

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành khóa luận này em, trước hết em xin cảm ơn PGS. TS Nguyễn Thanh Sơn, đã tận tình hướng dẫn, động viên em trong suốt quá trình giảng dạy cũng như hướng dẫn em trong thời gian làm khóa luận.

Em cũng cảm ơn chân thành đến các thầy cô giáo Khoa Khí tượng – Thủy văn – Hải dương học, các anh chị khóa trước, đã tạo mọi điều kiện để em có thể hoàn thành khóa luận một cách tốt nhất.

Cuối cùng em cũng cảm ơn gia đình, các bạn bè đã giúp đỡ, khích lệ, động viên, và giúp đỡ em rất nhiều để em có thể hoàn thành khóa luận này.

Hà Nội, tháng 5 năm 2011

Sinh viên

Hoàng Thị Ngân

MỞ ĐẦU

Nghiên cứu và tính toán dòng chảy lũ có tầm quan trọng không những về thực tế mà còn về ý nghĩa khoa học. Ý nghĩa khoa học của việc nghiên cứu dòng chảy lũ và dòng chảy lớn nhất ở chỗ dòng chảy lũ và dòng chảy lớn nhất xác định đặc điểm chung của chế độ dòng chảy sông ngòi một vùng. Các đặc điểm cơ bản của dòng chảy lũ thường có quan hệ chặt chẽ với điều kiện khí tượng và địa lý tự nhiên của lưu vực, nó phản ánh sự thay đổi theo không gian của các nhân tố đó. Ý nghĩa thực tế của việc nghiên cứu dòng chảy lũ ở chỗ nó là số liệu quan trọng cho thiết kế các công trình.

Mặt khác, trong thời gian gần đây dưới tác động của biến đổi khí hậu đã được tính toán, trong khoảng 50 năm qua, nhiệt độ trung bình năm đã tăng khoảng 0,5 - 0,7°C, mực nước biển đã dâng khoảng 20cm. Biến đổi khí hậu tác động làm cho các thiên tai, đặc biệt là bão, lũ, hạn hán ngày càng ác liệt. Biến đổi khí hậu có thể tác động đến nông nghiệp, gây rủi ro lớn đối với công nghiệp và các hệ thống kinh tế - xã hội trong tương lai [2].

Việc tính toán được tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lũ là một vấn đề cấp thiết đặt ra cho các nhà quản lý tài nguyên nước. Do vậy, *“Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến biến động dòng chảy kiệt lưu vực sông Nhuệ - Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội”* là một đề tài có tính khoa học và thực tiễn nhằm góp phần giải quyết bài toán trên đối với các nhà quản lý tài nguyên nước trên địa bàn Thủ đô để đưa ra được những quyết định chiến lược phát triển đúng đắn.

Cấu trúc, nội dung của luận văn gồm 3 chương, không kể mở đầu, kết luận, tài liệu tham khảo và phụ lục.

Chương 1. Tổng quan lưu vực nghiên cứu

Chương 2. Tổng quan về biến đổi khí hậu

Chương 3. Đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến biến động dòng chảy mùa lũ.

Chương 1

TỔNG QUAN LƯU VỰC NGHIÊN CỨU

1.1. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN LƯU VỰC SÔNG NHUỆ ĐÁY

1.1.1 Vị trí địa lý

Lưu vực sông Nhuệ - Đáy, có vị trí địa lý đặc biệt, có Thủ đô của cả nước, đa dạng và phong phú về tài nguyên và đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong nền kinh tế của vùng đồng bằng sông Hồng.

Lưu vực sông Nhuệ - Đáy nằm ở hữu ngạn sông Hồng trong phạm vi từ 20°00' đến 21°20' vĩ độ Bắc và từ 105°00' đến 106°30' kinh độ Đông, với tổng diện tích tự nhiên là 7.665 km², bao gồm địa phận hành chính của các tỉnh sau: Hà Nội, Hòa Bình, Hà Nam, Nam Định, Ninh Bình.

Giới hạn của lưu vực như sau:

Phía Bắc và Đông Bắc được bao bởi đê sông Hồng từ ngã ba Trung Hà tới cửa Ba Lạt với tổng chiều dài khoảng 242 km. Phía Tây Bắc giáp sông Đà từ Ngòi Lát tới Trung Hà với chiều dài khoảng 33 km. Phía Tây và Tây Nam là đường phân lưu giữa lưu vực sông Hồng và lưu vực sông Mã bởi dãy núi Ba Vì, Cúc Phương – Tam Điệp, kết thúc tại núi Mai An Tiêm (nơi có sông Tống gặp sông Cầu Hội) và tiếp theo là sông Càn dài 10 km rồi đổ ra biển tại cửa Càn. Phía Đông và Đông Nam là biển Đông có chiều dài 95 km từ cửa Ba Lạt tới cửa Càn (Hình 1)

Sông Nhuệ (tức Nhuệ Giang) bắt nguồn từ cống Liên Mạc (21°05'27" vĩ độ Bắc, 105°46'12" kinh độ Đông) lấy nước từ sông Hồng trên địa bàn huyện Từ Liêm (thành phố Hà Nội) và điểm kết thúc là cống Phủ Lý khi hợp lưu với sông Đáy gần thành phố Phủ Lý (20°32'42" vĩ độ Bắc, 105°54'32" kinh độ Đông). Sông Nhuệ lấy nước để tưới cho hệ thống thủy nông Đan Hoài với lưu lượng khoảng 30 m³/s, sông Nhuệ còn có nhiệm vụ tiêu nước cho thành phố Hà Nội, thị xã Hà Đông rồi sau đó chảy vào sông Đáy tại thị xã Phủ Lý.

Sông dài 74 km tính từ nguồn là cống Liên Mạc về đến cống Phủ Lý (Hà Nam), diện tích lưu vực khoảng 1.075 km², chiếm 13,95% trong tổng diện tích lưu vực sông Nhuệ - Đáy. Trên địa bàn Hà Nội, sông có chiều dài 61,5 km. Độ rộng trung bình của sông là 30 – 40 m. Sông chảy ngoằn ngoèo theo hướng Bắc – Nam ở thượng nguồn và theo hướng Đông Bắc – Tây Nam ở hạ và trung lưu. Lưu vực

được giới hạn phía Đông Bắc giáp lưu vực sông Hồng, phía Tây giáp lưu vực sông Đáy, phía Nam giáp lưu vực sông Châu Giang.

Sông Đáy là một chi lưu nằm bên hữu ngạn của sông Hồng (từ 20°33' đến 21°19' vĩ độ Bắc và 105°17' đến 105°50' kinh độ Đông), chiều dài sông chính khoảng 247 km (tính từ cửa Hát Môn đến cửa Đáy trước khi đổ ra biển Đông), diện tích lưu vực khoảng 6.595 km². Lưu vực được giới hạn phía Bắc được bao bởi đê sông Hồng, phía Đông giáp lưu vực sông Nhuệ, phía Tây giáp tỉnh Hòa Bình, phía Nam giáp tỉnh Hà Nam [5]

1.1.2 Địa hình, địa mạo

Nằm trên vùng châu thổ sông Hồng, khu vực nghiên cứu nằm dài theo phương vĩ tuyến, chịu ảnh hưởng của nhiều đới cấu trúc địa chất khác nhau, khiến cho địa hình có sự phân hóa tương phản thể hiện rõ nét theo hướng Tây – Đông và hướng Bắc – Nam. Xét về mặt cấu trúc ngang đi từ Tây sang Đông có thể chia địa hình khu vực nghiên cứu thành các vùng chính như sau:

Vùng đồi núi: Địa hình núi phân bố ở phía Tây và Tây Nam lưu vực và chiếm khoảng 30% diện tích, có hướng Đông Bắc xuống Tây Nam ra biển và thấp dần từ Tây sang Đông. Phần lớn là các dãy núi thấp có độ cao trung bình 400 – 600 m được cấu tạo bởi các đá trầm tích lục nguyên, cacbonat; chỉ một vài khối núi có độ cao trên 1.000m được cấu tạo bởi đá trầm tích phun trào như khối núi Ba Vì có đỉnh cao 1.296m, khối núi Viên Nam có đỉnh cao 1.031m và cấu tạo bởi đá xâm nhập granit như khối núi Đồi Thơi (Kim Bôi - Hoà Bình) có đỉnh cao 1.198m. Địa hình núi trong khu vực có sự phân dị và mang những đặc trưng hình thái khác nhau.

Địa hình được tách ra bởi địa hình núi và đồng bằng bởi độ chênh cao < 100 m, độ phân cắt sâu từ 15 – 100 m. Trên phạm vi lưu vực sông Nhuệ, địa hình đồi chỉ chiếm khoảng 10% diện tích có độ cao phần lớn dưới 200 m, phân bố chuyển tiếp từ vùng núi xuống đồng bằng. Theo đặc điểm hình thái, có thể chia thành hai khu vực: vùng đồi phía Bắc và vùng đồi phía Nam.

Vùng đồng bằng: Diện tích vùng đồng bằng chiếm khoảng 60% lãnh thổ, địa hình khá bằng phẳng có độ cao < 20 m và thấp dần từ Tây sang Đông, từ Tây Bắc xuống Đông Nam. Bề mặt đồng bằng lại bị chia cắt bởi hệ thống sông và kênh mương chằng chịt. Có thể chia đồng bằng thành 4 khu vực có đặc điểm khác nhau: vùng đồng bằng phía Bắc, vùng đồng bằng trung tâm, vùng đồng bằng phía Nam, vùng đồng bằng thung lũng.

rộng, dòng sông chảy chậm, khả năng thoát nước kém dẫn đến tình trạng ngập lụt mỗi khi xuất hiện mưa lớn [6].

1.1.3 Địa chất, thổ nhưỡng

Địa chất

Vùng đồi núi: Các dãy núi có độ cao từ 400 – 600 m được cấu tạo bởi các đá trầm tích lục nguyên, cacbonat. Một vài khối núi có độ cao trên 1.000 m được cấu tạo bởi đá trầm tích phun trào như khối núi Ba Vì, khối núi Viên Nam. Khu vực huyện Mỹ Đức là vùng núi đá vôi có nhiều hang động và hiện tượng karst mạnh.

Vùng đồng bằng: Có cấu tạo chủ yếu là đất phù sa, địa chất của vùng đồng bằng chủ yếu là nền mềm, các lớp đất thường gặp là đất thịt các loại, đất sét và cát pha, xen kẽ có các lớp cát mịn, cát chảy hoặc bùn. Các lỗ khoan thăm dò địa chất và các giếng khoan khai thác nước ngầm cho thấy cấu tạo địa chất từ trên xuống dưới gồm các lớp sau: sét pha và đất sét lẫn cát dày 2 ÷ 16 m; bùn hữu cơ – bùn cát dày 1,3 – 6 m (10 m); tầng cát đá cuội, đá dăm hạt to dày 50 – 90 m.

Thổ nhưỡng

Do nằm trong vùng đồng bằng châu thổ sông Hồng nên đất trong khu vực chủ yếu là đất phù sa của hệ thống sông Hồng và sông Đáy bồi đắp nên. Mặc dù được bao bọc bởi các đê sông Hồng, sông Đáy song hầu như hàng năm diện tích đất canh tác ít nhiều đều được tưới bằng nước phù sa lấy từ các cống tự chảy hoặc các trạm bơm.

Quá trình bồi tụ, hình thành và phát triển của các nhóm đất ở từng khu vực khác nhau đã tạo nên sự đa dạng về loại hình đất trong hệ thống. Song hình như chúng đều là các loại đất ít chua và chua có hàm lượng mùn và các chất dinh dưỡng ở mức độ trung bình đến nghèo. Những khu vực cao ven sông Hồng, sông Đáy đất có thành phần cơ giới nhẹ chủ yếu là đất cát hoặc cát khá chua và nghèo chất dinh dưỡng. Các vùng trũng ven sông Nhuệ, Duy Tiên, Châu Giang đất có thành phần cơ giới nặng chủ yếu là loại đất thịt nặng và sét nhẹ ít chua và giàu các chất dinh dưỡng hơn. Khu vực nghiên cứu có 5 loại đất: đất phù sa, đất xám có tầng loang, đất phù sa glây, đất xám feralit và đất glây chua.

Đất phù sa chiếm diện tích lớn nhất của toàn bộ lưu vực, tập trung chủ yếu ở phía Đông, phía Bắc và Đông Bắc. Đất phù sa thích hợp cho trồng cây nông nghiệp như lúa nước, hoa màu. Phía Tây là nơi tập trung nhiều đất xám feralit thích hợp cho trồng cây công nghiệp ngắn và dài ngày, cây ăn quả [5,6].

1.1.4 Thảm thực vật

Hiện nay rừng đầu nguồn đang bị khai thác, tàn phá nghiêm trọng làm giảm diện tích rừng tự nhiên và đa dạng sinh học bị giảm sút.

Do lưu vực sông Nhuệ - Đáy có địa hình đa dạng với các vùng đồi núi và 2/3 diện tích là đồng bằng, nên trên lưu vực có nhiều hệ sinh thái như rừng trên núi đất, núi đá vôi, các hệ sinh thái thủy vực nước ngọt, các vùng đất ngập nước.

Phần lớn lưu vực lưu những vùng đồng bằng đã bị khai phá từ lâu đời. Nhưng với một phần là diện tích rừng núi thuộc các khu rừng đặc dụng như Cúc Phương, Ba Vì, khu bảo vệ cảnh quan Hương Sơn, Hoa Lư, Vân Long, ngập nước mặn với thế giới sinh vật trong lưu vực vô cùng vô cùng phong phú, đa dạng. Tính đến năm 2002 toàn lưu vực có khoảng 16.770 ha rừng, trong đó diện tích rừng tự nhiên 3.922 ha, diện tích rừng trồng 12.484 ha.

Những hậu quả do tác động của con người đến hệ sinh thái, đó là: khai thác quá mức làm mất cân bằng sinh thái; các kỹ thuật canh tác, chăm bón, bảo vệ thực vật nhằm tăng sản lượng cây trồng; chất thải sinh hoạt và công nghiệp; hệ sinh thái thủy vực nước mặn nơi nhận toàn bộ chất thải của lưu vực có nguy cơ bị hủy hoại; các nguy cơ tiềm ẩn [9]

Hệ sinh thái tự nhiên trong lưu vực sông Nhuệ - Đáy bao gồm: *Hệ sinh thái rừng kín lá rộng; Hệ sinh thái trảng cây bụi, cỏ trên núi đất; Hệ sinh thái rừng kín thường xanh cây lá rộng nhiệt đới trên núi đá vôi; Hệ sinh thái trảng cây bụi, trảng cỏ trên núi đá vôi*

1.1.5 Khí hậu

Khu vực nghiên cứu có khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa – kiểu khí hậu chung của vùng Đồng bằng Bắc Bộ - với mỗi năm có một mùa đông lạnh và khô; một mùa hè nóng, ẩm và mưa nhiều. Giữa hai mùa này có sự chuyển giao về khí hậu, điển hình là tháng IV và tháng X nên có thể coi khí hậu ở đây có 4 mùa [8].

Bức xạ mặt trời: *Bức xạ mặt trời* là nguồn nhiệt chính tạo nên nhiệt độ không khí và nhiệt độ đất. Phân bố bức xạ trong năm liên quan đến tiến trình năm của độ cao mặt trời và thời gian chiếu sáng trong ngày. Tổng lượng bức xạ hàng năm ở khu vực nghiên cứu cỡ 122,8 kcal/cm²/năm. Bức xạ cực đại thường xảy ra vào tháng VII (15,2 kcal/cm²/tháng) và cực tiểu thường xảy ra vào tháng II (5,2 kcal/cm²/tháng). Số giờ nắng hàng năm đạt dao động trong khoảng từ 1.300 đến 1.700 giờ.

Nhiệt độ không khí: Nhiệt độ không khí cao nhất tuyệt đối tới 42,8°C, thấp nhất tuyệt đối chỉ 2,7°C, trung bình năm dao động trong khoảng 23 ÷ 24°C. Trong những năm gần đây, do ảnh hưởng chung của sự biến đổi khí hậu toàn cầu, nhiệt độ không khí có xu hướng tăng cao nên nền nhiệt độ không khí trung bình năm của những năm gần đây cũng tăng lên (năm 1998 là 25,1°C).

Độ ẩm không khí: Độ ẩm không khí trong khu vực nghiên cứu khá lớn, trung bình năm dao động trong khoảng 84 – 86%. Mùa có mưa phùn (tháng III và tháng IV hàng năm) là thời kỳ ẩm ướt nhất còn nửa đầu mùa đông (tháng XII và tháng I hàng năm), do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc khô hanh nên là thời kỳ khô nhất của năm.

Bốc hơi: Diễn biến của lượng bốc hơi phụ thuộc vào diễn biến của nhiệt độ và độ ẩm không khí. Lượng bốc hơi tháng bình quân nhiều năm dao động trong khoảng 60 ÷ 100 mm. Tháng có lượng bốc hơi lớn nhất trong năm là tháng VII, tới 98 mm. Thời kỳ khô hanh đầu mùa đông cũng là thời kỳ có lượng bốc hơi lớn, trung bình dao động trong khoảng 90 – 95 mm.

Tốc độ gió: Tốc độ gió ở khu vực không lớn lắm. Tốc độ gió trung bình của tháng lớn nhất (tháng IV) cũng chỉ khoảng 2,5 m/s còn của tháng nhỏ nhất (tháng I) rất thấp, chỉ 1,5 m/s. Tuy nhiên, tốc độ gió mạnh nhất có thể đạt tới trên 40 m/s. Hướng gió luôn thay đổi theo thời gian trong năm nhưng chủ đạo là các hướng Đông Nam và Đông Bắc.

Mưa: Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng mưa trung bình của Đồng bằng Bắc Bộ. Lượng mưa năm bình quân nhiều năm ở đây đạt khoảng 1.650 mm. Mỗi năm có khoảng trung bình trên dưới 150 ngày có mưa. Lượng mưa phân bố rất không đều theo thời gian trong năm. Một năm hình thành hai mùa: mùa mưa và mùa khô rõ rệt.

