

Đánh giá dòng chảy năm tỉnh Khánh Hòa trong bối cảnh biến đổi khí hậu

Nguyễn Ý Như^{1,*}, Trần Ngọc Anh¹, Nguyễn Thanh Sơn¹, Bùi Minh Sơn²

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

²Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Khánh Hòa, 14 Hoàng Hoa Thám, Nha Trang, Khánh Hòa, Việt Nam

Nhận ngày 15 tháng 7 năm 2012

Tóm tắt. Mô hình MIKE – NAM được áp dụng đối với tỉnh Khánh Hòa để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đối với dòng chảy. Biến đổi khí hậu được dự tính theo Bộ tài nguyên và Môi trường (kịch bản B1, B2 và A2) cho giai đoạn 2050 – 2100. Theo kịch bản lượng mưa trung bình năm tăng 0.7 đến 1.7% và nhiệt độ tăng 0.4 – 1°C. Kịch bản biến đổi khí hậu được sử dụng như tác nhân bên ngoài đối với mô hình mưa dòng chảy NAM, được cài đặt và thực hiện cho 18 tiểu lưu vực. Dòng chảy trung bình năm trên lưu vực dao động trong khoảng 1- 7 m³/s (31 – 45%) khi so sánh kịch bản với giai đoạn nền. Những biến đổi lớn hơn được nhận thấy ở giá trị cực trị. Dòng chảy theo mùa được dự đoán thay đổi với dòng chảy cao hơn đáng kể trong mùa mưa, giảm đáng kể trong dòng chảy mùa kiệt.

Từ khóa: NAM, Biến đổi khí hậu, dòng chảy, Khánh Hòa.

1. Giới thiệu

Tác động của biến đổi khí hậu đối với tài nguyên nước lưu vực sông được thực hiện trên nhiều quốc gia cũng như nhiều lưu vực lớn trong nước dựa vào kịch bản phát thải và các mô hình khí hậu. Việc phân tích tác động của biến đổi khí hậu đối với tài nguyên nước tỉnh Khánh Hòa tuy nhiên vẫn chưa được thực hiện. Phân tích chuỗi số liệu mưa và dòng chảy quan trắc cho thấy xu hướng tăng lên ở khu vực sông Cái và giảm đáng kể ở sông Dinh. Cả dòng chảy lũ và dòng chảy mùa kiệt đều biến động lớn, mùa khô xuất hiện một số đợt mưa lớn trên

diện rộng làm tăng dòng chảy. Dòng chảy mùa lũ có xu hướng xuất hiện muộn và kết thúc sớm so với trung bình nhiều năm dẫn tới dòng chảy mùa khô tăng lên [1]. Việc phân tích tác động của kịch bản biến đổi khí hậu đối với dòng chảy cho khu vực Khánh Hòa thông qua ứng dụng mô hình vì thế đóng vai trò quan trọng.

Tác động của biến đổi khí hậu đối với dòng chảy được phân tích theo nhiều phương pháp khác nhau, theo không gian và thời gian. Mô hình hóa tác động của biến đổi khí hậu đối với dòng chảy thường sử dụng trực tiếp chuỗi số liệu khí tượng trong mô hình thủy văn hoặc bằng cách thay đổi chuỗi số liệu quan trắc theo một tỉ lệ được dự tính.

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-38584943.
E-mail: ynhu@vnu.edu.vn

Ở Khánh Hòa, tác động của biến đổi khí hậu đối với dòng chảy chỉ được đánh giá trong 1 số ít nghiên cứu tập trung vào chuỗi dòng chảy lịch sử. Vì thế việc phân tích những biến đổi tiềm năng trong thủy văn là nghiên cứu mở đầu trong khía cạnh này.

Trong nghiên cứu này, thay đổi tỉ lệ chuỗi số liệu quan trắc theo tỉ lệ dự tính được áp dụng vào mô hình thủy văn. Mô hình thủy văn được lựa chọn là mô hình mưa dòng chảy NAM [2]. Lưu lượng sông dự tính tương lai được mô hình hóa cho 18 tiểu lưu vực (h.1).

