# ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỘNG TÀI NGUYÊN NƯỚC MẶT CỦA ĐÔ THỊ ĐÀ LẠT TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

**PHẠM THẾ ANH[1,2], TRƯƠNG THANH CẢNH[1], LÊ THỊ THANH QUỲNH[3], BÙI XUÂN AN[4]**

[1] *Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - ĐHQG Hồ Chí Minh*

[2] *Trường Đại học Yersin Đà Lạt*

[3] *Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Nguyên*

[4] *Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ TP. Hồ Chí Minh*

***Tóm tắt***

***Nghiên cứu này tập trung đánh giá biến động tài nguyên nước mặt trên địa bàn Đà Lạt dựa vào chuỗi số liệu khí tượng - thủy văn từ năm 1993 đến năm 2024 kết hợp các phương pháp phân tích xu thế, hồi quy tuyến tính đa biến để làm rõ mối quan hệ giữa tổng lượng dòng chảy với các yếu tố khí hậu như: lượng mưa và nhiệt độ. Kết quả cho thấy tổng lượng dòng chảy có xu hướng tăng nhẹ qua các năm, chủ yếu vào mùa mưa (chiếm 75 - 80% tổng dòng chảy năm), trong khi mùa khô ghi nhận sự suy giảm lưu lượng đáng kể, đặc biệt vào tháng 3 - thời điểm dòng chảy xuống thấp nhất. Mô hình hồi quy đa biến cho thấy, lượng mưa là biến độc lập có ảnh hưởng mạnh và có ý nghĩa hơn so với nhiệt độ, đồng thời mô hình có khả năng phản ánh tương đối chính xác xu thế biến động của tài nguyên nước mặt trong khu vực. Những thay đổi này phản ánh tác động kép của biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa đến chế độ thủy văn.***

***Từ khóa***: *Biến đổi khí hậu, Đà Lạt, dòng chảy, lượng mưa, nhiệt độ.*

***Ngày nhận bài:*** *19/9/2025;* ***Ngày sửa chữa:*** *5/10/2025;* ***Ngày duyệt đăng:*** *18/10/2025.*

# Assessment of surface water resource fluctuations in Da Lat urban area in the context of climate change

***Abstract***

***This study focuses on assessing the variation of surface water resources in Da Lat based on meteorological and hydrological data series from 1993 to 2024. By combining trend analysis and multiple linear regression methods, the study aims to clarify the relationship between total streamflow and climatic factors such as rainfall and temperature. The results indicate that total streamflow shows a slight increasing trend over the years, mainly during the rainy season (accounting for 75-80% of the annual flow), while the dry season exhibits a significant decline in discharge, particularly in March - the month with the lowest flow. The multiple regression model reveals that rainfall is a stronger and more statistically significant predictor of surface water variation compared to temperature, and the model reasonably captures the observed trends of surface water resources in the region. These changes reflect the combined impacts of climate change and urbanization on the hydrological regime.***

***Keywords:*** *Climate change, Da Lat, Streamflow, Rainfall, Temperature.*

***JEL Classifications:*** *N51, N53, Q15, Q53.*

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng, được xem là trung tâm nông nghiệp công nghệ cao và nông nghiệp đô thị lớn của Việt Nam, với diện tích gieo trồng gần 20.000 ha, trong đó hơn 80% là rau, hoa và các loại cây ngắn ngày phục vụ thị trường nội địa và xuất khẩu (Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Lâm Đồng, 2022). Nhờ đặc trưng khí hậu ôn đới cận xích đạo và địa hình cao nguyên, khu vực này có điều kiện thuận lợi để sản xuất nông nghiệp quanh năm. Tuy nhiên, mô hình canh tác liên tục, đặc biệt trong hệ thống nhà kính (ước tính khoảng 2.900 ha), đã dẫn đến sự phụ thuộc lớn vào nguồn nước tưới từ sông, suối và hồ chứa (Phạm et al., 2021).

Nguồn nước tưới chủ yếu được khai thác từ hệ thống sông Cam Ly và các hồ tự nhiên như Thái Phiên, Than Thở. Tuy nhiên, khả năng tích trữ và cung cấp nước của các nguồn này phụ thuộc mạnh vào chu trình mưa - dòng chảy, vốn đang chịu tác động đáng kể của biến đổi khí hậu (Nguyễn et al., 2023; Tran & Le, 2021). Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra sự suy giảm lưu lượng dòng chảy trong mùa khô và xuất hiện các trận mưa cực đoan ngắn ngày trong mùa mưa, gây lũ cục bộ, xói mòn và suy giảm chất lượng nước mặt (Nguyễn H. T. et al., 2020; Trương, 2022).

Song song đó, quá trình đô thị hóa và gia tăng dân cư nhanh chóng đã làm thu hẹp lòng dẫn và giảm khả năng thoát nước tự nhiên tại các suối lớn như Cam Ly,

Đa Tam, Đa Thiện (Nguyễn D. P. et al., 2018; Trần et al., 2020). Sự thay đổi hình thái dòng chảy do các hoạt động san lấp, xây dựng và lấn chiếm hành lang suối không chỉ gia tăng nguy cơ ngập úng mà còn làm suy giảm khả năng tự làm sạch và cân bằng sinh thái đô thị.

Trong bối cảnh đó, việc đánh giá biến động tài nguyên nước mặt tại Đà Lạt thông qua các yếu tố như lượng mưa, nhiệt độ và dòng chảy là cần thiết, nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho việc hoạch định chính sách và đề xuất các giải pháp quản lý, khai thác, sử dụng nước bền vững trong điều kiện biến đổi khí hậu.

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### *2.1. Đối tượng nghiên cứu*

Đối tượng nghiên cứu là biến động tài nguyên nước mặt của Đà Lạt từ năm 1993 đến năm 2024 thông qua các yếu tố: lưu lượng dòng chảy, tổng lượng dòng chảy, lượng mưa, nhiệt độ.

### *2.2. Khu vực nghiên cứu*

Nghiên cứu được thực hiện tại Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng - khu vực có địa hình đồi núi, độ cao trung bình từ 1.400 - 1.600 m, thuộc tiểu vùng khí hậu ôn đới cận xích đạo. Các lưu vực chính trong phạm vi nghiên cứu bao gồm: sông Cam Ly, sông Đa Tam, phụ lưu sông Đa Nhim và thượng nguồn suối Đạ Hiông.

