

*Bài báo khoa học*

## **Những nguyên nhân chính tác động đến ngập Thành phố Hồ Chí Minh**

**Nguyễn Minh Giám<sup>1\*</sup>, Lê Ngọc Quyền<sup>1</sup>, Nguyễn Nam Đức<sup>1</sup>, Đặng Quang Thanh<sup>1</sup>, Lê Đình Quyết<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc Nguyễn<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Phương Chi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ: nmg@kttvnb.vn; quyentccb@gmail.com; ngnamduc@gmail.com; dangquangthanhtmt@gmail.com; quyet.le74@gmail.com

<sup>2</sup> Sở Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh; nnnguyen82@gmail.com

<sup>3</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh; ntpchi@hcmunre.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: nmg@kttvnb.vn; Tel.: +84-968248899

Ban Biên tập nhận bài: 27/1/2023; Ngày phản biện xong: 20/2/2023; Ngày đăng bài: 25/3/2023

**Tóm tắt:** Thành phố Hồ Chí Minh với vị trí địa lý và điều kiện tự nhiên tương đối thuận lợi, một thành phố năng động và phát triển mạnh mẽ. Song vẫn còn tồn tại nhiều bất cập, mà bất cập lớn nhất là tình trạng ngập ở thành phố. Thành phố đã đưa ra nhiều giải pháp nhằm giảm ngập lụt, nhưng thực tế thì hiệu quả của các giải pháp đó cũng không có tác dụng bao nhiêu mỗi khi có mưa lớn và triều cường lớn tình trạng ngập nước vẫn còn xảy ra. Có nhiều nguyên nhân gây ra ngập, trong báo cáo này sử dụng số liệu liên quan đến lượng mưa và mực nước triều tại các Trạm Khí tượng Tân Sơn Hòa, Trạm Thủy văn Phú An và Trạm Hải văn Vũng Tàu, thực hiện phân tích các yếu tố này và làm rõ thêm diễn biến theo thời gian của các yếu tố này đến ngập Thành phố Hồ Chí Minh.

**Từ khóa:** Khí tượng; Thủy văn; Triều cường; Mưa lớn; Ngập, Thành phố Hồ Chí Minh.

### **1. Mở đầu**

Thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM) nằm ở hạ lưu lưu vực sông Đồng Nai và giáp với biển Đông, nơi có địa hình thấp và khá bằng phẳng, chịu tác động trực tiếp dòng chảy lũ từ thượng lưu thông qua các sông Đồng Nai, Sài Gòn cũng như những tác động trực tiếp từ triều biển Đông tốc độ đô thị hóa tăng nhanh gắn liền với nhu cầu phát triển hạ tầng đô thị cùng với lún đất, kênh rạch và các vùng trũng bị san lấp dành cho xây dựng đô thị, nên thường xuyên xảy ra tình trạng ngập úng. Để chủ động đối phó với tình trạng ngập úng trên địa bàn, TPHCM đã có những đầu tư không nhỏ về công sức, vốn để giải quyết vấn đề này. Tuy nhiên có rất nguyên nhân gây ngập TPHCM do đó TPHCM vẫn tiếp diễn ngập triền miên [1–2].

Vấn đề ngập lụt không chỉ diễn ra tại Thành phố Hồ Chí Minh mà nó còn diễn ra ở nhiều thành phố trên thế giới. Các nhà khoa học đã nghiên cứu thực trạng ngập lụt và đưa ra các giải pháp để chống ngập lụt đô thị. Giáo sư Danai Thaitakoo, một nhà nghiên cứu của Đại học Chulalongkorn Thái Lan, đưa ra một số nguyên nhân gây ngập nước tại Bangkok như sau: mưa lớn, lún sụt mặt đất do khai thác nước ngầm, nước ngoại lai tràn về, triều cao, hệ thống tiêu thoát không đủ khả năng thoát nước, dòng chảy tràn gia tăng do quá trình đô thị hóa. Cũng theo Giáo sư Danai Thaitakoo Bangkok cần được quy hoạch chống ngập theo kiểu đê bao khép kín và sử dụng trạm bơm để tiêu thoát nước mưa cùng với hệ thống các cống ngăn triều hoạt động theo nguyên tắc điều khiển từ xa. Hệ thống radar khí tượng dự báo mưa và cảnh báo lũ sớm cần được đầu tư. R. Lasage và cộng sự Đánh giá hiệu quả của các chiến

lược thích ứng với ngập lụt cho TP.HCM kênh rạch và các vùng trũng bị san lấp dành cho xây dựng đô thị.... Ở Việt Nam, vấn đề nghiên cứu hiện trạng và giải pháp phòng chống ngập lụt đô thị tại TP.HCM đã có nhiều nhà khoa học nghiên cứu về vấn đề trên như các Lê Huy Bá, Nguyễn Tất Đắc, Phùng Chí Sỹ, Lê Văn Trung, Nguyễn Kỳ Phùng, Tô Văn Trường, Nguyễn Kim Lợi, Hồ Long Phi, Lê Sâm, Lê Xuân Thuyên, Đào Nguyên Khôi, Ngân hàng Thế giới, Ngân hàng phát triển Châu Á... đã đưa một số nguyên nhân gây ngập lụt tại Thành phố Hồ Chí Minh và những giải pháp công trình và phi công trình chống ngập nước. Từ những nghiên cứu trong và ngoài nước cùng với những hoạt động phục vụ về khí tượng thủy văn và các ý kiến của nhiều chuyên gia về nguyên nhân gây ngập TP.HCM. Dưới đây có thể phân loại ra 2 nguyên nhân chính: Nguyên nhân (khách quan) tự nhiên và nguyên nhân (chủ quan) con người. Trong báo cáo này lựa chọn những nguyên nhân chính sau:

Về nguyên nhân khách quan có các nguyên nhân chính sau:

i. Mưa với cường độ lớn – thời gian tập trung dài: Thời gian qua, thời tiết diễn biến thất thường dẫn đến xuất hiện nhiều trận mưa có cường độ lớn, thời gian mưa tập trung dài hơn thì mức độ ngập úng càng nghiêm trọng hơn [3–4].

ii. Thủy triều biển Đông cao: Do ảnh hưởng của triều biển Đông tại những vùng diện tích đất có cao độ nhỏ hơn mực nước thủy triều sẽ chịu ngập, đỉnh triều cao hơn các mức tính toán cũ. Ngập úng có thể lớn hơn khi có triều cường truyền vào trong sông kênh, kết hợp lũ từ các công trình thượng lưu xả về, đồng thời với mưa lớn xảy ra cùng với gió mùa Đông Bắc [4].

iii. Do lũ thượng nguồn: lũ trực tiếp từ các hồ thượng lưu các sông Đồng Nai, Sài Gòn ảnh hưởng trực tiếp đến TP.HCM.

iv. Lún đất: với nhiều nghiên cứu về tình trạng lún mặt đất tại thành phố, đã làm hạ thấp các nền đất của TP.HCM dẫn đến độ ngập tăng lên. Việc khai thác nước ngầm quá mức được nhận định là một trong những nguyên nhân trực tiếp góp phần gây hiện tượng sụt lún, “biến dạng” mặt đất, khiến tình trạng ngập ngày càng trầm trọng và khó khắc phục hơn. Theo nhiều kết quả nghiên cứu đo đạc, lũy kế từ tính từ năm 1990 đến 2022 TP.HCM đã sụt lún khoảng 1m. Trong đó, 10 quận có mức độ sụt lún đáng kể, gồm các quận: 2 (nay là TP.Thủ Đức), 7, 8, 12, Gò Vấp, Tân Bình, Bình Thạnh, Phú Nhuận, Bình Tân và TP.Thủ Đức. Riêng Q.Tân Bình và Q.12 được ghi nhận có mức sụt lún nền lớn nhất [5].

v. Gió Đông Bắc: Khi gió Đông Bắc mạnh thổi về phía Nam và TP.HCM trùng với kỳ triều cường làm cho gia tăng lượng nước từ cửa biển vào sông kênh rạch, nước dâng bất thường đồng thời lại tạo ra “đê lỏng” vùng cửa biển hạn chế rút nước ra biển [6]. Số liệu tại trạm hải văn Vũng Tàu lúc 3 giờ 30 ngày 25/01/2023 là 4,46 m cao nhất trong vòng 45 năm qua (tổ hợp triều cường cao + gió mùa đông bắc mạnh) [7].

Về nguyên nhân chủ quan có các nguyên nhân chính sau:

i. Đô thị hóa làm mất đi mặt phủ thấm nước: TP.HCM nơi đây là điểm cuối của lưu vực sông Sài Gòn–Đồng Nai. Nước của cả lưu vực rộng lớn dồn về TP.HCM và đổ ra biển phía Đông Nam, có diện tích lưu vực ảnh hưởng lớn gấp 20 lần. Chế độ thủy văn của TP.HCM rất phức tạp do hệ thống kênh rạch chằng chịt. Đô thị hóa diễn ra, con người chiếm chỗ của nước và đẩy nước đi nơi khác. Đô thị hóa cũng xóa các mặt phủ thấm nước một cách đáng kể. Trước đây, đó là những nơi thấm nước hoặc lưu giữ nước nay trở thành chỗ ở, công trình, diện tích mặt phủ thấm nước của TP.HCM mất đi phần lớn. Đô thị hóa còn làm biến mất các dòng chảy tự nhiên, lưu vực bị chia cắt hình thành các lưu vực mới. Một điều khá quan trọng là đô thị hóa tạo ra dòng chảy tràn lớn hơn rất nhiều so với trước đây. Thay thế kênh rạch bằng cách công hóa là một trong những nguyên nhân hủy hoại dòng chảy tự nhiên lớn, gây tác động đến nước.

ii. Tiêu tán năng lượng thủy triều vùng cửa sông bị suy giảm: Điều kiện triệt giảm năng lượng thủy triều vùng cửa sông đã bị suy giảm do hệ thống rừng ngập mặn vùng cửa sông bị thu hẹp làm cho sóng thủy triều ít bị suy giảm năng lượng nên có điều kiện đi sâu vào nội đô TP.HCM gây ngập trong nội thành.

iii. Số liệu và phương pháp chưa đảm bảo: số liệu nghiên cứu chưa đáp ứng, dùng số liệu ngắn hạn để tính toán và phương pháp tính chưa phù hợp với TPHCM nên hoạch định cho các dự án, giải pháp mang tính dài hạn mau trở nên lạc hậu.