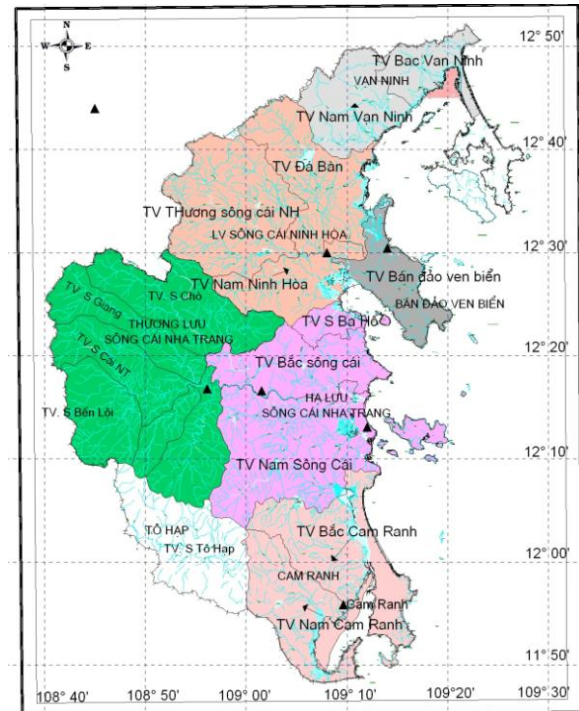
2. Khu vực nghiên cứu

Tỉnh Khánh Hòa nằm sát dãy núi Trường Sơn, đa số diện tích là núi, miền đồng bằng rất hẹp. Miền đồng bằng lại bị chia thành từng ô, cách ngăn bởi những dãy núi ăn ra biển. Điều này cho phép thể hiện tính đa dạng trong địa hình, khí hậu.

Phân bố lượng mưa ở Khánh Hòa rất không đồng đều. Lượng mưa năm của vùng nhiều mưa nhất và vùng ít mưa nhất chênh lệch nhau từ 400 – 800mm. Vùng núi cao phía Tây có lượng mưa năm trên 2000mm đến nơi ít mưa nhất là vùng đồng bằng ven biển phía Nam, xấp xỉ 1200mm. Lượng mưa năm ở Khánh Hòa tăng theo độ cao địa hình từ Đông sang Tây, từ Nam đến Bắc.

Ở Khánh Hòa ngày bắt đầu mùa mưa thường xảy ra vào trung tuần tháng IX. Riêng vùng núi phía Tây Nam, mùa mưa bắt đầu từ trung tuần tháng V. Bốn tháng mùa mưa, lượng mưa trung bình nhiều năm khoảng 900 – 1100mm, chiếm 65 – 75% tổng lượng mưa năm. Đối lập với mùa mưa, mùa khô là thời kỳ nhiệt độ cao, nguồn ẩm nghèo nàn, bốc hơi

mạnh và chỉ được bổ sung phần nào bằng lượng mưa ít ỏi thất thường.



Hình 1. Phân chia các tiểu lưu vực trên địa bàn tỉnh Khánh Hòa: (1) Bắc Vạn Ninh (140.3 km²), (2) Nam Vạn Ninh (238.4 km²), (3) Đá Bàn (334.0 km²), (5) Thượng sông Dinh (452.5 km²), (6) Nam Ninh Hòa (213.7 km²), (7) Bán đảo ven biển (184.4 km²), (8) Sông Ba Hồ (57.9 km²), (9) Bắc Sông Cái (275 km²), (10) Nam sông Cái (530.8 km²), Sông Giang (185.6 km²), Sông Cái (200.8 km²), Bến Lội (201.1 km²), Sông Khé (79.0 km²), Sông Cầu (189.5 km²), Sông Chò (315.1 km²), Bắc Cam Ranh (383.5 km²), Nam Cam Ranh (305 km²), Sông Tô Hạp (337 km²).

Tổng lượng bốc hơi năm tương đối ổn định. Chênh lệch năm nhiều nhất không quá 35% so với tổng lượng bốc hơi trung bình. Hàng năm tổng lượng bốc hơi đạt từ 1400 – 1600mm, phân bố khá đều theo các tháng. Biên độ bốc hơi năm dao động 40 – 60mm, bốc hơi ngày lớn nhất 11 – 12mm, nhỏ nhất 0,4 – 0,5mm.

3. Số liệu

Kịch bản biến đổi khí hậu B1, B2 và A2 được sử dụng để khảo sát biến đổi dòng chảy cho 2 thời kỳ năm 2050 và năm 2100 so với hiện tại. Chuỗi mưa và bốc hơi năm điển hình lựa chọn cho mỗi trạm trên toàn khu vực nghiên cứu theo nguyên tắc lựa chọn năm đại biểu [3] được thay đổi theo tỉ lệ biến đổi lượng mưa theo kịch bản biến đổi khí hậu của Bộ Tài nguyên và Môi trường (bảng 1) [4], và mức tăng lượng bốc hơi trên được thể hiện trên dòng 7 bảng 1 [5].

