

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN TÀI NGUYÊN NƯỚC LƯU VỰC SÔNG KÔN - HÀ THANH, TỈNH BÌNH ĐỊNH

Vũ Văn Ngọc², Vũ Duy Hưng¹,
Nguyễn Thị Thùy Linh^{1,*}, Nguyễn Duy Thành Công¹

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

²Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển

Tóm tắt

Biến đổi khí hậu và các tác động đến tài nguyên nước, một vấn đề cấp bách đang được chú trọng. Đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh, được đánh giá thông qua mô hình toán thủy văn MIKE NAM kết hợp với 2 kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 của kịch bản biến đổi khí hậu do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố năm 2020. Bộ thông số của mô hình được xây dựng trên chuỗi số liệu từ 1985 đến 2022, để tính toán dòng chảy năm, mùa lũ và mùa cạn dưới tác động của biến đổi khí hậu. Cụ thể, bộ thông số được tính toán cho 3 thời kỳ đầu thế kỷ 21 (2016 - 2035), giữa thế kỷ 21 (2046 - 2065) và cuối thế kỷ 21 (2080 - 2099). Độ chính xác của mô hình toán thủy văn MIKE NAM đạt kết quả tốt sau quá trình hiệu chỉnh và kiểm định cho hệ số NASH với kết quả cao trên 0,8. Từ kết quả nghiên cứu nhận thấy rằng, biến đổi khí hậu tại khu vực có tác động đáng kể đến tài nguyên nước. Biểu hiện ở sự không đồng đều của dòng chảy năm (tăng trung bình 4 %), dòng chảy mùa lũ (tăng trung bình 6 %) và cạn (giảm trung bình 3 %) ở cả hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5. Nghiên cứu này có thể là cơ sở hỗ trợ cho công tác quản lý định hướng khai thác, sử dụng và phát triển bền vững tài nguyên nước lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh trong tương lai.

Từ khóa: Tài nguyên nước; Lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh; Biến đổi khí hậu; MIKE NAM.

Abstract

Assessing the impact of climate change on the water resources in the Kon - Ha Thanh river basin, Binh Dinh province

Climate change and its impacts on water resources are urgent issues that are receiving significant attention. The assessment of climate change's impact on the water resources of the Kon - Ha Thanh river basin was conducted using the MIKE NAM hydrological model, combined with two climate change scenarios, RCP 4.5 and RCP 8.5, published by the Ministry of Natural Resources and Environment in 2020. The model parameters were developed based on a data series from 1985 to 2022, to calculate annual flow, flood season flow, and dry season flow under the influence of climate change. Specifically, the parameters were calculated for three periods in the 21st century: Early (2016 - 2035), mid (2046 - 2065), and late (2080 - 2099). The accuracy of the MIKE NAM hydrological model was demonstrated to be good, with a NASH coefficient achieving a high score above 0.8 after calibration and validation. The study results indicate that climate change in the area significantly impacts water

Nghiên cứu

resources, as evidenced by the uneven distribution of annual flow (+4 %), flood season flow (+6 %), and dry season flow (-3 %) under both RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios. This research can provide a foundation to support the management, exploitation, use, and sustainable development of water resources in the Kon - Ha Thanh river basin in the future.

Keywords: Water resources; Kon - Ha Thanh river basin; Climate change; MIKE NAM.

BBT nhận bài: 01/4/2025; Phản biện xong: 09/4/2025; Chấp nhận đăng: 27/6/2025

*Tác giả liên hệ, Email: nttlinh.tnn@hunre.edu.vn

DOI: <http://doi.org/10.63064/khtnmt.2025.677>

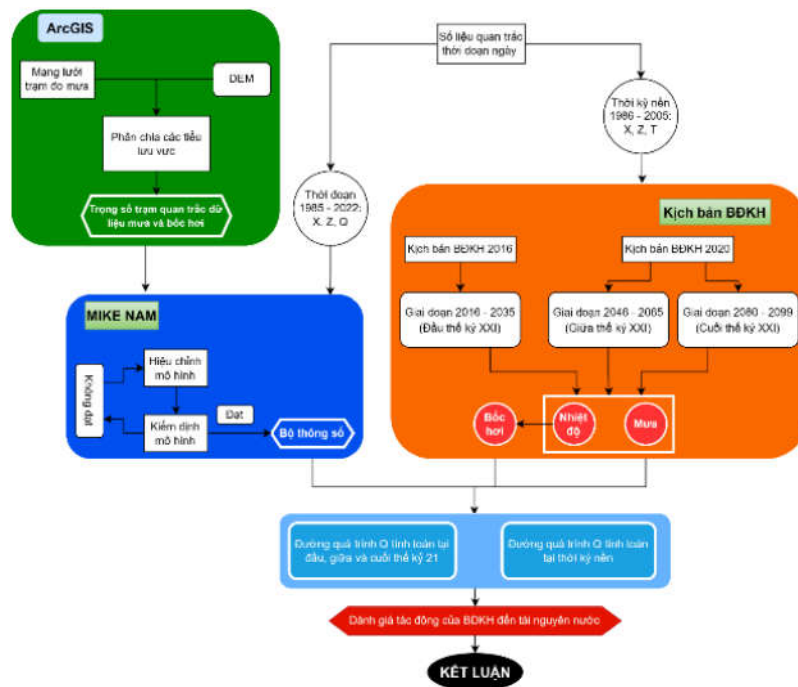
1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu (BĐKH) là một hiện tượng tự nhiên mang lại ảnh hưởng tiêu cực đối với cuộc sống của con người trên toàn cầu. Đây được coi là một trong những hiện tượng tự nhiên phức tạp nhất, mang lại tác động nặng nề cho trái đất trong tương lai và Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nghiêm trọng nhất từ BĐKH. Tài nguyên nước là nguồn tài nguyên quý giá và đang phải đối mặt với sự biến đổi về nhiệt độ và lượng mưa không đều, dẫn đến thay đổi đáng kể về số lượng và chế độ dòng chảy trên các con sông. Điều này gây ra những hậu quả nghiêm trọng, khiến cho lưu vực sông (LVS) phải chịu những đợt lũ lụt kinh khủng và hạn hán ngày càng trầm trọng, ảnh hưởng lớn đến các lĩnh vực sử dụng tài nguyên nước. Có nhiều nghiên cứu được thực hiện tại Việt Nam với nhiều phạm vi lưu vực khác nhau như LVS Lại Giang [6], LVS Lô [7], LVS Ba [8], LVS Trà Khúc [5], LVS Kon Plong [9],... Việc đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên nước được các nhà nghiên cứu sử dụng các công cụ mô hình khác nhau để hỗ trợ như HEC-HMS, SWAT, MIKE NAM,... Trong đó, MIKE NAM

là mô hình được sử dụng khá phổ biến hiện nay [5 - 9]. Các nghiên cứu đã thực hiện trên LVS Kôn - Hà Thanh trước đây [1 - 4], cũng sử dụng mô hình toán để mô phỏng, dự báo dòng chảy và đánh giá tác động của BĐKH đến dòng chảy. Tuy nhiên, hiện chưa có nghiên cứu cụ thể nào cập nhật đánh giá tác động của BĐKH đối với tài nguyên nước trên LVS Kôn - Hà Thanh sử dụng kịch bản BĐKH mới nhất của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2020 [11]. Do đó, nghiên cứu lựa chọn mô hình MIKE NAM để mô phỏng và đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên nước trên các tiểu lưu vực của LVS Kôn - Hà Thanh theo các kịch bản mới nhất của Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE NAM mô phỏng tính toán tài nguyên nước cho từng tiểu lưu vực của LVS Kôn - Hà Thanh, phục vụ đánh giá tác động BĐKH đến tài nguyên nước trên lưu vực. Ngoài việc sử dụng mô hình số MIKE NAM, nghiên cứu cũng đã kết hợp với phương pháp thống kê để phân tích các số liệu về nhiệt độ, lượng mưa từ các kịch bản BĐKH và mức độ nước biển dâng cho Việt Nam (Hình 1).



