

ĐÁNH GIÁ CÁC GIẢI PHÁP MÔ HÌNH “THÀNH PHỐ BỌT BIỂN” TRONG PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ TẠI THÀNH PHỐ VINH LONG CŨ (NAY LÀ CÁC PHƯỜNG LONG CHÂU, THANH ĐỨC, PHƯỚC HẬU, TÂN HẠNH VÀ TÂN NGÃI, TỈNH VINH LONG)

Phạm Tấn Lợi¹, Nguyễn Văn Tho², Lâm Tấn Phát³,

Trần Văn Tỷ^{3*}, Trần Quang Nhật²

¹ Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Vinh Long

² Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

³ Đại học Cần Thơ

*Email: tvty@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá các giải pháp của mô hình “thành phố bọt biển” đến vấn đề ngập lụt đô thị tại các phường thuộc thành phố Vinh Long (cũ). Nghiên cứu sử dụng phương pháp điều tra và thống kê các vị trí ngập. Đồng thời kết hợp thống kê mảng xanh, sử dụng đất để đề xuất, tính toán theo từng loại hạ tầng xanh. Kết quả khảo sát và phân tích cho thấy, các giải pháp hạ tầng xanh đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát dòng chảy bề mặt và giảm thiểu nguy cơ ngập úng tại đô thị. Qua phân tích số liệu và biểu đồ, bờ kè trồng cỏ được xác định là giải pháp hiệu quả nhất, nhờ khả năng giữ lại lượng nước lớn tại hầu hết các phường. Mái nhà xanh cũng mang lại kết quả tích cực, đặc biệt tại các khu vực có diện tích mái nhà được triển khai rộng rãi. Trong khi đó, rãnh lọc sinh học và vỉa hè thấm nước tuy có hiệu quả thấp hơn nhưng vẫn góp phần hỗ trợ trong việc phân tán và làm chậm dòng chảy. Nghiên cứu khẳng định, việc áp dụng đồng bộ nhiều giải pháp hạ tầng xanh sẽ giúp tối ưu hóa hiệu quả giảm dòng chảy, tăng cường khả năng thích ứng của đô thị trước biến đổi khí hậu và các hiện tượng thời tiết cực đoan.

Từ khóa: *Hạ tầng xanh, ngập đô thị, mô hình “thành phố bọt biển”, Vinh Long.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

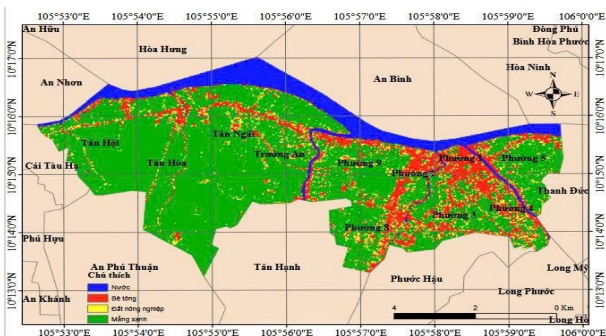
Hàng năm, lũ sông Mekong tràn về gây ngập lụt trên diện tích rộng cho vựa lúa lớn nhất nước ta, gây ngập lụt gần 2 triệu ha, kéo dài 4 - 6 tháng, ngập sâu 0,5 - 4,0 m. Lũ ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là hiện tượng tự nhiên và xảy ra hàng năm, đem lại không ít nguồn lợi cho người dân trong khu vực. Cùng với đó, biến đổi khí hậu (BĐKH) trong những năm gần đây góp phần gây lũ lụt ở ĐBSCL ngày càng tăng. Với kịch bản BĐKH và mực nước biển dâng tại Việt Nam thì tỷ lệ ngập lụt cao nhất dự kiến ở ĐBSCL là 47,29% vào năm 2100 nếu hệ thống đê biển không được tăng cường. Mực nước biển dâng dự kiến cao hơn

cho khu vực bờ biển phía Nam của Việt Nam và tùy thuộc vào kịch bản - dự kiến tăng lên ít nhất 18 cm vào năm 2040 và 55 cm vào năm 2100 [1].

Nhiều lợi ích của các mô hình thoát nước bền vững đã được ghi nhận trong các nghiên cứu trên thế giới [2 - 7]. Ba lợi ích chính bao gồm: Giảm thiểu ngập lụt, tăng nguồn cung cấp nước, cải thiện môi trường sống và chất lượng nước. Nghiên cứu tổng quan về hệ thống thoát nước đô thị bền vững (SUDS) để phục vụ cho mục đích thoát nước và giảm ngập đô thị một cách bền vững đã được thực hiện ở nhiều khu vực khác nhau [8], [9]. Đặc biệt, nghiên cứu về mối quan hệ giữa cường độ mưa, thời gian kéo dài và chu kỳ lặp lại (IDF) dựa

trên phân phối tích lũy lượng mưa (CDF) cho thành phố Cần Thơ cũng đã được thực hiện [10], cung cấp dữ liệu quan trọng cho việc xây dựng các giải pháp chống ngập hiệu quả.

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của các giải pháp trong mô hình “thành phố bọt biển” đối với vấn đề ngập lụt đô thị tại thành phố Vĩnh Long cũ (nay là các phường Long Châu, Thanh Đức, Phước Hậu, Tân Hạnh và Tân Ngãi, tỉnh Vĩnh Long) (Hình 1). Quy trình nghiên cứu gồm ba bước chính: (1) Khảo sát thực địa để xác định các vị trí ngập lụt, ghi nhận tần suất, độ sâu và nguyên nhân gây ngập; (2) Thu thập và xử lý dữ liệu lượng mưa, diện tích thảm và mật độ xây dựng từ bản đồ sử dụng đất và ảnh viễn thám, sau đó chồng lớp trong GIS để tính toán theo từng phường; (3) Phân tích mối tương quan giữa mức độ ngập và các đặc tính bề mặt đô thị để đề xuất các mô hình hạ tầng xanh phù hợp cho từng vị trí, làm cơ sở xây dựng giải pháp giảm ngập theo định hướng “thành phố bọt biển”.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu (thành phố Vĩnh Long cũ) [11]

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sơ đồ các bước nghiên cứu được thể hiện hình 2.