Bảng 1. Mức thay đổi mưa, bốc hơi so với 1980-1999 theo các kịch bản phát thải

Yếu tố	Thời gian	Các mốc thời gian	
		2050 (%)	2100 (%)
Lượng mưa B1	XII – II	-5,1	-6,7
	III – V	-7,1	-9,3
	VI – VIII	1,9	2,6
	IX – XI	6,0	7,9
Lượng mưa B2	XII – II	-5,4	-10,2
	III – V	-7,4	-14,2
	VI – VIII	2,1	3,9
	IX – XI	6,3	12,1
Lượng mưa A2	XII – II	-5,3	-13,0
	III – V	-7,1	-18,1
	VI – VIII	1,9	5,0
	IX – XI	6,1	15,3
Bốc hơi		3.2	6.8

Số liệu trong 4 giai đoạn được sử dụng (1) Hiệu chỉnh chuỗi số liệu 1983 – 1995, (2) Kiểm định chuỗi số liệu 1996 – 2009. (3) Chuỗi số liệu quan trắc giai đoạn 1980 – 1999, được sử dụng để xây dựng số liệu tương lai theo tỉ lệ thay đổi dự tính và khôi phục dòng chảy cho giai đoạn nền. (4) Số liệu bốc hơi quan trắc 1980 – 1999 cũng được sử dụng thay đổi theo tỉ lệ. Số liệu tỉ lệ thay đổi mưa và bốc hơi theo 3 kịch bản bao phủ giai đoạn 2050 – 2100. Dữ liệu nền và kịch bản được sử dụng để xác định biến đổi dòng chảy giữa 2 giai đoạn.

4. Phương pháp

NAM là một mô hình tập trung, mô tả hệ thống thủy văn qua 3 – 5 bể chứa. Trong đó bể chứa tuyết tan và bể chứa nước ngầm tầng dưới là tùy chọn. Trong nghiên cứu này 3 bể chứa được sử dụng (1) bể chứa mặt, (2) bể chứa tầng dưới, (3) bể chứa nước ngầm tầng trên. Bể chứa nước ngầm tầng dưới được sử dụng nếu dòng chảy tính toán có xu hướng giảm nhỏ hơn dòng chảy quan trắc trong thời kỳ khô [6].

Khánh Hòa được chia thành 18 tiểu lưu vực (h.1). Trong đó 14 tiểu lưu vực sông độc lập được tính trực tiếp từ mô hình, 4 lưu vực sông phụ thuộc lượng nước đến, Tiểu vùng Nam Ninh Hòa, Sông Cái, Bắc và Nam Sông Cái. Dòng chảy trong những tiểu vùng này được thực hiện gián tiếp thông qua: khôi phục dòng chảy cho toàn lưu vực lớn, cụ thể lưu vực sông Dinh, thượng lưu sông Cái và lưu vực sông Cái.

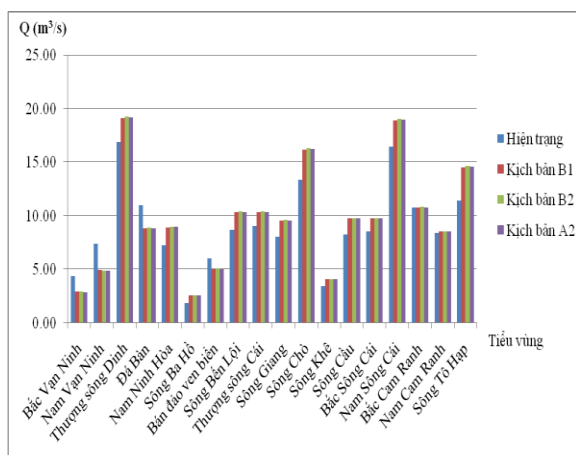
6 trạm mưa: Ninh Hòa, Hòn Khói, Nha Trang, Đồng Trăng, Khánh Vĩnh, Cam Ranh và 1 trạm bốc hơi Nha Trang được sử dụng. Chuỗi số liệu được sử dụng là giá trị trung bình ngày và được chuyển thành giá trị trung bình lưu vực bằng trọng số. Việc hiệu chỉnh chỉ được thực hiện trên lưu vực sông Cái tính đến trạm Đồng Trăng, không được thực hiện cho các tiểu vùng khác do thiếu số liệu quan trắc. Các thông số của mô hình do đó tính toán theo thông số ở lưu vực sông Cái tính đến trạm Đồng Trăng.

