

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

PHÙNG THỊ THU TRANG

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN
ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN DÒNG CHẢY VÀ BÙN CÁT VÀO HỒ THỦY
ĐIỆN NẬM MỨC TRÊN SÔNG NẬM MỨC**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

Hà Nội, 2017

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

PHÙNG THỊ THU TRANG

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN
ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN DÒNG CHẢY VÀ BÙN CÁT VÀO HỒ THỦY
DIỆN NẠM MỨC TRÊN SÔNG NẠM MỨC**

Chuyên ngành: Thủy văn học

Mã số: 60440224

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS. Huỳnh Thị Lan Hương

Hà Nội, 2017

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan

Những nội dung trong luận văn này là do tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của PGS.TS. Huỳnh Thị Lan Hương. Mọi tham khảo dùng trong luận văn đều được trích dẫn nguồn gốc rõ ràng. Các nội dung nghiên cứu và kết quả trong luận văn này là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất cứ công trình nào.

Xin trân trọng cảm ơn!

Tác giả

Phùng Thị Thu Trang

LỜI CẢM ƠN

Luận văn thạc sĩ: “Ứng dụng Mô hình SWAT đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát vào hồ thủy điện Nậm Mức trên sông Nậm Mức” đã được hoàn thành. Trong quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận văn, học viên đã nhận được rất nhiều sự giúp đỡ của thầy cô, bạn bè và gia đình.

Trước hết học viên xin gửi lời cảm ơn chân thành đến cô giáo PGS.TS. Huỳnh Thị Lan Hương đã trực tiếp hướng dẫn và giúp đỡ trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận văn.

Học viên cũng chân thành cảm ơn tới các anh chị đồng nghiệp, bạn bè ở Trung tâm Nghiên cứu Biến đổi khí hậu và Phòng Khoa học, Đào tạo và Hợp tác quốc tế, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu đã hỗ trợ chuyên môn, thu thập tài liệu liên quan để luận văn được hoàn thành.

Xin gửi lời cảm ơn các thầy cô giáo Khoa Khí tượng – Thủy văn – Hải dương học – Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội đã giảng dạy, truyền đạt kiến thức, tạo điều kiện và hướng dẫn học viên hoàn thành chương trình học tập và thực hiện luận văn.

Trong khuôn khổ một luận văn, do thời gian và điều kiện hạn chế nên không tránh khỏi những thiếu sót. Vì vậy, học viên rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu của các thầy cô giáo và đồng nghiệp.

Xin trân trọng cảm ơn!

Tác giả

Phùng Thị Thu Trang

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC BẢNG	v
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG I: TỔNG QUAN	4
1.1. Tổng quan khu vực nghiên cứu	4
1.1.1. Đặc điểm địa lý tự nhiên	4
1.1.2. Đặc điểm kinh tế xã hội	9
1.2. Tổng quan các nghiên cứu về bùn cát trong và ngoài nước	13
1.2.1. Tổng quan các nghiên cứu về bùn cát trên thế giới	13
1.2.2. Tổng quan các nghiên cứu về bùn cát ở Việt Nam	14
1.3. Tổng quan về biến đổi khí hậu và kịch bản biến đổi khí hậu	17
1.3.1. Kịch bản biến đổi khí hậu Việt Nam	17
1.3.2. Kịch bản biến đổi khí hậu khu vực nghiên cứu	20
1.4. Khung nghiên cứu	25
CHƯƠNG II: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ NGUỒN SỐ LIỆU	26
2.1. Giới thiệu mô hình nghiên cứu (mô hình SWAT)	26
2.2. Tình hình số liệu, dữ liệu khu vực nghiên cứu	44
2.2.1. Tình hình số liệu lưu lượng và bùn cát khu vực nghiên cứu	44
2.2.2. Tình hình số liệu, dữ liệu cho thời kì nền	47
2.2.3. Tình hình số liệu, dữ liệu cho kịch bản	47
2.3. Thiết lập tính toán dòng chảy và bùn cát khu vực nghiên cứu	48
2.3.1. Thiết lập mô hình	48

2.3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số mô hình.....	53
CHƯƠNG 3: ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH ĐẾN DÒNG CHẢY VÀ BÙN CÁT vào hồ thủy điện nậm mức trên SÔNG NẬM MỨC	64
3.1. Tính toán dòng chảy và bùn cát thời kỳ nền 1986 - 2005	64
3.1.1. Kết quả tính toán dòng chảy thời kỳ nền	64
3.1.2. Kết quả tính toán bùn cát thời kỳ nền	64
3.2. Tính toán dòng chảy và bùn cát theo các kịch bản biến đổi khí hậu	64
3.2.1. Xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu lượng mưa và nhiệt độ.....	64
3.2.2. Kết quả tính toán dòng chảy và bùn cát theo kịch bản biến đổi khí hậu	72
3.3. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát	80
3.3.1. Khung đánh giá tác động của biến đổi khí hậu.....	80
3.3.2. Tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy	81
3.3.3 Tác động của biến đổi khí hậu đến bùn cát.....	84
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	87
TÀI LIỆU THAM KHẢO	89

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1: Lưu lượng nước trung bình tháng trung bình nhiều năm tại cửa ra	7
Bảng 1.2: Các trị số đặc trưng trong năm 2016	8
Bảng 1.3: Biến đổi của nhiệt độ trung bình năm (oC) so với thời kỳ 1986 – 2005	21
Bảng 1.4: Biến đổi của lượng mưa năm (%) so với thời kỳ 1986-2005	24
Bảng 2.1: Diện tích và % của từng loại đất trong khu vực nghiên cứu	52
Bảng 2.2: Các loại hình sử dụng đất trên lưu vực nghiên cứu	52
Bảng 2.3: Tiêu chuẩn phân loại mức độ chính xác của kết quả mô phỏng theo các chỉ số NSI và PBIAS	54
Bảng 2.4: Nhóm các thông số sau khi hiệu chỉnh	58
Bảng 2.5: Đánh giá kết quả mô phỏng dòng chảy giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định của khu vực nghiên cứu	60
Bảng 2.6: Nhóm các thông số sau khi hiệu chỉnh đối với dòng chảy bùn cát	61
Bảng 2.7: Đánh giá kết quả mô phỏng bùn cát giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định của khu vực nghiên cứu	63
Bảng 3.1: Các mô hình được sử dụng trong tính toán cập nhật KBBĐKH	66
Bảng 3.2: Sự thay đổi lượng mưa (%) của các thời kì theo các kịch bản so với thời kì nền	70
Bảng 3.3: Sự thay đổi nhiệt độ trung bình (oC) của các thời kì theo các kịch bản so với thời kì nền	70
Bảng 3.4: Sự thay đổi nhiệt độ tối cao trung bình (oC) của các thời kì theo các kịch bản so với thời kì nền	71
Bảng 3.5: Sự thay đổi nhiệt độ tối thấp trung bình (oC) của các thời kì theo các kịch bản so với thời kì nền	71
Bảng 3.6: Thay đổi dòng chảy trung bình tháng thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (m3/s)	77
Bảng 3.7: Tỷ lệ thay đổi dòng chảy trung bình tháng thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%)	77

Bảng 3.8: Thay đổi tổng lượng bùn cát trung bình tháng thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (m ³ /s).....	81
Bảng 3.9: Tỷ lệ thay đổi tổng lượng bùn cát trung bình tháng thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%)	81
Bảng 3.10: Dòng chảy và Tỷ lệ thay đổi dòng chảy trung bình năm thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%).....	81
Bảng 3.11: Dòng chảy và Tỷ lệ thay đổi dòng chảy mùa lũ thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%)	82
Bảng 3.12: Dòng chảy và Tỷ lệ thay đổi dòng chảy trung bình mùa kiệt thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%)	83
Bảng 3.13: Dòng chảy và Tỷ lệ thay đổi bùn cát trung bình năm thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%)	84
Bảng 3.14: Dòng chảy và Tỷ lệ thay đổi bùn cát mùa lũ thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%).....	85
Bảng 3.15: Bùn cát và Tỷ lệ thay đổi dòng chảy trung bình mùa kiệt thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%).....	86

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1: Bản đồ tỉnh Điện Biên.....	4
Hình 1.2: Biến đổi của nhiệt độ trung bình năm (oC) theo kịch bản RCP4.5	21
Hình 1.3: Biến đổi của nhiệt độ trung bình năm (oC) theo kịch bản RCP8.5	21
Hình 1.4: Biến đổi nhiệt độ tối cao trung bình năm (oC) theo kịch bản RCP4.5	22
Hình 1.5: Biến đổi nhiệt độ tối cao trung bình năm (oC) theo kịch bản RCP8.5	22
Hình 1.6: Biến đổi nhiệt độ tối thấp trung bình năm (oC) theo kịch bản RCP4.5	23
Hình 1.7: Biến đổi nhiệt độ tối thấp trung bình năm (oC) theo kịch bản RCP8.5	23
Hình 1.8: Biến đổi của lượng mưa năm theo kịch bản RCP4.5	24
Hình 1.9: Biến đổi của lượng mưa năm theo kịch bản RCP8.5	25
Hình 1.10: Sơ đồ khối tính dòng chảy và bùn cát gia nhập hồ chứa	25
Hình 2.1: Sơ đồ phát triển của mô hình SWAT	28
Hình 2.2: Sự khác nhau giữa phân phối độ ẩm theo chiều sâu mô phỏng theo Green và Ampt và thực tế.	32
Hình 2.3: Diễn biến bùn cát khu vực nghiên cứu	44
Hình 2.4: Tiến trình mô phỏng SWAT	48
Hình 2.5: Bản đồ DEM khu vực nghiên cứu	49
Hình 2.6: Các trạm khí tượng.....	50
Hình 2.7: Các trạm thủy văn	50
Hình 2.8: Bản đồ phân chia lưu vực thành các tiểu lưu vực	50
Hình 2.9: Bản đồ thổ nhưỡng.....	51
Hình 2.10: Bản đồ sử dụng đất.....	51
Hình 2.11: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số CH_N1 khác nhau.....	55
Hình 2.12: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số ALPHA_BF khác nhau.....	56
Hình 2.13: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số OV_N khác nhau	56
Hình 2.14: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số CN2 khác nhau.....	57
Hình 2.15: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số GW_DELAY khác nhau.....	57
Hình 2.16: Lưu lượng thực đo và mô phỏng giai đoạn hiệu chỉnh	58
Hình 2.17: Tương quan giữa lưu lượng thực đo và mô phỏng	59
Hình 2.18: Lưu lượng thực đo và mô phỏng giai đoạn kiểm định.....	59
Hình 2.19: Tương quan giữa lưu lượng thực đo và mô phỏng	60

Hình 2.20: Tổng lượng bùn cát thực đo và mô phỏng giai đoạn hiệu chỉnh	61
Hình 2.21: Tương quan giữa Tổng lượng bùn cát thực đo và mô phỏng	61
Hình 2.22: Tổng lượng bùn cát thực đo và mô phỏng giai đoạn kiểm định	62
Hình 2.23: Tương quan giữa tổng lượng bùn cát thực đo và mô phỏng	62
Hình 3.1: Sơ đồ chi tiết hóa động lực	65
Hình 3.2: Kịch bản RCP 4.5	72
Hình 3.3: Kịch bản RCP 8.5	72
Hình 3.4: Kết quả tính toán dòng chảy tháng-Kịch bản RCP4.5	75
Hình 3.5: Kết quả tính toán thay đổi dòng chảy-Kịch bản RCP4.5	75
Hình 3.6: Kết quả tính toán dòng chảy tháng-Kịch bản RCP8.5	76
Hình 3.7: Kết quả tính toán thay đổi dòng chảy-Kịch bản RCP8.5	76
Hình 3.9: Kết quả tính toán tổng lượng bùn cát tháng - Kịch bản RCP4.5	79
Hình 3.10: Kết quả tính toán thay đổi tổng lượng bùn cát - Kịch bản RCP4.5	79
Hình 3.11: Kết quả tính toán tổng lượng bùn cát tháng - Kịch bản RCP8.5	80
Hình 3.12: Kết quả tính toán thay đổi tổng lượng bùn cát - Kịch bản RCP8.5	80
Hình 3.12: Sơ đồ khối đánh giá tác động BĐKH lên dòng chảy, bùn cát	80
Hình 3.13: Dòng chảy trung bình năm ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu	81
Hình 3.14: Dòng chảy trung bình mùa lũ ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu	82
Hình 3.15: Dòng chảy trung bình mùa kiệt ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu	83
Hình 3.16: Tổng lượng bùn cát trung bình năm ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu	84
Hình 3.17: Tổng lượng bùn cát trung bình mùa lũ ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu	85
Hình 3.18: Tổng lượng bùn cát trung bình mùa kiệt ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu	86

MỞ ĐẦU

1. Giới thiệu

Biến đổi khí hậu làm gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan, các thiên tai trở nên khắc nghiệt và bất thường hơn. Mỗi khi xuất hiện chúng thường gây ra những thiệt hại to lớn về con người và tài sản, ảnh hưởng lớn đến nền kinh tế - xã hội trong khu vực, đôi khi là dẫn đến sự thụt lùi của nền kinh tế trong một vài năm. Ở Việt Nam, trong những năm gần đây đã có nhiều chương trình nghiên cứu khoa học trọng điểm cấp Nhà nước (Chương trình KC08/16-20 của Bộ Khoa học Công nghệ, Chương trình BĐKH/16-20 của Bộ Tài nguyên và Môi trường, Chương trình Tây Nguyên 3, v.v...). Các đề tài thuộc các chương trình này đều chú trọng đến các hiện tượng thời tiết cực đoan và các thiên tai: bão, lũ, lụt, hạn hán, nắng nóng...trên toàn quốc; đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến sự phát triển kinh tế xã hội của vùng, tỉnh; đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến các lĩnh vực như tài nguyên nước, khí tượng thủy văn; các ngành như nông nghiệp, lâm nghiệp, công nghiệp, năng lượng, giao thông vận tải, văn hóa, thể thao du lịch v.v...Tuy nhiên, có rất ít các nghiên cứu đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến bùn cát vào hồi dưới tác động của biến đổi khí hậu. Trong đó, dòng chảy bùn cát trên lưu vực sông, có xây dựng các công trình thủy lợi, thủy điện, có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đến tuổi thọ của các công trình thủy lợi, thủy điện.

Bên cạnh đó, Việt Nam vẫn chưa có quy phạm hướng dẫn tính toán dòng chảy cát bùn. Lượng bùn cát đến hồ được xác định trên cơ sở số liệu thực đo bùn cát lơ lửng tại các trạm thủy văn trên lưu vực hồ hoặc lưu vực tương tự. Lượng bùn cát đi đáy lấy bằng 20-40% bùn cát lơ lửng. Tuy nhiên, việc đo đạc lượng bùn cát đến hồ tại các trạm vẫn còn rất thiếu và chưa được đồng bộ. Vì vậy, kết quả tính toán khi thiết kế thường sai khác nhiều so với thực tế xảy ra trong quá trình vận hành hồ. Đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang diễn ra hết sức rõ nét và phức tạp như hiện nay, sự biến đổi của các hiện tượng khí tượng khí hậu đã làm ảnh hưởng không nhỏ đến dòng chảy trên các lưu vực sông, do đó sẽ có những tác động nhất định đến dòng chảy bùn cát đến hồ chứa.

Trong quá khứ đã có một số công trình nghiên cứu dòng chảy rắn sông Đà và bồi lắng bùn cát hồ chứa Hòa Bình và Sơn La. Đây là hai hồ chứa đặc biệt có ý

nghĩa lớn, quy mô và mức độ quan trọng đối với sự phát triển kinh tế xã hội. Do đó, số lượng các nghiên cứu về vấn đề bùn cát trong hai hồ chứa này tương đối phong phú. Tuy nhiên, lưu vực sông Nậm Mực với nhà máy thủy điện Nậm Mực mới đưa vào hoạt động lại chưa có nhiều các đánh giá, nghiên cứu cụ thể. Như chúng ta đã biết, sông Nậm Mực là một phần của lưu vực sông Đà. Toàn bộ lưu vực nằm ở Tây Bắc Bộ có tiềm năng lớn về đất đai, tài nguyên nước, thủy năng và rừng. Tuy nhiên địa hình khu vực khá phức tạp, phần lớn là núi cao, bị chia cắt mạnh, độ dốc lớn khó xây dựng cơ sở hạ tầng, nhất là hệ thống giao thông. Thời tiết khắc nghiệt, chất lượng thực vật bị suy giảm do thiên tai bão, lũ lụt gây ra và có xu hướng ngày càng ác liệt. Mưa lũ lớn gây xói mòn đất, xói lở bờ và gây ngập lụt nghiêm trọng, mùa khô ít mưa gây hạn nặng. Không những thế, trong những năm gần đây biến đổi khí hậu đã làm gia tăng nhiều kiểu thời tiết cực đoan ảnh hưởng trực tiếp cuộc sống của người dân ở đây và sự phát triển kinh tế trong vùng. Biến đổi khí hậu đã ảnh hưởng trực tiếp tới lưu lượng dòng chảy theo mùa và theo năm tại đây. Để chỉ ra những tác động đó như thế nào đến bùn cát thì cần phải hiểu được sự ảnh hưởng và những biến đổi của khí hậu tác động đến các yếu tố khí tượng thủy văn trên lưu vực. Trong khi đó, số liệu về dòng chảy và bùn cát trên lưu vực sông Nậm Mực được đo đạc tương đối đầy đủ. Với số liệu lưu lượng nước có từ năm 1961-2012, số liệu bùn cát có từ năm 1993-2012. Vì vậy, luận văn đã chọn phạm vi nghiên cứu tính toán cho lưu vực sông Nậm Mực để làm thí điểm áp dụng cho việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát vào hồ thủy điện.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Đánh giá được tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát vào hồ thủy điện Nậm Mực trên sông Nậm Mực.

3. Phạm vi nghiên cứu

- Phạm vi không gian: tính từ thượng nguồn đến hồ thủy điện Nậm Mực trên sông Nậm Mực.
- Phạm vi thời gian: thời kỳ nền 1986-2005 và dự tính theo các kịch bản biến đổi khí hậu phiên bản năm 2016.
- Giới hạn phạm vi nghiên cứu: luận văn chỉ xét đến dòng chảy mặt và bùn cát đến hồ thủy điện Nậm Mực trên sông Nậm Mực.

4. Phương pháp nghiên cứu

- *Phương pháp phân tích thống kê*: Phương pháp này được sử dụng để tính toán đặc trưng dòng chảy và bùn cát theo thời gian và không gian;
- *Phương pháp kế thừa*: Kế thừa những số liệu, phương pháp, kết quả đã đạt được từ các nghiên cứu trước đó phục vụ cho các nghiên cứu của đề tài.
- *Phương pháp mô hình toán*: Sử dụng mô hình SWAT để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát. Mô hình SWAT: được xây dựng từ những năm 90 do tiến sỹ Jeff Arnold thuộc trung tâm nghiên cứu đất nông nghiệp USDA - Agricultural Research Service (ARS) xây dựng. Mô hình này được xây dựng để mô phỏng ảnh hưởng của việc quản lý sử dụng đất đến nguồn nước, bùn cát và hàm lượng chất hữu cơ trong đất trên hệ thống lưu vực sông trong một khoảng thời gian nào đó. Việc sử dụng mô hình này có khả năng mô phỏng lượng bùn cát gia nhập khu giữa hoặc bùn cát đến hồ. Từ đó, kết hợp với các kịch bản biến đổi khí hậu có thể đánh giá được sự thay đổi dòng chảy và bùn cát dưới tác động của biến đổi khí hậu.

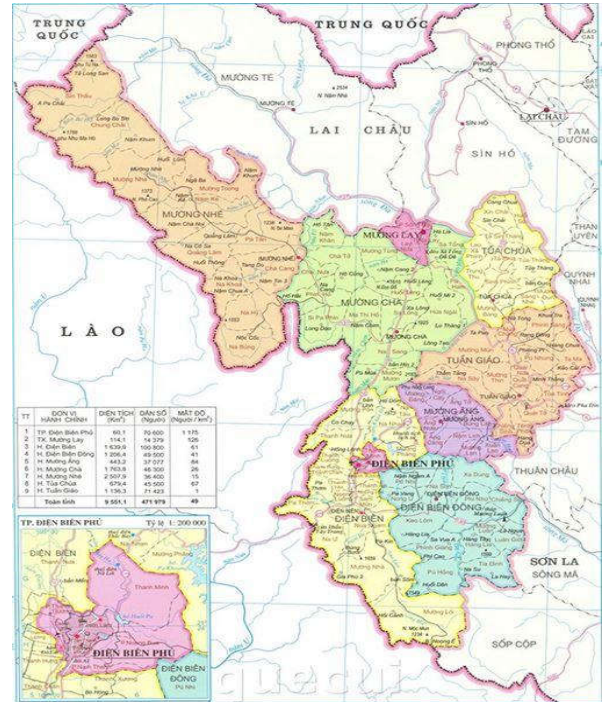
CHƯƠNG I: TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan khu vực nghiên cứu

1.1.1. Đặc điểm địa lý tự nhiên

1) Vị trí địa lý

Sông Nậm Mực là sông nhánh cấp 1 của sông Đà, đoạn chảy qua địa bàn tỉnh Điện Biên. Trong đó, sông Đà chảy dọc theo thung lũng sâu giữa các dãy núi cao. Đoạn sông Đà từ biên giới Việt - Trung đến Lai Châu có 24 thác ghềnh. Sau đó, sông cắt qua núi đá vôi tạo thành yên ngựa dài 20km, sâu 50m tách khỏi bình nguyên Tà Pình bên trái và Sín Chải bên phải, dọc theo sông, trên đoạn này có 16 thác ghềnh. Phía dưới các bình nguyên nói trên, cách cửa sông 400km có chi lưu bờ phải là sông Nậm Mực dài 165km với diện tích tập trung nước là 2.930km².



Hình 1.1: Bản đồ tỉnh Điện Biên

Sông ngòi trong lưu vực sông Đà có đặc điểm của một mạng lưới sông suối dày, trẻ biểu hiện ở độ chia cắt mạnh, thung lũng sâu, hẹp, có hình chữ V. Do sự khác nhau về địa hình, địa chất, mưa và lớp phủ thực vật mà mật độ sông suối trong lưu vực không đồng nhất và phân hóa khá phức tạp. Vùng núi đá phun xuất có độ cao lớn, mưa nhiều, mật độ sông suối rất dày (1,5 - 1,7km/km²) phân bố ở bờ trái sông Đà, phía Tây Hoàng Liên Sơn - Pu Luông. Vùng núi thấp có mưa ít hơn vùng trên, đất đá chủ yếu là sa diệp thạch, khí hậu khô nóng, mật độ sông suối khá cao (0,5 - 1,5km/km²) phân bố ở các vùng Tà Pình - Sín Chải, bờ trái sông Đà phía Đông Nam sông Nậm Pô và Nậm Mực. Vùng cao nguyên đá vôi mưa ít, mật độ sông suối từ thấp đến trung bình (0,5 - 1,0km/km²). Vùng thượng lưu sông Nậm Bú,

mật độ sông suối thấp nhất (dưới 0,5km/km²). Đây là vùng mưa ít, nhiều đá vôi nên hạn chế sự phát triển của dòng chảy mặt.

2) Địa hình

Do ảnh hưởng của các hoạt động kiến tạo nên địa hình của Điện Biên rất phức tạp, chủ yếu là đồi núi dốc, hiểm trở và chia cắt mạnh. Được cấu tạo bởi những dãy núi chạy dài theo hướng Tây Bắc - Đông Nam với độ cao biến đổi từ 200m đến hơn 1.800m. Địa hình thấp dần từ Bắc xuống Nam và nghiêng dần từ Tây sang Đông. Ở phía Bắc có các điểm cao 1.085m, 1.162 m và 1.856m (thuộc huyện Mường Nhé), cao nhất là đỉnh Pu Đen Đinh cao 1.886m. Ở phía Tây có các điểm cao 1.127m, 1.649m, 1.860m và dãy điểm cao Mường Phăng kéo xuống Tuần Giáo. Xen lẫn các dãy núi cao là các thung lũng, sông suối nhỏ hẹp và dốc. Trong đó, đáng kể có thung lũng Mường Thanh rộng hơn 150km², là cánh đồng lớn và nổi tiếng nhất của tỉnh và toàn vùng Tây Bắc. Núi bị bào mòn mạnh tạo nên những cao nguyên khá rộng như cao nguyên A Pa Chải (huyện Mường Nhé), cao nguyên Tả Phình (huyện Tủa Chùa). Ngoài ra, còn có các dạng địa hình thung lũng, sông suối, thềm bãi bồi, nón phóng vật, sườn tích, hang động kaster,... phân bố rộng khắp trên địa bàn, nhưng diện tích nhỏ.

3) Địa chất

Về cấu trúc địa chất sông Nậm Mực là vùng có cấu trúc địa chất khá phức tạp và chưa ổn định. Toàn bộ lưu vực phân bố rộng trên đá vôi tạo nên cấu trúc kaster phức tạp. Do lưu vực có địa hình núi chia cắt nên có nhiều quá trình ngoại sinh hủy hoại, quá trình xói mòn đất kết hợp với cấu trúc địa chất kém ổn định thường diễn ra các hoạt động địa chấn như động đất.

4) Thổ nhưỡng

Theo số liệu thống kê hiện trạng sử dụng đất năm 2010, Điện Biên có tổng diện tích đất tự nhiên là 956.290,37ha. Trong đó, hầu hết đất đai có độ dốc lớn, tầng canh tác mỏng:

- Đất nông - lâm nghiệp chiếm chủ yếu với 79,31% tổng diện tích đất tự nhiên.
- Đất phi nông nghiệp (sử dụng để ở, phục vụ mục đích công cộng, trụ sở cơ quan, công trình sự nghiệp...) chiếm 2,27%.

- Đất chưa sử dụng vẫn chiếm diện tích tương đối lớn với 18,41%, chủ yếu là đất đồi núi, dốc chỉ có khả năng phát triển lâm nghiệp.

5) Thảm phủ thực vật

Hệ động thực vật của lưu vực phong phú và đa dạng. Thảm phủ thực vật bao gồm rừng tự nhiên, rừng trồng, cây bụi và cỏ. Theo kết quả kiểm kê rừng tại thời điểm 1999, Tây Bắc có 963.441ha rừng trong đó: theo nguồn gốc có 884.409ha rừng tự nhiên và 79.032ha rừng trồng; theo công dụng có 713.563ha rừng phòng hộ, 171.829ha rừng đặc dụng và 78.049ha rừng sản xuất.

6) Điều kiện khí tượng thủy văn

Điều kiện khí hậu

Khu vực nghiên cứu có khí hậu thuộc loại nhiệt đới gió mùa núi cao, mùa đông tương đối lạnh và ít mưa, mùa hạ nóng, mưa nhiều với các đặc tính diễn biến thất thường, phân hoá đa dạng, ít chịu ảnh hưởng của bão, chịu ảnh hưởng vừa của gió tây khô và nóng.

Nhiệt độ trung bình hàng năm từ 21-23°C, nhiệt độ trung bình thấp nhất thường vào tháng 12 đến tháng 2 năm sau (từ 14-18°C), các tháng có nhiệt độ trung bình cao nhất từ tháng 4 - 9 (25°C), chỉ xảy ra các khu vực có độ cao thấp hơn 500m.

Lượng mưa hàng năm trung bình từ 1.300mm đến 2.000mm, thường tập trung theo mùa, mùa khô kéo dài từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau. Độ ẩm trung bình hàng năm từ 76 - 84%. Số giờ nắng bình quân từ 158 – 187 giờ trong năm, các tháng có giờ nắng thấp là tháng 6 - 7, các tháng có giờ nắng cao thường là các tháng 3, 4, 8, 9.

Đặc điểm thủy văn

Lưu vực nghiên cứu thuộc sông miền núi, vùng sông không ảnh hưởng triều. Hàng năm dòng chảy trong sông thường phân bố thành hai mùa rõ rệt, mùa kiệt từ tháng XI năm trước đến khoảng tháng IV năm sau, mùa lũ từ tháng V đến tháng X hàng năm, lũ thường là lũ kép, lũ lớn lịch sử xuất hiện ngày 17/VII năm 1994 với đỉnh lũ là 237,72 m.

Dòng chảy năm: Lượng mưa trung bình năm trên lưu vực sông Nậm Mực tương đối lớn vào khoảng từ 1.700 – 2.000mm. Do lượng mưa như vậy nên dòng chảy năm lưu vực sông Nậm Mực khá dồi dào. Trong mùa mưa, lượng nước chiếm khoảng 75% - 78% tổng lượng nước cả năm. Trong mùa khô, lượng nước giảm nhanh chỉ còn trên 23%. Nước mặt, nước ngầm trên toàn lưu vực nói chung có xu hướng thay đổi theo mùa.

Dòng chảy lũ: Dòng chảy lũ trên lưu vực sông do những trận mưa rào nhiệt đới gây ra trên phạm vi rộng có cường độ lớn, lượng nước mùa mưa chiếm từ 77%-78% lượng nước cả năm.

Dòng chảy kiệt: Dòng chảy chiếm khoảng 23% lưu lượng dòng chảy cả năm.

Bảng 1.1: Lưu lượng nước trung bình tháng trung bình nhiều năm tại cửa ra

Đơn vị: m³/s

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nậm Mực	26,5	22,1	19,8	23,6	41,5	109,9	227,2	268,8	160,6	74,1	48,7	33,5

Chỉ tính riêng từ đầu năm 2016 đến tháng X, dòng chảy trong sông là dạng ổn định, chịu ảnh hưởng phát điện của thủy điện Nậm Mực. Từ ngày 16 tháng X thủy điện Trung Thu tích nước, đến ngày 17/X dòng chảy tại trạm bắt đầu chịu ảnh hưởng nước dâng của thủy điện Trung Thu. Trong năm chế độ dòng chảy tại trạm được chia thành hai thời kỳ. Thời gian từng thời kỳ cụ thể như sau:

- Thời kỳ thứ nhất: từ ngày 01/I đến ngày 17/X, chế độ dòng chảy trong sông là dạng ổn định. Khi không ảnh hưởng của các trận lũ mực nước dao động trong ngày khoảng 0,40 m do thủy điện Nậm Mực phát điện. Trong năm lũ lớn nhất có biên độ 2,68 m xuất hiện ngày 20/VIII.

- Thời kỳ thứ hai: từ ngày 17/X đến ngày 31/XII. Từ ngày 17/X đến cuối tháng X mực nước tăng nhanh, có ngày mực nước tăng 3,92 m do thủy điện Trung Thu tích nước. Tháng XI, XII biên độ mực nước dao động trong ngày khoảng 0,7m do thủy điện Nậm Mực phát điện. Đây là thời kỳ dòng chảy trong sông chịu ảnh hưởng nước dâng do tích nước của hồ thủy điện Trung Thu và điều tiết từ thủy điện Nậm Mực

Bảng 1.2: Các trị số đặc trưng trong năm 2016

TT	Yếu tố	Đặc trưng	Trị số	Thời gian xuất hiện
1	Mưa (mm)	Lượng mưa ngày lớn nhất	114,0	04/VIII
		Lượng mưa tháng lớn nhất	288,1	VIII
		Tổng lượng mưa	1477,3	
		Số ngày mưa	115	
2	Nhiệt độ nước ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ nước cao nhất	28,7	27/VI
		Nhiệt độ nước thấp nhất	17,6	26/II(2)
		Nhiệt độ nước trung bình năm	24,3	
3	Mức nước (cm)	Mức nước cao nhất	24.032	19/XII
		Mức nước thấp nhất	22.648	05/IV(3)
		Mức nước trung bình năm	22.966	
4	Lưu lượng nước (m^3/s)	Lưu lượng nước lớn nhất	460	20/VIII
		Lưu lượng nước nhỏ nhất	11,9	05/IV(3)
		Lưu lượng nước trung bình năm	51,1	
		Tổng lượng nước (m^3)	$1,62 \times 10^9$	
		Mô dul dòng chảy (l/s/km^2)	19,1	
		Độ sâu dòng chảy (mm)	604,4	
5	Hàm lượng chất lơ lửng (g/m^3)	Hàm lượng chất lơ lửng lớn nhất	6.660	20/IV
		Hàm lượng chất lơ lửng nhỏ nhất	4,5	01/XII
		Hàm lượng chất lơ lửng trung bình	252	
6	Lưu lượng chất lơ lửng (kg/s)	Lưu lượng chất lơ lửng lớn nhất	315	11/VIII
		Lưu lượng chất lơ lửng nhỏ nhất	0,127	16/II
		Lưu lượng chất lơ lửng trung bình	12,9	
		Tổng lượng chất lơ lửng (tấn)	$0,408 \times 10^6$	

Tiềm năng thủy điện:

Theo khảo sát sơ bộ, tại Điện Biên có nhiều điểm có khả năng xây dựng nhà máy thủy điện, trong đó đáng chú ý là các điểm: Thủy điện Mùn Chung trên suối Nậm Pay, thủy điện Mường Pồn trên suối Nậm Ty, thủy điện Nậm Múc trên sông Nậm Múc, thủy điện Nậm He trên suối Nậm He, thủy điện Nậm Pồ trên suối Nậm Pồ, hệ thống thủy điện trên sông Nậm Rốm, Nậm Khẩu Hú... Tuy nhiên, việc khai

thác các tiềm năng này còn ở mức khiêm tốn. Hiện nay, trên địa bàn tỉnh mới có một số nhà máy thủy điện như Nà Loi 9.300KW, Thác Bay 2.400KW, Thác Trắng 6.200KW, Nậm Mực 44Mw đang được xây dựng và khai thác khá hiệu quả.

Tại khu vực nghiên cứu, năm 2006 công trình thủy điện Nậm Mực đã được xây dựng trên sông Nậm Mực cách trạm thủy văn Nậm Mực khoảng 10 km về phía thượng lưu. Tháng V năm 2015, thủy điện Nậm Mực phát điện, dòng chảy tại trạm chịu ảnh hưởng điều tiết của thủy điện Nậm Mực, vào những tháng mùa kiệt biên độ mực nước dao động trong ngày khoảng 0,40m.