Mùa mưa kéo dài 5 tháng, từ tháng V đến tháng X với tổng lượng mưa chiếm tới xấp xỉ 83 % tổng lượng mưa năm. Tháng mưa nhiều nhất thường là VII hoặc VIII với lượng mưa chiếm tới trên 18 % tổng lượng mưa năm. Ba tháng liên tục có mưa lớn nhất trong năm là VII, VIII, IX. Tổng lượng mưa của ba tháng này chiếm tới trên 49 % tổng lượng mưa năm.

Mùa khô thường kéo dài 7 tháng, từ tháng XI đến tháng IV năm sau với tổng lượng mưa chỉ chiếm khoảng 17 % lượng mưa của cả năm. Tháng ít mưa nhất thường là tháng VII hoặc tháng I với lượng mưa chỉ chiếm trên dưới 1 % tổng

lượng mưa năm. Ba tháng liên tục mưa ít nhất là các tháng XII, I và II. Tổng lượng mưa của 3 tháng này chỉ chiếm khoảng 4,2 % tổng lượng mưa năm.

1.1.6 Thủy văn

Lưu vực sông Nhuệ - Đáy gồm 2 nhánh sông chính: sông Nhuệ và sông Đáy, ngoài ra có rất nhiều các chi lưu như: sông Tích, sông Bùi, sông Thanh Hà.

Sông Tích có chiều dài 91 km, bắt nguồn từ vùng đồi núi Ba Vì, đổ vào sông Đáy tại Ba Thá. Dòng chảy năm của sông Tích và sông Đáy đo tại trạm Ba Thá là $1,35 \text{ tỉ m}^3$, chiếm 4,7 % tổng lượng dòng chảy năm tại cửa ra lưu vực.

Sông Thanh Hà bắt nguồn từ dãy núi đá vôi gần Kim Bôi – Hòa Bình, chảy vào vùng đồng bằng từ ngã ba Đông Chiêm ra đến Đục Khê, được ngăn cách giữa cánh đồng và núi bởi kênh Mỹ Hà, đưa nước chảy thẳng vào sông Đáy. Diện tích lưu vực là 271 km^2 , sông dài 40 km, chiều rộng trung bình lưu vực 9 km.

Chế độ thủy văn của lưu vực sông Đáy không những chịu ảnh hưởng của các yếu tố mặt đệm trên bề mặt lưu vực, các yếu tố khí hậu mà còn phụ thuộc vào chế độ dòng chảy của nước sông Hồng và các sông khác. Vì thế mà chế độ thủy văn ở đây rất phức tạp và có sự khác nhau nhất định giữa các đoạn sông. Dòng chảy trên lưu vực sông phân bố không đều theo không gian và thời gian.

Theo không gian: dòng chảy lớn nhất ở núi Ba Vì, phần hữu ngạn lưu vực có dòng chảy lớn hơn phần tả ngạn.

Theo thời gian: thể hiện rõ nét thông qua phân phối dòng chảy trong năm. Phân phối dòng chảy năm phụ thuộc vào sự phân phối theo mùa của lượng mưa năm nên dòng chảy trong năm cũng phân phối không đều và thể hiện hai mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa từ tháng V đến tháng X chiếm 80 – 85 % lượng mưa cả năm. Mùa khô từ tháng XII đến tháng IV năm sau.

Lượng nước mùa lũ ở hầu hết các sông chiếm từ 70 – 80 % lượng nước năm. Trong mùa cạn, mực nước và lưu lượng nước nhỏ. Lượng dòng chảy trong 7 tháng mùa cạn chỉ chiếm khoảng 20 – 25 % lượng dòng chảy cả năm. Ngoài các nhánh sông lớn chi phối chế độ thủy văn trên hệ thống, sông Đáy còn nhận nước từ các sông tiêu, sông tưới qua các cống La Khê, Ngoại Độ... Các sông này thường phải đóng lại khi có phân lũ trong thời gian dài, ngắn tùy thuộc vào thời gian lũ. Sông Đáy có vị trí rất quan trọng, nó vừa là đường thoát nước chính của sông Hồng, vừa là đường tiêu lũ của bản thân lưu vực sông Đáy [5,6,].

1.2 ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN LƯU VỰC SÔNG NHUỆ - ĐÁY TRÊN ĐỊA BÀN THÀNH PHỐ HÀ NỘI

Trên địa bàn thành phố Hà Nội, lưu vực sông Đáy có diện tích khoảng 1.900 km², lưu vực sông Nhuệ có diện tích khoảng 603 km². Giới hạn của lưu vực sông Nhuệ - Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội như sau: phía Bắc và phía Đông được bao bởi đê sông Hồng kể từ ngã ba Trung Hà tới cửa Ba Lạt với chiều dài khoảng 242 km, phía Tây Bắc giáp sông Đà từ Ngòi Lát tới Trung Hà với chiều dài khoảng 33 km, phía Tây giáp Hòa Bình và phía Nam giáp Hà Nam. Xét về mặt cấu trúc ngang đi từ Tây sang Đông, có thể chia địa hình khu vực nghiên cứu thành các vùng chính như sau:

Vùng đồi núi: Địa hình núi phân bố ở phía Tây và Tây Nam, chiếm khoảng 30 % diện tích, có hướng thấp dần từ Đông Bắc xuống Tây Nam ra biển và thấp dần từ Tây sang Đông. Địa hình núi được tách ra với địa hình núi và đồng bằng với độ chênh cao < 100 m, độ phân cắt sâu từ 15 – 100 m. Trong phạm vi lưu vực sông Nhuệ - Đáy, địa hình đồi chiếm khoảng 10 % diện tích có độ cao < 200 m.

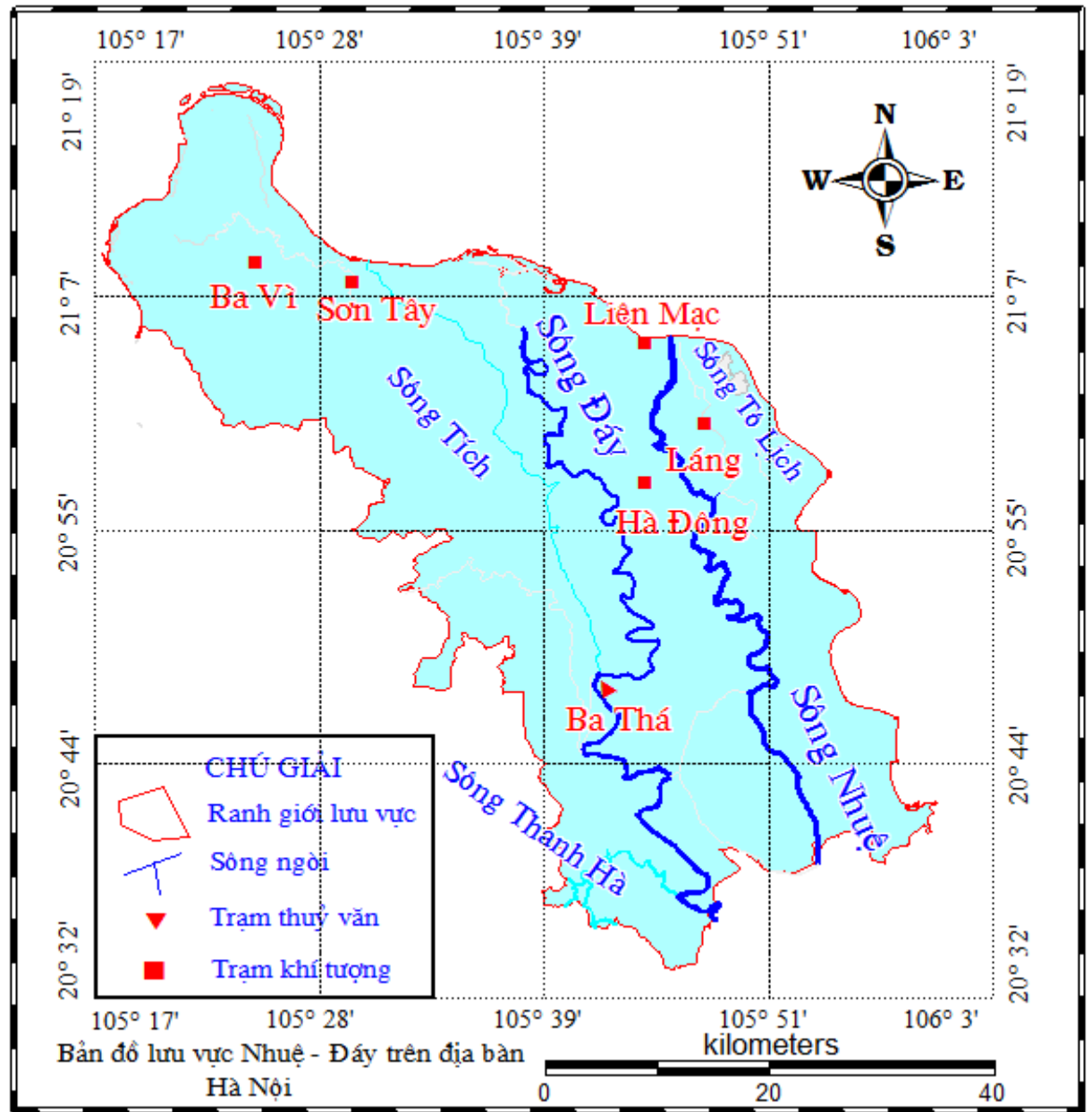
Vùng đồng bằng: Diện tích vùng đồng bằng chiếm khoảng 60 % lãnh thổ, địa hình khá bằng phẳng có độ cao < 20 m và thấp dần từ Tây sang Đông, từ Tây Bắc xuống Đông Nam. Hướng chảy của sông Nhuệ - Đáy luôn thay đổi: thượng nguồn hướng Bắc – Nam; trung lưu và hạ lưu hướng Tây Bắc – Đông Nam. Thượng lưu sông Nhuệ - Đáy uốn khúc quanh co, hẹp và dốc, nhiều thác ghềnh, nước chảy xiết là nguyên nhân tạo ra các hiện tượng xói lở, lũ quét....

Lưu vực sông Nhuệ - Đáy được cấu thành bởi các đá biến chất, trầm tích, trầm tích phun trào, các đá xâm nhập và trầm tích bờ rời tuổi từ Proterozoi đến hiện đại. Dựa vào thành phần thạch học, các thông số địa chất thủy văn và đặc điểm thủy động lực.... Có thể phân chia khu vực nghiên cứu thành 7 tầng chứa nước: các tầng chứa nước lỗ hổng Holocen qh; các tầng chứa nước lỗ hổng Pleistocen qp; các tầng chứa nước khe nứt m; các tầng chứa nước khe nứt t_{2a} đg; các tầng chứa nước khe nứt t₂ nt; các tầng chứa nước khe nứt p₂ – t₁ yd và các tầng chứa nước khe nứt eo.

Lưu vực sông Nhuệ - Đáy gồm các nhóm đất chính: nhóm đất mặn; phù sa; xám; vàng; đỏ; đất xói mòn trơ sỏi đá...

Do lưu vực sông Nhuệ - Đáy có địa hình đa dạng, với các vùng đồi núi và 2/3 diện tích là đồng bằng, nên trên lưu vực có nhiều hệ sinh thái khác nhau như: rừng trên núi đất, núi đá vôi, các hệ sinh thái thủy vực nước ngọt, các vùng đất ngập

nước. Hiện nay, rừng đầu nguồn lưu vực sông đang bị tàn phá nghiêm trọng. Diện tích rừng tự nhiên bị thu hẹp đáng kể. Theo số liệu khảo sát gần đây nhất, diện tích rừng trên lưu vực thuộc địa bàn Hà Nội chiếm 160,84 km² (chiếm 6,36% diện tích lưu vực trên địa bàn Hà Nội), trong đó có 55,2 km² là rừng dự trữ; 105,64 km² là rừng dày – nghèo.



Hình 2. Bản đồ lưu vực sông Nhuệ - Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội

Khí hậu lưu vực sông Nhuệ - Đáy khá tiêu biểu cho kiểu khí hậu Bắc Bộ với đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa, mùa hè nóng, mưa nhiều và mùa đông lạnh, mưa ít. Lượng mưa phân bố không đồng đều, trung bình hàng năm 1.800 mm. Hữu ngạn của lưu vực mưa khá lớn ($X > 1.800$ mm), nhất là vùng đồi núi phía Tây ($X >$

2.000 mm). Trung tâm mưa lớn nhất ở thượng nguồn sông Tích thuộc núi Ba Vì (X = 2.200 – 4.000 mm). Phần tả ngạn lưu vực lượng mưa tương đối nhỏ (X = 1.500 – 1.800 mm), nhỏ nhất ở thượng nguồn sông Đáy, sông Nhuệ (X = 1.500 mm), và lại tăng dần ra phía biển (1.800 – 2.000 mm).

Khu vực ô trũng đầm lầy về mùa mưa, thường xuyên bị úng ngập, đặc biệt những khu vực nằm trong vùng phân lũ của sông Đáy, bởi vậy nên mỗi khi có báo động III hoặc phân lũ thì bị ngập nước ở độ sâu từ 1 – 4 m.

Trên toàn lưu vực, mùa mưa bắt đầu từ tháng IV – V và kết thúc vào tháng X – XI, tập trung tới 70 – 90 % lượng mưa cả năm.

Bảng 1. Lượng mưa bình quân năm lưu vực sông Nhuệ - Đáy từ 1971 – 1997

STT	Tên trạm	Lượng mưa bình quân năm (mm)
1	Sơn Tây	1.809
2	Ba Vì	2.068
3	Ba Thá	2.019
4	Vân Đình	1.699
5	Hà Đông	1.595
6	Xuân Mai	1.807
7	Hà Nội	1.656

Chế độ nhiệt phân hóa khá rõ rệt theo đai cao trong khu vực nghiên cứu. Nhiệt độ trung bình năm ở vùng thấp đạt từ 25 - 27°C, ở vùng đồi núi phía Tây và Tây Bắc nhiệt độ trung bình năm xấp xỉ 24°C.

Lượng bức xạ tổng cộng trung bình hàng năm là 122,8 kcal/cm² và nhiệt độ không khí trung bình hàng năm từ 15 - 24°C. Mùa đông gió có hướng thịnh hành là Đông Bắc, tần suất đạt 60 – 70 %. Một số nơi do ảnh hưởng của địa hình, hướng gió đổi thành Tây Bắc và Bắc, tần suất đạt 25 – 40 %. Mùa hè các tháng V, VI, VII hướng gió ổn định, thịnh hành là Đông và Đông Nam, tần suất đạt khoảng 60 – 70 %. Tháng VIII hướng gió phân tán, hướng thịnh hành nhất cũng chỉ đạt tần suất 20 – 25 %. Các tháng chuyển tiếp hướng gió không ổn định, tần suất hướng thay đổi trung bình từ 10 -15 %.

Bốc hơi là một trong những thành phần chính của cân cân nhiệt và cân cân nước. Lượng bốc hơi từ bề mặt trái trên lưu vực chủ yếu quyết định bởi tiềm năng nhiệt và ẩm. Do đó, sự phân bố của lượng bốc hơi năm phụ thuộc vào sự phân bố không gian của nhiệt và ẩm. Ngoài yếu tố mưa, yếu tố bốc hơi từ bề mặt lưu vực cũng tham gia trực tiếp vào cân cân nước, ảnh hưởng trực tiếp tới sự hình thành dòng chảy. Do nền nhiệt độ trên lưu vực cao làm cho quá trình bốc hơi trên lưu vực diễn ra đều khá lớn. Lượng bốc hơi năm dao động trong khoảng 900 – 1.000 mm. Biên độ ẩm tương đối trung bình hàng năm của lưu vực là 75 – 80 %, lớn nhất vào đầu mùa mưa và thấp nhất trong mùa khô.

Mạng lưới sông ngòi khu vực nghiên cứu tương đối phát triển, mật độ lưới sông đạt 0,7 – 1,2 km/km². Lưu vực có dạng dài, hình nan quạt, gồm các sông chính:

Sông Đáy nguyên là một phân lưu lớn đầu tiên ở hữu ngạn sông Hồng, bắt đầu từ cửa Hát Môn chảy theo hướng Đông Bắc – Tây Nam. Nhưng đến năm 1937, sau khi xây dựng xong đập Đáy qua cửa đập Đáy trừ những năm phân lũ, vì vậy phần đầu nguồn sông (từ km 0 đến Ba Thá dài 71km) sông Đáy coi như đoạn sông chết.

Sông Nhuệ lấy nước từ sông Hồng qua cống Liên Mạc để tưới cho hệ thống thủy nông Đan Hoài. Sông Nhuệ còn tiêu nước cho thành phố Hà Nội, thị xã Hà Đông và chảy vào sông Đáy tại thành phố Phủ Lý. Nước sông Tô Lịch thường xuyên xả vào sông Nhuệ với lưu lượng trung bình từ 11 – 17 m³/s, lưu lượng cực đại đạt 30 m³/s. Các sông chính trong lưu vực: sông Nhuệ, sông Thanh Hà, sông Tích, sông Bùi và sông Tô Lịch là nhánh sông chính của sông Nhuệ, nhận nước từ sông Lừ, Kim Ngưu, Sét. Bốn con sông thoát nước chính của Hà Nội:

Sông Tô Lịch dài 14,6 km, rộng trung bình 40 – 50 m, sâu 3 – 4 m, bắt nguồn từ cống Phan Đình Phùng, chảy qua địa phận Từ Liêm, Thanh Trì qua đập Thanh Liệt và đổ vào sông Nhuệ. Đoạn cuối sông Tô Lịch đảm nhận toàn bộ nước thải thành phố.

