

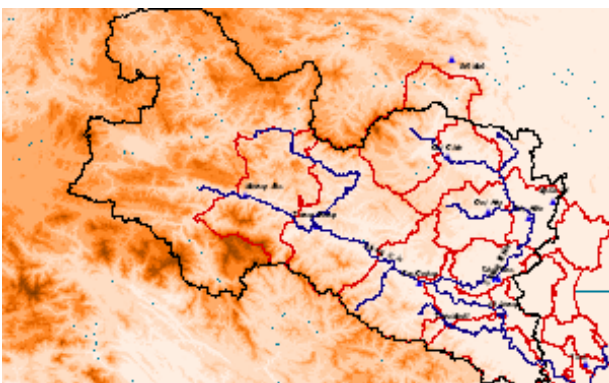
# ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN DÒNG CHẢY LƯU VỰC SÔNG CẢ

Cù Thị Phương<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Lưu vực sông Cả là một trong những lưu vực sông chính ở Miền Bắc Trung bộ. Với đặc điểm độ dốc lưu vực lớn, lưu vực thường gặp nhiều khó khăn về nguồn nước vào mùa khô. Đây cũng là một trong những thách thức của lưu vực trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Bài viết sẽ giới thiệu kết quả chi tiết hóa lượng mưa theo 2 kịch bản A2 và B2 trên lưu vực trong tương lai dựa trên mô hình biến đổi khí hậu toàn cầu HadCM3 và sử dụng mô hình hệ thống mưa dòng chảy để mô phỏng sự ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước trên hệ thống sông tính đến trạm Yên Thượng.

## 1. GIỚI THIỆU LƯU VỰC NGHIÊN CỨU

Sông Cả bắt nguồn từ tỉnh Phong Sa Vắn và Sầm Nưa của nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào, chảy theo hướng chính là Tây Bắc Đông Nam qua địa phận của các tỉnh Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh. Diện tích tự nhiên toàn bộ lưu vực sông Cả, tính từ thượng nguồn đến cửa sông là 27.200 km<sup>2</sup>. Diện tích ở Việt Nam chiếm 17.730 km<sup>2</sup>. Địa hình sông Cả tính đến Yên Thượng là một dạng địa hình tổng hợp nhiều dạng có thể dốc chung theo hướng Tây Bắc - Đông Nam.. Độ dốc bình quân lưu vực lớn, phân đồng bằng hẹp [4].



Hình 1. Phân bố các trạm khí tượng trên lưu vực sông Cả

Lưu vực sông Cả có lượng dòng chảy khá

dồi dào nhưng phân bố không đều, thiên lệch mạnh theo thời gian và không gian. Môđun dòng chảy năm tăng dần từ Tây sang Đông và Tây Bắc xuống Đông Nam. Mô duyn dòng chảy trung bình năm vùng thượng nguồn sông Cả đạt 20 l/s.km<sup>2</sup>, vùng trung lưu đạt 25 l/s.km<sup>2</sup> và hạ du đạt 25 ÷ 30 l/s.km<sup>2</sup>. Mùa lũ và mùa cạn trên sông Cả và trên các sông nhánh có sự khác nhau về thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc. Giữa mùa kiệt vào tháng 5, 6 có xuất hiện lũ tiểu mãn và chính vì có thời gian lũ chen giữa mùa kiệt này mà dòng chảy trên sông Cả có 2 thời kỳ kiệt khác biệt nhau: Kiệt vào tháng 3 ÷ 4 và kiệt vào tháng 7 ÷ 8. Dòng chảy kiệt phân bố trên toàn lưu vực rất không đều nhau vùng từ thượng nguồn sông Cả đến Yên Thượng [4].

Nghiên cứu sẽ tập trung mô phỏng sự biến đổi dòng chảy trên lưu vực trong tương lai, tương ứng với kịch bản A2 và B2, bao gồm 2 bước: (1) Downscaling sự biến đổi mưa theo các kịch bản biến đổi khí hậu; (2) mô phỏng sự biến đổi dòng chảy trên lưu vực ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu.