### *2.3. Dữ liệu sử dụng nghiên cứu*

- Dữ liệu khí tượng - thủy văn gồm: Lượng mưa, nhiệt độ và lưu lượng dòng chảy theo tháng, năm trong giai đoạn từ năm 1993 đến năm 2024. Nguồn dữ liệu được thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn Lâm Đồng, Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Nguyên.

- Dữ liệu không gian: Bản đồ mạng lưới thủy văn của Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Lâm Đồng, Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Lâm Đồng.

### *2.4. Phương pháp tính toán*

*a. Phương pháp tính toán dòng chảy*

Dựa vào các số liệu thu thập hiện có, hiện trạng lưới quan trắc các yếu tố khí tượng, thủy văn. Nghiên cứu lựa chọn phương pháp tính toán dòng chảy đến trên từng lưu vực bằng phương pháp lưu vực tương tự. Công thức tổng quát:

$$Q^{tt} = \frac{F_{tt}}{F_{tv}} \times \frac{X_{0tt}}{X_{0tv}} \times Q^{tv}$$

Trong đó:

- $Q^{tt}$: là lưu lượng dòng chảy trên lưu vực tính toán.

- $Q^{tv}$: là lưu lượng dòng chảy tại trạm thủy văn sử dụng để tính toán.

- $F_{tv}$, $F_{tt}$: lần lượt là diện tích trạm thủy văn sử dụng để tính toán và lưu vực.

- $X_{0tt}$, $X_{0tv}$: lần lượt là lượng mưa năm trên lưu vực tính toán và lượng mưa nằm trên khu vực trạm thủy văn sử dụng để tính toán.

*b. Phương pháp tính toán dòng chảy năm*

Tính tổng lượng dòng chảy hàng năm (Q) theo công thức:

$$Q = \sum_{i=1}^{12} Qi \times ti$$

Trong đó:

- $Q_i$: Lưu lượng trung bình tháng thứ i (đơn vị: $m^3/s$).

- $t_i$: Số ngày của tháng thứ i.

- Kết quả ban đầu có đơn vị là $m^3$, quy đổi sang triệu $m^3$/năm.

### *2.5.Phương pháp phân tích, đánh giá*

- Phân tích xu thế biến động dòng chảy: Sử dụng phương pháp thống kê tuyến tính để xác định xu hướng.

- Phân tích tương quan với biến đổi khí hậu: Xác định mối quan hệ giữa lượng dòng chảy và các yếu tố khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ) bằng hồi quy tuyến tính.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### *3.1. Biến động dòng chảy các lưu vực của Đà Lạt*

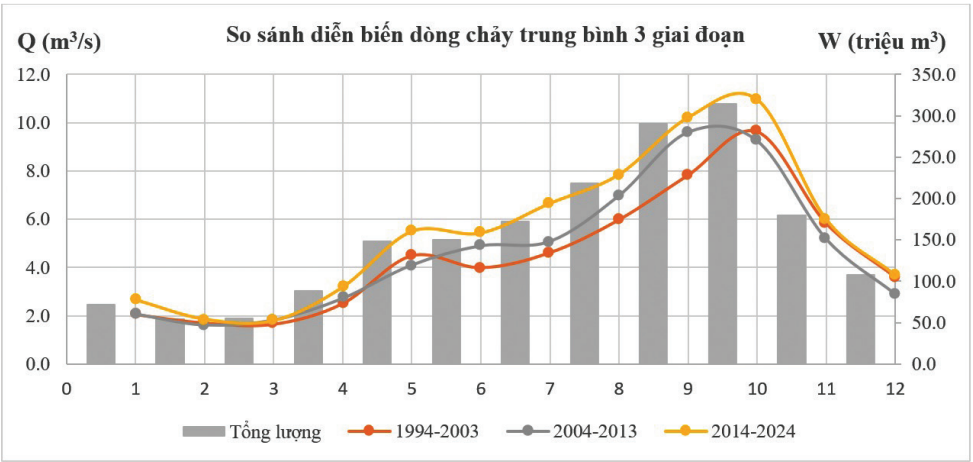
Dòng chảy trên lưu vực của Đà Lạt được phân thành 2 mùa rõ rệt. Mùa mưa kéo dài từ tháng 5 - 10, mùa khô kéo dài từ tháng 11- 4 năm sau. Kết quả tính toán tiềm năng và diễn biến lưu lượng dòng chảy trung bình nhiều năm như sau:

*a. Lưu vực sông Cam Ly*

Diện tích lưu vực sông Cam Ly khoảng 143 km2. Phân tích chuỗi số liệu dòng chảy trung bình tháng tại lưu vực sông Cam Ly trong ba giai đoạn (1994 - 2003, 2004 -2013 và 2014 - 2024) cho thấy, xu hướng gia tăng lưu lượng trung bình năm, từ 4,5 $m^3/s$ (1994 - 2003) lên 5,5 $m^3/s$ (2014 - 2024). Sự gia tăng chủ yếu xảy ra trong mùa mưa (tháng 5-10), đặc biệt ở các tháng 9 và 10, phản ánh tác động của biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa đến chế độ dòng chảy. Tuy nhiên, lưu lượng dòng chảy mùa khô (tháng 11- 4) vẫn duy trì ở mức thấp, với giá trị trung bình dao động từ 1,6 đến 3,7 $m^3/s$ trong suốt ba giai đoạn. Tháng 3 thường ghi