Hình 1: Sơ đồ đánh giá tác động khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh

Mô hình NAM sử dụng nguyên lý hàm phi tuyến để mô tả dòng chảy vào sông. Trong mô hình này, mỗi lưu vực được xem như một đơn vị xử lý, vì vậy các thông số và biến số đại diện cho các giá trị được trung bình hóa trên toàn lưu vực. Cấu trúc của mô hình NAM được xây dựng dựa trên nguyên tắc của các hồ chứa theo chiều thẳng đứng và các hồ chứa tuyến tính, bao gồm 5 bể chứa theo chiều thẳng đứng: 1. Bể chứa tuyết tan; 2. Bể chứa mặt; 3. Bể chứa tầng dưới; 4. Bể chứa ngầm tầng trên; 5. Bể chứa ngầm tầng dưới [12].

2.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

LVS Kôn - Hà Thanh có giới hạn địa lý từ 13°30' - 14°40' vĩ độ Bắc và từ 180°20' - 109°20' kinh độ Bắc. Phía Bắc giáp lưu vực sông Trà Khúc, Lại Giang và La Tinh; Phía Nam là đèo Cù Mông, phân lưu vực giữa sông Hà Thanh với sông Kỳ Lộ tỉnh Phú Yên; Phía Tây giáp với thượng lưu lưu vực Sông Ba, tỉnh Gia

Lai; Phía Đông là cửa sông vùng nghiên cứu đổ vào đầm Thị Nại trước khi đổ ra Biển Đông. Diện tích lưu vực tính đến cửa ra là 3.809 km² (Hình 3) [3]. LVS Kôn - Hà Thanh bắt nguồn từ vùng núi cao của sườn phía Đông dãy Trường Sơn. Ở thượng lưu, sông chảy qua nhiều dãy núi bám sát bờ nên độ dốc rất lớn, làm cho lũ lên xuống rất nhanh và thời gian truyền lũ ngắn. Khi đến đoạn đồng bằng, lòng sông mở rộng và nông, có nhiều luồng lạch, khiến mùa khô nguồn nước rất nghèo nàn. Tuy nhiên, khi có lũ lớn, nước tràn ngập mênh mông vùng hạ lưu, gây ra hiện tượng ngập úng kéo dài do các cửa sông nhỏ và các công trình chắn lũ không đủ để thoát nước [1].

2.2. Thu thập, xử lý số liệu

Căn cứ yêu cầu số liệu đầu vào của mô hình và điều kiện số liệu quan trắc trên lưu vực, nghiên cứu sử dụng các số liệu:

- Số liệu khí tượng, thủy văn (Bảng 1): Lượng mưa của các trạm thủy văn:

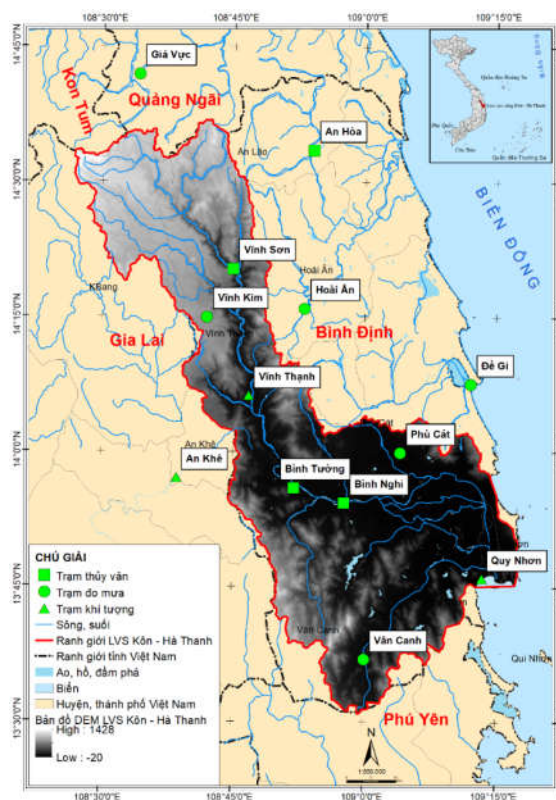
Nghiên cứu

An Hòa, Bình Tường và Vĩnh Sơn; Các trạm khí tượng: An Khê, Quy Nhơn và Vĩnh Thạnh; Các trạm đo mưa: Đê Gi, Giá Vực, Hoài Ân, Phù Cát, Vân Canh và Vĩnh Kim. Số liệu bốc hơi ngày và nhiệt độ ngày của các trạm khí tượng An Khê, Hoài Nhơn và Quy Nhơn. Lưu lượng dòng chảy và mực nước trung bình ngày của trạm thủy văn Bình Tường và trạm thủy văn Bình Nghi.

- Bản đồ số độ cao DEM 30×30 m và các lớp dữ liệu bản đồ cần thiết (Hình 2).

- Kịch bản BDKH và nước biển dâng cho Việt Nam (2016) [10] được áp dụng trong nghiên cứu để thiết lập các kịch bản tính toán đầu thế kỷ.

- Kịch bản BDKH và nước biển dâng cho Việt Nam (2020) [11] được áp dụng trong nghiên cứu để thiết lập các kịch bản tính toán giữa và cuối thế kỷ.



Hình 2: Bản đồ số độ cao, mạng lưới sông và trạm khí tượng, thủy văn trên lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh

Bảng 1. Số liệu khí tượng, thủy văn sử dụng

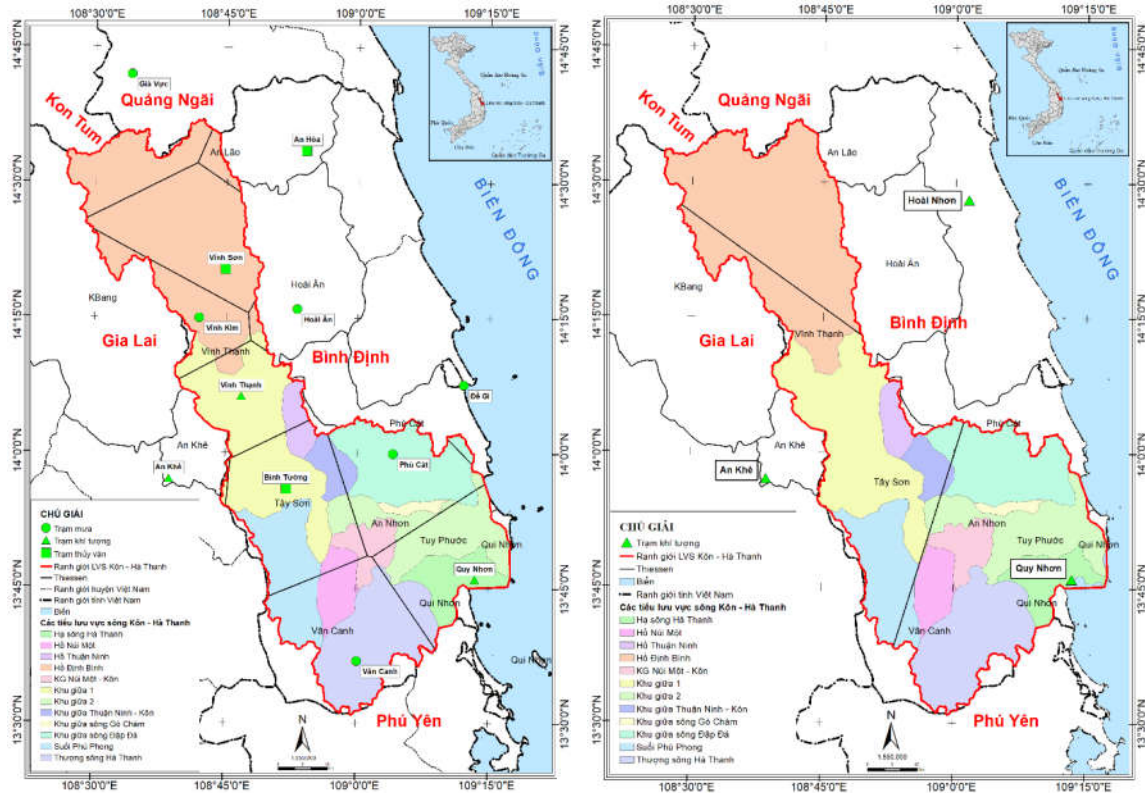
TT	Tên trạm	Yếu tố					Thời đoạn số liệu sử dụng trong nghiên cứu	Loại trạm
		H (m)	Q (m ³ /s)	X (mm)	Z (mm)	T (°C)		
1	An Hòa			x			1985 - 2022	Trạm thủy văn
2	An Khê			x	x	x	1985 - 2022	Trạm khí tượng
3	Bình Tường	x	x	x			1985 - 2010	Trạm thủy văn
4	Bình Nghi	x					2010 - 2022	Trạm thủy văn
5	Đê Gi			x			1985 - 2022	Trạm đo mưa
6	Giá Vực			x			1985 - 2022	Trạm đo mưa
7	Hoài Ân			x			1985 - 2022	Trạm đo mưa
8	Hoài Nhơn				x	x	1985 - 2022	Trạm khí tượng
9	Phù Cát			x			1985 - 2022	Trạm đo mưa
10	Quy Nhơn			x	x	x	1985 - 2022	Trạm khí tượng
11	Vân Canh			x			1985 - 2022	Trạm đo mưa
12	Vĩnh Kim			x			1985 - 2022	Trạm đo mưa
13	Vĩnh Sơn			x			1985 - 2022	Trạm thủy văn
14	Vĩnh Thạnh			x			1985 - 2022	Trạm khí tượng

Trong đó: H là mực nước trung bình ngày; Q là lưu lượng trung bình ngày;

X là lượng mưa ngày; Z là bốc hơi ngày; T là nhiệt độ ngày.

2.3. Thiết lập bộ mô hình toán mô phỏng dòng chảy lưu vực Sông Côn - Hà Thanh

2.3.1. Phân chia tiểu lưu vực và xác định trọng số ảnh hưởng các trạm đo mưa



Hình 3: Bản đồ phân chia tiểu lưu vực và phạm vi ảnh hưởng các trạm mưa, bốc hơi

Bảng 2. Diện tích tiểu lưu vực và trọng số ảnh hưởng các trạm quan bốc hơi

TT	Tiểu lưu vực	Diện tích (km ²)	An Khê	Hoài Nhơn	Qui Nhơn
1	Khu giữa 1	629	0,97	0,00	0,03
2	Hồ Thuận Ninh	79,6	1,00	0,00	0,00
3	Khu giữa Thuận Ninh - Kôn	84,7	0,7	0,00	0,3
4	Khu giữa sông Đập Đá	386	0,06	0,00	0,94
5	Khu giữa 2	335	0,00	0,00	1,00
6	Hạ sông Hà Thanh	156	0,00	0,00	1,00
7	Thượng sông Hà Thanh	427	0,00	0,00	1,00
8	Suối Phú Phong	303	0,73	0,00	0,27
9	Hồ Định Bình	1.130	0,25	0,75	0,00
10	Khu giữa Núi Một - Kôn	104	0,00	0,00	1,00
11	Hồ Núi Một	115	0,00	0,00	1,00
12	Khu giữa sông Gò Chàm	35,4	0,00	0,00	1,00
Tổng		3.785			

Bảng 3. Trọng số ảnh hưởng các trạm trắc mưa

Tiểu lưu vực	An Hòa	An Khê	Bình Tường	Đê Gi	Giá Vực	Hoài Ân	Phù Cát	Quy Nhơn	Vân Canh	Vĩnh Kim	Vĩnh Sơn	Vĩnh Thạnh
Khu giữa 1	0,00	0,01	0,44	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,48
Hồ Thuận Ninh	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54

Nghiên cứu

Tiểu lưu vực	An Hòa	An Khê	Bình Tường	Đề Gi	Giá Vực	Hoài Ân	Phù Cát	Quy Nhơn	Vân Canh	Vĩnh Kim	Vĩnh Sơn	Vĩnh Thạnh
Khu giữa Thuận Ninh - Côn	0,00	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Khu giữa sông Đập Đá	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,94	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Khu giữa 2	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,22	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00
Hạ sông Hà Thanh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Thượng sông Hà Thanh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,86	0,00	0,00	0,00
Suối Phú Phong	0,00	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00
Hồ Định Bình	0,04	0,00	0,00	0,00	0,23	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20	0,50	0,02
Khu giữa Núi Một - Côn	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,41	0,13	0,19	0,00	0,00	0,00
Hồ Núi Một	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00
Khu giữa sông Gò Chàm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

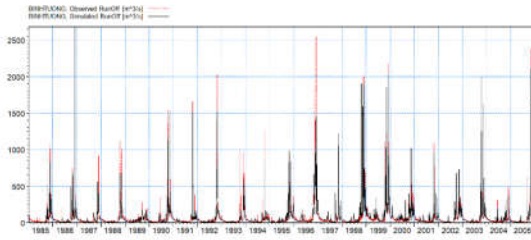
Việc sử dụng Hệ thống thông tin địa lý (GIS) là một phương tiện hiệu quả để thực hiện việc khoanh vùng LVS Côn - Hà Thanh và phân chia thành các tiểu lưu vực từ bản đồ số độ cao DEM. Dựa vào yêu cầu của nghiên cứu, toàn bộ lưu vực sẽ được chia thành 12 tiểu lưu vực. Sau đó, căn cứ vào số liệu thu thập từ các trạm khí tượng, thủy văn và các trạm đo mưa trên LVS Côn - Hà Thanh, trọng số ảnh hưởng của các trạm quan trắc mưa và bốc hơi sẽ được tính toán cho mỗi tiểu lưu vực bằng phương pháp đa giác Thiessen. Phương pháp này sẽ giúp thiết lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng của các trạm mưa và các trạm bốc hơi trong lưu vực. Điều này sẽ cung cấp thông tin quan trọng để hiểu rõ hơn về phân phối và tác động của mưa và bốc hơi đối với tài nguyên nước trong LVS Côn - Hà Thanh (Bảng 2, 3), (Hình 3).

