281
Bảng 4.60. Thống kê diện tích ngập tương ứng với KB2 282
Bảng 4.61. Thống kê ảnh hưởng về người ứng với KB1 284
Bảng 4.62. Tổng hợp thống kê ảnh hưởng về người ứng với từng kịch bản 285
Bảng 4.63. Số lượng các điểm sơ tán dân trên địa bàn thành phố Đà Nẵng 289
Bảng 4.64. Số lượng các điểm sơ tán dân trên địa bàn tỉnh Quảng Nam 290
Bảng 4.65. Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân tại thành phố Đà Nẵng 293
Bảng 4.66. Đánh giá khả năng tiếp nhận của các điểm sơ tán dân tại tỉnh Quảng Nam 299
Bảng 4.67. Mức độ ngập lụt phải di dời dân 310
Bảng 4.68. Tổng hợp các dấu hiệu nguy cơ vỡ đập 312
Bảng 4.69. Điều kiện báo động tương ứng với các cấp báo động hồ chứa 315
Bảng 4.70. Mức độ rủi ro về lũ và ngập lụt trên lưu vực Vu Gia- Thu Bồn 316
Bảng 4.71. Cấp báo động lũ tại các trạm thủy văn trên lưu vực 316
Bảng 4.72. Đánh giá phân loại các tình huống khẩn cấp 317
Bảng 4.73. Bảng thống kê vật tư tương ứng với các sự cố 323
Bảng 4.74. Phương án huy động nhân lực, vật tư 323
Bảng 4.75. Thời điểm báo động ứng với các mức báo động 327
Bảng 5.1. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn trên lưu vực hồ chứa 340
Bảng 5.2. Tiêu chí nhận biết tình huống xảy ra lũ lớn vùng hạ du hồ chứa 341
Bảng 5.3. Tiêu chí nhận biết tình huống xả lũ khẩn cấp hồ chứa (tiêu chí 1) 342
Bảng 5.4. Tiêu chí nhận biết tình huống xả lũ khẩn cấp hồ chứa (tiêu chí 2) 342
Bảng 5.5. Tiêu chí nhận biết tình huống có nguy cơ vỡ đập 343
Bảng 5.6. Kết quả tính toán mực nước lớn nhất 344
Bảng 5.7. Kết quả tính toán lưu lượng lớn nhất đến hồ 345
Bảng 5.8. Kết quả tính toán tổng lượng lũ đến 345
Bảng 5.9. Kết quả tính toán, mô phỏng mực nước tại các điểm khống chế hạ du 345
Bảng 5.10. Kết quả so sánh lưu lượng lớn nhất đến các hồ chứa 346
Bảng 5.11. Kết quả so sánh mực nước lớn nhất thượng lưu hồ chứa 346
Bảng 5.12. Kết quả so sánh tổng lượng lũ đến hồ chứa 346
Bảng 5.13. Kết quả so sánh mực nước hạ lưu hồ chứa tại các điểm khống chế 347
Bảng 5.14. Phân vùng nguy cơ tổng hợp với các đối tượng chịu tác động 351
Bảng 5.15. Phân vùng mức độ nguy hiểm tổng hợp theo vận tốc và độ sâu ngập 352
Bảng 5.16. Thống kê vị trí, diện tích ngập theo Độ sâu ngập lụt (D) 352
Bảng 5.17. Thống kê vị trí, diện tích ngập theo Vận tốc ngập lụt (V) 353
Bảng 5.18. Thống kê vị trí, diện tích ngập theo Độ sâu ngập x Vận tốc (DxV) 353
Bảng 5.19. Thống kê số người bị ảnh hưởng theo Độ sâu ngập x Vận tốc (DxV) 353
Bảng 5.20. Thống kê số công trình bị ảnh hưởng theo Độ sâu ngập x Vận tốc (DxV) 354
Bảng 5.21. Thống kê chiều dài các tuyến tường giao thông theo các cấp độ DxV 354
Bảng 5.22. Tổng hợp mức độ nguy hiểm cho người 356

Bảng 5.23. Tổng hợp mức độ nguy hiểm cho các phương tiện 356
Bảng 5.24. Tổng hợp mức độ nguy hiểm cho cơ sở hạ tầng 356
Bảng 5.25. Tổng số người bị ảnh hưởng theo các mức độ nguy hiểm 357
Bảng 5.26. Tổng hợp chiều dài các tuyến đường ứng với các cấp độ nguy hiểm 357
Bảng 5.27. Tổng hợp số lượng công trình xây dựng bị ảnh hưởng ứng với từng cấp độ .. 357
Bảng 5.28. Thống kê lực lượng chỉ đạo, điều hành công tác ứng phó 361
Bảng 5.29. Tổng hợp lực lượng dự kiến huy động triển khai hoạt động ứng phó 361
Bảng 5.30. Tổng hợp phương tiện dự kiến huy động bảo vệ công trình 362
Bảng 5.31. Tổng hợp phương tiện dự kiến huy động sơ tán dân 362
Bảng 5.32. Tổng hợp phương tiện, vật tư trang thiết bị huy động phục vụ cứu hộ, cứu nạn 362
Bảng 5.33. Tổng hợp vật tư, lương thực, nước uống, nhu yếu phẩm thiết yếu 363
Bảng 5.34. Tổng hợp Phương tiện, vật tư dự trữ tại các công trình 363
Bảng 5.35. Thống kê phương thức liên lạc, cảnh báo thiên tai 364
Bảng 5.36. Thống kê các điểm sơ tán tại chỗ (nhà dân) 364
Bảng 5.37. Thống kê các điểm sơ tán tập trung an toàn 364
Bảng 5.38. Thống kê các tuyến đường thực hiện công tác sơ tán (tuyến đường, khoảng cách đến điểm sơ tán) 365
Bảng 6.1. Thống kê diện tích ngập lụt theo kết quả mô phỏng lũ tần suất 5% - Mô hình lũ 2007 đối với một số khu vực thuộc thành phố Đà Nẵng 391
Bảng 6.2. Thống kê diện tích ngập theo các phương án mở kênh thoát lũ đối với một số khu vực thuộc TP. Đà Nẵng 393
Bảng 6.3. Diện tích đề xuất khu chậm lũ và thời gian ngập 395
Bảng 6.4. Phân tích, đánh giá các giải pháp đề xuất 403