

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA MỘT SỐ BIỆN PHÁP THOÁT NƯỚC BỀN VỮNG SỬ DỤNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG THỦY LỰC HYSTEM EXTRAN

Phạm Duy Đông^{a,*}, Trần Hùng Cường^b

^aKhoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

^bViện Khoa học Kỹ thuật Thủy văn Hannover, 22 Engelbosteler Damm, 30167 Hannover, Đức

Nhận ngày 08/7/2021, Sửa xong 18/9/2021, Chấp nhận đăng 20/9/2021

Tóm tắt

Hệ thống thoát nước bền vững (SUDS) là một cách tiếp cận tự nhiên để quản lý hệ thống thoát nước đô thị nhằm làm giảm tác động của quá trình đô thị hóa bằng cách giảm lượng nước mưa chảy vào cống. Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả kinh tế khi áp dụng các biện pháp SUDS bao gồm tăng mật độ cây xanh hoặc sử dụng giếng thấm thấm nước để kiểm soát ngập lụt đô thị so với biện pháp thoát nước đô thị thông thường. Phần mềm đồ họa và mô phỏng thông tin địa lý FOG được sử dụng để vạch tuyến mạng lưới thoát nước và phân chia lưu vực theo phương pháp Thiessen cho phân khu trung tâm Khu đô thị Hoa Lư, Ninh Bình. Các cơn mưa và dòng chảy được mô phỏng và điều chỉnh bằng phần mềm HYSTEM EXTRAN theo 4 trường hợp: #1 mật độ xây dựng theo quy hoạch, #2 tăng 10% cây xanh so với #1, #3 sử dụng giếng thấm thấm (58 giếng), và #4 kết hợp #2 và #3. Kết quả cho thấy #2, #3, và #4 giảm tương ứng 15,1%, 29,7%, và 34,9% chi phí đầu tư cống thoát nước so với #1. Việc áp dụng biện pháp SUDS mang lại cả lợi ích kinh tế và môi trường. Thiết kế hệ thống thoát nước mưa dựa trên phần mềm HYSTEM EXTRAN đã khắc phục được sự thiếu chính xác của các phương pháp tính toán thoát nước mưa truyền thống.

Từ khóa: SUDS; cây xanh đô thị; giếng thấm; thoát nước mưa đô thị; hystem extran.

ASSESSMENT EFFICIENCY OF SOME SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SOLUTIONS USING DRAINAGE MODEL HYSTEM EXTRAN

Abstract

Sustainable Urban Drainage System (SUDS) is a natural approach, alternative to conventional drainage in urban stormwater management, decreasing the impact of urbanization by reducing the amount of rainwater entering the sewer. This study evaluated the potential economic effect when applying SUDS measures including increasing urban tree area or using permeable manhole to control urban flooding compared to conventional drainage. Graphical information system FOG was used to map the drainage network and delineate catchment according to Thiessen method for a real catchment in the central of Hoa Lu Urban Area, Ninh Binh. Storm design was simulated and adjusted by HYSTEM EXTRAN software in 4 cases: #1 conventional system with planned building density, #2 reduction of 10% building density compared to #1, #3 using permeable manhole (58 manholes), and #4 combination #2 and #3. The results illustrate that #2, #3, and #4 respectively reduced 15.1% and 29.7%, and 34.9% the cost for pipe compared to #1. The simulation method of stormwater drainage using HYSTEM EXTRAN software has overcome the inaccuracies of conventional stormwater drainage calculation methods such as rational method. The application of SUDS measures not only benefits the environment but also brings economic efficiency in the construction of drainage systems.

Keywords: SUDS; urban green tree area; permeable manhole; urban drainage; hystem extran.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2021-15\(4V\)-12](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2021-15(4V)-12) © 2021 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: dongpd@nuce.edu.vn (Đông, P. D.)

1. Giới thiệu

Xu hướng đô thị hóa toàn cầu đã và đang diễn ra mạnh mẽ trên thế giới trong thế kỷ 21, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường và tài nguyên thiên nhiên cũng như sự cân bằng sinh thái. Đô thị hóa gây giảm diện tích đất tự nhiên, thay vào đó bằng các công trình, các mặt phủ bằng bê tông hoặc các vật liệu kém thấm nước [1]. Điều này dẫn đến sự thay đổi dòng chảy tự nhiên của nước mưa khi tỷ lệ lượng nước mưa rơi xuống bề mặt đất bị giảm và lượng nước mưa chảy tràn trên bề mặt gia tăng, và nguy cơ lũ lụt ngày càng tăng. Thoát nước và vệ sinh môi trường, đặc biệt là vấn đề thoát nước mưa luôn là vấn đề quan trọng trong quá trình phát triển đô thị trên thế giới. Với tốc độ đô thị hóa nhanh chóng, Việt Nam hiện nay có hơn 830 đô thị lớn nhỏ [2], trong đó có nhiều đô thị đang đối mặt với tình trạng ngập lụt, đặc biệt ở các thành phố lớn như Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh. Tình trạng ngập úng đang diễn ra thường xuyên ở rất nhiều đô thị từ nhiều năm nay do hệ thống thoát nước hiện tại quá tải, thiết kế chưa hợp lý, cống bị tắc hoặc quy hoạch san nền chưa được thực hiện đồng bộ và tạo ra nhiều vùng trũng thấp, khó thoát nước mưa theo chế độ tự chảy.