**Bảng 1. Diễn biến lưu lượng dòng chảy trung bình lưu vực suối Cam Ly**

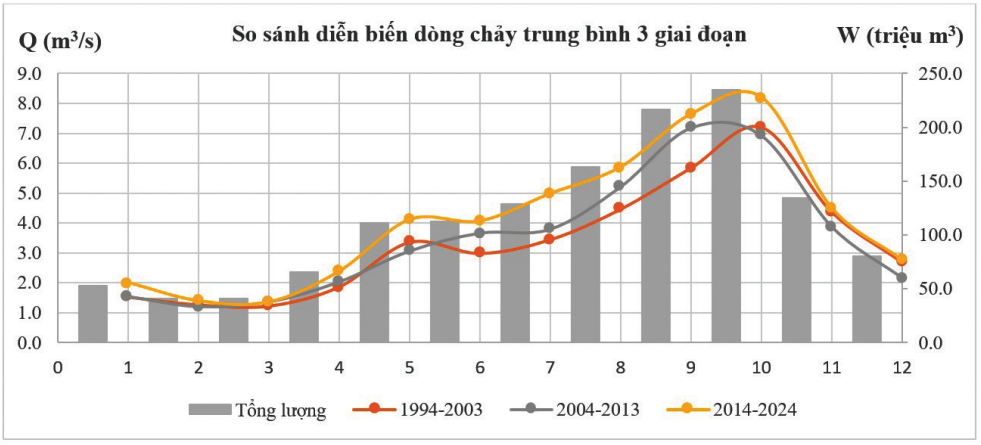
| **Giai đoạn\Tháng** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **TB** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W TBNN ($10^6m^3$) | 71,4 | 54,4 | 55,1 | 88,3 | 148,5 | 150,3 | 172,1 | 218,4 | 290,0 | 314,4 | 179,4 | 107,5 | 154,1 |
| 1994-2003 ($m^3/s$) | 2,0 | 1,7 | 1,6 | 2,5 | 4,5 | 4,0 | 4,6 | 6,0 | 7,8 | 9,6 | 5,8 | 3,6 | 4,5 |
| 2004-2013 ($m^3/s$) | 2,1 | 1,6 | 1,8 | 2,7 | 4,1 | 4,9 | 5,1 | 7,0 | 9,6 | 9,2 | 5,2 | 2,9 | 4,7 |
| 2014-2024 ($m^3/s$) | 2,7 | 1,9 | 1,8 | 3,2 | 5,5 | 5,4 | 6,7 | 7,8 | 10,2 | 11,0 | 6,0 | 3,7 | 5,5 |




*Hình 1. Biểu đồ diễn biến dòng chảy trung bình lưu vực suối Cam Ly*

**Bảng 2. Diễn biến lưu lượng trung bình lưu vực sông Đa Tam**

| Giai đoạn\Tháng | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | TB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W TBNN ($10^6$ m$^3$) | 53,3 | 40,7 | 41,3 | 65,9 | 111,0 | 112,6 | 128,7 | 163,4 | 217,0 | 235,3 | 134,3 | 80,4 | 115,4 |
| 1994-2003 (m$^3$/s) | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,9 | 3,4 | 3,0 | 3,5 | 4,5 | 5,9 | 7,2 | 4,4 | 2,7 | 3,4 |
| 2004-2013 (m$^3$/s) | 1,5 | 1,2 | 1,4 | 2,0 | 3,1 | 3,7 | 3,8 | 5,2 | 7,2 | 6,9 | 3,9 | 2,2 | 3,5 |
| 2014-2024 (m$^3$/s) | 2,0 | 1,4 | 1,4 | 2,4 | 4,1 | 4,1 | 5,0 | 5,9 | 7,6 | 8,2 | 4,5 | 2,8 | 4,1 |




*Hình 2. Biểu đồ diễn biến dòng chảy trung bình lưu vực sông Đa Tam*

nhận giá trị thấp nhất (1,6 - 1,8 m$^3$/s), cho thấy nguy cơ thiếu nước cục bộ vào cuối mùa khô. Tình trạng này gây ảnh hưởng đến cấp nước sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp và ổn định dòng chảy môi trường.

*b. Lưu vực sông Đa Tam*

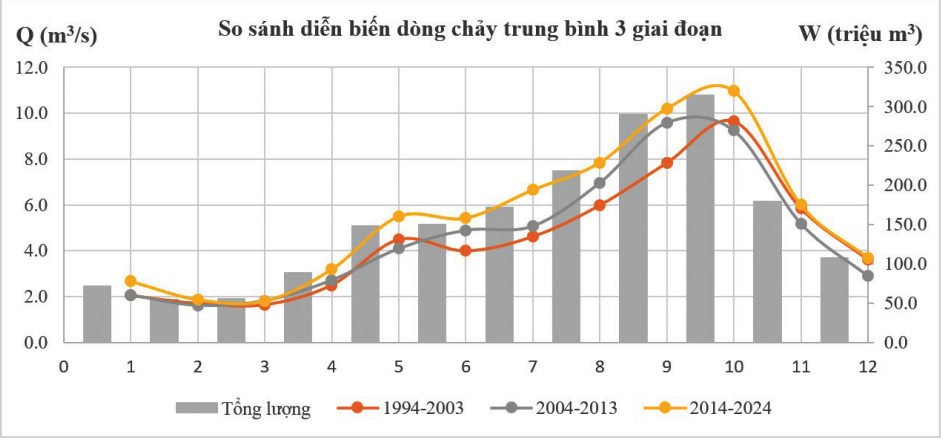
Diện tích lưu vực sông Đa Tam khoảng 107 km$^2$. Số liệu dòng chảy trung bình tháng tại lưu vực sông Đa Tam trong ba giai đoạn 1994 - 2003, 2004 - 2013 và 2014 -2024 cho thấy xu hướng tăng nhẹ về lưu lượng trung bình năm, từ 3,4 m$^3$/s (1994 - 2003) lên 4,1 m$^3$/s (2014 - 2024). Mức tăng rõ rệt nhất ghi nhận trong các tháng mùa mưa (tháng 5-10), đặc biệt vào tháng 9 và 10 - thời điểm lưu lượng đạt 7,6 - 8,2 m$^3$/s ở giai đoạn gần đây. Mặc dù tổng lưu lượng năm có xu hướng tăng, lưu lượng mùa khô (tháng 11 - 4) vẫn duy trì ở mức thấp, với trung bình chỉ từ 1,2 đến 2,8 m$^3$/s, và tháng 3 thường là thời điểm cạn kiệt nhất (1,2 -1,4 m$^3$/s). Điều này phản ánh tình trạng thiếu hụt nguồn nước nghiêm trọng vào cuối mùa khô, ảnh hưởng đến cấp nước sinh hoạt, tưới tiêu và dòng chảy môi trường.