1.1.2. Đặc điểm kinh tế xã hội

1) Kinh tế

Dự ước tổng sản phẩm trên địa bàn tỉnh Điện Biên GRDP (giá sản xuất) theo giá so sánh năm 2010 đạt 9.223,2 tỷ đồng, tăng 6,83% so với thực hiện năm 2015, vượt mục tiêu kế hoạch đề ra. Trong đó: khu vực nông, lâm nghiệp thủy sản tăng 3,56%; công nghiệp - xây dựng tăng 6,07%; dịch vụ tăng 8,64%. Cơ cấu kinh tế tiếp tục chuyển dịch theo hướng xác định, trong đó: khu vực nông, lâm nghiệp và thủy sản chiếm 23,77%, giảm 1,08%; công nghiệp - xây dựng chiếm 25,29%, tăng 0,03%; dịch vụ 1,04% (so với năm 2015). Thu nhập bình quân đầu người (theo giá hiện hành) ước đạt 22,31 triệu đồng/người/năm, tăng 7,87% so với thực hiện năm 2015.

Nông nghiệp

Cây lương thực:

Diện tích lúa: Diện tích gieo cấy ước đạt 50.098 ha, tăng 1,32% so với cùng kỳ năm trước, đạt 99,74% kế hoạch năm; năng suất bình quân ước đạt 35 tạ/ha, giảm 0,4 tạ/ha so với cùng kỳ năm trước; sản lượng ước đạt 175.119 tấn, tăng 0,17% so với cùng kỳ năm trước; đạt 100,1% so với kế hoạch năm.

Diện tích ngô: Diện tích gieo trồng ước đạt 29.997 ha, tăng 0,8% so với cùng kỳ năm trước, đạt 99,82% kế hoạch năm; năng suất bình quân ước đạt 26,19 tạ/ha; sản lượng ước đạt 78.503,44 tấn, tăng 3,03% so với cùng kỳ năm trước, đạt 101,09% kế hoạch năm.

Tổng sản lượng lương thực ước đạt 253.622 tấn, tăng 1,04% so với cùng kỳ năm trước và đạt 100,4% kế hoạch cả năm.

Cây công nghiệp:

Cây công nghiệp dài ngày: Diện tích cao su ước đạt 5.172,6 ha, bằng 93,07% so với kế hoạch giao; diện tích cà phê ước đạt 4.051,8 ha, bằng 94,56% so với kế hoạch giao; diện tích chè ước đạt 607,1 ha so với kế hoạch (Diện tích cây chè búp 577,36 ha, diện tích cây chè lá 29,7 ha).

Cây công nghiệp ngắn ngày: Cây đậu tương diện tích gieo trồng ước đạt 4.792,9 ha, giảm 1,56% so với cùng kỳ năm trước, đạt 84,86% kế hoạch năm; năng suất bình quân ước đạt 13,23 tạ/ha; sản lượng ước đạt 6.338,81 tấn, giảm 1,36% so với cùng kỳ năm trước, đạt 82,82% kế hoạch năm; Cây lạc diện tích gieo trồng ước đạt 1.582,7 ha, tăng 8,93% so với cùng kỳ năm trước, đạt 97,1% kế hoạch năm; năng suất bình quân ước đạt 12,73 tạ/ha; sản lượng ước đạt 2.014,5 tấn, tăng 9,14% so với cùng kỳ năm trước, đạt 100,22% kế hoạch năm.

Chăn nuôi:

Kết quả điều tra chăn nuôi trong tỉnh ước tính đến hết năm 2016, đàn trâu có 129.640 con, tăng 2,9% so với cùng kỳ năm trước và đạt 98,61% kế hoạch; Đàn bò có 53.564 con, tăng 5,72% so cùng kỳ năm trước và đạt 99,75% kế hoạch; Đàn lợn có 374.350 con, tăng 5,28% so cùng kỳ năm trước và đạt 98,04% kế hoạch.

Diện tích nuôi trồng thủy sản hết năm 2016 ước đạt 2.156,76 ha, tăng 4,09% so với cùng kỳ năm trước và đạt 105,98% kế hoạch giao. Sản lượng thủy sản ước đạt 2.524,76 tấn, tăng 12,98% so với cùng kỳ năm trước, đạt 109,51% kế hoạch giao.

Lâm nghiệp:

Diện tích rừng trồng tập trung tại các địa phương đã trồng và chăm sóc ước đạt 1.583,03 ha (rừng phòng hộ 60,03 ha; rừng thay thế 431,4 ha; rừng sản xuất 1.091,6 ha), đạt 240,06% so với cùng kỳ năm trước, đạt 402,6% kế hoạch; diện tích rừng giao khoán khoán nuôi tái sinh ước đạt 2.453,7 ha, đạt 15,39% kế hoạch giao. Tỷ lệ che phủ rừng ước đạt 38,67%, tăng 0,17% so với năm 2015.

Công nghiệp

Giá trị sản xuất công nghiệp ước đạt 2.235,22 tỷ đồng (giá 2010), tăng 9,1% so với năm 2015. Trong đó: Công nghiệp khai thác ước đạt 107,97 tỷ đồng, tăng 1,38% so với năm 2015; Công nghiệp chế biến đạt 1.798,94 tỷ đồng, tăng 5,32%;

Sản xuất, phân phối điện đạt 286,79 tỷ đồng tăng 46,26%; Cung cấp nước và xử lý rác thải đạt 41,52 tỷ đồng, tăng 8,99%.

Một số sản phẩm chủ yếu ngành công nghiệp tăng cao so với cùng kỳ năm trước như: điện sản xuất, gạch xây, đá xây dựng, xi măng, trang in offset; một số sản phẩm chủ yếu ngành công nghiệp đạt thấp như: than sạch, gạch xây dựng.

Dịch vụ

Hoạt động thương mại: Tình hình lưu thông hàng hóa và dịch vụ thương mại trong năm 2016 tương đối ổn định, hàng hóa trên thị trường đáp ứng đủ nhu cầu cho sản xuất và tiêu dùng của người dân. Công tác bình ổn thị trường được quan tâm và triển khai đã đem lại kết quả tích cực.

Tổng mức bán lẻ hàng hóa và doanh thu dịch vụ ước đạt 8.047,29 tỷ đồng, tăng 11,69% so với cùng kỳ năm trước, đạt 93,9% kế hoạch.

Dịch vụ du lịch: Dự ước năm 2016 đón khoảng 477 ngàn lượt khách, đạt 106% kế hoạch năm, tăng 13,5% so với năm 2015; trong đó khách quốc tế ước đạt 80 ngàn lượt, đạt 104% kế hoạch năm, tăng 14,2% so với năm trước. Tổng thu từ hoạt động du lịch ước đạt trên 760 tỷ đồng, đạt 108% kế hoạch năm, tăng 38% so với năm 2015. Số ngày lưu trú bình quân khách nội địa và quốc tế đạt 2,3 ngày/người (đạt 92% kế hoạch năm, duy trì tỷ lệ so với năm 2015). Du lịch đã giải quyết việc làm cho trên 12 ngàn lao động trong toàn tỉnh, trong đó có khoảng 5.000 lao động trực tiếp và 7.000 lao động gián tiếp.

Dịch vụ vận tải hàng hóa và hành khách: Ước đến hết năm 2016, khối lượng vận chuyển hành khách đạt 1.120,0 nghìn lượt người, tăng 13,97% so với cùng kỳ năm trước, đạt 93,33% so với kế hoạch; hành khách luân chuyển 220,88 triệu lượt HK.Km, tăng 13,28% so với cùng kỳ năm trước, đạt 92,03% so với kế hoạch. Khối lượng vận chuyển hàng hóa đạt 2.890 nghìn tấn, tăng 12,45% so với cùng kỳ năm trước, đạt 99,66% so với kế hoạch; khối lượng luân chuyển hàng hóa đạt 118,397 triệu T.Km, tăng 11,95% so với cùng kỳ năm trước, đạt 88,36% so với kế hoạch.

Lĩnh vực Bưu chính Viễn thông: Hạ tầng bưu chính, viễn thông, công nghệ thông tin, phát thanh truyền hình tiếp tục được mở rộng; Hạ tầng mạng lưới bưu chính phục vụ ổn định, rộng khắp, đến nay đã có: 114/130 xã, phường, thị trấn được phủ sóng di động 3G (đạt tỷ lệ 87,6%); 100% địa bàn các huyện và cơ quan Nhà

nước được kết nối Internet tốc độ cao. Hạ tầng công nghệ thông tin trong các cơ quan nhà nước được quan tâm đầu tư xây dựng tỷ lệ máy tính/cán bộ công chức trong các cơ quan nhà nước cấp tỉnh, cấp huyện đạt gần 100%, cấp xã đạt 45%. Dự ước năm 2016 số thuê bao điện thoại 424.507 thuê bao, tăng 3,63% so với năm 2015, đạt 98,72% so với kế hoạch; dự ước số thuê bao internet là 18.149 thuê bao, tăng 13,37% so với năm trước, đạt 98,81% so với kế hoạch.

2) Dân cư

Dân số

Tính đến 31-12-2007, dân số của tỉnh Điện Biên là 468.282 người, mật độ dân số bình quân 49 người/km², là một trong những tỉnh có mật độ dân số thấp nhất cả nước (mật độ dân số trung bình cả nước là 254 người/km²) và thấp hơn nhiều so với mật độ dân số trung bình của vùng Tây Bắc (69 người/km²). Tuy vậy, dân số phân bố không đều, tập trung chủ yếu ở khu vực Thành phố Điện Biên Phủ (750,9 người/km²), Thị xã Mường Lay (124,1 người/km²) và thưa thớt ở các huyện Mường Nhé (16,3 người/km²); Mường Chà (27,5 người/ km²).

Hiện tại cộng đồng dân cư tỉnh Điện Biên có 21 dân tộc cùng chung sống (Thái, Mông, Kinh, Dao, Khơ Mú, Hà Nhì, La Hủ, Giấy, Lào, Phù Lá, Công, Si La, Kháng, Lô Lô, Hoa, Lự, Tày, Nùng, Mường, Xinh Mun, Mảng)

Trước hết là "dân số trẻ" tỷ lệ trẻ em dưới 15 tuổi chiếm 33,65%, người già trên 60 tuổi (với nam) và trên 55 tuổi (với nữ) là 10,59%.

Lao động

Trong đó dân tộc Thái chiếm tỷ lệ cao nhất (40,43%), tiếp đến là dân tộc Mông (30,86%), dân tộc Kinh (19,11%), còn lại là các dân tộc khác chiếm 11,6% dân số.

Về giải quyết việc làm và đào tạo nghề: Ước giải quyết việc làm mới cho 8.585 lao động, tăng 1% so với năm 2015; trong đó, tạo việc làm mới thông qua Quỹ cho vay về việc làm 900 lao động; cung ứng lao động cho các doanh nghiệp và khu công nghiệp ngoài tỉnh 550 lao động (Tăng 249 lao động so với năm 2015). Tuyển mới và đào tạo nghề cho 7.895 người, đạt 98,69% kế hoạch năm (Cao đẳng 82 người; Trung cấp 197 người; Sơ cấp và đào tạo thường xuyên dưới 3 tháng 7.616

người); trong đó, đào tạo nghề cho lao động nông thôn 5.316 lao động nông thôn, đạt 85,74% KH.

1.2. Tổng quan các nghiên cứu về bùn cát trong và ngoài nước

1.2.1. Tổng quan các nghiên cứu về bùn cát trên thế giới

Hiện nay, việc nghiên cứu bùn cát trên thế giới và cả ở Việt Nam chỉ tập trung nghiên cứu về vấn đề tính toán bồi lắng hồ chứa và sự phân bố lượng bùn cát bồi lắng trong hồ chứa. Việc nghiên cứu dòng chảy bùn cát đến hồ còn khá khiêm tốn. Một số các nghiên cứu tiêu biểu về dòng chảy bùn cát trên thế giới cụ thể như sau:

Năm 1976, Dendy và Bolton phân tích dữ liệu bùn cát đến hồ của khoảng 800 hồ chứa ở Mỹ, có diện tích lưu vực từ 2,5 km² đến 75.000 km² cùng với các dữ liệu về diện tích lưu vực sông và dòng chảy trung bình năm và quan hệ giữa 3 yếu tố này. Trên cơ sở các quan hệ, các tác giả đã đưa ra 2 phương trình kinh nghiệm để xác định lượng bùn cát đến hồ từ dữ liệu dòng chảy trung bình năm và diện tích lưu vực cho 2 trường hợp lưu vực sông có lớp dòng chảy năm lớn hơn và nhỏ hơn 50 mm. Các phương trình kinh nghiệm của Dendy và Bolton có thể sử dụng để tính toán lượng bùn cát đến hồ khi không có số liệu quan trắc bùn cát. Hạn chế khi áp dụng các công thức kinh nghiệm của Dendy và Bolton là các lưu vực sông ở các khu vực khác nhau có đặc điểm bùn cát khác nhau, do đó, phải xây dựng những công thức kinh nghiệm riêng tương tự hoặc áp dụng các công thức của Dendy và Bolton nhưng đánh giá sự phù hợp với đặc điểm bùn cát của từng khu vực cụ thể.

Năm 2009, B. Hu và cộng sự nghiên cứu “Bồi lắng ở đập Tam Hiệp và xu hướng tương lai của bùn cát sông Trường Giang đổ ra biển” dựa trên số liệu nước và bùn cát hàng năm của sông chính và sông nhánh trong 54 năm để xác định lượng bùn cát bị lắng đọng bởi đập Tam Hiệp trong giai đoạn 2003-2008. Ngoài ra, các tác giả còn xác định hiệu quả bẫy bùn cát của hệ thống hồ chứa bậc thang (gồm 4 hồ chứa lớn là Wudongde, Baihetan, Xiluodu và Xiangjiaba với tổng dung tích 41,4 km³) ở thượng nguồn đập Tam Hiệp. Kết quả cho thấy, trong giai đoạn 2003-2008, mỗi năm có khoảng 172 triệu tấn bùn cát bị giữ lại bởi đập Tam Hiệp, hiệu suất bẫy trung bình là 75%. Trong số này, hầu hết lượng bùn cát (88%) bồi lắng trong khu vực giữa đập Tam Hiệp và Cuntan, tuy nhiên, một lượng bùn lắng đáng kể (12%) bồi lắng ở khu vực thượng nguồn của Cuntan. Để đánh giá ảnh hưởng của toàn bộ

hệ thống hồ chứa bậc thang đến dòng chảy bùn cát, hiệu quả bẫy bùn cát được tính dựa trên phương pháp Brune và đã tính được hiệu quả bẫy bùn cát của từng đập riêng lẻ biến đổi từ 73% đến 87%, còn của toàn bộ hệ thống hồ chứa bậc thang là 91%. Trên cơ sở kết quả tính toán, các tác giả đã kiến nghị sử dụng phương pháp Brune để ước tính hiệu quả bẫy bùn cát cho các hồ chứa ở thượng lưu lưu vực sông Trường Giang.

1.2.2. Tổng quan các nghiên cứu về bùn cát ở Việt Nam

Tính toán bồi lắng là một khâu rất quan trọng trong thiết kế hồ chứa và tính tuổi thọ của hồ; đã có một số tác giả nghiên cứu bồi lắng bùn cát và ảnh hưởng của thay đổi chế độ bùn cát đến lòng dẫn. Các tác giả ở Việt Nam cũng thực hiện nghiên cứu theo các hướng ứng dụng phương pháp mô hình toán; sử dụng các công thức thực nghiệm; phương pháp thu thập, khảo sát, đo đạc số liệu thực tế. Có thể kể đến những nghiên cứu tiêu biểu như sau:

Nguyễn Kiên Dũng (2014) đã nghiên cứu “Phương pháp đơn giản ước tính phân bố bùn cát bồi lắng các hồ chứa ở Việt Nam”, trong đó đề xuất sử dụng công thức đơn giản của Shamov và công thức của Borland-Miller để ước tính phân bố bùn cát theo không gian ở hồ chứa Hòa Bình.

Đề tài cấp Nhà nước “Nghiên cứu quy luật xói mòn đất và sự biến đổi của bùn cát sông ngòi” do TS. Nguyễn Kiên Dũng và PGS.TS. Trần Thanh Xuân thực hiện năm 2004-2005.

Đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu dự báo dòng bùn cát, phù sa và sự xói lở khu vực sông vùng Tân Châu” do TS. Nguyễn Kỳ Phùng thực hiện năm 2001-2003.

Gần đây nhất là đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Bộ của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu “Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang. Áp dụng thí điểm cho sông Đà”. Kết quả của đề tài đã đưa ra được cơ sở khoa học tính toán bồi lắng cho hệ thống hồ chứa bậc thang, trong đó, đưa ra những yêu cầu và nội dung cần thiết trong việc tính bồi lắng cho hệ thống hồ chứa bậc thang và đề xuất 3 trường hợp có khả năng xảy ra là có đủ số liệu, thiếu số liệu và không có số liệu. Đối với mỗi trường hợp, đề tài kiến nghị lựa chọn những phương pháp phù hợp nhất để việc tính toán bồi lắng cho hệ thống hồ chứa bậc thang có tính khả thi cao. Đối với trường hợp có đủ số liệu lưu lượng nước, lưu lượng và thành phần hạt bùn cát đến hồ và ra khỏi hồ và số liệu

địa hình lòng hồ có thể sử dụng phương pháp cân bằng bùn cát và phương pháp so sánh thể tích để tính bồi lắng cho hồ chứa. Trường hợp thiếu số liệu bùn cát đến hồ, sử dụng công thức Dendy và Bolton đã được hiệu chỉnh để tính lượng bùn cát đến hồ; nếu thiếu số liệu bùn cát ra khỏi hồ thì sử dụng phương pháp Brune hoặc Churchill-Roberts để tính lượng bùn cát ra khỏi hồ và tính lượng bùn cát bồi lắng trong hồ; để tính lượng bùn cát bồi lắng theo thời gian, sử dụng công thức kinh nghiệm của Shamov; để tính lượng bùn cát bồi lắng theo không gian, sử dụng phương pháp của Borland-Miller. Trường hợp không có số liệu quan trắc, sử dụng phương pháp lưu vực tương tự hoặc mô hình SWAT để tính lưu lượng nước và bùn cát đến hồ, cũng có thể sử dụng các mô hình MIKE-NAM, HMS... để tính lưu lượng nước đến hồ; để tính toán bồi lắng trong hệ thống hồ chứa bậc thang, sử dụng các mô hình như HEC-6, HEC-RAS, SRH-1D...

Sau khi xác lập được cơ sở khoa học để tính toán bồi lắng cho hệ thống hồ chứa bậc thang, đề tài đã áp dụng thí điểm cho hệ thống hồ chứa bậc thang Lai Châu - Sơn La - Hòa Bình trên dòng chính sông Đà như một trường hợp nghiên cứu điển hình, trong đó đã phân tích đặc điểm tự nhiên, địa hình, địa mạo, khí tượng thủy văn và bùn cát của lưu vực sông Đà, tổng hợp quá trình xây dựng hệ thống hồ chứa bậc thang và hiện trạng bồi lắng của các hồ chứa và thống kê tình hình các loại số liệu khí tượng thủy văn, bùn cát, địa hình mặt cắt ngang sông hồ và tiến hành điều tra khảo sát bổ sung.

Đề tài đã lựa chọn mô hình HEC-6 để tính toán bồi lắng đồng thời cho hệ thống hồ chứa bậc thang Lai Châu - Sơn La - Hòa Bình, trong đó, có sử dụng một số mô hình và phương pháp khác để tính toán các đầu vào cho mô hình HEC-6 như mô hình SWAT, MIKE-NAM và phương pháp lưu vực tương tự, đồng thời dự tính lượng bùn cát bồi lắng cũng như sự phân bố bùn cát bồi lắng theo thời gian và không gian cho hàng trăm năm vận hành. Kết quả tính toán cho thấy, các hồ chứa Sơn La và Hòa Bình chịu khác nhiều tác động từ hồ chứa phía thượng lưu. Trong khi lượng bùn cát bồi lắng trong hồ Lai Châu giảm dần thì lượng bùn cát bồi lắng trong hồ Sơn La và hồ Hòa Bình tăng dần, khi hồ Lai Châu gần bị lấp đầy dần trở về trạng thái của sông thiên nhiên thì lượng bùn cát bồi lắng trong hồ Sơn La giảm dần, trong khi đó, lượng bùn cát bồi lắng trong hồ Hòa Bình vẫn tiếp tục tăng.

Từ kết quả tính toán bồi lắng cho hệ thống hồ chứa bậc thang điển hình, đề tài đã thống kê, tổng hợp các hệ thống bậc thang hồ chứa lớn trên các hệ thống sông

chính, đánh giá đặc điểm tự nhiên cho các hệ thống sông và thống kê tình hình số liệu khí tượng, thủy văn và bùn cát cũng như các tài liệu về địa hình mặt cắt ngang hồ, sông hiện có trên từng hệ thống sông và đề xuất các phương pháp cụ thể phù hợp với điều kiện của từng hệ thống hồ chứa bậc thang cụ thể trên các lưu vực sông chính ở cả nước. Trên cơ sở đề tài này, luận văn cũng đã được kế thừa rất nhiều số liệu cũng như phương pháp tính toán để mô phỏng dòng chảy và bùn cát vào hồ thủy điện Nậm Múc.

Và để mô phỏng mô phỏng dòng chảy và bùn cát vào hồ thủy điện Nậm Múc, luận văn sử dụng mô hình SWAT. Trong đó, mô hình SWAT có nhiều ưu điểm nổi trội như tự động phân chia lưu vực dựa vào bản đồ DEM, vẽ đường sông suối, tính toán các thông số dựa trên dữ liệu đầu vào một cách tự động và kèm theo công cụ hiệu chỉnh tự động cụ thể:

SWAT cho phép mô hình hóa nhiều quá trình vật lý trên cùng một lưu vực. Mô hình được xây dựng để mô phỏng ảnh hưởng của việc quản lý sử dụng nguồn tài nguyên đất đến nguồn nước, sự bồi lắng và lượng hóa chất sinh ra và hoạt động nông nghiệp trên những lưu vực rộng lớn và phức tạp trong khoảng thời gian dài. Mặc dù, được xây dựng trên nền các quan hệ thể hiện bản chất vật lý của hiện tượng tự nhiên với việc sử dụng các phương trình tương quan, hồi qui để mô tả mối quan hệ giữa thông số đầu vào (Sử dụng đất/thảm thực vật, đất, địa hình và khí hậu) và thông số đầu ra (lưu lượng dòng chảy, bồi lắng, ...), SWAT còn yêu cầu các số liệu về thời tiết, sử dụng đất, địa hình, thực vật và tình hình quản lý tài nguyên đất trong lưu vực.

Ngoài ra, mô hình SWAT có nhiều ưu điểm so với các mô hình trước đó là khi mô phỏng SWAT sẽ phân chia lưu vực lớn thành các tiểu lưu vực, các đơn vị thủy văn dựa trên bản đồ sử dụng đất, thổ nhưỡng, địa hình để tăng mức độ chi tiết mô phỏng về mặt không gian. Mô hình SWAT sẽ trực tiếp tính toán các quá trình tự nhiên liên quan tới chuyển động của nước, lắng đọng bùn cát, tăng trưởng mùa màng, chu trình chất dinh dưỡng v.v.... dựa vào các thông số dữ liệu đầu vào. Do vậy, mô hình còn có khả năng dự báo thông qua việc thay đổi. Dữ liệu đầu vào (quản lý sử dụng đất, khí hậu, thực vật v.v...) đều định lượng được những tác động của sự thay đổi đến dòng chảy ra của các lưu vực hoặc các thông số khác; có hiệu quả cao, có thể tính toán và mô phỏng trên lưu vực rộng lớn hoặc hỗ trợ ra quyết định đối với những chiến lược quản lý đa dạng, phức tạp với sự đầu tư kinh tế và

thời gian thấp; cho phép người sử dụng nghiên cứu những tác động trong thời gian dài. Nhiều vấn đề hiện nay được SWAT xem xét không những là lưu lượng dòng, đỉnh lũ mà còn đến sự tích lũy chất ô nhiễm và những ảnh hưởng đến vùng hạ lưu.

Bên cạnh đó, hiện nay, trong nước đã xuất hiện nhiều mô hình thủy văn phân chia, đánh giá tài nguyên nước, tính toán lũ cho các lưu vực như MIKEBASIN, HEC-HMS, ANSWERS, AGNPS... nhưng hầu hết các mô hình thường không đi kèm các công cụ hiệu chỉnh, kiểm định một cách tự động để tăng độ tin cậy. SWAT cung cấp công cụ cho việc hiệu chỉnh và kiểm định một cách tự động SWAT-CUP, nhằm rút gọn thời gian nhưng vẫn mang lại tính chính xác và hiệu quả cho người sử dụng.

1.3. Tổng quan về biến đổi khí hậu và kịch bản biến đổi khí hậu

1.3.1. Kịch bản biến đổi khí hậu Việt Nam

Xây dựng và cập nhật các kịch bản biến đổi khí hậu là nhiệm vụ cần thiết nhằm cung cấp các thông tin về biến đổi khí hậu chính xác và kịp thời nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu hiệu quả hơn. Chính vì lẽ đó, Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) đã thực hiện các lần cập nhật kịch bản biến đổi khí hậu: (1) Báo cáo lần thứ nhất vào năm 1990 (FAR); (2) Báo cáo lần thứ hai vào năm 1995 (SAR); (3) Báo cáo lần thứ ba vào năm 2001 (TAR); (4) Báo cáo lần thứ tư vào năm 2007 (AR4); (5) Báo cáo lần thứ năm vào năm 2013 (AR5). Trong các lần báo cáo, các thông tin phát triển kinh tế xã hội, khí hậu liên tục được cập nhật đến thời điểm gần nhất, các mô hình dự tính cũng được cải tiến rõ ràng nhằm đưa ra các kết quả khách quan nhất. Không dừng lại đó, tại Hội nghị lần thứ 43 của IPCC được diễn ra vào ngày 11-13 tháng 4 năm 2016 tại Nairobi, Kenya, xây dựng báo cáo đánh giá biến đổi khí hậu lần thứ sáu (AR6) đã được thảo luận và thống nhất về nội dung và kế hoạch thực hiện. Với mục tiêu giữ cho nhiệt độ trái đất tăng không quá 1,5°C so với thời kỳ tiền công nghiệp được đặt ra trong Hiệp định Paris, IPCC cần cập nhật các phương pháp tính toán phát thải khí nhà kính, trên cơ sở đó có những đánh giá cụ thể, chính xác cho mục tiêu mới đặt ra. IPCC sẽ đáp ứng yêu cầu của UNFCCC và sẽ hoàn thiện AR6 vào năm 2023 theo thời hạn quy định của UNFCCC tại Điều 14 của Hiệp định Paris. Một trong những Báo cáo đặc biệt của kỳ đánh giá này sẽ tập trung vào đánh giá tác động và lộ trình giảm phát thải để đạt được mục tiêu 1,5°C và phải hoàn thành vào năm 2018.

Ở Việt Nam, biến đổi khí hậu ảnh hưởng tiêu cực là rất rõ ràng đối với kinh tế xã hội và tài nguyên môi trường. Để ứng phó hiệu quả với biến đổi khí hậu thì những hiểu biết về khí hậu trong tương lai thông qua các kịch bản biến đổi khí hậu là rất cần thiết. Theo lộ trình cập nhật đã được xác định rõ trong Chương trình Mục tiêu Quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã cập nhật các kịch bản biến đổi khí hậu vào năm 2009, 2012 và 2016. Có thể kể đến các kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam đã được công bố:

- Kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng cho Thông báo đầu tiên của Việt Nam cho Công ước khung của Liên Hợp Quốc về biến đổi khí hậu năm 2003. Năm 2009, Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố bản “Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam”.
- Năm 2012, Bộ Tài nguyên và Môi trường tiếp tục công bố “Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam”.
- Năm 2016, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã cập nhật kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng dựa trên các nguồn dữ liệu, các điều kiện khí hậu cụ thể của Việt Nam và các sản phẩm của các mô hình khí hậu.

Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2016 được xây dựng dựa trên cơ sở sau: Báo cáo đánh giá lần thứ 5 (AR5) của Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC); số liệu của mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn cập nhật đến năm 2014; xu thế biến đổi gần đây của khí hậu và nước biển dâng ở Việt Nam; các mô hình khí hậu toàn cầu và mô hình khí hậu khu vực độ phân giải cao cho khu vực Việt Nam, các mô hình khí quyển – đại dương.

Các phương án kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam được xây dựng với các kịch bản phát thải khí nhà kính (RCP) theo cách tiếp cận mới của IPCC, gồm: Kịch bản cao - RCP8.5; kịch bản trung bình cao - RCP6.0; kịch bản trung bình - RCP4.5 và kịch bản thấp - RCP2.6. Các kịch bản được xây dựng chi tiết cho các địa phương và các khu vực ven biển Việt Nam theo từng thập kỷ của thế kỷ 21. Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng năm 2016 có thể được tóm tắt như sau:

- **Nhiệt độ** ở tất cả các vùng của Việt Nam đều có xu thế tăng so với thời kỳ cơ sở (1986-2005), với mức tăng lớn nhất là khu vực phía Bắc. **Theo kịch bản trung bình - RCP4.5**, nhiệt độ trung bình năm trên toàn quốc vào đầu thế kỷ (2016

– 2035) có mức tăng phổ biến từ $0,6 \div 0,8^{\circ}\text{C}$; vào giữa thế kỷ (2046 – 2065) có mức tăng $1,3 \div 1,7^{\circ}\text{C}$, trong đó khu vực Bắc Bộ (Tây Bắc, Đông Bắc, đồng bằng Bắc Bộ) có mức tăng $1,6 \div 1,7^{\circ}\text{C}$, khu vực Bắc Trung Bộ $1,5 \div 1,6^{\circ}\text{C}$, khu vực Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ $1,3 \div 1,4^{\circ}\text{C}$; đến cuối thế kỷ (2080 – 2099) có mức tăng $1,9 \div 2,4^{\circ}\text{C}$ ở phía Bắc và $1,7 \div 1,9^{\circ}\text{C}$ ở phía Nam. **Theo kịch bản cao - RCP8.5**, nhiệt độ trung bình năm trên toàn quốc vào đầu thế kỷ có mức tăng phổ biến từ $0,8 \div 1,1^{\circ}\text{C}$, vào giữa thế kỷ có mức tăng $1,8 \div 2,3^{\circ}\text{C}$, trong đó, tăng $2,0 \div 2,3^{\circ}\text{C}$ ở khu vực phía Bắc và $1,8 \div 1,9^{\circ}\text{C}$ ở phía Nam; đến cuối thế kỷ có mức tăng $3,3 \div 4,0^{\circ}\text{C}$ ở phía Bắc và $3,0 \div 3,5^{\circ}\text{C}$ ở phía Nam. Nhiệt độ thấp nhất trung bình và cao nhất trung bình ở cả hai kịch bản đều có xu thế tăng rõ rệt.

- **Lượng mưa** năm có xu thế tăng trên phạm vi toàn quốc. **Theo kịch bản trung bình - RCP4.5**, lượng mưa năm vào đầu thế kỷ có xu thế tăng ở hầu hết cả nước, phổ biến từ $5 \div 10\%$; vào giữa thế kỷ có mức tăng $5 \div 15\%$, trong đó một số tỉnh ven biển Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Trung Trung Bộ có thể tăng trên 20% ; đến cuối thế kỷ có phân bố tương tự như giữa thế kỷ, tuy nhiên vùng có mức tăng trên 20% mở rộng hơn. **Theo kịch bản cao - RCP8.5**, lượng mưa năm có xu thế tăng tương tự như kịch bản RCP4.5. Đáng chú ý là vào cuối thế kỷ mức tăng nhiều nhất có thể trên 20% ở hầu hết Bắc Bộ, Trung Trung Bộ, một phần Nam Bộ và Tây Nguyên. Lượng mưa 1 ngày lớn nhất và 5 ngày lớn nhất trung bình có xu thế tăng từ $40 \div 70\%$ ở phía Tây của Tây Bắc, Đông Bắc, đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Thừa Thiên - Huế đến Quảng Nam, phía Đông Nam Bộ, Nam Tây Nguyên. Các khu vực khác có mức tăng phổ biến từ $10 \div 30\%$.

- **Gió mùa và một số hiện tượng khí hậu cực đoan: Số lượng bão và áp thấp nhiệt đới** có xu thế ít biến đổi nhưng có phân bố tập trung hơn vào cuối mùa bão, đây cũng là thời kỳ bão hoạt động chủ yếu ở phía Nam. Bão mạnh đến rất mạnh có xu thế gia tăng. **Gió mùa mùa hè** có xu thế bắt đầu sớm hơn và kết thúc muộn hơn. Mưa trong thời kỳ hoạt động của gió mùa có xu hướng tăng. **Số ngày rét đậm, rét hại** ở các tỉnh miền núi phía Bắc, Đồng bằng Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ đều giảm. **Số ngày nắng nóng** (số ngày nhiệt độ cao nhất $T_x \geq 35^{\circ}\text{C}$) có xu thế tăng trên phần lớn cả nước, lớn nhất là ở Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ và Nam Bộ. **Hạn hán** có thể trở nên khắc nghiệt hơn ở một số vùng do nhiệt độ tăng và khả năng giảm lượng mưa trong mùa khô như ở Nam Trung Bộ trong mùa xuân và mùa hè, Nam Bộ trong mùa xuân và Bắc Bộ trong mùa đông.

- **Mức nước biển dâng:** Kịch bản mức nước biển dâng trung bình ven biển Việt Nam có khả năng cao hơn trung mức nước biển trung bình toàn cầu. Khu vực giữa Biển Đông có mức nước biển dâng cao hơn so với các khu vực khác. Mức nước biển dâng khu vực ven biển các tỉnh phía Nam cao hơn so với khu vực phía Bắc. **Theo kịch bản trung bình - RCP4.5**, mức nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Việt Nam *đến năm 2050* là 22 cm (14 cm ÷ 32 cm); *đến năm 2100* là 53 cm (32 cm ÷ 76 cm), trong đó, khu vực ven biển từ Móng Cái - Hòn Dấu và Hòn Dấu - Đèo Ngang có mức nước biển dâng thấp nhất là 55 cm (33 cm ÷ 78 cm), khu vực từ Mũi Cà Mau – Kiên Giang là 53 cm (32 cm ÷ 75 cm), khu vực quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa lần lượt là 58 cm (36 cm ÷ 80 cm) và 57 cm (33 cm ÷ 83 cm). **Theo kịch bản cao - RCP8.5**, mức nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Việt Nam *đến năm 2050* là 25 cm (17 cm ÷ 35 cm); *đến năm 2100* là 73 cm (49 cm ÷ 103 cm), trong đó, khu vực ven biển từ Móng Cái - Hòn Dấu và Hòn Dấu - Đèo Ngang có mức nước biển dâng thấp nhất là 72 cm (49 cm ÷ 101 cm), khu vực từ Mũi Cà Mau – Kiên Giang là 75 cm (52 cm ÷ 106 cm), khu vực quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa lần lượt là 78 cm (52 cm ÷ 107 cm), 77 cm (50 cm ÷ 107 cm).