5. Kết quả và thảo luận

Dòng chảy năm

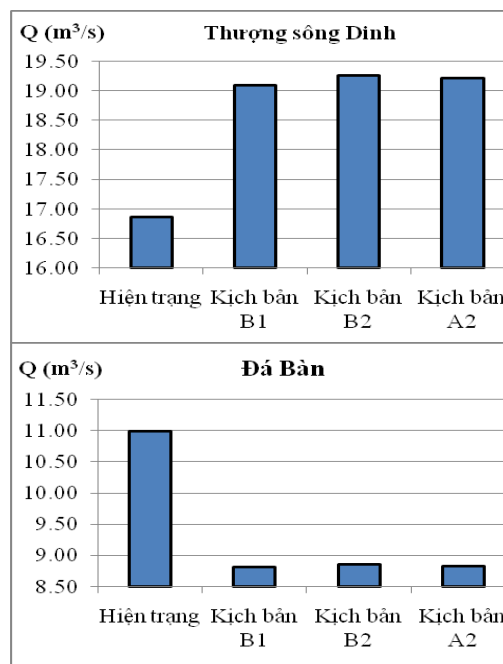
Giai đoạn 2050, hầu hết các tiểu vùng dòng chảy năm thể hiện xu thế tăng, ngoại trừ 4 tiểu vùng phía Bắc bao gồm Bắc, Nam Vạn Ninh, Bán đảo ven biển và Đá bàn có xu thế giảm.

Dao động tăng trên 2 tiểu vùng phía Nam, Bắc và Nam Cam Ranh, không đáng kể, khoảng 0.2% - 1.4%. Dòng chảy năm giữa các tiểu lưu vực dao động từ -31% đến +43%, tương đương ± 1 đến $\pm 3 \text{ m}^3/\text{s}$ là vì giá trị dòng chảy thấp. Dòng chảy lớn nhất và nhỏ nhất ở Thượng sông Dinh và Sông Ba Hồ tương ứng (h.1). Kết quả này cũng phù hợp với phân bố mưa theo không gian của tỉnh đồng thời sự khác biệt này là bởi vì địa hình và diện tích tiểu lưu vực khác nhau. Thượng sông Dinh và Đá Bàn được sử dụng để thể hiện dạng biến đổi chủ yếu của dòng chảy theo không gian dưới tác động của 3 kịch bản. Tương tự nhau, song tác động của kịch bản B2 cao hơn so với 2 kịch bản còn lại (h.2).

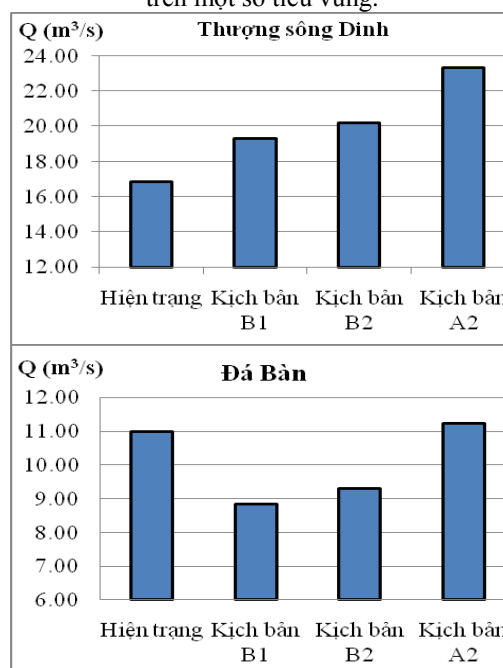


Hình 1. Biến đổi dòng chảy năm giai đoạn 2010 – 2050 giữa các tiểu vùng.

Xu hướng tăng tiếp diễn đến nửa thế kỷ sau với cường độ biến đổi lớn hơn, -14% đến +73.67%, tương đương ± 1 đến $\pm 7 \text{ m}^3/\text{s}$. Điểm đáng chú ý ở đây là giai đoạn này cường độ dòng chảy trên toàn lưu vực khi so sánh giữa 3 kịch bản tăng mạnh nhất ở kịch bản A2 (h.3).



Hình 2. Biến đổi dòng chảy giai đoạn 2010-2050 trên một số tiểu vùng.