2.3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE NAM

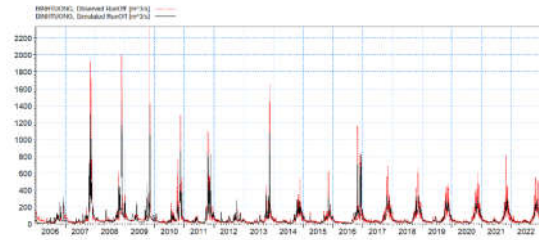
Mô hình MIKE NAM được thiết lập với mục tiêu xác định lượng dòng chảy của từng tiểu lưu vực trên LVS Côn - Hà Thanh. Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được thực hiện dựa trên dữ liệu thu thập trong hai khoảng thời gian khác nhau: Từ năm 1985 đến 2005 (giai đoạn hiệu chỉnh) và từ năm 2006 đến 2022 (giai đoạn kiểm định), nhằm xác định bộ thông số phù hợp cho mô hình. Trạm thủy văn Bình Tường và Bình Nghi được sử dụng làm trạm kiểm tra và xác định bộ thông số cho mô hình. Việc đánh giá tính phù hợp giữa kết quả tính toán cùng với giá trị thực đo thông qua chỉ số NASH và hệ số tương quan R^2 , chỉ số NASH có công thức:

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{tt} - Q_{td})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{td} - \bar{Q}_{td})^2} \quad (1)$$

trong đó: Q_{tt} là lưu lượng dòng chảy tính toán; Q_{td} là lưu lượng dòng chảy thực đo; \bar{Q}_{td} là lưu lượng dòng chảy thực đo trung bình.



Hình 4: Đường quá trình lưu lượng dòng chảy thực đo và mô phỏng - giai đoạn hiệu chỉnh



Hình 5: Đường quá trình lưu lượng dòng chảy thực đo và mô phỏng - giai đoạn kiểm định

Bảng 4. Thống kê kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình NAM

Hiệu chỉnh			Kiểm định		
Chuỗi mô phỏng	NASH	R ²	Chuỗi mô phỏng	NASH	R ²
1985 - 2005	0,86	0,87	2005 - 2022	0,81	0,83

Bảng 5. Bộ thông số mô hình MIKE NAM của lưu vực nghiên cứu

TT	Tiểu lưu vực	U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
1	Khu giữa 1	36,0	449	0,63	411	34,8	0,1308	0,3519
2	Hồ Thuận Ninh	37,9	507	0,60	456	17,0	0,1411	0,2448
3	Khu giữa Thuận Ninh - Kôn	29,5	185	0,41	617	13,8	0,0312	0,1440
4	Khu giữa sông Đập Đá	27,8	152	0,41	483	10,5	0,0278	0,1440
5	Khu giữa 2	33,3	374	0,53	354	24,9	0,1178	0,3978
6	Hạ sông Hà Thanh	29,5	185	0,41	617	13,8	0,0312	0,1440
7	Thượng sông Hà Thanh	31,0	192	0,46	600	14,5	0,0318	0,1227
8	Suối Phú Phong	31,0	200	0,50	600	15,3	0,0327	0,1067
9	Hồ Định Bình	36,0	468	0,72	411	36,8	0,1343	0,3060
10	Khu giữa Núi Một - Kôn	29,5	185	0,41	617	13,8	0,0312	0,1440
11	Hồ Núi Một	36,9	488	0,66	434	30,7	0,1377	0,2754
12	Khu giữa sông Gò Chàm	28,7	160	0,37	517	11,3	0,0287	0,1387

Kết quả hiệu chỉnh (Hình 4) và kiểm định (Hình 5) cho thấy sự tương đối phù hợp giữa dữ liệu tính toán và dữ liệu thực đo, đặc biệt là trong việc dự báo thời điểm xuất hiện đỉnh dòng chảy. Sự chênh lệch giữa hai dữ liệu là không đáng kể. Trong mùa cạn, mô hình mô phỏng dòng chảy khá chính xác và gần gũi với dữ liệu thực đo. Hai đường quá trình tính toán và thực đo bám sát nhau về cả pha và độ lớn của dao động. Trong mùa lũ, đỉnh lũ của dữ liệu tính toán có sai khác nhỏ so với dữ liệu thực đo. Tuy nhiên, các chỉ số đánh giá như chỉ số NASH đều đạt trên 0,8, cho thấy sự khớp lệch giữa dữ liệu tính

toán và thực đo vẫn đạt mức chấp nhận được. Như vậy, kết quả này cho thấy mô hình có độ tin cậy cao và có thể được ứng dụng cho các ứng dụng tính toán tiếp theo với mức độ chính xác và đáng tin cậy. Thông qua hai bước hiệu chỉnh cùng với kiểm định, nghiên cứu đã xác định được bộ thông số phù hợp cho LVS Kôn - Hà Thanh (Bảng 5).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kích bản biến đổi khí hậu

Nghiên cứu lựa chọn kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 trong kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam công

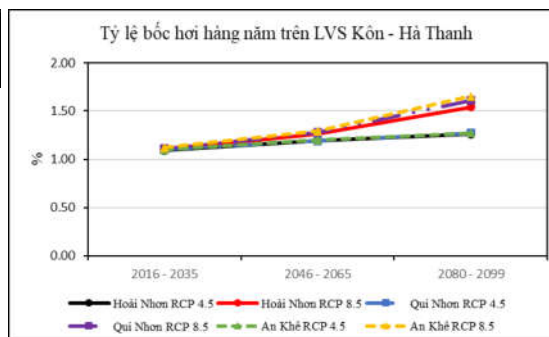
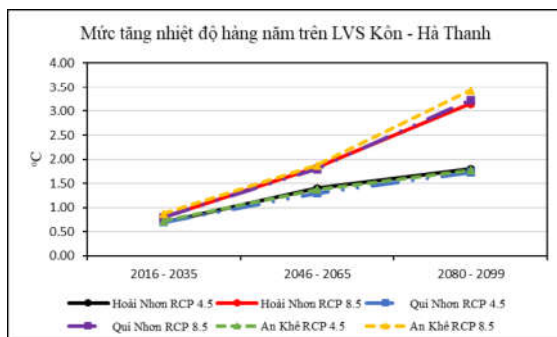
Nghiên cứu

bố năm 2016 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [10], để xác định kịch bản biến đổi nhiệt độ, lượng mưa thời kỳ đầu thế kỷ 21 (2016 - 2035). Kịch bản biến đổi nhiệt độ, lượng mưa thời kỳ giữa thế kỷ 21 (2046 - 2065), cuối thế kỷ 21 (2080 - 2099) trong kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho

3.1.1. Nhiệt độ và bốc hơi

Bảng 6. Biến đổi nhiệt độ (°C) trung bình qua từng thời kỳ

Trạm khí tượng	Thời kỳ	RCP 4.5				RCP 8.5			
		Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
Hoài Nhon	2016 - 2035	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80
	2046 - 2065	1,30	1,60	1,40	1,30	1,80	2,00	1,80	1,70
	2080 - 2099	1,80	2,10	1,80	1,50	3,10	3,50	3,20	2,80
Quy Nhon	2016 - 2035	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80
	2046 - 2065	1,30	1,50	1,20	1,20	1,80	2,00	1,70	1,70
	2080 - 2099	1,80	2,00	1,60	1,50	3,20	3,70	3,20	2,80
An Khê	2016 - 2035	0,70	0,70	0,70	0,80	0,90	0,90	0,80	0,90
	2046 - 2065	1,40	1,50	1,30	1,30	1,90	2,00	1,80	1,80
	2080 - 2099	1,90	1,90	1,70	1,60	3,50	3,70	3,30	3,20



Hình 6: Mức thay đổi nhiệt độ cùng với bốc hơi so với thời kỳ cơ sở

Trong thời kỳ đầu thế kỷ 21 (2016 - 2035), cả hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 đều cho thấy nhiệt độ trung bình tăng ổn định tại hai trạm quan trắc Hoài Nhon và Quy Nhon ở các mùa trong năm. Tuy nhiên, tại trạm An Khê, có sự thay đổi nhất định trong mùa Đông với kịch bản RCP 4.5 và mùa Thu với kịch bản RCP 8.5. Trong thời kỳ giữa và cuối thế kỷ 21, tại tất cả các trạm quan trắc, nhiệt độ trung bình cao nhất thường xuất hiện vào mùa Hè. Đặc biệt, trong kịch bản RCP 8.5, nhiệt độ trung bình tăng nhiều hơn so với kịch bản RCP 4.5.

Việt Nam năm công bố năm 2020 [11]. Bốc hơi và lượng mưa được xác định từ các kịch bản này sẽ được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho mô hình MIKE NAM để đánh giá tác động của BĐKH với tài nguyên nước trong khu vực nghiên cứu.

Để tính toán lượng bốc hơi tiềm năng làm đầu vào dự tính kịch bản BĐKH dựa trên sự biến đổi nhiệt độ, nghiên cứu lựa chọn công thức sau:

$$E_o = 16 \times L_a \left(\frac{10\bar{T}}{I} \right)^a ; I = \left(\frac{\bar{T}}{5} \right)^{1,514} \quad (2)$$

trong đó: E_o bốc hơi (mm); L_a là hệ số hiệu chỉnh số trong ngày sáng và số ngày trong tháng phụ thuộc vĩ độ; I là tổng số 12 giá trị hàng tháng của chỉ số nhiệt; \bar{T} là nhiệt độ trung bình hàng tháng; a là hằng số thay đổi theo địa phương.

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49 \quad (3)$$

Kết quả tỷ lệ thay đổi lượng bốc hơi tiềm năng trong các thời kỳ theo 2 kịch bản được thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 7. Tỷ lệ thay đổi bốc hơi tiềm năng (%) các thời kỳ so với thời kỳ cơ sở

Trạm khí tượng	Thời kỳ	RCP 4.5				RCP 8.5			
		Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
Hoài Nhon	2016 - 2035	1,09	1,11	1,09	1,07	1,11	1,12	1,10	1,08
	2046 - 2065	1,18	1,26	1,19	1,13	1,27	1,35	1,26	1,17
	2080 - 2099	1,27	1,37	1,26	1,13	1,55	1,75	1,54	1,30
Quy Nhon	2016 - 2035	1,10	1,12	1,10	1,07	1,11	1,14	1,11	1,08
	2046 - 2065	1,20	1,27	1,17	1,12	1,29	1,39	1,26	1,19
	2080 - 2099	1,29	1,38	1,24	1,15	1,62	1,91	1,60	1,32
An Khê	2016 - 2035	1,10	1,11	1,09	1,09	1,13	1,14	1,10	1,10
	2046 - 2065	1,22	1,26	1,18	1,14	1,32	1,37	1,26	1,20
	2080 - 2099	1,32	1,35	1,24	1,17	1,74	1,87	1,57	1,41

Trong thời kỳ đầu thế kỷ 21, tỷ lệ bốc hơi tiềm năng giữa hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 gần như tương đương nhau. Tuy nhiên, trong kịch bản RCP 8.5, có sự gia tăng đáng kể về tỷ lệ bốc hơi tiềm năng. Trạm khí tượng An Khê có tỷ lệ bốc hơi tiềm năng tăng cao nhất, tiếp theo là trạm Quy Nhon và thấp nhất là trạm Hoài Nhon.

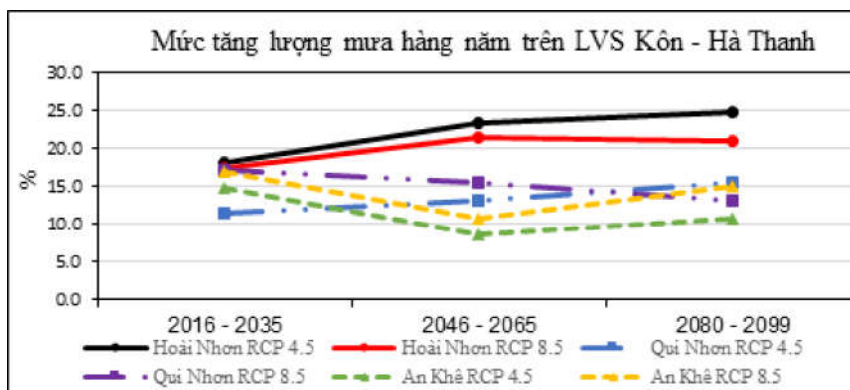
3.1.2. Lượng mưa

Trong giai đoạn đầu và giữa thế kỷ 21, kịch bản RCP 4.5 cho thấy trạm Hoài Nhon và mùa Thu là nơi và thời kỳ có mức tăng lượng mưa lớn nhất. Trong kịch bản RCP 8.5, mức tăng tổng thể của

lượng mưa nhỏ hơn so với kịch bản RCP 4.5. Tuy nhiên, sự biến động giữa các mùa trong kịch bản RCP 8.5 lại rất lớn và không ổn định, có sự chênh lệch đáng kể giữa các mùa chuyên tiếp. Ở thời kỳ cuối, cả hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 đều cho thấy xu hướng tăng lượng mưa so với thời kỳ cơ sở tại tất cả các trạm quan trắc. Trong đó, trạm Quy Nhon ghi nhận mức tăng cao nhất vào mùa hè với kịch bản RCP 8.5 (tăng 27,4 %) và mức tăng thấp nhất vào mùa Xuân với kịch bản RCP 4.5 (tăng 1,2 %). Điều này cho thấy sự biến đổi đa dạng của lượng mưa theo từng mùa và sự ảnh hưởng khác biệt của các kịch bản BĐKH đối với khu vực nghiên cứu.

Bảng 8. Tỷ lệ biến đổi lượng mưa (%) các thời kỳ so với thời kỳ cơ sở

Trạm khí tượng	Thời kỳ	RCP 4.5				RCP 8.5			
		Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
Hoài Nhon	2016 - 2035	12,4	2,50	21,0	8,3	3,90	23,1	21,2	4,20
	2046 - 2065	-2,90	-4,30	27,9	12,6	-8,9	5,2	24,5	11,8
	2080 - 2099	22,5	4,30	22,0	24,5	17,7	3,20	16,9	23,9
Quy Nhon	2016 - 2035	10,4	1,50	19,0	5,3	2,90	26,1	18,2	1,20
	2046 - 2065	-2,20	13,3	14,8	11,6	-8,8	17,6	17,6	13,1
	2080 - 2099	1,20	22,0	14,9	21,0	4,40	27,4	11,1	17,6
An Khê	2016 - 2035	10,3	0,70	15,2	-8,1	6,3	4,42	17,3	-23,2
	2046 - 2065	9,5	4,60	10,3	0,60	0,94	7,7	16,1	8,6
	2080 - 2099	3,51	11,7	13,1	7,1	10,0	13,0	18,1	7,0



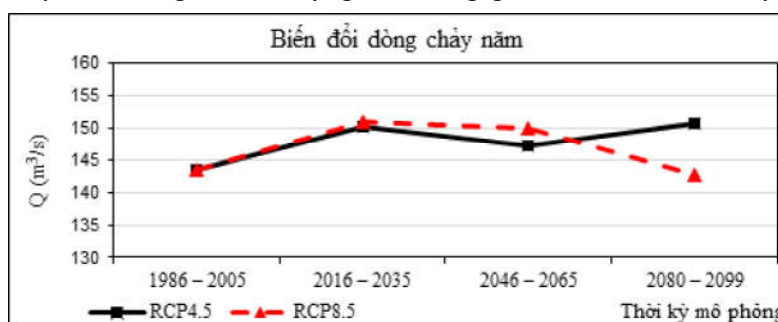
Hình 7: Mức thay đổi lượng mưa so với thời kỳ cơ sở

3.2. Kết quả đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước trên lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh

3.2.1. Dòng chảy năm

Kết quả tính toán trong Bảng 9 và Hình 8 cho thấy sự biến động của dòng chảy trung bình hàng năm không đồng đều giữa các tiểu lưu vực và các kịch bản BĐKH. Hai tiểu lưu vực là Khu giữa 1 và Hồ Thuận Ninh ghi nhận mức giảm của dòng chảy trung bình năm ở các giai đoạn so với thời kỳ cơ sở, trong đó Hồ Thuận Ninh là lưu vực có mức giảm lớn nhất (90 %). Trong khi đó, các tiểu lưu vực khác trong giai đoạn thời kỳ đầu và giữa thế kỷ ghi

nhận mức tăng của dòng chảy trung bình năm, với tiểu lưu vực sông Gò Chàm là nơi ghi nhận mức tăng lớn nhất (112 %). Ở giai đoạn thời kỳ cuối thế kỷ, trong kịch bản RCP 8.5, một số tiểu lưu vực có xu hướng giảm dòng chảy trung bình năm, trong khi đó kịch bản RCP 4.5, dòng chảy trung bình năm ở các tiểu lưu vực này lại có xu hướng tăng mạnh. Nguyên nhân của sự biến động này có thể liên quan đến sự tăng của lượng mưa trong kịch bản RCP 8.5 ở thời kỳ đầu và giữa thế kỷ và sự tăng lớn hơn của lượng mưa trong kịch bản RCP 4.5 ở thời kỳ cuối thế kỷ, cũng như sự khác biệt trong lượng bốc hơi tiềm năng giữa hai kịch bản này.

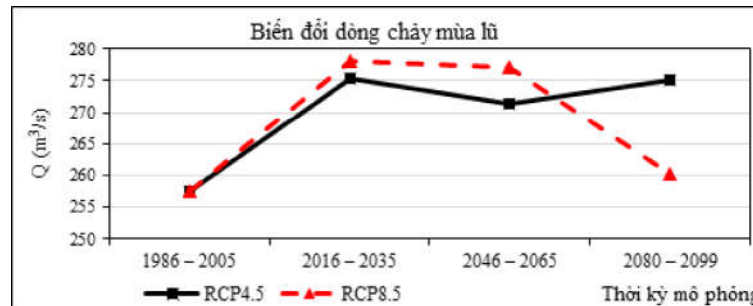


Hình 8: Biến đổi dòng chảy năm tại LVS Kôn - Hà Thanh theo kịch bản BĐKH
Bảng 9. Biến đổi dòng chảy năm (m³/s) theo kịch bản BĐKH tại các tiểu lưu vực

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền 1986 - 2005	Thời kỳ mô phỏng		
				2016 - 2035	2046 - 2065	2080 - 2099
1	Khu giữa 1	RCP4.5	18,2 (100 %)	17,3 (95 %)	16,5 (91 %)	17,3 (95 %)
		RCP8.5		17,2 (95 %)	17,6 (97 %)	17,4 (95 %)
2	Hồ Thuận Ninh	RCP4.5	2,13 (100 %)	2,01 (95 %)	1,92 (90 %)	2,00 (94 %)
		RCP8.5		2,00 (94 %)	2,04 (96 %)	2,01 (95 %)

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền	Thời kỳ mô phỏng		
				1986 - 2005	2016 - 2035	2046 - 2065
3	Khu giữa Thuận Ninh - Kôn	RCP4.5	2,69 (100 %)	2,84 (106 %)	2,73 (101 %)	2,82 (105 %)
		RCP8.5		2,85 (106 %)	2,87 (106 %)	2,80 (104 %)
4	Khu giữa sông Đập Đá	RCP4.5	14,2 (100 %)	15,8 (111 %)	15,2 (107 %)	15,5 (110 %)
		RCP8.5		15,9 (112 %)	15,6 (110 %)	14,6 (103 %)
5	Khu giữa 2	RCP4.5	11,2 (100 %)	11,9 (107 %)	11,5 (102 %)	11,7 (105 %)
		RCP8.5		11,9 (107 %)	11,8 (105 %)	10,9 (97 %)
6	Hạ sông Hà Thanh	RCP4.5	5,8 (100 %)	6,4 (111 %)	6,2 (107 %)	6,3 (109 %)
		RCP8.5		6,4 (111 %)	6,4 (110 %)	5,9 (102 %)
7	Thượng sông Hà Thanh	RCP4.5	18,3 (100 %)	19,9 (109 %)	19,4 (106 %)	19,9 (109 %)
		RCP8.5		20,0 (109 %)	19,8 (108 %)	18,7 (102 %)
8	Suối Phú Phong	RCP4.5	11,1 (100 %)	11,6 (105 %)	11,2 (101 %)	11,6 (105 %)
		RCP8.5		11,7 (105 %)	11,7 (106 %)	11,4 (103 %)
9	Hồ Định Bình	RCP4.5	50,5 (100 %)	52,4 (104 %)	53,1 (105 %)	53,9 (107 %)
		RCP8.5		53,1 (105 %)	52,3 (104 %)	49,7 (98 %)
10	Khu giữa Núi Một - Kôn	RCP4.5	3,79 (100 %)	4,07 (107 %)	3,92 (103 %)	4,02 (106 %)
		RCP8.5		4,08 (108 %)	4,05 (107 %)	3,83 (101 %)
11	Hồ Núi Một	RCP4.5	4,44 (100 %)	4,58 (103 %)	4,42 (100 %)	4,57 (103 %)
		RCP8.5		4,61 (104 %)	4,55 (102 %)	4,29 (97 %)
12	Khu giữa sông Gò Chàm	RCP4.5	1,04 (100 %)	1,15 (111 %)	1,11 (107 %)	1,14 (110 %)
		RCP8.5		1,16 (112 %)	1,14 (110 %)	1,07 (103 %)
Tổng		RCP4.5	143 (100 %)	150 (105 %)	147 (103 %)	151 (105 %)
		RCP8.5		151 (105 %)	150 (105 %)	143 (99 %)

3.2.2. Dòng chảy mùa lũ



Hình 9: Biến đổi dòng chảy lũ tại LVS Kôn - Hà Thanh theo kịch bản BĐKH

Bảng 10. Biến đổi dòng chảy mùa lũ (m³/s) theo kịch bản BĐKH tại các tiểu lưu vực

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền	Thời kỳ mô phỏng		
				1986 - 2005	2016 - 2035	2046 - 2065
1	Khu giữa 1	RCP4.5	33,4 (100 %)	32,6 (98 %)	30,9 (93 %)	32,4 (97 %)
		RCP8.5		32,7 (98 %)	33,2 (100 %)	32,6 (98 %)
2	Hồ Thuận Ninh	RCP4.5	3,84 (100 %)	3,73 (97 %)	3,53 (92 %)	3,70 (96 %)
		RCP8.5		3,74 (97 %)	3,80 (99 %)	3,74 (97 %)
3	Khu giữa Thuận Ninh - Kôn	RCP4.5	4,63 (100 %)	4,94 (107 %)	4,72 (102 %)	4,88 (105 %)
		RCP8.5		4,98 (107 %)	4,99 (108 %)	4,84 (104 %)
4	Khu giữa sông Đập Đá	RCP4.5	24,6 (100 %)	27,8 (113 %)	26,8 (109 %)	27,2 (111 %)
		RCP8.5		28,0 (114 %)	27,6 (112 %)	25,6 (104 %)
5	Khu giữa 2	RCP4.5	20,1 (100 %)	21,9 (109 %)	21,0 (104 %)	21,4 (106 %)
		RCP8.5		21,9 (109 %)	21,6 (108 %)	19,8 (99 %)

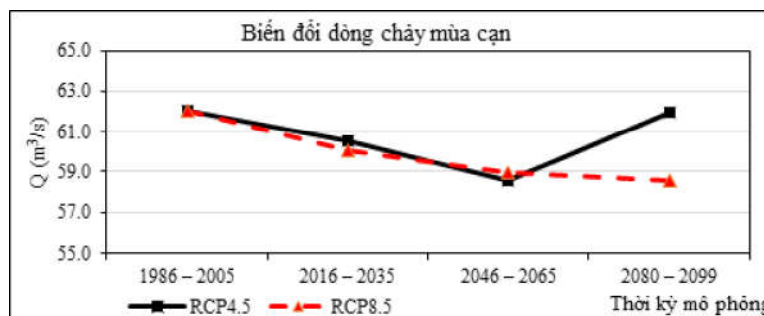
Nghiên cứu

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền	Thời kỳ mô phỏng		
			1986 - 2005	2016 - 2035	2046 - 2065	2080 - 2099
6	Hạ sông Hà Thanh	RCP4.5	10,0 (100 %)	11,2 (112 %)	10,8 (108 %)	10,9 (109 %)
		RCP8.5		11,2 (112 %)	11,1 (111 %)	10,2 (102 %)
7	Thượng sông Hà Thanh	RCP4.5	31,3 (100 %)	34,8 (111 %)	33,8 (108 %)	34,5 (110 %)
		RCP8.5		35,0 (112 %)	34,7 (111 %)	32,3 (103 %)
8	Suối Phú Phong	RCP4.5	19,7 (100 %)	21,0 (107 %)	20,2 (102 %)	20,9 (106 %)
		RCP8.5		21,1 (107 %)	21,2 (108 %)	20,5 (104 %)
9	Hồ Định Bình	RCP4.5	93,7 (100 %)	99,9 (107 %)	103 (110 %)	102 (109 %)
		RCP8.5		102 (109 %)	101 (108 %)	94,3 (101 %)
10	Khu giữa Núi Một - Kôn	RCP4.5	6,4 (100 %)	7,1 (110 %)	6,8 (106 %)	6,9 (108 %)
		RCP8.5		7,1 (111 %)	7,0 (110 %)	6,6 (103 %)
11	Hồ Núi Một	RCP4.5	8,0 (100 %)	8,5 (106 %)	8,2 (102 %)	8,4 (105 %)
		RCP8.5		8,5 (107 %)	8,5 (106 %)	7,9 (99 %)
12	Khu giữa sông Gò Chàm	RCP4.5	1,74 (100 %)	1,97 (113 %)	1,91 (109 %)	1,94 (111 %)
		RCP8.5		1,99 (114 %)	1,96 (112 %)	1,81 (104 %)
Tổng		RCP4.5	257 (100 %)	275 (107 %)	271 (105 %)	275 (107 %)
		RCP8.5		278 (108 %)	277 (108 %)	260 (101 %)

Từ Hình 9 và Bảng 10, có thể nhận thấy sự biến động của dòng chảy trung bình trong mùa lũ tại các tiểu lưu vực trên LVS Kôn - Hà Thanh không đồng đều. Trong giai đoạn thời kỳ đầu và giữa thế kỷ, kịch bản RCP 8.5 ghi nhận mức tăng của dòng chảy trung bình trong mùa lũ nhiều hơn so với kịch bản RCP 4.5. Tuy nhiên, ở giai đoạn thời kỳ cuối thế kỷ, dòng chảy trung bình trong mùa lũ theo kịch bản RCP 4.5 lại thường có xu hướng tăng mạnh hơn so với kịch bản RCP 8.5. Nguyên nhân chính là do lượng mưa trong mùa lũ tăng nhiều hơn trong kịch bản RCP 4.5 ở giai đoạn cuối thế kỷ. Các tiểu lưu vực như Khu giữa 1 và Hồ Thuận Ninh ghi nhận mức giảm của dòng chảy trung bình trong mùa lũ ở các giai đoạn so với thời kỳ cơ sở, với tiểu lưu vực Hồ Thuận Ninh ghi nhận mức giảm lớn nhất (92 %). Trong khi đó, các tiểu lưu vực khác ghi nhận mức tăng của dòng chảy trung bình trong mùa lũ, với tiểu LVS Gò Chàm ghi nhận mức tăng lớn nhất (114 %).

3.2.3. Dòng chảy mùa cạn

Từ Bảng 11 và Hình 10, nhận thấy trong thời kỳ đầu và giữa thế kỷ, dòng chảy trung bình trong mùa cạn thường có xu hướng giảm mạnh so với thời kỳ cơ sở ở cả hai kịch bản BĐKH. Tuy nhiên, tới thời kỳ cuối thế kỷ, dòng chảy trung bình trong mùa cạn theo kịch bản RCP 4.5 có xu hướng tăng mạnh hơn so với kịch bản RCP 8.5, mặc dù vẫn giảm so với thời kỳ cơ sở. Trong số các tiểu lưu vực, tiểu lưu vực Hồ Thuận Ninh ghi nhận mức giảm đáng kể nhất về dòng chảy trung bình trong mùa cạn (-15,7 %) ở tất cả thời kỳ. Ngược lại, tiểu LVS Gò Chàm ghi nhận mức tăng về dòng chảy trung bình trong mùa cạn (8,4 %) ở tất cả thời kỳ. Tóm lại, sự biến động của dòng chảy trung bình trong mùa cạn tại các tiểu lưu vực trên LVS Kôn - Hà Thanh thường có sự giảm đáng kể trong thời kỳ đầu và giữa thế kỷ, nhưng có xu hướng tăng mạnh hơn hoặc giảm ít hơn ở giai đoạn thời kỳ cuối thế kỷ, phụ thuộc vào kịch bản BĐKH và vị trí của từng tiểu lưu vực.



Hình 10: Biến đổi dòng chảy mùa cạn tại LVS Kôn - Hà Thanh theo kịch bản BĐKH
Bảng 11. Biến đổi dòng chảy mùa cạn (m³/s) theo kịch bản BĐKH tại các tiểu lưu vực

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền	Thời kỳ mô phỏng		
			1986 - 2005	2016 - 2035	2046 - 2065	2080 - 2099
1	Khu giữa 1	RCP4.5	7,3 (100 %)	6,4 (88 %)	6,3 (85 %)	6,5 (88 %)
		RCP8.5		6,2 (85 %)	6,5 (88 %)	6,4 (88 %)
2	Hồ Thuận Ninh	RCP4.5	0,90 (100 %)	0,79 (88 %)	0,77 (85 %)	0,79 (87 %)
		RCP8.5		0,76 (85 %)	0,79 (88 %)	0,79 (87 %)
3	Khu giữa Thuận Ninh - Kôn	RCP4.5	1,31 (100 %)	1,35 (103 %)	1,31 (100 %)	1,35 (103 %)
		RCP8.5		1,33 (101 %)	1,36 (103 %)	1,34 (102 %)
4	Khu giữa sông Đập Đá	RCP4.5	6,7 (100 %)	7,1 (106 %)	6,9 (103 %)	7,2 (107 %)
		RCP8.5		7,2 (107 %)	7,0 (104 %)	6,8 (101 %)
5	Khu giữa 2	RCP4.5	4,89 (100 %)	4,82 (99 %)	4,65 (95 %)	4,85 (99 %)
		RCP8.5		4,78 (98 %)	4,73 (97 %)	4,52 (92 %)
6	Hạ sông Hà Thanh	RCP4.5	2,89 (100 %)	3,01 (104 %)	2,93 (101 %)	3,05 (106 %)
		RCP8.5		2,99 (104 %)	2,98 (103 %)	2,87 (99 %)
7	Thượng sông Hà Thanh	RCP4.5	9,1 (100 %)	9,3 (102 %)	9,0 (99 %)	9,4 (104 %)
		RCP8.5		9,3 (102 %)	9,1 (100 %)	8,9 (98 %)
8	Suối Phú Phong	RCP4.5	4,95 (100 %)	4,94 (100 %)	4,82 (97 %)	5,0 (101 %)
		RCP8.5		4,88 (99 %)	4,96 (100 %)	4,91 (99 %)
9	Hồ Định Bình	RCP4.5	19,6 (100 %)	18,4 (94 %)	17,8 (91 %)	19,5 (100 %)
		RCP8.5		18,3 (94 %)	17,3 (88 %)	17,9 (91 %)
10	Khu giữa Núi Một - Kôn	RCP4.5	1,90 (100 %)	1,93 (102 %)	1,87 (99 %)	1,94 (102 %)
		RCP8.5		1,92 (101 %)	1,92 (101 %)	1,85 (98 %)
11	Hồ Núi Một	RCP4.5	1,90 (100 %)	1,79 (94 %)	1,73 (91 %)	1,81 (95 %)
		RCP8.5		1,80 (95 %)	1,74 (91 %)	1,71 (90 %)
12	Khu giữa sông Gò Chàm	RCP4.5	0,53 (100 %)	0,56 (106 %)	0,54 (103 %)	0,56 (106 %)
		RCP8.5		0,56 (106 %)	0,55 (103 %)	0,54 (102 %)
	Tổng	RCP4.5	62,0 (100 %)	60,5 (98 %)	58,6 (94 %)	62,0 (100 %)
		RCP8.5		60,1 (97 %)	59,0 (95 %)	58,5 (94 %)

4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã thiết lập mô hình toán thủy văn MIKE NAM đã hiệu chỉnh, kiểm định mô hình với hệ số NASH đạt yêu cầu cao, dao động từ 0,81 - 0,86. Kết quả cho thấy rằng các kịch bản BĐKH đã có những tác động đáng kể đến tài nguyên nước trên LVS Kôn - Hà Thanh. Từ các phân tích,

nhận thấy sự biến động không đồng đều của dòng chảy năm, dòng chảy mùa lũ và dòng chảy mùa cạn trong hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5. Trong thời kỳ đầu và giữa thế kỷ, dòng chảy năm và mùa lũ thường có xu hướng tăng, nhưng mức độ tăng có sự biến động giữa các tiểu lưu vực và kịch bản. Trong khi đó, dòng chảy mùa cạn ghi

Nghiên cứu

nhận sự giảm mạnh, đặc biệt là ở cuối thế kỷ 21. Sự biến động này phản ánh sự ảnh hưởng của BĐKH và đặc điểm tự nhiên của từng tiểu lưu vực. Để nâng cao chất lượng nghiên cứu, nhóm tác giả nhận thấy cần sử dụng mô hình kết hợp MIKE NAM và MIKE 11 để mô phỏng dòng chảy trong các tiểu lưu vực như Khu giữa 2, nơi mà dòng chảy tại cửa ra của tiểu lưu vực này chịu ảnh hưởng của thủy triều. Điều này sẽ đảm bảo sự chính xác và toàn diện hơn trong việc đánh giá ảnh hưởng của BĐKH đối với tài nguyên nước.

Các kết quả của bài báo này cung cấp thông tin cần thiết để đánh giá và phát triển các biện pháp thích ứng hiệu quả trong tương lai, nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực và tận dụng tiềm năng của tài nguyên nước trong bối cảnh BĐKH. Việc đánh giá tác động BĐKH đến dòng chảy trên LVS Kôn - Hà Thanh, là một trong những cơ sở hỗ trợ cho công tác quản lý, định hướng khai thác, sử dụng và phát triển bền vững tài nguyên nước LVS Kôn - Hà Thanh.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự giúp đỡ của Trung tâm nghiên cứu động lực cửa sông ven biển và hải đảo, trực thuộc Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học sông biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Đức Chánh (2018). *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới dòng chảy hệ thống Sông Kôn - Hà Thanh, Bình Định*. Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật xây dựng công trình thủy, Trường đại học Bách Khoa - Đại học Đà Nẵng.

[2]. Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam (2022). *Kế hoạch quản lý lũ tổng hợp lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh, tỉnh Bình Định (2021-2035)*. Ủy ban nhân dân tỉnh Bình Định.

[3]. Viện Quy hoạch thủy lợi Việt Nam (2019). *Báo cáo chuyên đề thủy văn lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh*. rà soát, bổ sung quy hoạch phòng chống lũ các tỉnh Miền Trung, Hà Nội.

[4]. Ban Quản lý Trung ương các dự án Thủy lợi (2019). *Báo cáo đánh giá rủi ro lưu vực sông Kôn - Hà Thanh*. Dự án quản lý thiên tai tại Việt Nam. Gói thầu C1 - C1. Đánh giá rủi ro chuyên sâu cho 8 lưu vực sông và lập kế hoạch phòng chống thiên tai cho 10 tỉnh vùng dự án,

[5]. Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trần Văn Tình, Vũ Duy Hưng, Trần Thị Tú (2023). *Đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc, tỉnh Quảng Ngãi*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. Vol. 751, p. 28 - 41.

[6]. Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trần Văn Tình, Nguyễn Thị Lan Anh (2022). *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trên hệ thống sông Lại Giang, tỉnh Bình Định*. Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường. Số 42, tr. 76 - 89.

[7]. Nguyễn Hoàng Minh, Trần Thị Vân, Lại Tiến Vinh, Trần Hồng Thái (2015). *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực Sông Lô*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. Số tháng 3, tr. 3 - 8.

[8]. Huỳnh Thị Lan Hương (2013). *Kết quả nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực Sông Ba*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi. Số 13, tr. 71 - 79.

[9]. Nguyễn Đình Hoàng (2019). *Ứng dụng mô hình MIKE NAM đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông Kon Plong*. Tạp chí Khoa học Biển đổi khí hậu. Số 11, tr. 60 - 66.

[10]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016). *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*.

[11]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020). *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*.

[12]. DHI (2014). *MIKE 11 Reference Manual*. DHI Software.