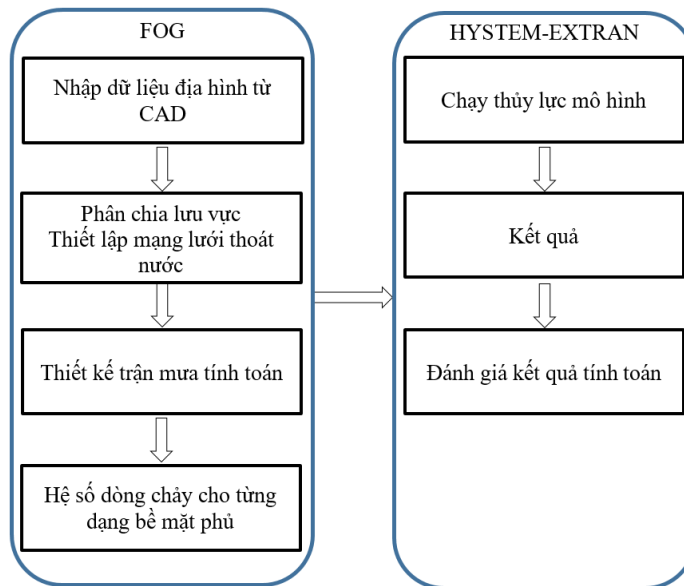
Bên cạnh đó, biến đổi khí hậu và nước biển dâng ngày càng phức tạp và gây ra những thách thức lớn đối với các nhà quản lý cũng như những người làm chuyên môn trong việc quy hoạch, thiết kế hệ thống thoát nước mưa [3, 4]. Cách tiếp cận và giải quyết theo truyền thống là thiết kế và xây dựng hệ thống thoát nước mưa theo hướng thoát thật nhanh nước mưa ra khỏi phạm vi đô thị. Điều này đòi hỏi kích thước cống và công suất các thiết bị trong hệ thống rất lớn, gây tốn kém trong xây dựng và quản lý vận hành [5]. Để khắc phục các nhược điểm trên, hệ thống thoát nước theo hướng bền vững (SUDS) đã được nghiên cứu và áp dụng ở nhiều nước trên thế giới. Theo cách tiếp cận này, nước mưa sẽ được thoát chậm, một lượng lớn nước mưa sẽ được lưu trữ tạm thời trong đô thị thông qua một số biện pháp kỹ thuật như sử dụng các hồ điều hòa, vỉa hè thấm nước, dải cây xanh đô thị, giếng thăm thấm nước. Như vậy một lượng lớn nước mưa sẽ được giữ lại, thấm vào lòng đất và lưu lượng nước mưa chảy vào hệ thống thoát nước mưa sẽ giảm đi rất nhiều. Ngoài ra, các biện pháp SUDS còn có thể làm sạch nước mưa, điều hòa không khí, tạo ra điều kiện sống tốt hơn trong đô thị [6].

Phần mềm HYSTEM EXTRAN là phần mềm mô phỏng quá trình nước chảy trên bề mặt và trong cống thoát nước được phát triển bởi Viện Khoa học và Kỹ thuật Thủy văn Hannover và được sử dụng để tính toán thủy lực và quản lý hệ thống thoát nước rộng rãi nhất ở Đức hiện nay. Đã có một số nghiên cứu áp dụng HYSTEM EXTRAN trong thoát nước mưa đô thị. Jahanbazi và Egge [7] đã tiến hành nghiên cứu so sánh việc tính toán và quản lý thoát nước mưa truyền thống và sử dụng phần mềm HYSTEM EXTRAN-2D. Kết quả nghiên cứu cho thấy HYSTEM EXTRAN-2D có nhiều ưu điểm vượt trội so với phương pháp truyền thống như có thể chỉ ra chi tiết mức độ ngập lụt trên bề mặt tại các điểm khác nhau, dễ sử dụng và tiết kiệm thời gian hơn. Fuchs và Schmidt [8] đã tiến hành so sánh ba mô hình trong việc giả định ngập lụt đô thị trong đó có sử dụng phần mềm HYSTEM EXTRAN-2D. Kết quả cho thấy tầm quan trọng của việc xem xét tương tác hai chiều của bề mặt và hệ thống cống khi lập mô hình thoát nước đô thị cho mục đích đánh giá ngập lụt đô thị và cách tiếp cận truyền thống là kết nối tất cả các khu vực trực tiếp với hệ thống cống dẫn đến kết quả không chính xác. Tuy nhiên, cho đến hiện tại, chưa có nghiên cứu nào trên thế giới cũng như ở Việt Nam đánh giá hiệu quả của các biện pháp thoát nước bền vững sử dụng phần mềm HYSTEM EXTRAN.

Trong nghiên cứu này, hiệu quả của việc áp dụng các biện pháp thoát nước bền vững, cụ thể là tăng diện tích cây xanh và sử dụng giếng thăm thấm nước đã được đánh giá khi sử dụng phần mềm HYSTEM EXTRAN để mô hình hóa hệ thống thoát nước và giả định các cơn mưa.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu đã sử dụng hai mô đun để mô phỏng hệ thống thoát nước, giả định các cơn mưa, và tính toán thủy lực bao gồm FOG và HYSTEM EXTRAN. Các bước thiết lập của từng mô đun được thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Tóm tắt các bước thực hiện mô hình

FOG [9] là phần mềm mở rộng của ArcGIS®. Chức năng chính của ArcGIS® - Hệ thống thông tin địa lý là thu thập, lưu giữ và chuẩn bị các dữ liệu có thuộc tính không gian. FOG sử dụng tất cả các đặc trưng của ArcGIS® và mở rộng thêm ứng dụng vì vậy mà nó trở thành công cụ mạnh hơn đặc biệt phù hợp trong lĩnh vực thoát nước đô thị. FOG hỗ trợ thiết kế và minh họa tất cả các thành phần của hệ thống thoát nước chính xác theo không gian. FOG thêm vào ArcGIS® những công cụ để có thể điều chỉnh sửa nhanh hệ thống thoát nước, đặc biệt như tự động phân chia lưu vực thoát nước, tính toán diện tích phục vụ của từng đoạn cống. Do đó FOG giúp cho việc khi thiết kế và quản lý mạng lưới thoát nước đơn giản và tiết kiệm thời gian hơn.

HYSTEM EXTRAN [10] là phần mềm mô phỏng quá trình nước chảy bề mặt và trong hệ thống thoát nước cũng như có thể mô phỏng các công trình đặc biệt trong hệ thống thoát nước như trạm bơm, giếng tràn tách nước. HYSTEM EXTRAN có thể tính toán lưu lượng, thủy lực dòng chảy và xác định vị trí, mức độ các điểm ngập lụt.

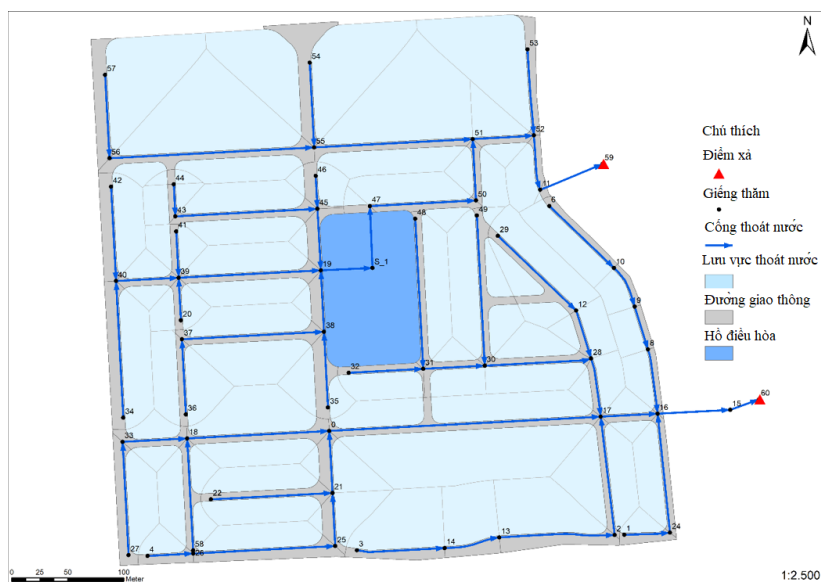
Nghiên cứu điển hình được áp dụng cho phân khu trung tâm Khu đô thị Hoa Lư, Ninh Bình, là khu đang được xây dựng, có diện tích phân khu trung tâm là 20,2 ha. Mật độ xây dựng của phân khu dao động trong khoảng 50-70% tùy thuộc vào từng tiểu khu, chi tiết được thể hiện ở Hình 5(a).

2.1. Nhập dữ liệu địa hình

Đối với mô hình FOG và HYSTEM EXTRAN, sẽ chính xác hơn khi dữ liệu về địa hình được nhập từ mô hình số độ cao (DEM). Tuy nhiên, vì khu vực nghiên cứu là khu vực đang trong quá trình triển khai xây dựng và không có bản đồ DEM thực tế, nên dữ liệu địa hình được nhập vào FOG từ bản đồ quy hoạch của khu vực dự án trên nền phần mềm Autocad. Để FOG nhận diện được các loại mặt phủ khác nhau, tất cả các loại mặt phủ cần được phân chia và bao bởi đường khép kín dạng polygon.

2.2. Phân chia lưu vực và thiết lập mạng lưới thoát nước

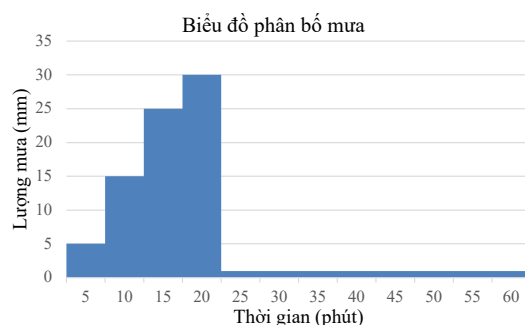
Việc phân chia lưu vực và vạch tuyến mạng lưới thoát nước mưa được thực hiện dựa vào bản đồ quy hoạch sử dụng đất của khu vực, cao độ địa hình, vị trí nguồn tiếp nhận nước mưa trong bản đồ dữ liệu địa hình đã được nhập vào FOG. Hướng dòng chảy bề mặt trong các tiểu khu được phân chia và định hướng theo phương pháp đa giác Thiessen. Hướng dòng chảy trong các đoạn cống được xác định theo hướng địa hình từ cao xuống thấp. Do mặt bằng quy hoạch có hồ nước ở giữa khu nên hồ nước này đã được tận dụng để làm hồ điều hòa nước mưa. Toàn bộ mạng lưới thoát nước bao gồm 58 giếng thăm và 2 cửa xả nước mưa. Mặt bằng phân chia lưu vực và thiết lập mạng lưới thoát nước được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Mặt bằng vạch tuyến mạng lưới thoát nước

2.3. Thiết kế trận mưa tính toán

Trong tính toán thiết kế thoát nước mưa đô thị theo phương pháp truyền thống, người ta thường coi thời gian mưa tính toán là khoảng thời gian kể từ lúc nước mưa rơi xuống vị trí xa nhất của lưu vực đến khi nước chảy tập trung đến tiết diện cống tính toán [11]. Sự phân bố lượng mưa trong một trận mưa có thể được mô phỏng từ số liệu thống kê của các trận mưa thực tế đo được trong khoảng từ 20-30 năm. Trong nghiên cứu này, dựa vào số liệu về khí tượng của Ninh Bình, trận mưa tính toán được thiết kế với chu kỳ lặp lại 5 năm và có lượng mưa 83mm và có sự phân bố mưa theo thời gian được thể hiện ở biểu đồ Hình 3.



Hình 3. Biểu đồ phân bố mưa theo thời gian

2.4. Thiết kế hệ số dòng chảy, tính toán lượng mưa và sự lan truyền dòng chảy bề mặt

Thông thường một đô thị sẽ có rất nhiều loại mặt phủ có hệ số dòng chảy khác nhau như bãi đất trống, bãi cỏ, cây xanh, mặt đường nhựa, mái nhà, ... Tuy nhiên, trong nghiên cứu điển hình này, bề mặt đô thị chỉ được chia ra 2 loại mặt phủ chính để đơn giản hóa quá trình tính toán, hệ số dòng chảy được chọn là $\psi = 0,5$ đối với khu cây xanh. Đối với các loại mặt phủ thấm nước kém như mặt đường nhựa/bê tông, mái nhà hệ số dòng chảy được chọn là $\psi = 0,85$ theo Hình 4 [12].

Lưu lượng nước mưa được tính toán theo phương trình (1) bên dưới :

$$V_{EGL} = N_{EGL} \cdot A_E \cdot c \quad (1)$$

trong đó V_{EGL} là thể tích lượng nước mưa [m^3]; N_{EGL} là lượng mưa [mm]; A_E là diện tích lưu vực thoát nước [km^2]; c là hệ số quy đổi (10 nếu đơn vị diện tích lưu vực là ha, 1000 nếu đơn vị diện tích lưu vực là km^2).

Sau khi tính toán được sự lan truyền dòng chảy bề mặt, các quá trình dòng chảy trong mạng lưới cống được xác định bằng cách sử dụng mô hình HYSTEM EXTRAN. Có tính đến các quá trình vật lý, các quá trình chuyển động được mô tả chi tiết với sự trợ giúp của các phương pháp thủy động lực học. Việc xác định các quá trình chuyển động được xác định bởi hệ thống đầy đủ các phương trình của Saint Venant, bao gồm phương trình chuyển động và phương trình liên tục [13].

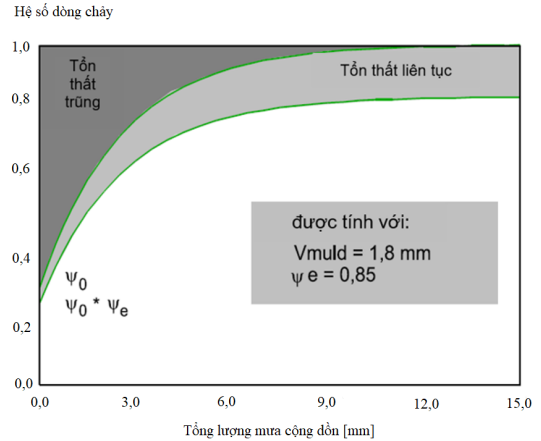
$$\frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} = I_S - I_E \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

trong đó g là gia tốc do trọng trường [m/s^2]; v là vận tốc dòng chảy [m/s]; t là biến thời gian [s]; x là biến vị trí [m]; h là độ sâu nước [m]; I_S là độ dốc đáy [-]; I_E là độ dốc đường đo áp [-]; Q là lưu lượng dòng chảy [m^3/s]; A là diện tích ướt [m^2].

2.5. Các kịch bản chạy mô hình

Để đánh giá hiệu quả của SUDS trong việc giảm thiểu ngập lụt, giảm thiểu kích thước cống thoát nước so với trường hợp không áp dụng SUDS, Phần mềm FOG và HYSTEM EXTRAN đã mô phỏng và chạy thủy lực mạng lưới thoát nước mưa theo 4 trường hợp: #1 mật độ xây dựng theo quy hoạch, #2 tăng 10% diện tích cây xanh so với #1, #3 toàn bộ giếng đầu và giếng nút sử dụng giếng thấm (58 giếng), và #4 kết hợp cả #2 và #3. Kịch bản #1 để làm kịch bản đối chứng. Kịch bản #2 để đánh giá hiệu quả của việc tăng tỷ lệ cây xanh trong đô thị. Tỷ lệ tăng lựa chọn 10% vì lý do nếu tỷ lệ tăng lớn hơn 10% thông thường sẽ rất khó thuyết phục chủ đầu tư dự án, nhưng nếu tỷ lệ tăng nhỏ quá có thể hiệu quả giảm ngập lụt có thể không rõ rệt và khó đánh giá. Sử dụng giếng thấm thấm nước là biện pháp mới và chưa được nghiên cứu cũng như áp dụng nhiều trên thế giới. Giếng thấm có cấu tạo các bộ phận cơ bản giống giếng thấm thoát nước mưa thông thường. Tuy nhiên, để nước có thể thấm ra xung quanh, thành giếng được đục lỗ đường kính 1-1,5 cm cách nhau khoảng 8-10 cm. Vận tốc nước thấm qua các lỗ được chọn trong khoảng 0,005-0,015 m/s [10].

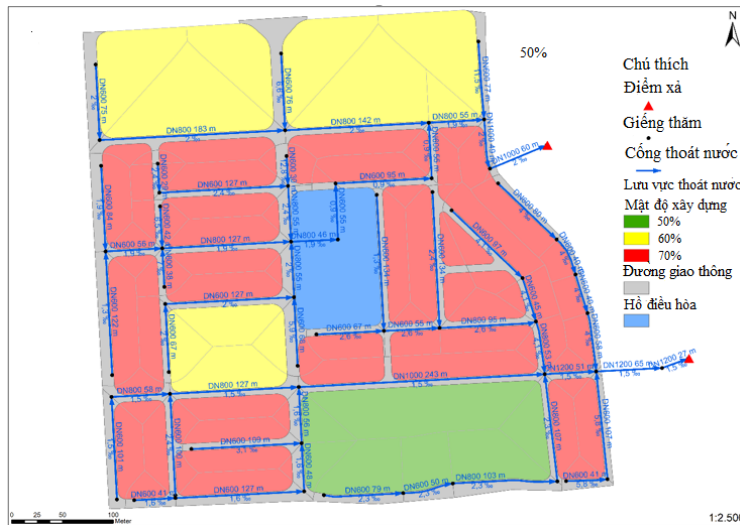


Hình 4. Hệ số dòng chảy của mặt phủ ít thấm nước

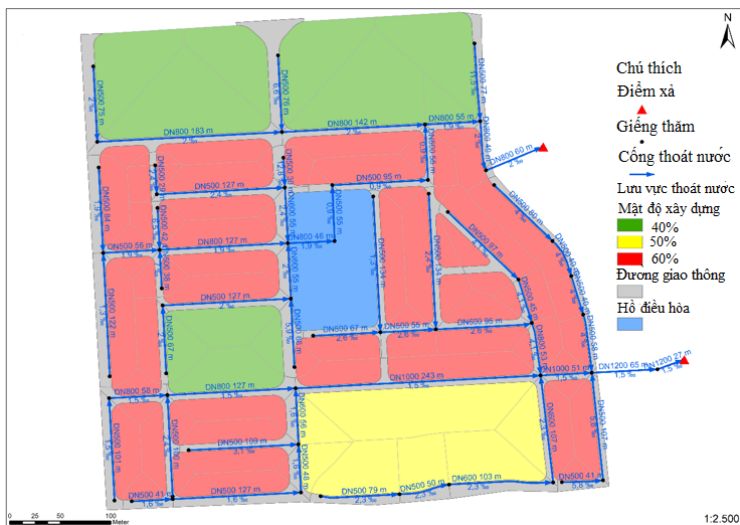
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tính toán

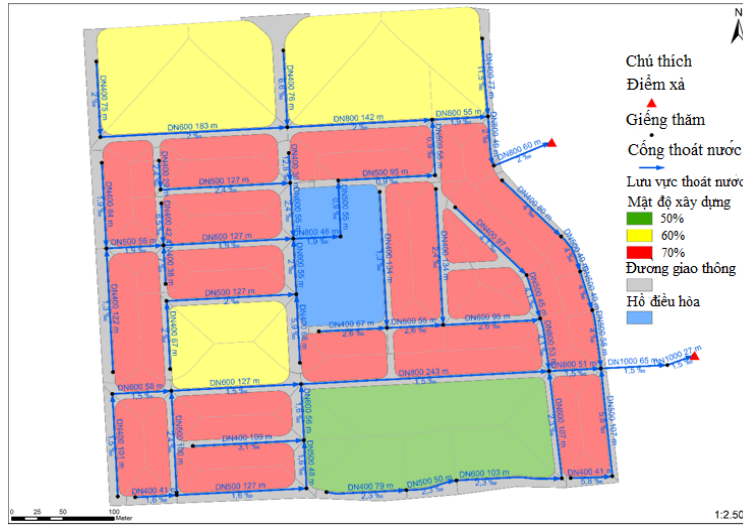
Hình 5 thể hiện đường kính (mm) và độ dốc (%) của các đoạn cống trong 4 trường hợp tính toán. Có thể thấy rằng đường kính nhiều đoạn cống trong mạng lưới thoát nước của #2, #3, và #4 giảm đáng kể so với #1. Với #2, khi tỷ lệ diện tích cây xanh tăng lên sẽ tăng lượng nước thấm xuống đất làm giảm hệ số dòng chảy [14, 15], dẫn đến giảm lưu lượng nước chảy vào cống thoát nước, nên có thể giảm đường kính cống mà vẫn đảm bảo hệ thống không bị quá tải và gây ngập lụt. Trong trường hợp #3, các giếng thăm thấm nước sẽ giúp thấm một phần nước mưa vào đất thành nước ngầm, và cũng làm giảm lượng nước mưa chảy trong cống thoát nước [16, 17]. Đối với trường hợp #4, khi lượng nước mưa vừa thấm xuống đất qua cả diện tích cây xanh và qua giếng thăm, lượng nước chảy trong cống thoát nước đã giảm đi rất nhiều.



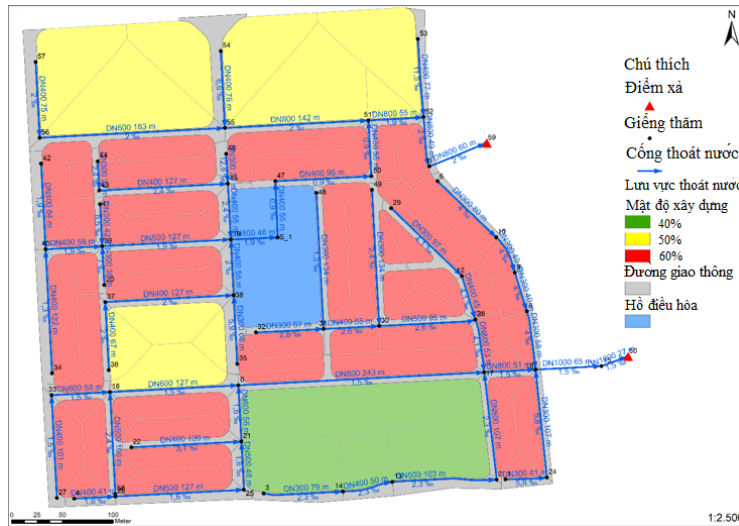
(a) Ứng với #1



(b) Ứng với #2



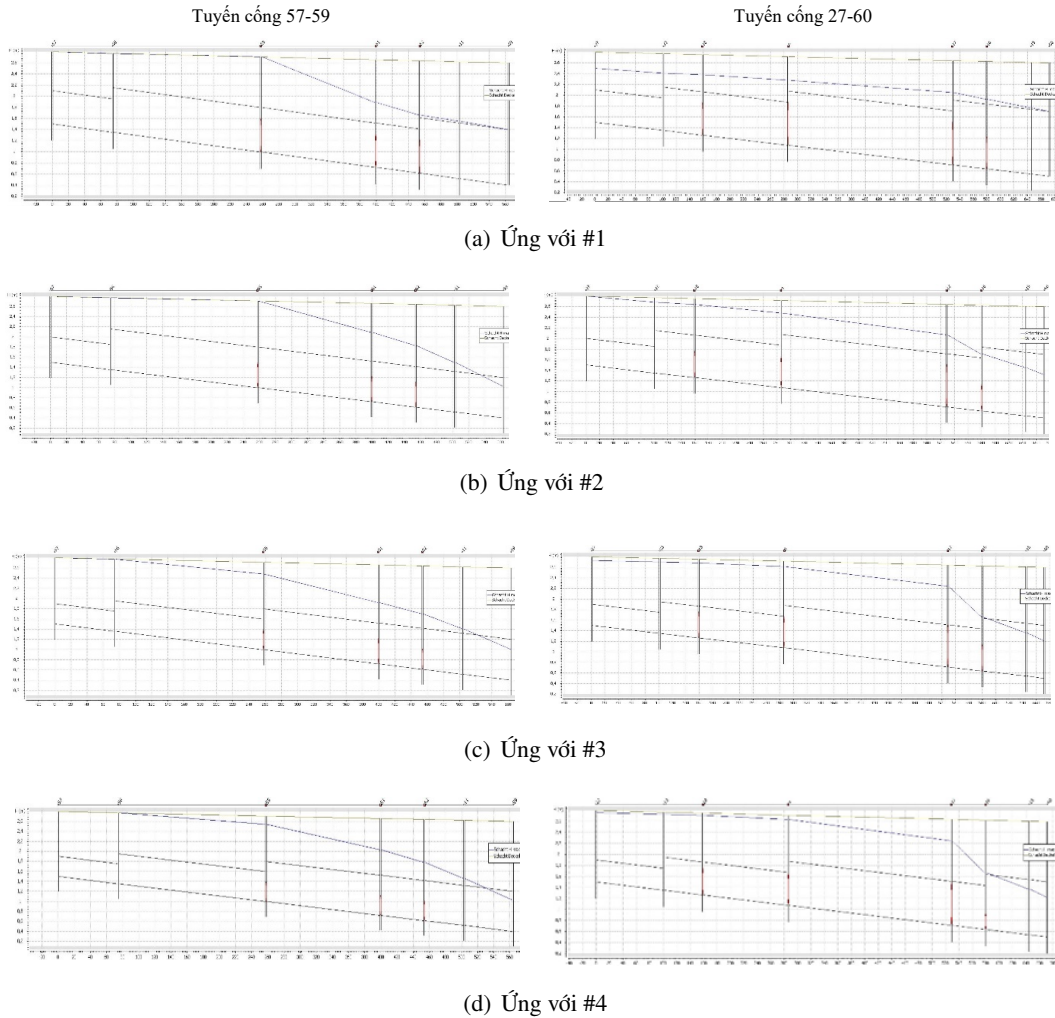
(c) Ứng với #3



(d) Ứng với #4

Hình 5. Kết quả tính toán thủy lực

Hình 6 mô tả trích dọc của 2 tuyến cống chính (tuyến cống 57-59 và 27-60) trong bốn trường hợp #1, #2, #3, và #4. Trong trường hợp đường đo áp cao hơn mặt đất, mặt đất sẽ bị ngập, thậm chí có nước có thể bị tràn lên từ giếng thăm. Hình 6 cho thấy đường đo áp của các tuyến cống của cả bốn trường hợp đều thấp hơn mặt đất và không xảy ra ngập ở các điểm tính toán, chứng tỏ việc lựa chọn đường kính và độ dốc đặt cống hợp lý. Có thể thấy rõ đường đo áp trong tất cả đoạn cống của phương án #1 đều nằm cao hơn đỉnh cống. Tuy nhiên, đoạn cống cuối của tuyến cống 57-59 và hai đoạn cuối của tuyến cống 27-60 trong phương án #2, #3, và #4 đều nằm thấp hơn đỉnh cống. Trong trường hợp hệ thống thoát nước đã xây dựng và đưa vào hoạt động, việc so sánh sẽ được tiến hành theo hướng cố định số liệu về mạng lưới thoát nước, và kiểm tra và so sánh mức độ ngập lụt của hệ thống hiện có với các trường hợp khi áp dụng SUDS.



Hình 6. Trắc dọc các tuyến cống thoát nước chính khi áp dụng và không áp dụng SUDS

Bảng 1 thể hiện mức độ hiệu quả tác động của việc áp dụng các biện pháp SUDS so với quy hoạch hiện có về tổng thể tích nước mưa xả ra nguồn tiếp nhận. Lượng nước mưa xả vào nguồn tiếp nhận của trận mưa tính toán trong các trường hợp #1, #2, #3, và #4 lần lượt là 9636, 8835, 7270, và 6518 m³. Tăng 10% diện tích cây xanh giảm lượng nước mưa xả vào nguồn tiếp nhận 8,3%. Kết quả này tương đồng với 5,7% trong nghiên cứu của Liu và cs. [18]. Áp dụng biện pháp #3 hoặc #4 mang lại hiệu quả

Bảng 1. Hiệu quả giảm thể tích nước mưa xả ra nguồn của các biện pháp SUDS

Trường hợp	V (m ³)	V_R (%)	E_{ff} (m ³ /m ²)
#1	9636	-	-
#2	8835	8,3	0,039
#3	7270	24,6	0,117
#4	6518	32,4	0,154

Lưu ý: V là tổng thể tích nước mưa xả ra nguồn; V_R là hiệu quả giảm lượng nước mưa khi áp dụng SUDS; E_{ff} là hiệu quả giảm thể tích trên đơn vị diện tích.

giảm lượng nước mưa tương ứng là 24,6% và 32,4%, cao hơn nhiều so với biện pháp #2. Như vậy, việc áp dụng các biện pháp #2, #3, hoặc #4 không những giúp làm giảm lượng nước mưa chảy trong cống dẫn đến giảm đường kính cống, mà còn có tác dụng bổ cập một lượng nước đáng kể cho nguồn nước ngầm trong khu vực.

3.2. Đánh giá hiệu quả kinh tế

Tổng chiều dài cống thoát nước theo đường kính khác nhau của bốn phương án được thể hiện trong Bảng 2 cho thấy rằng phương án #1 chỉ có các loại cống từ D600-1200, trong khi đó phương án #2 và #3 lần lượt có cống từ D500-1200 và D400-1000. Phương án #4 chủ yếu sử dụng cống có đường kính D300 và D400.

Bảng 2. Bảng thống kê chiều dài các loại ống theo đường kính

Đường kính	Đơn giá (đ/m)*	#1	#2	#3	#4
		Chiều dài (m)			
D300	228.000	-	-	-	1.082
D400	257.000	-	-	1.590	1.473
D500	314.000	-	2.720	1.130	707
D600	378.000	2.720	471	965	423
D800	653.000	1.215	854	653	653
D1000	906.000	352	294	92	92
D1200	1.322.000	143	92	-	-
Tổng		4.430	4.430	4.430	4.430

*: đơn giá cống được tra tại bảng giá của Công ty CP vật liệu xây dựng Sông Đáy [19].

Số liệu về kinh phí đầu tư cống thoát nước trong Bảng 3 cho thấy #2, #3, và #4 giảm lần lượt 15,1; 29,7 và 34,9% chi phí đầu tư cống thoát nước so với #1.

Bảng 3. Tổng kinh phí đầu tư cống của các kịch bản

Phương án	#1	#2	#3	#4
Tổng tiền (đ)	2.329.916.220	1.977.594.370	1.638.136.730	1.517.049.550
Mức giảm chi phí (%)	-	15,1	29,7	34,9

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra một số điểm sau:

- Việc áp dụng mô hình tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước HYSTEM EXTRAN giúp cho việc thiết lập mạng lưới, thiết lập trận mưa cũng như tính toán thủy lực được thực hiện dễ dàng và tiết kiệm thời gian hơn. Mô hình tính toán sẽ chính xác hơn nếu dữ liệu địa hình nhập vào ở dạng bản đồ DEM.

- Biện pháp SUDS bao gồm tăng diện tích cây xanh hoặc sử dụng giếng thăm thấm nước hoặc kết hợp cả hai biện pháp mang lại hiệu quả về kinh tế và kỹ thuật. Trong hai biện pháp trên, biện pháp sử dụng giếng thăm thấm nước mang lại hiệu quả giảm lượng nước mưa chảy vào cống thoát nước tốt

hơn kéo theo đó mang lại hiệu quả giảm kinh phí đầu tư cho công thoát nước cao hơn. Kết hợp cả hai biện pháp sẽ mang lại hiệu quả kinh tế, kỹ thuật tối ưu nhất. Bất cứ biện pháp SUDS nào cũng có cả hai mặt ưu và nhược điểm riêng. Việc nghiên cứu tổng hợp ưu nhược điểm của các biện pháp SUDS cần được tiến hành ở các nghiên cứu chuyên sâu tiếp theo.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn Viện Khoa học Kỹ thuật Thủy văn Hannover (ITWH) đã cho phép đề tài sử dụng phần mềm FOG và HYSTEM EXTRAN thuộc bản quyền của ITWH trong quá trình thực hiện đề tài nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vahmani, P., Sun, F., Hall, A., Ban-Weiss, G. (2016). [Investigating the climate impacts of urbanization and the potential for cool roofs to counter future climate change in Southern California](#). *Environmental Research Letters*, 11(12):124027.
- [2] Nguyen, T. A., Cu, T. T. (2021). [Investigating the factors on attracting resources for urban development in Vietnam](#). *Accounting*, 933–942.
- [3] Tuấn, L. A. (2019). Quản lý tài nguyên nước bền vững, ứng phó với biến đổi khí hậu ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, 7A:13.
- [4] Mai, N. T. T., Phương, N. T. B. (2017). [Khai thác và bảo tồn nguồn tài nguyên nước trong phát triển đô thị tại đô thị mới Điện Nam–Điện Ngọc, tỉnh Quảng Nam](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN*, 11(3):59–65.
- [5] Jato-Espino, D., Charlesworth, S., Bayon, J., Warwick, F. (2016). [Rainfall–Runoff Simulations to Assess the Potential of SuDS for Mitigating Flooding in Highly Urbanized Catchments](#). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(1):149.
- [6] Jose, R., Wade, R., Jefferies, C. (2014). [Smart SUDS: recognising the multiple-benefit potential of sustainable surface water management systems](#). *Water Science and Technology*, 71(2):245–251.
- [7] Jahanbazi, M., Egger, U. (2014). [Application and comparison of two different dual drainage models to assess urban flooding](#). *Urban Water Journal*, 11(7):584–595.
- [8] Fuchs, L., Schmidt, N. (2015). Comparison of three different modelling approaches for the simulation of flooding in urban areas. *Proceedings of the 10th International Conference on Urban Drainage Modelling*, 20–23.
- [9] ITWH (2020). *Flood modeling and visualization (FOG)*. Hannover, Germany.
- [10] ITWH (2010). *HYSTEM EXTRAN*. Hannover, Germany.
- [11] Huệ, H. (2001). *Thoát nước*. Tập 1, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [12] ITWH (2019). *Hystem-extran handbook*.
- [13] Cuong, T. H. (2017). *Investigation of the requirements for the resolution of terrain heights for the modeling of urban flash floods*. Master Thesis. Leibniz University.
- [14] Zölch, T., Henze, L., Keilholz, P., Pauleit, S. (2017). [Regulating urban surface runoff through nature-based solutions – An assessment at the micro-scale](#). *Environmental Research*, 157:135–144.
- [15] Armson, D., Stringer, P., Ennos, A. R. (2013). [The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK](#). *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(3):282–286.
- [16] Mikkelsen, P. S., Jacobson, P., Fujita, S. (1996). [Infiltration practice for control of urban storm water](#). *Journal of Hydraulic Research*, 34(6):827–840.
- [17] Marković, G., Zelenáková, M., Káposztásová, D., Hudáková, G. (2014). Rainwater infiltration in the urban areas. *Environmental Impact II*, WIT Press.
- [18] Liu, W., Chen, W., Peng, C. (2015). [Influences of setting sizes and combination of green infrastructures on community's stormwater runoff reduction](#). *Ecological Modelling*, 318:236–244.
- [19] Công ty CP vật liệu xây dựng Sông Đáy (2021). [Báo giá công bê tông Sông Đáy](#). Truy cập ngày 10/05/2021.