- **Nguy cơ ngập do nước biển dâng:** Nếu mức nước biển dâng 1 m và không có các giải pháp ứng phó, khoảng 16,8% diện tích đồng bằng sông Hồng, 1,5% diện tích các tỉnh ven biển miền Trung từ Thanh Hóa đến Bình Thuận, 17,8% diện tích Tp. Hồ Chí Minh, 38,9% diện tích đồng bằng sông Cửu Long có nguy cơ bị ngập. Cụm đảo Vân Đồn, Côn Đảo và Phú Quốc có nguy cơ ngập cao. Nguy cơ ngập đối với quần đảo Trường Sa là không lớn. Quần đảo Hoàng Sa có nguy cơ ngập lớn hơn, nhất là đối với các đảo thuộc nhóm Lưỡi Liềm và đảo Tri Tôn.

1.3.2. Kịch bản biến đổi khí hậu khu vực nghiên cứu

Do lưu vực sông Nậm Mực thuộc tỉnh Điện Biên nên xu thế về sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa của các kịch bản biến đổi khí hậu của lưu vực sông Nậm Mực cũng giống như của tỉnh Điện Biên.

1) Nhiệt độ

Nhiệt độ trung bình năm

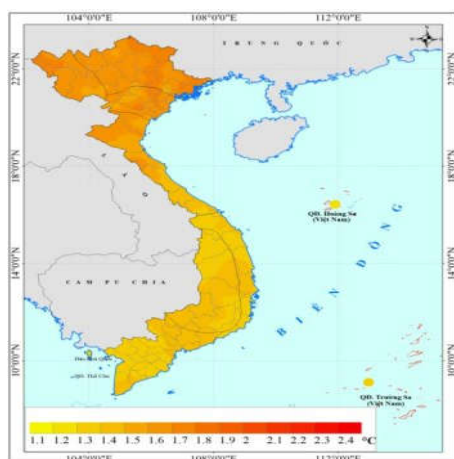
Nhiệt độ không khí bề mặt (nhiệt độ) trung bình năm, mùa (đông, xuân, hè, thu) ở tất cả các vùng của Việt Nam đều có xu thế tăng so với thời kỳ cơ sở (1986-

2005); mức tăng phụ thuộc vào các kịch bản RCP và vùng khí hậu (Bảng 1.3, Hình 1.2 và Hình 1.3).

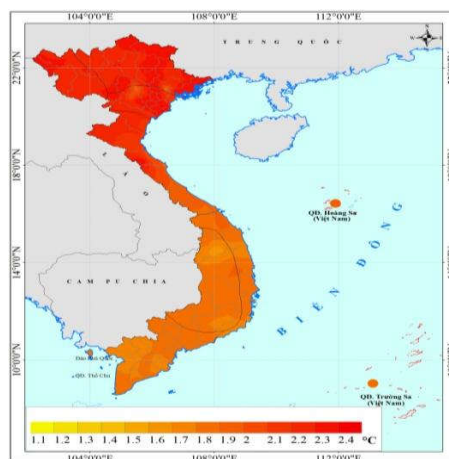
Bảng 1.3: Biến đổi của nhiệt độ trung bình năm (oC) so với thời kỳ 1986 – 2005

Tỉnh	Kịch bản RCP4.5			Kịch bản RCP8.5		
	2016-2035	2046-2065	2080-2099	2016-2035	2046-2065	2080-2099
Điện Biên	0,7 (0,4 ÷1,1)	1,7 (1,2 ÷2,3)	2,3 (1,5 ÷3,3)	1,1 (0,6 ÷1,7)	2,2 (1,4 ÷3,2)	3,9 (3,0 ÷5,6)

(Nguồn: Kịch bản BĐKH 2016-Bộ TNMT)

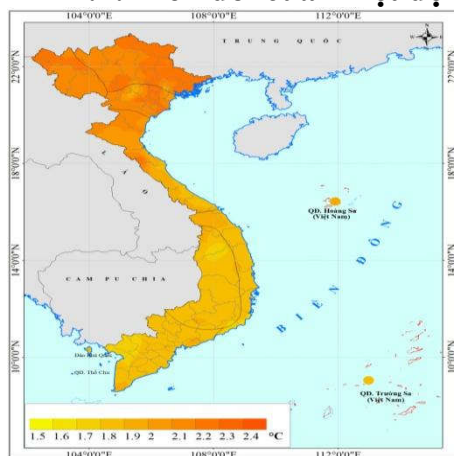


Vào giữa thế kỷ

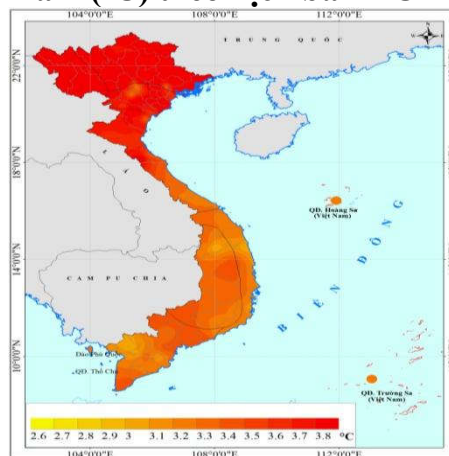


Vào cuối thế kỷ

Hình 1.2: Biến đổi của nhiệt độ trung bình năm (°C) theo kịch bản RCP4.5



Vào giữa thế kỷ



Vào cuối thế kỷ

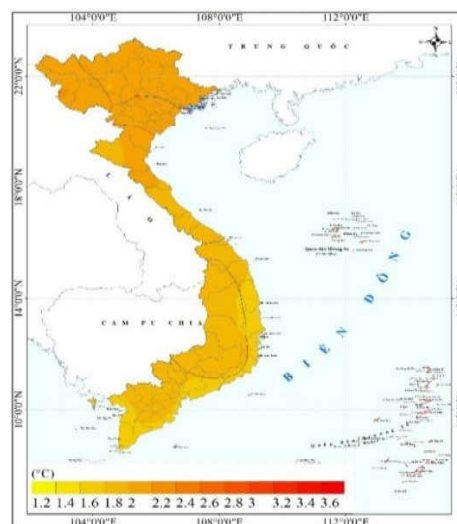
Hình 1.3: Biến đổi của nhiệt độ trung bình năm (°C) theo kịch bản RCP8.5

Nhiệt độ tối cao trung bình năm

Theo kịch bản RCP4.5, vào giữa thế kỷ, nhiệt độ tối cao trung bình năm trên toàn quốc có mức tăng phổ biến từ 1,4÷1,8°C. Đến cuối thế kỷ, mức tăng từ

1,7÷2,7°C. Trong đó, tăng cao nhất là khu vực Đông Bắc, Đồng bằng Bắc Bộ; thấp nhất là khu vực Nam Trung Bộ và Nam Bộ (Hình 1.4).

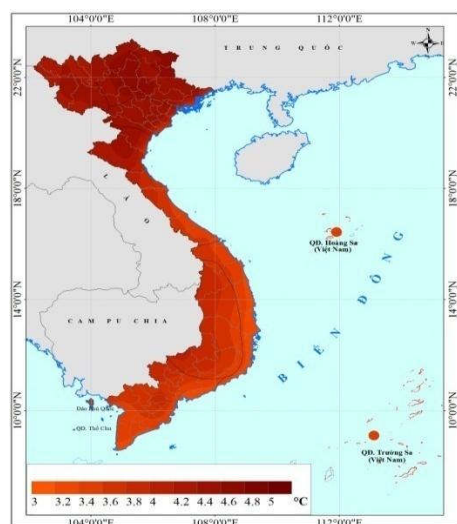
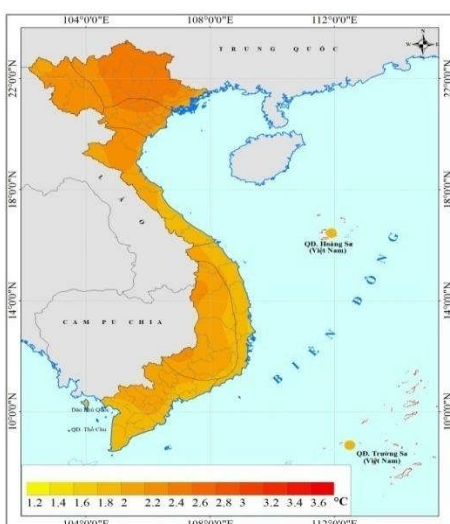
Theo kịch bản RCP8.5, vào giữa thế kỷ, nhiệt độ tối cao trung bình năm trên toàn quốc có mức tăng phổ biến từ 1,6÷2,4°C, tăng cao nhất là khu vực Việt Bắc với mức tăng có thể trên 2,6°C. Đến cuối thế kỷ, nhiệt độ tối cao trung bình năm tiếp tục có xu thế tăng, phổ biến từ 3,0÷4,8°C, cao nhất có thể tăng trên 5,0°C đối với một số tỉnh miền núi phía Bắc (Hình 1.5).



Vào giữa thế kỷ

Vào cuối thế kỷ

Hình 1.4: Biến đổi nhiệt độ tối cao trung bình năm (°C) theo kịch bản RCP4.5



Vào giữa thế kỷ

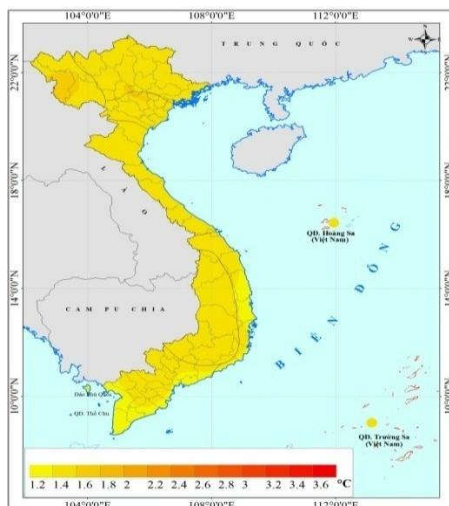
Vào cuối thế kỷ

Hình 1.5: Biến đổi nhiệt độ tối cao trung bình năm (°C) theo kịch bản RCP8.5

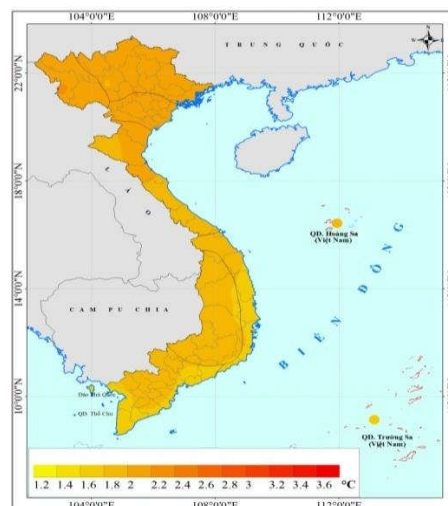
Nhiệt độ tối thấp trung bình năm

Theo kịch bản RCP4.5, nhiệt độ tối thấp trung bình năm trên toàn quốc có mức tăng phổ biến từ $1,4 \div 1,6^{\circ}\text{C}$ vào giữa thế kỷ, từ $1,8 \div 2,2^{\circ}\text{C}$ vào cuối thế kỷ. Khu vực ven biển Nam Trung Bộ và Nam Bộ có mức tăng thấp nhất, khoảng $1,3 \div 1,4^{\circ}\text{C}$ vào giữa thế kỷ và $1,6 \div 1,8^{\circ}\text{C}$ vào cuối thế kỷ (Hình 1.6).

Theo kịch bản RCP8.5, vào giữa thế kỷ, nhiệt độ tối thấp trung bình năm trên toàn quốc có mức tăng phổ biến từ $1,6 \div 2,6^{\circ}\text{C}$, tăng cao nhất ở khu vực phía Bắc và Tây Nguyên ($2,2 \div 2,6^{\circ}\text{C}$). Các khu vực khác có mức tăng thấp hơn ($1,6 \div 1,8^{\circ}\text{C}$). Đến cuối thế kỷ, mức tăng phổ biến từ $3,0 \div 4,0^{\circ}\text{C}$, một số tỉnh phía Bắc có mức tăng cao hơn (Hình 1.7).

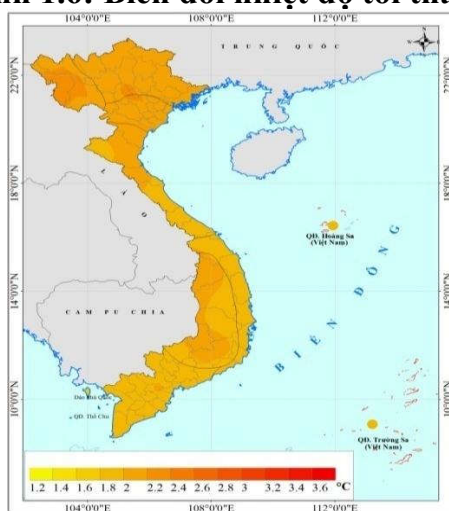


Vào giữa thế kỷ

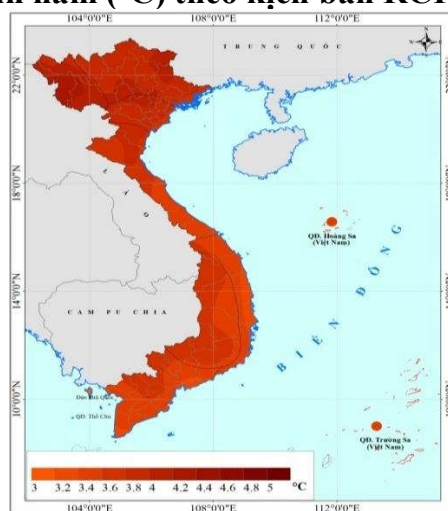


Vào cuối thế kỷ

Hình 1.6: Biến đổi nhiệt độ tối thấp trung bình năm ($^{\circ}\text{C}$) theo kịch bản RCP4.5



(a) vào giữa thế kỷ



(b) vào cuối thế kỷ

Hình 1.7: Biến đổi nhiệt độ tối thấp trung bình năm ($^{\circ}\text{C}$) theo kịch bản RCP8.5

2) Lượng mưa

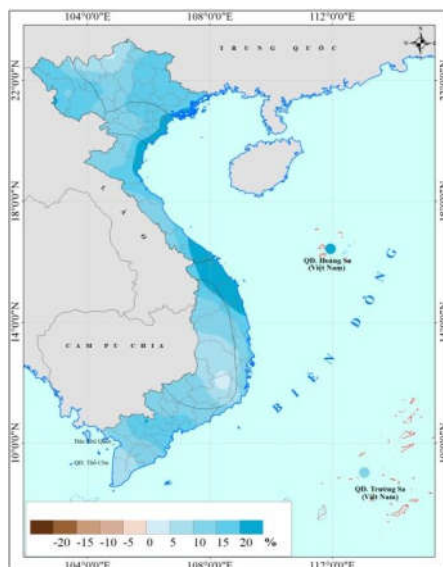
Lượng mưa năm có xu thế tăng so với thời kỳ cơ sở ở tất cả các vùng và trong tất cả các kịch bản. Lượng mưa mùa khô ở một số vùng có xu thế giảm. Mưa cực trị có xu thế tăng. Đối với tỉnh Điện Biên, biến đổi lượng mưa (%) năm của các giai đoạn đầu, giữa và cuối thế kỷ so với thời kỳ 1986-2005 được thể hiện trong Bảng 1.2. Tương tự như đối với nhiệt độ, khoảng biến đổi xung quanh trị số trung bình cũng được xác định. Ví dụ vào giữa thế kỷ 21, ở Điện Biên, lượng mưa năm ứng với kịch bản RCP4.5 tăng từ 8,9÷24,3%, trung bình là 16,5% (Bảng 1.2, Hình 1.8 và Hình 1.9)

Bảng 1.4: Biến đổi của lượng mưa năm (%) so với thời kỳ 1986-2005

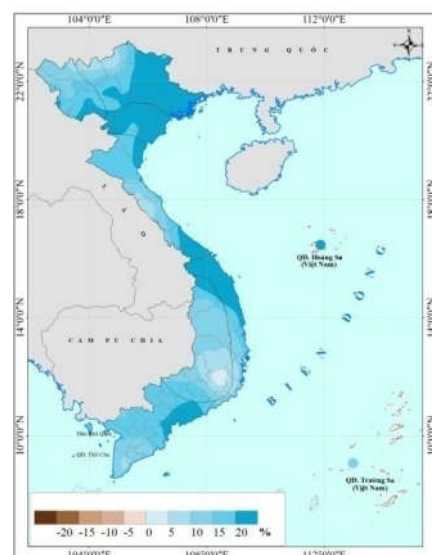
(Giá trị trong ngoặc đơn là khoảng biến đổi quanh giá trị trung bình với cận dưới 20% và cận trên 80%)

TT	Tỉnh, thành phố	Kịch bản RCP4.5			Kịch bản RCP8.5		
		2016-2035	2046-2065	2080-2099	2016-2035	2046-2065	2080-2099
1	Điện Biên	5,9 (-2,2 ÷13,2)	16,5 (8,9 ÷24,3)	15,1 (6,6 ÷24,4)	2,7 (-1,7 ÷7,3)	15,2 (8,0 ÷21,7)	21,2 (14,8 ÷28,2)

(Nguồn: Kịch bản BĐKH 2016-Bộ TNMT)

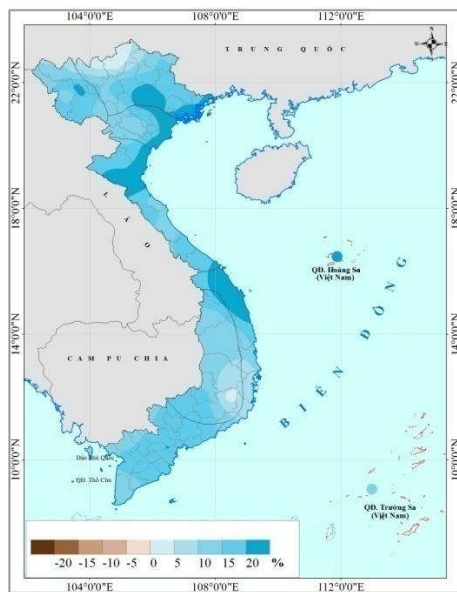


Vào giữa thế kỷ

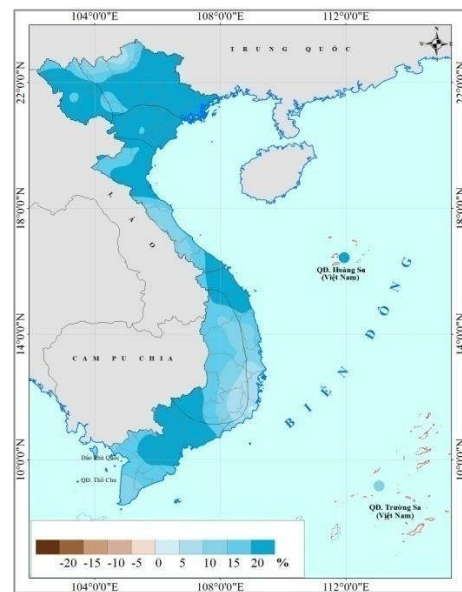


Vào cuối thế kỷ

Hình 1.8: Biến đổi của lượng mưa năm theo kịch bản RCP4.5



Vào giữa thế kỷ

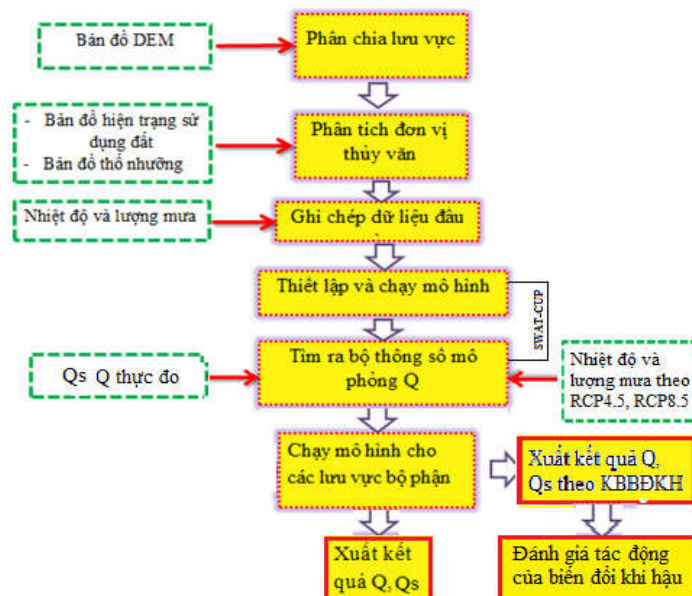


Vào cuối thế kỷ

Hình 1.9: Biến đổi của lượng mưa năm theo kịch bản RCP8.5

1.4. Khung nghiên cứu

Để mô phỏng mô phỏng dòng chảy và bùn cát vào hồ thủy điện Nậm Mức, luận văn sử dụng mô hình SWAT. Sử dụng phương pháp mô hình toán để xác định lưu lượng nước (Q) và lưu lượng bùn cát (Qs) gia nhập hồ chứa từ các số liệu khí tượng, địa hình, thổ nhưỡng, thảm phủ thực vật theo sơ đồ Hình 1.10.



Hình 1.10: Sơ đồ khối tính dòng chảy và bùn cát gia nhập hồ chứa

CHƯƠNG II: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ NGUỒN SỐ LIỆU

2.1. Giới thiệu mô hình nghiên cứu (mô hình SWAT)

Mô hình SWAT được xây dựng để đánh giá tác động của việc sử dụng đất, của xói mòn và việc sử dụng hoá chất trong nông nghiệp trên một hệ thống lưu vực sông. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở về mặt vật lý, bên cạnh đó kết hợp các phương trình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa những biến đầu vào và đầu ra, mô hình yêu cầu thông tin về thời tiết, thuộc tính của đất, tài liệu địa hình, thảm phủ, và việc sử dụng đất trên lưu vực. Những quá trình vật lý liên quan đến sự chuyển động nước, sự chuyển động bùn cát, quá trình canh tác, chu trình chất dinh dưỡng, ... đều được mô tả trực tiếp trong mô hình SWAT qua việc sử dụng dữ liệu đầu vào này. Mô hình chia lưu vực ra làm các vùng hay các lưu vực nhỏ. Mô hình SWAT (Arnold và cộng sự, 2002) đã được chứng minh là một công cụ hiệu quả để đánh giá tài nguyên nước và ô nhiễm với phạm vi lớn và các điều kiện môi trường trên toàn cầu. Ở Mỹ, SWAT đang được sử dụng nhiều hơn để hỗ trợ phân tích tổng lượng tải lớn nhất ngày (Bo-rah và nnk, 2006), nghiên cứu hiệu quả hoạt động bảo tồn thiên nhiên trong chương trình đánh giá hiệu quả bảo tồn thiên nhiên USDA (CEAP, 2007), thực hiện đánh giá cho các khu vực lớn như lưu vực thượng nguồn sông Mississippi và toàn bộ Mỹ (ví dụ Arnold và cộng sự, 1999a; Jha và nnk, 2006), và nhiều ứng dụng trong chất lượng nước, sử dụng nước. Xu hướng ứng dụng SWAT cũng tương tự ở Châu Âu và các khu vực khác, được chỉ ra ở số lượng các nghiên cứu đa dạng được đưa ra ở 4 hội nghị SWAT quốc tế. Mô hình này được sử dụng cho các lưu vực nhỏ để mô phỏng dòng chảy, khi các lưu vực này có đủ số liệu về sử dụng đất cũng như đặc tính của đất...

Xét về toàn lưu vực thì mô hình SWAT là một mô hình bán phân bố. Mô hình này chia dòng chảy thành 3 pha: pha mặt đất, pha dưới mặt đất (sát mặt, ngầm) và pha trong sông.

Việc mô tả các quá trình thủy văn được chia làm hai phần chính: phần thứ nhất là pha lưu vực với chu trình thủy văn kiểm soát khối lượng nước, bùn cát, chất hữu cơ và được chuyển tải tới các kênh chính của mỗi lưu vực. Phần thứ hai là diễn toán dòng chảy, bùn cát, hàm lượng các chất hữu cơ tới hệ thống kênh và tới mặt cắt cửa ra của lưu vực.

❖ *Các số liệu đầu vào và kết quả đầu ra của mô hình*

Các số liệu đầu vào của mô hình

Yêu cầu số liệu đầu vào của mô hình được biểu diễn dưới hai dạng: dạng số liệu không gian và số liệu thuộc tính

- Số liệu không gian dưới dạng bản đồ bao gồm:
 - Bản đồ độ cao số hóa DEM;
 - Bản đồ sử dụng đất;
 - Bản đồ loại đất;
 - Bản đồ mạng lưới sông suối, hồ chứa trên lưu vực.
- Số liệu thuộc tính dưới dạng Database bao gồm:
 - Số liệu về khí tượng: nhiệt độ không khí, bức xạ, tốc độ gió, mưa;
 - Số liệu về thủy văn: dòng chảy, bùn cát, hồ chứa....;
 - Số liệu về đất: đặc tính loại đất theo lớp của các phẫu diện đất... ;
 - Số liệu về loại cây trồng trên lưu vực, độ tăng trưởng của cây trồng... ;
 - Số liệu về loại phân bón trên lưu vực canh tác....

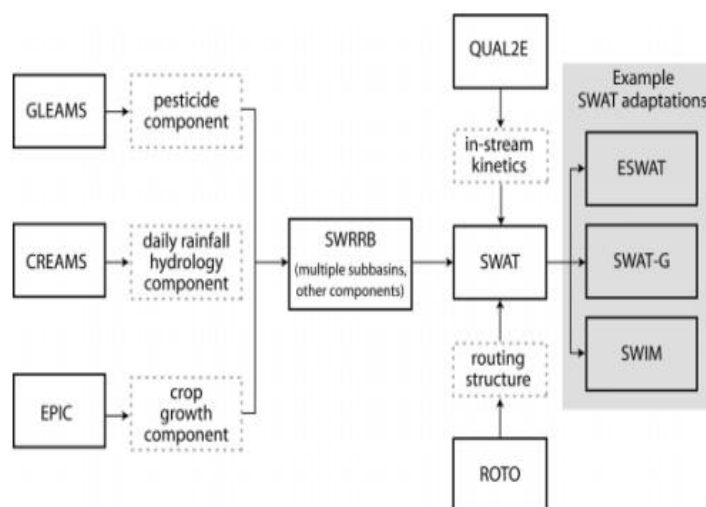
Các kết quả đầu ra của mô hình

- Đánh giá cả về lượng và về chất của nguồn nước;
- Đánh giá lượng bùn cát vận chuyển trên lưu vực;
- Đánh giá quá trình canh tác đất thông qua mô đun chu trình chất dinh dưỡng;
- Đánh giá công tác quản lý lưu vực.

1) **Lịch sử phát triển của mô hình SWAT**

Mô hình SWAT được phát triển liên tục trong gần 30 năm qua bởi Viện nghiên cứu nông nghiệp USDA. Phiên bản đầu tiên của SWAT là mô hình USDAARS (Hình 2.2) bao gồm chất hóa học, dòng chảy và xói mòn từ mô hình hệ thống quản lý nông nghiệp (CREAMS), tác động lượng nước ngầm trong mô hình hệ thống quản lý nông nghiệp (GLEAMS), và mô hình khí hậu chính sách tác động môi trường (EPIC) - tính toán tác động hiệu suất xói mòn. Mô hình SWAT hiện tại

là phiên bản tiếp theo của tính toán tài nguyên nước trong mô hình lưu vực SWRRB
- tính toán tác động của quản lý lưu vực đối với chuyển động của nước, bùn cát.



Hình 2.1: Sơ đồ phát triển của mô hình SWAT

Sự phát triển của SWRRB bắt đầu những năm đầu thập niên 80, biến đổi của mô hình thủy văn mưa ngày CREAMS. Trải qua quá trình nâng cấp mô hình tăng diện tích tính toán, cải thiện các phương pháp tính tốc độ dòng chảy lũ, tổn thất truyền, thêm vào một vài thành phần mới như dòng chảy nhập lưu, bể chứa, mô đun phát triển vụ mùa EPIC, tính các thông số khí hậu và vận chuyển bùn cát, kết hợp thành phần thuốc trừ sâu, phương pháp USDA – SCS để ước tính tốc độ dòng chảy lũ, các phương trình bùn cát được phát triển thêm. Các biến đổi này mở rộng khả năng của mô hình giải quyết các vấn đề quản lý chất lượng nước lưu vực.

Arnold và cộng sự (1995) đã phát triển thêm mô đun diễn toán ROTO đầu thập niên 90 để hỗ trợ đánh giá tác động của quản lý tài nguyên nước, bằng liên kết kết quả đầu ra của SWRRB, diễn toán dòng chảy qua lòng dẫn và bể chứa trong ROTO thông qua phương pháp diễn toán theo đoạn sông. Hệ phương pháp này đã khắc phục được giới hạn của SWRRB. Sau đó SWRRB và ROTO được kết hợp thành một mô hình SWAT để hạn chế nhược điểm công kênh của nó (Hình 2.2). SWAT giữ lại tất cả các đặc trưng mà tạo ra trong SWRRB và cho phép tính toán với khu vực rất lớn.

SWAT đã trải qua quá trình đánh giá, mở rộng khả năng kể từ khi nó được tạo ra vào đầu thập niên 90. Những nâng cấp quan trọng cho các phiên bản trước

của mô hình (SWAT94.2, 96.2, 98.1, 99.2 và 2000) bao gồm sự kết hợp diễn toán động học trong sông từ mô hình QUAL2E.

- SWAT94.2: mô phỏng đường lưu lượng đơn vị.
- SWAT96.2: Phiên bản này cập nhật thêm phần quản lý về hàm lượng chất hữu cơ trong đất, trong đó nghiên cứu ảnh hưởng của sự thay đổi khí hậu tới sự phát triển của cây trồng. Phương trình chất lượng nước từ mô hình QUAL2E được sử dụng đến.
- SWAT98.1: Phiên bản này thêm phần diễn toán dòng chảy do tuyết tan, chất lượng nước trong sông.
- SWAT99.2: Phiên bản này cập nhật thêm diễn toán chất lượng nước cho hồ chứa, phân thủy văn đô thị được cập nhật từ mô hình SWMM.
- SWAT2000: Cập nhật thêm phương trình thấm của Green và Ampt, cập nhật thêm các yếu tố khí tượng thời tiết như bức xạ mặt trời, tổ độ gió..., cho phép giá trị bốc thoát hơi tiềm năng của lưu vực có thể được đưa vào như là số liệu đầu hoặc được tính toán theo phương trình ... Đặc biệt trong phiên bản này có sử dụng môi trường ARCVIEW là môi trường giao diện. Trong báo cáo sẽ giới thiệu phiên bản mới này.

Để mô hình hóa các quá trình mưa – dòng chảy, có thể sử dụng nhiều phương pháp. Các phương pháp này có thể sử dụng để giải đáp các mục tiêu thủy văn khác nhau, như thủy văn vận hành, lũ lụt, hạn hán hoặc mô hình hóa truyền ô nhiễm. Một trong những bước đầu tiên để giải quyết vấn đề là lựa chọn mô hình phù hợp với mục tiêu thủy văn cụ thể. Lựa chọn mô hình theo dữ liệu mà mô hình cần, mục tiêu (ví dụ như yêu cầu dự báo hoặc mô hình hóa các kịch bản thảm họa), kích thước lưu vực, kết hợp với GIS hoặc các phần mềm khác để tập hợp, phân tích hoặc biểu diễn dữ liệu và kết quả, cũng như tham khảo, hỗ trợ và giá cả. Với nhiều lưu vực lớn (trên 100 km²) có thể được kết hợp hiệu quả với mô đun diễn toán để tính toán quá trình sóng lũ.

2) Cấu trúc mô hình

Mô hình lưu vực

Chu trình thủy văn được mô tả trong mô hình SWAT dựa trên phương trình cân bằng nước.

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (2.1)$$

Trong đó:

- SW_t là tổng lượng nước tại cuối thời đoạn tính toán (mm);
- SW_o là tổng lượng nước ban đầu tại ngày thứ i (mm);
- t là thời gian (ngày);
- R_{day} là số tổng lượng mưa tại ngày thứ i (mm);
- Q_{surf} là tổng lượng nước mặt của ngày thứ i (mm);
- E_a là lượng bốc thoát hơi tại ngày thứ i (mm);
- W_{seep} là lượng nước đi vào tầng ngầm tại ngày thứ i (mm);
- Q_{gw} là số lượng nước hồi quy tại ngày thứ i (mm).

3) Mô hình diễn toán

Mô hình SWAT có thể xác định sự chuyển tải lượng nước, bồi lắng, những chất dinh dưỡng và thuốc bảo vệ thực vật tới kênh chính, rồi diễn toán theo mạng lưới sông suối trên lưu vực. Ngoài việc tính toán lưu lượng nước, mô hình còn mô tả sự biến đổi của các hóa chất trong kênh. Mô hình diễn toán trong sông bao gồm 2 thành phần:

• *Diễn toán trong sông*: Việc diễn toán trong sông có thể được chia thành bốn thành phần: Nước, chất bồi lắng, những chất dinh dưỡng và hóa chất hữu cơ.

• *Diễn toán qua hồ chứa*: Sự cân bằng nước cho những kho chứa bao gồm dòng chảy đến, dòng chảy ra, mưa trên bề mặt, bốc thoát hơi, thấm qua đáy hồ và những công trình phân nước.