Hình 2. Sơ đồ các bước nghiên cứu

2.1. Điều tra và thống kê tình hình ngập

Các thông tin về tình hình ngập úng tại khu vực nghiên cứu được cập nhật từ Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Vĩnh Long, đơn vị trực tiếp là Chi cục Thủy lợi để có được các thông tin tổng quát về tình hình ngập úng (về nguyên nhân ngập úng, mức độ ngập và thời gian ngập úng). Trong thời gian qua, tình trạng ngập chủ yếu xảy ra vào những tháng mùa mưa cuối năm, khi nước lũ thượng nguồn từ sông Mekong đổ về kết hợp với kỳ triều cường cao cộng hưởng mưa lớn diện rộng, biên độ chênh lệch mực nước lớn trong năm. Theo thống kê, tình hình ngập trên địa bàn giai đoạn 2020 - 2024 cho thấy, có 6 phường (cũ) bị ảnh hưởng bởi hiện tượng ngập úng do mưa lớn kết hợp triều cường gồm: Phường 1, 3, 4, 5, 8, 9 (cũ). Trong số các khu vực bị ảnh hưởng bởi tình trạng ngập úng tại thành phố Vĩnh Long (cũ), phường 1 là nơi chịu tác động nặng nề nhất, với nhiều tuyến đường chính như: Trung Nữ Vương, Nguyễn Thị Minh Khai, Hùng Vương và Lê Thái Tổ thường xuyên ngập sâu từ 25 - 40 cm. Tại phường 5, các trục đường quan trọng như: 14 Tháng 9, 8 Tháng 3 và Nguyễn Chí Thanh cũng ghi nhận mức ngập tương tự, gây khó khăn cho giao thông và sinh hoạt của người dân. Các phường khác như: 3, 4, 8 có mức ngập thấp hơn, dao động từ 25 - 30 cm, chủ yếu tại các khu vực chợ, khu dân cư và trường học. Riêng phường 9 có mức độ ngập nhẹ hơn, khoảng 20 - 30 cm, tập trung tại các tuyến đường Phạm Hùng và Võ Văn Kiệt. Nguyên nhân ngập chủ yếu là do kết hợp giữa mưa lớn và triều cường, gây quá tải hệ thống thoát nước đô thị trong các giờ cao điểm. Đây là những khu vực trọng điểm cần được ưu tiên đầu tư các giải pháp hạ tầng xanh và cải thiện hệ thống thoát nước nhằm giảm thiểu rủi ro ngập trong tương lai.

2.2. Thống kê mảng xanh - sử dụng đất

2.2.1. Tiêu chuẩn thống kê mảng xanh

Căn cứ theo Quyết định số 2720/QĐ-UBND ngày 30/12/2024 [12] của UBND tỉnh Vĩnh Long về việc phê duyệt kế hoạch sử dụng đất năm 2025 của thành phố Vĩnh Long (cũ), hiện trạng sử dụng đất được chia thành 3 nhóm chính: (1) Nhóm đất nông nghiệp; (2) Nhóm đất phi nông nghiệp; (3)

Nhóm đất khác (chưa sử dụng). Để đánh giá mảng xanh theo tiêu chuẩn quốc tế và trong nước, nghiên cứu áp dụng TCVN 9257:2012 [13], theo đó tỷ lệ đất cây xanh tối thiểu là 9 m²/người đối với đô thị loại II như thành phố Vĩnh Long; QCVN số 01/2021/TT-BXD [14], mảng xanh đô thị bao gồm cả cây xanh công cộng, cây xanh chuyên dụng và cây xanh cách ly; hướng dẫn về thành phố bọt biển

(Sponge City Guideline): Đề cập đến các loại mảng xanh có khả năng hỗ trợ thoát nước mưa tự nhiên như công viên sinh thái, rãnh cây xanh thấm nước, mái xanh... [15].

Trên cơ sở đó, các loại đất chính thành phố Vĩnh Long (cũ) được thống kê phân chia thành 3 nhóm chính và được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Phân loại các nhóm đất tại khu vực nghiên cứu

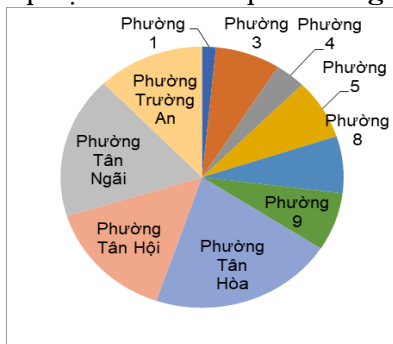
STT	Nhóm đất	Mô tả
1	Đất nông nghiệp	Đất trồng lúa; đất trồng cây hàng năm khác; đất trồng cây lâu năm; đất nuôi trồng thủy sản; đất chăn nuôi tập trung, đất nông nghiệp khác
2	Nhóm đất phi nông nghiệp	Đất ở tại nông thôn; đất ở tại đô thị; đất xây dựng trụ sở cơ quan, đất quốc phòng; đất an ninh; đất xây dựng công trình sự nghiệp, đất sản xuất, kinh doanh phi nông nghiệp; đất sử dụng vào mục đích công cộng; đất cơ sở tôn giáo; đất cơ sở tín ngưỡng; đất nghĩa trang, nhà tang lễ, cơ sở hỏa táng; đất cơ sở lưu giữ tro cốt; đất có mặt nước chuyên dùng; đất phi nông nghiệp khác
3	Nhóm đất chưa sử dụng	Đất bằng chưa sử dụng

Theo phương pháp trên, tỷ lệ mảng xanh thành phố Vĩnh Long (cũ) được thống kê ở hình 4 sơ bộ cập nhật số liệu cụ thể tại Quyết định số 2720/QĐ-UBND ngày 30/12/2024 của UBND tỉnh Vĩnh Long [12].

2.2.2. Mô hình "thành phố bọt biển"

Thành phố bọt biển là thuật ngữ dùng để mô tả cách tiếp cận của Chính phủ Trung Quốc trong

quản lý nước mặt đô thị. Ý tưởng này được hình thành vào năm 2014 nhằm ứng phó với tình trạng lũ lụt đô thị hoặc ngập úng ngày càng tăng ở các thành phố của Trung Quốc [15]. Các kỹ thuật cơ bản như: Vía hè thấm nước, rãnh lọc sinh học, mái nhà xanh và bờ kè trồng cỏ được thể hiện ở hình 4.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện tỷ lệ mảng xanh theo phường

2.3. Đề xuất giải pháp

Cơ sở đề xuất các giải pháp được tham khảo từ một số tiêu chuẩn quốc tế và quốc gia đã được áp dụng trong thiết kế đô thị và hạ tầng xanh.

- Tiêu chuẩn quốc tế: (1) US EPA Storm Water Management Model (SWMM): Mô hình tính toán và mô phỏng dòng chảy đô thị tích hợp các giải



Hình 4. Các kỹ thuật cơ bản của mô hình

pháp như rãnh sinh học, hồ sinh thái, bể ngầm; (2) Sponge City Technical Guidelines: Đưa ra hệ số giảm dòng chảy (runoff reduction coefficient) khi áp dụng từng loại hạ tầng xanh như mái xanh, rãnh cây, vỉa hè thấm; (3) LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): Tiêu chuẩn Hoa Kỳ cho quy hoạch đô thị bền vững, trong đó yêu cầu tính toán lượng nước mưa giữ lại tại chỗ.