Hình 3. Biến đổi dòng chảy trên tiểu vùng giai đoạn 2050 – 2100 trên một số tiểu vùng.

Tương tự, mô đun dòng chảy đạt giá trị lớn nhất ở thượng sông Dinh và Nam sông Cái giai đoạn 2050. Chênh lệch không đáng kể giữa 3 kịch bản, mô đun dòng chảy cũng thể hiện xu hướng tăng lớn nhất ở kịch bản B1. Giai đoạn 2100, mô đun dòng chảy theo kịch bản B1 gần như không đổi, tăng rõ rệt ở 2 kịch bản B2 và A2. *Tính cực đoan của kịch bản biến đổi khí hậu thể hiện mạnh hơn vào cuối thế kỷ.*

Dòng chảy kiệt

Mùa khô mưa giảm trong khi bốc hơi tăng so với giai đoạn 1980 – 1999. *Dao động giảm* ở dòng chảy vì thế chiếm ưu thế nhưng mức giảm chênh lệch khá lớn giữa các tiểu vùng (bảng 2). Xu hướng tăng không đáng kể ở một số tiểu vùng Nam Ninh Hòa, sông Ba Hồ, Bắc và Nam sông Cái, thuộc miền đồng bằng vốn dĩ lượng mưa ít phong phú hơn. Như vậy biến đổi khí hậu gây tác động khác nhau theo địa hình, giảm

ở vùng núi và tăng ở đồng bằng. Điều này góp phần điều hòa phân bố dòng chảy của tỉnh.

Dòng chảy kiệt giảm mạnh nhất ở Bắc và Nam Cam Ranh, vùng ít mưa nhất trong toàn tỉnh. Theo cả 3 kịch bản, dao động dòng chảy khoảng trên 58%. Dòng chảy kiệt giảm ít nhất ở kịch bản B1, mức độ cực đoan thấp nhất.

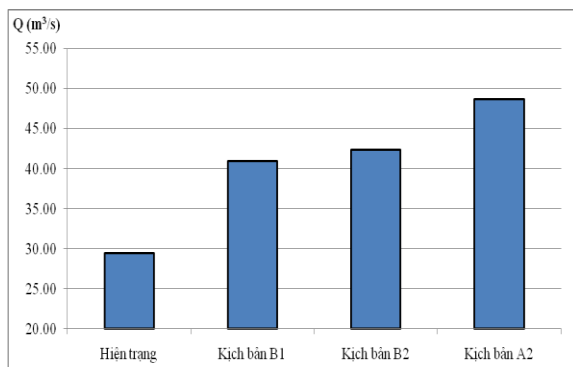
Giai đoạn 2100 mưa giảm mạnh hơn đồng thời bốc hơi lớn hơn giai đoạn trước. Cường độ dòng chảy tuy nhiên *giảm nhẹ hơn* khi so sánh với cùng 1 kịch bản. Khả năng là mùa lũ xuất hiện muộn và kết thúc sớm hơn dẫn tới xu thế dòng chảy mùa khô giảm ít hơn như đã đề cập đến [1]. Tương tự giai đoạn nửa đầu thế kỷ, dòng chảy ở kịch bản A2 giảm mạnh nhất và B1 giảm nhẹ nhất (Bảng 2). Nghĩa là tác động biến đổi khí hậu theo *kịch bản A2 khắc nghiệt nhất* trong 3 kịch bản đối với dòng chảy kiệt giai đoạn này.