Sông Lừ (sông Nam Đồng) dài 5,6 km, rộng trung bình 30 m, sâu 2 – 3 m, nhận nước thải, nước mưa từ cống Trịnh Hoài Đức, cống Trắng (Khâm Thiên) chảy qua Trung Tự về đường Trường Chinh và đổ ra sông Tô Lịch.

Sông Sét dài 5,9 km, rộng 10 – 30 m bắt nguồn từ cống Bà Triệu, hồ Bảy Mẫu rồi đổ ra sông Kim Ngưu ở Giáp Nhị.

Sông Kim Ngưu dài 11,8 km, rộng 20 – 30 m, sâu 3 – 4 m, bắt nguồn từ đầm xa cổng Lò Đúc. Sông Kim Ngưu gặp sông Tô Lịch tại Thanh Liệt [13].

1.3 ĐẶC ĐIỂM KINH TẾ XÃ HỘI

1.3.1 Phân bố dân cư

Dân số trên lưu vực sông Nhuệ - Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội tính đến năm 2009 là 10,77 triệu người, mật độ trung bình đạt 1.405 người/km², cao gấp 5,5 lần so với bình quân chung của cả nước (252 người/km²). Đặc biệt là thủ đô Hà Nội, nơi tập trung đông dân nhất, tổng số dân của Hà Nội tính đến 1/4/2009 là 6.472.200 người, mật độ dân số trung bình là 1.979 người/km². Mật độ dân số đông nhất thuộc quận Đống Đa lên tới 35.341 người/km².

Kết quả điều tra dân số 4/2009 cho thấy, nguồn nhân lực lao động của toàn lưu vực tăng nhanh, đặc biệt là ở thành thị. Cho đến năm 2009 tốc độ tăng của lực lượng lao động đạt 2,5 %/năm, ở thành thị tốc độ tăng của lực lượng lao động là 5,7 %, trong khi đó vùng nông thôn chỉ đạt 1,75 %.

Bảng 2. Tình hình phát triển dân số giai đoạn 1990 – 2009 (1000 người)

Tỉnh	Năm				
	1990	1995	2000	2003	2009
Toàn vùng	8.143,9	8.888,2	9.510,5	9.934,6	10.813,7
Hà Nội	2.119,1	2.431,0	2.739,2	3.007,0	6.472
Hà Tây	2.116,7	2.290,0	2.414,1	2.479,4	
Hà Nam	722,3	763,7	795,5	814,9	785,0
Nam Định	1.715,9	1.820,5	1.904,1	1.935,0	1.825,7
Ninh Bình	792,1	855,5	889,8	906,0	898,5
Hòa Bình	677,8	718,5	767,8	792,3	832,5

Tốc độ tăng lao động nhanh không phù hợp với tốc độ tăng trưởng của nền kinh tế, nên số người thất nghiệp và thiếu việc làm ở đây khá cao, tác động xấu đến môi trường tự nhiên, môi trường xã hội.

Sự phân bố nguồn nhân lực và tốc độ tăng trưởng nguồn nhân lực giữa các vùng, các địa phương cũng rất khác nhau, không tương ứng với nguồn tài nguyên như: đất, nước, rừng và khoáng sản cũng như không phù hợp với tốc độ tăng của

nền kinh tế. Điều đó dẫn đến những luồng di chuyển dân cư lao động từ vùng này sang vùng khác, cũng là nguyên nhân gây mâu thuẫn, xung đột trong việc khai thác, sử dụng tài nguyên trong vấn đề tìm kiếm việc làm [5].

1.3.2 Tình hình phát triển kinh tế

Lưu vực sông Nhuệ - Đáy là khu vực có nền kinh tế - xã hội phát triển liên tục từ rất lâu đời, cho đến ngày nay đây vẫn là một vùng kinh tế - xã hội phát triển nhất Đồng bằng sông Hồng. Trong vùng đã hình thành một mạng lưới đô thị với Hà Nội là thủ đô và là thành phố loại I trực thuộc trung ương. Thành phố Nam Định là đô thị loại II. Ngoài ra, vùng còn có nhiều thị trấn, huyện lỵ với qui mô dân số mỗi thị trấn, huyện lỵ khoảng 3.000 – 5.000 người.

Những năm qua, các cơ sở hạ tầng của các khu đô thị đang phát triển mạnh, nhưng chưa được đầu tư thích đáng và chưa đáp ứng được nhu cầu phát triển. Trong tương lai, định hướng phát triển đô thị vùng được bố trí theo cụm hay theo chùm. Các trung tâm cấp quốc gia hay vùng tạo thành các đô thị hạt nhân sẽ quy tụ các đô thị khác tạo thành các chùm đô thị. Hệ thống đô thị được lan tỏa ra qua các đô thị cấp II, III đến các thị trấn, thị tứ.

Vùng hạ lưu sông Nhuệ - Đáy sẽ hình thành hai chùm – cụm đô thị sau:

Chùm đô thị Hà Nội với Hà Nội là đô thị trung tâm cấp quốc gia nằm trong vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ. Hỗ trợ cho đô thị hạt nhân là chuỗi đô thị phía Tây bao gồm Sơn Tây, Hòa Lạc, Xuân Mai, Miếu Môn, có qui mô dân số tới năm 2020 khoảng 1 triệu người. Đây là khu vực tăng trưởng kinh tế - xã hội trọng yếu của quốc gia trong thế kỷ XXI; là trung tâm đào tạo nghiên cứu khoa học, công nghệ cao có ý nghĩa quốc gia, khu vực và quốc tế; là trung tâm khu công nghiệp tập trung kỹ thuật cao và công nghiệp quốc phòng; là vùng du lịch nghỉ dưỡng, văn hóa quốc gia; là khu vực có vị trí an ninh quốc phòng ...

Cụm đô thị khu vực Nam Đồng bằng sông Hồng bao gồm đô thị trung tâm cấp vùng, đô thị trung tâm cấp tỉnh và các đô thị khác gồm: đô thị trung tâm cấp vùng có thành phố Nam Định làm hạt nhân và các đô thị khác bao gồm thị xã Ninh Bình, thị xã Phủ Lý, thị xã Tam Điệp với tổng qui mô dân số đến 2020 khoảng 480 – 500 nghìn dân [5,13].

Chương 2

TỔNG QUAN VỀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

2.1. GIỚI THIỆU CÁC KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Biến đổi khí hậu, theo cách sử dụng của IPCC, chỉ sự biến đổi trong trạng thái khí hậu nhận biết được thông qua những thay đổi về giá trị trung bình hoặc tính chất của nó diễn ra trong một thời đoạn dài hàng thập kỷ hoặc hơn thế. Nó chỉ ra bất cứ thay đổi nào của khí hậu theo thời gian cho dù là do biến đổi tự nhiên hay do tác động của con người [3].

Theo số liệu quan sát cho thấy xu thế chung từ cuối thế kỷ XIX đến nay, nhiệt độ trung bình không khí và đại dương toàn cầu tăng lên. Kết quả đo đạc và nghiên cứu cho thấy thập kỷ 1990 là thập kỷ nóng nhất trong thiên niên kỷ vừa qua (IPCC, 2001).

Từ 1995 – 2006 có đến 11 năm trong số 12 năm nhiệt độ lớn nhất theo số liệu đo đạc nhiệt độ toàn cầu từ 1850. Nhiệt độ trong 100 năm 1906 – 2005 tăng 0,74 (0,56 – 0,92) lớn hơn so với giai đoạn 100 năm 1901 – 2000 (0,6 – 0,4 : 0,8). Xu hướng trong 50 năm từ 1956 – 2005 (0,13 [0,10 đến 0,16]°C) gần gấp đôi so với giai đoạn 100 năm từ 1906 – 2005. Nhiệt độ tăng lên cao hơn ở các vĩ độ cao ở Bắc bán cầu: nhiệt độ ở Bắc bán cầu trung bình tăng gần gấp đôi của toàn cầu trong giai đoạn 100 năm qua.

Nhiệt độ ở đất liền tăng nhanh hơn ở đại dương. Theo quan sát từ 1961 thì nhiệt độ đại dương tăng ở cả độ sâu ít nhất là 3.000 m. Đại dương đã chiếm 80 % lượng nhiệt của hệ thống khí hậu. Theo kết quả phân tích từ khinh khí cầu và vệ tinh thì tốc độ nóng lên ở giữa tầng đối lưu và thấp hơn giống với tốc độ của nhiệt độ bề mặt.

Hiện tượng mưa cũng biến động đáng kể, lượng mưa tăng đáng kể trong giai đoạn từ 1900 – 2005 ở các nước nằm ở phía Tây của Bắc và Nam Mỹ, Châu Âu, Bắc và trung tâm Châu Á. Trong khi đó nó giảm ở Sahel, Địa Trung Hải, Bắc Phi và Nam Châu Á [7].

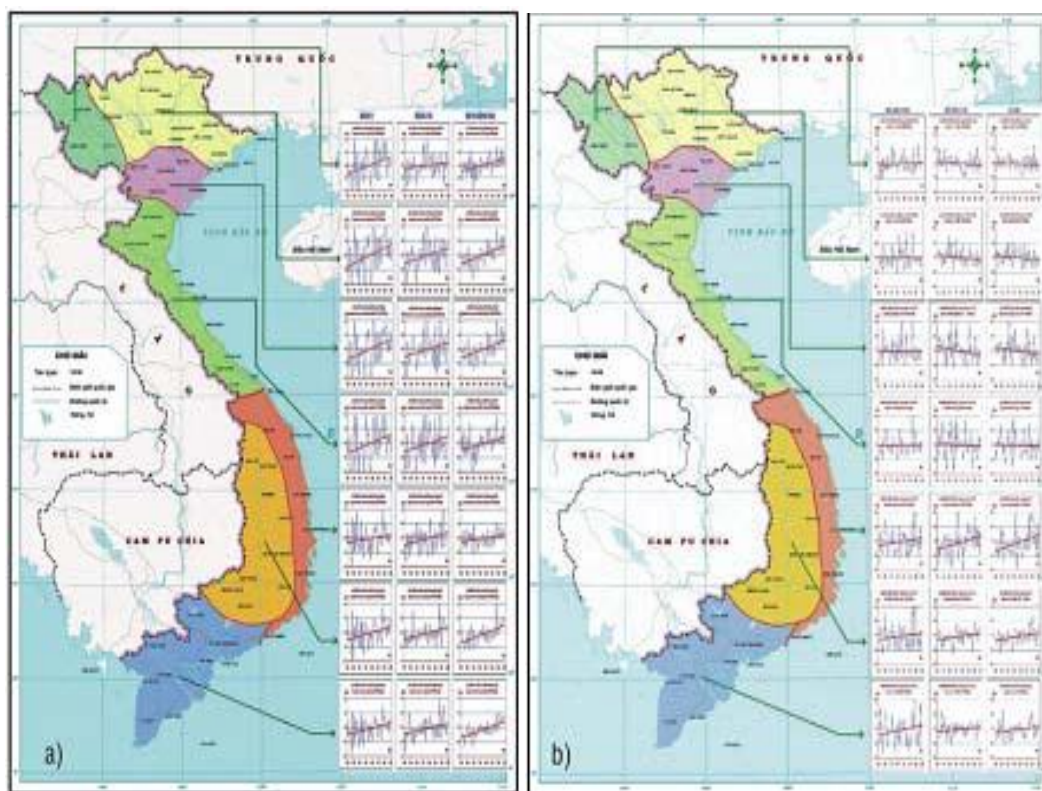
Tương ứng với sự nóng lên toàn cầu, mực nước trung bình đại dương cũng tăng lên do băng tan và sự giãn nở nhiệt đại dương. Mực nước biển tăng với tốc độ trung bình 1,8 [1,3 – 2,3] mm một năm trong giai đoạn 1961 – 2003. Tốc độ là 3,1 [2,4 – 3,8] mm trong giai đoạn 1993 – 2003. Cùng với xu thế tăng nhiệt độ toàn cầu

là sự phân bố dị thường của nhiệt độ. Trên các đại lục ở Bắc bán cầu, trong những năm gần đây xuất hiện hàng loạt kỷ lục về nhiệt độ cao và thấp.

2.1.1 Biểu hiện của biến đổi khí hậu ở Việt Nam

Theo các kết quả phân tích các số liệu khí hậu cho thấy các yếu tố của khí hậu tại Việt Nam những năm trước đây có những đặc điểm dưới đây:

Nhiệt độ: Trong 50 năm qua (1958 – 2007), nhiệt độ trung bình ở Việt Nam tăng lên khoảng $0,5^{\circ}\text{C} - 0,7^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ mùa đông tăng nhanh hơn nhiệt độ mùa hè và nhiệt độ ở các vùng khí hậu phía Bắc tăng nhanh hơn ở các vùng khí hậu phía Nam (Hình 2.1(a)). Nhiệt độ trung bình năm của 4 thập kỷ gần đây (1961 – 2000) cao hơn trung bình năm của thập kỷ trước đó (1931 – 1960). Nhiệt độ trung bình năm của thập kỷ 1991 – 2000 ở Hà Nội, Đà Nẵng, thành phố Hồ Chí Minh đều cao hơn trung bình của thập kỷ 1931 – 1940 lần lượt là 0,8; 0,4 và $0,6^{\circ}\text{C}$. Năm 2007, nhiệt độ trung bình năm ở cả 3 tỉnh trên đều cao hơn trung bình của thập kỷ 1931 – 1940 là $0,8 - 1,3^{\circ}\text{C}$ và cao hơn thập kỷ 1991 – 2000 là $0,4 - 0,5^{\circ}\text{C}$ [4, 7].



Hình 3. Diễn biến của nhiệt độ (a) và lượng mưa (b) ở Việt Nam 50 năm qua

Lượng mưa: Trên từng địa điểm cụ thể, xu thế biến đổi của lượng mưa trung bình năm trong 9 thập kỷ vừa qua (1991 – 2000) không rõ rệt theo các thời kỳ và trên các vùng khác nhau: có giai đoạn tăng lên và có giai đoạn giảm xuống. Lượng

mưa giảm ở các vùng khí hậu phía Bắc và tăng lên ở các vùng khí hậu phía Nam (Hình 2.1 (b)). Tính trung bình trong cả nước, lượng mưa trong 50 năm qua (1958 – 2007) đã giảm khoảng 2 %.

Không khí lạnh: Số đợt không khí lạnh ảnh hưởng tới Việt Nam giảm đi rõ rệt trong hai thập kỷ qua. Tuy nhiên, các biểu hiện dị thường lại thường xuất hiện mà đợt gần đây nhất là đợt không khí lạnh kéo dài trong tháng I đến tháng II năm 2010 ở Bắc Bộ.

Bão: Những năm gần đây bão có cường độ mạnh xuất hiện nhiều hơn. Quỹ đạo của bão có nhiều dịch chuyển dần về phía Nam và mùa bão kết thúc muộn hơn, nhiều cơn bão có đường đi dị thường hơn.

Mưa phùn: Số ngày mưa phùn trung bình năm ở Hà Nội giảm dần từ thập kỷ 1981 – 1990 và chỉ còn một nửa (15 ngày/năm) trong 10 năm gần đây.

Mực nước biển: Số liệu quan trắc tại các trạm hải văn dọc biển Việt Nam cho thấy tốc độ dâng lên của mực nước biển trung bình ở Việt Nam hiện nay là khoảng 3 mm/năm (1993 – 2008), tương đương tốc độ trung bình trên thế giới. Trong 50 năm qua, mực nước biển tại Hòn Dấu dâng lên khoảng 20 cm [4].

2.1.2 Cơ sở xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu

Theo Ủy ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC), kịch bản biến đổi khí hậu là bức tranh toàn cảnh của khí hậu trong tương lai dựa trên một tập hợp các mối quan hệ khí hậu, được xây dựng để sử dụng trong nghiên cứu những hậu quả của biến đổi khí hậu do con người gây ra và thường được dùng như là đầu vào các mô hình đánh giá tác động. Hiện nay có nhiều quốc gia, nhiều khu vực xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu với qui mô khu vực, quốc gia và các vùng khí hậu hoặc phạm vi nhỏ hơn. Về khung thời gian, hầu hết các kịch bản biến đổi khí hậu thường được xây dựng cho từng thập kỷ của thế kỷ XXI [1, 4, 8-14].

Biến đổi khí hậu hiện nay cũng như trong thế kỷ XXI phụ thuộc chủ yếu vào mức độ phát thải khí nhà kính, tức là phụ thuộc vào sự phát triển kinh tế - xã hội. Vì vậy các kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng dựa trên các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội toàn cầu. Con người đã phát thải quá mức khí nhà kính vào khí quyển từ các hoạt động khác nhau như: công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải, phá rừng,... Do đó, cơ sở xác định các kịch bản phát thải khí nhà kính là:

- Sự phát triển kinh tế ở qui mô toàn cầu

- Dân số thế giới và mức độ tiêu dùng
- Chuẩn mực sống và lối sống
- Tiêu thụ năng lượng và tài nguyên năng lượng
- Chuyển giao công nghệ
- Sử dụng đất
- ...

Trong báo cáo đặc biệt về các kịch bản phát thải khí nhà kính năm 2000, IPCC đã đưa ra 40 kịch bản, phản ánh khá đa dạng khả năng phát thải khí nhà kính trong thế kỷ XXI. Các kịch bản phát thải này được tổ hợp thành 4 kịch bản gốc là A1, A2, B1 và B2 với các đặc điểm chính sau:

❖ Kịch bản gốc A1: Kinh tế thế giới phát triển nhanh; dân số thế giới tăng đạt đỉnh vào năm 2050 và sau đó giảm dần; truyền bá nhanh chóng và hiệu quả công nghệ mới; thế giới có sự tương đồng về thu nhập và cách sống, có sự tương đồng giữa các khu vực, giao lưu mạnh mẽ về văn hóa và xã hội toàn cầu. Họ kịch bản A1 được chia thành 3 nhóm dựa theo mức độ phát triển của công nghệ:

➤ A1F1: Tiếp tục sử dụng thái quá các nhiên liệu hóa thạch (kịch bản phát thải cao)

➤ A1B: Có sự cân bằng giữa các nguồn năng lượng (kịch bản phát thải trung bình)

➤ A1T: Chú trọng đến việc sử dụng các nguồn năng lượng phi hóa thạch (kịch bản phát thải thấp)

❖ Kịch bản gốc A2: Thế giới đồng nhất, các quốc gia hoạt động độc lập, tự cung tự cấp; dân số tiếp tục tăng trong thế kỷ XXI; kinh tế phát triển theo định hướng khu vực; thay đổi về công nghệ và tốc độ tăng trưởng kinh tế theo đầu người chậm (kịch bản phát thải cao, tương ứng với A1F1).