- Tiêu chuẩn Việt Nam: (1) QCVN 01:2021/BXD [14]; (2) TCVN 9257:2012 [13]; (3) TCVN 7957:2023 [16].

Việc áp dụng kết hợp các tiêu chuẩn trên cho phép xây dựng các kịch bản thiết kế và so sánh hiệu quả giữa các giải pháp vật liệu, cấu trúc và bố trí cảnh quan đô thị. Đây là tiền đề quan trọng để thành phố Vinh Long chuyển đổi theo hướng “thành phố bọt biển” - đô thị sinh thái, bền vững và thích ứng với BĐKH.

Để xây dựng các kịch bản giải pháp hiệu quả nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực của dòng chảy bề mặt và tăng cường khả năng bổ cập nước ngầm trong khu vực ngập chủ yếu do triều cường kết hợp với mưa gồm có các phường như: 1, 3, 4, 5, 8, 9 [17]. Dữ liệu mưa được lấy từ TCVN 7957:2023 [16] và chuyển đổi thành đường cong IDF để xác định cường độ mưa theo các thời đoạn khác nhau. Bản đồ sử dụng đất và ảnh vệ tinh được xử lý bằng phần mềm ArcGIS để phân loại bề mặt thấm và không thấm nước, sau đó chồng lớp theo từng phường để tính diện tích từng loại bề mặt. Hệ số dòng chảy (C) được gán cho từng loại bề mặt theo nguyên tắc của mô hình thành phố bọt biển tại Trung Quốc (ví dụ: Bê tông 0,90; vỉa hè thấm 0,15; bờ kè trồng cỏ 0,20). Từ đó, tính toán lưu lượng dòng chảy (Q), lượng nước thấm và lượng nước giữ lại cho từng giải pháp hạ tầng xanh. Kết quả được so sánh giữa các phường để xác định giải pháp hiệu quả nhất. Kịch bản mô phỏng sử dụng trong nghiên cứu được thu thập và thể hiện ở bảng 2.

Trên cơ sở bản đồ sử dụng đất/tỷ lệ mảng xanh hiện tại của thành phố Vinh Long (cũ) và kỹ thuật trong mô hình “thành phố bọt biển” [17].

Bảng 2. Kịch bản mô phỏng sử dụng trong nghiên cứu

Yếu tố	Giá trị/kịch bản mô phỏng
Tỷ lệ đất phi nông nghiệp	100%, 75%, 50% đất phi nông nghiệp
Thời gian mưa (thời lượng)	60, 90, 120, 150 phút
Hạ tầng xanh	Mái nhà xanh, bờ kè trồng cỏ, rãnh lọc sinh học, vỉa hè thấm nước
Khu vực nghiên cứu	Các phường: 1, 3, 4, 5, 8, 9 (cũ)

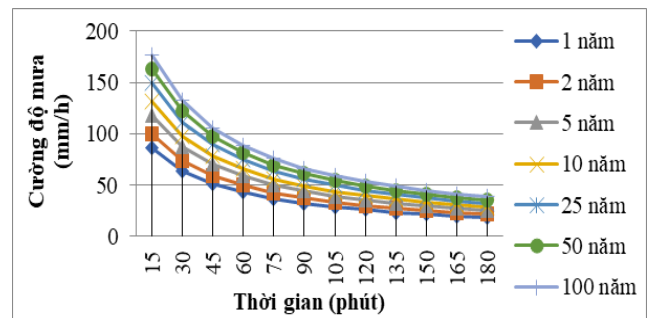
Công thức tính toán dòng chảy được áp dụng với dữ liệu mưa trích từ TCVN 7957:2023 [16], tương ứng với các thời đoạn 60 - 150 phút. Diện

Các công thức được sử dụng nhằm định lượng chính xác các yếu tố thủy văn, từ đó phục vụ cho việc thiết kế các giải pháp hạ tầng xanh và quy hoạch cảnh quan đô thị thích ứng với BĐKH.

- Tính toán lượng dòng chảy:

$$Q = C \times I \times A \quad (1)$$

Trong đó: Q là lưu lượng dòng chảy bề mặt (m^3/h); C là hệ số dòng chảy – phụ thuộc vào loại bề mặt (ví dụ: Mái bê tông: 0,90; vỉa hè thấm nước: 0,15; rãnh sinh học: 0,25...); I là cường độ mưa (m/h) – được lấy theo dữ liệu mưa phục vụ trong thiết kế (hằng số khí hậu) được sử dụng từ phụ lục B, TCVN 7957:2023 [16], tham khảo đường cong IDF của tỉnh Trà Vinh (cũ) được sử dụng cho tỉnh Vinh Long (cũ) do hai địa phương nằm gần nhau (≈ 40 km) và có điều kiện khí hậu tương đồng và được chuyển theo đường cong IDF theo hình 5; A : Diện tích bề mặt không thấm nước (m^2).



Hình 5. Đường cong IDF [17]

- Tính toán lượng mưa thấm phục vụ bổ cập cho nước ngầm:

$$Q_{thấm} = I \times A \times (1 - C) \quad (2)$$

- Tính toán lượng giảm dòng chảy bề mặt:

$$Q_{giảm} = Q - Q_{thấm} \quad (3)$$

tích bề mặt được xác định từ bản đồ sử dụng đất và ảnh viễn thám, sau đó xử lý và chồng lớp trong phần mềm ArcGIS. Hệ số dòng chảy (C) được gán

theo nguyên tắc của mô hình “thành phố bọt biển” tại Trung Quốc [17] (ví dụ: Mái bê tông 0,90; vỉa hè thấm nước 0,15). Do thiếu dữ liệu chi tiết về mạng lưới thoát nước đô thị, nghiên cứu chưa sử dụng mô hình thủy lực chuyên sâu, nên kết quả mang tính so sánh tương đối, chủ yếu phục vụ đánh giá xu hướng và mức độ ảnh hưởng tương đối giữa các giải pháp hạ tầng xanh, thay vì mô phỏng đầy đủ tác động của triều cường hoặc khả năng trữ nước tạm thời.