*c. Lưu vực phụ lưu sông Đa Nhim*

Diện tích lưu vực sông Đa Nhim khoảng 69 km$^2$. Phân tích chuỗi số liệu dòng chảy trung bình tháng tại lưu vực sông Cam Ly trong ba giai đoạn (1994 - 2003, 2004 -2013 và 2014 - 2024) cho thấy, xu hướng gia tăng lưu lượng trung bình năm từ 4,5 m$^3$/s lên 5,5 m$^3$/s. Sự

**Bảng 3. Diễn biến lưu lượng trung bình phụ lưu sông Đa Nhim**

| Giai đoạn\Tháng | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | TB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W TBNN ($10^6 m^3$) | 28,1 | 21,4 | 21,4 | 34,7 | 58,0 | 59,0 | 67,5 | 85,5 | 113,5 | 123,0 | 70,3 | 42,3 | 60,2 |
| 1994-2003 ($m^3/s$) | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 1,8 | 1,6 | 1,8 | 2,3 | 3,1 | 3,8 | 2,3 | 1,4 | 1,8 |
| 2004-2013 ($m^3/s$) | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 1,6 | 1,9 | 2,0 | 2,7 | 3,8 | 3,6 | 2,0 | 1,1 | 1,8 |
| 2014-2023 ($m^3/s$) | 1,1 | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 2,2 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 4,0 | 4,3 | 2,4 | 1,5 | 2,2 |




*Hình 3. Biểu đồ diễn biến dòng chảy trung bình phụ lưu sông Đa Nhim*

**Bảng 4. Diễn biến lưu lượng trung bình thượng lưu suối Đa Hiông**

| Giai đoạn\Tháng | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | TB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W TBNN ($10^6 m^3$) | 28,1 | 21,4 | 21,4 | 34,7 | 58,0 | 59,0 | 67,5 | 85,5 | 113,5 | 123,0 | 70,3 | 42,3 | 60,2 |
| 1994-2003 ($m^3/s$) | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 1,8 | 1,6 | 1,8 | 2,3 | 3,1 | 3,8 | 2,3 | 1,4 | 1,8 |
| 2004-2013 ($m^3/s$) | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 1,6 | 1,9 | 2,0 | 2,7 | 3,8 | 3,6 | 2,0 | 1,1 | 1,8 |
| 2014-2023 ($m^3/s$) | 1,1 | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 2,2 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 4,0 | 4,3 | 2,4 | 1,5 | 2,2 |

gia tăng rõ rệt tập trung vào mùa mưa (tháng 5 - 10), đặc biệt các tháng 9 và 10, khi lưu lượng đạt tới 10,2 - 11,0 $m^3/s$ trong giai đoạn 2014 - 2023. Diễn biến này phản ánh tác động của biến đổi khí hậu và đô thị hóa đến chế độ dòng chảy trong khu vực. Tuy nhiên, lưu lượng mùa khô (tháng 11- 4) vẫn duy trì ở mức thấp, dao động từ 1,6 đến 3,7 $m^3/s$, với mức thấp nhất thường ghi nhận vào tháng 3 (1,6 -1,8 $m^3/s$). Điều này cho thấy tình trạng thiếu nước cục bộ vào cuối mùa khô vẫn tồn tại, ảnh hưởng đến hoạt động cấp nước đô thị, sản xuất nông nghiệp và duy trì dòng chảy sinh thái.

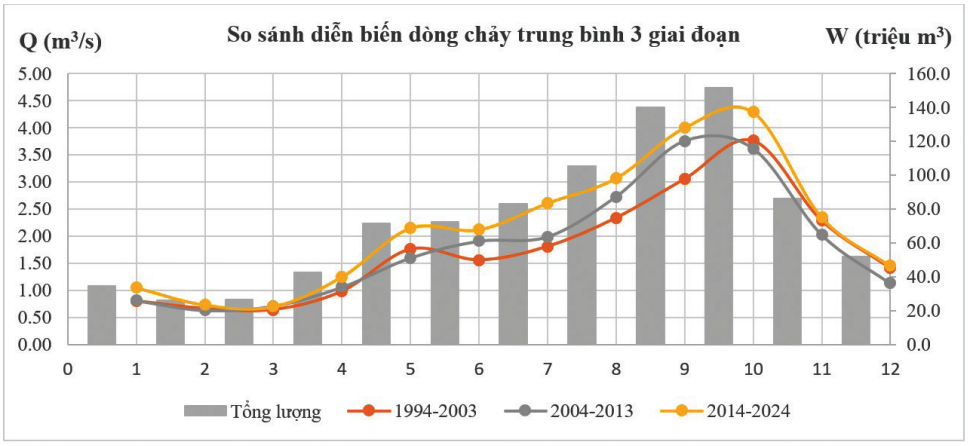
*d. Lưu vực thượng lưu suối Đa Hiông*

Diện tích lưu vực thượng lưu suối Đa Hiông Đà Lạt khoảng 56 $km^2$. Phân tích chuỗi số liệu dòng chảy trung bình tháng tại lưu vực thượng lưu suối Đa Hiông cho thấy lưu lượng trung bình năm có xu hướng tăng dần qua ba giai đoạn: từ 1,8 $m^3/s$ (1994 - 2003) lên 2,2 $m^3/s$ (2014 - 2024). Sự gia tăng chủ yếu xảy ra trong mùa mưa (tháng 5 -10), với mức cao nhất vào tháng 9 và 10 (4,0 - 4,3 $m^3/s$ trong giai đoạn gần đây). Tuy nhiên, lưu lượng mùa khô (tháng 11- 4) vẫn ở mức rất thấp, với giá trị trung bình chỉ từ 0,6 đến 1,5 $m^3/s$. Đặc biệt, tháng 3 - thời điểm cạn kiệt điển hình - chỉ đạt 0,6 - 0,7 $m^3/s$, phản ánh tình trạng thiếu nước nghiêm trọng vào cuối mùa khô. Mức lưu lượng thấp kéo dài gây áp lực lớn đến cấp nước sinh hoạt, tưới tiêu và duy trì dòng chảy tối thiểu cho hệ sinh thái.