❖ Kịch bản gốc B1: Kinh tế thế giới phát triển nhanh giống như A1 nhưng có sự thay đổi nhanh chóng theo hướng kinh tế dịch vụ và thông tin; dân số tăng đạt đỉnh vào năm 2050 và sau đó giảm dần; giảm cường độ tiêu hao nguyên vật liệu, các công nghệ sạch và sử dụng hiệu quả tài nguyên được phát triển; chú trọng đến các giải pháp toàn cầu về ổn định kinh tế, xã hội và môi trường (kịch bản phát thải tương đối thấp tương tự A1T).

❖ Kịch bản gốc B2: Dân số tăng liên tục nhưng với tốc độ thấp hơn A2; chú trọng đến các giải pháp địa phương thay vì toàn cầu về ổn định về kinh tế; xã hội; môi trường; mức độ phát triển kinh tế trung bình; thay đổi công nghệ chậm hơn và mạnh mẽ hơn so với B1 và A1 (kịch bản phát thải trung bình, được xếp cùng nhóm với A1B).

2.1.3 Các kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam

Các kịch bản biến đổi khí hậu ở Việt Nam đã được xây dựng cho 3 yếu tố chính là nhiệt độ, lượng mưa, độ cao mực nước biển và các mốc thời gian chủ yếu là 2030, 2050 và 2070.

Các kịch bản biến đổi khí hậu cho các vùng khí hậu ở Việt Nam [7] trong thế kỷ XXI, có thể được tóm tắt như sau:

Về nhiệt độ: Nhiệt độ mùa đông có thể tăng nhanh hơn so với nhiệt độ mùa hè ở tất cả các vùng khí hậu ở nước ta. Nhiệt độ ở các vùng khí hậu phía Bắc có thể tăng nhanh hơn so với các vùng khí hậu phía Nam.

Theo kịch bản phát thải thấp (B1): Vào cuối thế kỷ XXI, nhiệt độ trung bình năm ở các vùng khí hậu phía Bắc có thể tăng so với trung bình thời kỳ 1980 – 1999 khoảng từ 1,6 – 1,9°C và ở các vùng khí hậu phía Nam tăng ít hơn, chỉ khoảng từ 1,1 – 1,4°C.

Theo kịch bản phát thải trung bình (B2): Vào cuối thế kỷ XXI, nhiệt độ trung bình năm có thể tăng lên 2,4°C ở Tây Bắc, 2,3°C ở Đông Bắc, 2,2°C ở Đồng bằng Bắc Bộ, 2,6°C ở Bắc Trung Bộ, 1,8°C ở Nam Trung Bộ, 1,5°C ở Tây Nguyên và 1,9°C ở Nam Bộ so với trung bình thời kỳ 1980 – 1999.

Theo kịch bản phát thải cao (A2): Vào cuối thế kỷ XXI, nhiệt độ trung bình năm ở các vùng khí hậu phía Bắc có thể tăng so với trung bình thời kỳ 1980 – 1999 khoảng 3,1 – 3,6°C. Mức tăng nhiệt độ trung bình năm của các vùng khí hậu phía Nam là 2,4°C ở Nam Trung Bộ, 2,1°C ở Tây Nguyên và 2,6°C ở Nam Bộ.

Về lượng mưa: Lượng mưa mùa khô có thể giảm ở hầu hết các vùng khí hậu của nước ta, đặc biệt là các vùng khí hậu phía Nam. Lượng mưa mùa mưa và tổng lượng mưa năm có thể tăng ở tất cả các vùng khí hậu.

Theo kịch bản phát thải thấp vào cuối thế kỷ XXI, lượng mưa năm có thể tăng khoảng 5 % ở Tây Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ và từ 1-2 % ở Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ so với trung bình thời kỳ 1980 – 1999.

Lượng mưa thời kỳ từ tháng III đến tháng V sẽ giảm từ 3 – 6 % ở các vùng khí hậu phía Bắc và lượng mưa vào giữa mùa khô ở các vùng khí hậu phía Nam có thể giảm tới 7 – 10 % so với thời kỳ 1980 - 1999. Lượng mưa các tháng cao điểm của mùa mưa sẽ tăng từ 6 – 10 % ở cả 4 vùng khí hậu phía Bắc và Nam Trung Bộ, còn ở Tây Nguyên và Nam Bộ chỉ tăng khoảng 1 % so với thời kỳ 1980 – 1999.

Bảng 3 Mức tăng nhiệt độ trung bình năm (°C) so với thời kỳ 1980 – 1999 theo các kịch bản phát thải

Vùng	Các mốc thời gian của thế kỷ XXI											
	Kịch bản B1				Kịch bản B2				Kịch bản A2			
	2030	2050	2070	2090	2030	2050	2070	2090	2030	2050	2070	2090
Tây Bắc	0,7	1,2	1,6	1,7	0,7	1,3	1,9	2,4	0,8	0,3	2	2,8
Đông Bắc	0,7	1,2	1,5	1,7	0,7	1,2	1,8	2,3	0,7	1,3	1,9	2,7
ĐB Bắc Bộ	0,7	1,2	1,5	1,6	0,7	1,2	1,8	2,2	0,7	1,3	1,9	2,6
Bắc Trung Bộ	0,8	1,4	1,7	1,9	0,8	1,5	2,1	2,6	0,9	1,5	2,2	3,1
Nam Trung Bộ	0,6	0,9	1,2	1,2	0,5	0,9	1,4	1,8	0,5	1	1,5	2,1
Tây Nguyên	0,5	0,8	1	1,1	0,5	0,8	1,2	1,5	0,5	0,8	1,3	1,8
Nam Bộ	0,6	1	1,3	1,4	0,6	1	1,6	1,9	0,6	1	1,6	2,3

Theo kịch bản phát thải trung bình (B2): Vào cuối thế kỷ XXI, lượng mưa năm có thể tăng khoảng 7 – 8 % ở Tây Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ và từ 2- 3 % ở Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ so với trung bình thời kỳ 1980 – 1999. Lượng mưa thời kỳ từ tháng III đến tháng V sẽ giảm từ 4 – 7 % ở Tây Bắc, Đông Bắc và Đồng bằng Bắc Bộ, khoảng 10 % ở Bắc Trung Bộ, lượng mưa vào giữa mùa khô ở các vùng khí hậu phía Nam có thể giảm tới 10 – 15 % so với thời kỳ 1980 – 1999. Lượng mưa các tháng cao điểm của mùa mưa sẽ tăng từ 10 – 15 % ở cả bốn vùng khí hậu phía Bắc và Nam Trung Bộ, còn ở Tây Nguyên và Nam Bộ chỉ tăng trên dưới 1 %.

Theo kịch bản phát thải cao (A2): Vào cuối thế kỷ XXI, lượng mưa năm có thể tăng so với trung bình thời kỳ 1980 – 1999, khoảng 9 – 10 % ở Tây Bắc, Đông Bắc, 10 % ở Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, 4 – 5 % ở Nam Trung Bộ và khoảng 2 % ở Tây Nguyên, Nam Bộ. Lượng mưa thời kỳ từ tháng III đến tháng V sẽ giảm từ 6- 9 % ở Tây Bắc, Đông Bắc và Đồng bằng Bắc Bộ, khoảng 13 % ở Bắc

Trung Bộ, lượng mưa vào giữa mùa khô ở Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ có thể giảm tới 13 – 22 % so với thời kỳ 1980 – 1999.

Lượng mưa các tháng cao điểm của mùa mưa sẽ tăng từ 12 – 19 % ở cả bốn vùng khí hậu phía Bắc và Nam Trung Bộ, còn ở Tây Nguyên và Nam Bộ chỉ vào khoảng 1 – 2 %.

2.1.4 Lựa chọn kịch bản biến đổi khí hậu cho khu vực nghiên cứu

Theo kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam các kịch bản phát thải khí nhà kính chọn để tính toán xây dựng kịch bản cho khí hậu 7 vùng của Việt Nam là kịch bản phát thải thấp (kịch bản B1), kịch bản phát thải trung bình của nhóm các kịch bản phát thải trung bình (kịch bản B2) và kịch bản phát thải trung bình của nhóm các kịch bản phát thải cao (kịch bản A2).

Hiện nay, vấn đề đánh giá sự biến đổi khí hậu tới các mặt phát triển của kinh tế - xã hội đang được quan tâm đặc biệt. Đã có rất nhiều những nghiên cứu tính toán mức độ ảnh hưởng của biến đổi khí hậu như:

- Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, *Nghiên cứu tác động của BĐKH ở lưu vực sông Hương và chính sách thích nghi ở huyện Phú Vang, tỉnh Thừa Thiên Huế (2005 – 2008)* [14].
- Trần Thục, Nguyễn Văn Thắng, Hoàng Đức Cường (2009), *Xây dựng kịch bản BĐKH trong thế kỷ XXI cho Việt Nam và các khu vực nhỏ hơn* [7].
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2008), *Khung Chương trình hành động thích ứng với biến đổi khí hậu của ngành Nông nghiệp và PTNT giai đoạn 2008 – 2020* [1].
- Trung tâm Tư vấn Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Viện KH KTTV&MT 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].
- Trung tâm Tư vấn Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Viện KH KTTV&MT 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]
- Trung tâm NC Thủy văn & TNN, Viện KH KTTV&MT 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]

- Trung tâm NC Thủy văn & TNN, Viện KH KTTV&MT 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]
- Trung tâm NC Thủy văn & TNN, Viện KH KTTV&MT 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*. [12]

Dựa vào các điều kiện tự nhiên, tình hình kinh tế xã hội, dân số và mức độ quan tâm đến môi trường của khu vực. Khóa luận đã lựa chọn hai kịch bản đánh giá mức độ ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước: ***kịch bản phát thải cao (A2) và kịch bản phát thải trung bình (A1B)***.

Các kịch bản lựa chọn tính toán ảnh hưởng của biến đổi khí hậu tới tài nguyên nước lưu vực sông Nhuệ - Đáy được lấy từ nhóm nghiên cứu REMOCLIC của GS. TS Phan Văn Tân.

2.2. TỔNG QUAN CÁC MÔ HÌNH MÔ PHỎNG MƯA – DÒNG CHẢY

2.2.1. Mô hình MIKE – SHE

Mô hình mưa – dòng chảy MIKE – SHE của Viện Thủy lực Đan Mạch thuộc nhóm mô hình phân bố. Nó bao gồm vài thành phần tính dòng chảy và phân bố theo các pha riêng của quá trình dòng chảy:

- Dòng chảy mặt – tính bằng phương pháp sai phân hữu hạn 2 chiều
- Giáng thủy – số liệu đầu vào
- Bốc thoát hơi, bao gồm cả phần bị giữ lại bởi thực vật – Số liệu đầu vào
- Dòng chảy trong lòng dẫn – sử dụng diễn toán 1 chiều của MIKE 11. Mô hình này cung cấp vài phương pháp như Muskingum, phương trình khuếch tán hoặc phương pháp giải phương trình Saint - Venant.
- Dòng chảy sát mặt trong đới không bão hòa – mô hình 2 lớp, mô hình trọng số hoặc mô hình dựa vào phương trình Richard.
- Dòng chảy cơ sở MIKE – SHE tích hợp mô hình dòng chảy cơ sở 2 chiều và 3 chiều dựa vào phương pháp sai phân hữu hạn.

Đối với mô đun thổ nhưỡng, bộ dữ liệu bao gồm đặc tính thủy văn của đất (độ lỗ hổng, độ dẫn thấm thủy lực ...) được tạo ra. Kết hợp với 2 phần mềm ESRI

Arcview 3.x hoặc ArcGIS 9.1. Phần kết hợp này được sử dụng để xử lý số liệu đầu vào: Geomodel được sử dụng để lấy các thông tin địa chất; DaisyGIS mô tả tất cả các quá trình quan trọng gắn với hệ sinh thái nông nghiệp.

Mô hình có chế độ hiệu chỉnh tự động thông qua AUTOCAL, đưa ra phương án tốt nhất theo điều kiện biên và ban đầu.

2.2.2. Mô hình SWAT

Mô hình SWAT có thể mô phỏng một số quá trình vật lý khác nhau trên lưu vực sông. Một lưu vực có thể được phân chia thành nhiều lưu vực con. Việc phân chia này đặc biệt có lợi khi những vùng khác nhau của lưu vực có những thuộc tính khác nhau về đất, thảm phủ, ... Thông tin đầu vào cho mỗi lưu vực con được tổ chức như sau: các yếu tố khí hậu; thông số của các đơn vị thủy văn (HRUS); hồ hay các vùng chứa nước; nước ngầm; kênh chính hoặc sông nhánh, hệ thống tiêu nước. Những đơn vị thủy văn sẽ được tổng hợp thành các lưu vực con, các lưu vực con này được xem là đồng nhất về thảm phủ, thổ nhưỡng, và chế độ sử dụng đất.

Mô hình SWAT mô phỏng hiện tượng khí tượng thủy văn xảy ra trên lưu vực, việc tính toán mưa rào – dòng chảy là kết quả của một số hiện tượng này. Để tính toán chính xác chuyển động của hóa chất, bùn cát hay các chất dinh dưỡng, chu trình thủy văn phải được mô phỏng phù hợp với những gì xảy ra trên lưu vực. Chu trình thủy văn trên lưu vực có thể chia thành hai pha:

- *Pha thứ nhất*: được gọi là pha đất của chu trình thủy văn hay còn gọi là mô hình thủy văn. Pha đất sẽ tính toán tổng lượng nước, bùn cát, chất dinh dưỡng và hóa chất tới kênh chính của từng lưu vực.

- *Pha thứ hai*: được gọi là pha nước hay pha diễn toán của chu trình thủy văn hay còn gọi là mô hình diễn toán. Pha nước sẽ tính toán các thành phần qua hệ thống mạng lưới sông suối tới mặt cắt cửa ra.

Các số liệu đầu vào của mô hình

Yêu cầu số liệu 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 hoá DEM
 - Bản đồ thảm phủ

- Bản đồ loại đất
- Bản đồ mạng lưới sông suối, hồ chứa trên lưu vực
- Số liệu thuộc tính bao gồm:
- Số liệu về khí tượng bao gồm: nhiệt độ không khí, bức xạ, tốc độ gió, mưa
- Số liệu về thủy văn bao gồm: dòng chảy, bùn cát, hồ chứa...
- Số liệu về đất bao gồm: loại 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

2.2.3. Mô hình SAC – SMA

Tính toán độ ẩm đất – Sacramento, một phần của thư viện công nghệ mô hình của hệ thống NWSRFS, phát triển từ thập kỷ 70 bởi Viện Khí hậu Quốc gia Mỹ. Mỗi lưu vực được phân chia thành các đới, và được gắn vào hệ thống bể chứa. Cơ bản gồm có hai đới: đới cao hơn gồm nước có áp và nước tự do, đới thấp hơn gồm dòng chảy cơ sở và nước có áp và nước tự do bổ sung. Dòng chảy tràn sẽ hình thành một vài dạng dòng chảy:

- Dòng chảy trực tiếp
- Dòng chảy mặt
- Dòng chảy sát mặt
- Dòng chảy cơ sở ban đầu
- Dòng chảy cơ sở bổ sung

Sacramento là mô hình độ ẩm đất, dữ liệu quan trọng nhất là dữ liệu thô nhưỡng – độ dẫn thấm thủy lực, độ lỗ hổng ...

2.2.4. Mô hình HEC – HMS

Mô hình HEC – HMS là phiên bản tiếp của HEC-1, phát triển từ thập kỷ 60 của quân đội Mỹ. Thành phần cơ bản của mô hình bao gồm:

- Lượng mưa hiệu quả - tính bằng các phương pháp như: CSC, Green-Ampt hoặc SMA.
- Lưu lượng dòng chảy trực tiếp – sử dụng phương pháp đường đơn vị, các dạng biến đổi khác (Clark, Snyder, SCS), hoặc sử dụng phương pháp sóng động học.
- Dòng chảy cơ sở - người sử dụng có thể lựa chọn các phương pháp khác nhau, ví dụ phương pháp bể chứa tuyến tính, phương pháp dạng hàm mũ, hoặc phương pháp dòng chảy cơ sở là hằng số theo từng tháng.
- Môđun diễn toán – phương pháp Muskingum, phương pháp trữ, mô hình sóng động học hoặc các biến đổi của chúng.
- Ngoài ra mô hình còn mô hình hóa một số công trình trên sông như hồ chứa, công trình phân nước.

Mô hình HEC – HMS mở rộng giao diện Arcview gọi là HEC - GeoHMS. Dựa vào sự kết hợp này hỗ trợ cho việc đọc vài đặc tính thủy văn cơ bản của lưu vực cơ sở như hướng dòng chảy, độ dốc ...

2.2.5. Mô hình NAM

Mô hình NAM [15] hỗ trợ cả hiệu chỉnh tự động và hiệu chỉnh thông thường. Cùng với 24 thông số có thể được hiệu chỉnh, và được phân loại theo đối riêng.