Do giới hạn bước đầu nghiên cứu ứng dụng mô hình SWAT để tính toán về lượng dòng chảy và bùn cát. Vì vậy, dưới đây sẽ trình bày chi tiết hơn về cơ sở lý thuyết của các phương trình tính toán các thành phần đóng góp, ảnh hưởng đến lưu lượng nước và bùn cát tại mặt cắt cửa ra của một lưu vực.

4) Phương pháp sử dụng trong mô hình SWAT

Phương pháp dòng chảy mặt:

Mô hình SWAT sử dụng phương pháp chỉ số đường cong SCS (Soil Conservation System) (SCS, 1972) và hàm thấm Green và Ampt (1911).

Phương pháp chỉ số đường cong SCS:

Phương trình lưu lượng SCS là một mô hình thực nghiệm đã được sử dụng rộng rãi vào những năm 1950. Mô hình được phát triển để đánh giá tổng lượng dòng chảy ứng với các kiểu sử dụng đất và tính chất đất khác nhau (Rallison và Miller, 1981).

Phương trình chỉ số đường cong SCS (SCS, 1972):

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} \quad (2.2)$$

Trong đó:

- Q_{surf} là lượng dòng chảy mặt hay mưa hiệu quả (mm);
- R_{day} là lượng mưa ngày (mm);
- I_a là khả năng trữ nước ban đầu (mm);
- S là thông số lượng trữ (mm).

Thông số lượng trữ thay đổi theo không gian tùy theo những sự thay đổi về tính chất đất, việc sử dụng và quản lý đất, độ dốc và thời gian. Thông số này được xác định như sau

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2.3)$$

Trong đó:

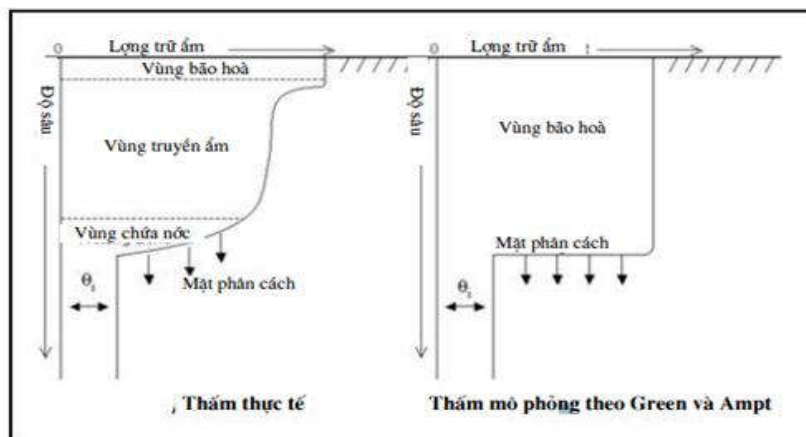
- CN là chỉ số đường cong.

Thông thường $I_a = 0,2S$ và phương trình (2.2) được viết như sau:

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} + 0.8S)} \quad (2.4)$$

Phương pháp thấm Green và Ampt

Phương trình tính thấm theo Green và Ampt được xây dựng để tính toán lượng thấm tại bất kỳ thời điểm nào (Green và Ampt, 1911). Phương trình giả thiết rằng mặt cắt đất là đồng nhất và độ ẩm kỳ trước phân bố đều trong đất. Khi nước thấm vào trong đất, mô hình giả thiết rằng đất ở tầng trên sau khi đã bão hoà sẽ tạo thành một bề mặt phân cách.



Hình 2.2: Sự khác nhau giữa phân phối độ ẩm theo chiều sâu mô phỏng theo Green và Ampt và thực tế.

Mein và Larson (1973) đã xây dựng một phương pháp luận để xác định thời gian giữ nước dựa trên phương trình Green và Ampt. Phương pháp xác định mưa hiệu quả của Mein - Larson Green - Ampt được hợp nhất trong mô hình SWAT để cung cấp một lựa chọn trong việc xác định dòng chảy mặt. Tốc độ thấm được xác định theo công thức:

Trong đó:

- f_{inf} là tốc độ thấm tại thời điểm t (m/giờ);
- K_e là tính dẫn thủy lực (mm/giờ);
- Y_{wf} là tiềm năng tại bề mặt phân cách (mm);
- D_{qv} là sự thay đổi thể tích ẩm tại bề mặt phân cách (mm/mm);
- F_{inf} là lượng thấm lũy tích tại thời điểm t (mm).

Với mỗi bước thời gian, SWAT tính toán tổng lượng nước thấm vào trong đất. Lượng nước không thấm sẽ sinh ra dòng chảy mặt.

Hệ số lưu lượng đỉnh lũ: Hệ số lưu lượng đỉnh lũ là hệ số lưu lượng lớn nhất có thể đạt được với một trận mưa. Hệ số lưu lượng đỉnh lũ là một chỉ tiêu để đánh giá khả năng xói và được sử dụng để tính toán bồi lắng. SWAT tính toán hệ số lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp mô phỏng hợp lý. Hệ số lưu lượng đỉnh lũ được xác định theo:

$$q_{peak} = \frac{C \cdot i \cdot Area}{3.6} \quad (2.6)$$

Trong đó:

- q_{peak} là hệ số lưu lượng đỉnh lũ (m^3/s);
- C là hệ số dòng chảy;
- i là cường độ trận mưa ($mm/giờ$);
- $Area$ là diện tích lưu vực (km^2).

Hệ số trễ dòng chảy mặt: Với những lưu vực lớn có thời gian tập trung nước lớn hơn 1 ngày, chỉ một phần lưu lượng bề mặt sẽ đóng góp cho kênh chính. Mô hình SWAT dùng hệ số lưu trữ để mô tả phần dòng chảy không đóng góp cho kênh chính trong ngày.

Lưu lượng dòng chảy mặt được tính toán theo phương pháp chỉ số CN và hàm thấm Green và Ampt, lượng dòng chảy không đóng góp cho kênh chính được tính toán theo phương trình:

$$Q_{surf} = (Q'_{surf} + Q_{stor,i-1}) \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-surlag}{t_{conc}} \right] \right) \quad (2.7)$$

Trong đó:

- Q_{surf} là lớp dòng chảy tới kênh chính trong một ngày (mm);
- $Q_{stor,i-1}$ là lượng trữ của ngày hôm trước (mm);
- $surlag$ là hệ số trễ;
- t_{conc} là thời gian tập trung ($giờ$);
- Q'_{surf} là lớp dòng chảy sinh ra trên lưu vực trong một ngày (mm).

5) Tổn thất dọc đường

Phương pháp mô phỏng tổn thất dọc đường trong mô hình SWAT được xây dựng để đánh giá những tổn thất bằng việc so sánh sự khác biệt giữa dòng vào và dòng ra và giả thiết rằng không có lưu lượng bộ phận dọc kênh.

Phương trình tính toán lưu lượng sau khi khấu trừ tổn thất dọc đường:

$$vol_{Qsurf,f} = \begin{cases} 0 & vol_{Qsurf,i} \leq vol_{thr} \\ a_x + b_x \cdot vol_{Qsurf,i} & vol_{Qsurf,i} > vol_{thr} \end{cases} \quad (2.8)$$

Trong đó:

- $vol_{Qsurf,f}$ là tổng lượng dòng chảy sau khi khấu trừ tổn thất dọc đường (m^3);
- a_x là hệ số triết giảm do bị chặn;
- b_x là hệ số triết giảm theo độ dốc;
- $vol_{Qsurf,i}$ là tổng lượng dòng chảy trước khi khấu trừ tổn thất (m^3).
- vol_{thr} là tổng lượng dòng chảy ngưỡng của kênh dẫn (m^3) được xác định theo phương trình:

$$vol_{thr} = -\frac{a_x}{b_x} \quad (2.9)$$

6) Bốc thoát hơi

Bốc thoát hơi là quá trình nước chuyển hoá thành dạng hơi nước. Nó bao gồm các quá trình bay hơi từ vòm cây, từ nước và từ đất. Việc tính toán chính xác lượng bốc hơi sẽ là một tiêu chuẩn để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất đến tài nguyên nước.

Vòm cây

Vòm cây có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình thấm, dòng chảy mặt và bốc thoát hơi. Khi mưa rơi, vòm cây có tác dụng làm giảm khả năng xói và giữ lại một lượng nước trong vòm. Ảnh hưởng của vòm cây đến những quá trình này là một hàm của mật độ cây và hình thái của những loại cây. Khi tính toán dòng chảy mặt,

phương pháp chỉ số đường cong SCS xét đến lượng ngăn chặn của vòm qua thông số lượng trữ ban đầu và hệ số triết giảm. Khi sử dụng phương trình thẩm Green và Ampt để tính toán lưu lượng và lượng thẩm, khả năng trữ nước của vòm phải được tính toán riêng rẽ. SWAT mô phỏng lượng nước cực đại có thể được giữ trong vòm thay đổi theo thời gian như một hàm của chỉ số phủ lá

$$can_{day} = can_{mx} \cdot \frac{LAI}{LAI_{mx}} \quad (2.10)$$

Trong đó:

- can_{day} là lượng nước lớn nhất có thể bị chặn bởi vòm trong một ngày (mm);
- can_{mx} là lượng nước lớn nhất có thể bị chặn bởi vòm khi vòm phát triển hoàn toàn (mm);
- LAI là chỉ số phủ lá trong ngày;
- LAI_{mx} là chỉ số phủ lá lớn nhất.

Bốc thoát hơi tiềm năng

Bốc thoát hơi tiềm năng (PET) là lượng bốc thoát hơi có thể xảy ra trên một vùng rộng lớn được bao phủ bởi một loại cây đồng nhất. Nhiều phương pháp đã được phát triển để tính toán PET. Mô hình SWAT sử dụng ba phương pháp để xác định PET: Phương pháp Penman - Monteith (Monteith, 1965; Allen, 1986; Allen NNK., 1989), phương pháp Priestley - Taylor (Priestley và Taylor, 1972) và phương pháp Hargreaves (Hargreaves và NNK., 1985). Mô hình cũng cho phép đọc số liệu vào nếu người sử dụng muốn dùng các phương pháp khác để tính PET.

Ba phương pháp tính toán PET đòi hỏi các yêu cầu khác nhau về số liệu. Phương pháp Penman - Monteith yêu cầu số liệu bức xạ mặt trời, nhiệt độ không khí, tốc độ gió và độ ẩm tương đối. Phương pháp Priestley - Taylor yêu cầu số liệu bức xạ mặt trời, nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối. Phương pháp Hargreaves chỉ yêu cầu số liệu nhiệt độ không khí.

Bốc hơi của lượng mưa bị chặn trên vòm cây

Nếu lượng bốc hơi tiềm năng, E_o , nhỏ hơn lượng nước tự do trữ trong vòm, R_{INT} , khi đó:

$$E_a = E_{can} = E_o \quad (2.11)$$

$$R_{INT(f)} = R_{INT(i)} - E_{can} \quad (2.12)$$

Trong đó:

- E_a là lượng bốc thoát hơi thực tế trên lưu vực trong một ngày (mm);
- E_{can} là lượng bốc thoát hơi từ bề mặt nước tự do trữ trong vòm cây trong một ngày (mm);
- E_o là bốc thoát hơi tiềm năng trong một ngày (mm);
- $R_{INT(i)}$ là lượng nước trữ trong vòm cây đầu thời điểm tính toán (mm);
- $R_{INT(f)}$ là lượng nước trữ trong vòm cây cuối thời điểm tính toán (mm).

Nếu lượng bốc hơi tiềm năng, E_o , nhỏ hơn lượng nước tự do trữ trong vòm, R_{INT} , khi đó:

Thoát hơi nước qua thảm phủ

$$E_{can} = R_{INT(i)} \quad (2.13)$$

$$R_{INT(f)} = 0 \quad (2.14)$$

Việc tính toán thoát hơi nước qua thảm phủ sử dụng phương trình Penman - Monteith.

$$E_t = \frac{E'_o \cdot LAI}{3.0} \quad 0 \leq LAI \leq 3.0 \quad (2.15)$$

$$E_t = E'_o \quad LAI > 3.0 \quad (2.16)$$

Trong đó:

- E_t là lượng thoát hơi nước cực đại trong ngày (mm);
- E'_o là bốc thoát hơi tiềm năng hiệu chỉnh đối với bốc hơi từ bề mặt nước tự do trong vòm (mm);
- LAI là chỉ số phủ lá.

Giá trị thoát hơi nước được tính toán bởi phương trình (2.15), (2.16) chính là tổng lượng thoát hơi nước có thể xảy ra với giả thiết cây trồng phát triển trong điều

kiện lý tưởng. Trong thực tế lượng thoát hơi nước có thể nhỏ hơn do sự thiếu hụt nước trong đất.

Bốc thoát hơi nước từ đất.

Lượng bốc thoát hơi từ đất sẽ bị ảnh hưởng bởi góc nghiêng mặt trời. Lượng bốc thoát hơi lớn nhất từ đất trong một ngày được tính toán theo phương trình:

$$E_s = E'_o \cdot cov_{sol} \quad (2.17)$$

Trong đó:

- E_s là lượng bốc thoát hơi lớn nhất từ đất trong một ngày (mm);
- E'_o là bốc thoát hơi tiềm năng hiệu chỉnh đối với bốc hơi từ bề mặt nước tự do trong vòm (mm);
- cov_{sol} là chỉ số đất.

7) Chuyển động của nước trong đất

Nước khi đi vào trong đất sẽ di chuyển theo các cách khác nhau. Nó có thể được hấp thụ bởi thảm phủ hoặc bay hơi. Nó có thể thấm sâu xuống tầng đáy và trữ trong tầng ngậm nước, hoặc có thể chuyển động trong tầng đất và đóng góp vào thành phần dòng chảy.

Quá trình thấm thấu được tính toán cho từng lớp đất. Nước sẽ thấm thấu khi lượng nước vượt quá khả năng trữ của lớp đất. Thể tích nước có thể thấm thấu được xác định theo phương trình:

$$SW_{ly,excess} = SW_{ly} - FC_{ly} \quad \text{nếu } SW_{ly} > FC_{ly} \quad (2.18)$$

$$SW_{ly,excess} = 0 \quad \text{nếu } SW_{ly} \leq FC_{ly} \quad (2.19)$$

Trong đó:

- $SW_{ly,exces}$ là lượng nước có thể thấm từ lớp đất trên cùng trong một ngày (mm);
- SW_{ly} là lượng nước trữ trong lớp đất trong một ngày (mm);
- FC_{ly} là khả năng trữ nước lớn nhất của lớp đất (mm).

Mô hình SWAT kết hợp mô hình động học lượng trữ (Sloan và NNK - 1983) với các nghiên cứu được tổng kết bởi Sloan và Moore (1984). Mô hình này mô phỏng dòng chảy mặt theo hai chiều dọc theo sườn dốc. Mô hình này dựa trên phương trình khối lượng liên tục, hoặc cân bằng khối lượng, với toàn bộ sườn dốc được sử dụng như một tổng lượng. Mỗi một phần sườn dốc được xem như là một lớp đất thấm với độ sâu D_{perm} và chiều dài L_{hill} và một lớp không thấm với độ dốc a_{hill} .

8) Nước ngầm

Nước ngầm là nước chứa trong tầng bão hoà dưới bề mặt đất. Nước vào tầng bão hoà chủ yếu do thấm. Nước ngầm có thể quay trở lại dòng chính hoặc có thể thấm xuống tầng sâu.

Phương trình cân bằng nước cho tầng chứa nước nông:

$$aq_{sh,j} = aq_{sh,j-1} + w_{rchrg} - Q_{gw} - w_{revap} - w_{deep} - w_{pump,sh} \quad (2.20)$$

Trong đó:

- $aq_{sh,i}$ là lượng nước trữ trong tầng nước nông trong ngày thứ i (mm);
- $aq_{sh,i-1}$ là lượng nước trữ trong tầng nước nông trong ngày thứ $i-1$ (mm);
- w_{rchrg} là lượng nước đi vào tầng nước nông ngày thứ i (mm);
- Q_{gw} là dòng chảy ngầm đi vào kênh chính của ngày thứ i (mm);
- w_{revap} là lượng nước di chuyển vào trong đất (lượng nước thiếu hụt) của ngày thứ i (mm);
- w_{deep} là lượng nước thấm từ tầng ngậm nước nông xuống tầng ngậm nước sâu của ngày thứ i (mm);
- $w_{pump,sh}$ là số lượng ra khỏi tầng ngậm nước nông bởi bơm (mm).

9) Tầng ngậm nước sâu

Phương trình cân bằng nước cho tầng chứa nước sâu:

$$aq_{dp,i} = aq_{dp,i-1} + w_{deep} - w_{pump,dp} \quad (2.21)$$

Trong đó:

- $aq_{dp,i}$ là lượng nước trữ vào tầng ngậm nước sâu ngày thứ i (mm);
- $aq_{dp,i-1}$ là lượng nước trữ vào tầng ngậm nước sâu ngày thứ $i-1$ (mm);
- W_{deep} là lượng nước thấm từ tầng ngậm nước nông vào trong tầng ngậm nước sâu vào ngày thứ i (mm);
- $W_{pump,dp}$ là lượng nước bơm ra khỏi tầng chứa nước sâu vào ngày thứ i (mm).

10) Diễn toán dòng chảy trong sông

SWAT sử dụng phương trình Manning để xác định hệ số và tốc độ dòng chảy. Nước được diễn toán qua hệ thống kênh dẫn bởi phương pháp diễn toán lượng trữ hoặc diễn toán Muskingum. Cả hai phương pháp đều dựa trên mô hình sóng động học. Tổn thất dòng chảy trong sông được chia ra thành hai thành phần: tổn thất dọc đường và tổn thất do bốc hơi. Lượng nước trữ trong đất dưới đáy kênh sẽ đóng góp cho thành phần dòng chảy. Lượng nước đóng góp này sẽ được tính toán theo hệ số triết giảm tương tự như trong tính toán thành phần dòng chảy ngầm.

Lượng nước trữ trong kênh tại cuối mỗi bước thời gian được tính toán theo phương trình:

$$V_{stored,2} = V_{stored,1} + V_{in} - V_{out} - tloss - E_{ch} + div + V_{bnk} \quad (2.22)$$

Diễn toán trong hồ chứa

Phương trình cân bằng nước cho một kho chứa (hồ):

$$V = V_{stored} + V_{flowin} - V_{flowout} + V_{pcp} - V_{evap} - V_{seep} \quad (2.23)$$

Trong đó:

- V là tổng lượng nước trữ trong hồ tại thời điểm cuối ngày (m^3);
- V_{stored} là tổng lượng nước trữ trong hồ tại thời điểm đầu ngày (m^3);
- V_{flowin} là tổng lượng nước đi vào hồ trong một ngày (m^3);
- $V_{flowout}$ là tổng lượng nước ra khỏi hồ trong một ngày (m^3);

- V_{pcp} là tổng lượng mưa rơi vào hồ trong một ngày (m^3);
- V_{evap} là tổng lượng bốc hơi từ hồ trong một ngày (m^3);
- V_{seep} là tổng lượng nước thấm vào đáy hồ trong một ngày (m^3).

Ngoài ra mô hình SWAT còn diễn toán các thành phần khác như bùn cát, các chất hoá học, các chất dinh dưỡng, ... tuy nhiên giới hạn của nghiên cứu chỉ tính toán dòng chảy trên lưu vực sông, nên các phương trình cân bằng, phương trình diễn toán các thành phần này sẽ không được trình bày trong báo cáo này.

11) Bùn cát

Tổng lượng bùn cát

Sử dụng phương trình mất đất toàn cầu MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation – Willams 1975).

$$Sed = 11,8 \cdot (Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot Area_{hru})^{0.56} \cdot K_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \cdot LS_{USLE} \cdot CFRG \quad (2.24)$$

Trong đó:

- Sed là tổng lượng trầm tích trong ngày (tấn);
- Q_{surf} là lượng nước dòng chảy mặt (mm/ha);
- Q_{peak} là lưu lượng dòng chảy (m^3/s);
- $Area_{hru}$ là diện tích lưu vực (ha);
- K_{usle} là thông số xói mòn của đất;
- C_{usle} là thông số về độ che phủ và quản lý đất;
- P_{usle} là thông số về ảnh hưởng của các biện pháp canh tác;
- LS_{usle} là thông số về yếu tố độ dốc;
- CFRG là yếu tố mảnh vụn thô.

K_{USLE} được tính theo công thức sau:

$$K_{USLE} = \frac{0.00021.M^{1.14} \cdot (12 - OM) + 3.25 \cdot (c_{soilstr} - 2) + 2.5 \cdot (c_{perm} - 3)}{100} \quad (2.25)$$

Trong đó:

- M là thông số về kích thước hạt;
- OM là tỉ lệ phần trăm chất hữu cơ;
- $c_{soilstr}$ là mã cấu trúc đất sử dụng;
- c_{perm} là khả năng thấm của lớp đất.

C_{USLE} được tính theo công thức sau:

$$C_{USLE} = \exp([\ln(0.8) - \ln(C_{USLE, mn})] \exp[-0.00115 \cdot rsd_{surf}] + \ln(C_{USLE, mn})) \quad (2.26)$$

Trong đó:

- $C_{USLE, mn}$ là thông số về giá trị tối thiểu về độ che phủ và quản lý đất;
- rsd_{surf} là lượng trầm tích trên bề mặt đất;
- P_{usle} là thông số về ảnh hưởng của các biện pháp canh tác.

LS_{USLE} được tính theo công thức sau:

$$LS_{USLE} = \left(\frac{L_{hill}}{22.1}\right)^m \cdot (65.41 \cdot \sin^2(\alpha_{hill}) + 4.56 \cdot \sin \alpha_{hill} + 0.065) \quad (2.27)$$

Trong đó:

- L_{hill} là chiều dài sườn dốc;
- α_{hill} là góc tạo bởi sườn dốc và mặt phẳng nằm ngang.

CFRG được tính theo công thức sau:

$$CFRG = \exp(-0.053 \cdot rock) \quad (2.28)$$

Trong đó:

- Rock là tỉ lệ đá có trong lớp đầu tiên.

Nồng độ trầm tích

SWAT sử dụng 4 hàm vận chuyển bùn cát là:

- Hàm vận chuyển bùn cát của Bagnold;

- Hàm vận chuyển bùn cát của Kodatie: Hàm này áp dụng cho lòng sông có kích thước các hạt nhỏ từ cát mịn đến sỏi;
- Hàm vận chuyển bùn cát của Molinas and Wu: Áp dụng cho các hạt có kích thước lớn hơn so với hàm của Kodatie;
- Hàm vận chuyển bùn cát của Yang: Áp dụng cho lòng sông có thành phần chủ yếu là cát và sỏi.

Nồng độ bùn cát lớn nhất

$$\text{conc}_{\text{sed, mx}} = \text{SPCON} \cdot Q_{\text{pk}}^{\text{SPEXP}} \quad (2.29)$$

Trong đó:

- SPCON là thông số được xác lập bởi người dùng có giá trị trong khoảng 0,0001 – 0,01;
- SPEXP là thông số được xác lập bởi người dùng có giá trị trong khoảng từ 1 – 1,5;
- $\text{conc}_{\text{sed, mx}}$ là nồng độ trầm tích lớn nhất được vận chuyển trong nước (kg/l);
- Q_{pk} là lưu lượng dòng chảy lớn nhất (m^3/s).

Nồng độ trầm tích tại 1 thời điểm nhất định

$$\text{Conc}_{\text{sed}} = \text{conc}_{\text{sed, mx}} \cdot \text{CH}_C \text{OV} \cdot \text{CH}_E \text{ROD} \quad (2.30)$$

Trong đó:

- $\text{Conc}_{\text{sed, mx}}$ là nồng độ trầm tích lớn nhất được vận chuyển trong sông;
- Conc_{sed} là nồng độ trầm tích được vận chuyển trong sông;
- $\text{CH}_C \text{OV}$ là thông số về yếu tố tăng phủ của lòng dẫn;
- $\text{CH}_E \text{ROD}$ là thông số về tính xói mòn của lòng dẫn.

12) Thông số mô hình

Tuỳ thuộc lựa chọn phương pháp tính toán của người sử dụng, mô hình sẽ có các thông số khác nhau:

Thông số tính toán dòng chảy trực tiếp.

Sử dụng phương pháp chỉ số SCS

- CN2 (25-98); CN2: Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II;

Sử dụng phương pháp Green và Ampt

- SOL_K: Độ dẫn thủy lực ở trường hợp bão hoà;
- CN2: Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II;
- SOL_BD: Mật độ khối của lớp đất (Mg/m^3);
- CLAY: % đất sét;
- SAND: % đất cát.

Thông số tính toán lưu lượng đỉnh lũ

- OV_N: Hệ số nhám sườn dốc;
- CH_N(1): Hệ số nhám kênh dẫn.

Thông số tính hệ số trễ dòng chảy mặt

- SURLAG: Hệ số trễ dòng chảy mặt.

Thông số tính toán tổn thất dọc đường

- CH_K(1): Độ dẫn thủy lực của kênh dẫn (mm/giờ).

Thông số tính toán tổn thất bốc hơi

- CANMX: Lượng trữ lớn nhất của vòm cây;
- ESCO: hệ số bốc hơi của đất.

Thông số tính toán dòng chảy ngầm

- GWQM: Ngưỡng sinh dòng chảy ngầm (mm);
- ALPHA_BF: Hệ số triệt giảm;
- REVAPMN: Ngưỡng sinh dòng thấm xuống tầng ngầm nước sâu (mm).

Thông số tính toán bùn cát

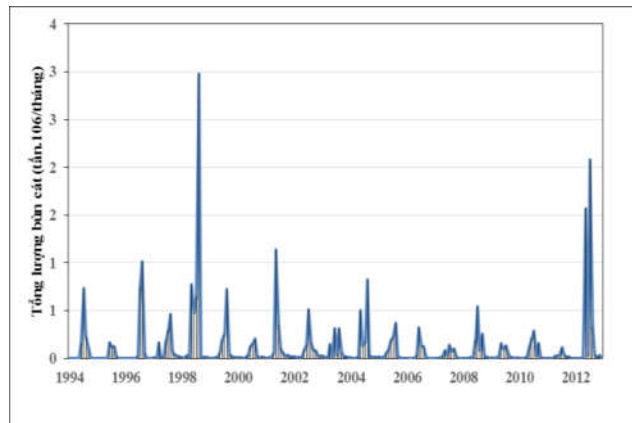
- K_{usle} : $Usle_K$ thông số xói mòn của đất;
- C_{usle} : thông số về độ che phủ và quản lý đất;
- P_{usle} : thông số về ảnh hưởng của các biện pháp canh tác;
- LS_{usle} : thông số về yếu tố độ dốc;
- CFRG: yếu tố mảnh vụn thô;
- SPCON: thông số được xác lập bởi người dùng có giá trị trong khoảng 0,0001 – 0,01;
- SPEXP: thông số được xác lập bởi người dùng có giá trị trong khoảng từ 1 – 1,5;
- CHCOV: thông số về yếu tố tầng phủ của lòng dẫn;
- CHEROD: thông số về tính xói mòn của lòng dẫn.

2.2 Tình hình số liệu, dữ liệu khu vực nghiên cứu

2.2.1. Tình hình số liệu lưu lượng và bùn cát khu vực nghiên cứu

1) Đặc điểm bùn cát khu vực nghiên cứu

Nhìn chung, chuỗi số liệu thực đo bùn cát thời kỳ 1993-2012 tại trạm Nậm Mức tương đối đại biểu, phản ánh được xu thế biến đổi mạnh của bùn cát từ năm này qua năm khác đặc biệt thể hiện rõ khi hồ thủy điện Nậm Mức được khởi công xây dựng vào năm 2006.



Hình 2.3: Diễn biến bùn cát khu vực nghiên cứu

Quan hệ lưu lượng nước và lưu lượng bùn cát lơ lửng tại trạm có dạng hàm mũ ($Q_s = aQ^b$) khá chặt chẽ, hệ số tương quan trên 0,7.

Hàm lượng bùn cát tại Nậm Mức khá ổn định trong các tháng mùa kiệt nhưng biến đổi rất mạnh trong các tháng mùa lũ. Vào mùa lũ, hàm lượng bùn cát lơ

lượng cao nhất dao động trong khoảng 1.000 - 11.000 g/m³, cá biệt đã đạt 11.800 g/m³ (ngày 18/VIII/1996), thấp nhất dưới 100 g/m³, trung bình đạt 300 - 600 g/m³. Vào mùa kiệt, hàm lượng bùn cát rất thấp, thường dao động trong khoảng 20 - 200 g/m³, trung bình đạt 40 - 60 g/m³.

Phân phối bùn cát trong năm tại Nậm Mực không đều, tập trung vào 3 tháng mùa lũ từ giữa tháng VI đến giữa tháng IX, chiếm 80-88 % tổng lượng bùn cát năm. Tháng VII, tháng VIII thường là tháng có lượng bùn cát lớn nhất, chiếm 18-25% tổng lượng bùn cát năm.

2) Tình hình quan trắc lưu lượng nước

Trạm thủy văn Nậm Mực được thành lập từ tháng 6 năm 1959, là loại trạm cấp I sông miền núi. Trạm được thành lập với mục đích nghiên cứu các đặc trưng dòng chảy của lưu vực nhỏ, nghiên cứu tài nguyên nước nhằm phục vụ các công trình dân sinh kinh tế của tỉnh và thu thập số liệu phục vụ công tác Dự báo phòng chống lũ, bão và số liệu Điều tra cơ bản theo nhiệm vụ của ngành được giao. Tuy nhiên, ngày 21 tháng 12 năm 2016, Bộ Tài nguyên và Môi trường có quyết định số 2936/QĐ-BTNMT về việc di chuyển trạm thủy văn Nậm Mực lên thượng lưu thủy điện Trung Thu và đổi tên trạm Thủy văn Nậm Mực thuộc Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Bắc.

Công trình đo lưu lượng nước và lưu lượng chất lơ lửng tại trạm thủy văn Nậm Mực là công trình cấp nối hai dây, không chế được lũ lịch sử. Công trình được xây dựng năm 1980 và đưa vào sử dụng cho đến nay. Trạm đo lưu lượng nước bằng phương pháp thủ công, sử dụng máy lưu tốc kế LS25-1A gắn tời đo, chu vi tời 0,70 m.

Chế độ quan trắc lưu lượng nước sau khi có hồ thủy điện Nậm Mực

Từ đầu năm đến cuối tháng 10 trạm thực hiện theo quy định của “Quy phạm quan trắc lưu lượng nước sông lớn và vừa vùng sông không ảnh hưởng triều” 94 TCN 3 - 1990. Trạm bố trí đo theo cấp mực nước và theo tiến trình của từng con lũ. Từ ngày 18 tháng 10, trạm quan trắc lưu lượng áp dụng theo quyết định số 459/QĐ-KTTVQG ngày 30 tháng 9 năm 2014 của Tổng giám đốc Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia về Quy định chế độ quan trắc thủy văn đối với các trạm bị ảnh hưởng hồ chứa.

Quan trắc lưu lượng nước

Nhìn chung trong năm trạm quan trắc đảm bảo yêu cầu, số liệu quan trắc được phản ánh đúng và đầy đủ quá trình diễn biến của dòng chảy trong sông. Trong năm trạm đã đo khoảng 43 số, được phân bố trong hai thời kỳ như sau:

Thời kỳ thứ nhất: Từ ngày 01/01 đến ngày 17/10, dòng chảy trong sông là dạng ảnh hưởng ổn định, trong thời kỳ này trạm đo được 33 số, các điểm đo phân bố đều trên các cấp mực nước.

Thời kỳ thứ hai: Từ ngày 17/10 đến 31/12, dòng chảy trong sông chịu ảnh hưởng nước dâng của thủy điện Trung Thu. Đường quan hệ $Q = f(H)$ là đường cong trơn, nối theo thứ tự thời gian qua điểm đo hoặc trung tâm nhóm điểm, được chia thành các nhánh lên, xuống.

3) Tình hình quan trắc bùn cát lơ lửng

Trạm quan trắc, lấy mẫu nước đại biểu và mặt ngang bằng phương pháp thủ công, dùng máy kiểu chai, lắp vào cá sắt chuyên dùng, lấy mẫu theo phương pháp tích phân, chai lấy mẫu và đựng mẫu có dung tích 1.0 lít.

Trạm xử lý mẫu nước ngay sau khi lấy mẫu bằng phương pháp lọc tự chảy, dùng giấy lọc do Trung tâm Mạng lưới Khí tượng Thủy văn và Môi trường cấp, sau đó gửi về Trung tâm Mạng lưới Khí tượng Thủy văn và Môi trường để sấy, cân trọng lượng mẫu. Thủy trực lấy mẫu nước đại biểu là thủy trực số VI.

Chế độ quan trắc lưu lượng chất lơ lửng

Thực hiện theo quy định của “Quy phạm quan trắc lưu lượng chất lơ lửng vùng sông không ảnh hưởng triều” 94 TCN 13 - 96. Trong năm trạm đo được 27 số lưu lượng chất lơ lửng.

Quan trắc lưu lượng chất lơ lửng

Mẫu nước đại biểu hàng ngày và mẫu nước mặt ngang trạm lấy theo phương pháp tích phân bằng máy kiểu chai.

Trong năm trạm đo lưu lượng chất lơ lửng được 27 số. Khi tính lưu lượng chất lơ lửng, phân tích lựa chọn một trong hai mẫu có hàm lượng chất lơ lửng phù hợp với toàn mặt ngang để tính lưu lượng chất lơ lửng mặt ngang tương ứng và xây dựng quan hệ $\rho = f(\rho')$. Qua bảng sai số của đường quan hệ $\rho = f(\rho')$ cho thấy

đường quan hệ có sai số nằm trong phạm vi cho phép, đảm bảo yêu cầu của quy phạm chuyên môn hiện hành.

Nhận xét chung về tình hình quan trắc các yếu tố tại trạm thủy văn Nậm Mức:

- ✓ Mưa, lưu lượng nước, lưu lượng chất lơ lửng liên tục, chính xác.
- ✓ Các điểm đo lưu lượng nước phân bố đều theo cấp mực nước và theo thời gian đủ điểm để xây dựng đường quan hệ $Q = f(H)$ chính xác, đảm bảo yêu cầu.
- ✓ Các điểm đo lưu lượng chất lơ lửng phân bố đều trên các cấp độ đục và theo thời gian, đủ điểm để xây dựng đường quan hệ $\rho = f(\rho')$ chặt chẽ, tin cậy. Do đó, số liệu lưu lượng và bùn cát tại trạm Nậm Mức hoàn toàn tin cậy và được sử dụng cho việc tính toán lưu lượng nước và bùn cát tại khu vực nghiên cứu bằng mô hình SWAT.