iv. Hệ thống sông rạch đã lâu ngày chưa nạo vét: Hệ thống sông, kênh, rạch tại TPHCM chẳng chỉ là một lợi thế điều tiết khí hậu, đem lại không gian thoáng mát và thoát nước. Thế nhưng, không gian sông nước đang dần bị thu hẹp, phần lớn đã bị bồi lắng, tắc nghẽn dòng chảy, gây ngập. Việc nạo vét, khơi thông dòng chảy được các tuyến kênh, rạch còn rất nhiều hạn chế.

v. Ý thức của một số người dân còn hạn chế: tình trạng xả rác ra kênh rạch, cửa xả hệ thống cống thoát nước vẫn còn rất phổ biến làm thu hẹp dòng chảy, tắc nghẽn hệ thống thoát nước, hồ ga, cửa xả. Nhiều nơi bị lấn chiếm, san lấp trái phép làm thu hẹp dòng chảy, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến khả năng thoát nước của khu vực đặc biệt có nhiều đoạn sông, kênh, rạch bị khai tử.

vi. Hệ thống cống thoát nước chưa đáp ứng: hệ thống cống thoát nước quá tải cho nên không đáp ứng được nhu cầu thoát nước đặc biệt khi có mưa to và thời gian mưa kéo dài [8–9].

vii. Công tác quy hoạch còn hạn chế, thiếu nhạc trưởng: để chống ngập hiệu quả, việc chống ngập cần phải tìm nguyên nhân từng điểm ngập từ đó xây dựng quy hoạch phải đồng bộ nhiều ngành, kế hoạch quản lý xử lý lâu dài đầu tư đồng bộ theo quy hoạch. Nhiều quy hoạch được phê duyệt hiện đã không còn phù hợp, nhưng chưa kịp thời bổ sung, điều chỉnh. [10].

viii. Tiến độ triển khai quy hoạch còn rất chậm: việc triển khai chậm các dự án trong quy hoạch đã dẫn đến chất lượng, điều kiện triển khai các giải pháp chống ngập không đáp ứng yêu cầu thực tế. Điều này có thể thấy rõ ở nhiều tuyến đường dù đã triển khai dự án chống ngập nhưng vẫn xuất hiện ngập.

ix. Chưa tính toán được hết các cực trị khí tượng thủy văn: nên thông số thiết kế theo quy hoạch đã không còn phù hợp với tình hình thực tế khiến một số tuyến thoát nước dù mới được đầu tư cũng trở nên quá tải.

x. Tiêu chuẩn thiết kế quy định nhiều khi không còn phù hợp trong điều kiện biến đổi khí hậu nên một số tuyến đường khi gặp mưa vượt tần suất thiết kế vẫn xuất hiện tình trạng ngập.

xi. Bùng nổ dân số cơ học: những năm gần đây, dân số tại TPHCM gia tăng đột biến dẫn đến phá vỡ quy hoạch, kèm theo tốc độ đô thị hóa quá nhanh, bê tông hóa bề mặt ngày càng tạo sức ép cho các nhiều mặt trong đó việc sử dụng nước và thải nước gia tăng nhiều ra hệ thống thoát nước không đáp ứng được việc thoát nước gây ngập.

xii. Hiện trạng cao độ nền thấp: cốt nền xây dựng đô thị không đồng bộ đã không tạo độ dốc phù hợp cho việc thoát nước và nhiều khu vực còn thấp hơn mức nước sông khi có triều cường nên không thể tiêu thoát tự nhiên ra ngoài.

xiii. Tầm nhìn về quản lý và phát triển đô thị còn hạn chế: thành phố lớn như TPHCM, tầm nhìn về phát triển đô thị là cực kỳ quan trọng, vì nó quyết định đến sự bố trí và phát triển các khu dân cư, hệ thống giao thông thủy-bộ và hệ thống tiêu thoát nước. Chưa có tầm nhìn về phương án bền vững và phù hợp nhu cầu phát triển của Thành phố, cần có những nguyên tắc phát triển cho vùng đất cao và thấp để TPHCM phát triển bền vững trong nguy cơ biến đổi khí hậu và nước biển dâng, lún đất [11].

## **2. Phương pháp nghiên cứu và tài liệu thu thập**

### **2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu**

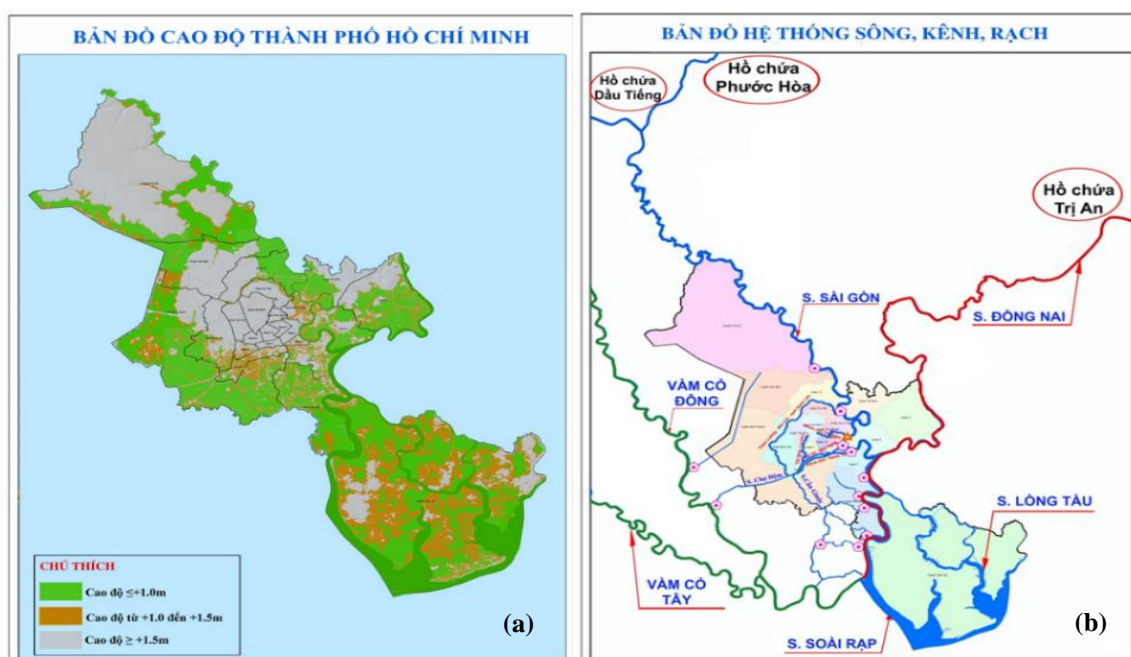
Thành phố Hồ Chí Minh là một trong những thành phố lớn nhất Việt Nam, đồng thời là một trong những trung tâm kinh tế, chính trị, văn hóa và giáo dục quan trọng nhất của Việt Nam. Hiện nay, Thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM) là thành phố trực thuộc Trung

ương được xếp loại đô thị loại đặc biệt của Việt Nam, cùng với Thủ đô Hà Nội. Tổng diện tích thành phố 2.095,06 km<sup>2</sup> với dân số trên 10 triệu người. Theo Quyết định số 2076/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ban hành ngày 22/12/2017 về việc phê duyệt Điều chỉnh quy hoạch xây dựng vùng Thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050 đã chỉ ra định hướng phát triển của Vùng Thành phố Hồ Chí Minh bao gồm toàn bộ ranh giới hành chính Thành phố Hồ Chí Minh và 07 tỉnh lân cận là Bà Rịa–Vũng Tàu, Bình Dương, Bình Phước, Tây Ninh, Long An, Đồng Nai, Tiền Giang. Tổng diện tích toàn vùng khoảng 30.404 km<sup>2</sup>. Thành phố Hồ Chí Minh là thành phố ven biển, có sông rạch chằng chịt, nền đất thấp nên bị ảnh hưởng rất lớn của thủy triều. Đặc biệt, theo Trung Tâm Điều hành Chương trình Chống ngập nước (trước đây) thành phố có tổng số kênh rạch là 2.953 tuyến với tổng chiều dài là 4.369 km nằm trọn trong 3 con sông lớn là sông Đồng Nai, sông Sài Gòn, Vàm Cỏ. Tình trạng ngập chịu tác động rất lớn từ chế độ tiêu thoát nước của 3 con sông này. Vào thời điểm triều cường dâng cao, nhiều khu vực không có mưa vẫn xảy ra ngập vì cốt nền thấp hơn cả mực triều (Bảng 1 và Hình 1a). Vì thế mà trong những năm gần, thành phố thường xuyên phải triển khai hàng loạt công trình chống ngập như làm bờ bao, cống ngăn triều, nâng cấp cống thoát nước, nâng đường... nhưng tình trạng ngập vẫn gia tăng. Ngoài ra phía thượng lưu thành phố có 3 hồ chứa như Dầu Tiếng, Phước Hòa và Trị An ảnh hưởng trực tiếp đến TPHCM, lũ từ lưu vực sông Mê Kông thông qua hệ thống kênh rạch nối liền các sông Vàm Cỏ với vùng TPHCM làm cho mực nước sông, kênh tăng cao. Thủy triều vào thành phố trên sông Vàm Cỏ tại 3 cửa chính: Kênh Xáng Lớn, Bến Lức, Thủ Bộ; trên sông Sài Gòn–Đồng Nai có 10 cửa chính: Rạch Tra, Vàm Thuật, Thị Nghè, Bến Nghé, Tân Thuận, Phú Xuân, Mương Chuối, Sông Kinh, Kinh Lộ và Kinh Hàng [12].