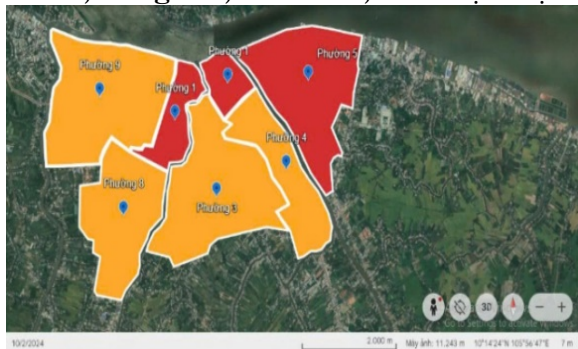
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả điều tra và thống kê vị trí ngập

Tình trạng ngập tại thành phố Vĩnh Long (cũ) chủ yếu xảy ra vào mùa mưa cuối năm do tác động cộng hưởng giữa lũ từ thượng nguồn sông Mekong, triều cường cao và mưa lớn diện rộng. Biên độ chênh lệch mực nước lớn trong năm cũng góp phần gia tăng nguy cơ ngập (Hình 6 và 7).

Các khu vực bị ngập tập trung chủ yếu tại những tuyến đường trung thấp, gần chợ, trung tâm hành chính và các tuyến đường ven sông như sông Cổ Chiên, Long Hồ, Cái Cam, Cầu Lộ. Một số

phường (cũ) thường xuyên bị ảnh hưởng gồm: 1, 3, 4, 5, 8. Riêng phường 9 có hệ thống sông, rạch dày đặc và điều kiện tiêu thoát tốt nên mức độ ngập ít hơn. Từ đó có thể thấy, tỷ lệ mảng xanh giữa các phường thuộc thành phố Vĩnh Long (cũ) phân bố không đồng đều, phản ánh sự chênh lệch rõ rệt về điều kiện sử dụng đất và mức độ đô thị hóa. Một số phường trung tâm như 1, 4, 9 có tỷ lệ mảng xanh thấp, lần lượt là 14,42%, 32,24% và 34,70%, cho thấy sự thiếu hụt nghiêm trọng về không gian xanh công cộng. Ngược lại, các phường ven đô như: Tân Hòa, Tân Hội và Tân Ngäi lại sở hữu tỷ lệ mảng xanh vượt trội trên 60%, nhờ quỹ đất nông nghiệp và đất trống còn lớn. Các phường như: Trường An, 3 và 5 có tỷ lệ dao động trong khoảng 40 - 50%, phản ánh mức độ cân bằng giữa đất ở và đất sinh thái. Với hiện trạng này, thành phố cần có chiến lược quy hoạch lại không gian xanh, trong đó ưu tiên phát triển các loại hình mảng xanh đa chức năng tại khu vực đô thị hóa cao, đồng thời bảo tồn và phát huy vai trò sinh thái của các khu vực mảng xanh ven đô theo định hướng “thành phố bọt biển”.



Độ sâu ngập tối đa



Độ sâu ngập tối thiểu

Tên phường	Độ sâu ngập tối thiểu (cm)	Độ sâu ngập tối đa (cm)
1	25	40
3	25	30
4	25	30
5	25	40
8	25	30
9	20	30

Hình 6. Mức độ sâu ngập theo từng phường



Ngập ở quảng trường ngày 18/10/2024



Ngập nước chợ Vĩnh Long ngày 18/10/2024

Hình 7. Một số vị trí ngập năm 2024 (tác giả khảo sát)

Khu vực nghiên cứu chủ yếu ngập do triều cường kết hợp với mưa, đây là tổ hợp bất lợi, hậu quả của nó là thời gian ngập thường kéo dài vài giờ trong thời gian đỉnh triều và có thể xuất hiện 2 lần trong tháng 10 (do tính chất chu kỳ triều: Trong tháng có 2 lần triều cao và 2 lần triều thấp), độ sâu ngập tùy thuộc vào sự tổ hợp triều cường và mưa, độ ngập sâu thường từ 20 - 30 cm [18]. Khu vực ngập chủ yếu do triều cường kết hợp với mưa gồm có các phường như: 1, 3, 4, 5, 8, 9 (cũ). Đối với khu vực ngập do triều cường, chủ yếu tập trung ven sông, rạch ở vùng ven thành phố, phạm vi ảnh hưởng khoảng 200 - 300 m (tính từ mép sông). Độ ngập sâu từ 25 - 40 cm, thời gian ngập thường xảy ra vào tháng 10 và 11. Như vậy, để giải quyết vấn đề ngập do triều cần có hệ thống công trình đê bao và cống ngăn triều. Qua kết quả điều tra ngập, khu vực thành phố Vĩnh Long (cũ) ngập chủ yếu do triều cường kết hợp với mưa gồm các phường: 1, 3, 4, 5, 8, 9 (cũ).

Nghiên cứu về ngập lụt tại thành phố Vĩnh Long (cũ) cho thấy sự khác biệt rõ rệt về cách tiếp cận và kết quả đánh giá ngập lụt, cung cấp cái nhìn tổng quan về hiện trạng ngập với dự báo dài hạn. Trong khi nghiên cứu năm 2017 [19] sử dụng mô hình dự báo dài hạn theo các kịch bản BĐKH, ước tính diện tích ngập sẽ tăng từ 41,3% (năm 2015) lên 63,9% vào năm 2050, thì nghiên cứu hiện tại tập trung vào khảo sát thực địa với dữ liệu chi tiết tại cấp độ phường. Kết quả ghi nhận các phường trung tâm như: 1, 3, 4, 5, 8, 9 thường xuyên bị ngập với độ sâu từ 20 - 40 cm, đặc biệt phường 1 và 5 chịu ảnh hưởng nặng nề nhất. Ngập xảy ra trung bình 2 lần mỗi tháng vào kỳ triều, kéo dài vài giờ. Sự khác biệt này xuất phát từ mục tiêu và phương pháp nghiên cứu: Một bên đưa ra cái nhìn tổng

quan cho quy hoạch dài hạn, trong khi bên còn lại cung cấp dữ liệu cụ thể phục vụ quản lý ngập ngắn hạn và đề xuất giải pháp phù hợp với thực tiễn.