Bảng 2. Dao động dòng chảy kiệt trên các tiểu vùng theo 3 kịch bản BDKH

Vùng	Hiện trạng	Kịch bản B1				Kịch bản B2				Kịch bản A2			
		2050	%	2100	%	2050	%	2100	%	2050	%	2100	%
Bắc Vạn Ninh	1.80	0.97	-46.42	0.97	-46.23	0.95	-47.29	0.96	-46.62	0.95	-47.51	1.01	-43.70
Nam Vạn Ninh	3.16	1.64	-48.02	1.65	-47.83	1.61	-48.87	1.63	-48.21	1.61	-49.08	1.72	-45.38
Thượng sông Dinh	7.49	7.06	-5.68	7.08	-5.35	7.15	-4.48	7.29	-2.63	7.13	-4.68	7.89	5.45
Đá Bàn	4.69	2.72	-42.07	2.67	-42.99	2.70	-42.53	2.72	-42.10	2.69	-42.74	2.96	-36.93
Nam Ninh Hòa	3.15	3.25	3.17	3.28	4.08	3.30	4.89	3.38	7.18	3.30	4.66	3.66	16.13
Sông Ba Hồ	0.75	0.95	26.35	0.95	26.76	0.96	27.93	0.98	29.55	0.96	27.66	1.05	40.00
Bán đảo ven biển	2.55	1.56	-38.71	1.56	-39.06	1.57	-38.62	1.60	-37.20	1.56	-38.81	1.75	-31.59
Sông Bến Lợi	4.57	4.50	-1.61	4.54	-0.72	4.56	-0.22	4.64	1.42	4.55	-0.49	4.90	7.08
Thượng sông Cái	4.73	4.49	-5.03	4.53	-4.18	4.56	-3.69	4.63	-2.11	4.55	-3.96	4.89	3.35
Sông Giang	4.22	4.15	-1.61	4.19	-0.72	4.21	-0.22	4.28	1.42	4.20	-0.49	4.52	7.08
Sông Cho	6.94	7.05	-47.84	7.12	-47.37	7.15	-47.11	7.27	-46.24	7.13	-47.25	7.67	-43.24
Sông Khê	1.80	1.77	-1.61	1.78	-0.72	1.79	-0.22	1.82	1.42	1.79	-0.49	1.92	7.08
Sông Cầu	4.31	4.24	-1.62	4.28	-0.73	4.30	-0.23	4.37	1.41	4.29	-0.50	4.62	7.07
Bắc Sông Cái	3.62	3.90	7.84	3.91	7.98	3.90	7.78	3.98	10.03	3.89	7.60	4.26	17.77
Nam Sông Cái	6.99	7.95	13.76	7.99	14.33	7.97	14.08	8.12	16.30	7.96	13.91	8.58	22.79
Bắc Cam Ranh	4.80	4.49	-58.16	4.44	-58.61	4.43	-58.65	4.41	-58.84	4.43	-58.69	4.48	-58.26
Nam Cam Ranh	3.84	3.61	-57.01	3.57	-57.48	3.57	-57.48	3.55	-57.69	3.57	-57.53	3.61	-57.02
Sông Tô Hạp	5.36	5.81	-48.93	5.87	-48.36	5.88	-48.34	5.94	-47.75	5.85	-48.55	6.18	-45.62

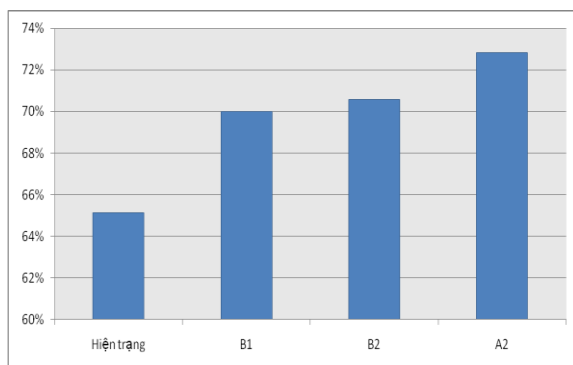
Dòng chảy lũ

Dòng chảy mùa lũ giai đoạn 2050, xu thế tăng chiếm ưu thế nhưng với cường độ thay đổi rõ rệt ở cả 3 kịch bản. Dòng chảy tháng lũ dao động từ giảm xấp xỉ 27% đến tăng khoảng 2.5 lần trong nửa đầu thế kỷ và 2.5 đến hơn 3 lần trong nửa sau thế kỷ so với hiện trạng, tương đương $\pm 3 \text{ m}^3/\text{s}$ đến $\approx 20 \text{ m}^3/\text{s}$ (h.4).

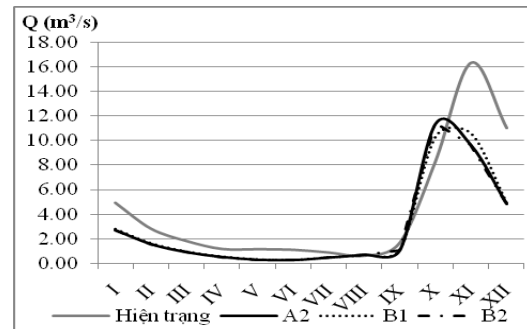


Hình 4. Dao động dòng chảy lũ tiểu vùng sông Tô Hạp – giai đoạn 2050.