**Bảng 1.** Diện tích và cao độ địa hình TPHCM (\*).

Cao độ	Diện tích	%
≤ +1,0m	876,3 km <sup>2</sup>	chiếm 41,8%
+1,0 đến +1,5m	455 km <sup>2</sup>	chiếm 21,72%
≥ +1,5m	783,44 km <sup>2</sup>	chiếm 37,39%

\*Nguồn: Trung Tâm Điều hành Chương trình Chống ngập nước TPHCM (TTCN) (trước đây)



**Hình 1.** (a) Bản đồ cao độ TPHCM; (b) Sơ đồ hệ thống sông, rạch tại TPHCM (Nguồn: TTCN).



## 2.2. Tài liệu thu thập

Thượng nguồn các sông TPHCM đều chịu tác động của các hồ chứa (Hình 1b), nhiều năm qua Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ cùng với Ban Chỉ Huy Phòng thủ dân sự – Phòng chống Thiên tai và Tìm Kiếm cứu Nạn Thành Phố Hồ Chí Minh và chủ các hồ chứa Dầu Tiếng, Trị An, Thác Mơ phối hợp để điều tiết nước về Thành phố Hồ Chí Minh không ảnh hưởng nhiều của lũ thượng nguồn do đó trong báo cáo này không phân tích diễn biến lũ thượng nguồn. Trong mùa khô của Nam Bộ khi gió mùa phát triển mạnh thổi về vùng biển Nam Bộ dưới sự ảnh hưởng của lực Coriolis làm dòng hải lưu có hướng gần như vuông góc với bờ biển Nam Bộ chảy mạnh vào sông làm mực nước sông và độ mặn xâm nhập sâu gây hiện nước dâng, độ mặn nước sông tăng cao bất thường. Do đó trong báo cáo này không phân tích về diễn biến lũ và gió mùa Đông Bắc gây ngập cho TPHCM. Tài liệu sử dụng bao gồm mưa ngày từ năm 1980 đến 2022 của Trạm Khí tượng Tân Sơn Hòa (TPHCM), số liệu mực nước giờ từ năm 1980 đến 2022 của Trạm Thủy văn Phú An (sông Sài Gòn) và các tài liệu báo cáo liên quan đến tình hình khí tượng thủy văn và ngập tại TPHCM [7].

## 2.3. Phương pháp thực hiện

### 2.3.1. Phương pháp thu thập, tổng hợp tài liệu

Phương pháp này được thực hiện trên cơ sở kế thừa, phân tích và tổng hợp các nguồn tài liệu và số liệu thông tin có liên quan một cách có chọn lọc như số liệu từ các báo cáo, tài liệu quốc tế và trong nước, từ những nghiên cứu/báo cáo đã được công bố.

### 2.3.2. Phương pháp chuyên gia

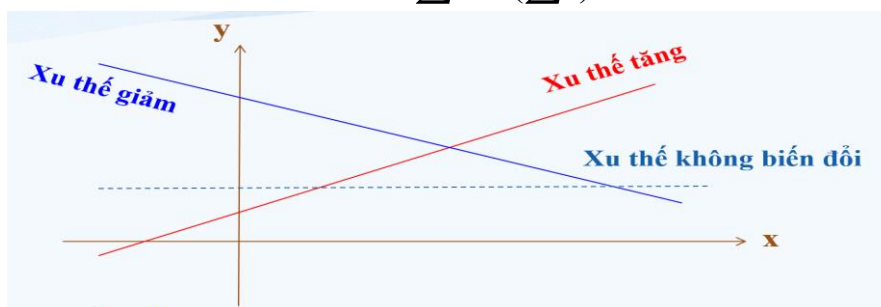
Phương pháp này huy động được kinh nghiệm và hiểu biết của những chuyên gia liên ngành về lĩnh vực nghiên cứu, từ đó sẽ cho các kết quả có tính thực tiễn và khoa học cao. Phương pháp này được thực hiện thông qua việc tham vấn ý kiến của các chuyên gia trong các lĩnh vực khí tượng thủy văn và ngập.

### 2.3.3. Phương pháp xác định xu thế

Thực hiện thu thập các nguồn tài liệu về mưa, mực nước. Xử lý, phân tích, kiểm tra và tổng hợp một cách chọn lọc, đánh giá và sử dụng cho yêu cầu, mục đích của nghiên cứu. Xem xét chuỗi thời gian của yếu tố khí tượng thủy văn; Để xác định xu thế của các yếu tố sử dụng phương trình hồi quy tuyến tính. Xem xét hệ số góc của đường xu thế tuyến tính (Hình 2):  $y = a_0 + a_1x$ ;  $n$  cặp số liệu  $(x_i, y_i)$ .

$$a_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (1)$$

$$a_0 = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2)$$



**Hình 2.** Đường xu thế tuyến tính.

Trong đó  $x$  là yếu tố nào đó;  $x$  là thời gian; xu thế tăng:  $a_1 > 0$ ; xu thế giảm:  $a_1 < 0$ ; xu thế không biến đổi:  $a_1 \sim 0$ .

### 2.3.4. Phương pháp phân tích thống kê, mô tả

Thống kê mô tả được sử dụng trong nghiên cứu nhằm mô tả tập hợp dữ liệu khí tượng thủy văn, bao gồm lượng mưa, mực nước nhiều năm (1980–2022) dưới dạng số và biểu đồ trực quan. Các biểu đồ, các đường xu thế, hệ số được tính toán và biểu diễn trên nền tảng của Excel, python trên Visual Studio 2022. Từ chuỗi số liệu mực nước giờ thực hiện tính các đặc trưng thống kê:

Mực nước trung bình năm, tháng, ngày:

$$H_{Av} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i \quad (3)$$

Với năm: ( $n = 1 \times 24 \times (365,366)$ ); tháng: ( $n = 24 \times (28, 29, 30, 31)$ ); ngày: ( $n = 24$ )

Mực nước cao nhất năm, tháng, ngày:

$$H_{Max} = \text{Max}_{(t_1;t_2)} (H_1, H_2, H_3, \dots, H_{(t_1;t_2)}) \quad (4)$$

Với năm: ( $t_1 = 365, t_2 = 366$ ); tháng: ( $t_1 = 28, 29; t_2 = 30, 31$ ); ngày: ( $t_1 = 24$ )

Mực nước thấp nhất năm, tháng, ngày:

$$H_{Min} = \text{Min}_{(t_1;t_2)} (H_1, H_2, H_3, \dots, H_{(t_1;t_2)}) \quad (5)$$

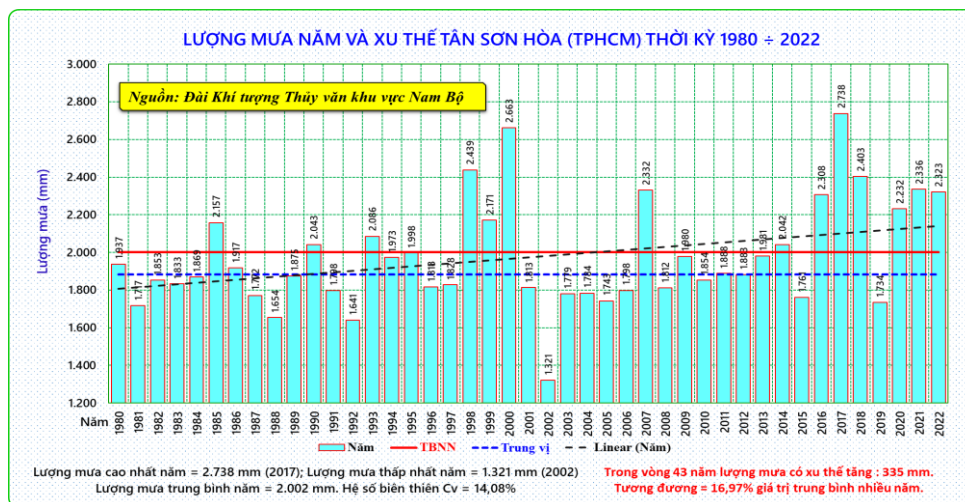
Với năm: ( $t_1 = 365, t_2 = 366$ ); tháng: ( $t_1=28, 29; t_2 = 30, 31$ ); ngày: ( $t_1 = 24$ )

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Diễn biến lượng mưa

#### 3.1.1. Lượng mưa năm

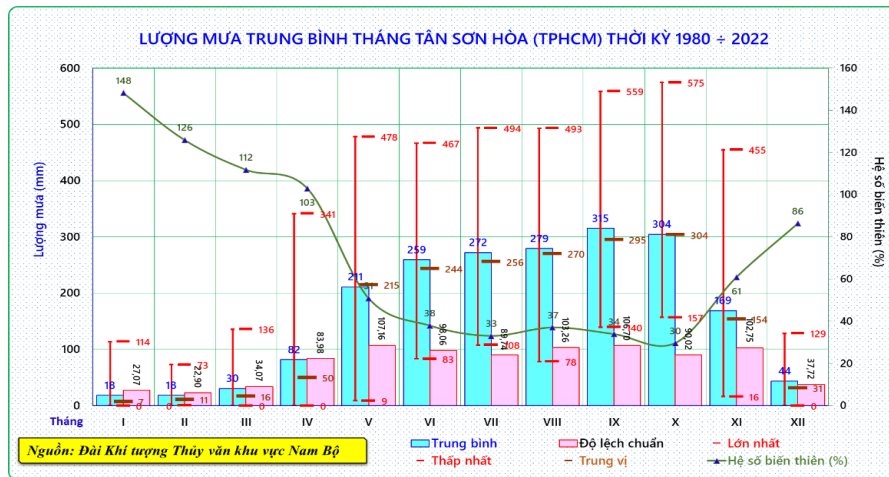
Lượng mưa trung bình nhiều năm (TBNN) (1980–2022) tại Tân Sơn Hòa (TPHCM) là 2.002 mm, năm có lượng mưa cao nhất 2017 là 2.738 mm, năm có lượng mưa thấp nhất 2002 là 1.321 mm với hệ số biến thiên lượng mưa năm  $C_v = 14,09\%$ , trong vòng 43 năm lượng mưa tăng thêm 335 mm khoảng 16,97% giá trị TBNN đây là lượng mưa gia tăng đáng kể đóng góp gia tăng ngập được trình bày tại Hình 3.



**Hình 3.** Lượng mưa năm và xu thế tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

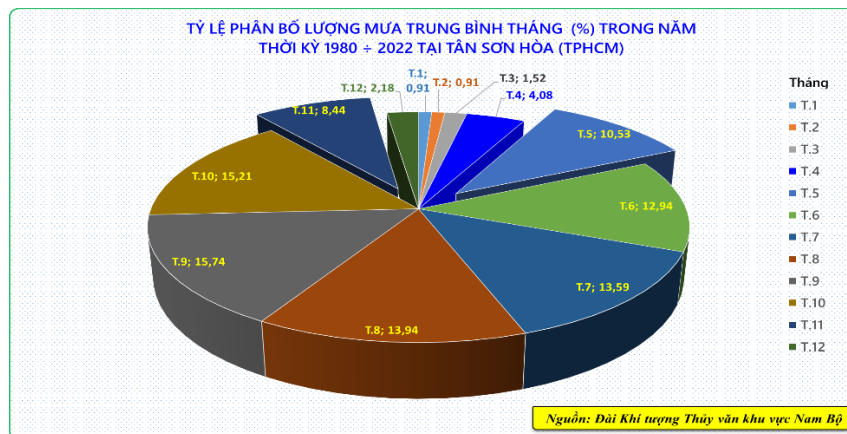
#### 3.1.2. Lượng mưa tháng

Lượng mưa tháng TPHCM có 2 mùa: mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 11) và mùa khô (từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau). Lượng mưa được tập trung trong mùa mưa với hệ số biến thiên  $C_v$  từ 30–61% các tháng mùa lượng mưa không nhiều nhưng hệ số biến thiên  $C_v$  rất lớn 86–148%. Biến thiên của lượng mưa tháng trong mùa mưa rất lớn tháng thấp nhất trong mùa mưa chỉ có 9 mm, nhưng có lúc lên đến gần 600 mm. Diễn biến lượng mưa tháng được trình bày tại Hình 4.