3.2. Kết quả kết hợp thống kê mảng xanh, sử dụng đất

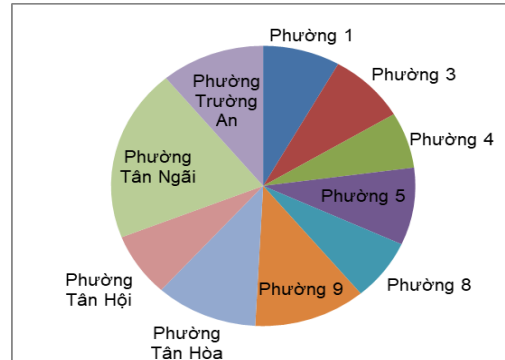
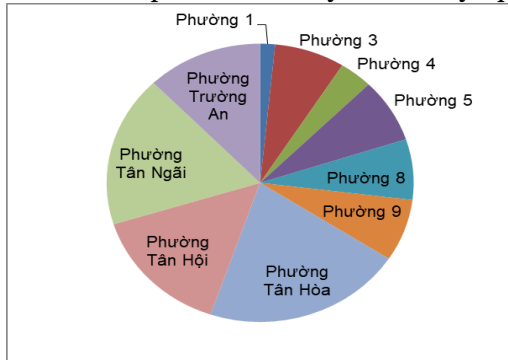
Theo kết quả thống kê đất đai năm 2025, tổng diện tích tự nhiên của thành phố Vĩnh Long (cũ) là 4.782,45 ha, diện tích và cơ cấu được thể hiện ở hình 8.

- *Nhóm đất nông nghiệp*: Nhóm đất nông nghiệp tại thành phố Vĩnh Long (cũ) hiện chiếm 2.234,74 ha, tương đương 46,77% tổng diện tích, cho thấy quỹ đất này đang dần thu hẹp dưới tác động của quá trình đô thị hóa. Đất nông nghiệp tập trung chủ yếu ở các phường ven đô như: Tân Hòa, Tân Hội, Tân Ngãi – nơi tốc độ đô thị hóa còn chậm, với phường Tân Hòa có diện tích lớn nhất (470,63 ha, chiếm 21,06%). Ngược lại, các phường trung tâm như: 1, 3, 4 có diện tích đất nông nghiệp rất thấp, tiêu biểu là phường 1 chỉ còn 35,18 ha (1,57%). Sự dịch chuyển này phản ánh rõ xu hướng chuyển đổi mục đích sử dụng đất từ nông nghiệp sang phi nông nghiệp nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển đô thị, xây dựng hạ tầng và mở rộng không gian đô thị trong tương lai.

- *Nhóm đất phi nông nghiệp*: Nhóm đất phi nông nghiệp tại thành phố Vĩnh Long (cũ) chiếm tổng diện tích 2.546,91 ha, tương đương 53,23% diện tích toàn đô thị – vượt trội so với đất nông nghiệp, phản ánh rõ nét xu hướng đô thị hóa mạnh mẽ. Các phường có tỷ lệ đất phi nông nghiệp cao nhất là Tân Ngãi (19,94%) và Trường An (11,03%), cho thấy đây là những khu vực phát triển năng động với sự mở rộng nhanh chóng của khu dân cư, công trình công cộng và hạ tầng kỹ thuật. Các

phường trung tâm như: 1, 3, 9 cũng sở hữu diện tích đất phi nông nghiệp lớn, phù hợp với vai trò là khu vực trọng điểm về hành chính, thương mại và dịch vụ của thành phố. Điều này cho thấy quá

trình đô thị hóa đang diễn ra sâu rộng, kéo theo nhu cầu quy hoạch và phát triển không gian đô thị ngày càng cao.



Đất nông nghiệp
Đất phi nông nghiệp
Hình 8. Phần trăm các nhóm đất chính tại thành phố Vĩnh Long (cũ)

- *Nhóm đất khác (chưa sử dụng)*: Tổng diện tích đất chưa sử dụng trên địa bàn thành phố Vĩnh Long (cũ) chỉ khoảng 0,8 ha - một con số rất nhỏ, gần như không đáng kể trong tổng cơ cấu sử dụng đất. Hiện tại, hầu như không còn diện tích đất chưa sử dụng đáng kể tại các phường, cho thấy quỹ đất của thành phố đã được khai thác gần như triệt để. Thực trạng này đặt ra yêu cầu cấp thiết trong công tác quản lý và quy hoạch lại đất đai, nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng, đáp ứng nhu cầu phát triển đô thị bền vững trong bối cảnh không còn nhiều dư địa mở rộng không gian đất tự nhiên.

Như vậy, quá trình đô thị hóa tại thành phố Vĩnh Long (cũ) đang diễn ra mạnh mẽ, thể hiện rõ qua sự gia tăng đáng kể diện tích đất phi nông nghiệp, vượt trội so với đất nông nghiệp. Quỹ đất nông nghiệp ngày càng bị thu hẹp, hiện chỉ còn phân bố rải rác tại các phường ven đô như: Tân Hòa, Tân Hội và Tân Ngãi. Trong khi đó, đất chưa sử dụng gần như không còn, cho thấy thành phố đang khai thác triệt để mọi nguồn lực đất đai hiện có để phục vụ nhu cầu phát triển. Các phường trung tâm như 1 và 3 có tỷ lệ đất phi nông nghiệp

chiếm ưu thế, phù hợp với chức năng là khu vực hành chính, thương mại và dịch vụ trọng điểm của đô thị.

Nghiên cứu về hạ tầng xanh giảm ngập cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa thành phố Vĩnh Long (cũ) và huyện Bình Chánh (thành phố Hồ Chí Minh). Tại thành phố Vĩnh Long (cũ), nghiên cứu tập trung thống kê, phân tích hiện trạng sử dụng đất, chỉ ra xu hướng đô thị hóa lấn át không gian thấm, khi đất phi nông nghiệp đã chiếm hơn 53% diện tích và đất chưa sử dụng gần như không còn. Ngược lại, nghiên cứu tại huyện Bình Chánh [9] áp dụng mô hình EPA-SWMM để mô phỏng hiệu quả giải pháp SUDS (vườn mưa, vỉa hè thấm), cho kết quả giảm ngập tới 17,24%, thời gian ngập giảm 22,85% và khả năng thấm tăng 50,2%, đồng thời đánh giá thêm mức độ chấp nhận xã hội. Như vậy, nghiên cứu ở thành phố Vĩnh Long (cũ) mang tính mô tả và định hướng quy hoạch, trong khi ở huyện Bình Chánh mang tính ứng dụng, định lượng và thực nghiệm hơn, phản ánh sự khác biệt về điều kiện tự nhiên, mục tiêu nghiên cứu và năng lực kỹ thuật của từng địa phương.