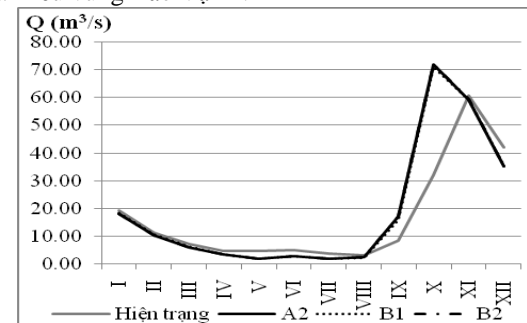
Dòng chảy lũ chiếm 67% đến 77% theo kịch bản B1, và chiếm tỉ lệ lớn hơn ở kịch bản B2 và A2 so với hiện trạng chỉ chiếm từ 60% đến 68%.



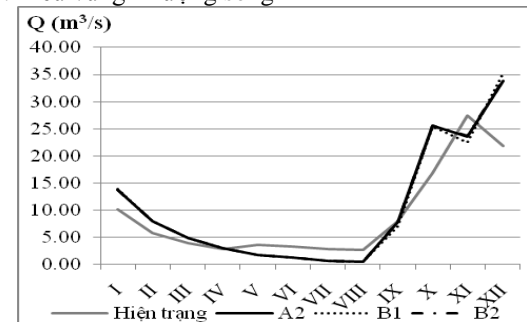
Hình 5. Phân bố dòng chảy mùa lũ tỉnh Khánh Hòa giai đoạn 2100.



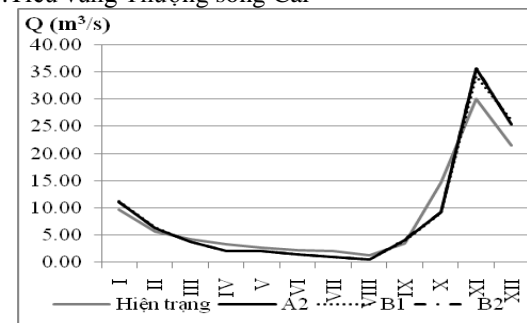
a. Tiểu vùng Bắc Vạn Ninh



b. Tiểu vùng Thượng sông Dinh



c. Tiểu vùng Thượng sông Cái

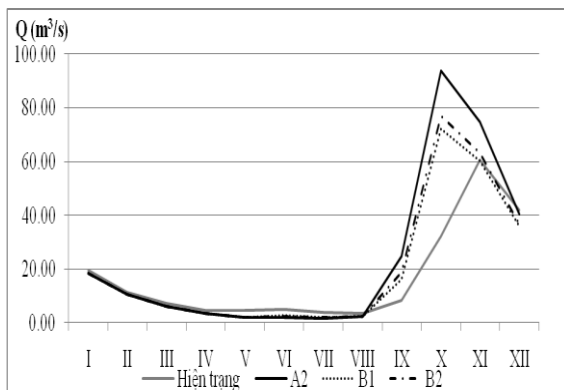


d. Tiểu vùng Nam Cam Ranh

Hình 6. Dao động dòng chảy giai đoạn 2050.

Giai đoạn 2100 dòng chảy lũ chiếm đến 69 – 80% dòng chảy năm theo kịch bản A2. Điều đó cho thấy tính phân bố không đều của dòng chảy rõ rệt hơn, tập trung nhiều hơn vào mùa lũ, đặc biệt ở kịch bản cực đoan hơn (h.5).

Xem xét biến trình dòng chảy tháng cung cấp cái nhìn tổng quan về phân bố dòng chảy trong năm (h.6). Đỉnh lũ xuất hiện sớm hơn, vào tháng X trong cả 2 giai đoạn 2050 và 2100 (h.6). Tuy nhiên sự biến đổi của nó theo 3 dạng chủ đạo từ Bắc vào Nam. Trong đó khu vực phía Bắc thể hiện 2 xu hướng chính, với đỉnh lũ nhỏ hơn ở Bắc và Nam Vạn Ninh (h.6a), lớn hơn ở các tiểu vùng còn lại thuộc miền Thượng sông Cái lên phía Bắc (Hình 6b). Dòng chảy rút nhanh hơn so với hiện trạng. Khu vực trung lưu, các tiểu lưu vực thuộc lưu vực sông Cái, mặc dù cũng cho thấy sự xuất hiện sớm hơn của đỉnh lũ, nhưng giá trị này tiếp tục tăng đến cuối năm, tháng XII, thay vì rút nước như các tiểu vùng phía Bắc. Chính vì thế dòng chảy đầu mùa kiệt, khoảng tháng I, tháng II vẫn duy trì xu hướng tăng so với hiện trạng, tuy thay đổi không lớn (h.6c). Ở các tiểu vùng phía Nam, đỉnh lũ tăng nhanh và mạnh hơn, nhưng thời gian xuất hiện tháng lũ lớn nhất không thay đổi so với hiện trạng (h.6d).