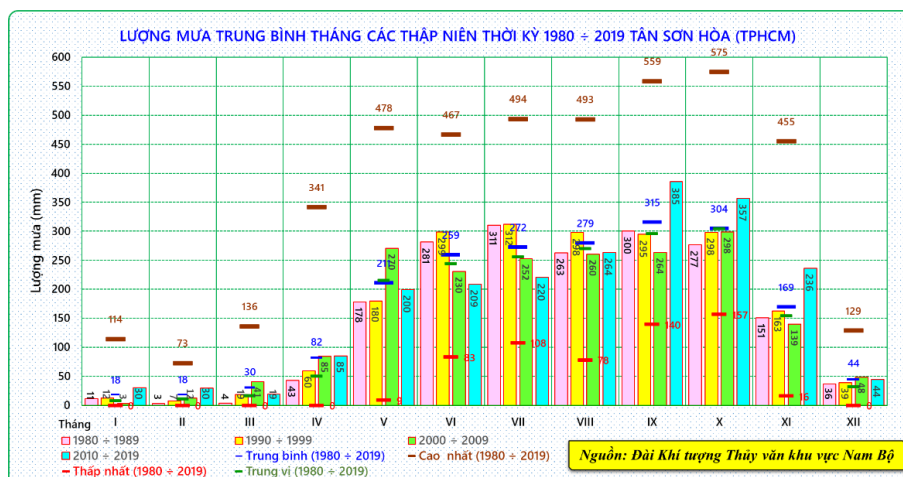
**Hình 4.** Hệ số biến thiên và lượng mưa tháng tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

Thời kỳ 1980–2022, trung bình lượng mưa các tháng mùa mưa tại Tân Sơn Hòa (TPHCM) chiếm tỷ lệ 90,40% tập trung nhiều từ tháng 7 đến tháng 10; Năm tháng còn lại của mùa khô chỉ còn 9,60%. Tỷ lệ phân bố lượng mưa tháng trong năm như Hình 5.



**Hình 5.** Tỷ lệ phân bố lượng mưa tháng trong năm tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

Qua số liệu thông các thập kỷ, thời kỳ 2010–2019 các tháng đầu mùa mưa 5, 6, 7 lượng mưa trung bình thấp hơn các thập niên trước đó, ngược lại các tháng 9, 10, 11 đều cao hơn các thập niên trước đó, các tháng này là triều cao nêu trùng với mưa lớn gây ngập, diễn biến mưa từng thập niên trình bày tại Hình 6.

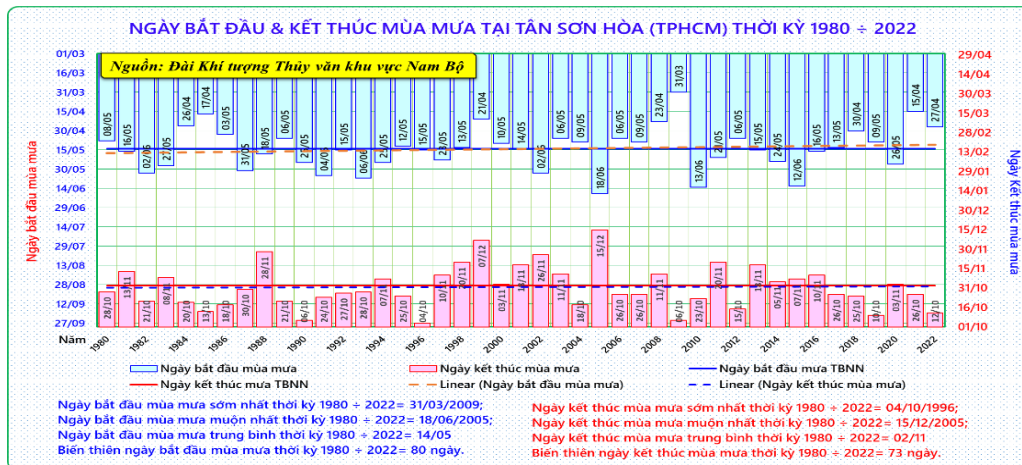


**Hình 6.** Lượng mưa trung bình tháng 4 thập niên 1980–2019 tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

### 3.1.3. Thời kỳ bắt đầu và kết thúc mùa mưa

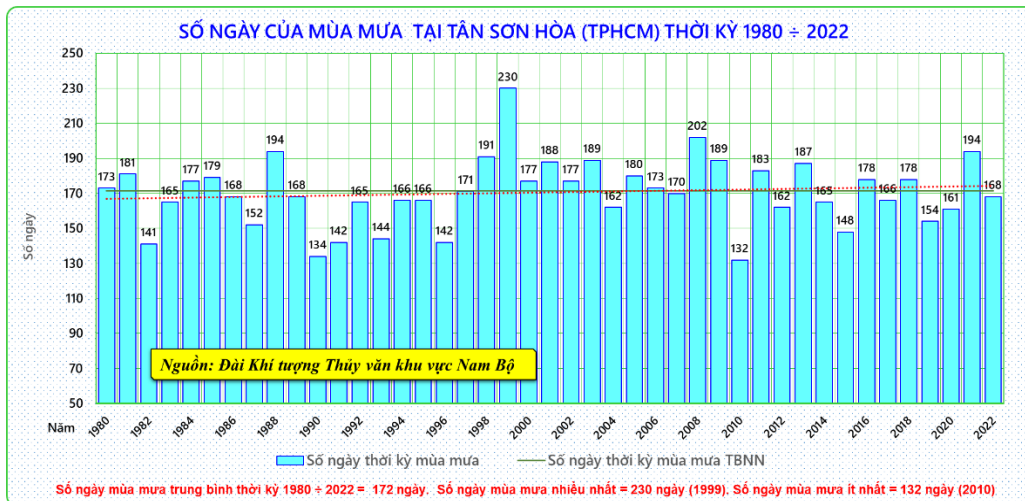
Thời kỳ bắt đầu của mùa mưa trung bình tại TPHCM thời kỳ 1980–2022 là ngày 14/5, ngày bắt đầu mùa mưa sớm nhất là ngày 31/3/2009 và ngày mưa muộn nhất 18/06/2005. Chênh lệch năm sớm nhất và muộn nhất các năm là 80 ngày được trình bày tại Hình 7.

Thời kỳ kết thúc của mùa mưa trung bình tại TPHCM thời kỳ 1980–2022 là ngày 02/11, ngày kết thúc mùa mưa sớm nhất là ngày 04/10/1996 và ngày mưa kết thúc muộn nhất 15/12/2005. Chênh lệch năm sớm nhất và muộn nhất qua các năm là 73 ngày được trình bày tại Hình 7.



Hình 7. Thời kỳ bắt đầu và kết thúc mùa mưa tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

Số ngày mùa mưa tùy thuộc diễn biến ngày bắt đầu và kết thúc mùa, những ngày này biến động rất lớn làm cho số ngày của mùa mưa có nhiều thay đổi. Số ngày mùa mưa trung bình 172 ngày, số ngày mùa mưa mùa mưa nhiều nhất 230 năm 1999, số ngày mùa mưa ít nhất 132 ngày năm 2010 được trình bày tại Hình 8.



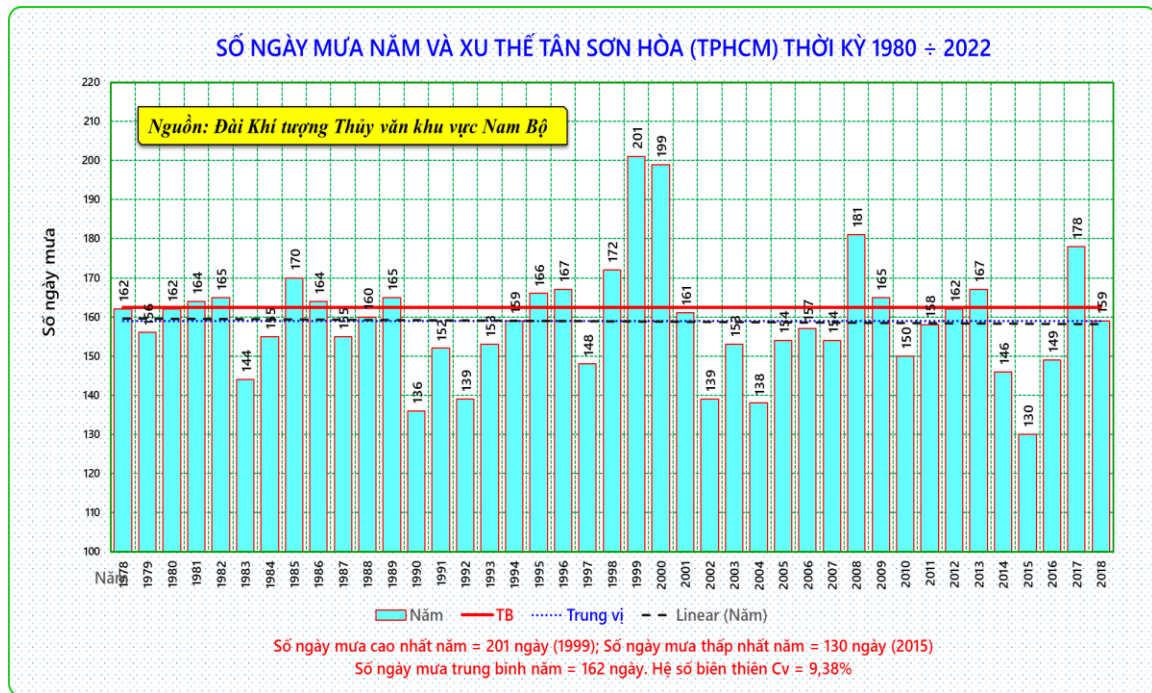
Hình 8. Số ngày của mùa mưa tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

## 3.2. Diễn biến ngày mưa

### 3.2.1. Số ngày mưa năm

Số ngày mưa trung bình năm thời kỳ 1980–2022 là 162 ngày, năm 1999 có số ngày mưa nhiều nhất là 201 ngày, năm 2015 có số ngày mưa ít nhất là 130 ngày. Trong 43 năm số ngày mưa năm tại Tân Sơn Hòa (TPHCM) có xu thế giảm nhưng lượng mưa lại tăng lên dẫn đến các ngày mưa có lượng mưa lớn tăng lên gây ngập được trình bày tại Hình 9.