***3.2. Biến động dòng chảy mặt trên địa bàn Đà Lạt***

Kết quả tính toán tổng lượng dòng chảy của các lưu vực (LV) trên địa bàn Đà Lạt được thể hiện ở Bảng 5:

Phân tích chuỗi số liệu tổng lượng dòng chảy mặt giai đoạn 1993 -2024 cho thấy, sự phân hoá rõ rệt giữa hai mùa tại khu vực Đà Lạt. Trung bình mùa mưa đóng góp khoảng 75 - 80% tổng lượng dòng chảy mặt hằng năm, với giá trị trung bình đạt 111,2 triệu $m^3$ tại lưu vực sông Cam Ly, 81,5 triệu $m^3$ tại sông Đạ Tam, 52,5 triệu $m^3$ tại sông Đa Nhim và 42,6 triệu $m^3$ tại suối Đạ Hiong. Trong khi đó, tổng lượng dòng chảy mùa khô ghi nhận mức thấp hơn đáng kể, trung bình chỉ đạt 50,1 triệu $m^3$, 34,3 triệu $m^3$, 22,1 triệu $m^3$ và 18,0 triệu $m^3$ tương ứng tại các lưu vực trên.

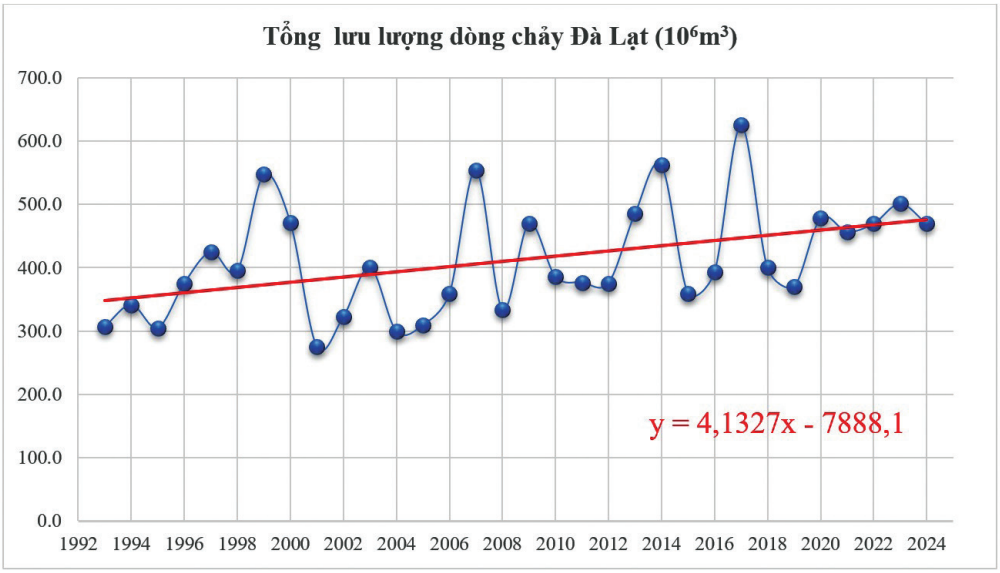



*Hình 4. Biểu đồ diễn biến dòng chảy trung bình thượng lưu suối Đa Hiông*

**Bảng 5. Tổng lượng dòng chảy mặt trên địa bàn Đà Lạt qua các năm**

| Năm | Lưu lượng ($10^6 m^3$) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LV sông Cam Ly | | LV sông Đạ Tam | | LV sông Đa Nhim | | LV suối Đạ Hiong | | Cả năm |
| | Mùa khô | Mùa mưa | Mùa khô | Mùa mưa | Mùa khô | Mùa mưa | Mùa khô | Mùa mưa | |
| 1993 | 36,7 | 83,4 | 27,1 | 58,9 | 17,5 | 38,0 | 14,2 | 30,8 | 306,6 |
| 1994 | 39,7 | 93,3 | 25,3 | 70,6 | 16,3 | 45,6 | 13,3 | 37,0 | 341,1 |
| 1995 | 29,5 | 90,1 | 19,4 | 66,0 | 12,5 | 42,6 | 10,1 | 34,6 | 304,7 |
| 1996 | 50,3 | 97,3 | 36,3 | 68,8 | 23,4 | 44,3 | 19,0 | 36,0 | 375,4 |
| 1997 | 52,2 | 114,3 | 30,2 | 88,9 | 19,5 | 57,3 | 15,8 | 46,6 | 424,9 |
| 1998 | 58,4 | 97,2 | 50,0 | 60,6 | 32,3 | 39,1 | 26,2 | 31,7 | 395,4 |
| 1999 | 83,6 | 129,3 | 42,1 | 112,3 | 27,1 | 72,4 | 22,0 | 58,8 | 547,5 |
| 2000 | 58,5 | 126,5 | 45,4 | 86,7 | 29,3 | 55,9 | 23,7 | 45,4 | 471,4 |
| 2001 | 41,2 | 64,0 | 32,0 | 46,3 | 20,6 | 29,9 | 16,7 | 24,2 | 275,0 |
| 2002 | 33,9 | 93,0 | 29,9 | 60,2 | 19,3 | 38,8 | 15,7 | 31,5 | 322,3 |
| 2003 | 41,2 | 115,6 | 33,5 | 78,6 | 21,6 | 50,7 | 17,5 | 41,2 | 399,9 |
| 2004 | 39,2 | 77,3 | 25,4 | 58,9 | 16,4 | 38,0 | 13,3 | 30,8 | 299,2 |
| 2005 | 31,8 | 89,9 | 22,2 | 64,2 | 14,3 | 41,4 | 11,6 | 33,6 | 309,1 |
| 2006 | 34,7 | 106,1 | 23,6 | 76,9 | 15,2 | 49,6 | 12,4 | 40,3 | 358,7 |
| 2007 | 51,7 | 167,3 | 31,4 | 123,2 | 20,3 | 79,5 | 16,4 | 64,5 | 554,2 |
| 2008 | 47,0 | 82,6 | 34,6 | 59,5 | 22,3 | 38,4 | 18,1 | 31,1 | 333,7 |
| 2009 | 61,6 | 122,2 | 34,2 | 97,6 | 22,1 | 62,9 | 17,9 | 51,1 | 469,7 |
| 2010 | 47,1 | 103,6 | 45,5 | 63,0 | 29,4 | 40,6 | 23,8 | 32,9 | 385,9 |
| 2011 | 43,2 | 103,6 | 30,1 | 75,9 | 19,4 | 49,0 | 15,7 | 39,7 | 376,6 |
| 2012 | 53,2 | 93,5 | 33,6 | 71,9 | 21,7 | 46,4 | 17,6 | 37,6 | 375,4 |
| 2013 | 53,2 | 137,7 | 35,9 | 99,8 | 23,2 | 64,4 | 18,8 | 52,3 | 485,3 |
| 2014 | 61,8 | 159,2 | 36,9 | 120,4 | 23,7 | 77,6 | 19,3 | 63,0 | 561,8 |
| 2015 | 42,2 | 97,8 | 27,7 | 73,5 | 17,9 | 47,4 | 14,5 | 38,5 | 359,4 |
| 2016 | 45,7 | 108,2 | 35,6 | 74,6 | 22,9 | 48,1 | 18,6 | 39,1 | 392,9 |
| 2017 | 84,8 | 159,6 | 48,0 | 127,5 | 31,0 | 82,2 | 25,1 | 66,7 | 624,9 |
| 2018 | 48,9 | 105,2 | 39,9 | 73,4 | 25,7 | 47,3 | 20,9 | 38,4 | 399,8 |
| 2019 | 51,7 | 91,9 | 35,0 | 69,2 | 22,5 | 44,7 | 18,3 | 36,2 | 369,5 |
| 2020 | 45,6 | 142,6 | 34,9 | 98,6 | 22,5 | 63,6 | 18,3 | 51,6 | 477,7 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2021 | 53,0 | 125,6 | 39,1 | 89,2 | 25,2 | 57,5 | 20,5 | 46,7 | 457,0 |
| 2022 | 70,6 | 112,0 | 39,8 | 92,5 | 25,7 | 59,6 | 20,9 | 48,4 | 469,4 |
| 2023 | 56,9 | 138,4 | 33,8 | 107,2 | 21,9 | 69,1 | 17,7 | 56,1 | 501,2 |
| 2024 | 52,5 | 131,3 | 40,2 | 91,6 | 25,9 | 59,0 | 21,1 | 47,9 | 469,6 |
| **Trung bình** | **50,1** | **111,2** | **34,3** | **81,5** | **22,1** | **52,5** | **18,0** | **42,6** | **412,4** |