Hình 7. Dao động dòng chảy tiểu vùng Thượng sông Đỉnh giai đoạn 2100.

Đường quá trình dòng chảy giữa 3 kịch bản gần như trùng khít nhau, cho thấy sự tác động giữa các kịch bản chưa có sự khác biệt rõ rệt trong giai đoạn 2050 (h.6). Tuy nhiên, mức độ khắc nghiệt của kịch bản được thể hiện rõ rệt vào giai đoạn 2100 ở kịch bản A2 (h.7).

6. Kết luận

Đến giữa thế kỷ biến đổi khí hậu chủ yếu gây tác động tăng với dòng chảy năm (± 1 đến ± 7 m³/s) và dòng chảy mùa lũ (3 – 20 m³/s), giảm trong dòng chảy mùa kiệt (± 1 m³/s). Vào cuối thế kỷ biến đổi của 3 đặc trưng dòng chảy so với hiện trạng cũng tương tự nhưng được thể hiện rõ rệt hơn, đặc biệt ở kịch bản A2.

Kịch bản có tính cực đoan càng cao tác động càng lớn đến cực trị kiệt (dòng chảy tháng kiệt nhất), đồng thời cho thấy sự phân hóa rõ rệt hơn theo không gian: vùng núi chịu tác động giảm chủ yếu trong khi vùng đồng bằng tìm thấy xu hướng tăng.

Điểm đáng chú ý nhất trên lưu vực là tháng đỉnh lũ có khả năng xuất hiện sớm hơn, biến đổi mạnh hơn so với hiện trạng, nghĩa là tăng đột ngột hơn đồng thời quá trình nước rút cũng diễn ra nhanh hơn. Tính phân bố không đều của dòng chảy theo thời gian biểu hiện rõ rệt hơn.

Như vậy có thể thấy tác động của biến đổi khí hậu gây ra biến động lớn cả theo không gian lẫn thời gian trong năm và thời gian theo giai đoạn thế kỷ.

Tài liệu tham khảo

- [1] DHI Water & Environment, 2007. *MIKE 11 User Guide*.
- [2] Lại Thị Lương, 2012. Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước mặt tỉnh Khánh Hòa. *Tuyển tập Báo cáo Hội thảo Khoa học Quốc gia*

- về Khí tượng, Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu lần thứ XV, tr.270 – 275.
- [3] Nguyễn Thanh Sơn, 2008. *Tính toán thủy văn*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [4] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2009. *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*, Hà Nội.
- [5] Nguyễn Văn Thắng, Nguyễn Trọng Hiệu, Phạm Thị Thanh Hương, 2011. Đánh giá tác động của Biến đổi khí hậu đến tài nguyên khí hậu. *Tuyển tập Báo cáo Khoa học lần thứ XIII*, tr.310-317.
- [6] DHI Water & Environment, 2007. *MIKE 11 references manual. DHI Mike 11 – User's Manual*.

Assessment the annual flow of Khanh Hoa province under climate change conditions

Nguyen Y Nhu¹, Tran Ngoc Anh¹, Nguyen Thanh Son¹, Bui Minh Son²

¹VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam

²Department of Natural Resources and Environment Khanh Hoa,
14 Hoang Hoa Tham, Nha Trang, Khanh Hoa, Viet Nam

MIKE – NAM model was employed to Khanh Hoa province to assess climate change impacts on river flows. Predicted climate change followed Ministry of Natural Resources and Environment (B1, B2 and A2 scenarios) for time slices 2050 and 2100. They predicted an increase in mean annual precipitation of 0.7 to 1.7% and an increase in mean annual temperature of 0.4 – 1°C. The scenarios were used as external forcings to the rainfall runoff model NAM, which was set up and run for 18 subcatchments. Mean annual runoff from the river basin increase 1- 7 m³/s (31 – 45%) when comparing the scenario to the control. Larger changes was found regarding the extremes. The seasonal pattern is expected to change with significantly higher runoff during wet season and lower runoff during dry season.

Keywords: NAM, Climate change, river flows, Khanh Hoa, runoff, scenarios.