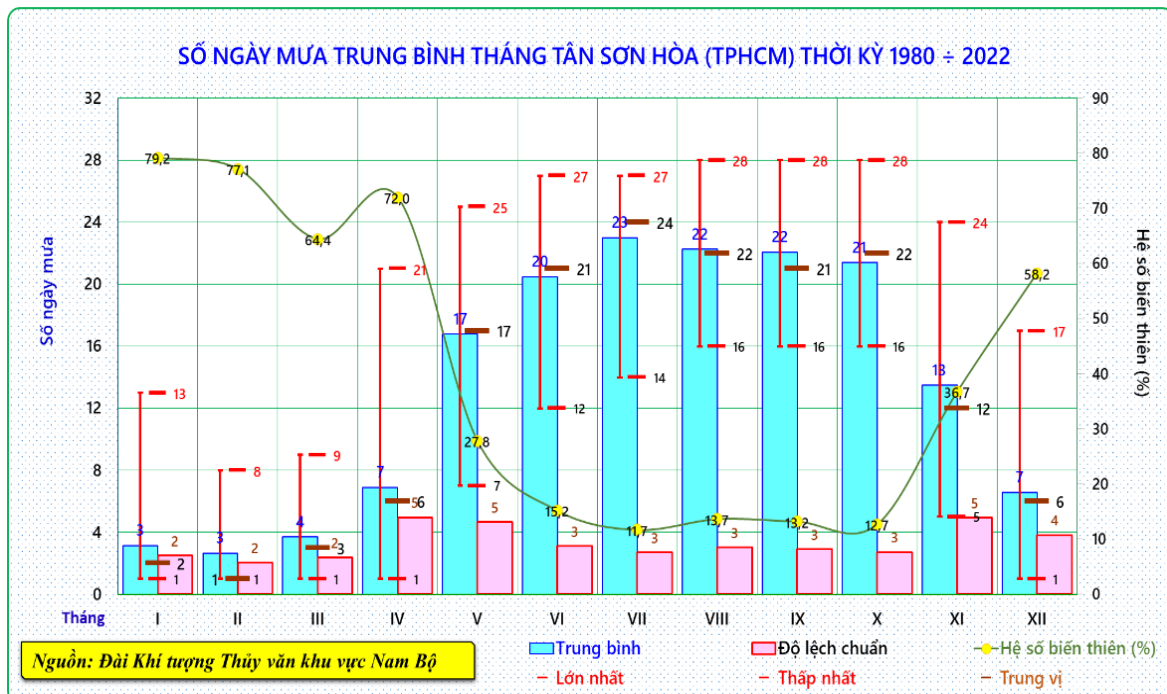




**Hình 9.** Số ngày mưa năm và xu thế tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

### 3.2.2. Số ngày mưa tháng

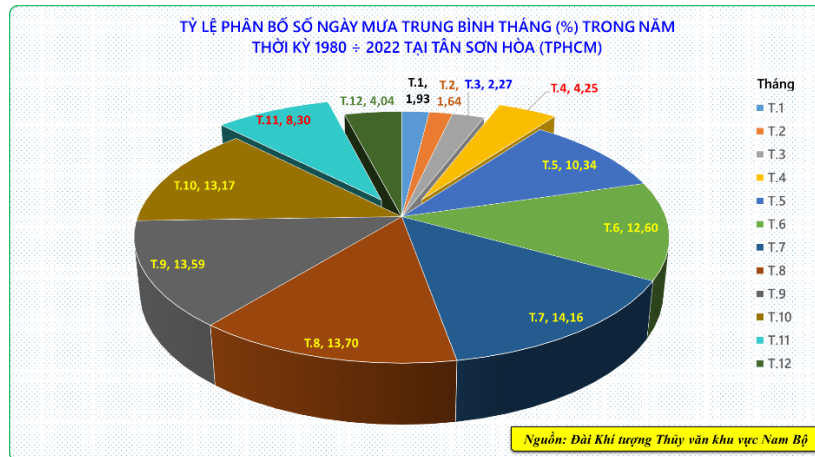
Số ngày mưa các tháng từ tháng 5 đến tháng 10 phổ biến trên 15 ngày mưa, từ tháng 7 đến tháng 10 có mưa tháng trên 27 ngày, các tháng mùa khô có hệ số biến thiên lớn và số ngày mưa 1 đến 17 ngày được trình bày tại Hình 10.



**Hình 2.** Số ngày mưa trung bình tháng tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

Số ngày mưa của mùa mưa thời kỳ 1980–2022 tại Tân Sơn Hòa (TPHCM) trung bình chiếm tỷ lệ 85,87%; Năm tháng còn lại của mùa khô số ngày mưa chỉ còn 14,13%, năm 1982 số ngày mưa tập trung trong mùa mưa với tỷ lệ số ngày mưa lên đến 99,39%, năm 1999 có

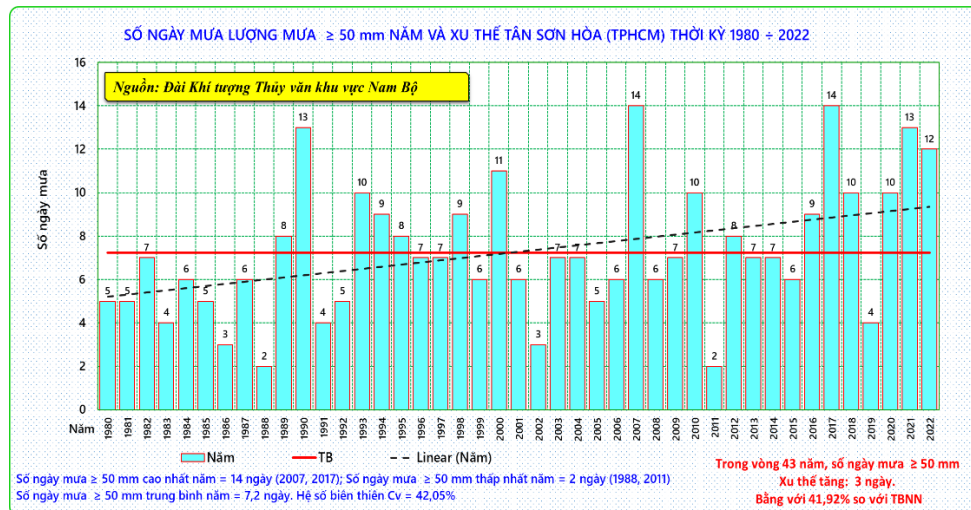
số ngày mưa trong mùa tỷ lệ thấp 75,12% được trình bày tại Hình 11 **Error! Reference source not found..**



**Hình 3.** Tỷ lệ phân bố số ngày mưa tháng trong năm tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

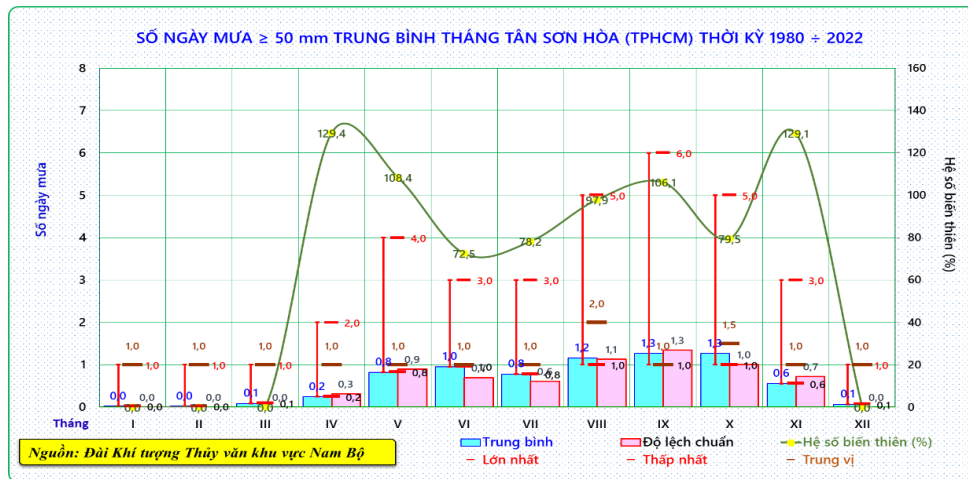
### 3.2.3. Số ngày mưa $\geq 50$ mm

Số ngày mưa to trên 50 mm trong vòng 43 năm qua tăng thêm 3 ngày tương đương với giá trị 401,92% so với TBNN được trình bày tại Hình 12.



**Hình 4.** Số ngày mưa  $\geq 50$  mm năm tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

Số ngày có lượng mưa trên 50 mm tập trung chủ yếu từ tháng 8 đến tháng 11, các tháng này là thời kỳ triều cường cao ở TPHCM thường gây ngập được trình bày tại Hình 13.

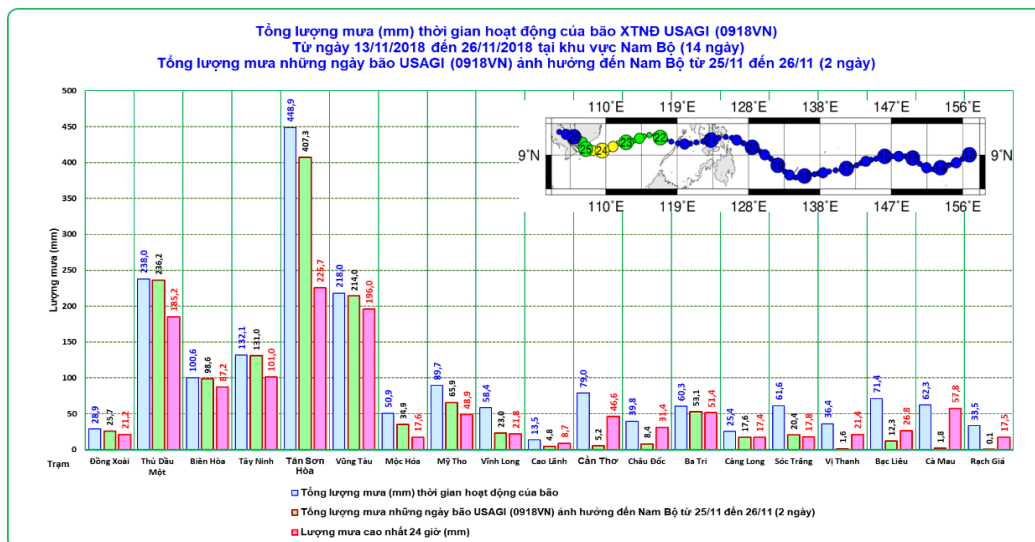


Hình 5. Số ngày mưa  $\geq 50$  mm tháng tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

### 3.2.4. Mưa do bão ảnh hưởng trực tiếp

Mưa do xoáy thuận nhiệt đới bao gồm bão và áp thấp nhiệt đới (XTNĐ) ở Nam Bộ thường xảy ra khi XTNĐ đổ bộ hoặc có ảnh hưởng từ khu vực Ninh Thuận–Bình Thuận đến Cà Mau–Kiên Giang. Nhìn chung mưa XTNĐ nhiều hơn ở khu vực Đông Nam Bộ, hoặc các tỉnh ven biển Tây Nam Bộ. Mưa XTNĐ thường tập trung chủ yếu trong ngày XTNĐ đổ bộ, ảnh hưởng trực tiếp hoặc XTNĐ đã đi qua [13].

Một vùng áp suất thấp hình thành trên khu vực trung tâm phía Bắc của Thái Bình Dương, vùng áp thấp di chuyển vào Tây Bắc Thái Bình Dương đã mạnh lên thành áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) vào ngày 9 tháng 11, đổ bộ vào tại Philippines ngày 20 tháng 11. Đây là một cơn bão có đường đi tương đối dài. Đến sáng ngày 23 tháng 11 thì mạnh lên thành bão ở biển Đông với tên quốc tế là Usagi. Do ảnh hưởng của không khí lạnh mạnh và tương tác với đất liền, sức gió của bão đã suy yếu xuống còn cấp 8 giật cấp 10 trên vùng bờ biển Vũng Tàu–Thành phố Hồ Chí Minh sáng ngày 25 tháng 11. Trưa cùng ngày bão đổ bộ vào Cần Giờ (TP. Hồ Chí Minh), sau suy yếu thành ATNĐ và cuối cùng là một vùng thấp trên khu vực TP. Hồ Chí Minh. Đã có lượng mưa 2 ngày là 449 mm gây ngập toàn thành phố.



Hình 6. Số ngày mưa  $\geq 50$  mm tháng tại Tân Sơn Hòa (TPHCM).

### 3.3. Diễn biến mực nước

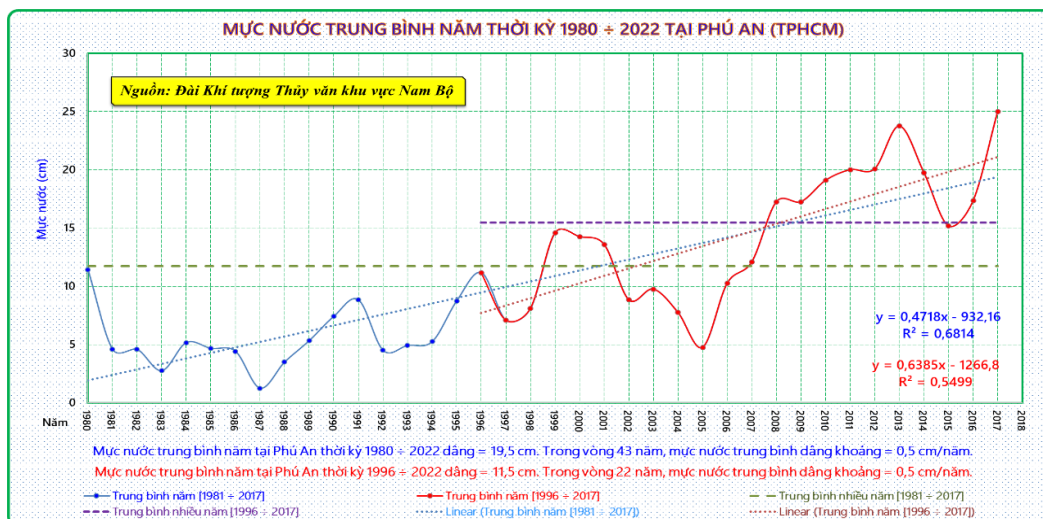
Trạm Phú An đặt bên bờ phải sông Sài Gòn, trong khu vực Công viên Cảnh Du Lịch Bạch Đằng, trên đường Tôn Đức Thắng, phường Bến Nghé, Quận I, TPHCM. Chế độ dòng

chảy trên sông Đồng Nai–Sài Gòn đoạn chảy qua Phú An hoàn toàn chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều không đều của biển Đông. Từ tháng 7 đến tháng 12 dòng chảy có ảnh hưởng của lũ thượng nguồn của Hồ Dầu Tiếng–Phước Hòa nhưng dòng chảy vẫn thể hiện chế độ triều rõ rệt. Mức nước cao nhất trong năm thường rơi vào thời gian từ tháng 10 đến tháng 1 năm sau, mức nước thấp nhất trong năm hay xuất hiện vào hai tháng 6 và 7.

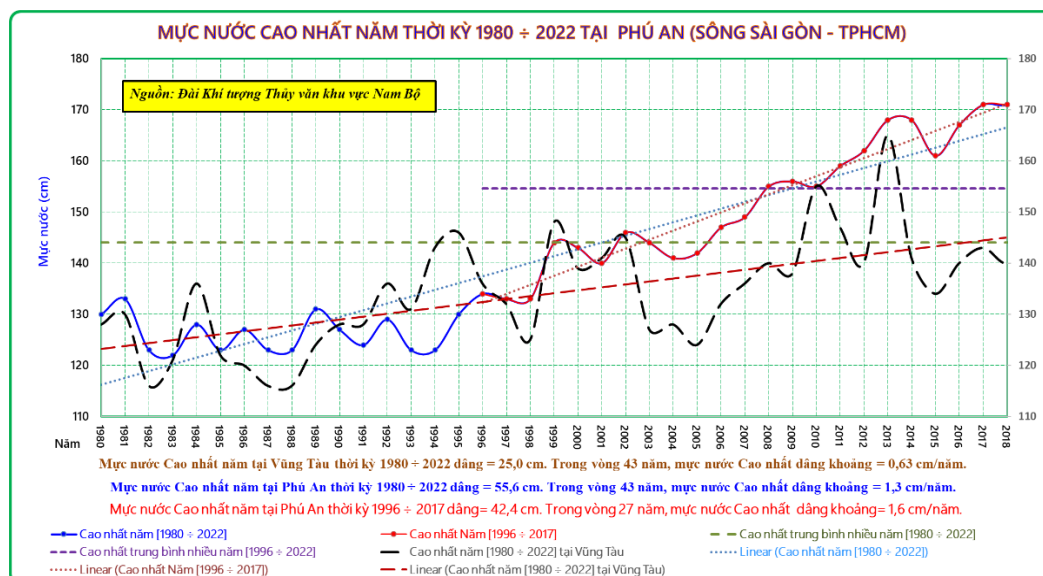
### 3.3.1 Diễn biến mực nước trung bình, cao nhất, thấp nhất

Mức nước trung bình thời kỳ 1980 ÷ 2022 tại trạm Phú An là 12 cm. Mức cao nhất đo được tại trạm Phú An là 174 cm (2019). Mức nước thấp nhất tại Phú An là –256 cm (2005). Trong vòng 43 năm qua:

Mức nước trung bình tăng 19,5 cm, (trung bình mỗi năm tăng 0,5 cm); Mức nước cao nhất tăng 55,6 cm, (trung bình mỗi năm tăng 1,3 cm) tăng gấp đôi so với trạm hải văn Vũng Tàu; Mức nước thấp nhất tăng 9,1 cm, (trung bình mỗi năm tăng 0,2 cm); Tính thời kỳ 1996 ÷ 2022 trong vòng 22 năm qua: Mức nước trung bình tăng 11,5 cm, (trung bình mỗi năm tăng 0,5 cm); Mức nước cao nhất tăng 42,4 cm, (trung bình mỗi năm tăng 1,6 cm); Mức nước thấp nhất giảm –4,4 cm, (trung bình mỗi năm giảm –0,2 cm); Chi tiết được trình bày tại các Hình 15, Hình 16, Hình 17.

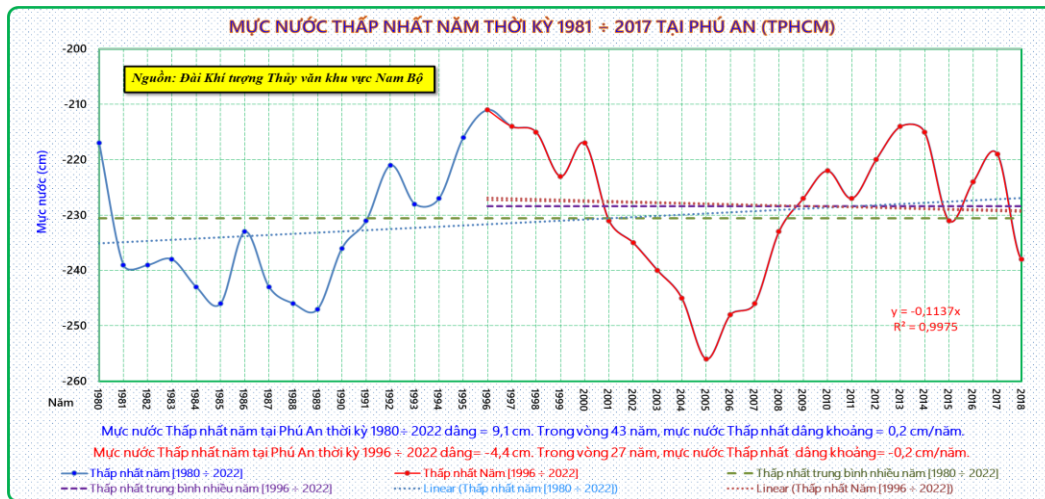


**Hình 7.** Mực nước trung bình năm tại Phú An (TPHCM).



**Hình 8.** Mực nước cao nhất năm tại Phú An (TPHCM) và Vũng Tàu.





Hình 9. Mức nước thấp nhất năm tại Phú An (TPHCM).

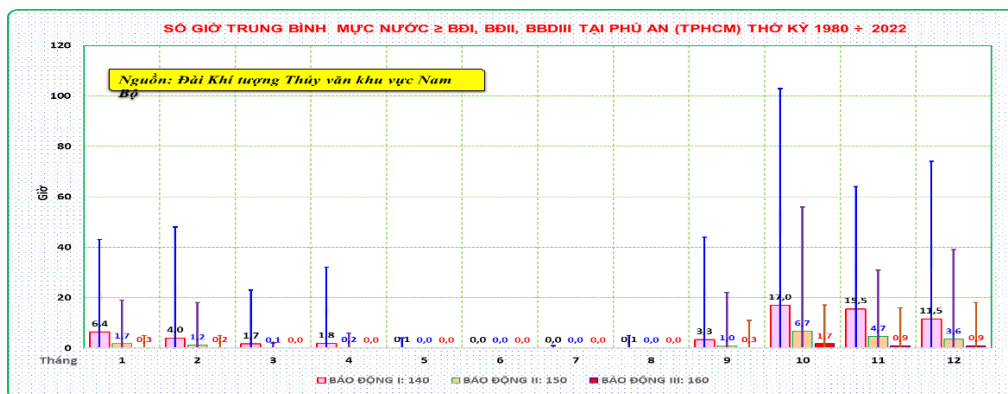
### 3.3.2. Số giờ, số ngày mực nước $\geq$ báo động I, báo động II, báo động III

Theo Quyết định số 05/2020/QĐ-TTg ngày 31 tháng 01 năm 2020 “Quy định mực nước tương ứng với các cấp báo động lũ trên các sông thuộc phạm vi cả nước” Mực nước tương ứng với các cấp báo động tại Phú An là cấp I = 1,40 m, cấp II = 1,50 m, cấp III = 1,60 m.

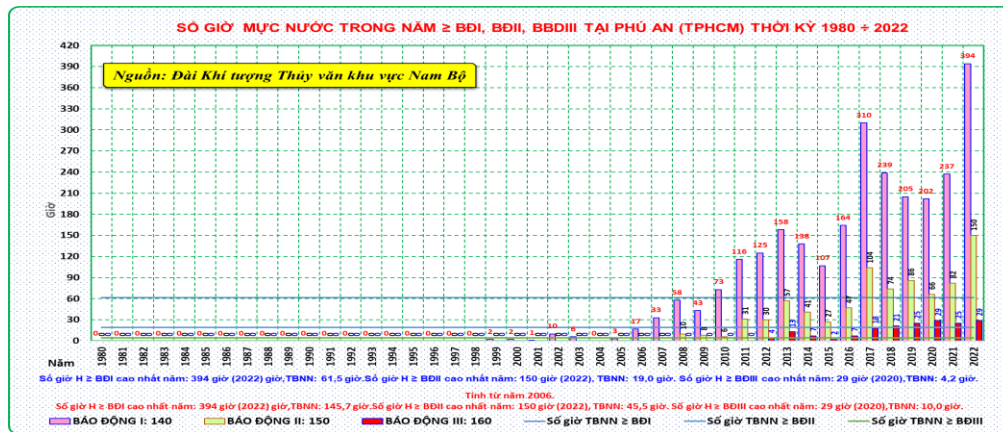
Số liệu mực nước (H) giờ trạm Phú An từ năm 1980 đến 2022 có những kết quả sau:

a) Số giờ mực nước  $\geq$  báo động I, báo động II, báo động III

Mực nước giờ tại Phú An mực nước tương ứng với các cấp báo động tại Phú An từ báo động I trở lên bắt đầu từ tháng 9 đến tháng 4 năm sau (Hình 18). Trước năm 2006 không có mực nước trên báo động I trở lên, từ 2006 xuất hiện mực nước cấp báo động ngày càng nhiều. Năm có số giờ  $H \geq$  BĐI cao nhất: 394 giờ (2022), TBNN: 61,5 giờ. Năm có số giờ  $H \geq$  BĐII cao nhất: 150 giờ (2022), TBNN: 19,0 giờ. Năm có số giờ  $H \geq$  BĐIII cao nhất: 29 giờ (2020), TBNN: 4,2 giờ (Hình 19). Tính từ năm 2006: Số giờ  $H \geq$  BĐI cao nhất năm: 394 giờ (2022) giờ, TBNN: 145,7 giờ. Số giờ  $H \geq$  BĐII cao nhất năm: 150 giờ (2022), TBNN: 45,5 giờ. Số giờ  $H \geq$  BĐIII cao nhất năm: 29 giờ (2020), TBNN: 10,0 giờ.

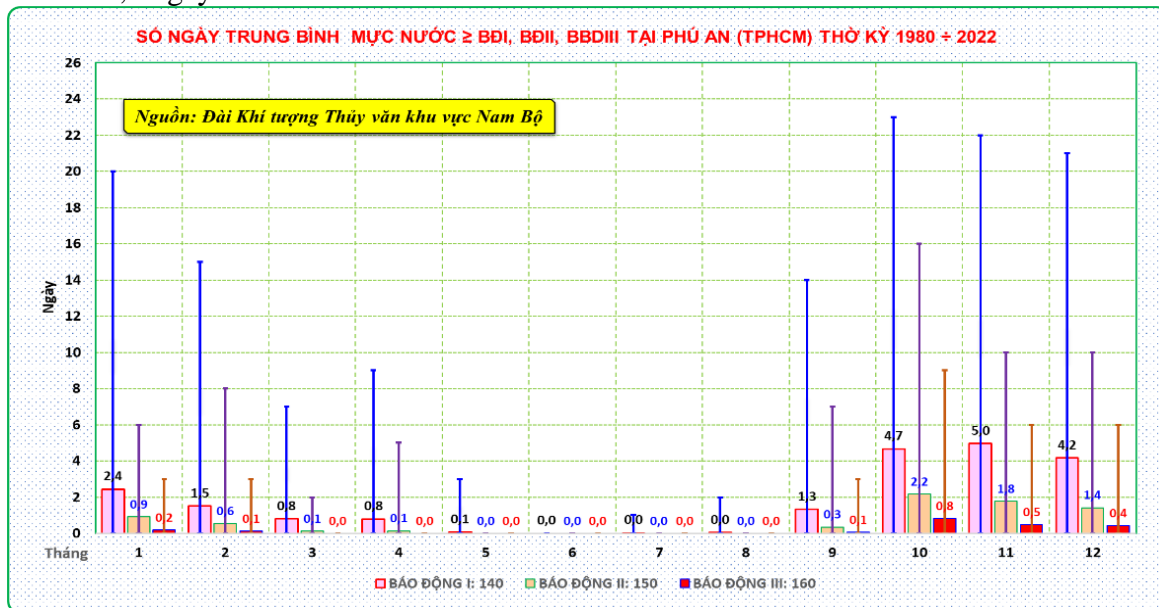


Hình 108. Số giờ mực nước  $\geq$  báo động I, báo động II, báo động III tháng tại Phú An (TPHCM).

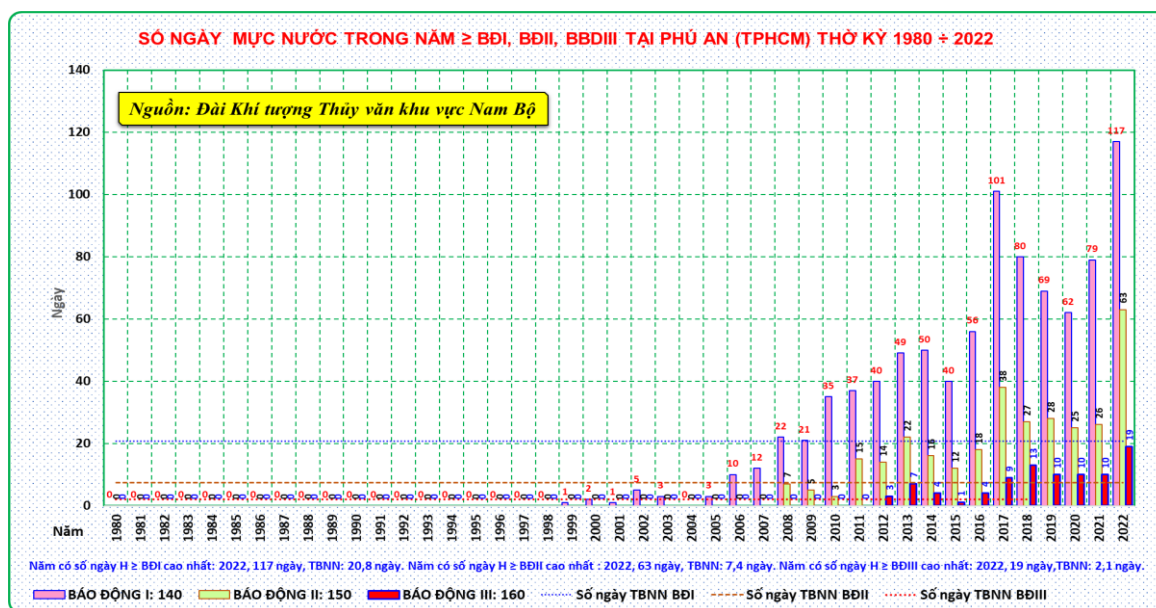


**Hình 19.** Số ngày mực nước  $\geq$  báo động I, báo động II, báo động III.

Mực nước ngày tại Phú An mực nước tương ứng với các cấp báo động tại Phú An từ báo động I trở lên bắt đầu từ tháng 9 đến tháng 4 năm sau (Hình 18, Hình 20). Trước năm 2006 không có mực nước trên báo động I trở lên, từ 2006 xuất hiện mực nước cấp báo động ngày càng nhiều. Năm có số ngày H  $\geq$  BDI cao nhất: 117 ngày (2022), TBNN: 61,5 ngày. Năm có số ngày H  $\geq$  BDI cao nhất: 150 ngày (2022), TBNN: 19,0 ngày. Năm có số ngày H  $\geq$  BDI cao nhất: 29 ngày (2020), TBNN: 4,2 ngày (Hình 21). Tính từ năm 2006, năm có số ngày H  $\geq$  BDI cao nhất: 117 ngày (2022) ngày, TBNN: 49,1 ngày. Tính từ năm 2006, năm có số ngày H  $\geq$  BDI cao nhất: 117 ngày (2022) ngày, TBNN: 49,1 ngày. Năm có số ngày H  $\geq$  BDI cao nhất: 63 ngày (2022), TBNN: 17,7 ngày. Năm có số ngày H  $\geq$  BDI cao nhất: 19 ngày (2022), TBNN: 5,0 ngày.