NAM là mô hình mưa – dòng chảy thuộc nhóm phần mềm của Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI), là một phần của mô hình MIKE 11. Nó được xem như là mô hình dòng chảy tất định, tập trung và cho ước lượng mưa – dòng chảy dựa theo cấu trúc bán kinh nghiệm. Mô hình NAM có thể sử dụng để mô phỏng mưa trong nhiều năm, hoặc cũng có thể thay đổi bước thời gian để mô phỏng trận mưa và các cơn bão nhất định. Để đánh giá sự thay đổi của các thuộc tính thủy văn của lưu vực, lưu vực chia thành nhiều lưu vực con khép kín. Quá trình diễn toán thực hiện bởi môđun diễn toán thủy động lực trong kênh của MIKE 11. Phương pháp này cho

phép các tham số khác nhau của NAM ứng dụng trong mỗi một lưu vực con, do đó nó được xem là mô hình phân bố.

- Giáng thủy - Số liệu đầu vào. Trong đó môđun tuyết được tính toán thông qua chỉ số nhiệt độ.
- Bốc thoát hơi, bao gồm cả phần bị giữ lại bởi thực vật – Số liệu đầu vào.
- Dòng chảy mặt – biên đổi tuyến tính theo lượng ẩm tương đối của đất, và tính theo hệ số dòng chảy mặt.
- Dòng chảy sát mặt trong đới không bão hòa – được tính toán theo lượng trữ ẩm và lượng ẩm tương đối, hệ số dòng chảy sát mặt và ngưỡng sinh dòng chảy sát mặt. Có thể sử dụng chức năng tự hiệu chỉnh thông qua AUTOCAL bằng cách cung cấp số liệu lưu lượng theo bước thời gian tính toán vào mô hình.

Trên cơ sở tổng quan này, với tài liệu khí tượng thủy văn và địa hình hiện có, lựa chọn mô hình NAM làm công cụ khảo sát sự biến động tài nguyên nước theo các kịch bản biến đổi khí hậu A1B và A2 đến năm 2020 và 2050.

Chương 3

MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN BIẾN ĐỘNG DÒNG CHẢY KIẾT

3.1 CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH NAM

Để phục vụ cho tính toán, phân tích đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy kiệt lưu vực sông Nhuệ - Đáy theo các kịch bản biến đổi khí hậu, sử dụng mô hình mưa – dòng chảy để tính toán dòng chảy đến trên toàn bộ lưu vực nhằm cung cấp tài liệu đầu vào cho các mô hình khác. Mô hình NAM đã được lựa chọn mô phỏng dòng chảy trên lưu vực.

Mô hình NAM [15] được xây dựng tại Khoa Thủy văn Viện Kỹ thuật Thủy động lực và Thủy lực thuộc Đại học Kỹ thuật Đan Mạch năm 1982, thuộc loại mô hình thủy văn tất định – nhận thức – gộp. NAM là chữ viết tắt của cụm từ tiếng Đan Mạch “Nedbor – Afstromnings – Models” có nghĩa là mô hình mưa rào – dòng chảy.

3.1.1 Cấu trúc của mô hình

Trong mô hình NAM, mỗi lưu vực được xem là một đơn vị xử lý, do đó các thông số và các biến là đại diện cho các giá trị được trung bình hóa trên toàn lưu vực. Mô hình tính quá trình mưa – dòng chảy theo cách tính liên tục hàm lượng ẩm trong 5 bể chứa riêng biệt có tương tác lẫn nhau. Cấu trúc mô hình NAM được xây dựng trên nguyên tắc các hồ chứa theo chiều thẳng đứng và các hồ chứa tuyến tính, gồm có 4 bể chứa theo chiều thẳng đứng:

- *Bể chứa tuyết tan*: được kiểm soát bằng các điều kiện nhiệt độ. Đối với điều kiện khí hậu nhiệt đới ở nước ta thì không xét đến bể chứa này.

- *Bể chứa mặt*: lượng nước ở bể chứa này bao gồm lượng nước mưa do lớp phủ thực vật chặn lại, lượng nước đọng lại trong các chỗ trũng và lượng nước trong tầng sát mặt. Giới hạn trên của bể chứa này được ký hiệu bằng U_{max} .

Lượng nước U trong bể chứa mặt sẽ giảm dần do bốc hơi, do thất thoát theo phương nằm ngang (dòng chảy sát mặt). Khi lượng nước này vượt quá ngưỡng U_{max} thì một phần của lượng nước vượt ngưỡng P_N này sẽ chảy vào suối dưới dạng dòng chảy tràn bề mặt, phần còn lại sẽ thấm xuống bề mặt và bể ngầm.

Lượng nước ở bể chứa mặt bao gồm lượng nước mưa do lớp phủ thực vật chặn lại, lượng nước đọng lại trong các chỗ trũng và lượng nước trong tầng sát mặt.

Bể chứa tầng dưới: là vùng đất có rễ cây nên cây cối có thể hút nước do bốc, thoát hơi. Giới hạn trên của lượng nước trong bể chứa này được ký hiệu là L_{max} , lượng nước hiện tại ký hiệu là L và tỷ số L/L_{max} biểu thị trạng thái ẩm của bể chứa.

Bể sát mặt (bể tầng rễ cây): Bể này thuộc tầng rễ cây, là lớp đất mà thực vật có thể hút nước để thoát ẩm. Giới hạn trên của lượng ẩm tối đa trong bể chứa này được ký hiệu là L_{max} .

Lượng ẩm của bể chứa sát mặt được đặc trưng bằng đại lượng L , phụ thuộc vào lượng tổn thất thoát hơi của thực vật. Lượng ẩm này cũng ảnh hưởng đến lượng nước sẽ đi xuống bể chứa ngầm để bổ sung nước ngầm. Tỷ số L/L_{max} biểu thị trạng thái ẩm của bể chứa.

Bốc thoát hơi nước của thực vật được ký hiệu là E_a tỷ lệ với lượng bốc thoát hơi nước tiềm năng E_p .

Bốc thoát hơi nước thực vật là để thỏa mãn nhu cầu bốc hơi tiềm năng của bể chứa mặt. Nếu lượng ẩm U trong bể chứa mặt nhỏ hơn nhu cầu này thì nó sẽ lấy ẩm từ tầng rễ cây theo tốc độ E_a .

Bể chứa ngầm: Lượng nước bổ sung cho dòng chảy ngầm phụ thuộc vào độ ẩm của đất trong tầng rễ cây.

Mưa hoặc tuyết tan đều đi vào bể chứa mặt. Lượng nước (U) trong bể chứa mặt liên tục cung cấp cho bốc hơi và thấm ngang thành dòng chảy sát mặt. Khi U đạt đến U_{max} , lượng nước thừa là dòng chảy tràn trực tiếp ra sông và một phần còn lại sẽ thấm xuống các bể chứa tầng dưới và bể chứa ngầm.

Nước trong bể chứa tầng dưới liên tục cung cấp cho bốc thoát hơi và thấm xuống, bể chứa ngầm. Lượng cấp nước ngầm được phân chia thành 2 bể chứa: tầng trên và tầng dưới, hoạt động như các hồ chứa tuyến tính với các hằng số thời gian khác nhau. Hai bể chứa này liên tục chảy ra sông tạo thành dòng chảy cơ bản.

Dòng chảy tràn và dòng chảy sát mặt được diễn toán qua một hồ chứa tuyến tính thứ nhất, sau đó các thành phần dòng chảy được cộng lại và diễn toán qua hồ chứa tuyến tính thứ hai. Cuối cùng cũng thu được dòng chảy tổng cộng tại cửa ra.

3.1.2 Các thông số cơ bản của mô hình NAM

a) U_{max} và L_{max}

U_{max} : lượng nước tối đa chứa trong bể chứa mặt, là lượng nước để điền trũng, đọng trên mặt thực vật và chứa trong vài cm trên bề mặt của đất.

L_{\max} : lượng ẩm đất lớn nhất trong bể chứa tầng rễ cây.

U_{\max} và L_{\max} là các thông số được xác định bằng giới hạn chứa tối đa của các bể chứa tầng trên và tầng dưới. Do vậy, U_{\max} và L_{\max} chính là lượng tổn thất ban đầu lớn nhất, phụ thuộc vào điều kiện mật độ của lưu vực. Một đặc điểm của mô hình là lượng chứa U_{\max} phải nằm trong sức chứa tối đa trước khi có lượng mưa vượt quá P_N xuất hiện, tức là $U < U_{\max}$. Do đó trong thời kỳ khô hạn, tổn thất của lượng mưa trước khi có dòng chảy tràn xuất hiện có thể được dùng làm U_{\max} ban đầu.

L_{\max} thể hiện giá trị trung bình cho toàn vùng tập trung nước, những giá trị trung bình này có thể dùng cho các loại đất khác nhau và độ sâu rễ của các loại thực vật riêng biệt. Do vậy trên thực tế L_{\max} không thể xác định được từ dữ liệu về vùng đất. U_{\max} và L_{\max} là những thông số thay đổi để hiệu chỉnh sự cân bằng nước trong những mô phỏng.

Theo nguyên tắc có thể sử dụng: $U_{\max} = 0.1L_{\max}$.

b) CQ_{OF}

CQ_{OF} là hệ số dòng chảy mặt ($0 \leq CQ_{OF} \leq 1$), quyết định phân phối mưa hiệu quả cho dòng chảy mặt và thấm.

CQ_{OF} là hệ số dòng chảy mặt không có thứ nguyên, có phạm vi biến đổi từ 0.0 đến 0.9. Đây là một thông số quan trọng xác định lượng nước dư thừa tạo thành dòng chảy tràn và lượng nước thấm.

Về mặt vật lý, nó phản ánh điều kiện thấm và cấp nước ngầm. Thông số này ảnh hưởng đến tổng lượng dòng chảy và đoạn cuối đường nước rút. Ở những lưu vực có địa hình bằng phẳng, cấu tạo bởi cát thô thì CQ_{OF} có giá trị tương đối nhỏ, ở những lưu vực mà tính thấm nước của thổ nhưỡng kém như đất sét, đá tảng thì CQ_{OF} có giá trị lớn.

c) CQ_{IF}

CQ_{IF} là hệ số dòng chảy sát mặt, có thứ nguyên là thời gian (giờ)⁻¹.

Thông số này cùng với U_{\max} xác định tổng lượng dòng chảy sát mặt trong một đơn vị thời gian. Bởi vậy trong thực tế nó là thông số diễn toán của dòng chảy sát mặt do $CQ_{IF} \gg CK1, CK2$. CQ_{IF} thường không phải là một thông số quan trọng, và hiếm khi là thành phần dòng chảy chính và ảnh hưởng không lớn đến tổng lượng lũ, đường nước rút. Thông thường CQ_{IF} có giá trị trong phạm vi 0.001 – 0.002 giờ⁻¹.

d) CB_{LF}

CB_{LF} là thông số dòng chảy ngầm, được dùng để chia dòng chảy ngầm ra làm hai thành phần: Dòng chảy ngầm tầng trên BFU1 và dòng chảy ngầm tầng dưới BFL1. Sự khác nhau cơ bản của hai bể chứa ngầm là hằng số thời gian diễn toán lượng nhập ngầm đến dòng chảy ngầm. Trong trường hợp dòng chảy ngầm không quan trọng thì có thể chỉ sử dụng một trong hai bể chứa ngầm. Khi đó chỉ cần $CB_{LF} = 0$, tức là lượng nước ngầm đều đi vào bể chứa ngầm tầng trên.

Bảng 4: Các thông số cơ bản của NAM

Thông số	Mô tả
L_{max}	Lượng nước tối đa trong bể chứa tầng rễ cây. L_{max} có thể gọi là lượng ẩm tối đa của tầng rễ cây để thực vật có thể hút để thoát hơi nước.
U_{max}	Lượng nước tối đa trong bể chứa mặt. Lượng trữ này có thể gọi là lượng nước để điền trũng, rơi trên mặt thực vật, và chứa trong vài cm của bề mặt của đất
CQ_{OF}	Hệ số dòng chảy mặt ($0 \leq CQ_{OF} \leq 1$). CQ_{OF} quyết định sự phân phối của mưa hiệu quả cho dòng chảy ngầm và thấm.
TOF	Giá trị ngưỡng của dòng chảy mặt ($0 \leq TOF \leq 1$). Dòng chảy mặt chỉ hình thành khi lượng ẩm tương đối của đất ở tầng rễ cây lớn hơn TOF.
TIF	Giá trị ngưỡng của dòng chảy sát mặt ($0 \leq TIF \leq 1$). Dòng chảy sát mặt chỉ hình thành khi chỉ số ẩm tương đối của tầng rễ cây lớn hơn TIF.
TG	Giá trị ngưỡng của lượng nước bổ sung cho dòng chảy ngầm ($0 \leq TOF \leq 1$). Lượng nước bổ sung cho bể chứa ngầm chỉ được hình thành khi chỉ số ẩm tương đối của tầng rễ cây lớn hơn TG.
CKIF	Hằng số thời gian của dòng chảy sát mặt. CKIF cùng với U_{max} quyết định dòng chảy sát mặt. Nó chi phối thông số diễn toán dòng chảy sát mặt $CKIF \gg CK12$
CK12	Hằng số thời gian cho diễn toán dòng chảy mặt và sát mặt. Dòng chảy mặt và dòng chảy sát mặt được diễn toán theo các bể chứa tuyến tính theo chuỗi với cùng một hằng số thời gian CK12.
CKBF	Hằng số thời gian dòng chảy ngầm. Dòng chảy ngầm từ bể chứa ngầm được tạo ra sử dụng mô hình bể chứa tuyến tính với hằng số thời gian CKBF

e) $CLOF, CLIF, CLG$ (giá trị ngưỡng)

$CLOF, CLIF, CLG$ là các ngưỡng dưới của các bể chứa để sinh dòng chảy tràn, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm, không có thứ nguyên và có giá trị nhỏ

hơn 1. Chúng có liên quan đến độ ẩm tương đối của đất. Khi giá trị của các ngưỡng này nhỏ hơn L/L_{\max} thì sẽ không có dòng chảy tràn, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm. Về ý nghĩa vật lý, các thông số này phản ánh mức độ biến đổi trong không gian của các đặc trưng của lưu vực sông. Do vậy giá trị ngưỡng của lưu vực nhỏ và đồng nhất thường lớn hơn so với lưu vực lớn ít đồng nhất.

Cần chú ý rằng giá trị ngưỡng không quan trọng trong mùa mưa khi $L = L_{\max}$, sự quan trọng của giá trị ngưỡng thay đổi từ vùng tập trung nước này sang vùng tập trung nước khác và thường lớn hơn vùng bán khô hạn. Thông số này không dễ để tính toán thông qua việc định cỡ.

f) CK1, CK2, CKBFU và CKBFL

Là các hằng số thời gian của hồ chứa tuyến tính tức là thông số về thời gian tập trung nước. Chúng là những thông số rất quan trọng, nhất là hai thông số CK1 và CK2, ảnh hưởng lớn đến dạng đường quá trình và đỉnh. Những hằng số thời gian này thường yêu cầu một quá trình định cỡ ngắn cho sự tính toán (2 – 3 năm).

g) Hệ số mưa $K(i)$

Ảnh hưởng lớn đến kết quả của mô hình, nhất là tổng lượng.

3.1.3 Các yếu tố chính ảnh hưởng đến mô hình NAM

Lượng trữ bề mặt: Lượng ẩm bị giữ lại bởi thực vật cũng như được trữ trong chỗ trống trên tầng trên cùng của bề mặt đất được coi là lượng trữ bề mặt. Tổng lượng nước U trong lượng trữ U trong lượng trữ bề mặt liên tục bị giảm do bốc hơi cũng như do thấm ngang. Khi lượng trữ bề mặt đạt đến mức tối đa, một lượng nước thừa P_N sẽ gia nhập vào sông với vai trò là dòng chảy tràn trong khi lượng còn lại sẽ thấm vào tầng thấp bên dưới và tầng ngầm.

Lượng trữ tầng thấp hay lượng trữ tầng rễ cây: Độ ẩm trong tầng rễ cây, lớp đất bên dưới bề mặt đất, tại đó thực vật có thể hút nước để bốc thoát hơi đặc trưng cho lượng trữ tầng thấp. L_{\max} biểu thị giới hạn trên của tổng lượng nước trữ trong tầng này. Độ ẩm trong lượng trữ tầng thấp cung cấp cho bốc thoát hơi thực vật. Độ ẩm trong tầng này điều chỉnh tổng lượng nước gia nhập vào lượng trữ tầng ngầm, thành phần dòng chảy mặt, dòng sát mặt và lượng gia nhập lại.

Bốc thoát hơi nước: Nhu cầu bốc thoát hơi đầu tiên được thỏa mãn từ lượng trữ bề mặt với tốc độ tiềm năng. Nếu lượng trữ ẩm U trong lượng trữ bề mặt nhỏ hơn yêu cầu ($U < E_p$) thì phần còn thiếu được coi rằng là do các hoạt động của rễ

cây rút ra từ lượng trữ thấp theo tốc độ thực tế E_a . E_a tương ứng với lượng bốc hơi tiềm năng và biến đổi tuyến tính theo quan hệ lượng trữ ẩm trong đất, L/L_{\max} của lượng trữ ẩm tầng thấp.

$$E_a = (E_p - U) \frac{L}{L_{\max}} \quad (1)$$

Dòng chảy mặt: Khi lượng trữ bề mặt vượt qua giới hạn trên của bể chứa mặt, $U > U_{\max}$, thì lượng nước thừa P_N sẽ gia nhập vào thành phần dòng chảy mặt. Thông số QOF đặc trưng cho phần nước thừa P_N đóng góp vào dòng chảy mặt. Nó được giả thiết là tương ứng với P_N và biến đổi tuyến tính theo quan hệ lượng trữ ẩm đất, L/L_{\max} của lượng trữ ẩm tầng thấp.

$$Q_{OF} = \begin{cases} CQ_{OF} \frac{L/L_{\max} - T_{OF}}{1 - T_{OF}} P_N & \text{nếu } L/L_{\max} > T_{OF} \\ 0 & \text{nếu } L/L_{\max} \leq T_{OF} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó: CQ_{OF} : hệ số dòng chảy tràn trên mặt đất ($0 \leq CQ_{OF} \leq 1$),

T_{OF} : giá trị ngưỡng của dòng chảy tràn ($0 \leq T_{OF} \leq 1$).