*Hình 5. Diễn biến lượng dòng chảy mặt trên địa bàn Đà Lạt qua các năm*

Xu hướng phân hoá theo mùa là đặc điểm đặc trưng của chế độ thuỷ văn khu vực cao nguyên ôn đới cận xích đạo, tuy nhiên điều đáng quan ngại là lượng dòng chảy mùa khô có dấu hiệu suy giảm và biến động lớn trong những năm gần đây, điển hình là các năm 2011, 2015 và 2019 với giá trị tổng dòng chảy mùa khô thấp hơn trung bình lịch sử. Tình trạng này có mối liên hệ chặt chẽ với diễn biến bất thường của lượng mưa mùa khô, gia tăng nhiệt độ và thay đổi chế độ dòng chảy do tác động của biến đổi khí hậu. Trong khi đó, nhu cầu sử dụng nước trong nông nghiệp, du lịch và sinh hoạt tại Đà Lạt có xu hướng gia tăng nhanh, đặc biệt trong mùa khô, đã và đang tạo ra áp lực lớn lên tài nguyên nước mặt và nguy cơ thiếu hụt nguồn nước cục bộ.

Mặc dù có một số năm ghi nhận dòng chảy mùa khô tăng cao (ví dụ: năm 1999 và 2017), song các đợt tăng này mang tính bất thường và không phản ánh xu thế bền vững. Tính bất định trong phân bố dòng chảy giữa các mùa và giữa các năm đặt ra yêu cầu cấp thiết trong việc xây dựng các chiến lược quản lý tài nguyên nước thích ứng với biến đổi khí hậu, hướng tới sử dụng nước hiệu quả, cân bằng và bền vững theo thời gian.

***3.3. Đánh giá mối tương qua giữa tổng lượng dòng chảy với lượng mưa và nhiệt độ của Đà Lạt qua các năm***

Kết quả tính toán tổng lượng dòng chảy (W), tổng lượng mưa (R) và nhiệt độ (T) trung bình hàng tháng qua các năm của Đà Lạt như Bảng 6:

*a. Đánh giá xu hướng biến động các yếu tố khí tượng - thủy văn*

Phân tích chuỗi dữ liệu từ năm 1993 đến 2024 cho thấy, sự biến động đáng kể của các yếu tố khí tượng - thủy văn tại khu vực nghiên cứu. Lưu lượng dòng chảy trung bình tháng dao động trong khoảng từ 22,9 đến 52,1 triệu $m^3$, với xu hướng tăng nhẹ theo thời gian, đặc biệt rõ rệt kể từ sau năm 2007. Mô hình hồi quy tuyến tính cho thấy lưu lượng dòng chảy tăng trung bình khoảng 0,45 triệu $m^3$ mỗi năm. Sự gia tăng này có thể liên quan đến sự gia tăng của lượng mưa và những thay đổi trong điều kiện khí hậu - thủy văn của khu vực.

Lượng mưa trung bình tháng cũng thể hiện xu hướng gia tăng trong suốt giai đoạn nghiên cứu. Từ mức trung bình khoảng 78,2 mm vào năm 1993, giá trị này đã tăng lên trên 180 mm vào những năm gần đây (ví dụ: 2023 ghi nhận 186,4 mm). Hồi quy tuyến tính cho thấy lượng mưa tăng khoảng 2,1 mm mỗi năm, phản ánh xu thế gia tăng ẩm trong khu vực - một yếu tố có thể ảnh hưởng đến chế độ dòng chảy và khả năng xâm nhập nước vào đất. Nhiệt độ trung bình tháng thể hiện xu hướng tăng rõ rệt, từ mức khoảng 16,1°C (năm 1993) lên đến 19,3°C (năm 2024). Mức tăng trung bình khoảng 0,06°C mỗi năm, phù hợp với xu thế ấm lên toàn cầu đã được ghi nhận rộng rãi trong nhiều nghiên cứu trước. Đáng chú ý, năm 2022 ghi nhận giá trị nhiệt