**Hình 20.** Số ngày mực nước  $\geq$  báo động I, báo động II, báo động III tháng tại Phú An (TPHCM).



**Hình 11.** Số ngày mực nước  $\geq$  báo động I, báo động II, báo động III năm tại Phú An (TPHCM).

### 3.4. Thiệt hại do ngập

Mưa lớn kéo dài, triều cao và tốc độ thoát nước không kịp thời thường gây ngập trên diện rộng, tắc nghẽn giao thông, tác động tiêu cực đến các hoạt động kinh tế, ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng. Tại hội thảo tìm giải pháp chống ngập do Báo Tiền Phong tổ chức hồi năm 2018, ông Lê Văn Thành (Viện Nghiên cứu Phát triển TP.HCM) đã thông tin, các khu vực bị ảnh hưởng do ngập nước chiếm đến khoảng 2/3 diện tích toàn Thành phố, tác động tiêu cực đến đời sống, sinh hoạt, việc làm của gần 3 triệu người dân; ước tính thiệt hại do ngập nước tại TP.HCM lên đến 1.500 tỷ mỗi năm, Đề bước đầu đánh giá thiệt hại cho ngập Đài Khí tượng Khu vực Nam Bộ đã triển khai thực hiện đề tài “Điều tra khảo sát và đánh giá thiệt hại do ngập lụt đến kinh tế-xã hội; xây dựng bản đồ thiệt hại do ngập lụt phục vụ công tác chống ngập, quy hoạch đô thị trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh” kết quả nghiên cứu làm cơ sở khoa học xác định lượng hóa các dạng thiệt hại kinh tế.

## 4. Kết luận

Mùa mưa ở TPHCM diễn ra từ đầu tháng 5 tới tháng 11 hàng năm cùng với triều biển Đông rất mạnh từ tháng 9 đến tháng 2 năm sau. Thời kỳ này khi mưa lớn, nhất là khi có thêm triều cao, tác động của bão lũ là nguyên nhân gây nên ngập lụt ở nhiều nơi, làm thiệt hại đến tài sản và cả tính mạng của người dân. Với những số liệu đo đạc gần nửa thế kỷ qua đã cho thấy hai yếu tố mưa lớn; triều cường cao cùng với 4 yếu tố chính là đô thị hóa làm mất đi mặt phủ thấm nước và dòng chảy tự nhiên; lún đô thị diễn ra trên diện rộng, hệ thống thoát nước không đáp ứng kịp thời cho tiêu thoát nước, rừng ngập mặn cửa sông bị thu hẹp là những nguyên nhân chủ yếu dẫn tới việc ngập lụt tại TPHCM. Theo thời gian này, mực nước các sông trong TPHCM dâng lên rất rõ, đặc biệt số ngày trên mực nước trên các mức báo động tăng rõ rệt. Lượng mưa cũng tăng lên theo thời gian. Để phục vụ công tác chống ngập Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ đã triển khai thực hiện thử nghiệm đề tài “Nghiên cứu, xây dựng và triển khai thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm ngập lụt đô thị dựa trên nền tảng trí tuệ nhân tạo tại Thành phố Hồ Chí Minh” thử nghiệm cho thành phố Thủ Đức có tính ứng dụng và thực tiễn cao nâng cao hiệu quả phục vụ phòng chống ngập nước [14]. Để nâng cao hơn nữa dự báo, cảnh báo chi tiết mưa lớn, triều cao, ngập lụt đô thị thời gian tới cần xây dựng hệ thống cảnh báo sớm đồng bộ bao gồm nâng cấp hệ thống radar thời tiết, các

phần mềm công dự báo cảnh báo mưa lớn, triều cường, ngập lụt đô thị, thông báo kịp thời rộng rãi đến mọi người và đào tạo nguồn nhân lực vận hành trên.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.Q.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: L.Đ.Q.; Thu thập nguyên nhân ngập: N.N.N.; Thu thập số liệu và chỉnh lý: N.P.C.; Tính toán và xử lý số liệu: N.N.Đ.; Viết bản thảo bài báo: N.M.G.; Chỉnh sửa bài báo: L.N.Q.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ đã cho khai thác sử dụng số liệu và các báo cáo tạo điều kiện để nhóm tác giả trình bày những kết quả nghiên cứu của mình.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

### **Tài liệu tham khảo**

1. Quân, M.H.H. Chủ tịch TPHCM chỉ ra 5 nguyên nhân khiến thành phố chưa thể hết ngập. <https://laodong.vn/xa-hoi/chu-tich-tphcm-chi-ra-5-nguyen-nhan-khien-thanh-pho-chua-the-het-ngap-860668.lido>.
2. Khánh, T. Nhận diện hàng loạt nguyên nhân gây ngập lụt triền miên ở TP.HCM, 2022. Trục tuyến: <https://danviet.vn/hang-loat-nguyen-nhan-gay-ngap-lut-o-tphcm-20220717181244315.htm>.
3. Bình, N. Ngập úng ở TP. Hồ Chí Minh (Bài 2): Nguyên nhân nào khiến cứ mưa là ngập? 2020. Trục tuyến: <https://moitruong.net.vn/ngap-ung-o-tp-ho-chi-minh-bai-2-nguyen-nhan-nao-khien-cu-mua-la-ngap-1859.html>.
4. Học, Đ.X. Nguyên nhân và các giải pháp chống ngập úng ở TP Hồ Chí Minh. [http://tapchivatuyentap.tlu.edu.vn/Portals/10/So%2024/So%2024%20\\_00001.pdf](http://tapchivatuyentap.tlu.edu.vn/Portals/10/So%2024/So%2024%20_00001.pdf).
5. Nga, N.; Mai, H. Đến lúc TP.HCM tính chuyện sống chung với nước. 2022. Trục tuyến: <https://thanhnien.vn/den-luc-tphcm-tinh-chuyen-song-chung-voi-nuoc-1851492255.htm>.
6. Tiến, T.Q. Nghiên cứu nguyên nhân và xây dựng quy trình công nghệ cảnh báo, dự báo hiện tượng mực nước biển dâng dị thường tại miền Trung và Nam Bộ Việt Nam. Bộ Khoa học và Công nghệ, 2016, tr. 224.
7. Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Nam Bộ. Số liệu và Báo cáo, Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Nam Bộ, 2022.
8. Trường, T.V. Tiêu thoát nước ở Thành phố Hồ Chí Minh. Trục tuyến: <http://www.vncold.vn/Web/Content.aspx?distid=136>.
9. Nữ, H.T.T.; Quyên, T.T.; Anh, V.T.V.; Thảo, N.T.H.; Văn, C.T. Ứng dụng mô hình thủy văn đô thị mô phỏng mức độ ngập do gia tăng mực nước triều và khả năng thoát nước cho hệ thống kênh Tân Hóa – Lò Gốm ở thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 740, 22–35.
10. Hòa, N.M. Ảnh hưởng của quy hoạch không gian đến hiện tượng ngập nước ở TPHCM. 2016. Trục tuyến: <https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/anh-huong-cua-quy-hoach-khong-gian-den-hien-tuong-ngap-nuoc-o-tphcm.html>.
11. Trường, T.V. Nhìn lại bài toán ngập lụt Thành phố Hồ Chí Minh. Trục tuyến: [http://www.vncold.vn/Modules/CMS/Upload/10/PhatTrienNuoc/181207/NgapLut\\_TP\\_HCM\\_TVT.pdf](http://www.vncold.vn/Modules/CMS/Upload/10/PhatTrienNuoc/181207/NgapLut_TP_HCM_TVT.pdf)
12. Giám, N.M.; Quyên, L.; Nguyễn, N.N. Những yếu tố khí tượng – thủy văn tác động đến ngập lụt Thành phố Hồ Chí Minh. Hội nghị khoa học, lần thứ X1 – 2018. Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên TPHCM, 2018.
13. Thanh, Đ.Q. Đặc điểm mưa khu vực Nam bộ khi có ảnh hưởng của xoáy thuận nhiệt đới, Báo cáo luận văn Thạc sĩ Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên Hà Nội, 2019,



14. Quyền, L.N. và cs. Nghiên cứu, xây dựng và triển khai thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm ngập lụt đô thị dựa trên nền tảng trí tuệ nhân tạo tại Thành phố Hồ Chí Minh. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Thành phố, 2022.

## **The main causes of flooding in Ho Chi Minh City**

**Nguyen Minh Giam<sup>1\*</sup>, Le Ngoc Quyen<sup>1</sup>, Nguyen Nam Duc<sup>1</sup>, Dang Quang Thanh<sup>1</sup>, Le Dinh Quyet<sup>1</sup>, Nguyen Ngoc Nguyen<sup>2</sup>, Nguyen Thi Phuong Chi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Southern Region Hydrometeorological Center; nmg@kttvnb.vn; quyetnccb@gmail.com; ngnamduc@gmail.com; dangquangthanhamt@gmail.com; quyet.le74@gmail.com

<sup>2</sup> Ho Chi Minh city Environment and Natural Resources Department; nnnnguyen82@gmail.com

<sup>3</sup> Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment; ntpchi@hcmunre.edu.vn

**Abstract:** Ho Chi Minh City with its geographical location and relatively favorable natural conditions, a dynamic and strongly developed city. But there are still many inadequacies, the biggest of which is the flooding in the city. The City has come up with many solutions to reduce flooding, but in reality, the effectiveness of those solutions is not very effective when there is heavy rain and high tide and flooding still occur. There are many causes of flooding, in this report using data related to rainfall and tide water level at Tan Son Hoa meteorological station, Phu An hydrological station and Vung Tau marine station, perform an analysis of these factors and further clarify the evolution over time of these factors to flood Ho Chi Minh City.

**Keywords:** Meteorology; Hydrology; Flood–tide; Heavy rain; Flooding; Ho Chi Minh City.