Phần lượng nước thừa P_N không tham gia vào thành phần dòng chảy tràn sẽ thấm xuống lượng trữ tầng thấp. Một phần trong đó, ΔL nước của nước có sẵn cho thấm, $(P_N - Q_{OF})$ được giả thiết sẽ làm tăng lượng ẩm L trong lượng trữ ẩm tầng thấp. Lượng ẩm còn lại G , được giả thiết sẽ thấm sâu hơn và gia nhập lại vào lượng trữ tầng ngầm.

Dòng chảy sát mặt: Sự đóng góp của dòng chảy sát mặt, Q_{IF} được giả thiết là tương ứng với U và biến đổi tuyến tính theo quan hệ lượng chứa ẩm của lượng trữ tầng thấp.

$$Q_{IF} = \begin{cases} (CK_{IF})^{-1} \frac{L/L_{\max} - T_{IF}}{1 - T_{IF}} U & \text{nếu } L/L_{\max} > T_{IF} \\ 0 & \text{nếu } L/L_{\max} \leq T_{IF} \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó: CK_{IF} là hằng số thời gian dòng chảy sát mặt và T_{IF} là giá trị ngưỡng tầng rễ cây của dòng chảy sát mặt ($0 \leq T_{IF} \leq 1$).

Diễn toán dòng chảy mặt và dòng sát mặt: Dòng sát mặt được diễn toán qua chuỗi hai hồ chứa tuyến tính với cùng một hằng số thời gian CK12. Diễn toán dòng chảy mặt cũng dựa trên khái niệm hồ chứa tuyến tính nhưng với hằng số thời gian có thể biến đổi.

$$CK = \begin{cases} CK_{12} & \text{nếu } OF < OF_{\min} \\ CK_{12} \left(\frac{OF}{OF_{\min}} \right)^{-\beta} & \text{nếu } OF > OF_{\min} \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó: OF là dòng chảy tràn (mm/giờ), OF_{\min} là giới hạn trên của diễn toán tuyến tính (= 0.4 mm/giờ), và $\beta = 0.4$, tương ứng với việc sử dụng công thức Manning để mô phỏng dòng chảy mặt.

Theo phương trình trên, diễn toán dòng chảy mặt được tính bằng phương pháp sóng động học, và dòng chảy sát mặt được tính theo mô hình NAM như dòng chảy mặt (trong lưu vực không có thành phần dòng chảy mặt) được diễn toán như một hồ chứa tuyến tính.

Lượng gia nhập nước ngầm: Tổng lượng nước thấm G gia nhập vào lượng trữ nước ngầm phụ thuộc vào độ ẩm chứa trong đất trong tầng rễ cây.

$$G = \begin{cases} (P_N - Q_{OF}) \frac{L/L_{\max} - T_G}{1 - T_G} & \text{nếu } L/L_{\max} > T_G \\ 0 & \text{nếu } L/L_{\max} \leq T_G \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó: T_G là giá trị ngưỡng của tầng rễ cây đối với lượng gia nhập nước ngầm ($0 \leq T_G \leq 1$).

Độ ẩm chứa trong đất: Lượng trữ tầng thấp biểu thị lượng nước chứa trong tầng rễ cây. Sau khi phân chia mưa giữa dòng chảy mặt và dòng thấm xuống tầng ngầm, lượng nước mưa còn lại sẽ đóng góp vào lượng chứa ẩm (L) trong lượng trữ tầng thấp một lượng ΔL .

$$\Delta L = P_N - Q_{OF} - G$$

Dòng chảy cơ bản: Dòng chảy cơ bản BF từ lượng trữ tầng ngầm được tính toán như dòng chảy ra từ một hồ chứa tuyến tính với hằng số thời gian CKBF.

3.1.4 Các điều kiện ban đầu của mô hình

Những điều kiện ban đầu theo yêu cầu của mô hình NAM bao gồm lượng nước trong bề mặt, bể chứa tầng rễ cây, cùng với những giá trị ban đầu của dòng chảy từ hai bể chứa tuyến tính cho dòng chảy mặt, sát mặt và dòng chảy ngầm:

- U: lượng nước chứa trong bể chứa mặt (mm)
- L: lượng nước chứa trong bể chứa trong bể chứa tầng dưới (mm)
- OF1: cường suất dòng chảy mặt sau khi diễn toán qua bể chứa tuyến tính thứ nhất (mm/giờ)
- OF: cường suất dòng chảy mặt sau khi diễn toán qua hai hồ chứa tuyến tính (mm/giờ)
- IF1: cường suất dòng chảy sát mặt sau khi qua bể chứa tuyến tính thứ nhất (mm/giờ)
- IF: cường suất dòng chảy sát mặt sau khi qua hai bể chứa tuyến tính (mm/giờ)
- BFU1: cường suất dòng chảy ngầm tầng trên trước khi qua chứa tuyến tính thứ hai (mm/giờ)
- BFU: cường suất dòng chảy ngầm tầng trên sau khi qua chứa tuyến tính thứ hai (mm/giờ)
- BFL1: cường suất dòng chảy ngầm tầng dưới trước khi qua chứa tuyến tính thứ hai (mm/giờ)
- BFL: cường suất dòng chảy ngầm tầng dưới sau khi qua chứa tuyến tính thứ hai (mm/giờ)

3.1.5 Thiết lập cơ sở dữ liệu

- Số liệu đầu vào: Các số liệu đầu vào phục vụ cho mô hình cũng đóng vai trò rất quan trọng đối với kết quả tính toán. Các số liệu chính xác, có độ tin cậy cao sẽ cho ta kết quả tốt hơn nhiều so với các số liệu có độ chính xác không cao. Sai số của số liệu đo đạc có thể do nhiều nguyên nhân, cả về phía khách quan lẫn chủ quan của người đo, ví dụ: tay nghề không tốt, nhập dữ liệu vào sai,... Do vậy, trước khi áp dụng số liệu tính toán cho mô hình, chúng ta cần phải thực hiện công tác chỉnh lý, đánh giá mức độ tin cậy của số liệu có được và các biện pháp khắc phục

trong những trường hợp như không có số liệu, thiếu số liệu và đủ số liệu theo các phương pháp khoa học đã biết.

Đối với mô hình mưa – dòng chảy NAM, các số liệu yêu cầu phục vụ cho mô hình:

- Số liệu thông số lưu vực
- Số liệu diện tích lưu vực
- Số liệu khí tượng gồm: số liệu bốc hơi tiềm năng và số liệu mưa ngày trên các trạm khí tượng trên lưu vực.
- Số liệu thủy văn: tất cả số liệu lưu lượng trung bình ngày của các trạm thủy văn chính trên hệ thống sông được thu thập để làm cơ sở cho hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

Dữ liệu đầu ra của mô hình: Dữ liệu đầu ra của mô hình bao gồm giá trị lưu lượng tại các trạm thủy văn và các vị trí cần quan tâm trên lưu vực nghiên cứu.

Phân chia lưu vực và số liệu sử dụng: Lưu vực nghiên cứu được tiến hành phân chia thành các lưu vực nhỏ, tính toán quá trình lưu lượng tại các vị trí nhập lưu của các nhánh sông phụ lưu.

3.1.6 Tối ưu bộ thông số mô hình NAM

Tối ưu bộ thông số là xác định các thông số của mô hình sao cho đường quá trình tính toán phù hợp với đường quá trình thực đo một cách tốt nhất. Bộ thông số của mô hình áp dụng cho các lưu vực bộ phận của lưu vực sông được xác định bằng phương pháp thử sai. Phương pháp này có tính linh hoạt trong ứng dụng, đặc biệt là có thể xử lý riêng cho từng thông số.

Quá trình tối ưu bộ thông số của mô hình được xác định bằng các tiêu chuẩn sau:

Mô phỏng tốt về tổng lượng và đỉnh lũ: sai số giữa tính toán và thực đo là nhỏ nhất.

Sự mô phỏng tốt về dạng đường quá trình dòng chảy giữa thực đo và tính toán, được đánh giá thông qua hệ số tương quan giữa tính toán và thực đo và chỉ tiêu chất lượng mô hình R2.

Một số lưu ý trong hiệu chỉnh mô hình:

Đề hiệu chỉnh sự cân bằng nước của từng lưu vực bộ phận, thường hiệu chỉnh các thông số Lmax, Umax và CQOF. Nói chung Umax thường có độ lớn tương ứng với 10% của Lmax; $U_{max} \sim 10 - 20 \text{ mm}$.

Hiệu chỉnh đỉnh lũ: dòng chảy mặt thường có ảnh hưởng chủ yếu đến đỉnh lũ. Tăng giảm đỉnh lũ bằng cách hiệu chỉnh hệ số CQOF, hệ số này tác động tuyến tính đến dòng chảy mặt có thể được hiệu chỉnh bằng việc thay đổi các thông số CK12.

Hiệu chỉnh dòng chảy ngầm: thông số BF thể hiện tương tác nước gốc là lưu lượng ở mức chân lũ. BF thay đổi với từng lưu vực và theo thời gian. Tổng lượng dòng chảy ngầm thường bị ảnh hưởng của các thành phần dòng chảy khác. Tuy nhiên, giá trị ngưỡng TG thường ảnh hưởng chính đến tổng lượng dòng chảy ngầm tại giai đoạn đầu của mùa mưa.

Hệ số dòng chảy mặt CQOF và hệ số thoát dòng chảy trao đổi CQIF: Đối với lưu vực đất có khả năng thấm nước, dòng chảy sát mặt ít hơn thì giá trị CQOF nhỏ. Còn với lưu vực có nền địa chất chủ yếu là phiến thạch sét, sa diệp thạch ít thấm nước thì thông số CQOF lớn. Thông số CQIF tương đối ổn định cho từng lưu vực.

Giá trị ngưỡng dòng chảy mặt, dòng chảy trao đổi, hoàn lại nước ngầm TOF, TIF, TG ít thay đổi. Ngưỡng sinh dòng chảy tràn TOF đặc trưng cho đặc tính tổn thất ban đầu, không có dòng chảy sinh ra khi lượng ẩm đất tương đối L/Lmax nhỏ hơn giá trị ngưỡng. Các ngưỡng sinh các dòng chảy thường rất thấp. Đối với lưu vực sông mưa nhiều và ẩm thì các ngưỡng này thường ở mức 0.1 – 0.3.

Sai số giữa lưu lượng tính toán và thực đo được đánh giá theo chỉ số Nash – Sutcliffe:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - Q_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \overline{Q_{obs}})^2} \quad (6)$$

Trong đó:

$Q_{obs,i}$: lưu lượng thực đo tại thời điểm thứ i

$Q_{sim,i}$: lưu lượng tính toán tại thời điểm thứ i

Q_{obs} : lưu lượng thực đo trung bình các thời đoạn

Bảng 5: Bảng chỉ tiêu đánh giá mô hình

Chỉ tiêu	Mức	Loại
R ²	40-60%	Đạt
	60-85%	Khá
	>85%	Tốt

3.2 LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN TỐI ƯU MÔ PHÒNG DÒNG CHẢY KIẾT LƯU VỰC SÔNG NHUỆ - ĐÁY TRÊN ĐỊA BÀN HÀ NỘI

Sử dụng mô hình NAM tìm bộ thông số tối ưu nhất mô phỏng dòng chảy kiệt của lưu vực.

3.2.1 Số liệu đầu vào

Số liệu đầu vào để hiệu chỉnh mô hình:

- Số liệu mưa đo được tại các trạm Ba Thá, Hà Đông từ ngày 1/XI/1971 đến ngày 31/V/1972.
- Số liệu bốc hơi đo được tại trạm Láng từ ngày 1/XI/1971 đến ngày 31/V/1972.
- Số liệu lưu lượng đo được tại trạm Ba Thá từ ngày 1/XI/1971 đến ngày 31/V/1972.

Số liệu đầu vào để kiểm định mô hình:

- Số liệu mưa đo được tại trạm Ba Thá, Hà Đông từ ngày 1/XI/1977 đến ngày 31/V/1978.
- Số liệu bốc hơi đo được tại trạm Láng từ ngày 1/XI/1977 đến ngày 31/V/1978.
- Số liệu lưu lượng đo được tại trạm Ba Thá từ ngày 1/XI/1977 đến ngày 31/V/1978.

3.2.2 Các phương án

Sử dụng hai phương án: sử dụng 1 trạm mưa Ba Thá và sử dụng 2 trạm mưa Ba Thá, Hà Đông. Với thời gian hiệu chỉnh mô hình từ ngày 1/XI/1971 đến 31/V/1972 và kiểm định mô hình từ ngày 1/XI/1977 đến ngày 31/V/1978.

Bảng 6: Các trạm đo mưa sử dụng trên lưu vực

Phương án	Trạm mưa
1 trạm	Ba Thá
2 trạm	Ba Thá, Hà Đông

Trọng số trạm mưa tương ứng với từng phương án

Trọng số các trạm mưa trên lưu vực của hai phương án được tính theo phương pháp đa giác Thiessen

Bảng 7: Trọng số các trạm mưa được tính theo phương pháp đa giác Thiessen

Phương án	Diện tích khống chế (km ²)	Trạm thủy văn	Trọng số
1 trạm	1443	Ba Thá	
2 trạm	1443	Ba Thá	0.765
		Hà Đông	0.235

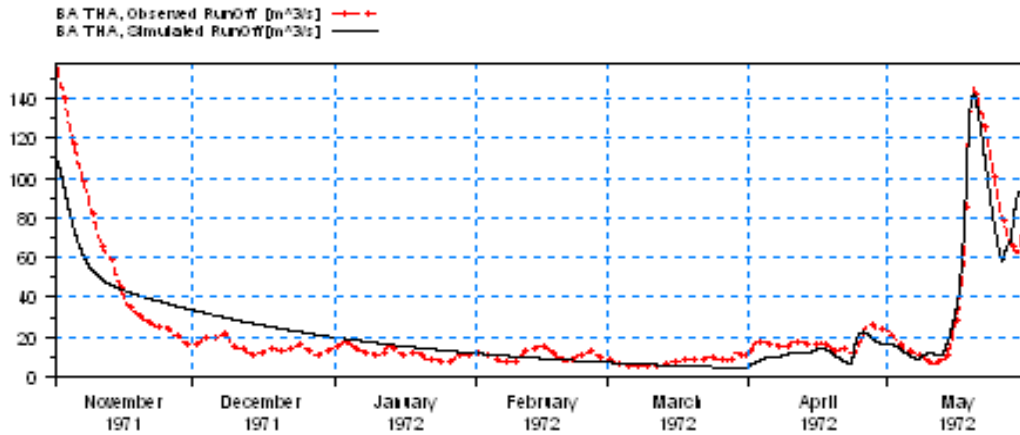
3.2.3 Hiệu chỉnh mô hình

Hiệu chỉnh mô hình là công việc rất quan trọng trong việc xây dựng và áp dụng mô hình toán. Các phương án để hiệu chỉnh mô hình bao gồm phương pháp thử sai và phương pháp tối ưu. Phương pháp thử sai chủ yếu là phương pháp dò tìm bằng cách thay giá trị của các thông số để tìm ra bộ thông số thích hợp nhất. Phương pháp này đòi hỏi nhiều thời gian và công sức nhưng tận dụng được kinh nghiệm và kiến thức của người hiệu chỉnh hơn phương pháp tối ưu.

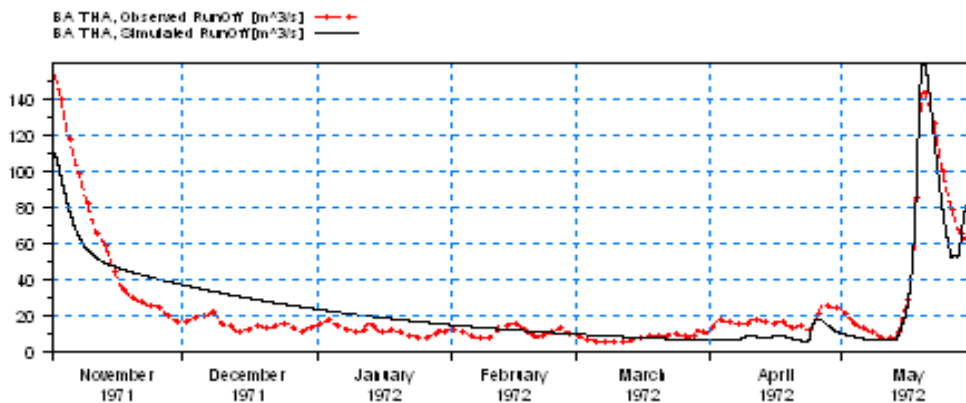
Kết quả hiệu chỉnh đường quá trình mực nước tính toán và mô phỏng của các phương án được cho trong bảng 3.5 và các hình 3.1 và 3.2.