**Bảng 6. Tổng lượng dòng chảy, lượng mưa và nhiệt độ qua các năm**

| Năm | Giá trị trung bình hàng tháng | | | Năm | Giá trị trung bình hàng tháng | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W ($10^6$ $m^3$) | R (mm) | T ($^0$C) | | W ($10^6$ $m^3$) | R (mm) | T ($^0$C) |
| 1993 | 25,5 | 78,2 | 16,1 | 2009 | 39,1 | 154,1 | 18,2 |
| 1994 | 28,4 | 79,2 | 17,5 | 2010 | 32,2 | 168,2 | 18,6 |
| 1995 | 25,4 | 161,5 | 17,8 | 2011 | 31,4 | 137,5 | 18,1 |
| 1996 | 31,3 | 152,1 | 17,7 | 2012 | 31,3 | 155,0 | 18,5 |
| 1997 | 35,4 | 158,3 | 17,7 | 2013 | 40,4 | 161,3 | 18,4 |
| 1998 | 33,0 | 166,5 | 18,6 | 2014 | 46,8 | 173,3 | 18,2 |
| 1999 | 45,6 | 180,1 | 17,9 | 2015 | 30,0 | 162,6 | 18,5 |
| 2000 | 39,3 | 198,2 | 18,0 | 2016 | 32,7 | 169,5 | 19,0 |
| 2001 | 22,9 | 119,2 | 18,0 | 2017 | 52,1 | 170,7 | 18,7 |
| 2002 | 26,9 | 149,7 | 18,1 | 2018 | 33,3 | 156,0 | 18,5 |
| 2003 | 33,3 | 135,0 | 17,9 | 2019 | 30,8 | 140,3 | 18,5 |
| 2004 | 24,9 | 136,5 | 17,7 | 2020 | 39,8 | 179,0 | 18,3 |
| 2005 | 25,8 | 151,5 | 18,1 | 2021 | 38,1 | 145,8 | 18,3 |
| 2006 | 29,9 | 143,2 | 18,3 | 2022 | 39,1 | 179,7 | 10,6 |
| 2007 | 46,2 | 179,6 | 18,0 | 2023 | 41,8 | 186,4 | 18,8 |
| 2008 | 27,8 | 131,3 | 18,0 | 2024 | 39,1 | 165,3 | 19,3 |

độ bất thường là 10,6°C - thấp hơn đáng kể so với các năm khác và có thể là hiện tượng thời tiết cực đoan. Tổng thể, kết quả phân tích xu hướng cho thấy khu vực nghiên cứu đang chịu ảnh hưởng rõ rệt của biến đổi khí hậu, thể hiện qua sự gia tăng nhiệt độ, lượng mưa và lưu lượng dòng chảy. Những biến động này có thể kéo theo các tác động đến hệ sinh thái, sản xuất nông nghiệp và an ninh nguồn nước trong khu vực.

*b. Phân tích hồi quy đa biến đánh giá ảnh hưởng của lượng mưa và nhiệt độ đến lưu lượng dòng chảy*

Phương trình hồi quy tuyến tính đa biến mô tả mối quan hệ giữa lưu lượng dòng chảy trung bình tháng và hai yếu tố khí tượng là lượng mưa và nhiệt độ như sau:

**W = 8,794332+ 0,175865*R – 0,083496*T + e ($R^2$ = 0,405965)**

Kết quả cho thấy hệ số xác định $R^2$ = 0,405965, tức là mô hình giải thích được khoảng 40,6% sự biến thiên của lượng nước mặt dựa trên hai biến khí hậu đầu vào. Điều này cho thấy mô hình có mức độ phù hợp, phản ánh mối liên hệ đáng kể nhưng vẫn tồn tại các yếu tố khác (như đặc điểm thảm phủ, độ ẩm đất, chế độ dòng chảy ngầm, hoặc biến động nhân sinh) chưa được đưa vào mô hình.

Hệ số hồi quy của lượng mưa (R = 0,1759) mang dấu dương và có ý nghĩa thống kê, chứng tỏ rằng lượng mưa là yếu tố có tác động thuận chiều và đáng kể đến lượng nước mặt. Cụ thể, khi lượng mưa tăng thêm 1 mm, lượng nước mặt trung bình tăng khoảng 0,1759 triệu $m^3$, nếu các yếu tố khác không đổi. Đây là quy luật thủy văn phù hợp với thực tiễn, phản ánh vai trò chủ đạo của lượng mưa trong việc bổ sung nguồn nước mặt.

Ngược lại, hệ số của nhiệt độ trung bình (T = – 0,0835) có giá trị âm, cho thấy tác động ngược chiều giữa nhiệt độ và lượng nước mặt. Nhiệt độ tăng có thể làm gia tăng quá trình bốc hơi - thoát hơi nước và giảm hiệu quả tích lũy nước trên bề mặt, từ đó làm giảm nhẹ lượng nước mặt. Tuy nhiên, hệ số này có thể chưa đạt mức ý nghĩa thống kê cao, do sự ảnh hưởng của các yếu tố trung gian và tính ổn định tương đối của nhiệt độ trong chuỗi số liệu.

Nhìn chung, mô hình hồi quy cho thấy lượng mưa là biến độc lập có ảnh hưởng mạnh và có ý nghĩa hơn so với nhiệt độ, đồng thời mô hình có khả năng phản ánh tương đối chính xác xu thế biến động của tài nguyên nước mặt trong khu vực. Kết quả này góp phần làm rõ mối quan hệ định lượng giữa yếu tố khí hậu và dòng chảy mặt, cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho công tác dự báo và quản lý tài nguyên nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

## 4. KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH VÀ GIẢI PHÁP

Trước những biến động ngày càng rõ rệt của tài nguyên nước mặt tại Đà Lạt dưới tác động của biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa, cần triển khai đồng bộ các giải pháp quản lý và thích ứng nhằm đảm bảo an ninh nguồn nước và phát triển bền vững.

(1) Cần tăng cường công tác quy hoạch và quản lý tài nguyên nước theo lưu vực,

đặc biệt là kiểm soát việc khai thác, sử dụng và xả thải trong phạm vi các hồ, suối và khu vực đầu nguồn. Việc duy trì dòng chảy môi trường nên được đưa vào quy hoạch tổng thể, nhằm bảo đảm sự cân bằng sinh thái và khả năng phục hồi của các hệ thống thủy vực.

(2) Chính quyền địa phương cần đẩy mạnh kiểm soát hoạt động lấn chiếm, san lấp và bê tông hóa lòng suối, kết hợp phục hồi hành lang thoát lũ tự nhiên và tăng diện tích thấm nước đô thị thông qua các giải pháp hạ tầng xanh như hồ điều hòa, công viên sinh thái và mặt phủ thấm nước.

(3) Về mặt thích ứng khí hậu, cần xây dựng hệ thống giám sát - cảnh báo sớm tài nguyên nước, tích hợp dữ liệu khí tượng - thủy văn và công nghệ viễn thám để dự báo biến động dòng chảy, đặc biệt trong các giai đoạn cực đoan như hạn hán hoặc mưa lớn kéo dài. Đồng thời, việc tăng cường tiết kiệm và tái sử dụng nước, khuyến khích áp dụng công nghệ tưới tiên tiến trong nông nghiệp đô thị, sẽ góp phần giảm áp lực lên nguồn nước mặt.

(4) Cần thúc đẩy các chính sách quản lý tổng hợp tài nguyên nước (IWRM) gắn với quy hoạch đô thị và phát triển du lịch bền vững. Việc kết hợp giữa công cụ pháp lý, kinh tế và truyền thông cộng đồng sẽ giúp nâng cao nhận thức xã hội, hướng tới mục tiêu bảo vệ và sử dụng hiệu quả tài nguyên nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang ngày càng phức tạp.

**5. KẾT LUẬN**

Nghiên cứu này đã cung cấp một đánh giá toàn diện về hiện trạng và xu thế biến động của tài nguyên nước mặt tại Đà Lạt trong giai đoạn từ năm 1993 đến năm 2024, thông qua phân tích chuỗi số liệu khí tượng - thủy văn tại bốn lưu vực chính gồm: Cam Ly, Đa Tam, phụ lưu sông Đa Nhim và thượng lưu suối Đạ Hiông. Kết quả cho thấy, sự biến đổi rõ nét của chế độ dòng chảy theo cả không gian và thời gian dưới tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa.

Trước hết, lưu lượng dòng chảy trung bình năm có xu hướng tăng, đặc biệt trong mùa mưa (tháng 5 - 10), chủ yếu do sự gia tăng lượng mưa trung bình (khoảng 2,1 mm/năm) và cường độ mưa cực đoan. Ngược lại, dòng chảy mùa khô lại thể hiện xu hướng suy giảm, gây áp lực đáng kể đến nhu cầu cấp nước sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp và duy trì hệ sinh thái thủy sinh. Bên cạnh đó, chế độ thủy văn ngày càng phân hóa mạnh theo mùa, thể hiện qua hiện tượng lũ lớn hơn trong mùa mưa và khô hạn trầm trọng hơn trong mùa khô, phản ánh mức độ cực đoan gia tăng của hệ thống thủy văn khu vực. Một số năm dị thường (như 1999 và 2017) ghi nhận sự gia tăng bất thường của dòng chảy mùa khô, song không thể hiện xu thế dài hạn.

Phân tích hồi quy cho thấy, mối quan hệ định lượng rõ ràng giữa các yếu tố khí hậu và dòng chảy mặt, góp phần làm sáng tỏ cơ chế tác động của biến động khí hậu đến tài nguyên nước. Kết quả này là cơ sở khoa học quan trọng cho việc dự báo dòng chảy, quy hoạch và quản lý bền vững tài nguyên nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng.

Tổng thể, kết quả nghiên cứu khẳng định rằng tài nguyên nước mặt của Đà Lạt đang chịu tác động rõ rệt từ biến đổi khí hậu và quá trình phát triển đô thị. Sự gia tăng dòng chảy mùa mưa cùng với suy giảm nguồn nước mùa khô đặt ra yêu cầu cấp bách về quản lý tổng hợp và thích ứng nguồn nước. Trong bối cảnh đó, cần ưu tiên các giải pháp nâng cao năng lực dự báo, tăng khả năng trữ - giữ nước trong lưu vực, tối ưu vận hành các công trình thủy lợi và xây dựng chiến lược quản lý tài nguyên nước theo hướng tích hợp, bảo an ninh nguồn nước và phát triển bền vững trong tương lai■

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

*1.Hoàng, T. L., & Phan, N. T. (2019). Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến nông nghiệp Đà Lạt. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 5(4), 233–245.*

*2. Nguyễn, D. P., Hoàng, K. L., & Trương, L. T. (2018). Đánh giá tài nguyên nước mặt và sự thay đổi dòng chảy trong bối cảnh biến đổi khí hậu ở Đà Lạt. Tạp chí Quản lý Tài nguyên, 7(1), 15–25.*

*3. Nguyễn, H. T., Phan, M. V., & Lê, T. H. (2020). Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đối với tài nguyên nước mặt ở Tây Nguyên. Tạp chí Môi trường và Phát triển, 8(3), 45–56.*

*4. Nguyễn, V. T., Lê, M. H., & Trịnh, P. D. (2023). Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến dòng chảy mùa khô tại lưu vực Cam Ly – Đa Thiện. Tạp chí Tài nguyên nước, 36(2), 18–27.*

*5. Phạm, T. T., Nguyễn, H. Q., & Trần, L. M. (2021). Đánh giá nhu cầu sử dụng nước tưới trong sản xuất rau nhà kính tại Đà Lạt. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 21(3), 45–52.*

*6. Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Lâm Đồng. (2022). Báo cáo tổng kết tình hình sản xuất nông nghiệp năm 2022, 1–3.*

*7. Tran, V. D., & Le, D. M. (2021). Biến động khí hậu và ảnh hưởng đến dòng chảy sông tại Việt Nam. Tạp chí Nước và Môi trường, 12(2), 92–101.*

*8. Trần, Q. H., Nguyễn, T. K., & Phạm, D. H. (2020). Tác động môi trường của canh tác nhà kính đến chất lượng nước mặt tại Đà Lạt. Tạp chí Môi trường, 12(5), 55–62.*

*9. Trương, P. H. (2022). Sự biến động dòng chảy và ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đối với nguồn nước mặt tại Đà Lạt. Tạp chí Khoa học Môi trường, 14(1), 78–85.*