Bảng 3. Biến động lớp phủ qua từng giai đoạn

Lớp phủ	Giai đoạn 2001 - 2009	Giai đoạn 2009 - 2020	Giai đoạn 2020 - 2023	Giai đoạn 2001 - 2023
Đất nông nghiệp (%)	20,24 (tăng)	8,55 (tăng)	4,37 (tăng)	23,18 (tăng)
Mảng xanh (%)	4,19 (giảm)	6,23 (giảm)	0,81 (tăng)	9,44 (giảm)

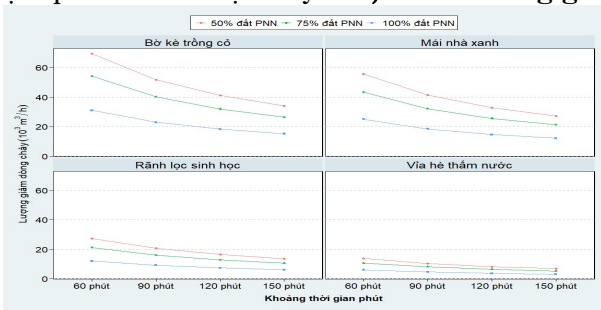
Để làm rõ hơn mối quan hệ giữa tỷ lệ diện tích thấm nước và khả năng giảm ngập, bảng 3 trình bày so sánh giữa các phường theo tỷ lệ mảng xanh hiện có và lượng nước chảy tràn được giảm theo mô phỏng. Kết quả cho thấy, xu hướng tỷ lệ thuận rõ rệt: Phường có diện tích thấm nước càng cao thì hiệu quả giảm dòng chảy bề mặt càng lớn.

3.3. Đề xuất giải pháp

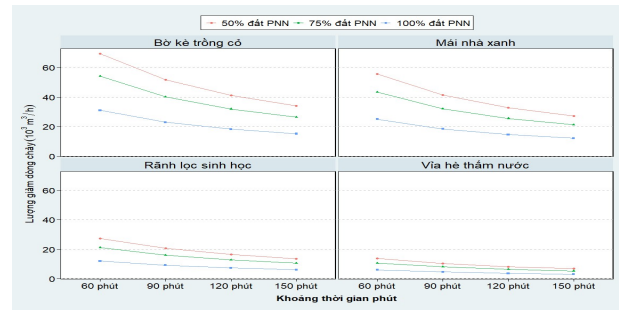
Hiệu quả của các giải pháp được đánh giá dựa trên tỷ lệ giảm lưu lượng dòng chảy và thể tích nước giữ lại trên mỗi hecta, nhằm đảm bảo tính so sánh định lượng và khách quan giữa các phương án. Kết quả cho thấy, bờ kè trồng cỏ là giải pháp hiệu quả nhất về mặt thủy văn, với khả năng giảm

dòng chảy và tăng lượng nước lưu giữ đáng kể tại hầu hết các khu vực nghiên cứu. Trong khi đó, vỉa hè thấm nước thể hiện ưu thế về khả năng áp dụng trên diện rộng, phù hợp với điều kiện đô thị hiện hữu và quỹ đất hạn chế, qua đó có tiềm năng đóng góp đáng kể vào việc giảm ngập đô thị khi được triển khai đồng bộ.

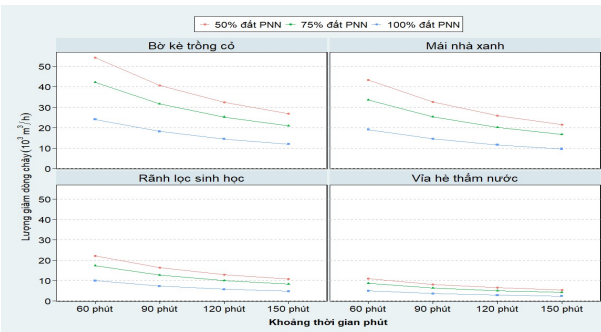
Biểu đồ hình 9, 10, 11, 12, 13, 14 thể hiện lượng giảm dòng chảy bề mặt (m^3) nhờ áp dụng các giải pháp hạ tầng xanh tại các phường thuộc thành phố Vĩnh Long (cũ). Các giải pháp được phân tích bao gồm: Mái nhà xanh, bờ kè trồng cỏ, rãnh lọc sinh học và vỉa hè thấm nước.



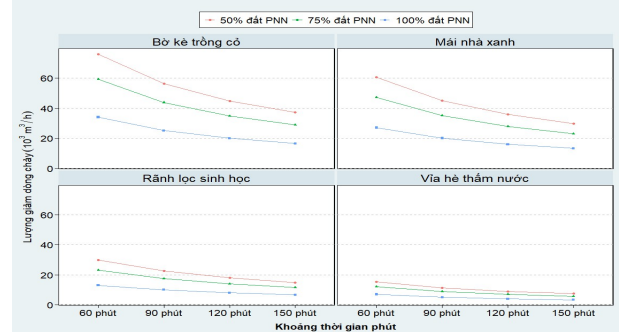
Hình 9. Biểu đồ lượng giảm dòng chảy bề mặt của phường 1 (cũ)



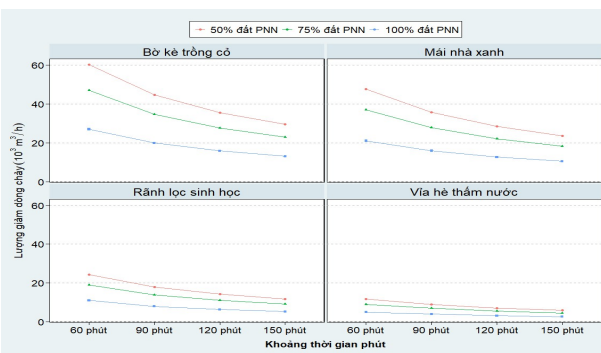
Hình 10. Biểu đồ lượng giảm dòng chảy bề mặt của phường 3 (cũ)



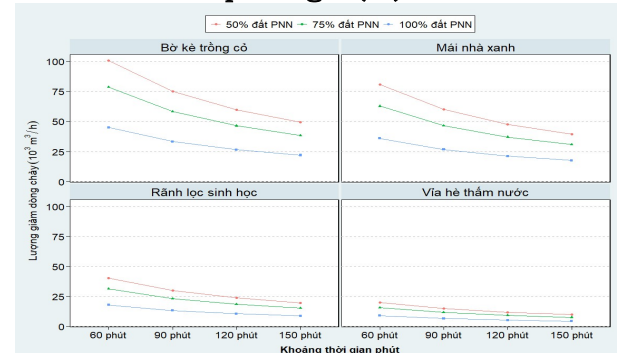
Hình 11. Biểu đồ lượng giảm dòng chảy bề mặt của phường 4 (cũ)



Hình 12. Biểu đồ lượng giảm dòng chảy bề mặt của phường 5 (cũ)



Hình 13. Biểu đồ lượng giảm dòng chảy bề mặt của phường 8 (cũ)



Hình 14. Biểu đồ lượng giảm dòng chảy bề mặt của phường 9 (cũ)

Nghiên cứu đã đánh giá hiệu quả của các biện pháp hạ tầng xanh (mái nhà xanh, bờ kè trồng cỏ, rãnh lọc sinh học, vỉa hè thấm nước) trong việc giảm dòng chảy bề mặt tại các phường thuộc khu vực nghiên cứu dưới 3 kịch bản tỷ lệ đất phi nông nghiệp (100%, 75%, 50%) và các khoảng thời gian mưa từ 60 - 150 phút. Kết quả mô phỏng cho thấy, lượng nước chảy tràn (m^3/h) giảm rõ rệt khi tăng tỷ lệ đất nông nghiệp và khi áp dụng các giải pháp hạ tầng xanh. Trong đó, mái nhà xanh và bờ kè trồng cỏ đạt hiệu quả cao nhất, giúp giảm trung bình 20 - 40% lượng nước chảy so với không có biện pháp can thiệp. Phường 9 và 5 (cũ) ghi nhận giá trị dòng chảy cao nhất do mật độ bê tông hóa lớn, trong khi phường 3 và 8 (cũ) có giá trị thấp hơn. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng để định hướng quy hoạch đô thị theo hướng thích ứng với BĐKH và giảm nguy cơ ngập úng tại các khu vực đô thị hóa cao.

So với các nghiên cứu trên thế giới, nghiên cứu tại thành phố Vĩnh Long (cũ) nổi bật ở khả năng lượng hóa hiệu quả từng giải pháp hạ tầng xanh (mái nhà xanh, bờ kè trồng cỏ, rãnh lọc sinh học, vỉa hè thấm nước), đồng thời phân biệt hiệu quả giữa các phường để xác định khu vực ưu tiên và tối ưu nguồn lực. Cách tiếp cận này mang tính ứng dụng cao, phù hợp với đô thị nhỏ và vừa ở Việt Nam - nơi thiếu dữ liệu tích hợp như trong mô hình “thành phố bọt biển” tại Trung Quốc hay Ba Lan. Khác với nghiên cứu về tích hợp công nghệ nhưng ít minh chứng định lượng [15] và tại Ba Lan [20] chủ yếu lý luận khái quát, nghiên cứu ở thành phố Vĩnh Long (cũ) dựa trên thực địa cụ thể, đề quy đổi thành chỉ tiêu kỹ thuật, giảm chi phí đầu tư nhờ tận dụng điều kiện hiện hữu. Với hướng tiếp cận “từ dưới lên”, linh hoạt và sát thực tế, đây có thể coi là hình mẫu khả thi cho các đô thị đang phát triển ở ĐBSCL và các khu vực tương tự.

Các giải pháp như bờ kè trồng cỏ và vỉa hè thấm nước có ưu điểm nổi bật là chi phí thấp, dễ thi công và được cộng đồng chấp nhận cao hơn so với mái nhà xanh – giải pháp đòi hỏi mức đầu tư lớn, yêu cầu kỹ thuật cao và chỉ phù hợp với công trình kiên cố. Để các giải pháp này có thể được triển khai rộng rãi trong thực tế, cần xây dựng cơ chế hỗ trợ tài chính linh hoạt và chính sách

khuyến khích sự tham gia của cộng đồng, thay vì chỉ trông chờ vào nguồn vốn ngân sách nhà nước.

Các giải pháp bề mặt thấm có tác dụng phân tán và làm chậm dòng chảy bề mặt, trong khi mái nhà xanh giúp giảm tải lưu lượng đỉnh ngay tại nguồn phát sinh. Bên cạnh đó, bờ kè trồng cỏ và hồ điều hòa đóng vai trò trữ nước tạm thời, đặc biệt hiệu quả trong điều kiện triều cường kết hợp mưa lớn, giúp kéo dài thời gian tiêu thoát và giảm nguy cơ ngập cục bộ. Với đặc thù ngập của thành phố Vĩnh Long (cũ) là tổ hợp giữa “mưa + triều”, việc kết hợp đa tầng các giải pháp hạ tầng xanh thay vì triển khai đơn lẻ là hướng tiếp cận cần thiết để tối ưu hóa hiệu quả giảm ngập.

So với mô hình “thành phố bọt biển” của Trung Quốc hay chương trình ABC Waters (Active (chủ động), Beautiful (đẹp) và Clean (sạch) với hàm ý hướng tới vai trò chủ động hơn của con người trong việc bảo vệ nguồn nước và cảnh quan luôn sạch đẹp) của Singapore – những mô hình phụ thuộc nhiều vào quy hoạch đồng bộ và hệ thống kỹ thuật hiện đại, nghiên cứu này lựa chọn cách tiếp cận phân tán, linh hoạt, tận dụng quỹ đất nhỏ lẻ và các giải pháp chi phí thấp, phù hợp với điều kiện đô thị loại II như thành phố Vĩnh Long (cũ). Khác với nghiên cứu tại huyện Bình Chánh (thành phố Hồ Chí Minh) – nơi mô phỏng thủy lực chi tiết bằng phần mềm SWMM, nghiên cứu này tập trung so sánh tương đối hiệu quả các giải pháp ở quy mô toàn phường, giúp hỗ trợ quá trình ra quyết định quy hoạch và định hướng đầu tư hạ tầng xanh một cách khả thi và sát với thực tế địa phương.

4. KẾT LUẬN

Các giải pháp hạ tầng xanh đóng vai trò then chốt trong việc kiểm soát dòng chảy bề mặt và giảm thiểu nguy cơ ngập úng đô thị tại khu vực thành phố Vĩnh Long (cũ). Trong số các giải pháp được phân tích, bờ kè trồng cỏ thể hiện hiệu quả cao nhất nhờ khả năng giữ và làm chậm dòng chảy, góp phần giảm đáng kể lượng nước tràn trên bề mặt tại hầu hết các phường. Mái nhà xanh cũng cho thấy tác động tích cực, đặc biệt ở các khu vực có mật độ công trình cao và diện tích mái lớn. Trong khi đó, rãnh lọc sinh học và vỉa hè thấm

nước tuy hiệu quả thấp hơn về định lượng nhưng vẫn đóng vai trò hỗ trợ quan trọng trong việc phân tán dòng chảy và tăng khả năng thấm nước tại chỗ.

Kết quả nghiên cứu khẳng định, việc kết hợp đồng bộ nhiều giải pháp hạ tầng xanh là hướng tiếp cận tối ưu, không chỉ giúp giảm lưu lượng dòng chảy đỉnh, mà còn nâng cao khả năng thích ứng của đô thị trước các tác động của BĐKH và hiện tượng thời tiết cực đoan.

Trong giai đoạn tiếp theo, dự kiến mở rộng phạm vi nghiên cứu sang các đô thị khác trong vùng ĐBSCL nhằm kiểm chứng tính khả thi và khả năng nhân rộng của mô hình “thành phố bọt biển”. Đồng thời, nghiên cứu tương lai sẽ tích hợp mô hình thủy văn – thủy lực chi tiết để mô phỏng toàn bộ chu trình nước đô thị, kết hợp phân tích độ nhạy các tham số đầu vào (lượng mưa, hệ số dòng chảy, tỷ lệ mặt phủ không thấm) nhằm lượng hóa chính xác hơn hiệu quả của từng giải pháp hạ tầng xanh và đề xuất các kịch bản quy hoạch thích ứng bền vững cho khu vực đô thị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020). *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*. Nxb Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
2. Martin.C. J, Kirsten M. de Beurs a, Jason P. Julianb, Paul M. Mayer (2015). Identifying priority sites for low impact development (LID) in a mixed-use watershed. *Landscape and Urban Planning*, 140, 29 - 41.
3. Liberalesso. T, Cruz. A. O, Silva. C. M, Manso. M (2020). Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives AUTHORS green infrastructure and public policies: An international review of green.
4. Shoaib, A. (2021). Multiple benefits of green infrastructure. *The Palgrave Encyclopedia of Urban and Regional Futures*, 1- 5.
5. Ferrans. P, Behzadian. K, Amir M Alani (2022). Sustainable urban drainage system (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review. *Science of the Total Environment. Elsevier B.V.* 1 - 16.
6. Ahsan. A, Das. S. K, Khan. M. H. R. B, Anne W. M. Ng, Ansari. N. A, Shakil Ahmed, Imteaz. S. A. M, Muhammad A. U. R. Tariq, Shafiquzzaman (2023). Modeling the impacts of best management practices (BMPs) on pollution reduction in the Yarra river catchment, Australia. *Applied Water Science*, 13(4): 1 - 20.
7. Wu. W, Jamali. B, Zhang. K, Marshall. L, Deletic. A (2023). Water sensitive urban design (WSUD) spatial prioritisation through global sensitivity analysis for effective urban pluvial flood mitigation. *Water Research*, 1 - 12.
8. Hoàng Thị Tố Nữ, Đoàn Thanh Vũ, Lê Văn Phùng, Cấn Thu Văn (2020). Mô phỏng mức độ ngập và đề xuất giải pháp thoát nước chống ngập cho khu vực Văn Thánh – thành phố Hồ Chí Minh, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 716(8): 12 - 25.
9. Nguyễn Thị Mai Lan, Trần Đức Dũng, Châu Nguyễn Xuân Quang, Ngô Ngọc Hoàng Giang, Hồ Văn Hòa, Lưu Văn Tấn (2021). Đánh giá khả năng áp dụng giải pháp thoát nước đô thị bền vững tại khu vực đang đô thị hóa ở huyện Bình Chánh, thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 732(12): 49 - 64.
10. Minh. H. V. T, Lavane. K, Lanh. L. T, Thinh. L. V, Cong. N. P, Ty. T. V, Downes. N and Kumar. P (2022). Developing intensity-duration-frequency (IDF) curves based on rainfall cumulative distribution frequency (CDF) for Can Tho city, Vietnam. *Earth (Switzerland)*, 3(3): 866 - 880.
11. Phạm Tấn Lợi, Nguyễn Văn Tho, Lâm Tấn Phát, Trần Văn Tỷ (2025). Đánh giá sự thay đổi sử dụng đất liên quan đến ngập đô thị tại thành phố Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 93, 1 - 7.
12. Ủy ban Nhân dân tỉnh Vĩnh Long (2024). *Quyết định số 2720/QĐ-UBND ngày 30/12/2024 về việc phê duyệt Kế hoạch sử dụng đất năm 2025 của thành phố Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long*.
13. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9257:2012. Quy hoạch cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị - Tiêu chuẩn thiết kế.
14. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 01:2021/BXD về Quy hoạch xây dựng.

15. Ji, L. and Rao, F. (2023). Comprehensive case study on the ecologically sustainable design of urban parks based on the Sponge city concept in the Yangtze river delta region of China. *Sustainability (Switzerland)*, 15(5): 1 - 14.
16. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7957:2023. Thoát nước - Mạng lưới và công trình bên ngoài - Yêu cầu thiết kế.
17. Yu Hanfeng (2019). Sponge city theories and applications: A study of the landscape planning in leinefelde-worbis. *Hochschule Neubrandenburg University*.
18. Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam (2011). *Báo cáo tổng hợp tập 1 của quy hoạch thủy lợi chống ngập úng thành phố Vĩnh Long*.
19. Huỳnh Trọng Nhân, Nguyễn Thành Trung (2017). Thực trạng và giải pháp ứng phó ngập lụt tại Thành phố Vĩnh Long. *Tạp chí Khoa học Lạc Hồng*, 11, 99 - 103.
20. Ma, X. (2024). Application of Sponge city ecological landscape design in residential district. *International Journal of e-Collaboration*, 20(1): 1 - 21.

**ASSESSING THE “SPONGE CITY” MODEL SOLUTIONS IN URBAN DEVELOPMENT
IN THE FORMER VINH LONG CITY (CURRENTLY THE WARDS OF LONG CHAU, THANH DUC,
PHUOC HAU, TAN HANH, AND TAN NGAI, VINH LONG PROVINCE)**

Pham Tan Loi¹, Nguyen Van Tho², Lam Tan Phat³,
Tran Van Ty³, Tran Quang Nhat²

¹*Vinh Long Department of Agriculture and Environment*

²*Western Construction University*

³*Can Tho University*

Abstract

The objective of this study is to evaluate the solutions of the “sponge city” model in addressing urban flooding in the wards of Vinh Long city (former). The study employs surveys and statistical analysis of inundation locations, combined with data on green spaces and land use, to propose and calculate the effectiveness of each type of green infrastructure. The survey and analysis results show that green infrastructure solutions play an important role in controlling surface runoff and reducing the risk of urban flooding. Based on data analysis and charts, grass-covered embankments were identified as the most effective solution, as they retain large volumes of water in most wards. Green roofs also deliver positive outcomes, particularly in areas with widespread roof coverage. Meanwhile, bioretention swales and permeable pavements, though less effective, still contribute to dispersing and slowing runoff. Overall, the study affirms that the integrated application of multiple green infrastructure solutions can optimize runoff reduction, enhance urban resilience, and improve adaptability to climate change and extreme weather events.

Keywords: *Green infrastructure, urban flooding, "sponge city" model, Vinh Long.*

Ngày nhận bài: 11/8/2025

Ngày chuyển phản biện: 30/9/2025

Ngày thông qua phản biện: 15/10/2025

Ngày duyệt đăng: 12/02/2026