## 2. MÔ PHỎNG SỰ BIẾN ĐỔI LƯỢNG MƯA TRÊN LƯU VỰC

Trong nghiên cứu sử dụng số liệu 12 trạm khí tượng phân bố tương đối đồng đều trên lưu vực và có số liệu đo mưa tương đối đầy đủ từ năm 1958 đến nay: Thác Muối, Con Công,

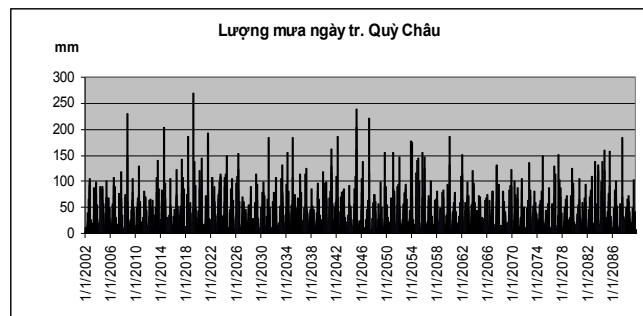
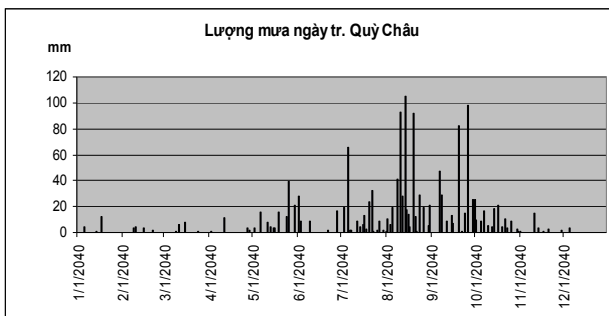
<sup>1</sup> Khoa Thủy văn và Tài nguyên nước - Trường Đại học Thủy lợi

Tương Dương, Khe Lá, Mường Xén, Vinh, Quỳnh Châu, Quỳnh Hợp, Tây Hiếu, Đô Lương, Nghĩa Lợi và Bất Mọt. Vị trí các trạm đo mưa được hiển thị như trong hình 1. Nghiên cứu sẽ ứng dụng phương pháp: Phân tích tương quan đa biến (Transfer function) kết hợp để chi tiết hóa lượng mưa ngày tại 12 trạm trên lưu vực đến năm 2099 từ mô hình khí tượng toàn cầu HadCM3.

**Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình:** Bộ thông số của mô hình bao gồm các thông số thống kê chuỗi ngày mưa (không mưa) liên tục, các thông số của hàm chuyển đổi tuyến tính đa biến. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được thực hiện trên chuỗi số liệu mưa thực đo dựa trên 3 tiêu chí: Hiệu chỉnh giá trị lượng mưa ngày tần suất  $X_p\%$ . Hiệu chỉnh kỳ vọng và phương sai đối với từng tháng trong năm. Giai đoạn từ 1961 đến 1990

được sử dụng để hiệu chỉnh xác định bộ thông số, giai đoạn từ 1991 đến 2001 được sử dụng để kiểm mô hình. Bộ thông số sau khi đã được kiểm định sẽ một lần nữa kiểm định đối với số liệu mưa downscaled từ mô hình HadCM3 cho các kịch bản gốc A2 và B2 trong giai đoạn từ 1961 đến 2001.

**Kết quả mô phỏng:** Khi đã xác định được bộ thông số của mô hình. Tiến hành mô phỏng lượng mưa ngày của tại 12 điểm quan trắc trên lưu vực đến năm 2099 và tính toán sự thay đổi của mưa trong bối cảnh biến đổi khí hậu qua 3 giai đoạn: 2011-2040; 2041-2070; 2071-2099 cho 2 kịch bản gốc A2 và B2. Kết quả mô phỏng của mô hình là chuỗi số liệu mưa ngày từ 2011 đến 2099 chi tiết hóa cho 12 trạm trên lưu vực sông Cả và được hiển thị trong hình 2 và trong tài liệu tham khảo [3].