2.2.2. Tình hình số liệu, dữ liệu cho thời kì nền

1) Dữ liệu không gian

- ✓ Bản đồ DEM 30 tỉnh Điện Biên.
- ✓ Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Điện Biên.
- ✓ Bản đồ thổ nhưỡng tỉnh Điện Biên.

2) Dữ liệu thuộc tính

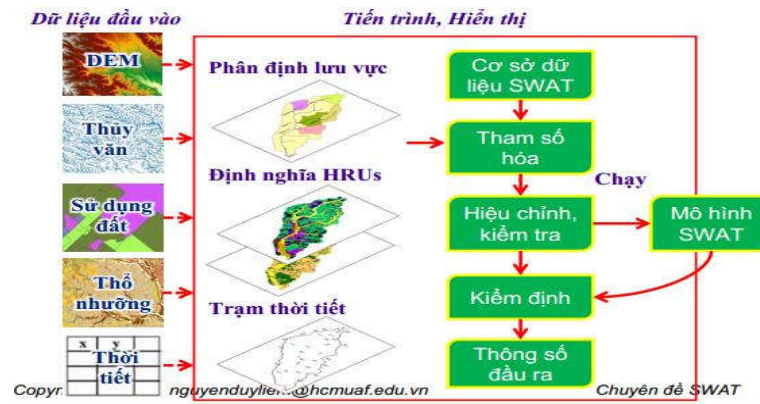
- ✓ Dữ liệu mưa ngày trong giai đoạn 1961-2012.
- ✓ Dữ liệu nhiệt độ không khí lớn nhất (T_{max}) và nhỏ nhất (T_{min}) ngày trong giai đoạn 1961-2012.
- ✓ Lưu lượng thực đo tại trạm Nậm Mức trong giai đoạn 1961-2012.
- ✓ Lưu lượng bùn cát tại trạm Nậm Mức trong giai đoạn 1993-2012.

2.2.3. Tình hình số liệu, dữ liệu cho kịch bản

Ngoài dữ liệu không gian dưới dạng bản đồ thì khi tính toán cho kịch bản biến đổi khí hậu cần có số liệu: Số liệu mưa và nhiệt độ (T_{max} , T_{min}) theo ngày cho kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho cả 3 giai đoạn đầu thế kỉ (2016-2035), giữa thế kỉ (2046-2065), và cuối thế kỉ (2080-2099).

2.3. Thiết lập tính toán dòng chảy và bùn cát khu vực nghiên cứu

2.3.1. Thiết lập mô hình



Hình 2.4: Tiến trình mô phỏng SWAT

1) Chuẩn bị dữ liệu đầu vào

❖ Dữ liệu không gian

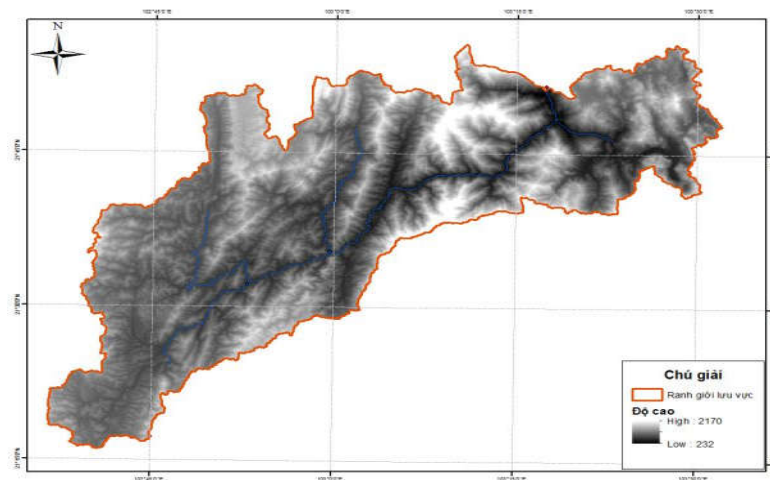
- ✓ Bản đồ DEM 30 (độ phân giải 30m/pixel) lưu vực sông Nậm Mực được tải từ trang web có đường dẫn <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>.
- ✓ Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Điện Biên năm 2015 có tỷ lệ 1:50.000 (nguồn Tổng cục Đo đạc và bản đồ, Bộ Tài nguyên và Môi trường).
- ✓ Bản đồ thổ nhưỡng tỉnh Điện Biên năm 2015 có tỉ lệ 1:50.000 (nguồn Tổng cục Đo đạc và bản đồ, Bộ Tài nguyên và Môi trường).

❖ Dữ liệu thuộc tính

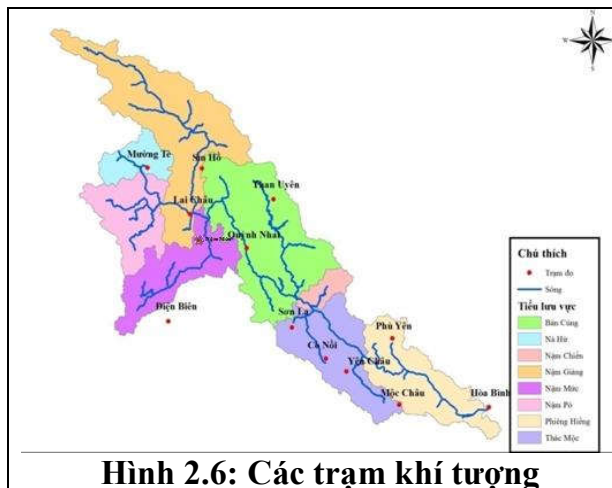
- ✓ Dữ liệu mưa ngày: dữ liệu mưa ngày trong giai đoạn 1961-2012 của 3 trạm: trạm Mường Tè, trạm Lai Châu, trạm Sìn Hồ và dữ liệu mưa ngày trong giai đoạn 1976-2016 trạm Nậm Mực, được cung cấp bởi Trung tâm Tư liệu Khí tượng Thủy văn quốc gia. Từ dữ liệu mưa dưới dạng ma trận theo ngày tháng năm đưa dữ liệu mưa về dạng cột theo ngày theo đúng định dạng trong mô hình.
- ✓ Dữ liệu nhiệt độ không khí lớn nhất (Tmax) và nhỏ nhất (Tmin) ngày trong giai đoạn 1961-2012 của 3 trạm: trạm Mường Tè, trạm Lai Châu, trạm Sìn Hồ. Dữ liệu nhiệt độ đo theo ngày dưới dạng min, max được kế thừa từ đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc

thang. Áp dụng thí điểm cho sông Đà” của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu chủ trì thực hiện.

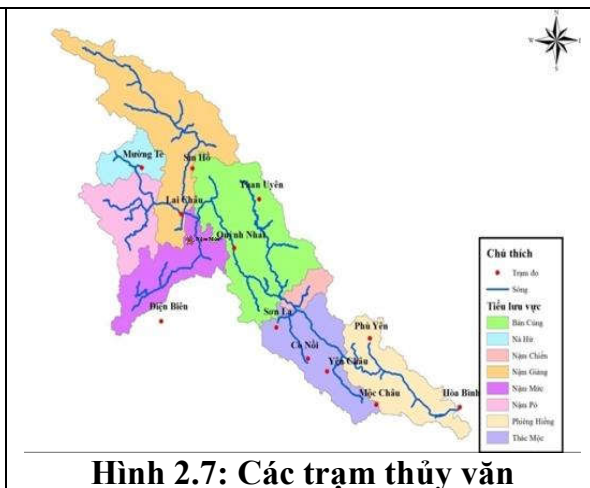
- ✓ Lưu lượng thực đo tại trạm Nậm Mực 1961-2012: Lưu lượng thực đo theo từng ngày được kế thừa từ đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang. Áp dụng thí điểm cho sông Đà”. Lưu lượng thực đo này phục vụ cho việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình để tìm ra bộ thông số phù hợp cho khu vực nghiên cứu.
- ✓ Lưu lượng bùn cát lơ lửng tại trạm Nậm Mực: Chuỗi số liệu thực đo bùn cát thời kỳ 1993-2012 tại trạm Nậm Mực (suối Nậm Mực) được kế thừa từ đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang. Áp dụng thí điểm cho sông Đà”.
- ✓ Số liệu mưa theo ngày của hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho cả 3 giai đoạn đầu thế kỉ (2016-2035), giữa thế kỉ (2046-2065), và cuối thế kỉ (2080-2099) của 4 trạm: trạm Nậm Mực, trạm Mường Tè, trạm Lai Châu, trạm Sìn Hồ được tính toán triết xuất từ mô hình xây dựng cho Kịch bản biến đổi khí hậu năm 2016 của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu.
- ✓ Số liệu nhiệt độ theo ngày của hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho cả 3 giai đoạn đầu thế kỉ (2016-2035), giữa thế kỉ (2046-2065), và cuối thế kỉ (2080-2099) của 3 trạm: trạm Mường Tè, trạm Lai Châu, trạm Sìn Hồ được tính toán triết xuất từ mô hình xây dựng cho Kịch bản biến đổi khí hậu năm 2016 của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu.



Hình 2.5: Bản đồ DEM khu vực nghiên cứu



Hình 2.6: Các trạm khí tượng

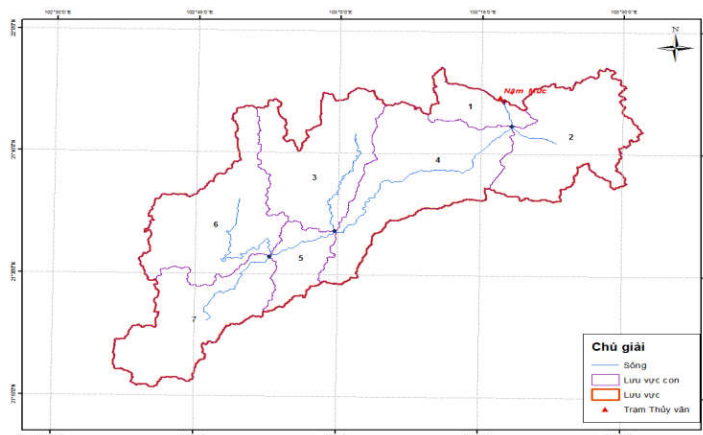


Hình 2.7: Các trạm thủy văn

3) Phân chia lưu vực

Dựa trên bản đồ số độ cao DEM mô hình SWAT sẽ xác định dòng chảy, sau đó tự động mô phỏng mạng lưới sông suối. Dựa trên mạng lưới sông suối SWAT phân chia lưu vực thành các tiểu lưu vực theo tiêu chí mỗi một tiểu lưu vực chỉ có duy nhất 1 nhánh sông, điểm đầu của tiểu lưu vực là thượng lưu của con sông và kết thúc là điểm nhập lưu của nhánh sông với nhánh sông khác.

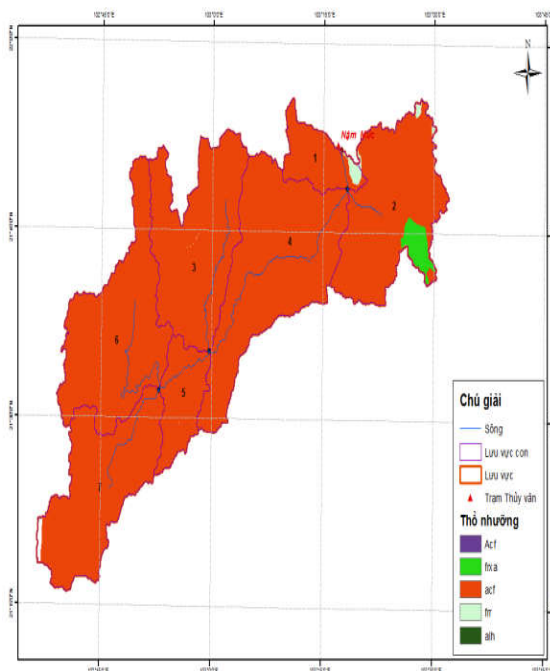
Lưu vực nghiên cứu được chia thành các tiểu lưu vực con dựa trên bản đồ DEM 30m*30m (Hình 2.8). Trên lưu vực sông Nậm Múc có 1 trạm đo mưa (trạm Nậm Múc) nhưng lại không đo nhiệt độ. Do đó, để tăng độ chính xác, luận văn sử dụng thêm 3 trạm khí tượng ở 2 lưu vực lân cận là trạm Lai Châu, Sìn Hồ trên lưu vực Nậm Giàng, trạm Mường Tè trên lưu vực Nà Hừ và 1 trạm thủy văn Nậm Múc trên lưu vực Nậm Múc. Sau quá trình phân chia lưu vực, khu vực nghiên cứu được chia làm 7 tiểu lưu vực.



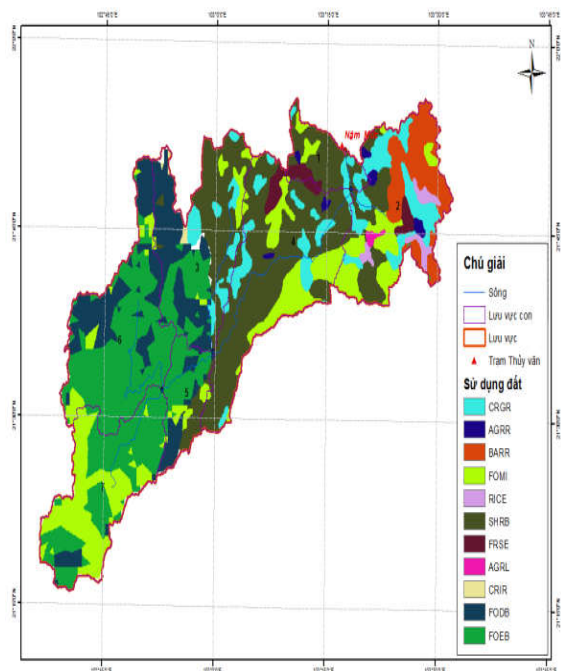
Hình 2.8: Bản đồ phân chia lưu vực thành các tiểu lưu vực

4) Phân tích đơn vị thủy văn

Mỗi tiểu lưu vực trong khu vực nghiên cứu có thể chia nhỏ thành những đơn vị thủy văn (HRU - Hydrologic Response Unit). Các cell trong mỗi đơn vị thủy văn sẽ tương đồng về thuộc tính sử dụng đất và quản lí. Một đơn vị thủy văn không đồng nghĩa với một trường, nó là một khu vực với những đặc điểm tương đồng về sử dụng đất, đất và độ dốc. Trong khi đó, một trường chứa những đặc điểm rời rạc. Đơn vị thủy văn cho phép làm đơn giản hóa mô hình. Cần chấp nhận rằng không có sự tác động lẫn nhau giữa các đơn vị thủy văn trong tiểu lưu vực. Các quá trình rửa trôi, bồi lắng, di chuyển dinh dưỡng sẽ được tính toán độc lập trên mỗi đơn vị thủy văn, trên cơ sở đó sẽ được cộng lại trên toàn bộ tiểu lưu vực. Lợi ích khi sử dụng đơn vị thủy văn là: làm tăng độ chính xác của dự báo các quá trình. Thông thường mỗi tiểu lưu vực có 1 – 10 đơn vị thủy văn.



Hình 2.9: Bản đồ thổ nhưỡng



Hình 2.10: Bản đồ sử dụng đất

Khu vực nghiên cứu được chia thành 7 tiểu lưu vực với 32 đơn vị thủy văn. Để có thể phân chia đơn vị thủy văn ta cần bản đồ hiện trạng sử dụng đất và bản đồ thổ nhưỡng (Hình 2.9 và Hình 2.10). Sau khi phân tích đơn vị thủy văn, SWAT sẽ tự động tính cho ta diện tích và % diện tích của từng loại đất (Bảng 2.1) và sử dụng đất (Bảng 2.2).

Bảng 2.1: Diện tích và % của từng loại đất trong khu vực nghiên cứu

TT	Tên theo Việt Nam	Tên theo FAO	Kí hiệu	Diện tích (ha)	Phần trăm
1	Đất xám feralit	Ferric Acrisols	Acf	83.487	29,33
2	Đất phù sa chua	Ferralsols	acf	200.661	70,5
3	Đất mùn alit trên núi cao	Humic Ferralsols	frr	485	0,17

Bảng 2.2: Các loại hình sử dụng đất trên lưu vực nghiên cứu

TT	Tên theo Việt Nam	Tên theo FAO	Kí hiệu	Diện tích (ha)	Phần trăm
1	Đất trồng có tưới và đồng cỏ	Irrigated cropland and pasture	CRIR	549	0,19
2	Đất trồng/ đồng cỏ hỗn hợp	Cropland/ grassland masaicc	CRGR	24.945	8,76
3	Cây bụi	Shrubland	SHRB	78.038	27,42
4	Rừng rụng lá hàng năm	Deciduous broadleaf forest	FODB	35.290	12,40
5	Rừng lá rộng thường xanh	Evergreen broadleaf forest	FOEB	72.991	25,64
6	Rừng hỗn hợp	Mixed forest	FOMI	47.361	16,64
7	Đất nông nghiệp	Agricultural Land-Row Crops	AGR	2.079	0,73
8	Đất hoang	Barren	BARR	14.906	5,24
9	Đất trồng lúa	Rice	RICE	2.781	0,98
10	Đất rừng thường xanh	Forest-Evergreen	FRSE	5.115	1,80
11	Đất nông nghiệp chung	Agricultural Land-Generic	AGRL	578	0,20

5) Ghi chép bảng dữ liệu đầu vào

Mục đích chính của quá trình này là nhập dữ liệu khí tượng và viết các file dữ liệu đầu vào dựa trên các dữ liệu từ bản đồ và thời tiết ta đã đưa vào trước đó.

- *Bước 1: Nhập dữ liệu khí tượng.*

Nhập dữ liệu về lượng mưa và nhiệt độ (Tmax, Tmin) theo ngày ở các trạm đo trong giai đoạn 1961 – 2012.

Khai báo các kiểu dữ liệu về mặt đệm và địa hình.

Bước 2: Xuất từ các file đầu vào bao gồm các file về dữ liệu khí tượng, mặt đệm, địa hình ...

Một số file chính của dữ liệu đầu vào như:

- Trong bảng dữ liệu Hru: Bao gồm các tệp tin đầu vào của đơn vị thủy văn như: đặc điểm địa hình, dòng chảy, xói mòn, độ che phủ đất.

- Trong bảng dữ liệu Mgt: Là tệp quản lí lưu vực có chứa dữ liệu đầu vào cho trồng trọt, thu hoạch, tưới tiêu, các ứng dụng chất dinh dưỡng, các ứng dụng thuốc trừ sâu, và các hoạt động canh tác.
- Trong bảng dữ liệu Sol: bao gồm tất cả các thông tin về tính chất vật lý của đất như tên đất, nhóm đất, độ sâu của lớp đất ...
- Trong bảng dữ liệu Wwq: các dữ liệu đầu vào về chất lượng nước.
- Trong bảng dữ liệu Sub: Đặc tính chung của tiểu lưu vực như tổng số lưu vực con được phân chia trên tiểu lưu vực, cao trình mỗi lưu vực, tỉ trọng mưa, tỉ trọng nhiệt độ...
- Trong bảng Rte: Dữ liệu về kênh chính gồm các thông tin như chiều rộng, chiều sâu, hệ số nhám của kênh chính ...
- Trong bảng Rse: Dữ liệu về hồ chứa

6) Chạy mô hình và đọc kết quả đầu ra

Sau khi nhập đầy đủ các dữ liệu đầu vào cho mô hình, quá trình chạy mô hình được thực hiện thông qua việc xác định thời đoạn chạy mô hình và bộ thông số khởi đầu cho mô hình.

Các kết quả mô hình được lưu dưới dạng các file sau:

- File output.sub: File đầu ra của các tiểu lưu vực.
- File output.hru: File đầu ra của đơn vị thủy văn.
- File output.rch: File đầu ra của kênh chính.
- File output.rsv: File đầu ra của hồ chứa.

Trạm Nậm Mức ở vị trí của tiểu lưu vực 1. Vì vậy ta sẽ trích xuất lưu lượng dòng chảy ra và lưu lượng bùn cát ở tiểu lưu vực 1 được mô phỏng bởi mô hình SWAT để hiệu chỉnh và kiểm định với lưu lượng và bùn cát thực đo tại trạm Nậm Mức.

2.3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số mô hình

Để đánh giá độ chính xác của kết quả mô phỏng, đã sử dụng hai chỉ tiêu là chỉ số hiệu quả Nash-Sutcliffe (NSI) và sai số tổng lượng PBIAS.

Chỉ số NSI là một thông số thống kê xác định giá trị tương đối của phương sai dư so với phương sai của chuỗi thực đo, được tính theo công thức:

$$NSI = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{tb})^2 - \sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{tb})^2} \quad (2.24)$$

PBIAS là chỉ số dùng để ước tính xu hướng trung bình của mô phỏng lớn hơn hoặc nhỏ hơn giá trị thực đo, được tính theo công thức:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i)} \cdot 100 \quad (2.25)$$

Trong đó:

- x_i là giá trị thực đo;
- x'_i là giá trị mô phỏng;
- x_{tb} là giá trị thực đo trung bình;
- n là chiều dài chuỗi số liệu.

Để phân loại mức độ chính xác của mô phỏng trên cơ sở các chỉ số NSI và PBIAS, sử dụng tiêu chuẩn phân loại trong (Bảng 2.3).

Bảng 2.3: Tiêu chuẩn phân loại mức độ chính xác của kết quả mô phỏng theo các chỉ số NSI và PBIAS

Phân loại	NSI	PBIAS %	
		Dòng chảy	Bùn cát
Tốt	$0,75 < NSI \leq 1$	$PBIAS < \pm 10$	$PBIAS < \pm 15$
Khá	$0,65 < NSI \leq 0,75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 30$
Trung bình	$0,5 < NSI \leq 0,65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$	$\pm 30 \leq PBIAS < \pm 55$
Dưới trung bình	$NSI < 0,5$	$PBIAS > \pm 25$	$PBIAS > \pm 55$

Trên cơ sở biên tập dữ liệu đầu vào cho SWAT, đã tiến hành mô phỏng lại lưu lượng nước và bùn cát cho trạm Nậm Mức trên sông Nậm Mức. Sau đó tiến hành hiệu chỉnh, kiểm định lưu lượng và bùn cát cho trạm thủy văn Nậm Mức. Trong đó, số liệu lưu lượng dòng chảy và bùn cát ở trạm Nậm Mức là số liệu quan trọng để hiệu chỉnh mô hình. Ta sẽ tiến hành hiệu chỉnh lưu lượng nước và bùn cát tại tiểu lưu vực 1 theo lưu lượng nước và bùn cát ở trạm Nậm Mức. Bộ số liệu này

được phân thành 2 giai đoạn: đối với lưu lượng, từ năm 1971 – 1981 giai đoạn hiệu chỉnh và từ năm 1982– 1986 là giai đoạn kiểm định; đối với bùn cát, từ năm 1999-2001 giai đoạn hiệu chỉnh và từ năm 2007-2012 giai đoạn kiểm định.

1) Phân tích độ nhạy của các thông số

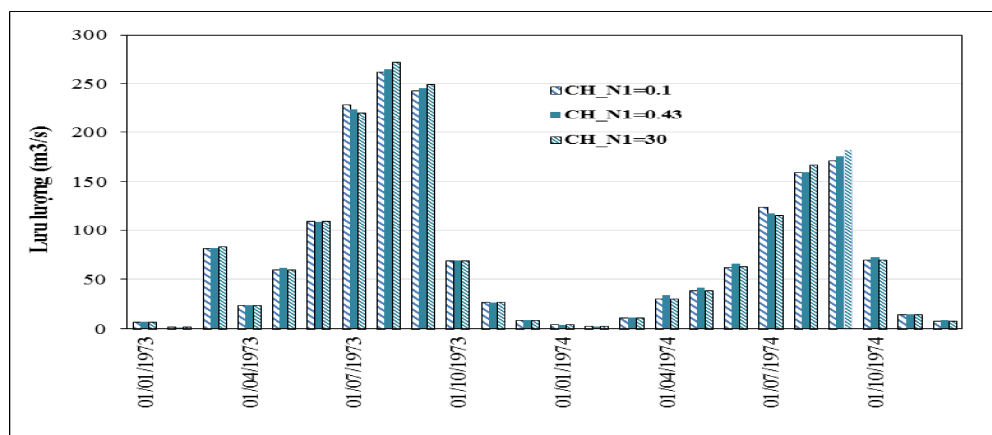
Để hiệu chỉnh các thông số mô hình, đầu tiên ta phải sử dụng phần mềm SWAT – CUP để phân tích độ nhạy từ đó tìm ra các thông số ảnh hưởng trực tiếp tới dòng chảy và bùn cát. Sau đó, cũng dưới sự hỗ trợ của phần mềm này kết hợp với phương pháp SUFI – 2 tiến hành chạy mô phỏng để hiệu chỉnh mô hình, tìm bộ thông số cho lưu vực sông Nậm Mực.

Tiến hành chạy phần mềm SWAT – CUP với 200 lần mô phỏng cho ta những thông số chính. Quan sát sự thay đổi chỉ số NSI và PBIAS với từng thông số qua các lần mô phỏng, ta đã tìm ra được:

- 5 thông số ảnh hưởng chính tới sự thay đổi lưu lượng dòng chảy đó là: CN2, GW_DELAY, CH_N1, OV_N, ALPHA_BF;
- 9 thông số ảnh hưởng chính tới sự thay đổi bùn cát đó là: CN2, SOL_K, SOL_ROCK, USLE_P, SPCON, SPEXP, SLSUBBSN, HRU_SLP, SOL_AWC.

❖ Chỉ số CH_{N1} :

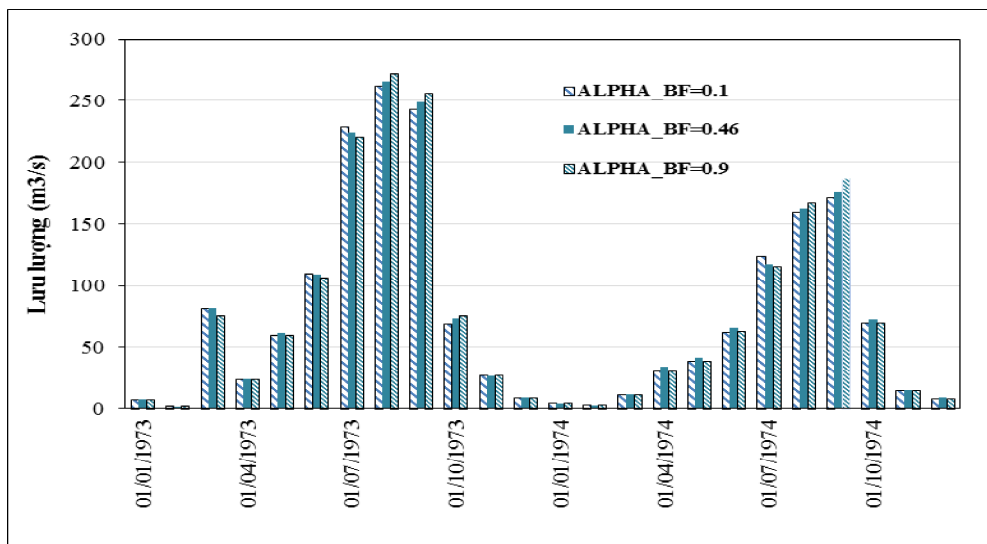
Giá trị CH – N1 là hệ số nhám của kênh dẫn và là một thông số trong nhóm thông số tính toán lưu lượng đỉnh lũ. Khi chỉ số CH_{N1} càng cao mùa lũ xuất hiện càng muộn, lưu lượng dòng chảy vào mùa cạn càng lớn.



Hình 2.11: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số CH_{N1} khác nhau

❖ **Chỉ số $ALPHA_BF$:**

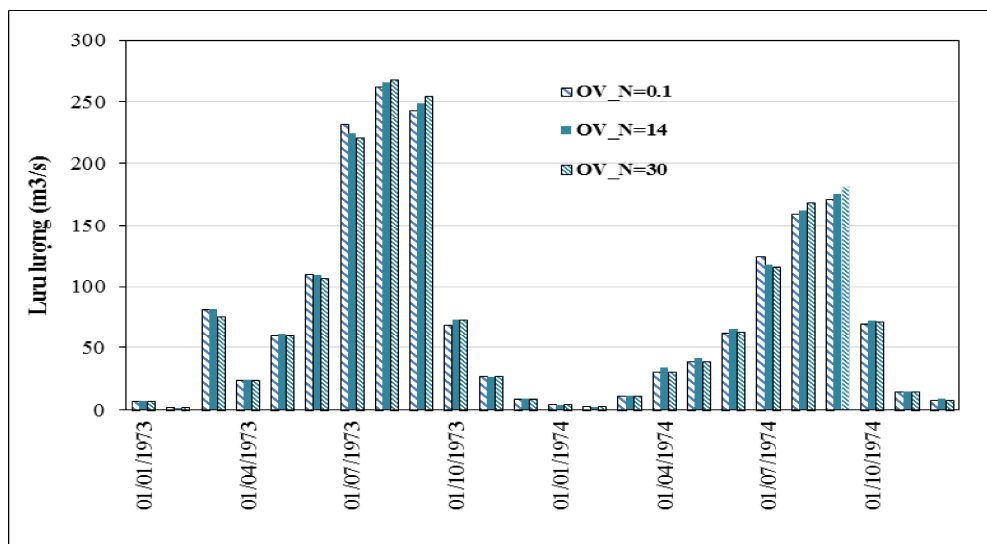
Chỉ số $ALPHA_BF$ là hệ số triết giảm của dòng chảy ngầm. Trong khoảng giá trị $ALPHA_BF$ từ 0,1 – 0,46 giá trị của lưu lượng có biến động nhẹ. Nhưng từ khoảng 0,46 trở đi giá trị của lưu lượng ổn định hơn, ít có sự thay đổi.



Hình 2.12: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số $ALPHA_BF$ khác nhau

❖ **Chỉ số OV_N :**

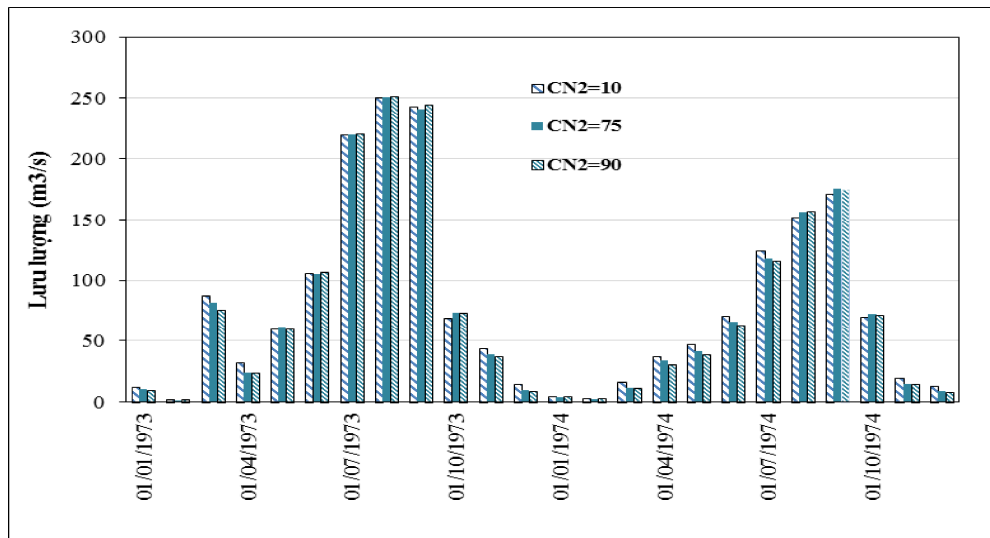
OV_N là hệ số nhám sườn dốc, giá trị này ảnh hưởng ít tới mức độ mô phỏng chính xác của dòng chảy, chỉ số OV_N càng cao thì mùa lũ xuất hiện càng chậm.



Hình 2.13: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số OV_N khác nhau

❖ **Chỉ số CN2:**

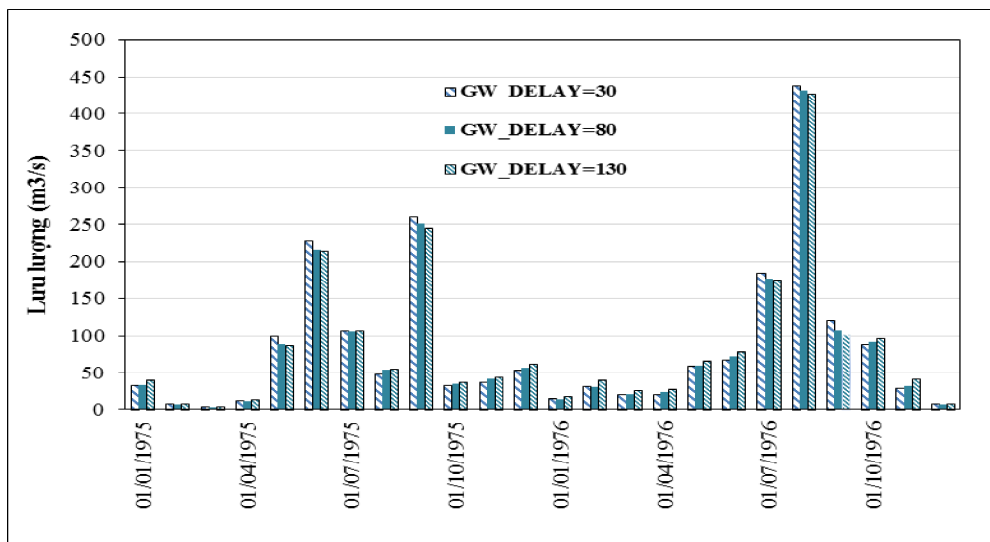
Chỉ số CN2 là chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II, là một chỉ số trong phương trình tính toán dòng chảy trực tiếp. Chỉ số này có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình mô phỏng lưu lượng dòng chảy. Chỉ số CN2 càng thấp thì lưu lượng dòng chảy mùa kiệt càng tăng và lưu lượng mùa lũ càng giảm.



Hình 2.14: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số CN2 khác nhau

❖ **Chỉ số GW_DELAY:**

GW_DELAY là thời gian trữ nước tầng nước ngầm. Giá trị GW_DELAY càng nhỏ thì lưu lượng mùa lũ càng tăng và lưu lượng mùa kiệt giảm.



Hình 2.15: Sự thay đổi lưu lượng với các chỉ số GW_DELAY khác nhau

2) Hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số mô hình cho dòng chảy

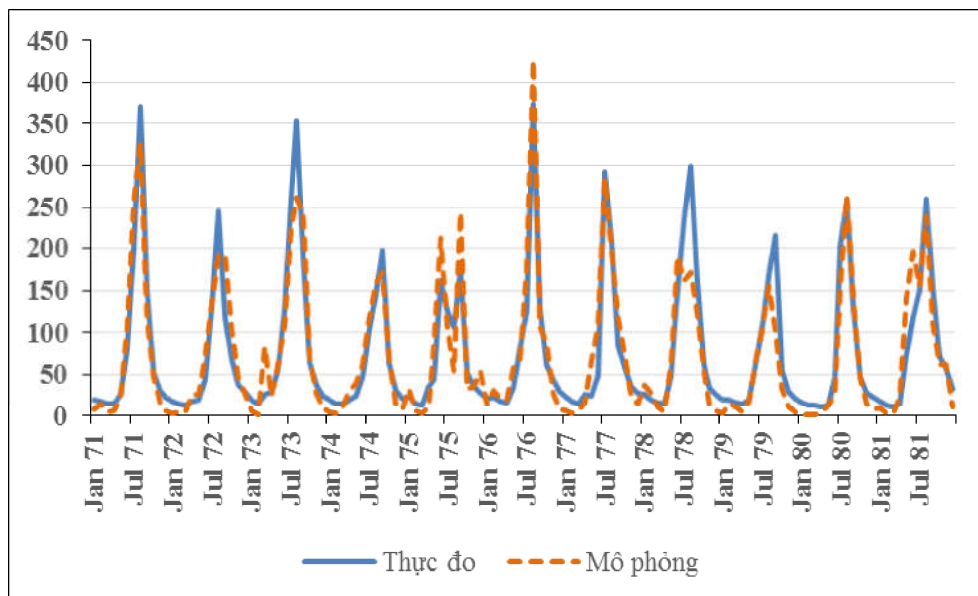
❖ Kết quả hiệu chỉnh

Sau khi phân tích độ nhạy ta đã tìm được 5 thông số ảnh hưởng chính tới quá trình mô phỏng lưu lượng dòng chảy đó là: CN2, GW_DELAY, CH_N1, OV_N, ALPHA_BF. Tại đây ta tiến hành chạy mô hình SWAT – CUP cho 5 thông số này với 200 lần mô phỏng trong giai đoạn 1971-1981. Kết quả cho ta được bộ thông số tối ưu thể hiện trong Bảng 2.4.

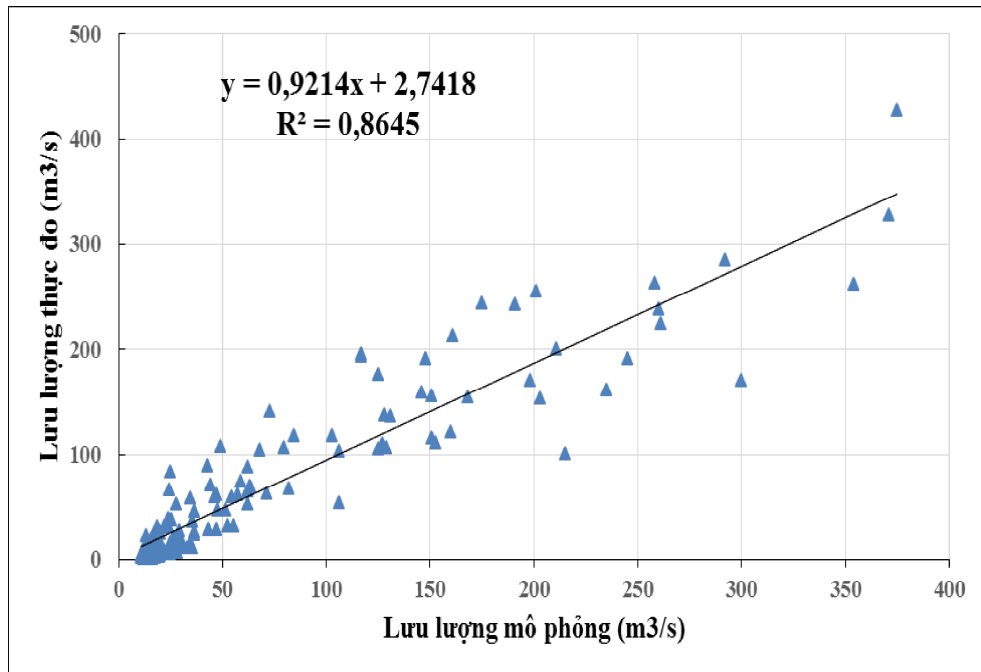
Bảng 2.4: Nhóm các thông số sau khi hiệu chỉnh

Thông số	Mô tả	Giá trị
GW_DELAY	Thời gian trễ dòng chảy ngầm	37,14
ALPHA_BF	Hệ số triết giảm dòng chảy ngầm	0,563
OV_N	Hệ số nhám Manning cho dòng chảy mặt	0,22795
CN2	Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II	85,9941
CH_N1	Hệ số nhám khe rãnh	0,431901

Từ bộ thông số đã tìm được, ta tiến hành chạy lại mô hình SWAT cho khu vực nghiên cứu trong giai đoạn hiệu chỉnh. Sau đó tiến hành so sánh giữa lưu lượng thực đo và lưu lượng mô phỏng. Sau khi thay bộ thông số vào quá trình mô phỏng lưu lượng tốt hơn, chỉ số NSI tăng lên 0,82, PBIAS là 4,2 và hệ số tương quan R2 là 0,86.



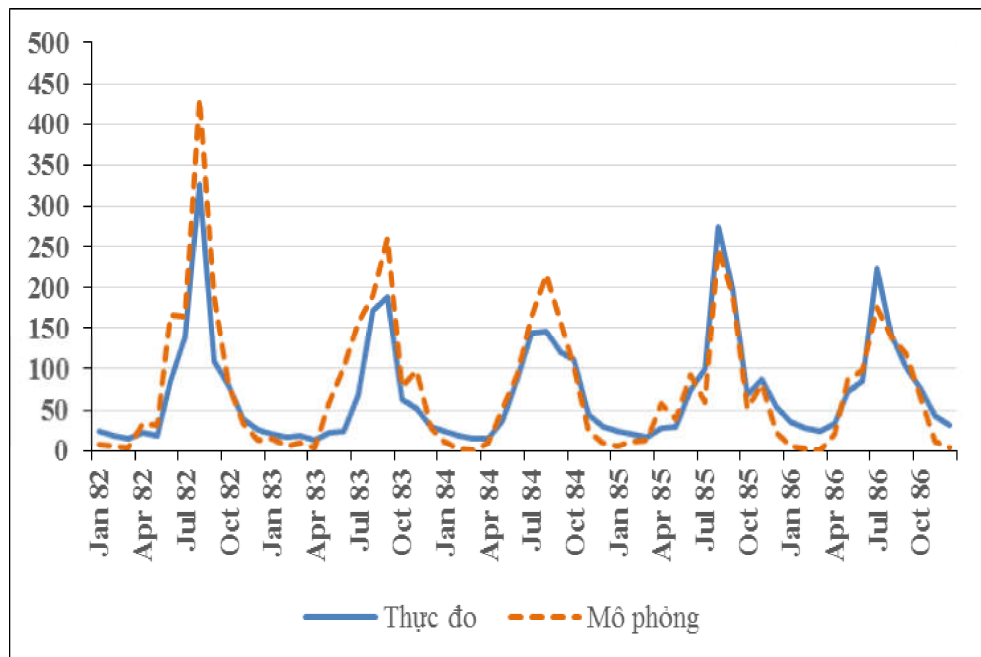
Hình 2.16: Lưu lượng thực đo và mô phỏng giai đoạn hiệu chỉnh



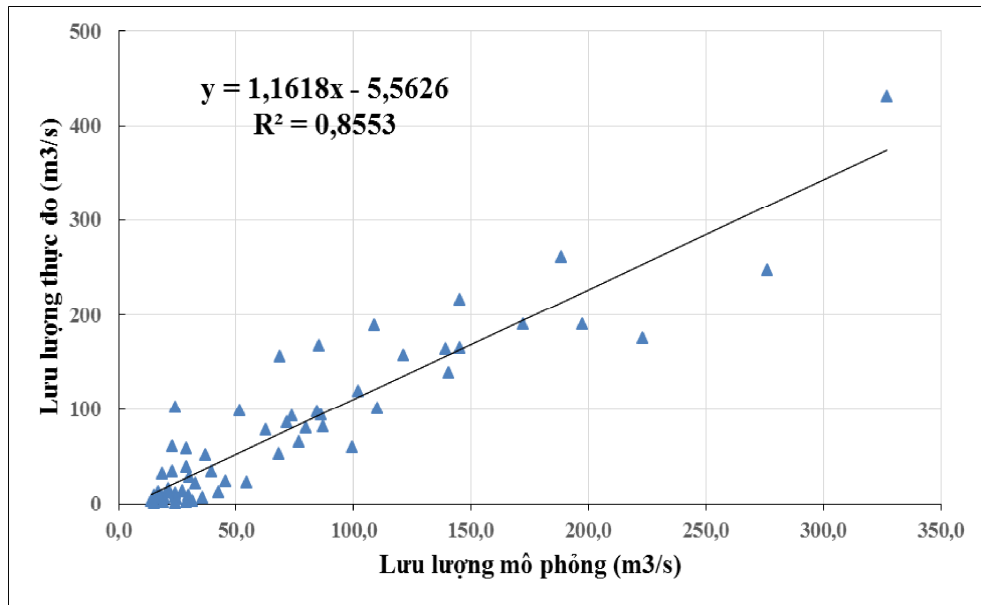
Hình 2.17: Tương quan giữa lưu lượng thực đo và mô phỏng

❖ **Kết quả kiểm định**

Từ bộ thông số đã tìm được trong giai đoạn hiệu chỉnh, ta tiến hành áp dụng bộ thông số chạy cho giai đoạn kiểm định 1982– 1986. Đối với quá trình kiểm định chỉ số NSI đạt 0,76, PBIAS là -8,34 và hệ số tương quan R^2 là 0,85.



Hình 2.18: Lưu lượng thực đo và mô phỏng giai đoạn kiểm định



Hình 2.19: Tương quan giữa lưu lượng thực đo và mô phỏng

❖ **Nhận xét chung:**

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số cho sông Nậm Mực, kết quả xác định bộ thông số của mô hình, bộ thông số này đã được kiểm định và đánh giá tương đối tốt (Bảng 2.5). Chỉ số NSI trong cả 2 quá trình đều đạt trên 0,75 và hệ số tương quan đều trên 0,8. Mô hình mô phỏng khá tốt biến động theo thời gian của dòng chảy.

Bảng 2.5: Đánh giá kết quả mô phỏng dòng chảy giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định của khu vực nghiên cứu

Thời đoạn	Giá trị		
	R ²	NSI	PBIAS
Hiệu chỉnh (1971-1981)	0,86	0,82	4,2
Kiểm định (1982-1986)	0,76	0,85	-8,34

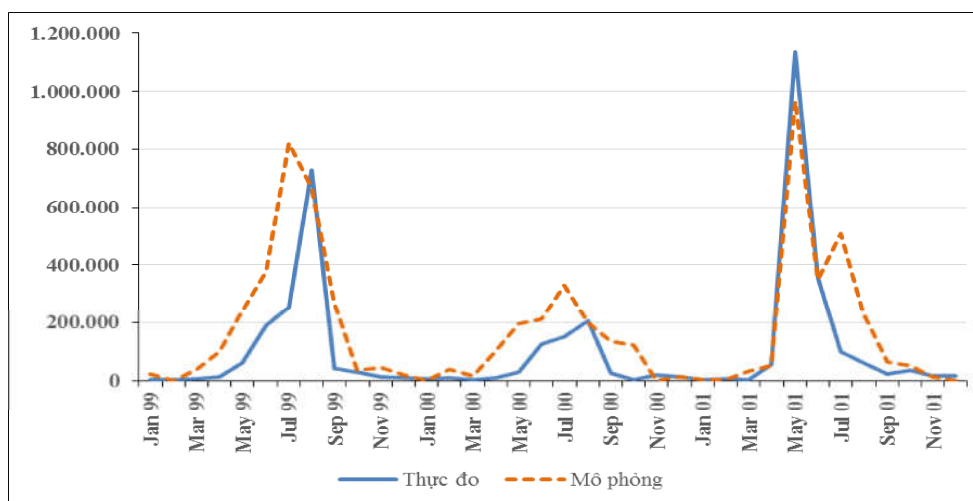
3) Hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số mô hình cho bùn cát

❖ **Kết quả hiệu chỉnh:**

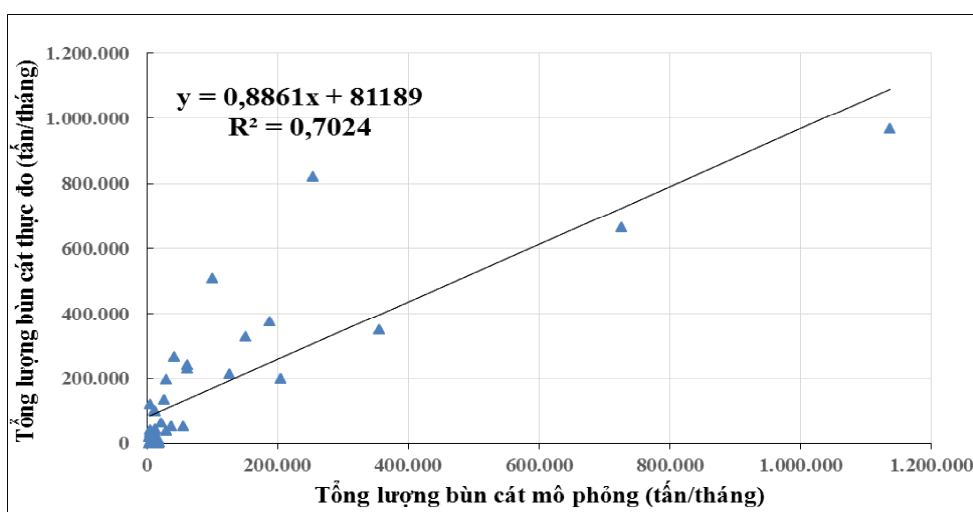
Sau khi phân tích độ nhạy ta đã tìm được 9 thông số ảnh hưởng chính tới quá trình mô phỏng lưu lượng dòng chảy đó là: CN2, SOL_K, SOL_ROCK, USLE_P, SPCON, SPEXP, SLSUBBSN, HRU_SLP, SOL_AWC. Tại đây ta tiến hành chạy mô hình SWAT – CUP cho 9 thông số này với 200 lần mô phỏng trong giai đoạn 1999-2001. Kết quả cho ta được bộ thông số tối ưu thể hiện trong Bảng 2.6.

Bảng 2.6: Nhóm các thông số sau khi hiệu chỉnh đối với dòng chảy bùn cát

Thông số	Mô tả	Giá trị
CN2	Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II	94,24
SOL_K	Độ dẫn thủy lực ở trường hợp bão hòa	741,5
SOL_ROCK	Hàm lượng đá trong đất	1,71
USLE_P	Thông số về sự trừ nước thực tế	0,71
SPCON	Hệ số tuyến tính trong công thức tính nồng độ trầm tích	0,000919
SPEXP	Hệ số mũ trong công thức tính nồng độ trầm tích	1,138
SLSUBBSN	Chiều dài sườn dốc trung bình	95,855003
HRU_SLP	Độ dốc trung bình	0,023250
SOL_AWC	Khả năng trữ nước của đất	0,986250



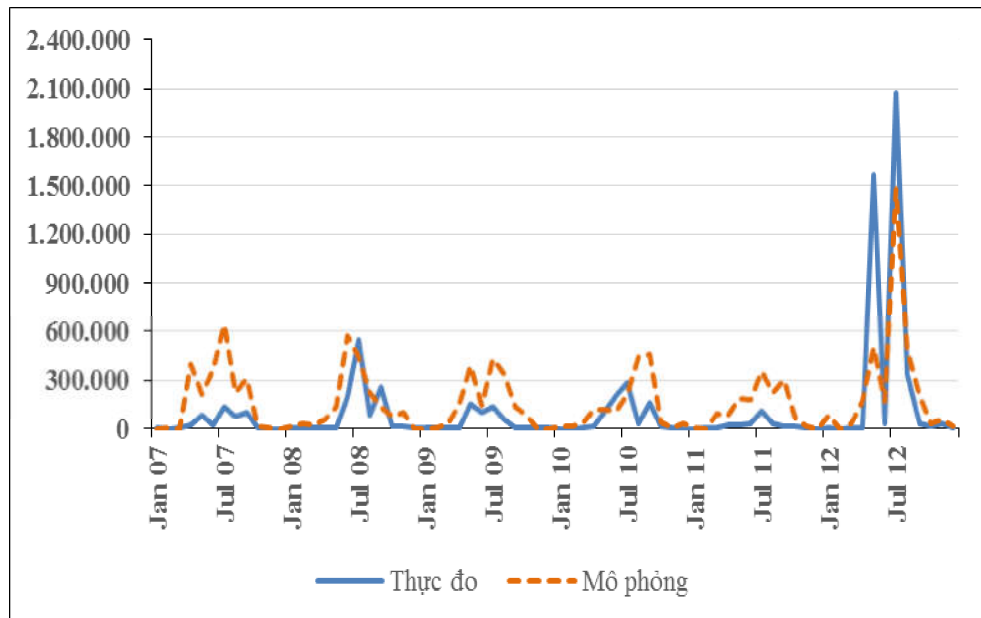
Hình 2.20: Tổng lượng bùn cát thực đo và mô phỏng giai đoạn hiệu chỉnh



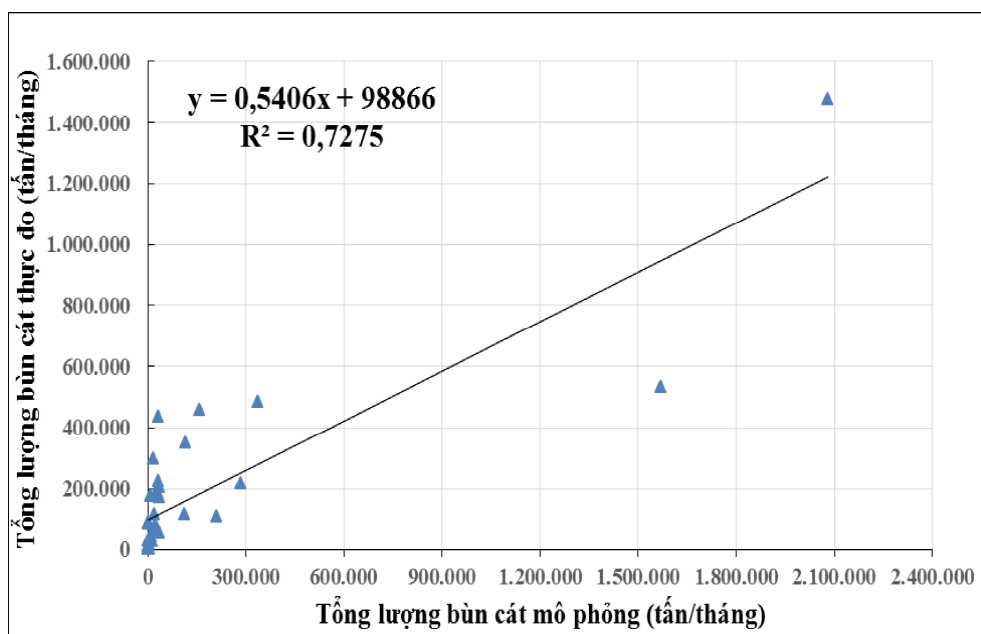
Hình 2.21: Tương quan giữa Tổng lượng bùn cát thực đo và mô phỏng

❖ **Kết quả kiểm định**

Từ bộ thông số đã tìm được trong giai đoạn hiệu chỉnh, ta tiến hành áp dụng bộ thông số chạy cho giai đoạn kiểm định 2007-2012 ta được kết quả thể hiện trong Hình 2.23 và Hình 2.24.



Hình 2.22: Tổng lượng bùn cát thực đo và mô phỏng giai đoạn kiểm định



Hình 2.23: Tương quan giữa tổng lượng bùn cát thực đo và mô phỏng

❖ **Nhận xét chung**

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số cho sông Nậm Mực với vị trí kiểm định được lấy từ bùn cát thực đo tại trạm Nậm Mực. Kết quả xác định bộ thông số của mô hình, bộ thông số này đã được kiểm định và đánh giá khá với kết quả hiệu chỉnh là 0,56 và kiểm định là 0,54. Tuy nhiên, do việc mô phỏng bùn cát phụ thuộc vào nhiều yếu tố nên với chỉ số như vậy đã được đánh giá là khá tốt.

Bảng 2.7: Đánh giá kết quả mô phỏng bùn cát giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định của khu vực nghiên cứu

Thời đoạn	Giá trị		
	R^2	NSI	PBIAS
Hiệu chỉnh (1999-2001)	0,70	0,56	-65
Kiểm định (2010-2012)	0,72	0,54	-18

CHƯƠNG 3: ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH ĐẾN DÒNG CHẢY VÀ BÙN CÁT VÀO HỒ THỦY ĐIỆN NẬM MỨC TRÊN SÔNG NẬM MỨC

3.1. Tính toán dòng chảy và bùn cát thời kỳ nền 1986 - 2005

3.1.1. Kết quả tính toán dòng chảy thời kỳ nền

Dựa vào chuỗi số liệu thực đo lưu lượng từ năm 1961 – 2012 của trạm Nậm Mức được kế thừa từ đề tài Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ cấp Bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang. Áp dụng thí điểm cho sông Đà” do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu chủ trì, tiến hành tính toán lưu lượng trung bình các tháng cho thời kỳ nền 1986-2005. Kết quả tính toán được thể hiện trong Bảng 3.6.

3.1.2. Kết quả tính toán bùn cát thời kỳ nền

Với chuỗi số liệu bùn cát thực đo tại trạm thủy văn Nậm Mức thu thập được từ năm 1993 – 2012, để tiến hành tính toán bùn cát cho thời kỳ nền cần phải xây dựng tương quan giữa lưu lượng thực đo và bùn cát thực đo. Như đã trình bày ở trên, tương quan giữa hai yếu tố này khá chặt chẽ. Do đó, có thể dùng phương trình tương quan giữa lưu lượng và bùn cát thực đo để bổ sung kéo dài số liệu cho bùn cát. Kết quả tính toán bùn cát thời kỳ nền (1986-2005) được thể hiện trong Bảng 3.8.

3.2. Tính toán dòng chảy và bùn cát theo các kịch bản biến đổi khí hậu

3.2.1. Xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu lượng mưa và nhiệt độ

1) Kết quả tóm tắt kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam

Việt Nam là một quốc gia dễ bị tổn thương trước những tác động của biến đổi khí hậu. Chính phủ Việt Nam đã giao cho Bộ Tài nguyên và Môi trường xây dựng và cập nhật kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng để làm cơ sở cho các Bộ, ngành và địa phương đánh giá tác động, mức độ dễ bị tổn thương và rủi ro do biến đổi khí hậu, từ đó xác định các giải pháp ứng phó phù hợp.

Trong luận văn, để tính toán tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát, học viên đã sử dụng kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng mới nhất được công bố vào năm 2016.

Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng phiên bản năm 2016 được xây dựng dựa trên cơ sở kế thừa và bổ sung kịch bản công bố năm 2012. Các số liệu thực đo về khí tượng thủy văn và mực nước biển của Việt Nam được cập nhật đến năm 2014. Phương pháp mới nhất trong Báo cáo đánh giá khí hậu lần thứ 5 của Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu, các mô hình khí hậu toàn cầu, các mô hình khí hậu khu vực và phương pháp thống kê đã được sử dụng để tính toán chi tiết cho khu vực Việt Nam.

Đối với hai yếu tố nhiệt độ và lượng mưa trong kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng năm 2016 có thể được tóm tắt như sau:

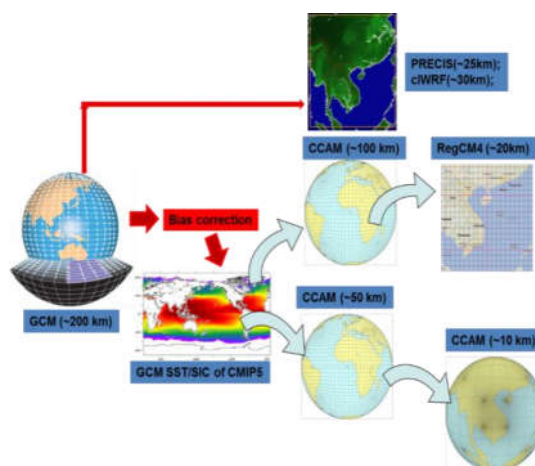
Nhiệt độ ở tất cả các vùng của Việt Nam đều có xu thế tăng so với thời kỳ cơ sở (1986-2005), với mức tăng lớn nhất là khu vực phía Bắc. Theo kịch bản RCP4.5, đến cuối thế kỷ 21, ở phía Bắc nhiệt độ tăng chủ yếu từ $1,9 \div 2,4^{\circ}\text{C}$ và ở phía Nam từ $1,7 \div 1,9^{\circ}\text{C}$ so với thời kỳ cơ sở. Nhiệt độ thấp nhất trung bình và cao nhất trung bình có xu thế tăng rõ rệt.

Lượng mưa năm có xu thế tăng trên phạm vi toàn quốc so với thời kỳ cơ sở ở tất cả các kịch bản. Theo kịch bản RCP4.5, đến cuối thế kỷ 21, lượng mưa năm có mức tăng phổ biến từ $5 \div 15\%$. Một số tỉnh ven biển Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Trung Trung Bộ có thể tăng trên 20%. Lượng mưa mùa khô ở một số vùng có xu thế giảm. Lượng mưa 1 ngày lớn nhất trung bình có xu thế tăng trên toàn lãnh thổ Việt Nam với mức tăng phổ biến từ $10 \div 70\%$ so với trung bình thời kỳ cơ sở.

2) Phương pháp tính toán xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu

Phương pháp chi tiết hóa động lực được sử dụng để tính toán xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam. Năm mô hình khí hậu toàn cầu và khu vực được áp dụng trong tính toán.

Mỗi mô hình có các phương án tính toán khác nhau dựa trên kết quả từ mô hình toàn cầu (IPCC, 2013) (Bảng 3.1).



Hình 3.1: Sơ đồ chi tiết hóa động lực

Bảng 3.1: Các mô hình được sử dụng trong tính toán cập nhật KBBĐKH

TT	Mô hình	Trung tâm phát triển	Các phương án tính toán	Độ phân giải, miền tính	Số mục thẳng đứng
1	clWRF	Cộng tác của nhiều cơ quan: NCAR, NCEP, FSL, AFWA, ...	1) NorESM1-M	30 km, 3,5-27N và 97,5-116E	27
2	PRECIS	Trung tâm Khí tượng Hadley - Vương Quốc Anh	1) CNRM-CM5 2) GFDL-CM3 3) HadGEM2-ES	25 km, 6,5-25N và 99,5-115E	19
3	CCAM	Tổ chức Nghiên cứu Khoa học và Công nghiệp Liên bang Úc (CSIRO)	1) ACCESS1-0 2) CCSM4 3) CNRM-CM5 4) GFDL-CM3 5) MPI-ESM-LR 6) NorESM1-M	10 km, 5-30N và 98-115E	27
4	RegCM	Trung tâm quốc tế về Vật lý lý thuyết	1) ACCESS1-0 2) NorESM1-M	20 km, 6,5-30N và 99,5-119.5E	18
5	AGCM/MRI	Viện Nghiên cứu Khí tượng Nhật Bản (MRI)	1) NCAR-SST 2) HadGEM2-SST 3) GFDL- SST 4) Tổ hợp các SST	20 km, toàn cầu	19

❖ **Mô hình CCAM**

CCAM (*Conformal Cubic Atmospheric Model*) là mô hình khí quyển toàn cầu do CSIRO xây dựng có khả năng mô phỏng khí hậu ở các quy mô khác nhau, từ toàn cầu đến khu vực. Mô hình sử dụng phương pháp thủy tĩnh và phương pháp bán - Lagrangian đối với bình lưu ngang cùng với nội suy phương ngang song khối (*bicubic*). Mô hình sử dụng sơ đồ bức xạ GFDL của phòng nghiên cứu động lực học chất lưu địa vật lý Hòa Kỳ (The Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), sơ đồ mây Rotsteyn, sơ đồ lớp biên hành tinh Monin-Obukhov, sơ đồ đất 6 lớp, sơ đồ mây đối lưu thông lượng khối. Đặc biệt, CCAM sử dụng sơ đồ tham số hóa đơn giản nhằm tăng cường vai trò của nhiệt độ mặt nước biển (SST). Mô hình sử dụng lưới 3 chiều xen kẽ, độ phân giải thô tại các khu vực xa trung tâm miền tính và mịn dần

vào trung tâm miền tính, tại trung tâm miền tính có độ phân giải cao nhất (McGregor 1993, 1996, 2003, 2005a,b; McGregor và Dix 2001, 2008).

❖ **Mô hình PRECIS**

PRECIS (*Providing Regional Climates for Impacts Studies*) là mô hình khí hậu khu vực do Trung tâm Hadley phát triển nhằm phục vụ việc xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho khu vực nhỏ. Mô hình PRECIS có thể chạy với hai tùy chọn với kích thước lưới 50x50km và 25x25km. Phiên bản PRECIS 2.0 được ứng dụng tại Việt Nam là mô hình RCM HadRM3P. Đây là phiên bản cải tiến của mô hình khí quyển thành phần HadAM3P thuộc mô hình khí quyển đại dương toàn cầu HadCM3.

❖ **Mô hình RegCM**

RegCM (Regional Climate Model) là mô hình khí hậu khu vực, do Trung tâm quốc tế về Vật lý lý thuyết phát triển từ sự kết hợp giữa mô hình khí hậu toàn cầu (Community Climate Model - CCM) của NCAR và phiên bản 4 của mô hình quy mô vừa (MM4) (Marshall và Henson, 1997). Đây là mô hình linh hoạt, có thể áp dụng trong nghiên cứu khí hậu đối với các khu vực khác nhau. Sau nhiều bổ sung và cải tiến các sơ đồ tham số hóa vật lý, sơ đồ truyền bức xạ, vật lý bề mặt đất, RegCM có thể áp dụng trong mô phỏng, dự báo khí hậu.

Hệ thống mô hình RegCM bao gồm 4 thành phần chính là Terrain, ICBC, RegCM và PostProc. Trong đó Terrain và ICBC thuộc bộ phận tiền xử lý dữ liệu địa hình như độ cao, sử dụng đất, bề mặt biển,... các điều kiện ban đầu và điều kiện biên. RegCM có thể chạy với điều kiện biên từ các mô hình khí hậu toàn cầu GCM. Các số liệu tái phân tích làm đầu vào được sử dụng như Era40 và Era-Interim từ ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts), NNRP1 và NNRP2 từ NCEP (National Centre for Environmental Prediction), JRA25 từ JMA (Japan Meteorological Agency), SST trung bình tuần (OISST) và trung bình tháng (sst_mnmean) từ NOAA (National Ocean and Atmosphere Administration).

Phiên bản RegCM4 được cải tiến hơn, bao gồm: một số sơ đồ tham số hóa mới như sơ đồ quá trình đất bề mặt CML, sơ đồ lớp biên hành tinh UW và sơ đồ biến trình SST, thay đổi một số sơ đồ gồm lớp biên Holtslag, sơ đồ chuyển đổi phát xạ và một số cấu hình mới linh hoạt hơn và dễ áp dụng hơn với các trình biên dịch khác nhau.

❖ **Mô hình *clWRF***

Mô hình Nghiên cứu và Dự báo thời tiết WRF (Weather Research and Forecast) là mô hình số trị linh hoạt cao, có thể sử dụng cho dự báo thời tiết, dự báo bão và dự tính khí hậu.

Mô hình WRF3.x là phiên bản cải tiến cho mô phỏng khí hậu và được gọi là *clWRF* (Climate WRF model). Về cơ bản, *clWRF* vẫn giữ nguyên các thành phần của phiên bản thời tiết và được bổ sung thêm các mô đun cho phép sử dụng với các kịch bản phát thải khí nhà kính SRES cũng như RCP cho bài toán khí hậu và biến đổi khí hậu (Peter và nnk, 2009; Chakrit và nnk, 2012; Fita và nnk, 2009).

Mô hình *clWRF* sử dụng sơ đồ bức xạ CAM với tỷ số xáo trộn khí CO₂ từ kịch bản SRES-A2. Có thể dễ dàng thay đổi tỷ số xáo trộn của 5 loại khí: CO₂, N₂O, CH₄, CFC-11 và CFC-12 (Fita, 2010). Kết quả của mô hình gồm giá trị trung bình, giá trị cực tiểu và cực đại của một số biến như nhiệt độ ở mức độ cao 2 m so với bề mặt đất, giáng thủy, tốc độ gió bề mặt, độ ẩm riêng.

❖ **Mô hình *AGCM/MRI***

Mô hình AGCM/MRI là sự kết hợp giữa mô hình dự báo thời tiết thời đoạn ngắn với mô hình khí hậu thế hệ mới, mô phỏng khí hậu thời gian dài với độ phân giải 20 km và 60 km. AGCM/MRI dùng số liệu 25 năm (1979-2003) để mô phỏng khí hậu thời kỳ cơ sở. Mô hình tính toán cho tương lai xa (2075-2099) (25 năm) theo kịch bản RCP8.5.

3) Lựa chọn các mô hình khí hậu cho nghiên cứu

Như đã trình bày ở trên, năm mô hình khí hậu khu vực (AGCM/MRI, PRECIS, CCAM, RegCM, *clWRF*) đã được áp dụng để tính toán xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam. Trong đó, đối với biến nhiệt độ, kết quả của cả 5 mô hình khí hậu khu vực đều được áp dụng do các mô hình đều mô phỏng khá tốt nhiệt độ ở hầu hết các khu vực của Việt Nam, chỉ riêng mô hình *clWRF* có sai số hệ thống tương đối lớn.

Tuy nhiên, đối với lượng mưa, do có sự khác biệt giữa các mô hình đối với các vùng khí hậu của Việt Nam. Trong đó, mô hình PRECIS cho kết quả tính toán tốt hơn so với các mô hình còn lại (Nguyễn Văn Hiệp, 2015) nên các kịch bản biến đổi của lượng mưa được xây dựng dựa trên các thành phần của mô hình PRECIS.

Trong khuôn khổ luận văn, việc tính toán dòng chảy và bùn cát yêu cầu các số liệu đầu vào bao gồm lượng mưa, nhiệt độ tối cao, tối thấp theo chuỗi số liệu ngày. Do vậy, để đảm bảo sự cân bằng trong các mô hình (các biến trong mô hình đều có mối quan hệ vật lý với nhau, cùng một đầu vào không thể sử dụng số liệu nhiệt và mưa từ 2 mô hình khác nhau), đồng thời phải dựa trên các kết quả đã công bố của kịch bản biến đổi khí hậu năm 2016 nên luận văn quyết định lựa chọn 3 thành phần của mô hình PRECIS theo 2 kịch bản phát thải trung bình thấp - RCP4.5 và phát thải cao - RCP8.5 để xây dựng các kịch bản dòng chảy và bùn cát cho lưu vực sông Nậm Mực trong thời gian từ 2020 – 2099.

Các bước thực hiện cụ thể như sau: Đầu tiên mô hình SWAT sẽ lần lượt được chạy với số liệu đầu vào khác nhau của các mô hình PRECIS thành phần theo 2 kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Sau đó, tương ứng với mỗi bộ số liệu đầu vào từ mô hình PRECIS, luận văn sẽ tính toán ra một kịch bản biến đổi lưu lượng và bùn cát của lưu vực sông Nậm Mực so với giai đoạn 1986-2005. Mức biến đổi được tính như sau:

$$\Delta R_{tương\ lai} = \frac{(R_{tương\ lai}^* - \overline{R_{1986-2005}^*})}{\overline{R_{1986-2005}^*}} * 100 \quad (3.1)$$

Trong đó:

- $\Delta R_{tương\ lai}$ = Thay đổi của lưu lượng hoặc bùn cát trong tương lai so với thời kỳ cơ sở (%);
- $R_{tương\ lai}^*$ = Lưu lượng hoặc bùn cát trong tương lai (m^3);
- $\overline{R_{1986-2005}^*}$ = Lưu lượng hoặc bùn cát của thời kỳ cơ sở (1986-2005) (m^3).

Sau đó, luận văn tiến hành tổ hợp các kết quả dự tính dòng chảy và dòng chảy bùn cát trong tương lai nhận được từ các mô hình thành phần và đưa ra kết quả cuối cùng.

Trong khuôn khổ luận văn, các trạm Nậm Mực, Lai Châu, Mường Tè và Sìn Hồ được sử dụng để tính toán mức biến đổi cho lưu vực sông Nậm Mực nên trước khi trình bày các kết quả tính toán dòng chảy và bùn cát trong các phần tiếp theo, dưới đây sẽ tóm tắt một số kết quả tính toán mức biến đổi của lượng mưa và nhiệt

độ được chiết xuất từ báo cáo “Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam năm 2016” của các trạm sử dụng để có cái nhìn tổng quát hơn về biến đổi khí hậu tại lưu vực sông Nậm Mực trước khi xem xét tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát (Bảng 3.2 đến Bảng 3.5)

Bảng 3.2: Sự thay đổi lượng mưa (%) của các thời kì theo các kịch bản so với thời kì nền

Tên trạm	RCP4.5					RCP8.5				
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm
Đầu thế kỉ 21 (2016-2035)										
Nậm Mực	4	6,8	0	8,8	7,4	4	6,8	0	8,8	7,4
Lai Châu	5	6,1	-	6,2	6,3	5	6,1	-10,3	6,2	6,3
Mường Tè	6,8	4,5	-	2,8	4,6	6,8	4,5	-11,4	2,8	4,6
Sìn Hồ	3,3	4	-	1,6	3,9	3,3	4	-12,2	1,6	3,9
Giữa thế kỉ 21 (2046-2065)										
Nậm Mực	20,8	17,3	12,1	20,3	18,1	14,5	19	10,7	13,2	18,2
Lai Châu	21,2	17	4,7	20,1	17,6	14,6	17,1	1	11,2	16,3
Mường Tè	22,8	15,7	5,1	22,2	16,8	17,6	11,7	-2,8	11	11,8
Sìn Hồ	17	13,5	4	15,7	14,2	13,8	12,5	-4,1	6,6	11,7
Cuối thế kỉ 21(2080-2099)										
Nậm Mực	13,2	17,4	24,7	10,2	16,4	5,1	28	46,9	4,5	24
Lai Châu	14	15,8	16,6	5	14,3	5,9	29	31,2	4,1	25,3
Mường Tè	14,6	13,9	11,7	1,5	12,6	7,7	23,5	19,1	2,2	20,9
Sìn Hồ	12,2	14,2	12,3	2,7	12,5	5,6	23,5	26,7	1,9	20,1

Bảng 3.3: Sự thay đổi nhiệt độ trung bình (oC) của các thời kì theo các kịch bản so với thời kì nền

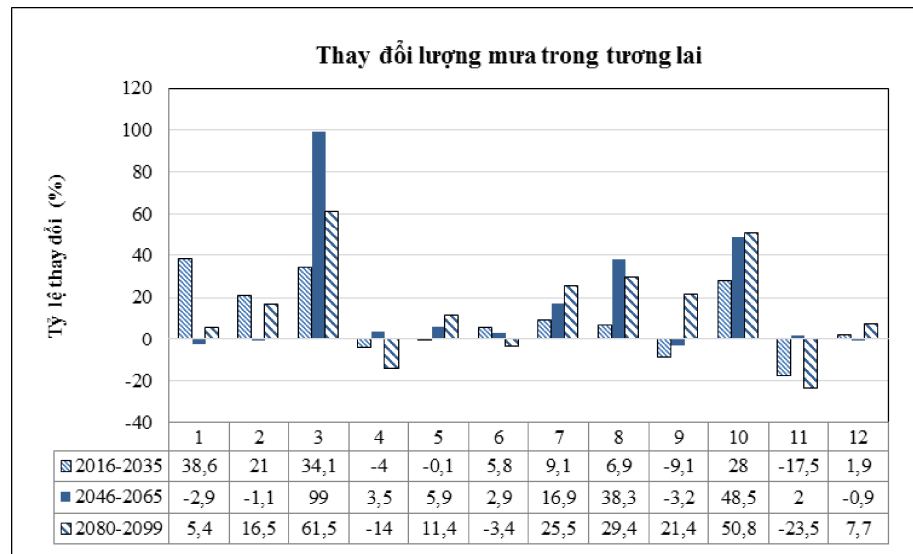
Tên trạm	RCP4.5					RCP8.5				
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm
Đầu thế kỉ 21 (2016-2035)										
Lai Châu	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1
Mường Tè	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1
Sìn Hồ	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Giữa thế kỉ 21 (2046-2065)										
Lai Châu	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	2,4	2,4	2,3	2,3	2,4
Mường Tè	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
Sìn Hồ	1,6	1,9	1,8	1,6	1,8	2,3	2,4	2,3	2,2	2,3
Cuối thế kỉ 21(2080-2099)										
Lai Châu	2,5	2,5	2,3	2,3	2,4	4,4	4,6	4,5	4,2	4,4
Mường Tè	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	4,3	4,4	4,4	4	4,2
Sìn Hồ	2,4	2,5	2,4	2,3	2,4	4,3	4,7	4,5	4	4,3

Bảng 3.4: Sự thay đổi nhiệt độ tối cao trung bình (oC) của các thời kì theo các kịch bản so với thời kì nền

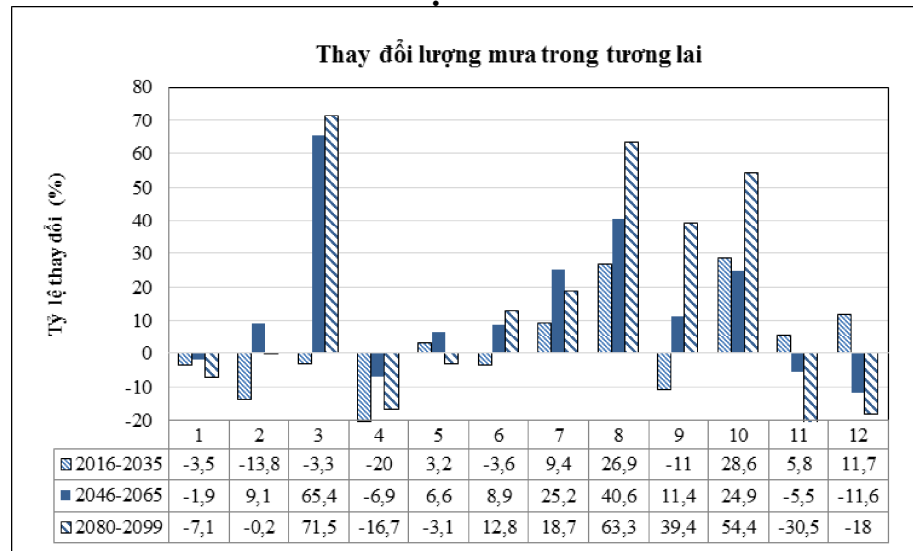
Tên trạm	RCP4.5					RCP8.5				
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm
	Đầu thế kỉ 21 (2016-2035)									
Lai Châu	0,6	0,7	0,9	0,7	0,7	1,4	1,3	1,5	1,4	1,4
Mường Tè	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	1,4	1,3	1,6	1,6	1,4
Sìn Hồ	0,5	0,6	0,8	0,6	0,6	1,3	1,2	1,4	1,4	1,3
	Giữa thế kỉ 21 (2046-2065)									
Lai Châu	1,8	2,1	2,1	1,9	2	2,4	2,6	2,6	2,4	2,5
Mường Tè	1,8	2	2	2	2	2,4	2,6	2,6	2,5	2,6
Sìn Hồ	1,8	2,1	2,1	1,9	2	2,4	2,6	2,6	2,4	2,5
	Cuối thế kỉ 21(2080-2099)									
Lai Châu	2,6	2,7	2,6	2,5	2,6	4,5	5,1	4,9	4,2	4,7
Mường Tè	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	4,5	4,9	4,9	4,3	4,6
Sìn Hồ	2,6	2,8	2,7	2,6	2,7	4,5	5,1	4,8	4,2	4,7

Bảng 3.5: Sự thay đổi nhiệt độ tối thấp trung bình (oC) của các thời kì theo các kịch bản so với thời kì nền

Tên trạm	RCP4.5					RCP8.5				
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm
	Đầu thế kỉ 21 (2016-2035)									
Lai Châu	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	1,1	1	1	1	1
Mường Tè	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	1,1	1	1	1	1
Sìn Hồ	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1	1	1	1
	Giữa thế kỉ 21 (2046-2065)									
Lai Châu	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3
Mường Tè	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3
Sìn Hồ	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	2,4	2,4	2,3	2,2	2,3
	Cuối thế kỉ 21(2080-2099)									
Lai Châu	2,5	2,3	2,2	2,2	2,3	4,4	4,4	4,5	4,1	4,3
Mường Tè	2,4	2,2	2,1	2,1	2,2	4,1	4,2	4,3	3,9	4
Sìn Hồ	2,4	2,3	2,2	2,1	2,2	4,2	4,4	4,4	3,8	4,1



Hình 3.2: Kịch bản RCP 4.5



Hình 3.3: Kịch bản RCP 8.5

3.2.2. Kết quả tính toán dòng chảy và bùn cát theo kịch bản biến đổi khí hậu

1) Kết quả tính toán dòng chảy

Các kết quả mô phỏng dòng chảy trung bình tháng các thời kỳ theo các kịch bản so sánh với hiện trạng dòng chảy trung bình tháng trong thời kỳ nền (Hình 3.4 và Hình 3.7) cho thấy:

Theo kịch bản RCP 4.5

Dòng chảy trung bình tháng tại các tháng VIII-XI có xu hướng tăng so với thời kỳ nền. Trong đó:

- ✓ Nếu xét các thời kỳ khác nhau thì dòng chảy các giai đoạn khác nhau có sự biến động tăng dần từ đầu thế kỷ cho đến cuối thế kỷ: giai đoạn cuối thế kỷ, dòng chảy tăng 63% (tháng IX) và 91% (tháng X); giai đoạn giữa thế kỷ, dòng chảy tăng 51% (tháng IX) và 68% (tháng X); giai đoạn đầu thế kỷ, dòng chảy tăng 23% (tháng IX) và 36% (tháng X). Tuy nhiên, ở 2 tháng VIII và XI có sự khác nhau về mức độ biến động của dòng chảy tại các thời kỳ khác nhau: giai đoạn đầu thế kỷ, dòng chảy có xu thế giảm đáng kể 5% (tháng VIII) và 1% (tháng XI); giai đoạn giữa thế kỷ, dòng chảy lại có xu thế tăng 35% (tháng VIII) và 31% (tháng XI); giai đoạn cuối thế kỷ, dòng chảy cũng có xu thế tăng 26% (tháng VIII) và 30% (tháng XI). Xu thế này cũng khá phù hợp với sự thay đổi của lượng mưa trên lưu vực theo các thời kỳ khác nhau của kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5.
- ✓ Nếu xét cùng thời kỳ dòng chảy tại tháng X có xu hướng tăng nhiều nhất so với 3 tháng còn lại. Đây là thời kỳ cuối của mùa lũ trên lưu vực. Điều này có thể thấy rằng ngoài sự biến động tăng của dòng chảy thì thời gian lũ lớn cũng có sự chuyển dịch đáng kể.

Dòng chảy trung bình tháng tại các tháng I-VII và tháng XII có xu hướng giảm so với thời kỳ nền. Trong đó:

- ✓ Nếu xét các thời kỳ khác nhau thì nhìn chung dòng chảy các giai đoạn khác nhau có sự biến động giảm dần từ đầu thế kỷ cho đến cuối thế kỷ, thể hiện rõ nét nhất tại các tháng IV, V, VII. Trong đó, tháng IV giai đoạn đầu thế kỷ lượng dòng chảy giảm nhiều nhất 91% tương ứng lượng mưa giai đoạn này cũng giảm nhiều nhất so với 2 giai đoạn còn lại 4%. Tháng IV cũng là tháng cuối của mùa kiệt trên lưu vực.
- ✓ Nếu xét cùng thời kỳ dòng chảy tại tháng II, III có xu hướng giảm nhiều nhất so với các tháng còn lại. Tuy nhiên, lượng mưa các tháng này lại có xu thế tăng, điều này chỉ có thể giải thích được khi xét đến tất cả các yếu tố khí tượng thủy văn trên lưu vực. Mặc dù vậy, về cơ bản có thể đánh giá được dựa trên khía cạnh đây là 2 tháng chính vụ của mùa kiệt, mà theo xu thế biến đổi của lượng dòng chảy nhiều năm thì lượng nước trong mùa khô trên lưu vực giảm rất nhanh chỉ còn trên 23%, nên nhiệt độ cao kết hợp với các tác động của biến đổi khí hậu nên dù lượng mưa có tăng cũng không đáng kể so

với sự suy giảm của lượng dòng chảy. Dòng chảy giảm ít nhất vào VII, 34% (2016-2035), 12% (2046-2065), 2% (2080-2099). Dựa theo đặc điểm thủy văn trên lưu vực thì đây là tháng thường có xuất hiện lũ kép, lũ lớn (ví dụ trận lũ lịch sử xuất hiện vào ngày 17/VII/1994). Tuy nhiên, theo kết quả tính toán thì dòng chảy theo các kịch bản biến đổi khí hậu thì tháng này lưu lượng dòng chảy lại có xu thế giảm. Như vậy có thể thấy rằng sự biến đổi của lưu lượng dòng chảy không chỉ về lượng mà còn có sự biến động về thời gian phân bố của dòng chảy theo các kịch bản biến đổi khí hậu.

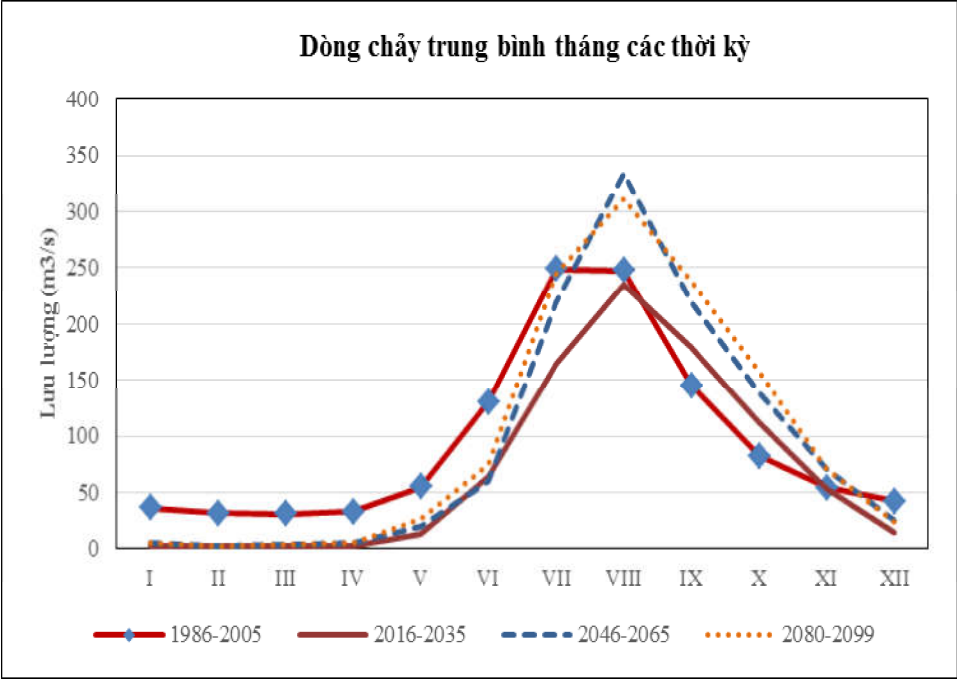
Theo kịch bản RCP 8.5

Cũng tương tự như dòng chảy trung bình tháng tại kịch bản RCP 4.5 dòng chảy trung bình tháng tại các tháng VIII-XI có xu hướng tăng so với thời kỳ nền. Trong đó, tháng X là tháng có lượng dòng chảy tăng lớn nhất: 73% (2016-2035), 92% (2046-2065), 122% (2080-2099).

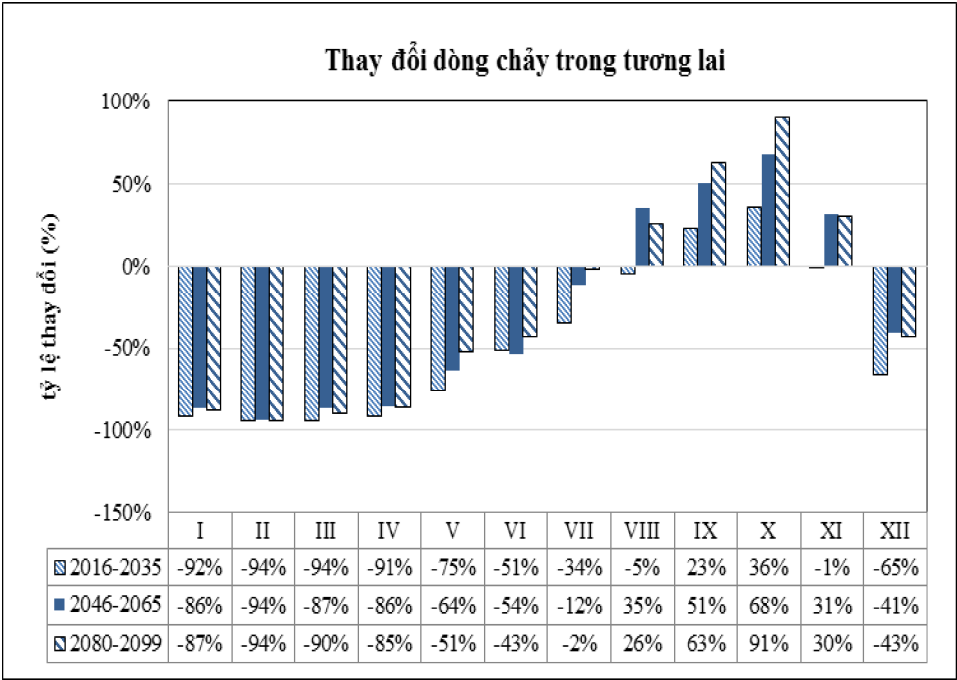
Dòng chảy trung bình tháng tại các tháng I-VII và tháng XII có xu hướng giảm so với thời kỳ nền. Trong đó, tháng có lượng dòng chảy giảm nhiều nhất là tháng II: 94% (2016-2035), 94% (2046-2065), 92% (2080-2099). Tháng VII có lượng dòng chảy giảm ít nhất: 25% (2016-2035), 1% (2046-2065), 9% (2080-2099).

Tuy nhiên, có thể thấy sự biến động của dòng chảy giữa các tháng trong cùng một giai đoạn rất lớn, các tháng có lượng dòng chảy biến động giảm dao động trong khoảng từ 25-94% (2016-2035), 1-94% (2046-2065), 9-92% (2080-2099); các tháng có lượng dòng chảy biến động tăng cũng dao động mạnh: 5-73% (2016-2035), 22-92% (2046-2065), 40-122% (2080-2099).

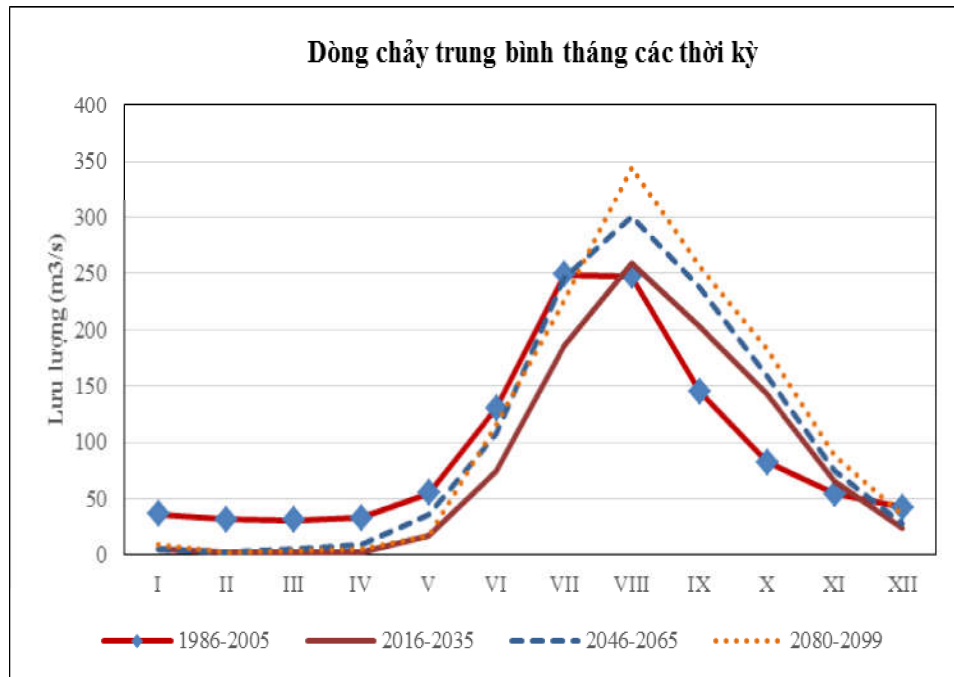
Tóm lại, xu thế biến đổi dòng chảy theo các kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 khá tương đồng nhau, dòng chảy đều có xu hướng tăng vào các tháng VIII đến tháng XI và giảm vào các tháng I đến tháng VII và tháng XII. Tuy nhiên, giữa hai kịch bản cũng có sự khác biệt tuy không nhiều. Nếu tại kịch bản RCP 8.5 dòng chảy trung bình các tháng có xu hướng tăng hoặc giảm rõ rệt tại cùng một tháng theo các giai đoạn khác nhau của thế kỷ, thì kịch bản RCP 4.5 xu thế này thể hiện không rõ rệt, sự biến đổi cùng theo xu thế chung nhưng các tỷ lệ thay đổi lớn nhất hoặc nhỏ nhất xuất hiện không đều nhau tại các tháng.



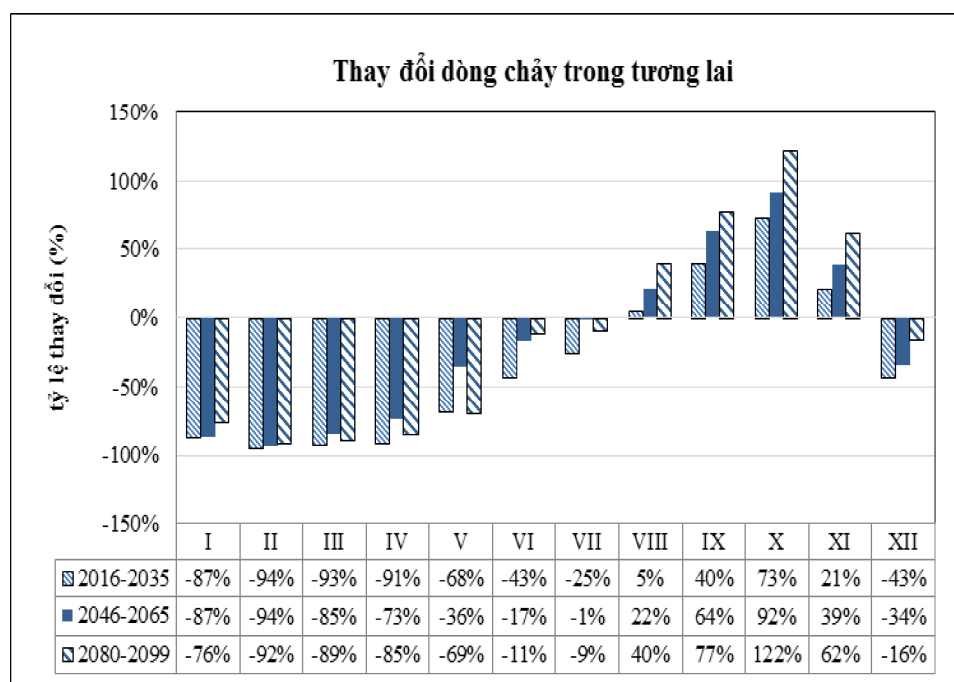
Hình 3.4: Kết quả tính toán dòng chảy tháng-Kịch bản RCP4.5



Hình 3.5: Kết quả tính toán thay đổi dòng chảy-Kịch bản RCP4.5



Hình 3.6: Kết quả tính toán dòng chảy tháng-Kịch bản RCP8.5



Hình 3.7: Kết quả tính toán thay đổi dòng chảy-Kịch bản RCP8.5

Bảng 3.6: Thay đổi dòng chảy trung bình tháng thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (m3/s)

Trạm	Kịch bản	Thời kì	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Năm Mức	Nền	1986-2005	36,44	31,55	30,70	33,18	55,07	130,65	248,79	247,25	145,21	82,53	54,16	42,04
		2016 - 2035	3,10	2,03	1,77	3,07	13,69	64,59	163,64	235,28	178,66	111,99	53,73	14,55
	RCP 4.5	2046 - 2065	5,08	1,98	4,08	4,79	20,01	60,50	219,65	334,08	218,55	138,68	70,87	24,75
		2080 - 2099	4,72	1,83	3,18	4,86	26,74	74,89	244,97	310,82	237,36	157,41	70,56	24,14
	RCP 8.5	2016-2035	4,77	1,84	2,19	2,91	17,42	74,92	186,17	259,77	203,58	142,86	65,76	24,03
		2046-2065	4,91	1,97	4,72	8,84	35,43	108,66	245,38	301,23	237,60	158,46	75,13	27,66
		2080 - 2099	8,67	2,56	3,49	5,12	17,03	115,97	225,37	345,07	256,71	183,47	87,56	35,36

Bảng 3.7: Tỷ lệ thay đổi dòng chảy trung bình tháng thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%)

Trạm	Kịch bản	Thời kì	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Năm Mức	RCP 4.5	2016 - 2035	-92%	-94%	-94%	-91%	-75%	-51%	-34%	-5%	23%	36%	-1%	-65%
		2046 - 2065	-86%	-94%	-87%	-86%	-64%	-54%	-12%	35%	51%	68%	31%	-41%
		2080 - 2099	-87%	-94%	-90%	-85%	-51%	-43%	-2%	26%	63%	91%	30%	-43%
	RCP 8.5	2016-2035	-87%	-94%	-93%	-91%	-68%	-43%	-25%	5%	40%	73%	21%	-43%
		2046-2065	-87%	-94%	-85%	-73%	-36%	-17%	-1%	22%	64%	92%	39%	-34%
		2080 - 2099	-76%	-92%	-89%	-85%	-69%	-11%	-9%	40%	77%	122%	62%	-16%

2) Kết quả tính toán bùn cát

Các kết quả mô phỏng bùn cát các thời kỳ theo các kịch bản so sánh với hiện trạng bùn cát trong thời kỳ nền (Hình 3.9 và Hình 3.12) cho thấy:

Theo kịch bản RCP 4.5

Sự biến động tăng của bùn cát không thể hiện rõ xu thế trong các thời kỳ khác nhau của kịch bản RCP 4.5. Nhưng nhìn chung, lượng bùn cát cũng có xu thế tăng từ tháng VIII đến tháng XI theo xu thế tăng của dòng chảy. Trong đó, tháng X có xu hướng tăng nhiều nhất so với 5 tháng còn lại: giai đoạn đầu thế kỷ là 85%, giai đoạn giữa thế kỷ là 193%, giai đoạn cuối thế kỷ là 337%. Tháng này cũng là tháng có lượng dòng chảy tăng mạnh nhất trong năm. Tuy nhiên, so với sự biến động của dòng chảy, bùn cát có sự biến động rất mạnh giữa các giai đoạn khác nhau. Trong khi sự biến động tăng của dòng chảy giữa các thời kỳ trong khoảng từ 20-30%, thì bùn cát dao động mạnh trong khoảng từ 100-150% giữa các thời kỳ đầu, giữa và cuối thế kỷ.

Sự biến động giảm của bùn cát được thể hiện trong các tháng I-VII và tháng XII. Trong đó, tổng lượng bùn cát tại tháng II, III có xu hướng giảm nhiều nhất so với các tháng còn lại, điều này cũng phù hợp với xu thế giảm của dòng chảy trong các tháng này. Dòng chảy giảm ít nhất vào VII, 57% (2016-2035), 16% (2046-2065), thậm chí có xu hướng tăng nhẹ 4% (2080-2099). Dựa theo đặc điểm thủy văn trên lưu vực thì đây là tháng thường có xuất hiện lũ kép, lũ lớn (ví dụ trận lũ lịch sử xuất hiện vào ngày 17/VII/1994).

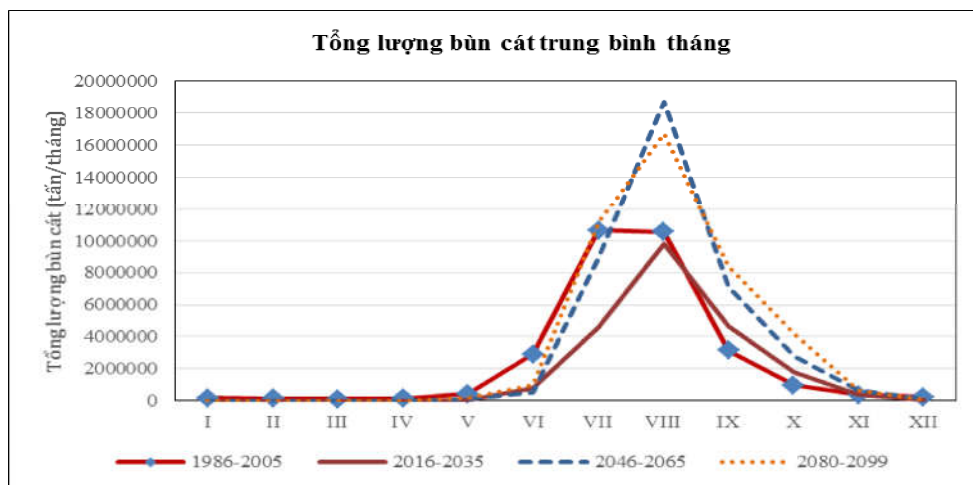
Theo kịch bản RCP 8.5

Cũng tương tự như kịch bản RCP 4.5 tổng lượng bùn cát trung bình tháng tại các tháng VIII-XI có xu hướng tăng so với thời kỳ nền. Trong đó, tháng X là tháng có lượng bùn cát tăng lớn nhất: 238% (2016-2035), 291% (2046-2065), 455% (2080-2099). Sự biến động tăng của bùn cát cũng dao động mạnh giữa các thời kỳ từ 50-170%.

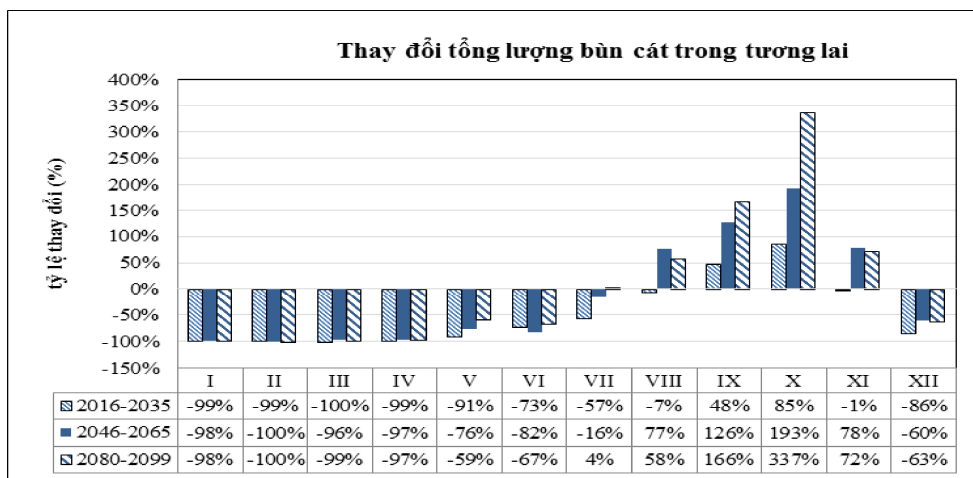
Tổng lượng bùn cát trung bình tháng tại các tháng I-VII và tháng XII có xu hướng giảm so với thời kỳ nền. Trong đó, tháng có lượng dòng chảy giảm nhiều nhất là tháng II: 100% (2016-2035), 100% (2046-2065), 99% (2080-2099). Tháng

VII có lượng bùn cát giảm ít nhất: 50% (2016-2035), 5% (2046-2065), 22% (2080-2099).

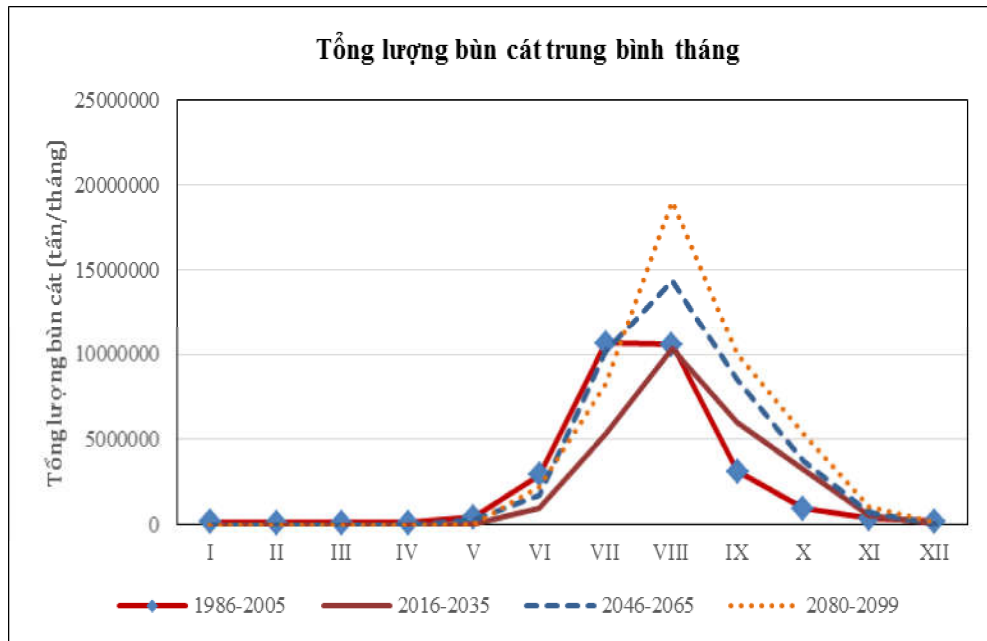
Với kết quả tính toán tổng lượng bùn cát trung bình các tháng theo các kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 ta thấy xu hướng biến đổi của bùn cát tại các thời kì đầu thế kỉ (2016-2035), giữa thế kỷ (2036-2065) và cuối thế kỷ (2080-2095) khá tương đồng với nhau và tương đồng với cả sự biến đổi của dòng chảy. Bùn cát có xu hướng tăng vào các tháng từ tháng VIII đến tháng XI và giảm vào các tháng I-IV và tháng XII: tăng nhiều nhất vào tháng X, tăng ít nhất vào tháng VIII, thậm chí giảm 7% và 2% vào giai đoạn đầu thế kỷ tương ứng với kịch bản RCP 4.5 và 8.5; giảm nhiều nhất vào tháng II và ít nhất vào tháng VII. Thời kì cuối thế kỉ, sự biến động tăng của bùn cát lớn hơn so với 2 thời kỳ đầu và giữa thế kỷ vào các tháng mùa lũ, còn sự biến động giảm của bùn cát lại không thể hiện rõ nét trong cả 2 kịch bản.



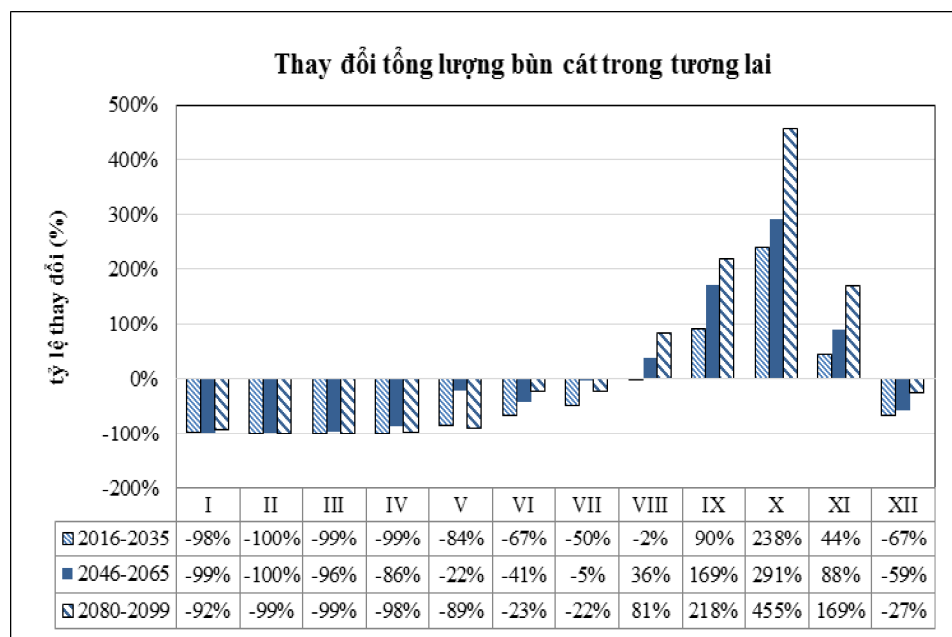
Hình 3.8: Kết quả tính toán tổng lượng bùn cát tháng - Kịch bản RCP4.5



Hình 3.9: Kết quả tính toán thay đổi tổng lượng bùn cát - Kịch bản RCP4.5



Hình 3.10: Kết quả tính toán tổng lượng bùn cát tháng - Kịch bản RCP8.5



Hình 3.11: Kết quả tính toán thay đổi tổng lượng bùn cát - Kịch bản RCP8.5

Bảng 3.8: Thay đổi tổng lượng bùn cát trung bình tháng thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (m³/s)

Trạm	Kịch bản	Thời kì	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Năm Mực	Nền	1986-2005	175.449	127.171	118.721	141.022	452.368	2.916.006	10.661.029	10.567.757	3.154.920	963.345	386.894	229.198
	RCP 4.5	2016 - 2035	1.150	688	375	1.167	39.124	791.518	4.599.355	9.837.096	4.655.415	1.785.765	382.325	32.968
		2046 - 2065	3.910	496	4.565	4.146	110.326	535.706	8.973.376	18.720.490	7.136.730	2.821.239	689.318	92.538
		2080 - 2099	3.330	401	1.662	3.594	183.780	960.669	11.135.027	16.724.008	8.389.924	4.208.135	666.421	83.925
	RCP 8.5	2016-2035	3.540	389	642	888	72.029	952.630	5.350.956	10.347.442	6.009.366	3.254.383	557.413	76.461
		2046-2065	2.481	423	4.569	19.140	353.957	1.717.917	10.178.598	14.388.295	8.489.772	3.765.171	726.425	94.728
		2080 - 2099	14.500	927	1.383	2.593	50.840	2.256.087	8.266.216	19.077.367	10.021.882	5.350.111	1.040.679	167.443

Bảng 3.9: Tỷ lệ thay đổi tổng lượng bùn cát trung bình tháng thời đoạn ứng với các kịch bản so với thời kì nền (%)

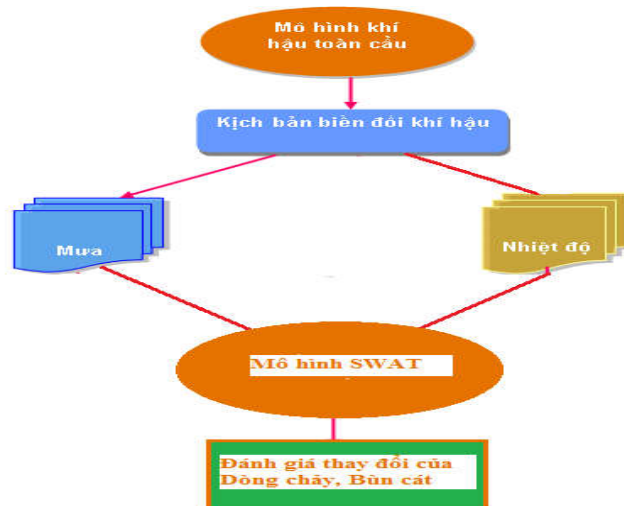
Trạm	Kịch bản	Thời kì	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Năm Mực	RCP 4.5	2016 - 2035	-99%	-99%	-100%	-99%	-91%	-73%	-57%	-7%	48%	85%	-1%	-86%
		2046 - 2065	-98%	-100%	-96%	-97%	-76%	-82%	-16%	77%	126%	193%	78%	-60%
		2080 - 2099	-98%	-100%	-99%	-97%	-59%	-67%	4%	58%	166%	337%	72%	-63%
	RCP 8.5	2016-2035	-98%	-100%	-99%	-99%	-84%	-67%	-50%	-2%	90%	238%	44%	-67%
		2046-2065	-99%	-100%	-96%	-86%	-22%	-41%	-5%	36%	169%	291%	88%	-59%
		2080 - 2099	-92%	-99%	-99%	-98%	-89%	-23%	-22%	81%	218%	455%	169%	-27%

3.3. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát

3.3.1. Khung đánh giá tác động của biến đổi khí hậu

Sông ngòi là sản phẩm của khí hậu. Mọi sự thay đổi của khí hậu đều tác động mạnh mẽ lên nguồn nước sông.

Dựa trên Thông báo quốc gia lần thứ 2 của Việt Nam cho Khung công ước của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu, và hai tài liệu “Hướng dẫn đánh giá tác động của Biến đổi khí hậu” và “Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước Việt Nam” của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu thì việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước nói chung và dòng chảy, bùn cát đến hồ thủy điện Nậm Mức trên sông Nậm Mức nói riêng được mô tả trong Hình 3.12.



Hình 3.12: Sơ đồ khối đánh giá tác động BĐKH lên dòng chảy, bùn cát

Các nội dung đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên dòng chảy và bùn cát của khu vực nghiên cứu được chia thành các khối lớn trong mối liên kết chặt chẽ giữa các thành phần. Trong đó, các đặc trưng dòng chảy chính được đánh giá bao gồm: dòng chảy trung bình năm, dòng chảy trung bình mùa kiệt, dòng chảy trung bình mùa lũ. Tương tự như vậy, bùn cát cũng được đánh giá thông qua: tổng lượng bùn cát năm, tổng lượng bùn cát mùa lũ, tổng lượng bùn cát mùa kiệt. Từ kết quả tính toán dòng chảy và bùn cát tương ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu trong các thời kỳ tương lai (2016-2035, 2046-2065, 2080-2099) tại trạm thủy văn Nậm Mức trên sông Nậm Mức có thể rút ra các kết luận dưới đây về tác động của biến

đổi khí hậu theo hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 lên dòng chảy và bùn cát của khu vực nghiên cứu.

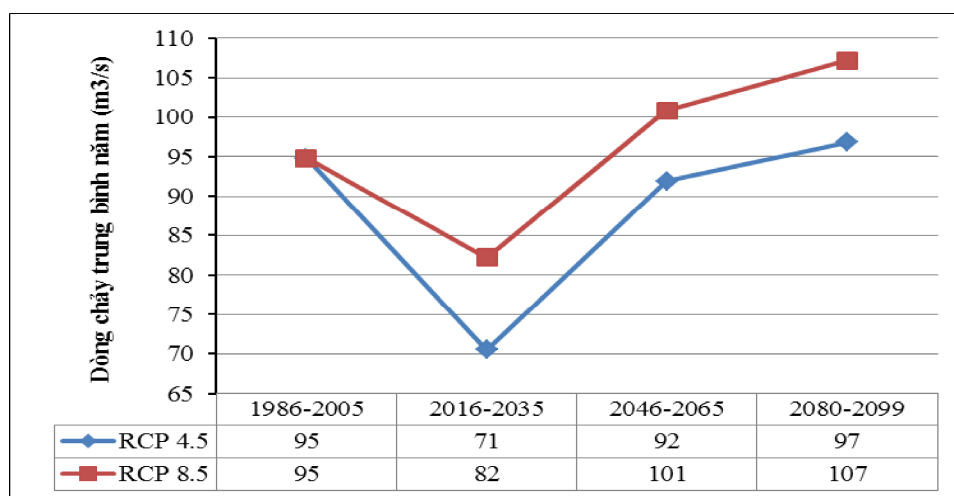
3.3.2. Tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy

1) Tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trung bình năm

Dòng chảy trung bình năm đều có xu thế tăng ở giai đoạn giữa và cuối thế kỷ và không có sự chênh lệch nhiều giữa hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Điều này có thể giải thích do lượng mưa năm tăng nhưng do nhiệt độ cũng tăng nên lượng nước tổn thất do bốc thoát hơi nước trên lưu vực cũng tăng lên, dẫn đến lượng dòng chảy tăng nhưng không đáng kể. Dòng chảy trung bình năm có xu thế giảm ở giai đoạn đầu thế kỷ. Nhìn chung, tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy năm đều có xu thế giống nhau giữa hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, mức độ biến đổi của dòng chảy trung bình năm không đáng kể so với thời kỳ nền, dao động trong khoảng từ 2-26%.

Bảng 3.10: Dòng chảy và Tỷ lệ thay đổi dòng chảy trung bình năm ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

Thời đoạn	Dòng chảy trung bình năm (m ³ /s)		Tỷ lệ thay đổi (%)	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1986-2005	95	95		
2016-2035	71	82	-26%	-13%
2046-2065	92	101	-3%	6%
2080-2099	97	107	2%	13%



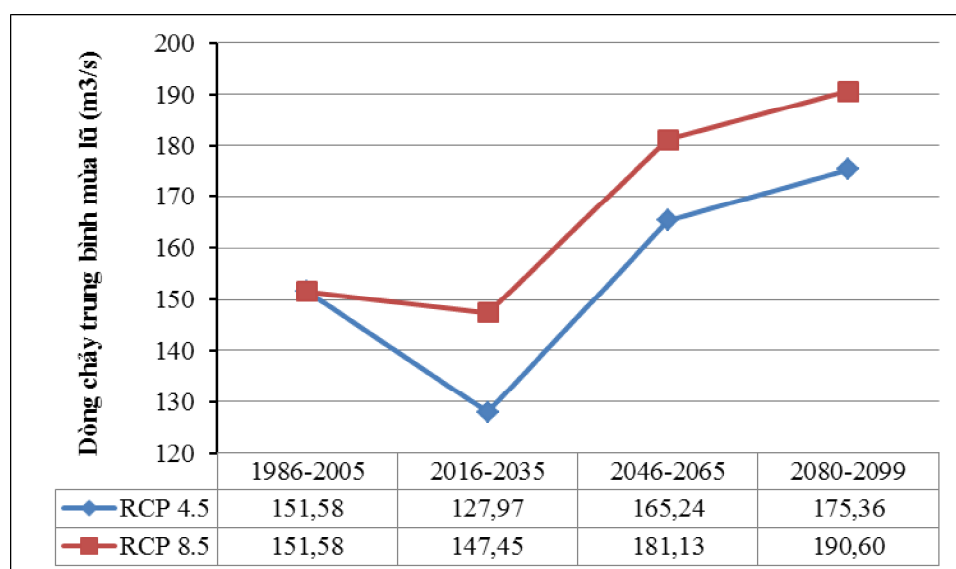
Hình 3.13: Dòng chảy trung bình năm ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

2) Tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trung bình mùa lũ

Tương tự như dòng chảy trung bình năm, dòng chảy trung bình mùa lũ của khu vực nghiên cứu có xu thế tăng trong giai đoạn giữa và cuối thế kỷ và không có sự chênh lệch nhiều giữa hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Với kịch bản RCP4.5, dòng chảy trung bình mùa lũ tăng khoảng 9-16%. Với kịch bản RCP8.5, dòng chảy trung bình mùa lũ tăng khoảng 3-26%. Trong khi đó giai đoạn đầu thế kỷ dòng chảy có xu thế giảm.

Bảng 3.11: Dòng chảy và Tỷ lệ thay đổi dòng chảy trung bình mùa lũ ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

Thời đoạn	Dòng chảy trung bình mùa lũ (m ³ /s)		Tỷ lệ thay đổi (%)	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1986-2005	151,58	151,58		
2016-2035	127,97	147,45	-16%	-3%
2046-2065	165,24	181,13	9%	19%
2080-2099	175,36	190,60	16%	26%



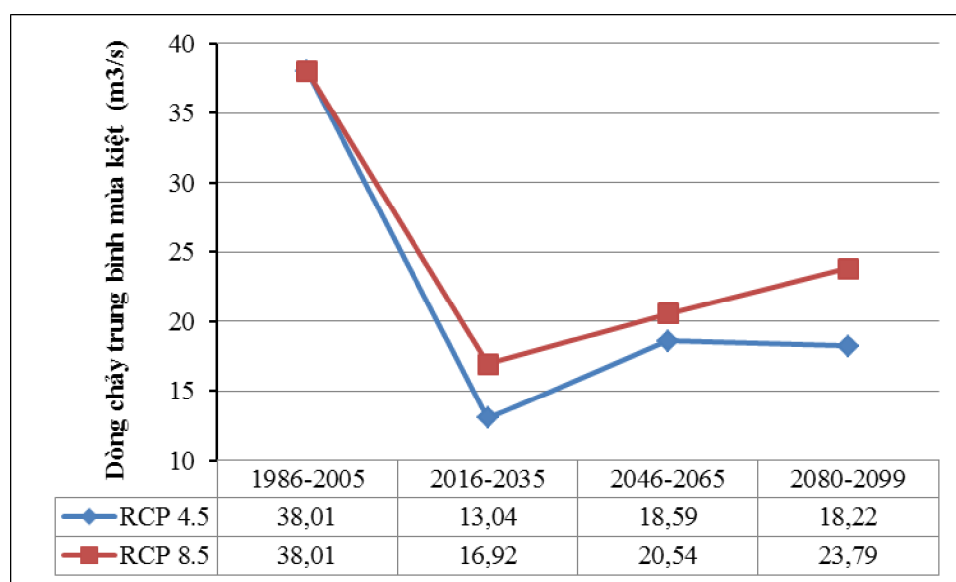
Hình 3.14: Dòng chảy trung bình mùa lũ ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

3) Tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trung bình mùa kiệt

Dưới tác động của biến đổi khí hậu, dòng chảy trung bình mùa kiệt của khu vực nghiên cứu có xu thế giảm so với kịch bản nền. Tuy nhiên, xu thế giảm của dòng chảy không có sự chênh lệch nhiều giữa hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Với kịch bản RCP4.5, dòng chảy trung bình mùa kiệt giảm trong khoảng 51-66%. Với kịch bản RCP8.5, dòng chảy trung bình mùa kiệt giảm trong khoảng 37-55%.

Bảng 3.12: Dòng chảy và Tỷ lệ thay đổi dòng chảy trung bình mùa kiệt ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

Thời đoạn	Dòng chảy trung bình mùa kiệt (m ³ /s)		Tỷ lệ thay đổi (%)	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1986-2005	38,01	38,01		
2016-2035	13,04	16,92	-66%	-55%
2046-2065	18,59	20,54	-51%	-46%
2080-2099	18,22	23,79	-52%	-37%



Hình 3.15: Dòng chảy trung bình mùa kiệt ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

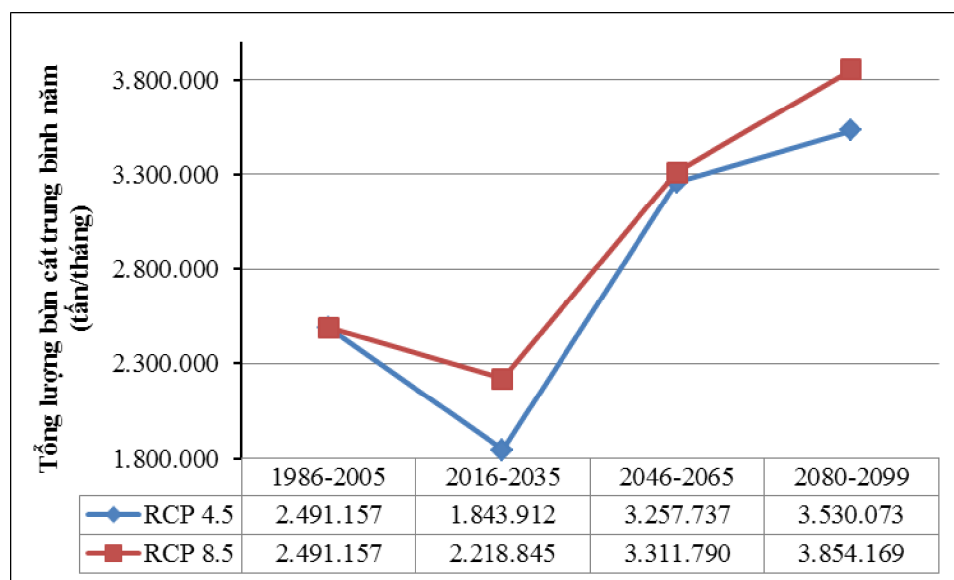
3.3.3 Tác động của biến đổi khí hậu đến bùn cát

1) Tác động của biến đổi khí hậu đến tổng lượng bùn cát trung bình năm

Tác động của biến đổi khí hậu đến tổng lượng bùn cát trung bình năm đều có xu thế giống nhau giữa hai kịch bản. Tổng lượng bùn cát trung bình năm đều có xu thế tăng ở giai đoạn giữa và cuối thế kỷ, tương đồng với sự biến động của dòng chảy năm, và không có sự chênh lệch nhiều giữa hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Trong đó, tổng lượng bùn cát trung bình năm tăng nhiều nhất vào giai đoạn cuối thế kỷ 55% của kịch bản RCP 8.5 và 42% của kịch bản RCP 4.5.

Bảng 3.13: Tổng lượng và Tỷ lệ thay đổi tổng lượng bùn cát trung bình năm ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

Thời đoạn	Tổng lượng bùn cát trung bình năm (tấn/tháng)		Tỷ lệ thay đổi (%)	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1986-2005	2.491.157	2.491.157		
2016-2035	1.843.912	2.218.845	-26%	-11%
2046-2065	3.257.737	3.311.790	31%	33%
2080-2099	3.530.073	3.854.169	42%	55%



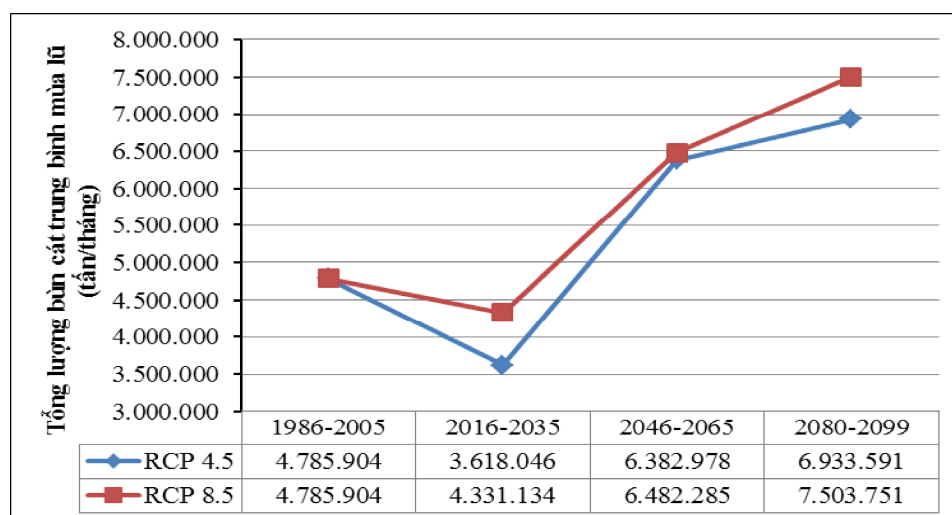
Hình 3.16: Tổng lượng bùn cát trung bình năm ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

2) Tác động của BĐKH đến tổng lượng bùn cát trung bình mùa lũ

Dưới tác động của biến đổi khí hậu, tổng lượng bùn cát trung bình mùa lũ của khu vực nghiên cứu có xu thế tăng trong giai đoạn giữa và cuối thế kỷ, giảm trong giai đoạn đầu thế kỷ và cũng không có sự chênh lệch nhiều giữa hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5. Với kịch bản RCP 4.5, tổng lượng bùn cát trung bình mùa lũ dao động trong khoảng -24-45%, tăng lớn nhất là 45%. Với kịch bản RCP 8.5, tổng lượng bùn cát trung bình mùa lũ dao động trong khoảng -10-57%. Như vậy có thể thấy rõ sự tương đồng trong xu thế biến đổi của bùn cát và dòng chảy trên sông trong mùa lũ trên khu vực nghiên cứu.

Bảng 3.14: Tổng lượng và Tỷ lệ thay đổi tổng lượng bùn cát trung bình mùa lũ ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

Thời đoạn	Tổng lượng bùn cát trung bình mùa lũ (tấn/tháng)		Tỷ lệ thay đổi (%)	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1986-2005	4.785.904	4.785.904		
2016-2035	3.618.046	4.331.134	-24%	-10%
2046-2065	6.382.978	6.482.285	33%	35%
2080-2099	6.933.591	7.503.751	45%	57%



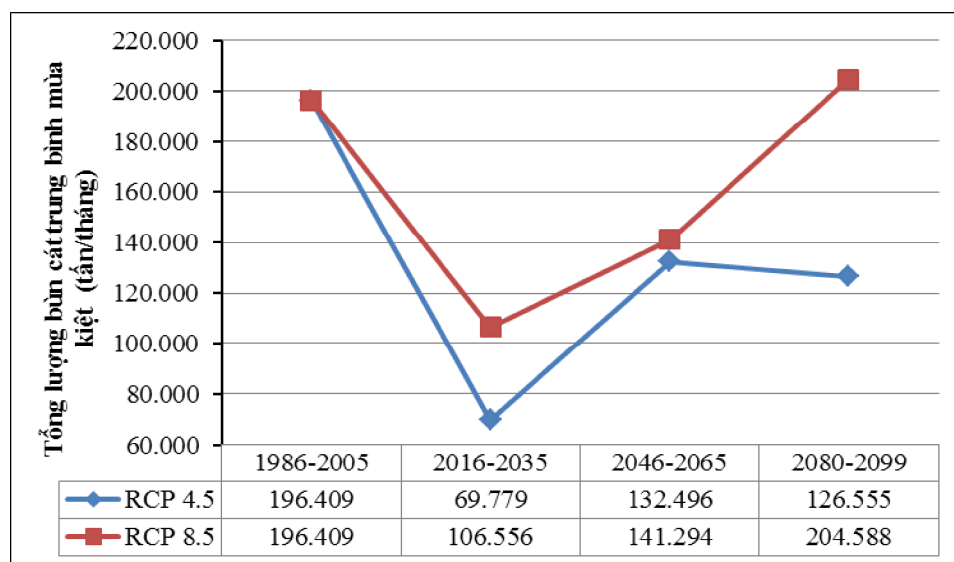
Hình 3.17: Tổng lượng bùn cát trung bình mùa lũ ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

3) Tác động của BĐKH đến tổng lượng bùn cát trung bình mùa kiệt

Tương tự như dòng chảy, dưới tác động của biến đổi khí hậu, tổng lượng bùn cát trung bình mùa kiệt của khu vực nghiên cứu có xu thế giảm trong mùa kiệt. Đối với mùa kiệt thì đã có sự khác biệt rõ nét giữa hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5. Với kịch bản RCP 4.5, giảm trong cả 3 giai đoạn từ 33-64%, trong đó tổng lượng bùn cát trung bình mùa kiệt giảm mạnh nhất vào giai đoạn đầu thế kỷ. Với kịch bản RCP 8.5, tổng lượng bùn cát trung bình mùa kiệt giảm mạnh nhất vào giai đoạn đầu thế kỷ 46%, giữa thế kỷ 28%, nhưng lại có xu thế tăng nhẹ vào cuối thế kỷ 4%.

Bảng 3.15: Tổng lượng và Tỷ lệ thay đổi tổng lượng bùn cát trung bình mùa kiệt ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

Thời đoạn	Tổng lượng bùn cát trung bình mùa kiệt (tấn/tháng)		Tỷ lệ thay đổi (%)	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1986-2005	196.409	196.409		
2016-2035	69.779	106.556	-64%	-46%
2046-2065	132.496	141.294	-33%	-28%
2080-2099	126.555	204.588	-36%	4%



Hình 3.18: Tổng lượng bùn cát trung bình mùa kiệt ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Luận văn đã sử dụng thành công mô hình SWAT để mô phỏng diễn biến của lưu lượng dòng chảy và bùn cát vào hồ thủy điện Nậm Mức trên lưu vực sông Nậm Mức và tính được sự thay đổi của dòng chảy và bùn cát theo các kịch bản biến đổi khí hậu. Điều này rất có ý nghĩa trong việc tính toán mô phỏng dòng chảy và bùn cát trong trường hợp lưu vực không có số liệu đo đạc đầy đủ về dòng chảy, bùn cát. Tại các lưu vực này có thể sử dụng mô hình SWAT để bổ sung các số liệu cần thiết. Tuy nhiên, để nhận được kết quả với độ chính xác cao cần khảo sát, đo đạc bùn cát, địa hình, thành phần hạt tại các biên của mô hình và một số ví trí dọc bờ để kiểm định mô hình.

Đối với dòng chảy:

Sau khi phân tích độ nhạy của các thông số mô hình bằng phần mềm SWAT – CUP ta đã tìm ra 5 thông số có ảnh hưởng chính tới lưu lượng dòng chảy đó là CN2, ALPHA_BE, GW_DEL Y, CH_N1, OV_N. Trong đó thông số CN2 là nhạy nhất ảnh hưởng mạnh tới dòng chảy.

Xu thế biến đổi dòng chảy theo các kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 khá tương đồng nhau, dòng chảy đều có xu hướng tăng vào các tháng VIII đến tháng XI và giảm vào các tháng I đến tháng VII và tháng XII. Điều này có thể thấy rằng ngoài sự biến động tăng hoặc giảm của dòng chảy thì sự phân bố của dòng chảy theo mùa trong năm cũng có sự chuyển dịch so với thời kỳ nền.

Đối với bùn cát:

Tìm ra 9 thông số có ảnh hưởng chính tới lưu lượng dòng chảy đó là : CN2, SOL_K, SOL_ROCK, USLE_P, SPCON, SPEXP, SLSUBBSN, HRU_SLP, SOL_AWC.

Có sự tương đồng rất lớn trong xu thế biến đổi của dòng chảy và bùn cát tại khu vực nghiên cứu. Dòng chảy và bùn cát trung bình năm đều có xu thế tăng. Tuy nhiên xu thế này không đồng đều giữa các mùa trong năm. Mùa lũ dòng chảy và bùn cát có xu thế tăng còn mùa kiệt thì ngược lại. Sự biến đổi của dòng chảy và bùn

cát tại hai kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 và RCP 8.5 cũng không có sự khác biệt rõ rệt nhiều.

Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát tại khu vực nghiên cứu nhận thấy cũng có sự tương đồng rất lớn trong sự biến động của các đặc trưng dòng chảy và bùn cát: năm, mùa lũ, mùa kiệt ở cả hai kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 và RCP 8.5.

Kiến nghị

Trong luận văn mới chỉ xét tới sự thay đổi của yếu tố nhiệt độ và lượng mưa mà chưa đề cập đến các sự thay đổi các các yếu tố khí tượng thủy văn khác như sự thay đổi của thảm phủ thực vật, số giờ nắng, tốc độ gió.... Ngoài ra, do lưu vực Nậm Mực không có số liệu nhiệt độ nên luận văn phải sử dụng các số liệu nhiệt độ tại các trạm trên lưu vực gần kề. Đây cũng là một trong những hạn chế rất lớn của luận văn trong quá trình tính toán và đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát trên lưu vực.

Do đó, để mô hình có kết quả mô phỏng tốt hơn cần phải tăng độ chính xác của dữ liệu đầu vào, bản đồ hiện trạng sử dụng đất và thổ nhưỡng phải cập nhật thường xuyên những thay đổi; bổ sung thêm các trạm quan trắc mưa, nhiệt độ, có số liệu địa hình chi tiết, chuẩn hóa và cập nhật bản đồ thổ nhưỡng, bản đồ thảm phủ rừng, bản đồ sử dụng đất trên lưu vực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Duy Liêm, Bài giảng Mô hình SWAT.
- [2] Bộ giáo dục và đào tạo trường đại học Nông Lâm- thành phố HCM, Bài giảng đánh giá đất đai.
- [3] Bộ tài nguyên và Môi trường (2009), Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. Hà Nội.
- [4] Bộ tài nguyên và Môi trường (2012), Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. Hà Nội.
- [5] Bộ tài nguyên và môi trường (2016), Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng 2016.
- [6] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2010), Báo cáo tổng hợp “Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước của Việt Nam”.
- [7] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2010), Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng - Lưu vực sông Hồng - Thái Bình.
- [8] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2010), Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng - Lưu vực sông Đồng Nai”.
- [9] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2010), Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng - Lưu vực sông Cả.
- [10] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2010), Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng - Lưu vực sông Thu Bồn.
- [11] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2010), Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng - Lưu vực sông Ba.

- [12] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2010), Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng - Đồng bằng sông Cửu Long.
- [13] Viện Khí tượng Thủy văn (1985), Đặc trưng hình thái lưu vực sông Việt Nam. Hà Nội.
- [14] Trần Thanh Xuân.(2008), Đặc điểm thủy văn và tài nguyên nước Việt Nam.
- [15] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2012), Tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng.