

Quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng phát triển đô thị xanh

Lê Thị Mai Hương^{1*}

¹ Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy Lợi

TỪ KHOÁ

Hạ tầng thoát nước đô thị

Quản lý xây dựng

Đô thị xanh

Hạ tầng kỹ thuật đô thị

Phát triển bền vững

TÓM TẮT

Hạ tầng thoát nước đô thị là một bộ phận quan trọng của hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị, có vai trò bảo đảm điều kiện xây dựng, nâng cao chất lượng môi trường sống và hỗ trợ phát triển đô thị bền vững. Trong tiến trình phát triển đô thị xanh tại Việt Nam, yêu cầu đối với công tác quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị ngày càng trở nên phức tạp, đòi hỏi sự thay đổi trong cách tiếp cận quản lý từ truyền thống sang định hướng xanh, thích ứng với biến đổi khí hậu. Bài báo tập trung phân tích các nội dung cốt lõi của quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị trong bối cảnh phát triển đô thị xanh, bao gồm công tác quy hoạch, thiết kế, tổ chức thực hiện, quản lý kỹ thuật và bảo vệ môi trường. Trên cơ sở tổng hợp các nghiên cứu trong và ngoài nước, kết hợp với phân tích thực tiễn quản lý tại các đô thị Việt Nam, bài báo làm rõ những tồn tại, thách thức trong công tác quản lý xây dựng hệ thống thoát nước đô thị hiện nay. Từ đó, bài báo đề xuất một số định hướng và giải pháp quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo hướng xanh, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý hạ tầng kỹ thuật và thúc đẩy quá trình phát triển đô thị xanh tại Việt Nam.

KEYWORDS

Urban drainage infrastructure

Construction management

Green urban development

Urban technical infrastructure

Sustainable development

ABSTRACT

Urban drainage infrastructure is an important component of urban technical infrastructure, playing a key role in ensuring construction conditions, improving environmental quality, and supporting sustainable urban development. In the process of green urban development in Vietnam, the requirements for construction management of urban drainage infrastructure have become increasingly complex, requiring a shift in management approaches from traditional practices toward green-oriented and climate-adaptive frameworks. This paper focuses on analyzing the core aspects of construction management of urban drainage infrastructure in the context of green urban development, including planning, design, implementation, technical management, and environmental protection. Based on a synthesis of domestic and international studies, combined with an analysis of practical management experience in Vietnamese cities, the paper clarifies the existing shortcomings and challenges in current urban drainage construction management. Accordingly, the paper proposes several orientations and management solutions for green-oriented construction management of urban drainage infrastructure, contributing to the enhancement of urban technical infrastructure management effectiveness and the promotion of green urban development in Vietnam.

1. Đặt vấn đề

Hạ tầng thoát nước đô thị là một trong những cấu phần quan trọng của hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị, có vai trò bảo đảm điều kiện xây dựng, kiểm soát ngập úng, cải thiện chất lượng môi trường và góp phần nâng cao chất lượng sống của người dân đô thị [1,2]. Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và tác động ngày càng gia tăng của biến đổi khí hậu, yêu cầu đối với hệ thống thoát nước đô thị không chỉ dừng lại ở việc đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật truyền thống, mà còn phải hướng tới các mục tiêu phát triển bền vững và đô thị xanh [1,6].

Tại Việt Nam, định hướng phát triển đô thị xanh đã được thể hiện trong nhiều chủ trương, chính sách và chiến lược phát triển đô thị [3,5]. Tuy nhiên, trong thực tiễn, công tác quản lý xây dựng hạ tầng

thoát nước đô thị vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế, như thiếu tính đồng bộ giữa quy hoạch và đầu tư xây dựng, giải pháp kỹ thuật còn nặng về “thoát nhanh”, chưa chú trọng các giải pháp xanh, cũng như công tác quản lý vận hành và bảo vệ môi trường chưa theo kịp yêu cầu phát triển mới [3,5]. Những tồn tại này làm giảm hiệu quả đầu tư, gia tăng rủi ro ngập úng và ô nhiễm môi trường đô thị.

Trong tiến trình phát triển đô thị xanh, công tác quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị cần được tiếp cận theo hướng tổng hợp, gắn kết giữa quy hoạch, thiết kế, tổ chức thực hiện, quản lý kỹ thuật và bảo vệ môi trường [1,4,6]. Điều này đòi hỏi sự thay đổi trong tư duy và phương thức quản lý từ cách tiếp cận truyền thống sang cách tiếp cận xanh, thích ứng với biến đổi khí hậu và điều kiện phát triển đô thị hiện nay [4,6]. Khác với các nghiên cứu trước chủ yếu tiếp cận từ góc độ kỹ

*Liên hệ tác giả: lemai.huong1811@tlu.edu.vn

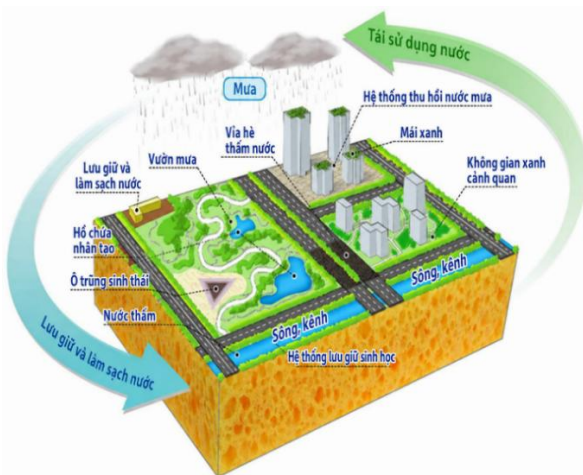
Nhận ngày 24/04/2026, sửa xong ngày 11/05/2026, chấp nhận đăng ngày 12/05/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2026.1336>

thuật công trình, bài báo này tiếp cận quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo hướng tổng hợp, gắn kết các khâu quy hoạch, thiết kế, xây dựng và vận hành trong bối cảnh phát triển đô thị xanh tại Việt Nam. Xuất phát từ thực tiễn đó, bài báo tập trung phân tích các nội dung cốt lõi của quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị trong bối cảnh phát triển đô thị xanh, làm rõ những vấn đề đặt ra và đề xuất một số định hướng, giải pháp quản lý phù hợp nhằm nâng cao hiệu quả quản lý hạ tầng kỹ thuật và thúc đẩy quá trình phát triển đô thị xanh tại Việt Nam.

2. Tổng quan nghiên cứu

Trên thế giới, hạ tầng thoát nước đô thị đã được nghiên cứu tương đối toàn diện dưới nhiều góc độ khác nhau, từ kỹ thuật, môi trường đến quản lý và chính sách phát triển đô thị bền vững. Nhiều nghiên cứu nhấn mạnh rằng hệ thống thoát nước đô thị không chỉ có chức năng tiêu thoát nước mưa và nước thải, mà còn đóng vai trò quan trọng trong kiểm soát ngập úng, bảo vệ môi trường và nâng cao khả năng chống chịu của đô thị trước tác động của biến đổi khí hậu [1,2]. Trong bối cảnh đó, các khái niệm như thoát nước đô thị bền vững (Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS), hạ tầng xanh và đô thị “bọt biển” (Sponge City- Hình 1,2) đã được phát triển và áp dụng rộng rãi tại nhiều quốc gia [1,4].



Hình 1. Mô hình thành phố bọt biển, hấp thụ và tái tạo nước, từ đó tái kiến tạo môi trường sống hiện đại nhưng thân thiện và bền vững.

Một số nghiên cứu quốc tế gần đây cho rằng việc quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị cần được tiếp cận theo hướng tích hợp, gắn kết chặt chẽ giữa quy hoạch đô thị, thiết kế công trình, tổ chức thực hiện và quản lý vận hành, thay vì chỉ tập trung vào các giải pháp kỹ thuật đơn lẻ [2,6]. Cách tiếp cận này giúp nâng cao hiệu quả đầu tư, giảm thiểu rủi ro ngập úng và góp phần cải thiện chất lượng môi trường đô thị trong dài hạn.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu liên quan đến hệ thống thoát nước đô thị chủ yếu tập trung vào giải pháp kỹ thuật, thiết kế hệ thống và

đánh giá thực trạng ngập úng tại các đô thị lớn. Trong những năm gần đây, cùng với định hướng phát triển đô thị xanh, một số công trình nghiên cứu và bài viết chuyên ngành đã bước đầu đề cập đến việc ứng dụng hạ tầng xanh, giải pháp thoát nước bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu trong đô thị [3,5]. Tuy nhiên, các nghiên cứu chuyên sâu về công tác quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị, đặc biệt là dưới góc độ quản lý tổng hợp và định hướng đô thị xanh, vẫn còn hạn chế và chưa được hệ thống hóa một cách đầy đủ.



Hình 2. Khu đô thị hỗn hợp thành phố Nha Trang nghiên cứu áp dụng mô hình thành phố bọt biển.

Nhìn chung, các nghiên cứu trước đây đã cung cấp cơ sở quan trọng về mặt lý luận và thực tiễn cho phát triển hệ thống thoát nước đô thị. Tuy nhiên, khoảng trống nghiên cứu vẫn tồn tại ở việc phân tích một cách có hệ thống các nội dung quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị trong tiến trình phát triển đô thị xanh, đặc biệt trong điều kiện các đô thị Việt Nam đang chuyển đổi mạnh mẽ về mô hình phát triển. Đây chính là cơ sở để bài báo tiếp cận, phân tích và đề xuất các định hướng quản lý phù hợp trong bối cảnh hiện nay.

3. Nội dung và phương pháp tiếp cận nghiên cứu

3.1. Phương pháp tiếp cận nghiên cứu

Bài báo áp dụng phương pháp nghiên cứu định tính, kết hợp giữa phân tích, tổng hợp tài liệu và đánh giá thực tiễn quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị. Phương pháp tiếp cận này cho phép làm rõ các vấn đề mang tính hệ thống, đặc biệt phù hợp với nghiên cứu về quản lý xây dựng hạ tầng kỹ thuật trong bối cảnh phát triển đô thị xanh, nơi các yếu tố kỹ thuật, môi trường và quản lý có mối quan hệ chặt chẽ và tác động lẫn nhau.

Cụ thể, nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở tổng hợp các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị, đô thị xanh và hạ tầng kỹ thuật bền vững. Đồng thời, các văn bản pháp luật, chiến lược, quy hoạch và chương trình phát triển đô thị tại Việt Nam cũng được rà soát và phân tích nhằm làm rõ định hướng quản lý và yêu cầu thực tiễn đối với hạ tầng thoát nước đô thị trong giai đoạn hiện nay.

Bên cạnh đó, nghiên cứu còn dựa trên phân tích thực tiễn quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước tại một số đô thị Việt Nam thông qua các báo cáo chuyên ngành, tài liệu quản lý và các ví dụ điển hình, từ đó nhận diện những tồn tại, bất cập và thách thức trong công tác quản lý xây dựng hệ thống thoát nước đô thị.

3.2. Nội dung nghiên cứu

Trên cơ sở phương pháp tiếp cận nêu trên, nội dung nghiên cứu của bài báo tập trung vào ba nhóm vấn đề chính.

Thứ nhất, phân tích vai trò và yêu cầu của quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị trong tiến trình phát triển đô thị xanh. Nội dung này làm rõ sự khác biệt giữa cách tiếp cận quản lý truyền thống và cách tiếp cận quản lý theo định hướng xanh, trong đó nhấn mạnh yêu cầu tích hợp giữa mục tiêu kỹ thuật, môi trường và phát triển bền vững.

Thứ hai, phân tích các nội dung cốt lõi của quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh, bao gồm công tác quy hoạch, thiết kế, tổ chức thực hiện, quản lý kỹ thuật và bảo vệ môi trường. Các nội dung này được xem xét trong mối liên hệ tổng thể, phản ánh tính liên ngành và tính hệ thống của quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị.

Thứ ba, đánh giá thực trạng và những thách thức trong công tác quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị tại Việt Nam trong bối cảnh phát triển đô thị xanh. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất một số định hướng và giải pháp quản lý phù hợp nhằm nâng cao hiệu quả quản lý xây dựng hệ thống thoát nước đô thị và hỗ trợ quá trình phát triển đô thị xanh trong thời gian tới.

4. Các nội dung cốt lõi của quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh

4.1. Quản lý quy hoạch hạ tầng thoát nước đô thị

Trong bối cảnh phát triển đô thị xanh và thích ứng với biến đổi khí hậu, công tác quản lý quy hoạch hạ tầng thoát nước đô thị cần được tiếp cận theo hướng tổng hợp, dài hạn và mang tính hệ thống, thay vì chỉ tập trung vào việc giải quyết các vấn đề ngập úng trước mắt. Quy hoạch thoát nước đô thị theo định hướng xanh không còn được xem là một hợp phần kỹ thuật độc lập, mà phải được tích hợp chặt chẽ với quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch không gian xanh, quy hoạch giao thông và quy hoạch hạ tầng kỹ thuật đô thị tổng thể [7,8].

Khác với cách tiếp cận truyền thống vốn nhấn mạnh nguyên tắc “thoát nhanh – xả bỏ”, quy hoạch thoát nước theo định hướng đô thị xanh đề cao vai trò điều tiết dòng chảy, lưu giữ và tái sử dụng nước mưa ngay trong đô thị thông qua các giải pháp hạ tầng xanh và bán tự nhiên như bề mặt thấm nước, hồ điều hòa, không gian xanh đa chức năng và hành lang sinh thái [1,4,9]. Cách tiếp cận này không chỉ góp phần giảm tải cho hệ thống cống truyền thống mà còn nâng cao khả năng chống chịu của đô thị trước các hiện tượng mưa cực đoan và nước biển dâng.

Quản lý quy hoạch hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh đòi hỏi phải xem xét đầy đủ các điều kiện tự nhiên như địa hình, thủy văn, thổ nhưỡng và cấu trúc hệ sinh thái đô thị. Việc bảo tồn và khai thác hợp lý các yếu tố tự nhiên hiện hữu được coi là nền tảng quan trọng trong quy hoạch thoát nước bền vững [8,10]. Thực tiễn quốc tế cho thấy, những đô thị áp dụng thành công mô hình quy hoạch thoát nước tích hợp thường là những đô thị biết tận dụng không gian tự nhiên để hỗ trợ chức năng thoát nước, thay vì phụ thuộc hoàn toàn vào các công trình kỹ thuật cứng [9,11].

Trong thực tế tại Việt Nam, một trong những hạn chế lớn của công tác quản lý quy hoạch thoát nước đô thị là sự thiếu đồng bộ giữa quy hoạch thoát nước và quy hoạch phát triển đô thị. Điều này dẫn đến tình trạng nhiều khu vực đô thị mới hình thành nhưng hệ thống thoát nước không đáp ứng yêu cầu, gây quá tải cục bộ và gia tăng nguy cơ ngập úng [3,5]. Do đó, quản lý quy hoạch hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh cần được coi là một nhiệm vụ trọng tâm trong quản lý phát triển đô thị bền vững.

4.2. Quản lý thiết kế hệ thống thoát nước đô thị

Quản lý thiết kế hệ thống thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh không chỉ dừng lại ở việc kiểm soát sự tuân thủ các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật hiện hành, mà còn phải định hướng và khuyến khích áp dụng các giải pháp thiết kế thân thiện với môi trường, tiết kiệm tài nguyên và thích ứng với biến đổi khí hậu [7,12].

Các mô hình và giải pháp thiết kế như thoát nước đô thị bền vững (Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS), hạ tầng xanh (Green Infrastructure) và đô thị bọt biển (Sponge City - Hình 3, 4) đã được chứng minh là có hiệu quả trong việc giảm lưu lượng dòng chảy bề mặt, cải thiện chất lượng nước mưa và nâng cao giá trị sinh thái – cảnh quan của đô thị [1,4,9,11]. Do đó, công tác quản lý thiết kế cần tạo điều kiện để các giải pháp này được tích hợp ngay từ giai đoạn thiết kế cơ sở và thiết kế kỹ thuật, thay vì chỉ bổ sung mang tính đối phó ở giai đoạn sau.

Một yêu cầu quan trọng trong quản lý thiết kế theo định hướng xanh là bảo đảm tính linh hoạt và khả năng thích ứng của hệ thống thoát nước trước các kịch bản mưa cực đoan và biến đổi khí hậu. Điều này đòi hỏi sự chuyển đổi trong tư duy thiết kế từ hệ thống thoát nước khép kín, cứng nhắc sang hệ thống mở, đa chức năng và có khả năng điều chỉnh theo điều kiện thực tế [10,12]. Việc kết hợp giữa các công trình thoát nước truyền thống với các giải pháp xanh không chỉ nâng cao hiệu quả kỹ thuật mà còn góp phần giảm chi phí đầu tư và vận hành trong dài hạn.

Bên cạnh đó, quản lý thiết kế cần chú trọng đến việc lựa chọn vật liệu xây dựng phù hợp, có độ bền cao, thân thiện với môi trường và đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững. Đây là nội dung có ý nghĩa đặc biệt đối với các tạp chí chuyên ngành vật liệu xây dựng, khi vật liệu không chỉ đóng vai trò kỹ thuật mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả môi trường của hệ thống thoát nước đô thị.



Hình 3. Minh họa mô hình Sponge City – hệ thống hạ tầng thoát nước đô thị bền vững tích hợp không gian xanh và các thành phần tự nhiên. (Nguồn: ArchDaily)



Hình 4. Sơ đồ phạm vi và cấu trúc không gian dự án ‘Grey to Green’, các giai đoạn triển khai hạ tầng xanh và kết nối không gian công cộng. (Nguồn: Climate-ADAPT)

4.3. Quản lý tổ chức thực hiện xây dựng

Quản lý tổ chức thực hiện xây dựng là khâu trung gian quan trọng, quyết định mức độ hiện thực hóa các mục tiêu quy hoạch và thiết kế hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng xanh. Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, việc thi công hệ thống thoát nước thường diễn ra trong điều kiện không gian hạn chế, mật độ xây dựng cao và chịu nhiều áp lực từ hoạt động giao thông và sinh hoạt đô thị [13].

Do đó, công tác quản lý xây dựng cần bảo đảm sự phối hợp chặt chẽ giữa các chủ thể tham gia, bao gồm cơ quan quản lý nhà nước, chủ đầu tư, đơn vị tư vấn, nhà thầu thi công và các đơn vị quản lý hạ tầng liên quan. Việc thiếu cơ chế phối hợp hiệu quả sẽ làm phát sinh xung đột trong quá trình thi công, kéo dài tiến độ và làm giảm chất lượng công trình [3,5].

Trong quản lý tổ chức thực hiện xây dựng theo định hướng đô thị xanh, việc lựa chọn công nghệ thi công, vật liệu xây dựng và biện pháp tổ chức thi công cần ưu tiên các giải pháp giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và cộng đồng dân cư. Các yêu cầu về kiểm soát bụi, tiếng ồn, chất thải xây dựng và bảo vệ hệ sinh thái đô thị cần được lồng ghép ngay từ giai đoạn lập kế hoạch thi công [12,13].

Ngoài ra, quản lý xây dựng cần chú trọng đến việc giám sát chất lượng công trình và tuân thủ thiết kế, đặc biệt đối với các hạng mục hạ tầng xanh (Hình 5,6) và bản tự nhiên vốn dễ bị gián lược hoặc thay đổi

trong quá trình thi công. Điều này có ý nghĩa quan trọng nhằm bảo đảm hiệu quả lâu dài của hệ thống thoát nước đô thị theo định hướng xanh.

4.4. Quản lý kỹ thuật và vận hành hệ thống thoát nước

Quản lý kỹ thuật và vận hành là khâu then chốt quyết định hiệu quả và tính bền vững của hệ thống thoát nước đô thị trong suốt vòng đời công trình. Trong mô hình quản lý theo định hướng đô thị xanh, công tác này cần được thực hiện một cách chủ động, liên tục và có sự hỗ trợ của các công nghệ quản lý hiện đại [11,14].

Việc áp dụng các công cụ quản lý thông minh, hệ thống giám sát tự động và cơ sở dữ liệu số cho phép theo dõi tình trạng vận hành của hệ thống thoát nước, phát hiện sớm các sự cố như tắc nghẽn, xuống cấp hoặc ô nhiễm, từ đó nâng cao hiệu quả bảo trì và bảo dưỡng. Đây là xu hướng quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị đang được nhiều quốc gia áp dụng trong bối cảnh chuyển đổi số [14,15].

Bên cạnh đó, quản lý kỹ thuật và vận hành theo định hướng xanh cần gắn liền với việc kiểm soát ô nhiễm nước, bảo vệ nguồn tiếp nhận và duy trì chức năng sinh thái của các công trình thoát nước xanh. Các hồ điều hòa, kênh hồ sinh thái và không gian xanh đa chức năng không chỉ là công trình kỹ thuật mà còn là một phần của hệ sinh thái đô thị, đòi hỏi phương thức quản lý phù hợp để phát huy tối đa hiệu quả môi trường và xã hội [9,11].

Ví dụ thực tiễn các giải pháp hạ tầng xanh – ACO Green City:



Hình 5. Hệ thống Stockholm.

(Nguyên tắc thành phố bọt biển mô tả một phương pháp xây dựng tạo ra môi trường sống tối ưu cho cây xanh đô thị tán rộng, và cung cấp không gian chứa nước mưa).



Hình 6. Quảng trường công cộng.

(Quảng trường tạo thành các trung tâm trong cấu trúc đô thị và cung cấp nhiều lựa chọn về thiết kế và công năng sử dụng).

Hình 5 và Hình 6 minh họa một số giải pháp hạ tầng xanh trong quản lý thoát nước đô thị theo hướng đô thị bọt biển, kết hợp giữa chức năng điều tiết nước mưa, cải thiện cảnh quan và nâng cao chất lượng không gian công cộng (nguồn: ACO Green City).

5. Thực trạng và thách thức trong quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị tại Việt Nam

5.1. Thực trạng hệ thống thoát nước đô thị tại Việt Nam

Hệ thống thoát nước đô thị tại Việt Nam hiện nay vẫn bộc lộ nhiều hạn chế cả về năng lực kỹ thuật, tính đồng bộ và khả năng thích ứng với quá trình đô thị hóa nhanh và biến đổi khí hậu. Tại nhiều đô thị lớn như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh và các đô thị ven biển, tình trạng ngập úng cục bộ vẫn diễn ra thường xuyên khi xuất hiện mưa lớn, triều cường hoặc mưa kéo dài vượt quá năng lực tiêu thoát của hệ thống hiện hữu [16,17].

Một đặc trưng phổ biến của hệ thống thoát nước đô thị ở Việt Nam là được phát triển theo nhiều giai đoạn khác nhau, thiếu tính đồng bộ giữa khu vực cũ và khu vực mở rộng đô thị. Trong nhiều trường hợp, hệ thống thoát nước được đầu tư chậm hơn so với tốc độ phát triển xây dựng và gia tăng diện tích bề tông hóa đô thị, dẫn đến tình trạng quá tải cục bộ và gia tăng nguy cơ ngập úng tại các khu vực đô thị phát triển nhanh [3,5,16]. Nhiều hệ thống cống thoát nước có quy mô nhỏ, xuống cấp hoặc không còn đáp ứng được yêu cầu tiêu thoát nước trong điều kiện hiện nay.

Bên cạnh đó, cách tiếp cận kỹ thuật trong xây dựng hệ thống thoát nước đô thị vẫn chủ yếu theo mô hình truyền thống, tập trung vào việc thu gom và tiêu thoát nhanh nước mưa thông qua hệ thống cống kín. Mô hình này phụ thuộc nhiều vào hạ tầng kỹ thuật cứng, trong khi khả năng lưu giữ, thấm và tái sử dụng nước mưa trong đô thị còn rất hạn chế. Các giải pháp hạ tầng xanh, thoát nước bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu tuy đã được đề cập trong các định hướng và chiến lược phát triển đô thị, nhưng việc áp dụng trong thực tiễn còn hạn chế và mang tính thí điểm [1,4,11]. Điều này làm giảm khả năng điều tiết tự nhiên của đô thị, đồng thời gia tăng áp lực cho hệ thống thoát nước trong điều kiện mưa cực đoan ngày càng gia tăng do biến đổi khí hậu [6,17].

Ngoài ra, việc suy giảm diện tích mặt nước tự nhiên, ao hồ và không gian xanh đô thị trong quá trình phát triển xây dựng đã làm giảm khả năng điều tiết nước tự nhiên của đô thị. Điều này không chỉ làm gia tăng nguy cơ ngập úng mà còn ảnh hưởng đến chất lượng môi trường và khả năng chống chịu của hệ thống hạ tầng đô thị trước các tác động của biến đổi khí hậu.

Về mặt quản lý xây dựng, công tác tổ chức thực hiện và quản lý kỹ thuật hệ thống thoát nước đô thị còn phân tán giữa nhiều cơ quan, đơn vị khác nhau. Cơ chế phối hợp giữa các ngành liên quan như xây dựng, tài nguyên môi trường, giao thông và quy hoạch đô thị chưa thực sự hiệu quả, dẫn đến chồng chéo trong quản lý và khó khăn trong việc kiểm soát chất lượng đầu tư xây dựng [3,16]. Trong một số trường hợp, các hạng mục thoát nước xanh và bán tự nhiên bị giản lược hoặc thay

đổi trong quá trình thi công do thiếu hướng dẫn kỹ thuật cụ thể và cơ chế giám sát phù hợp.

Ngoài ra, năng lực quản lý kỹ thuật và vận hành hệ thống thoát nước đô thị tại nhiều địa phương còn hạn chế. Công tác bảo trì, bảo dưỡng chưa được thực hiện thường xuyên và có hệ thống, trong khi việc ứng dụng các công nghệ quản lý thông minh và cơ sở dữ liệu số cho hạ tầng thoát nước còn ở mức thấp [14,18]. Điều này làm giảm hiệu quả vận hành của hệ thống, gia tăng nguy cơ xuống cấp công trình và ô nhiễm môi trường nước đô thị.

5.2. Những tồn tại trong công tác quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị

Bên cạnh những hạn chế về mặt kỹ thuật, công tác quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị tại Việt Nam còn tồn tại nhiều bất cập trong quy hoạch, tổ chức thực hiện và quản lý vận hành.

Trước hết, quy hoạch thoát nước tại nhiều địa phương còn thiếu tính tích hợp với quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch giao thông và quy hoạch phát triển đô thị. Trong nhiều trường hợp, tốc độ phát triển xây dựng và mở rộng đô thị diễn ra nhanh hơn đầu tư hạ tầng thoát nước, dẫn đến tình trạng quá tải cục bộ và gia tăng nguy cơ ngập úng.

Bên cạnh đó, cơ chế quản lý còn phân tán giữa nhiều cơ quan khác nhau như xây dựng, tài nguyên môi trường, giao thông và chính quyền địa phương, trong khi cơ chế phối hợp liên ngành chưa thực sự hiệu quả. Điều này làm phát sinh tình trạng chồng chéo trong quản lý, thiếu thống nhất trong tổ chức thực hiện và khó kiểm soát chất lượng đầu tư xây dựng.

Mặc dù Việt Nam đã ban hành nhiều văn bản pháp luật liên quan như Luật Xây dựng, Luật Bảo vệ môi trường và Nghị định số 80/2014/NĐ-CP về thoát nước và xử lý nước thải, song hệ thống tiêu chuẩn, hướng dẫn kỹ thuật đối với hạ tầng xanh và thoát nước bền vững vẫn chưa đầy đủ, gây khó khăn cho quá trình triển khai thực tế tại các địa phương.

Ngoài ra, công tác quản lý kỹ thuật và vận hành hệ thống thoát nước còn mang tính bị động, thiếu cơ sở dữ liệu đồng bộ và chưa ứng dụng hiệu quả các công nghệ quản lý thông minh. Công tác bảo trì, nạo vét và kiểm soát ô nhiễm nước tại nhiều đô thị còn chưa được thực hiện thường xuyên, làm giảm hiệu quả vận hành của hệ thống thoát nước.

5.3. Những thách thức đối với phát triển hạ tầng thoát nước đô thị theo hướng đô thị xanh

Trong bối cảnh phát triển đô thị xanh và thích ứng với biến đổi khí hậu, các tồn tại nêu trên đặt ra nhiều thách thức đối với công tác quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị tại Việt Nam. Một trong những thách thức lớn hiện nay là sự mâu thuẫn giữa nhu cầu đầu tư các giải pháp hạ tầng xanh với khả năng cân đối ngân sách đô thị còn hạn chế. Các giải pháp như hồ điều hòa sinh thái, bề mặt thấm nước, công viên trữ nước và hạ tầng xanh đa chức năng thường đòi hỏi chi phí đầu tư ban đầu cao hơn so với mô hình thoát nước truyền thống.

Bên cạnh đó, nhận thức về vai trò của hạ tầng thoát nước xanh và quản lý xây dựng theo định hướng đô thị xanh tại một số địa phương còn chưa đầy đủ. Việc coi hạ tầng thoát nước xanh chủ yếu là giải pháp bổ trợ hoặc mang tính cảnh quan khiến cho các mục tiêu về môi trường và phát triển bền vững chưa được lồng ghép một cách thực chất trong quá trình quản lý xây dựng [12,17]. Đồng thời, nguồn lực đầu tư cho các giải pháp xanh và công nghệ mới còn hạn chế, trong khi cơ chế huy động nguồn lực xã hội hóa và sự tham gia của cộng đồng chưa thực sự hiệu quả.

Ngoài ra, hệ thống văn bản pháp luật, tiêu chuẩn và hướng dẫn kỹ thuật liên quan đến quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh còn thiếu tính đồng bộ và cụ thể. Một số quy định hiện hành chưa theo kịp yêu cầu thực tiễn và xu hướng phát triển quốc tế, gây khó khăn cho các địa phương trong việc triển khai các giải pháp thoát nước bền vững và hạ tầng xanh trên diện rộng [7,10,16].

Mặc dù Việt Nam đã ban hành nhiều văn bản pháp luật liên quan đến quản lý xây dựng và thoát nước đô thị như Luật Xây dựng năm 2014 (sửa đổi, bổ sung năm 2020), Luật Bảo vệ môi trường năm 2020, Luật Quy hoạch đô thị năm 2009, cùng với Nghị định số 80/2014/NĐ-CP về thoát nước và xử lý nước thải, song trong thực tiễn triển khai vẫn còn tồn tại nhiều bất cập. Hệ thống quy định hiện hành tuy đã bước đầu đề cập yêu cầu phát triển hạ tầng kỹ thuật theo hướng bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu, nhưng còn thiếu các hướng dẫn kỹ thuật cụ thể đối với hạ tầng xanh, thoát nước bền vững và cơ chế phối hợp liên ngành trong quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị. Bên cạnh đó, trách nhiệm quản lý còn phân tán giữa nhiều cơ quan như xây dựng, tài nguyên môi trường, giao thông và chính quyền địa phương, dẫn đến tình trạng chồng chéo trong quản lý, thiếu thống nhất trong tổ chức thực hiện và khó kiểm soát hiệu quả đầu tư xây dựng. Đây được xem là một trong những nguyên nhân làm cho công tác quản lý thoát nước đô thị tại nhiều địa phương vẫn còn kém hiệu quả trong bối cảnh phát triển đô thị xanh hiện nay.

Ngoài ra, một số tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật hiện hành vẫn chủ yếu tiếp cận theo mô hình thoát nước truyền thống, tập trung vào tiêu thoát nhanh nước mưa thông qua hệ thống cống kín, trong khi các quy định liên quan đến hạ tầng xanh, bề mặt thấm nước, hồ điều hòa sinh thái và giải pháp Sponge City vẫn chưa được thể chế hóa đầy đủ trong hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia.

Nhìn chung, những tồn tại và thách thức nêu trên cho thấy công tác quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị tại Việt Nam đang đứng trước yêu cầu cấp thiết phải đổi mới theo hướng tích hợp, bền vững và

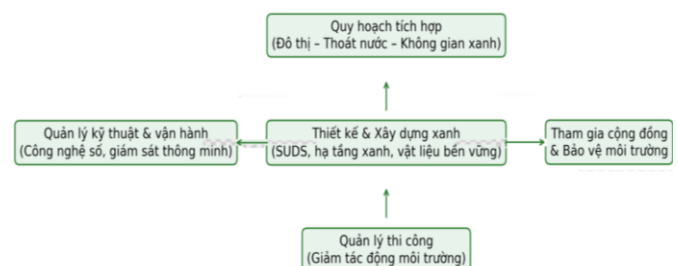
thích ứng với biến đổi khí hậu. Đây cũng chính là cơ sở quan trọng để nghiên cứu đề xuất các định hướng và giải pháp quản lý phù hợp trong giai đoạn phát triển đô thị xanh hiện nay.

6. Định hướng và giải pháp quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo hướng đô thị xanh

Trên cơ sở phân tích các nội dung cốt lõi của quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị và đánh giá thực trạng triển khai tại Việt Nam trong bối cảnh phát triển đô thị xanh, nghiên cứu cho rằng việc đổi mới công tác quản lý xây dựng hệ thống thoát nước đô thị theo hướng bền vững, tích hợp và thích ứng với biến đổi khí hậu là yêu cầu cấp thiết.

Để làm rõ mối quan hệ giữa các nội dung quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh, Bảng 1 được xây dựng nhằm hệ thống hóa và minh họa khung quản lý đề xuất. Sơ đồ Hình 7 thể hiện mối quan hệ tổng hợp giữa các nội dung quản lý quy hoạch, thiết kế – xây dựng, tổ chức thực hiện, quản lý kỹ thuật – vận hành và sự tham gia của cộng đồng trong phát triển hạ tầng thoát nước đô thị theo hướng đô thị xanh.

Cơ chế phối hợp giữa Nhà nước – Doanh nghiệp – Cộng đồng trong quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh được cụ thể hóa thông qua hệ thống pháp luật hiện hành của Việt Nam, gồm: Luật Xây dựng, Luật Bảo vệ môi trường, Luật Quy hoạch đô thị, Luật PPP, Luật Thực hiện dân chủ ở cơ sở và đặc biệt là Nghị định 80/2014/NĐ-CP về thoát nước và xử lý nước thải. Các văn bản này tạo cơ sở pháp lý cho cơ chế quản lý tích hợp, xã hội hóa đầu tư, phối hợp liên ngành và tăng cường sự tham gia của cộng đồng trong phát triển hạ tầng thoát nước đô thị bền vững.



Hình 7. Sơ đồ khung quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh. (Nguồn: Đề xuất của tác giả dựa trên tổng hợp nghiên cứu [7], [9], [11], [14])

Bảng 1. Tổng hợp các nội dung quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh.

Nội dung quản lý	Cách tiếp cận truyền thống	Cách tiếp cận theo đô thị xanh	Ý nghĩa đối với phát triển bền vững
Quản lý quy hoạch	Quy hoạch tách rời, ưu tiên tiêu thoát nhanh	Quy hoạch tích hợp với sử dụng đất, không gian xanh, thích ứng BĐKH	Giảm ngập úng, tăng khả năng chống chịu đô thị
Quản lý thiết kế	Thiết kế cống kín, giải pháp kỹ thuật cứng	Kết hợp SUDS, hạ tầng xanh, bề mặt thấm nước	Điều tiết nước mưa, cải thiện môi trường

Nội dung quản lý	Cách tiếp cận truyền thống	Cách tiếp cận theo đô thị xanh	Ý nghĩa đối với phát triển bền vững
Quản lý xây dựng	Tập trung tiến độ và chi phí	Lồng ghép yêu cầu môi trường, vật liệu xanh	Giảm tác động môi trường, tăng hiệu quả đầu tư
Quản lý vận hành	Bị động, thiếu dữ liệu	Vận hành chủ động, ứng dụng công nghệ số	Kéo dài tuổi thọ công trình, giảm chi phí
Sự tham gia cộng đồng	Vai trò hạn chế	Tham gia bảo vệ, giám sát và sử dụng	Tăng tính bền vững xã hội

Nguồn: Tổng hợp của tác giả dựa trên các nghiên cứu liên quan về thoát nước đô thị bền vững và đô thị xanh [1], [4], [7], [11], [16]

Theo đó, một số giải pháp quản lý trọng tâm được đề xuất như sau:

6.1. Hoàn thiện công tác quản lý quy hoạch hạ tầng thoát nước đô thị theo hướng tích hợp và định hướng xanh

Hoàn thiện công tác quản lý quy hoạch hạ tầng thoát nước đô thị theo hướng tích hợp là định hướng mang tính nền tảng trong quá trình chuyển đổi mô hình quản lý xây dựng hạ tầng kỹ thuật đô thị theo hướng đô thị xanh. Quy hoạch thoát nước không thể tiếp tục được xây dựng một cách tách rời, mà cần được lồng ghép chặt chẽ với quy hoạch đô thị tổng thể, quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch không gian xanh và các chiến lược thích ứng với biến đổi khí hậu.

Theo hướng này, quản lý quy hoạch cần chuyển từ tư duy “thoát nước là hạ tầng kỹ thuật thuần túy” sang coi hệ thống thoát nước là một bộ phận cấu thành của hệ sinh thái đô thị. Các yếu tố tự nhiên như mặt nước, hành lang thoát nước, vùng trũng, công viên sinh thái và không gian mở cần được bảo tồn và khai thác hợp lý nhằm hỗ trợ chức năng điều tiết và lưu trữ nước mưa. Việc ưu tiên các giải pháp thoát nước bền vững và hạ tầng xanh ngay từ giai đoạn quy hoạch sẽ góp phần giảm áp lực cho hệ thống công truyền thống và nâng cao khả năng chống chịu của đô thị trước các hiện tượng thời tiết cực đoan.

Bên cạnh đó, công tác quản lý quy hoạch cần tăng cường tính linh hoạt và khả năng thích ứng trong dài hạn. Các kịch bản biến đổi khí hậu, gia tăng lượng mưa và nước biển dâng cần được xem xét như một yếu tố bắt buộc trong quá trình lập và điều chỉnh quy hoạch thoát nước đô thị. Đây là cơ sở quan trọng để bảo đảm tính bền vững và hiệu quả đầu tư của hệ thống thoát nước trong suốt vòng đời công trình.