Hình 2: Lượng mưa ngày mô phỏng từ 2011 đến 2099 tại trạm Quỳnh Châu

### 3. MÔ PHỎNG SỰ BIẾN ĐỔI DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC

Theo số liệu mưa đã được chi tiết hóa cho 12 điểm trên lưu vực tương ứng với các kịch bản A2 và B2 tiến hành mô phỏng dòng chảy cho tương lai ứng với các kịch bản: (1) Không tính đến biến đổi khí hậu; (2) Biến đổi khí hậu kịch bản A2; Biến đổi khí hậu kịch bản B2.

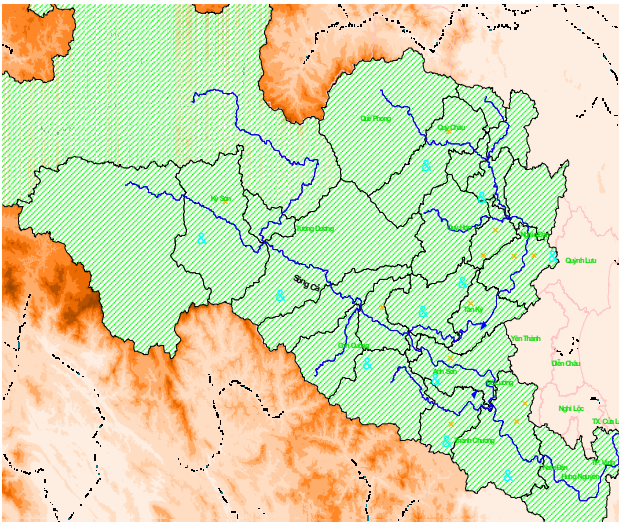
**Cơ sở lý luận:** Sự biến đổi dòng chảy trên lưu vực được mô phỏng dựa trên mô hình hệ thống MIKE BASIN. MIKE BASIN là mô hình tính toán cân bằng nước hệ thống trên cơ sở xác định lượng nước đến (mưa - dòng chảy) và lượng nước yêu cầu của các ngành

do Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng. Mô hình thuộc kiểu mô hình mạng lưới, trong đó sông và các nhánh hợp lưu chính được biểu diễn bằng một lưới bao gồm các nhánh và các nút. MIKE BASIN được tính toán trên môi trường ArcView GIS. Cơ sở toán học mô hình MIKE BASIN là phương trình cân bằng nước và được giải ổn định cho mỗi bước thời gian trên toàn hệ thống mạng lưới [4].

Dữ liệu đầu vào cơ bản của mô hình MIKE BASIN có thể chia làm 4 nhóm: Dữ liệu về mạng lưới sông suối, địa hình (DEM); dữ liệu khí tượng thủy văn (mưa và dòng chảy) trên lưu vực; dữ liệu dùng nước trên lưu vực và hệ

thống điều hành phân bổ nguồn nước; và dữ liệu về các hồ chứa đồng thời nguyên tắc vận hành của hồ chứa.

**Mạng lưới thủy văn và phân chia tiểu lưu vực:** Mạng lưới trên lưu vực bao gồm 2 nhánh chính: dòng chính sông Cả và sông Hiếu. Diện tích của toàn lưu vực sẽ được chia làm các tiểu lưu vực. Đối với mỗi tiểu lưu vực ứng dụng công cụ mưa dòng chảy NAM tính toán dòng chảy từ mưa. Phân chia tiểu lưu vực được dựa trên các điểm khống chế sau: Diện tích tiểu lưu vực không lớn; Các nút nhập lưu của các nhánh sông; Các điểm dùng nước trên sông; Các trạm thủy văn, trạm quan trắc dòng chảy môi trường. Phân chia tiểu lưu vực được thể hiện như trong hình 3.



Hình 3: Phân chia tiểu lưu vực

**Các hệ dùng nước:** Sử dụng nước trên lưu vực được chia làm 6 khu dùng nước chính, bao gồm: Trung lưu sông Cả - Thanh Chương, Khe Khuôn – Văn Tràng, Thượng lưu sông Cả, Thượng lưu sông Hiếu, Trung lưu sông Hiếu và hạ lưu sông Hiếu. Mỗi khu dùng nước gồm các hệ dùng nước: nước tưới cho nông nghiệp, sinh hoạt, công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp và nuôi trồng thủy sản. Bảng 1 tổng hợp nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực cho năm 2002 và dự tính đến 2020.

Bảng 1: Tổng nhu cầu dùng nước

Các ngành dùng nước	Tổng lượng nước ( $10^6 m^3$ )	
	2002	2020
Tưới tiêu	709.4	4007.9
Chăn nuôi	61.1	103.2
Thủy sản	301	811.4
Công nghiệp	-	546.5
Các ngành tiểu công nghiệp	15.79	112.2

**Dữ liệu khí tượng thủy văn:** Dữ liệu khí tượng thủy văn là số liệu mưa ngày của 12 trạm đo, số liệu bốc hơi tháng và dòng chảy thực đo tại 4 trạm: Cửa Rào, Nghĩa Khánh, Dừa và Yên Thượng. Lượng mưa trung bình trên mỗi tiểu lưu vực được tính theo phương pháp đa giác Thiesson. Do số liệu bốc hơi trên lưu vực tại các trạm đo không được đầy đủ, mặt khác lượng bốc hơi tương đối ổn định, nên trong trường hợp này chỉ sử dụng tài liệu bốc hơi tháng tại một số trạm đo: Quỳnh Châu, Quỳnh Hợp, Vinh, Đô Lương, Tương Dương.

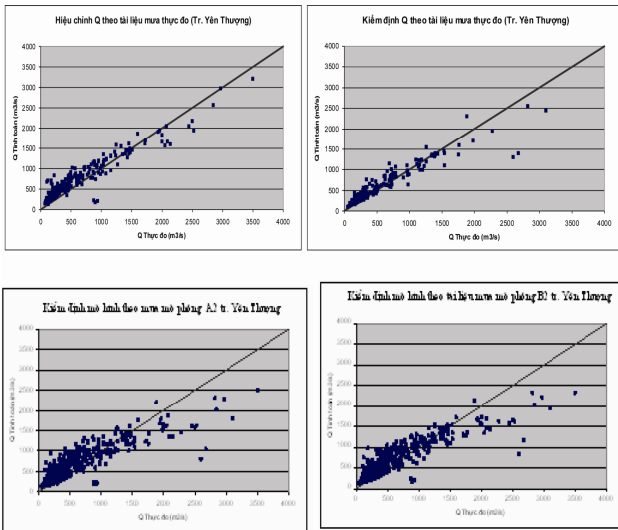
**Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình:** Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được tiến hành trên chuỗi số liệu dòng chảy thực đo tại 4 trạm: Cửa Rào, Nghĩa Khánh, Dừa và Yên Thượng. Thời đoạn từ 1969 đến 1994 được sử dụng để hiệu chỉnh, xác định bộ thông số của mô hình NAM cho mỗi nhóm tiểu lưu vực. Bộ thông số trên sẽ được kiểm định trên số liệu thực đo mưa và dòng chảy từ năm 1995 đến 2010, và một lần nữa sẽ được kiểm định trên số liệu chuỗi mưa mô phỏng theo kịch bản A2 và B2 từ năm 1961 đến 2010. Mô hình được tính toán với bước thời gian là 1 ngày. Bước thời gian hiệu chỉnh và kiểm định là 1 tháng.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được hiển thị như trong bảng 2 và hình 4. Qua đó có thể thấy hệ số Nash thay đổi từ 0.72 đến 0.94. Như vậy bộ thông số này có thể chấp nhận được để mô phỏng dòng chảy cho tương lai.

**Bảng 2: Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình đối với dòng chảy tại các trạm**

Trạm đo	Số liệu mưa thực đo		Số liệu mưa mô phỏng A2		Số liệu mưa mô phỏng theo B2	
	1969-1994	1995-2010	1969-1994	1995-2010	1969-1994	1995-2010
Cửa Rào*	0.86	0.89	0.87	0.90	0.88	0.91
Nghĩa Khánh	0.90	0.88	0.78	0.78	0.77	0.77
Dừa	0.87	0.75	0.94	0.94	0.83	0.72
Yên Thượng	0.87	0.87	0.78	0.75	0.78	0.77

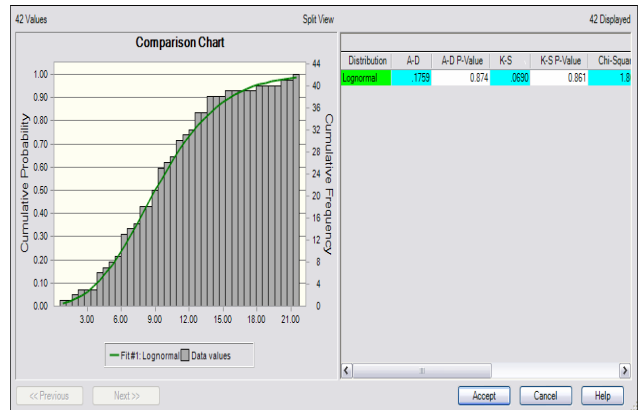
Đối với trạm Cửa Rào; Hiệu chỉnh 1969 – 1972; Kiểm định: 1973-1976



Hình 4: Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tại trạm Yên Thượng

**Kết quả mô phỏng sự biến đổi dòng chảy trên lưu vực:** Với tài liệu mưa ngày được mô phỏng theo kịch bản A2 và B2 đến năm 2099, nhu cầu nước được tính đến năm 2020. Tiến hành mô phỏng dòng chảy trên lưu vực thuộc địa phận Việt Nam.

Phần diện tích bên Lào do không có số liệu đo mưa nên khó có thể mô phỏng được lượng mưa trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Trong nghiên cứu dòng chảy đến các trạm thượng nguồn của sông Cả từ diện tích bên Lào sẽ được tính theo phương pháp tỷ lệ diện tích và được coi như không thay đổi trong tương lai. Để mô phỏng dòng chảy từ phần diện tích bên Lào sử dụng phương pháp tạo chuỗi ngẫu nhiên Markov.



Hình 5: Kết quả “Fit” hàm mật độ tần suất lý luận và tính toán

Từ chuỗi dòng chảy quan trắc tại các trạm đo xác định hàm phân bố xác suất và các đặc trưng thống kê của chuỗi. Các đặc trưng thống kê được xác định cho từng tháng (12 tháng trong năm) bằng cách “fit” theo hàm phân bố xác suất thực đo (hình 5). Đối với các trạm đã lựa chọn (Mường Xén và Quỳnh Châu) chuỗi dòng chảy ngày của từng tháng trong năm tuân theo hàm phân bố chuẩn (normal) hoặc loga-chuẩn (lognormal). Kiểm định thống kê được sử dụng ở đây là giá trị p của  $\chi^2$  và Kolmogorov-Smirnov (K-S). Giá trị p thay đổi từ 0.5 đến 0.86 như vậy đối với mức đảm bảo  $p=0.05$  thì các giá trị trên là có thể chấp nhận được.

Hàm phân bố xác suất và các thông số này được coi như không thay đổi trong tương lai. Dựa trên các thông số thống kê tìm được, sử dụng phương pháp tạo chuỗi Markov mô phỏng

chuỗi dòng chảy ngày đến năm 2099. Dòng chảy mô phỏng đến các điểm khống chế Khe Bó, Con Cuông, Thanh Tiên, Dừa, Thác Muối, Bản Mông, Nghĩa Khánh, Yên Thượng được

tính toán theo tần suất tương ứng với các kịch bản mưa hiện tại, mưa A2 và B2. Kết quả được hiển thị như trong bảng 3, 4, 5 và trong tài liệu tham khảo [3].

**Bảng 3: Sự thay đổi dòng chảy ứng với các tần suất tại trạm Thác Muối**

Hiện tại		Theo kịch bản A2						Theo kịch bản B2					
1970-2010		2011-2040		2041-2070		2071-2099		2011-2040		2041-2070		2071-2099	
Dòng chảy đến nút		Biến đổi dòng chảy		Biến đổi dòng chảy		Biến đổi dòng chảy		Biến đổi dòng chảy		Biến đổi dòng chảy		Biến đổi dòng chảy	
P	Q	$\Delta Q$	$\Delta\%$	$\Delta Q$	$\Delta\%$	$\Delta Q$	$\Delta\%$	$\Delta Q$	$\Delta\%$	$\Delta Q$	$\Delta\%$	$\Delta Q\Theta$	$\Delta\%$
	m3/s	m3/s		m3/s		m3/s		m3/s		m3/s		m3/s	
<b>Trạm Thác Muối</b>													
50%	15.6	0.3	1.95	2.57	16.52	2.27	14.6	1.31	8.42	-0.28	-1.82	0.99	6.38
75%	7.66	-0.21	-2.72	1.1	14.32	0.8	10.42	0.47	6.17	-0.68	-8.93	-0.09	-1.13
90%	3.45	0.47	13.52	1.67	48.4	1.22	35.41	0.87	25.25	0.35	10.16	0.47	13.73
95%	1.87	0.56	30.13	1.72	92.24	1.28	68.51	0.83	44.5	0.28	14.87	0.59	31.73
<b>Trạm Nghĩa Khánh</b>													
50%	100.6	-16.3	-16.2	0.83	0.83	-18.5	-18.4	-19.4	-19.3	-16.8	-16.7	-16.4	-16.3
75%	63.03	-3.88	-6.15	0.92	1.46	-16.5	-26.2	-6.67	-10.6	-3.51	-5.57	-3.62	-5.74
90%	44.44	1.22	2.75	1.01	2.27	-9.26	-20.8	-0.12	-0.26	1.43	3.23	0.86	1.93
95%	36.26	5.19	14.31	1.14	3.13	-4.52	-12.5	4.43	12.22	6.14	16.93	5.31	14.66
<b>Trạm Yên Thượng</b>													
50%	420.1	-62	-14.8	-49	-11.7	-114	-27.3	-66.8	-15.9	-61.7	-14.7	-61.7	-14.7
75%	255.6	-21.4	-8.36	-16	-6.27	-82.9	-32.4	-18.5	-7.22	-19.2	-7.52	-21.2	-8.32
90%	191.9	-5.12	-2.67	0.1	0.05	-62.9	-32.8	-2.77	-1.44	-3.98	-2.07	-5.81	-3.03
95%	166.1	3.47	2.09	10.33	6.22	-50.6	-30.4	7.28	4.38	7.77	4.68	5.49	3.31

Theo kết quả tính toán như trên, có thể nhận thấy rằng nếu tính đến biến đổi khí hậu, tại cửa ra của phạm vi lưu vực nghiên cứu, trạm Yên thượng, dòng chảy tần suất 50% giảm từ 12 đến dưới 30% ứng với kịch bản A2. Trong kịch bản B2 có tính đến các biện pháp bảo vệ môi trường, lượng mưa giảm nhẹ hơn, do đó dòng chảy cũng được cải thiện hơn so với kịch bản, tuy nhiên dòng chảy tần suất 50% giảm khoảng 15% so với dòng chảy tự nhiên. Tuy nhiên, sự phân bố dòng chảy theo không gian không đồng đều trên lưu vực. Phía lưu vực sông Hiếu và thượng lưu dòng chính sông cả dòng chảy trong sông tần suất 50% giảm. Tính đến trạm thủy văn Nghĩa Khánh, dòng chảy năm tần suất 50% giảm đến 20% ứng với kịch bản

A2 và 16% ứng với kịch bản B2. Lưu vực Thác Muối, dòng chảy tần suất 50% tăng: 15% ứng với kịch bản A2 và khoảng 8% ứng với kịch bản B2.

#### 4. THẢO LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Lưu vực sông Cả là một trong những lưu vực gặp nhiều khó khăn về nguồn nước vào mùa khô do đó ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến nguồn nước sông trên lưu vực sông là một trong những vấn đề đang được được sự quan tâm của các ngành sử dụng nước. Nghiên cứu đã thành công trong việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình khí tượng toàn cầu HadCM3 cho lưu vực và mô phỏng được sự biến đổi dòng chảy trong sông ứng với 2 kịch bản A2 và B2. Qua kết quả nghiên cứu có thể nhận thấy nguồn nước trên

lưu vực giảm, và sự biến đổi dòng chảy phân bố không đều theo không gian. Nếu trên lưu vực sông Hiếu dòng chảy năm tần suất 50% giảm đến 20% tại trạm Nghĩa Khánh thì tại lưu vực Thác Muối, dòng chảy trong sông lại tăng. Tuy nhiên, nếu xét tổng thể trên lưu vực, dòng chảy năm nhìn chung giảm. Nếu không tính đến các biện pháp giảm thiểu tác động môi trường dòng chảy năm có thể giảm đến 30% (kịch bản A2). Như vậy đây sẽ là một trong những thử thách lớn của vùng, nhất là đối với các vùng hưởng lợi ở hạ lưu sông trong vấn đề ứng phó với biến đổi

khí hậu trong tương lai. Do đó, rất cần thiết phải có các biện pháp bảo vệ môi trường nhằm giảm thiểu biến đổi khí hậu như: nâng cao nhận thức của người dân về biến đổi khí hậu, bảo vệ nguồn nước, môi trường và xã hội. Tuy nhiên cũng nên có những giải pháp nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu như điều hòa và phân bổ nguồn nước hợp lý. Nghiên cứu sẽ góp phần đánh giá sự biến đổi dòng chảy tại các điểm khống chế trên lưu vực, là cơ sở khoa học cho các nhà quản lý trong việc ra quyết định phân bổ và sử dụng nguồn nước trong tương lai.

### **Tài liệu tham khảo**

1. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng, 2009, Bộ Tài nguyên và Môi trường.
2. Carter T.R. (2004). "General guideline on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment " Intergovernmental Panel on Climate Change Version2.
3. Cu Thi Phuong, 2011, Impacts of climate change on runoff and reservoir system regulation of Ca river in Vietnam. Small Grant project, AusAID.
4. DHI Software (2000). "MIKE BASIN Rainfall-Runoff Modelling."
5. Goodess C.M., a. P., J.P. (1998). "Development of daily rainfall scenarios for southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling." International Journal of Climatology 10.
6. IPCC [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data.shtml).
7. MONRE (2009). Integrated water resources management of Ca basin.

### **Abstract:**

#### **IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON RUNOFF ACROSS CA RIVER BASIN**

*Ca river basin is one of the main basins in the North of Center Vietnam. The basin is very steep leading to difficulties in water resources in dry season. Simulations of future climate using general circulation models (GCMs) suggest that rising concentrations of greenhouse gases may have significant consequences for the global climate. In this paper, a downscaling technique is used to simulate rainfall change in the future at 12 stations within Ca river Basin based on Global circulation model HadCM3. A hydrological model is then used to simulate streamflows in each subbasin under the downscaled current- and future-climate conditions.*

---

*Người phân biện:* PGS.TS. Nguyễn Bá Quỳnh