Bảng 8: Kết quả hiệu chỉnh mô hình từng phương án

Phương án	Tên trạm	Chỉ số Nash
1 trạm	Ba Thá	85.8%
2 trạm	Ba Thá, Hà Đông	83.5%



Hình 4: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng phương án sử dụng 1 trạm từ 1/XI/1971 đến 31/V/1972



Hình 5: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng phương án sử dụng 2 trạm từ 1/XI/1971 đến 31/V/1972

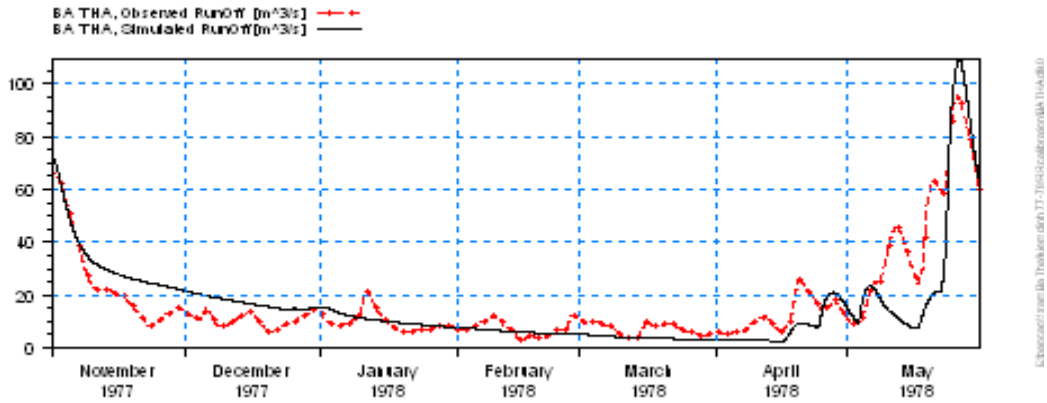
3.2.4 Kiểm định mô hình

Để kiểm tra bộ thông số đã tìm được từ bước hiệu chỉnh mô hình của 2 phương án có thực sự mô phỏng tốt dòng chảy kiệt lưu vực Nhuệ - Đáy trên địa bàn Hà Nội hay không, chuỗi số liệu từ 1/XI/1977 đến 31/V/1978 sẽ kiểm định.

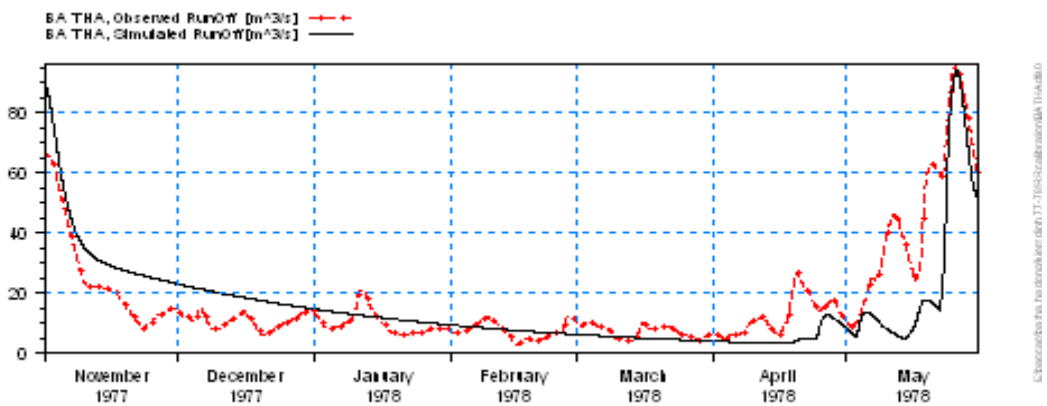
Kết quả kiểm định mô hình được cho trong bảng 3.6 và các hình vẽ 3.3, 3.4

Bảng 9: Kết quả kiểm định mô hình từng phương án

Phương án	Trạm thủy văn	Chỉ số Nash
1 trạm	Ba Thá	68.4%
2 trạm	Ba Thá, Hà Đông	58.2%



Hình 6: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng phương án sử dụng 1 trạm



Hình 7: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng phương án sử dụng 2 trạm từ 1/XI/1977 đến 31/V/1978

Bảng 10: Bộ thông số đã tối ưu của phương án sử dụng 1 trạm mưa Ba Thá của mô hình Nam

Thông số/ điều kiện ban đầu	Bộ thông số sau khi đã tối ưu
U_{max}	11.6
L_{max}	110
CO_{OF}	0.225
CKIF	125.5
CK1,2	48.4
TOF	0.005
TIF	0.005
TG	0.005
CKBF	1425

Qua bảng kết quả 3.5 và 3.6 cùng hình vẽ 3.1 đến 3.4 ta thấy kết quả hiệu chỉnh và kiểm định đều đạt loại khá. Nhưng đặc biệt, khi sử dụng 1 trạm mưa Ba Thá cho kết quả chỉ số Nash cao nhất với hiệu chỉnh mô hình đạt 85.8% và kiểm định đạt 68.4%. Nên có thể sử dụng bộ thông số này để mô phỏng dòng chảy kiệt của lưu vực.

3.3 ỨNG DỤNG MÔ HÌNH NAM VỚI KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Theo kịch bản biến đổi khí hậu nước biển dâng cho Việt Nam và dựa vào các điều kiện tự nhiên, tình hình kinh tế xã hội, dân số và mức độ quan tâm đến môi trường của khu vực. Trong khoá luận này đã lựa chọn 2 kịch bản đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy kiệt lưu vực sông Nhuệ - Đáy trên địa bàn Hà Nội: kịch bản phát thải trung bình A1B và kịch bản phát thải cao A2.

Số liệu tính toán cho thời kỳ nền của các trạm với thời gian tính toán từ năm 1970 – 1999. Với bộ thông số đã tìm được ở trên, tiến hành chạy mô hình Nam cho chuỗi số liệu nền, năm 2020, năm 2050 kịch bản A1B và A2 của bốn lưu vực: Thượng lưu sông Đáy, Hà Đông, thượng lưu Nhuệ và hạ lưu Nhuệ.

a) Kịch bản A1B

Bảng 11: Dòng chảy tháng mùa kiệt các lưu vực qua các thời kỳ kịch bản A1B

Lưu vực	Thời kỳ	XI	XII	I	II	III	IV	V	Mùa kiệt
Thượng lưu S.Đáy	1970-1999	11.00	6.29	5.96	3.26	2.55	3.22	5.90	5.45
	Năm 2020	11.09	6.35	6.01	3.29	2.57	3.26	6.03	5.51
	Năm 2050	11.10	6.35	6.01	3.29	2.57	3.26	6.03	5.51
Hà Đông	1970-1999	2.15	1.26	1.21	0.67	0.52	0.69	1.39	1.13
	Năm 2020	2.17	1.27	1.22	0.68	0.53	0.70	1.42	1.14
	Năm 2050	2.17	1.27	1.22	0.68	0.53	0.70	1.42	1.14
Thượng lưu S. Nhuệ	1970-1999	10.65	6.05	5.67	3.09	2.44	3.11	5.57	5.22
	Năm 2020	10.74	6.10	5.71	3.11	2.47	3.14	5.70	5.28
	Năm 2050	10.74	6.10	5.71	3.11	2.47	3.14	5.70	5.28
Hạ lưu S. Nhuệ	1970-1999	19.24	10.71	9.89	5.39	4.29	5.20	8.74	9.07
	Năm 2020	19.38	10.81	9.97	5.43	4.33	5.26	8.97	9.16
	Năm 2050	19.39	10.81	9.97	5.44	4.33	5.26	8.97	9.16

Với bộ thông số đã tìm được ở bước hiệu chỉnh và kiểm định, chạy mô hình cho chuỗi số liệu năm 2020 và năm 2050 kịch bản phát thải trung bình A1B cho bốn lưu vực trên. Kết quả dòng chảy trung bình tháng mùa kiệt của các lưu vực qua các

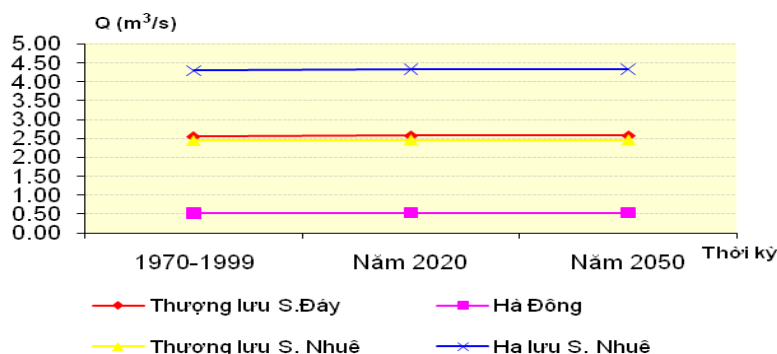
thời kỳ được cho trong bảng 11. Ta có thể thấy, dòng chảy mùa kiệt năm 2020 và 2050 có sự thay đổi so với thời kỳ nền 1970 – 1999, nhưng sự thay đổi không đáng kể, lớn nhất là 1.15% ở thượng lưu sông Nhuệ. Kết quả % thay đổi dòng chảy kiệt các thời kỳ kịch bản A1B so với thời kỳ nền được cho trong bảng 12.

Bảng 12: Thay đổi dòng chảy kiệt các thời kỳ kịch bản A1B so với kịch bản nền

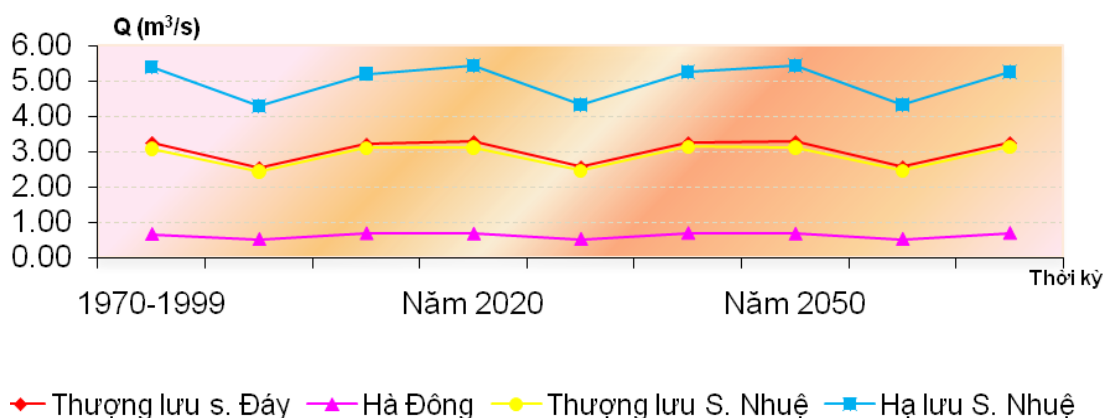
Lưu vực	1970-1999	2020		2050	
	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	% thay đổi	Q (m ³ /s)	% thay đổi
Thượng lưu S.Đáy	5.45	5.51	1.10	5.51	1.10
Hà Đông	1.13	1.14	0.88	1.14	0.88
Thượng lưu S. Nhuệ	5.22	5.28	1.15	5.28	1.15
Hạ lưu S. Nhuệ	9.07	9.16	0.99	9.16	0.99

Bảng 13: Dòng chảy tháng nhỏ nhất và ba tháng nhỏ nhất các thời kỳ kịch bản A1B

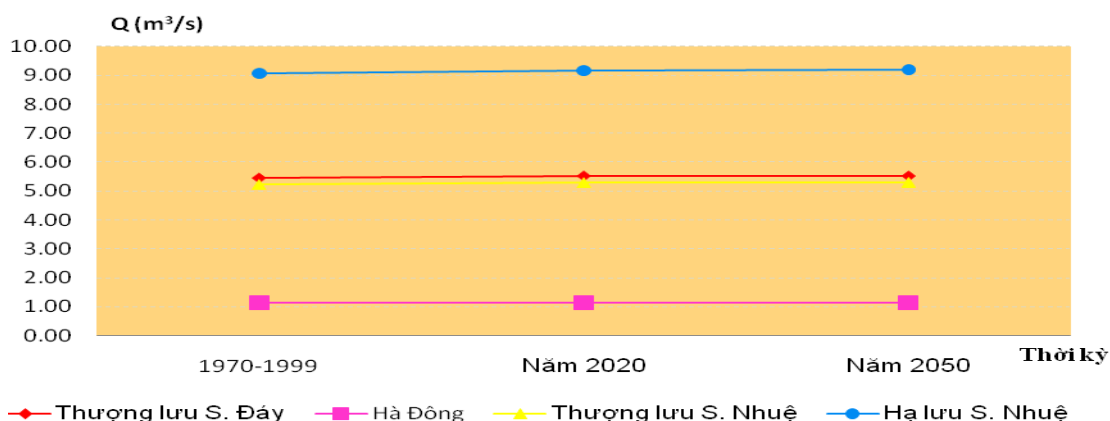
Lưu vực	Thời kỳ	Dòng chảy tháng nhỏ nhất		Dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất						Dòng chảy mùa kiệt
		Q (m ³ /s)	Tháng	Q (m ³ /s)	Tháng	Q (m ³ /s)	Tháng	Q (m ³ /s)	Tháng	
Thượng lưu S.Đáy	1970-1999	2.55	III	3.26	II	2.55	III	3.22	IV	5.45
	Năm 2020	2.57	III	3.29	II	2.57	III	3.26	IV	5.51
	Năm 2050	2.57	III	3.29	II	2.57	III	3.26	IV	5.51
Hà Đông	1970-1999	0.52	III	0.67	II	0.52	III	0.69	IV	1.13
	Năm 2020	0.53	III	0.68	II	0.53	III	0.70	IV	1.14
	Năm 2050	0.53	III	0.68	II	0.53	III	0.70	IV	1.14
Thượng lưu S. Nhuệ	1970-1999	2.44	III	3.09	II	2.44	III	3.11	IV	5.22
	Năm 2020	2.47	III	3.11	II	2.47	III	3.14	IV	5.28
	Năm 2050	2.47	III	3.11	II	2.47	III	3.14	IV	5.28
Hạ lưu S. Nhuệ	1970-1999	4.29	III	5.39	II	4.29	III	5.20	IV	9.07
	Năm 2020	4.33	III	5.43	II	4.33	III	5.26	IV	9.16
	Năm 2050	4.33	III	5.44	II	4.33	III	5.26	IV	9.16



Hình 8: Biểu đồ thể hiện dòng chảy tháng nhỏ nhất của các lưu vực qua các thời kỳ kịch bản A1B



Hình 9: Biểu đồ thể hiện dòng chảy ba tháng nhỏ nhất của các lưu vực qua các thời kỳ kịch bản A1B



Hình 10: Biểu đồ thể hiện dòng chảy mùa kiệt của các lưu vực qua các thời kỳ kịch bản A1B

Qua bảng 13, ta nhận thấy: dòng chảy tháng nhỏ nhất của cả bốn lưu vực đều tập trung vào tháng III - ít mưa. Dòng chảy tháng nhỏ nhất ở Hà Đông năm 2020 và 2050 là $0.53 \text{ m}^3/\text{s}$, thấp nhất so với ba lưu vực còn lại. Dòng chảy tháng nhỏ nhất năm 2020 và 2050 kịch bản A1B tăng so với thời kỳ nền, lượng dòng chảy tăng nhỏ nhất là $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ và cao nhất là $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$. Dòng chảy ba tháng nhỏ nhất của các lưu vực đều tập trung vào tháng II, III và IV. Từ hình 8, hình 9 và hình 10, có thể thấy dòng chảy tháng nhỏ nhất, ba tháng nhỏ nhất và dòng chảy mùa kiệt thấp nhất ở Hà Đông và lớn nhất ở hạ lưu sông Nhuệ; đồng thời thấy rằng dòng chảy kiệt ở cả bốn lưu vực năm 2020 và 2050 đều tăng so với thời kỳ nền nhưng chưa rõ nét, lượng dòng chảy tăng cao nhất chỉ là $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$ ở hạ lưu sông Nhuệ.

b) Kịch bản A2

Với bộ thông số đã tìm được ở bước hiệu chỉnh và kiểm định, chạy mô hình cho chuỗi số liệu năm 2020 và năm 2050 kịch bản phát thải cao A2 cho các lưu vực: thượng lưu sông Đáy, Hà Đông, thượng lưu sông Nhuệ và hạ lưu sông Nhuệ. Kết quả dòng chảy trung bình tháng mùa kiệt của các lưu vực qua các thời kỳ được cho trong bảng 14. Ta có thể thấy, dòng chảy mùa kiệt năm 2020 và 2050 có sự thay đổi so với thời kỳ nền 1970 - 1999, và sự thay đổi rõ nét hơn, % thay đổi tương ứng ở các lưu vực đều lớn hơn 1, cao nhất là 1.16% ở thượng lưu sông Nhuệ. Kết quả % thay đổi dòng chảy kiệt các thời kỳ kịch bản A1B so với thời kỳ nền được cho trong bảng 15.

Bảng 14: Dòng chảy tháng mùa kiệt các lưu vực qua các thời kỳ của kịch bản A2

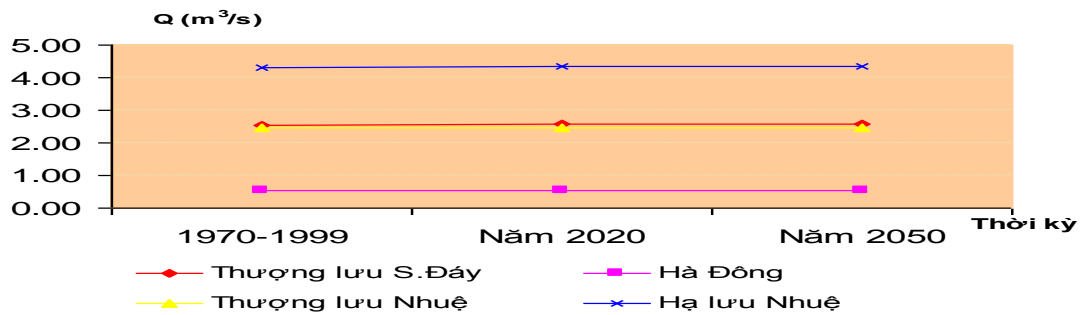
Lưu vực	Thời kỳ	XI	XII	I	II	III	IV	V	Mùa kiệt
Thượng lưu S.Đáy	1970-1999	11.00	6.29	5.96	3.26	2.55	3.22	5.90	5.45
	Năm 2020	11.12	6.36	6.03	3.30	2.58	3.26	6.00	5.52
	Năm 2050	11.14	6.37	6.04	3.30	2.58	3.26	5.97	5.52
Hà Đông	1970-1999	2.15	1.26	1.21	0.67	0.52	0.69	1.39	1.13
	Năm 2020	2.17	1.28	1.23	0.68	0.53	0.70	1.42	1.14
	Năm 2050	2.17	1.27	1.23	0.68	0.53	0.70	1.41	1.14
Thượng lưu S. Nhuệ	1970-1999	10.65	6.05	5.67	3.09	2.44	3.11	5.57	5.22
	Năm 2020	10.76	6.11	5.73	3.12	2.48	3.15	5.66	5.29
	Năm 2050	10.79	6.13	5.75	3.13	2.48	3.15	5.63	5.29
Hạ lưu S. Nhuệ	1970-1999	19.24	10.71	9.89	5.39	4.29	5.20	8.74	9.07
	Năm 2020	19.42	10.82	10.00	5.45	4.35	5.26	8.85	9.16
	Năm 2050	19.52	10.87	10.05	5.48	4.36	5.26	8.85	9.20

Bảng 15: Thay đổi dòng chảy kiệt các thời kỳ kịch bản A2 so với kịch bản nền

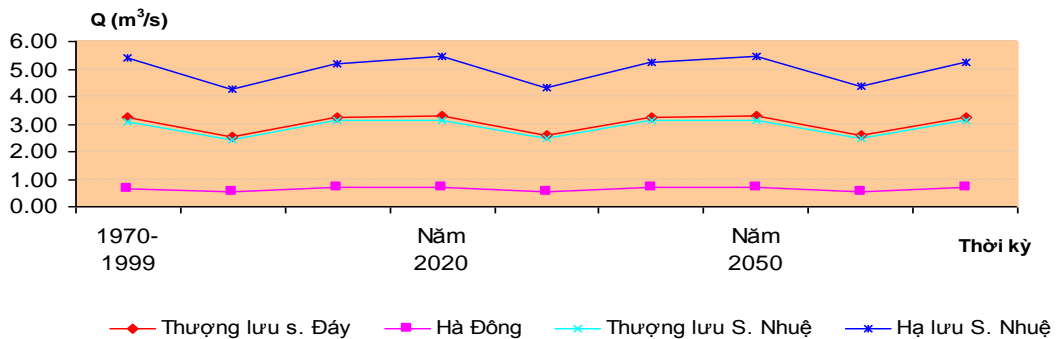
Lưu vực	1970-1999	2020		2050	
	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	% thay đổi	Q (m ³ /s)	% thay đổi
Thượng lưu S.Đáy	5.38	5.44	1.12	5.45	1.12
Hà Đông	1.09	1.1	0.92	1.10	0.92
Thượng lưu S. Nhuệ	5.17	5.23	1.16	5.24	1.16
Hạ lưu S. Nhuệ	9.12	9.22	1.10	9.26	1.10

Bảng 16: Dòng chảy tháng nhỏ nhất và ba tháng nhỏ nhất các thời kỳ kịch bản A2

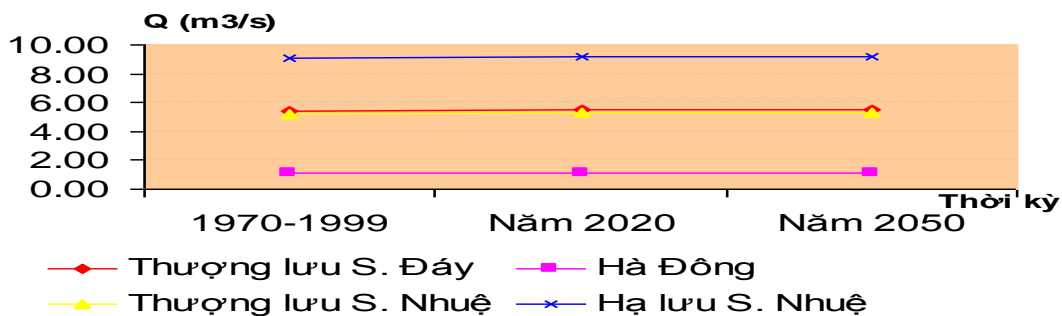
Lưu vực	Thời kỳ	Dòng chảy tháng nhỏ nhất		Dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất						Dòng chảy mùa kiệt
		Q (m ³ /s)	Tháng	Q (m ³ /s)	Tháng	Q (m ³ /s)	Tháng	Q (m ³ /s)	Tháng	
Thượng lưu S.Đáy	1970-1999	2.55	III	3.26	II	2.55	III	3.22	IV	5.38
	Năm 2020	2.58	III	3.30	II	2.58	III	3.26	IV	5.44
	Năm 2050	2.58	III	3.30	II	2.58	III	3.26	IV	5.45
Hà Đông	1970-1999	0.52	III	0.67	II	0.52	III	0.69	IV	1.09
	Năm 2020	0.53	III	0.68	II	0.53	III	0.70	IV	1.10
	Năm 2050	0.53	III	0.68	II	0.53	III	0.70	IV	1.10
Thượng lưu S. Nhuệ	1970-1999	2.44	III	3.09	II	2.44	III	3.11	IV	5.17
	Năm 2020	2.48	III	3.12	II	2.48	III	3.15	IV	5.23
	Năm 2050	2.48	III	3.13	II	2.48	III	3.15	IV	5.24
Hạ lưu S. Nhuệ	1970-1999	4.29	III	5.39	II	4.29	III	5.20	IV	9.12
	Năm 2020	4.35	III	5.45	II	4.35	III	5.26	IV	9.22
	Năm 2050	4.36	III	5.48	II	4.36	III	5.26	IV	9.26



Hình 11: Biểu đồ thể hiện dòng chảy tháng nhỏ nhất của các lưu vực qua các thời kỳ kịch bản A2



Hình 12: Biểu đồ thể hiện dòng chảy ba tháng nhỏ nhất của các lưu vực qua các thời kỳ kịch bản A2



Hình 13: Biểu đồ thể hiện dòng chảy kiệt của các lưu vực qua các thời kỳ kịch bản A2

Qua bảng 16, ta nhận thấy: dòng chảy tháng nhỏ nhất của cả bốn lưu vực đều tập trung vào tháng III - ít mưa. Dòng chảy tháng nhỏ nhất ở Hà Đông năm 2020 và 2050 là $0.53 \text{ m}^3/\text{s}$, thấp nhất so với ba lưu vực còn lại. Dòng chảy tháng nhỏ nhất năm 2020 và 2050 kịch bản A1B tăng so với thời kỳ nền và thể hiện rõ nét hơn, lượng dòng chảy tháng nhỏ nhất tăng nhỏ nhất là $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ và cao nhất là $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dòng chảy ba tháng nhỏ nhất của các lưu vực đều tập trung vào tháng II, III và IV. Từ hình 8, hình 9 và hình 10, có thể thấy dòng chảy tháng nhỏ nhất, ba tháng nhỏ nhất và dòng chảy mùa kiệt thấp nhất ở Hà Đông và lớn nhất ở hạ lưu sông Nhuệ; đồng thời thấy rằng dòng chảy kiệt ở cả bốn lưu vực năm 2020 và 2050 đều tăng so với thời kỳ nền và thể hiện rõ nét hơn, lượng dòng chảy tăng cao nhất chỉ là $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$ ở Hạ lưu Sông Nhuệ.

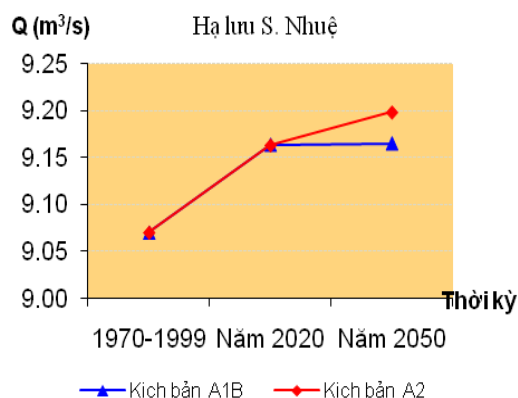
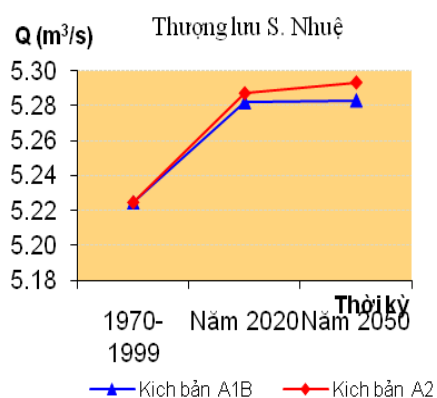
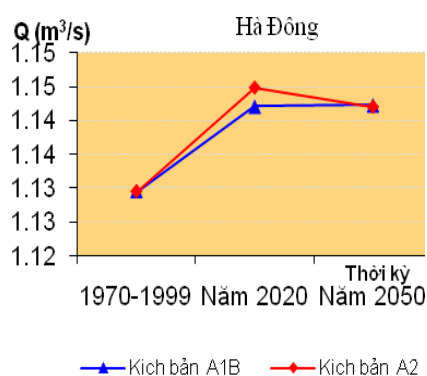
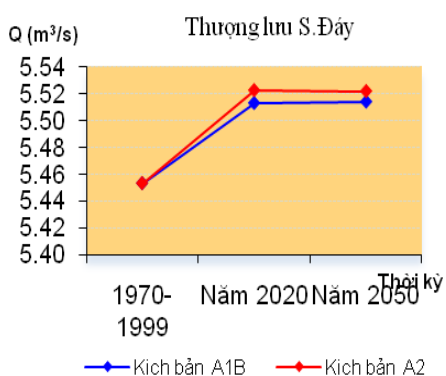
Và ở kịch bản A2, đã có sự thay đổi dòng chảy kiệt giữa năm 2020 và năm 2050, sự thay đổi này cao nhất ở hạ lưu sông Nhuệ, lượng dòng chảy thay đổi giữa hai năm này là $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$.

So sánh giữa hai kịch bản phát thải trung bình A1B và kịch bản phát thải cao A2, ta thấy: Dòng chảy kiệt năm 2020 và năm 2050 của hai kịch bản đều tăng so với thời kỳ nền 1970 – 1999. Ở kịch bản phát thải trung bình A1B, dòng chảy tăng nhưng không rõ rệt, chỉ tăng cao ở hạ lưu sông Nhuệ, khoảng $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$; dòng chảy hai năm 2020 và 2050 ít có sự biến đổi.

Trong kịch bản phát thải cao A2, sự biến đổi dòng chảy hai năm 2020, 2050 so với thời kỳ nền đã rõ nét hơn, dòng chảy tăng cao nhất $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$ ở hạ lưu sông Nhuệ, ở các lưu vực còn lại dòng chảy có tăng nhưng mà thấp hơn, khoảng $0.02 - 0.06 \text{ m}^3/\text{s}$; dòng chảy năm 2020 và 2050 đã có sự biến đổi, dòng chảy năm 2050 tăng hơn so với năm 2020.

Bảng 17: Thay đổi dòng chảy kiệt giữa hai kịch bản A1B và kịch bản A2

Lưu vực	Thời kỳ	Kịch bản A1B	Kịch bản A2	% thay đổi
		Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	
Thượng lưu S.Đáy	1970-1999	5.45	5.45	0.00
	Năm 2020	5.51	5.52	0.17
	Năm 2050	5.51	5.52	0.14
Hà Đông	1970-1999	1.13	1.13	0.00
	Năm 2020	1.14	1.14	0.24
	Năm 2050	1.14	1.14	0.00
Thượng lưu S. Nhuệ	1970-1999	5.22	5.22	0.00
	Năm 2020	5.28	5.29	0.10
	Năm 2050	5.28	5.29	0.20
Hạ lưu S. Nhuệ	1970-1999	9.07	9.07	0.00
	Năm 2020	9.16	9.16	0.00
	Năm 2050	9.16	9.20	0.37



Hình 14: Biểu đồ so sánh dòng chảy kiệt của các lưu vực giữa kịch bản A1B và kịch bản A2

c) Nhận xét và đánh giá

Qua việc tính toán với số liệu thời kỳ nền 1970 – 1999, số liệu kịch bản phát thải trung bình A1B, kịch bản phát thải cao A2 năm 2020 và năm 2050, có thể nhận thấy: Với kịch bản A1B, dòng chảy kiệt năm 2020 và 2050 có tăng so với thời kỳ nền, nhưng không thể hiện rõ; đồng thời dòng chảy hai năm 2020 và 2050 có sự biến đổi khá nhỏ. Trong khi đó, với kịch bản A2, dòng chảy tăng so với thời kỳ nền và thể hiện rõ nét, dòng chảy tăng lớn nhất là $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$ so với thời kỳ nền; dòng chảy hai năm 2020 và 2050 đã có sự biến đổi, dòng chảy năm 2050 cao hơn năm 2020, dòng chảy chênh lệch giữa hai năm lớn nhất là $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$. Nhìn chung, sự biến thiên dòng chảy trên các lưu vực là khác nhau theo từng kịch bản và ở cả hai kịch bản dòng chảy đều tăng mạnh ở hạ lưu sông Nhuệ.

Điều này cho thấy mức ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến dòng chảy kiệt phụ thuộc vào mức độ ứng xử với tài nguyên khí hậu như thế nào. Và sự biến đổi dòng chảy trên lưu vực phụ thuộc vào lượng mưa và bốc hơi trên lưu vực theo các kịch bản khác nhau.

KẾT LUẬN

Luận văn đã thực hiện được các nội dung cơ bản sau:

- Đã phân tích các điều kiện tự nhiên và hoạt động dân sinh kinh tế trên lưu vực sông Nhuệ - Đáy thuộc địa bàn thành phố Hà Nội. Qua đó nhận thấy biến đổi khí hậu có ảnh hưởng đến biến động dòng chảy. Các hiện tượng thời tiết khắc nghiệt và úng ngập xảy ra thường xuyên hơn với thủ đô.
- Tổng quan các mô hình khảo sát biến động tài nguyên nước nói chung và dòng chảy kiệt nói riêng, lựa chọn mô hình Nam làm công cụ chính khảo sát các kịch bản biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến dòng chảy kiệt lưu vực sông Nhuệ - Đáy. Tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định mô hình Nam với chỉ số Nash đều đạt trên 70%.
- Sử dụng hai kịch bản biến đổi khí hậu phát thải trung bình và phát thải cao A1B, A2 trên số liệu quy về địa phương của nhóm RIMOCLIC để khảo sát biến đổi dòng chảy đến năm 2020 và 2050 bằng mô hình Nam cho thấy:
 - Dưới tác động của biến đổi khí hậu, dòng chảy mùa kiệt trên các lưu vực của các kịch bản đều tăng.
 - Đến năm 2020 và năm 2050 lượng dòng chảy tăng 0.88 - 1.15% đối với kịch bản A1B và 0.92 – 1.16% đối với kịch bản A2. Dòng chảy kiệt giữa hai năm 2020 và 2050 của kịch bản A1B không có sự biến đổi lớn, nhưng ở kịch bản A2 dòng chảy kiệt năm 2050 cao hơn so với năm 2020.
 - So sánh cùng một thời kỳ, với kịch bản A2 dòng chảy kiệt lớn hơn so với kịch bản A1B, đặc biệt là sau năm 2020.

Hoàn thành khoá luận này, không tránh khỏi những khiếm khuyết, hạn chế do kiến thức, số liệu và thời gian. Rất mong được sự đóng góp của các thầy cô để bài làm được hoàn thiện hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2008, *Khung Chương trình hành động thích ứng với biến đổi khí hậu của ngành Nông nghiệp và PTNT giai đoạn 2008-2020*.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2009. *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*. Hà Nội tháng 6 - 2009 .
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường 2009. Dự án: “*Việt Nam: Chuẩn bị thông báo quốc gia lần thứ hai cho UNFCCC*”. Báo cáo Đánh giá chiến lược và các biện pháp ứng phó với biến đổi khí hậu trong lĩnh vực tài nguyên nước ở Việt Nam. Hà Nội, tháng 1 năm 2009.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008. *Chương trình mục tiêu quốc gia thích ứng với biến đổi khí hậu*. Hà Nội, 2008.
5. Văn Thị Hằng 2010, *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến biến động tài nguyên nước lưu vực sông Nhuê – Đáy thuộc thành phố Hà Nội*, Luận văn thạc sỹ khoa học, Trường Đại học KNTN Hà Nội.
6. Lê Thị Hương, Nguyễn Thanh Sơn, 2010. Ứng dụng mô hình NAM khảo sát hiện trạng tài nguyên nước lưu vực sông Nhuê - Đáy. *Tuyển tập báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ XIII. Tập 2. Thủy văn - Tài nguyên nước và Biển, Môi trường và Đa dạng sinh học*. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Thác Bà - 10/2010, tr. 87-94
7. Trần Thực, Nguyễn Văn Thắng, Hoàng Đức Cường 2009, *Xây dựng kịch bản BĐKH trong thế kỷ XXI cho Việt Nam và các khu vực nhỏ hơn*.
8. Trung tâm Tư vấn Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Viện KH KTTV&MT, 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*. 2010
9. Trung tâm Tư vấn Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Viện KH KTTV&MT 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*.
10. Trung tâm NC Thủy văn & TNN, Viện KH KTTV&MT 2010, *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng – Lưu vực sông Cả*.
11. Trung tâm NC Thủy văn & TNN, Viện KH KTTV&MT 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*.

12. Trung tâm NC Thủy văn & TNN, Viện KH KTTV&MT 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. Trung tâm Tư vấn Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Viện KH KTTV&MT. 2010. “*Ứng dụng mô hình toán đánh giá một số tác động của Biến đổi khí hậu lên chất lượng nước lưu vực sông Nhuệ - Đáy*”
14. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2008. *Nghiên cứu tác động của BĐKH ở lưu vực sông Hương và chính sách thích nghi ở huyện Phú Vang, tỉnh Thừa Thiên Huế (2005 – 2008).*
15. DHI – MIKE 11 Reference Manual – DHI software 2004.