6.2. Đổi mới công tác quản lý thiết kế và xây dựng hệ thống thoát nước đô thị theo hướng bền vững

Đổi mới công tác quản lý thiết kế và xây dựng là giải pháp then chốt nhằm hiện thực hóa các mục tiêu quy hoạch thoát nước đô thị theo định hướng xanh. Trong bối cảnh hiện nay, quản lý thiết kế cần vượt ra khỏi phạm vi kiểm soát tuân thủ tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật hiện hành để đóng vai trò định hướng và khuyến khích áp dụng các giải pháp kỹ thuật xanh, thân thiện với môi trường và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Các giải pháp như thoát nước đô thị bền vững (SUDS), hạ tầng xanh, bề mặt thấm nước, hồ điều hòa đa chức năng và hệ thống thoát nước mở sinh thái cần được tích hợp đồng bộ trong thiết kế hệ thống

thoát nước đô thị. Việc kết hợp hài hòa giữa các công trình thoát nước truyền thống và các giải pháp xanh không chỉ nâng cao hiệu quả kỹ thuật mà còn góp phần cải thiện chất lượng môi trường, cảnh quan và điều kiện sống của người dân đô thị.

Trong quản lý xây dựng, cần chú trọng lựa chọn công nghệ và vật liệu xây dựng phù hợp với định hướng phát triển bền vững, đặc biệt là các loại vật liệu thấm nước, vật liệu tái chế và vật liệu có vòng đời dài, ít phát thải. Đây là nội dung có ý nghĩa quan trọng đối với quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị, đồng thời phù hợp với định hướng nghiên cứu và ứng dụng vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường trong phát triển đô thị xanh.

Song song với đó, việc bổ sung và hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật liên quan đến thoát nước đô thị theo định hướng xanh là yêu cầu cấp thiết. Các hướng dẫn kỹ thuật cụ thể về thiết kế, thi công và quản lý các công trình thoát nước xanh cần được xây dựng nhằm tạo cơ sở pháp lý và kỹ thuật cho các địa phương trong quá trình triển khai thực tiễn. Một thách thức lớn trong quá trình triển khai hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng xanh là chi phí đầu tư ban đầu của các giải pháp hạ tầng xanh thường cao hơn so với mô hình hạ tầng truyền thống, trong khi nguồn lực ngân sách đô thị tại nhiều địa phương còn hạn chế. Tuy nhiên, xét trên vòng đời công trình, các giải pháp hạ tầng xanh có khả năng giảm đáng kể chi phí vận hành, bảo trì và thiệt hại do ngập úng, đồng thời mang lại nhiều lợi ích môi trường và xã hội như cải thiện vi khí hậu, nâng cao chất lượng cảnh quan và tăng khả năng chống chịu của đô thị trước biến đổi khí hậu. Do đó, công tác quản lý cần chuyển từ tư duy đánh giá hiệu quả đầu tư ngắn hạn sang tiếp cận chi phí vòng đời công trình và hiệu quả tổng hợp dài hạn.

Bên cạnh đó, việc triển khai hạ tầng xanh cần được thực hiện theo lộ trình ưu tiên, kết hợp giữa hệ thống thoát nước truyền thống và các giải pháp xanh phù hợp với điều kiện từng đô thị, thay vì thay thế đồng loạt trong thời gian ngắn. Đồng thời, cần tăng cường xã hội hóa nguồn lực thông qua mô hình hợp tác công – tư (PPP), tín dụng xanh, quỹ môi trường và các nguồn tài chính hỗ trợ thích ứng biến đổi khí hậu nhằm giảm áp lực cho ngân sách nhà nước và nâng cao khả năng triển khai thực tiễn các giải pháp hạ tầng thoát nước đô thị bền vững.

6.3. Tăng cường năng lực quản lý kỹ thuật và vận hành hệ thống thoát nước đô thị

Tăng cường năng lực quản lý kỹ thuật và vận hành là giải pháp quan trọng nhằm bảo đảm hiệu quả và tính bền vững của hệ thống thoát

nước đô thị trong dài hạn. Trong mô hình quản lý theo định hướng đô thị xanh, công tác vận hành cần được thực hiện theo hướng chủ động, dựa trên dữ liệu và có sự hỗ trợ của các công nghệ quản lý hiện đại.

Việc ứng dụng công nghệ số, hệ thống giám sát thông minh và cơ sở dữ liệu quản lý hạ tầng kỹ thuật cho phép theo dõi liên tục tình trạng vận hành của hệ thống thoát nước, phát hiện sớm các sự cố và tối ưu hóa công tác bảo trì, bảo dưỡng. Đây là xu hướng quản lý hạ tầng đô thị hiện đại đang được áp dụng rộng rãi tại nhiều quốc gia nhằm nâng cao hiệu quả vận hành và giảm chi phí trong suốt vòng đời công trình.

Ngoài ra, công tác quản lý kỹ thuật và vận hành cần gắn chặt với mục tiêu bảo vệ môi trường và duy trì chức năng sinh thái của các công trình thoát nước xanh. Các hồ điều hòa, kênh sinh thái và không gian xanh đa chức năng cần được quản lý theo hướng vừa bảo đảm chức năng kỹ thuật, vừa phát huy giá trị môi trường và xã hội, tránh tình trạng xuống cấp hoặc sử dụng sai mục đích trong quá trình vận hành.

6.4. Nâng cao nhận thức, năng lực quản lý và sự tham gia của cộng đồng

Nâng cao nhận thức và năng lực của các chủ thể tham gia quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị là giải pháp mang tính hỗ trợ nhưng có ý nghĩa quyết định đối với hiệu quả triển khai các định hướng quản lý theo hướng đô thị xanh. Các cơ quan quản lý nhà nước, chủ đầu tư, đơn vị tư vấn và nhà thầu xây dựng cần được đào tạo và cập nhật thường xuyên về các xu hướng, công nghệ và phương pháp quản lý mới trong lĩnh vực thoát nước đô thị bền vững.

Bên cạnh đó, tăng cường sự tham gia của cộng đồng trong quản lý, bảo vệ và sử dụng hệ thống thoát nước đô thị theo hướng xanh là yếu tố không thể thiếu. Người dân đô thị không chỉ là đối tượng thụ hưởng mà còn là chủ thể tham gia trực tiếp vào việc duy trì hiệu quả của các công trình thoát nước xanh, thông qua việc bảo vệ không gian xanh, sử dụng hợp lý hệ thống thoát nước và nâng cao ý thức bảo vệ môi trường.

Việc thúc đẩy cơ chế phối hợp giữa nhà nước, doanh nghiệp và cộng đồng trong quản lý xây dựng và vận hành hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng xanh sẽ góp phần nâng cao hiệu quả quản lý tổng thể, huy động nguồn lực xã hội và tạo nền tảng vững chắc cho quá trình phát triển đô thị xanh tại Việt Nam.

7. Kết luận

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, áp lực gia tăng của biến đổi khí hậu và yêu cầu chuyển đổi mô hình phát triển theo hướng bền vững, quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh đã và đang trở thành một nhiệm vụ trọng tâm trong quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị tại Việt Nam. Hệ thống thoát nước không chỉ còn là công trình kỹ thuật phục vụ tiêu thoát nước, mà ngày càng giữ vai trò quan trọng trong điều tiết nước mưa, bảo vệ môi trường, nâng cao chất lượng không gian sống và tăng cường khả năng chống chịu của đô thị.

Nghiên cứu góp phần hệ thống hóa các nội dung cốt lõi của quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo định hướng đô thị xanh, đồng thời đề xuất khung định hướng và giải pháp quản lý phù hợp với điều kiện phát triển đô thị tại Việt Nam.

Thông qua việc tổng hợp cơ sở lý luận và các nghiên cứu trong và ngoài nước, kết hợp với phân tích thực tiễn quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị tại Việt Nam, bài báo đã làm rõ các nội dung cốt lõi của công tác quản lý xây dựng hệ thống thoát nước đô thị trong tiến trình phát triển đô thị xanh. Nghiên cứu chỉ ra rằng, những hạn chế hiện nay chủ yếu xuất phát từ sự thiếu đồng bộ trong quy hoạch, cách tiếp cận kỹ thuật còn nặng về truyền thống, năng lực quản lý và vận hành chưa theo kịp yêu cầu phát triển mới, cũng như những bất cập trong cơ chế quản lý và hệ thống hướng dẫn kỹ thuật.

Trên cơ sở đó, bài báo đã đề xuất hệ thống định hướng và giải pháp quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị theo hướng đô thị xanh, bao gồm hoàn thiện công tác quản lý quy hoạch theo hướng tích hợp, đổi mới quản lý thiết kế và xây dựng gắn với các giải pháp kỹ thuật xanh và vật liệu thân thiện với môi trường, tăng cường năng lực quản lý kỹ thuật và vận hành thông qua ứng dụng công nghệ hiện đại, đồng thời nâng cao nhận thức, năng lực của các chủ thể tham gia và sự tham gia của cộng đồng. Các giải pháp này không chỉ nhằm khắc phục những tồn tại hiện nay mà còn hướng tới xây dựng hệ thống thoát nước đô thị bền vững, linh hoạt và thích ứng với biến đổi khí hậu trong dài hạn.

Kết quả nghiên cứu của bài báo góp phần bổ sung và làm rõ cách tiếp cận quản lý xây dựng hạ tầng thoát nước đô thị dưới góc độ đô thị xanh, có thể làm tài liệu tham khảo cho các cơ quan quản lý nhà nước, các nhà hoạch định chính sách, chủ đầu tư và các nhà nghiên cứu trong quá trình xây dựng, điều chỉnh và triển khai các chương trình, dự án phát triển đô thị xanh tại Việt Nam. Đồng thời, nghiên cứu cũng gợi mở hướng nghiên cứu tiếp theo về ứng dụng vật liệu xây dựng xanh, công nghệ mới và mô hình quản lý thông minh trong phát triển hạ tầng thoát nước đô thị bền vững.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Zhou, Q. (2014). "A review of sustainable urban drainage systems considering climate change and urbanization impacts", *Water*, 6(4), pp. 976–992.
- [2]. Zhang, Y., Li, X. (2024). "Urban Drainage Infrastructures Toward a Sustainable Future", trong *Sustainable Structures and Buildings*, Springer Nature, Singapore.
- [3]. Tổng hội Xây dựng Việt Nam (2023). *Ứng dụng hạ tầng xanh – thoát nước xanh tại các đô thị lớn*, URL: <https://tonghoixaydung.vn/>, truy cập ngày 10/08/2025.
- [4]. Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., et al. (2015). "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage", *Urban Water Journal*, 12(7), pp. 525–542.
- [5]. UBND TP. Hồ Chí Minh (2021). *Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu của Thành phố Hồ Chí Minh*, URL: <https://hochiminhcity.gov.vn/>, truy cập ngày 10/08/2025.
- [6]. United Nations (2020). *Guide to Sustainable Urban Drainage Techniques*, United Nations Publications, New York, USA.

- [7]. Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., et al. (2015). "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage", *Urban Water Journal*, 12(7), pp. 525–542.
- [8]. Brown, R.R., Keath, N., Wong, T.H.F. (2009). "Urban water management in cities: Historical, current and future regimes", *Water Science and Technology*, 59(5), pp. 847–855.
- [9]. Ahern, J. (2011). "From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world", *Landscape and Urban Planning*, 100(4), pp. 341–343.
- [10]. Ashley, R., Lundy, L., Ward, S., et al. (2013). "Water-sensitive urban design: Opportunities for the UK", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Municipal Engineer*, 166(2), pp. 65–76.
- [11]. Li, H., Ding, L., Ren, M., et al. (2017). "Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities", *Water*, 9(9), Article 594.
- [12]. World Bank (2019). *Enhancing Urban Resilience: Integrating Green Infrastructure into Urban Development*, URL: <https://www.worldbank.org/>, truy cập ngày 10/08/2025.
- [13]. UN-Habitat (2020). *Integrating Climate Change Adaptation into Urban Planning and Management*, United Nations Human Settlements Programme, Nairobi, Kenya, URL: <https://unhabitat.org/>, truy cập ngày 10/08/2025.
- [14]. OECD (2021). *Smart Cities and Infrastructure: Digital Solutions for Sustainable Urban Development*, OECD Publishing, Paris, France, URL: <https://www.oecd.org/>, truy cập ngày 10/08/2025.
- [15]. International Organization for Standardization – ISO (2018). *ISO 37120:2018 Sustainable Cities and Communities – Indicators for City Services and Quality of Life*, Geneva, Switzerland.
- [16]. Bộ Xây dựng (2022). *Báo cáo tổng kết công tác thoát nước và xử lý nước thải đô thị tại Việt Nam*, URL: <https://moc.gov.vn/>, truy cập ngày 10/08/2025.
- [17]. World Bank (2020). *Vietnam Urban Flooding: Risk Assessment and Management Options*, URL: <https://www.worldbank.org/>, truy cập ngày 10/08/2025.
- [18]. Asian Development Bank – ADB (2021). *Green Cities and Urban Infrastructure Management in Southeast Asia*, URL: <https://www.adb.org/>, truy cập ngày 10/08/2025.
- [19]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia – Môi trường đô thị*, Nhà xuất bản Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội.