



Original Article

Application of Urban Hydrology Model and Green Design for the Drainage System of Ha Tinh City

Nguyen Quang Hung*, Nguyen Thi Lien

VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 15 September 2020

Revised 26 January 2021; Accepted 10 January 2021

Abstract: Ha Tinh is recently awarded the certification of second-class city, along with strong socio-economic development, meanwhile, infrastructure issues are still a matter required proper investment. In the past 5 years, despite being invested to expand and renovate urban drainage systems, floods remain and tend to be more complicated. In this study, Mike Urban software with a two-dimensional simulation approach has been applied to Ha Tinh city to identify specific causes of flooding. Three scenarios to calibrate and validate model confirmed the correctness and practical ability of the urban hydrological model. In the context of climate change, scenarios show that without timely measures the drainage system will be overloaded even with low emission scenarios RCP4.5. In addition, two proposals with green design approach show that it is feasible to reduce floods with low cost and sustainability.

Keyword: Urban hydrology, inundation, Ha Tinh, green design.

* Corresponding author.

E-mail address: nguyenquanghung@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4682>

Ứng dụng mô hình Thủy văn đô thị 2D và thiết kế xanh cho hệ thống thoát nước thành phố Hà Tĩnh

Nguyễn Quang Hưng*, Nguyễn Thị Liên

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 16 tháng 9 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 26 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 02 năm 2021

Tóm tắt: Hà Tĩnh là thành phố mới được công nhận đô thị loại hai, cùng với những bước phát triển mạnh mẽ về kinh tế xã hội thì các vấn đề về cơ sở hạ tầng vẫn đang là điều cần quan tâm đầu tư đúng mức. Trong khoảng 5 năm trở lại đây, mặc dù được đầu tư mở rộng và cải tạo hệ thống thoát nước đô thị nhưng tình trạng ngập lụt vẫn đang diễn ra và có chiều hướng phức tạp hơn. Mô hình Mike Urban với cách tiếp cận tính toán mô phỏng 2 chiều đã được ứng dụng cho thành phố Hà Tĩnh nhằm xác định những nguyên nhân cụ thể của ngập lụt. Ba kịch bản đề hiệu chỉnh kiểm định mô hình đã khẳng định tính đúng đắn và khả năng thực tế của mô hình thủy văn đô thị. Trong điều kiện biến đổi khí hậu, các mô hình đã chứng tỏ nếu không có các biện pháp kịp thời thì hệ thống thoát nước sẽ bị quá tải ngay cả với kịch bản phát thải thấp RCP4.5. Thêm vào đó, hai đề xuất với phương pháp thiết kế xanh được mô phỏng cho thấy khả năng giảm lũ với chi phí thấp và bền vững hoàn toàn khả thi.

Từ khóa: Thủy văn đô thị, ngập úng, Hà Tĩnh, thiết kế xanh.

1. Mở đầu

Ngập lụt đô thị là một trong những vấn đề phổ biến và đáng quan ngại nhất ở nhiều quốc gia trên thế giới, kể cả các nước phát triển và đang phát triển. Dựa trên các dữ liệu từ EM - DAT (Emergency Events Database), chỉ trong vòng 2 thế kỷ qua, số lượng các trận ngập lụt đô thị toàn cầu đã tăng lên đáng kể, làm ảnh hưởng đến sự phát triển của tất cả các lĩnh vực như kinh tế, xã hội và môi trường [1]. Các giải pháp kỹ thuật (bao gồm tường chắn, hệ thống đê điều, hồ chứa nước, kè đá, bao cát) đã từng là giải pháp ưu việt để giúp cho môi trường đô thị thoát khỏi ngập lụt trong nhiều thế kỷ trước. Tuy nhiên, ở thế kỷ 21, nguy cơ ngập lụt trở nên phức tạp và

nguy hiểm hơn nhiều. Trong một số trường hợp, các giải pháp này không thể giải quyết ngập lụt triệt để, chúng chỉ có thể thay đổi dòng chảy và chuyển rủi ro ngập lụt từ khu vực này sang khu vực khác hoặc từ tương lai gần sang tương lai xa. Việc dòng chảy bị thay đổi đột ngột sẽ gây ra phản ứng tiêu cực đến hệ sinh thái biển và môi trường nước. Chính vì vậy, cách tiếp cận dựa vào giải pháp kỹ thuật không còn là phương án bền vững khi chúng thậm chí còn làm tăng nguy cơ ngập lụt trong tương lai. Để giải quyết hiệu quả vấn đề thì cần phải sử dụng các mô hình tính toán, mô phỏng và dự đoán cảnh báo sau đó sẽ đưa ra được những phương án đề phòng các rủi ro, phòng tránh thiệt hại do ngập lụt gây ra [2].

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: nguyenquanghung@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4682>

Các mô hình thủy văn đô thị đã được phát triển mạnh trong khoảng 20 năm trở lại đây cùng với sự phát triển của các công cụ tính toán và tính đảm bảo/đa dạng của số liệu đo đạc. Từ những mô hình đơn giản như “Rational method” với công thức cơ bản của Mulvancy (1851) [3] sử dụng diện tích lưu vực, cường độ mưa và chỉ một tham số dòng chảy C duy nhất để tính toán đỉnh lũ, cho đến các mô hình phức tạp với hàng chục tham số như BEMUS, SWMM, HydroWorks, hay các sản phẩm dòng phần mềm Mike DHI [4]. Trước đây, vì giới hạn khả năng tính toán, cũng như mức độ thu thập số liệu có hạn chế, các mô hình hướng tới tính khả thi bằng thiết kế với các tính năng nhỏ gọn, tính chính xác thấp, các biến đưa vào ít, các quá trình thủy văn thủy lực được mô phỏng ở điều kiện tối giản. Cho tới nay, với những phát triển mạnh mẽ nhắc tới ở trên, các mô hình thủy văn đô thị không chỉ được ứng dụng trong tính toán thiết kế ban đầu mà còn có khả năng xây dựng thành các hệ thống cảnh báo dự báo thời gian thực [5].

Khả năng của các mô hình thủy văn đô thị tại thời điểm hiện tại có thể nói là khá đầy đủ, có thể tính toán từ mô phỏng quá trình mưa rơi xuống lưu vực và hình thành dòng chảy cùng với các quá trình thấm, bốc hơi, diễn trũng, sử dụng số liệu đầu vào từ các trạm đo mưa, từ sản phẩm của radar và vệ tinh, có thể tự động tính toán nội suy hoặc gán các lưu vực với các điểm đo mưa khác nhau với trọng số theo điều chỉnh. Đối với quá trình chảy trong kênh mương và cống, các mô hình thủy văn đô thị có thể tính toán dòng chảy, mô phỏng các công trình đơn vị như bơm tăng áp, bơm thoát nước, cửa phai, van một chiều, van hai chiều, van lật, cửa xả,... Trong thời gian gần đây đã có những phần mềm phát triển thêm các tính năng tính toán thiết kế xanh (Low Impact Development), đưa các giải pháp thay đổi bề mặt thấm phủ của lưu vực và trong mô hình. Đặc biệt, sự phát triển của các mô hình thủy văn đô thị từ giới hạn tính toán 1 chiều (1D) chỉ có khả năng mô phỏng sự hình thành dòng chảy tại các tiêu lưu vực và dòng chảy trong kênh mương, cống hộp, cải tiến ở mức hai chiều giả lập (1D-1D) khi các đường phố trong đô thị được thiết lập như một hệ thống mương hở để có thể biểu diễn dòng

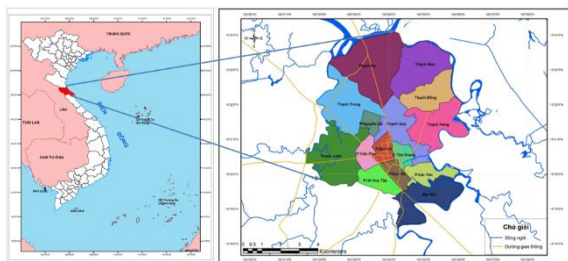
chảy tràn trên đường phố và cuối cùng là hai chiều hoàn chỉnh (2D) để có thể thể hiện được tình trạng ngập lụt trên toàn bộ lưu vực cũng như tính toán dòng chảy tràn từ các lưu vực khác đổ vào [6]. Các sản phẩm của mô hình thủy văn đô thị đã được thừa nhận rộng rãi, là giải pháp chi phí thấp và là công cụ có độ chính xác, có cơ sở khoa học, do đó, việc áp dụng mô hình vào trong thiết kế, vận hành hệ thống thoát nước cho các thành phố ngày càng trở nên rộng rãi. Không chỉ dừng lại ở tính toán thủy văn thủy lực, các mô hình thủy văn đô thị có đầy đủ các tính năng để ứng dụng trong lĩnh vực chất lượng nước [7]. Các quá trình vận chuyển bùn cát trong hệ thống thoát nước, quá trình tự làm sạch và các quá trình chuyển hóa sinh học của nước thải đều được mô phỏng đầy đủ và chính xác trong mô hình, giúp cho các nhà nghiên cứu đánh giá được tình trạng ô nhiễm nước trong đô thị, lan truyền chất bẩn trong hệ thống thoát nước cũng như đánh giá khả năng tiếp nhận chất thải của nguồn tiếp nhận (sông, hồ).

Trong nghiên cứu đã được công bố, mô hình thủy văn đô thị đã được sử dụng để tìm ra các đường ống bị quá tải, từ không áp trở thành có áp dẫn đến hiện tượng nước trào ngược ra khỏi các hố ga và chảy tràn trên đường [8], các mô hình cũng chứng tỏ khả năng tính toán của mình trong các trường hợp nước và mô phỏng được tương tác của nước triều dâng với hệ thống thoát nước thành phố ven biển [9] hay hoạt động của hệ thống bơm trong các lưu vực mà biện pháp thoát nước chủ yếu là cưỡng bức [10]. Tác động của bề mặt thấm phủ cũng được nghiên cứu, từ những thay đổi của kích thước, độ chi tiết bề mặt thấm phủ [11], tới ứng dụng thiết kế xanh trong việc lưu trữ nước mưa lại trên bề mặt [12], quá trình vận chuyển bùn cát trong đường ống cũng được tính toán đến [7].

2. Khu vực nghiên cứu

Thành phố Hà Tĩnh trải dài từ 18°18' đến 18°24' vĩ Bắc và từ 105°53' đến 105°56' kinh đông, nằm trên trục đường Quốc lộ 1A, cách thủ đô Hà Nội 340 km, thành phố Vinh 50 km về

phía Bắc; cách thành phố Huế 314 km về phía Nam và cách biển Đông 12,5 km.

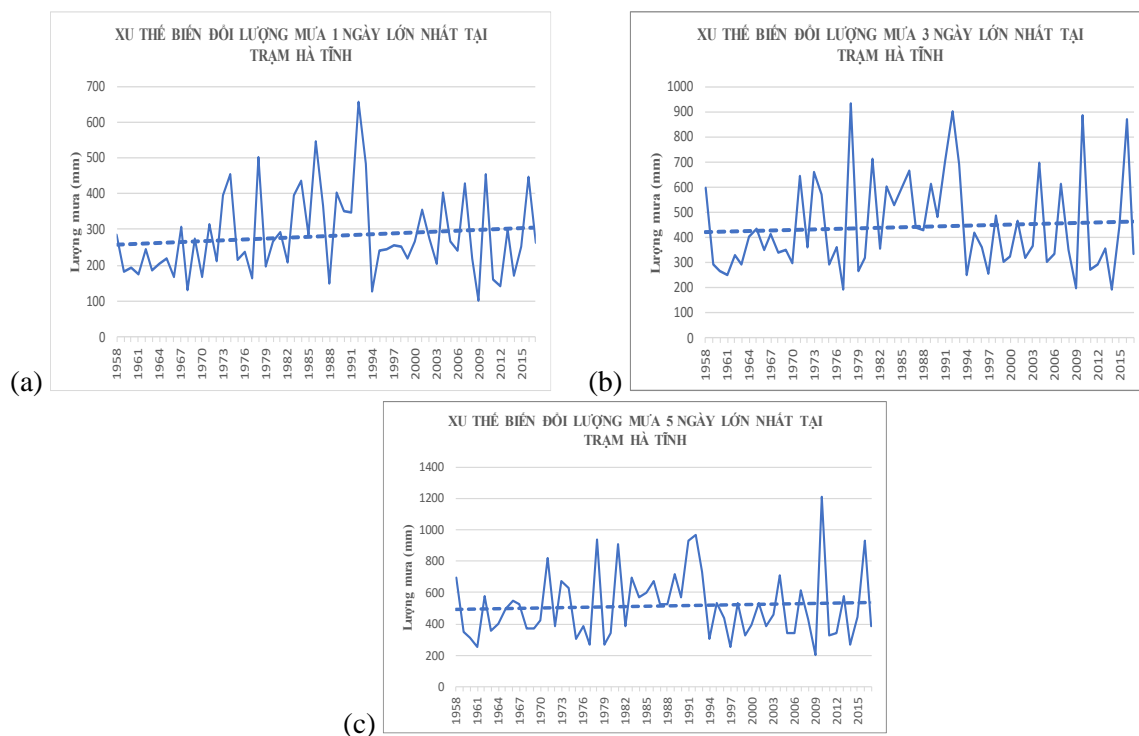


Hình 1. Khu vực nghiên cứu - thành phố Hà Tĩnh.

Thành phố Hà Tĩnh nằm trong vùng đồng bằng ven biển miền Trung, địa hình tương đối bằng phẳng, cao độ nền biển thiên từ +0,5 m đến +3,0 m. Địa hình thành phố thấp dần từ Tây sang Đông. Phía Tây thành phố là hồ Kẻ Gỗ, phía Đông thành phố bao quanh bởi hệ thống đê sông Nghèn và sông Rào Cái, phía Tây của thành phố

có đường quốc lộ số 1A, đường tránh thành phố và kênh dẫn nước tưới tiêu từ hồ Kẻ Gỗ về tạo thành hệ thống đê bao thứ hai, do đó nên khi hồ Kẻ Gỗ xả lũ vào mùa mưa ở phía Tây kết hợp với triều cường lên ở phía Đông thành phố phải đóng hệ thống ngăn chiều sẽ dẫn đến hiện tượng ngập úng nội đồng bên trong thành phố. Lũ từ thượng lưu đổ về nói chung không ảnh hưởng tới thành phố Hà Tĩnh mà ngập chủ yếu do nguyên nhân cục bộ của mưa và bão đổ bộ vào thành phố gây ra.

Hà Tĩnh có lượng mưa năm khá phong phú, lượng mưa trung bình năm đạt từ 2.300 ÷ 3.000 mm. Những vùng mưa lớn như Kỳ Lạc, Kỳ Anh lượng mưa đạt 3.220 mm. Những tâm mưa lớn thượng nguồn sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu, Rào Trỏ, Hoàng Sơn có năm lượng mưa năm đạt 4.586 mm năm 1978 ở Bàu Nước, 4.386 mm tại Kỳ Anh năm 1990, 4.450 mm năm 1990 tại Kỳ Lạc.



Hình 2. Xu thế biến đổi lượng mưa 1 (a), 3 (b), và 5 (c) ngày lớn nhất tại trạm Hà Tĩnh.



Hình 3. Ngập lụt tại đường Nguyễn Du (trái) và Lê Ninh (phải) trận mưa ngày 24/4/2015.

Mùa mưa bắt đầu từ tháng VIII tới tháng XI, tuy nhiên tháng V, VI có mưa tiểu mãn gây ra lũ tiểu mãn. Lượng mưa mùa mưa đạt 65 - 70% lượng mưa năm, còn lại là mùa khô. Hà Tĩnh hàng năm thường bị ảnh hưởng trực tiếp của bão, áp thấp nhiệt đới, dông lốc, nước dâng trong bão. Hà Tĩnh nằm ở khu vực Trung bộ, hằng năm thường xuyên chịu sự tác động trực tiếp hoặc ảnh hưởng của các cơn bão đổ bộ vào lãnh thổ Việt Nam. Theo phân tích thống kê số liệu từ năm 1975 đến 2016, đã có 58 cơn bão đổ bộ hoặc ảnh hưởng trực tiếp đến ven biển Hà Tĩnh. Bão thường xuất hiện từ tháng 7 đến tháng 10, có những năm tỉnh phải chịu ảnh hưởng của 3 trận bão (1971).

Trong 10 năm trở lại đây lượng mưa 1, 3, 5 ngày lớn nhất tại Hà Tĩnh có xu hướng tăng đáng kể. Trong 10 năm có 6 năm có lượng mưa 1 ngày lớn nhất trên 200 mm, chủ yếu vào những năm gần đây từ 2015 ÷ 2017. Trong đó năm 2010 và 2016 lượng mưa 1 ngày lớn nhất đạt 455,6 mm và 445,8 mm, lượng mưa 3 ngày lớn nhất cũng đạt trên 870 mm và lượng mưa 5 ngày lớn nhất đạt trên 930 mm (Hình 2).

Hiện tượng ngập úng Thành phố Hà Tĩnh đã và đang xảy ra ngày càng thường xuyên hơn. Những năm gần đây, hàng năm đều xảy ra ngập úng sau mỗi trận mưa, có những năm như năm 2016, thành phố phải đón nhận 4 ÷ 5 lần ngập lụt trong mùa mưa. Năm 2001, diện tích ngập trong thị xã Hà Tĩnh từ 105 ÷ 146 ha, trong năm ngập từ 2 ÷ 4 lần với thời gian ngập lụt từ 2 ÷ 5 giờ. Độ sâu ngập cao nhất là 0,6m, trung bình ngập từ 0,4 ÷ 0,5 m. Năm 2010, khu vực thành phố diện tích ngập úng với các mức độ ngập từ

0,5-1 m; từ 1-1,5 m; từ 1,5-2 m và từ 2-2,5 m lần lượt là 12,6 km², 10,8 km², 11,5 km² và 7,3 km².

Năm 2015, các tuyến đường trung tâm đều bị ngập từ 0,2 ÷ 0,4 m, các tuyến đường ngập sâu nhất là Xô Viết Nghệ Tĩnh, Nguyễn Du, Lê Ninh, Hải Thượng Lãn Ông và Nguyễn Thị Minh Khai. Cùng năm đợt mưa tháng 9/2015 gây ngập với độ sâu ngập từ 0,2 ÷ 0,5 m với độ sâu ngập lớn nhất ở các tuyến Nguyễn Du, Lê Ninh và Hải Thượng Lãn Ông (Hình 3).

Năm 2016, từ tháng 9 đến cuối tháng 11 có 4 lần ngập, trong đó trận mưa lớn từ ngày 13 - 16/10/2016 đã khiến TP Hà Tĩnh ngập sâu. Một số điểm như: đoạn đường Trần Phú từ ngã ba Phan Đình Phùng đến ngã tư Vũ Quang, đoạn đường phía Tây Bệnh viện Đa khoa tỉnh,... chỉ sau 1 giờ mưa lớn đã ngập đến 0,4 m, Nguyễn Du, Hải Thượng Lãn Ông, Nguyễn Công Trứ, Trần Phú,... bị ngập sâu gần 1 m.

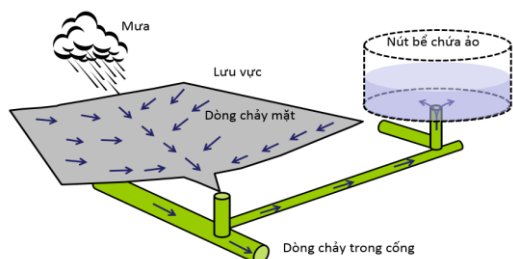
3. Phương pháp tiếp cận và mô hình Mike Urban

Đối với các vấn đề về thủy văn đô thị, việc sử dụng mô hình trở nên phổ biến trong khoảng 20 năm trở lại gần đây. Bắt đầu từ những phương pháp tiếp cận mô hình một chiều (1D), bao gồm quá trình thủy văn (mưa - dòng chảy) và quá trình thủy lực trong kênh mương hở và trong cống có áp hoặc/và không có áp, dòng chảy được coi như 1 chiều, các quá trình thủy động lực học được xét còn dòng chảy tràn lên trên mặt đất không được tính toán đến [1]. Đối với các mô hình thủy văn đô thị 1D, trong trường hợp không có nước tràn lên khỏi các miệng hố ga, hay nói cách khác là nếu không xảy ra tình trạng ngập lụt

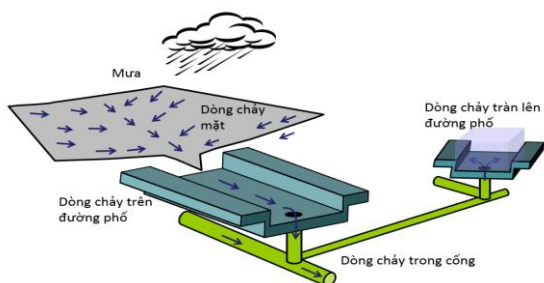
thì mô hình có thể chấp nhận được. Trong trường hợp có xảy ra ngập, thì mô hình sẽ chỉ xác định được các điểm (hố ga) mà nước được vận chuyển dưới cống sẽ trào ngược lên trên mặt đất (Hình 4).

Để tính toán mô phỏng phần dòng chảy tràn ngược lên bề mặt, các chuyên gia mô hình bổ sung thêm một nút ảo, và lưu trữ phần nước trào ngược lên ở trong nút chứa đó. Rõ ràng bán kính của nút chứa nước này không thể hiện được chính xác diện tích mặt phủ trong thực tế, do đó thông thường thì mực nước trong nút chứa ảo này mặc dù có thể tạm coi như mực nước gây ngập nhưng thường cao hơn so với các giá trị đo đạc thực tế.

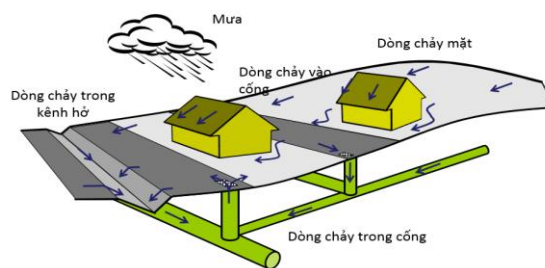
Trong các thành phố được đô thị hóa mạnh như các thành phố các nước phát triển, thành phần và tính chất lớp bề mặt thấm phủ khá đơn giản, chiếm phần lớn là đường và bê tông, tạo ra xu hướng tiếp cận mới là tạo thêm một lớp 1 chiều bao gồm các kênh mương hở với kích thước chính bằng các đường phố, được kết nối với lớp mô hình 1 chiều của đường ống thoát nước phía dưới (Hình 5).



Hình 4. Các quá trình được mô phỏng trong tiếp cận mô hình thủy văn đô thị 1 chiều.



Hình 5. Các quá trình được mô phỏng trong tiếp cận mô hình thủy văn đô thị 1 chiều kết nối 1 chiều.



Hình 6. Các quá trình được mô phỏng trong tiếp cận mô hình thủy văn đô thị 1 chiều kết nối 2 chiều.

Có thể thấy rõ ràng là trong các trường hợp ngập vừa và nhỏ, khi nước chủ yếu chảy trong các đường phố, thì cách tiếp cận 1D-1D này khá hợp lý. Tuy nhiên nó chỉ phù hợp với các nước tiên tiến khi tính chất bề mặt thấm phủ đô thị đơn giản và đồng nhất, với lượng mưa gây ngập vừa và nhỏ. Do đó cách tiếp cận hai chiều (2D) đã được đặt ra trong việc giải quyết bài toán thủy văn đô thị. Trong cách tiếp cận này, phần nước tràn lên trên khỏi miệng cống sẽ được tính toán hai chiều với cao độ thực của bề mặt đất. Trong cách tiếp cận này, rõ ràng số liệu để triển khai mô hình sẽ phụ thuộc rất nhiều vào lớp bản đồ DEM, càng chi tiết thì tính toán dòng chảy tràn trên bề mặt càng chính xác. Phương pháp này cho phép tính toán chính xác cả dòng chảy trong cống và dòng chảy tràn trên bề mặt, có tính tới cả các trường hợp nước chảy tràn trên bề mặt lại tiếp tục đổ xuống cống khi lưu lượng nước trong cống hạ thấp xuống (Hình 6).

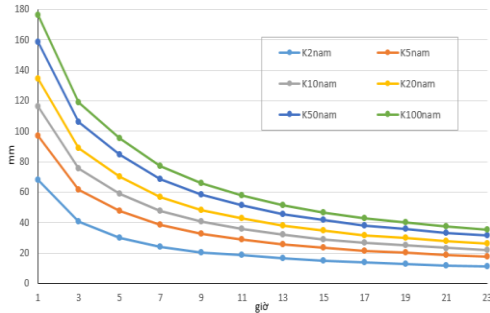
Trong nghiên cứu này, phương pháp tiếp cận mô hình 1 chiều kết nối với mô hình 2 chiều được lựa chọn, bộ phần mềm Mike Urban được sử dụng để làm công cụ mô phỏng. Thông tin cơ bản về mô hình Mike Urban có thể tìm thấy dễ dàng trong các tài liệu của DHI [4].

4. Thiết lập mô hình thủy văn đô thị cho thành phố Hà Tĩnh

4.1. Thu thập và xử lý số liệu

Số liệu mưa và bốc hơi được thu thập từ trạm đo khí tượng Hà Tĩnh, dựa trên chuỗi số liệu mưa

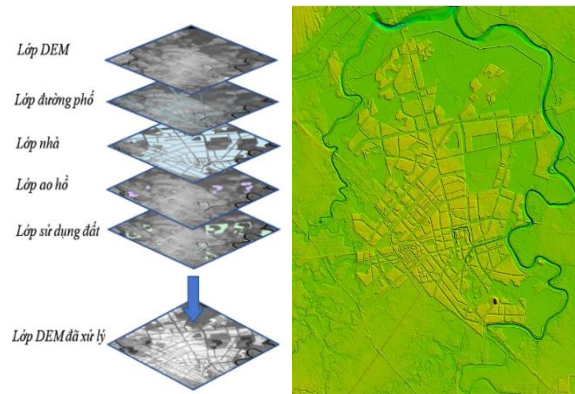
giờ, đường cong IDF của mưa Hà Tĩnh được xây dựng lại (Hình 7).



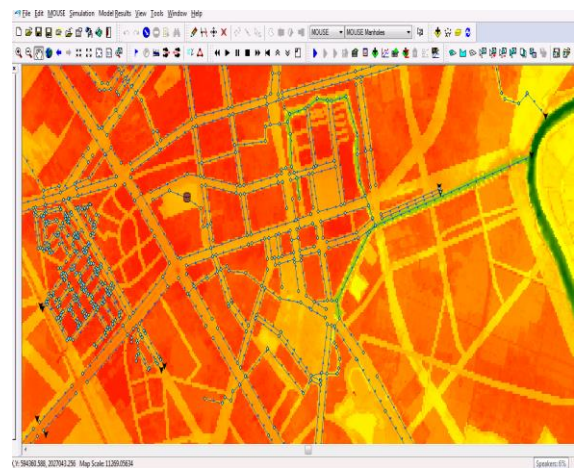
Hình 7. Đường cong IDF mưa Hà Tĩnh.

Bản đồ DEM được xây dựng dựa trên các nguồn ảnh LIDAR, nguồn bản đồ địa chính, bản đồ sử dụng đất, các bản đồ kỹ thuật và số liệu khảo sát bổ sung, lớp nhà và đường được số hóa theo bản đồ trên google map, tất cả được xử lý trong GIS chồng các lớp và thu được bản đồ DEM với độ phân giải 10x10 m như trong Hình 8.

Hệ thống thoát nước thành phố Hà Tĩnh với tuyến thoát nước gồm 40 tuyến kênh/cống dọc đường giao thông, các tuyến đường trong thành phố, thu thập trên bản đồ AutoCAD của Công ty Cổ phần Môi trường và Công trình đô thị Hà Tĩnh (Urenco Hà Tĩnh) và trong các đợt khảo sát bổ sung, được số hóa vào trong cơ sở dữ liệu của Mike Urban. Toàn bộ hệ thống thoát nước được đưa vào trong mô hình tạo thành 322 đoạn cống tròn, 618 đoạn cống hộp và 31 đoạn kênh hở, với các kích thước dao động của cống tròn có 4 cỡ D600, D700, D800 và D1000 (mm); cống hộp kích cỡ lớn nhất 2500x1400 (mm) tuyến kênh tiêu T3, kích cỡ nhỏ nhất 400x600 (mm) tuyến đường 26/3. Hệ thống các hồ ga, hồ điều hòa, cửa xả được mô phỏng gồm 838 hồ ga dọc trên các tuyến cống, 4 hồ điều hòa lớn, và 45 cửa xả của hệ thống đổ ra các sông bao quanh thành phố và khu vực Hào Thành. Hình 9 minh họa các đường cống thoát nước dày đặc tại khu đô thị mới Sông Đà và hệ thống mương hở khu vực Hào Thành đổ ra sông được mô phỏng trong mô hình Mike Urban.



Hình 8. Phương pháp xử lý DEM và kết quả bản đồ DEM 10x10 m của thành phố Hà Tĩnh.



Hình 9. Minh họa một phần hệ thống đường cống thoát nước thành phố Hà Tĩnh - khu đô thị sông Đà và khu Hào Thành.

Toàn bộ khu vực được phục vụ thoát nước trong thành phố Hà Tĩnh (có kết nối với hệ thống cống thu gom nước mưa và nước thải) được chia làm 840 lưu vực tính toán, dựa trên công cụ phân chia lưu vực trong mô hình tuân theo các nguyên tắc: dòng chảy từ nơi cao xuống nơi thấp, các hồ ga là các điểm tập trung nước, sử dụng các dữ liệu bản đồ DEM, hệ thống cống, đường giao thông, và sông hồ trong thành phố. Hình 10 thể hiện toàn bộ các lưu vực tính toán, tiếp nhận nước thải và nước mưa đổ vào hệ thống thu gom của thành phố (trái), và chi tiết một khu vực xung quanh Hào Thành (phải).

Bảng 1. Phần trăm không thấm nước ban đầu theo các lớp tính toán

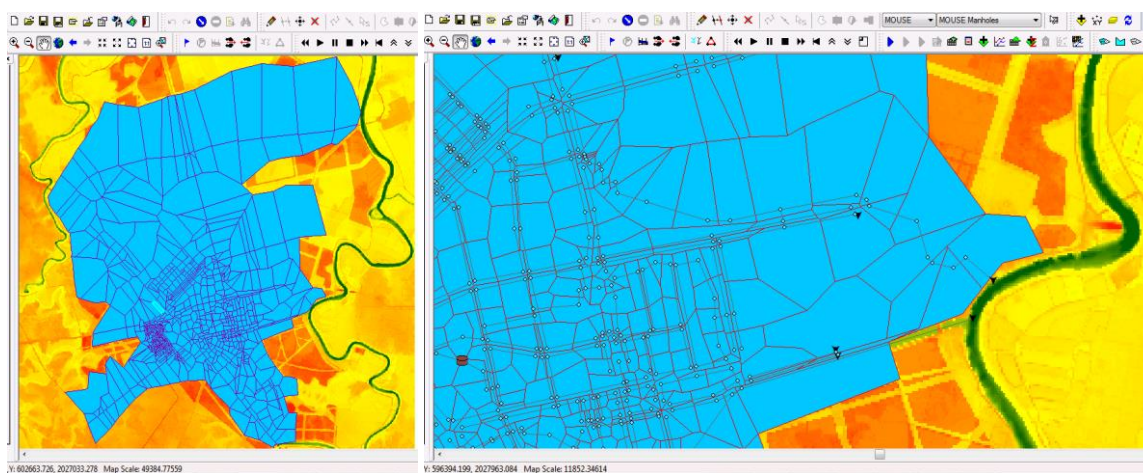
Lớp dữ liệu	Phần trăm không thấm (%)
Nhà ở	100
Đường giao thông	75
Khu vực cây xanh	10

Mô hình tính toán và đưa ra các thông số cơ bản ban đầu của từng tiểu lưu vực tính toán gồm: thời gian tập trung nước, hệ số tổn thất ban đầu, phần trăm diện tích không thấm (Bảng 1), hệ số triết giảm dòng chảy, và sử dụng phương pháp

tính Thời gian - Diện tích để tính toán cho mô hình Mưa - Dòng chảy riêng cho từng tiểu lưu vực. Các hệ số được điều chỉnh thủ công dựa theo các thông tin trên bản đồ địa chính, bản đồ sử dụng đất và các thông tin thực địa tại hiện trường.

4.2. Xây dựng mô hình Thủy văn đô thị

Trong nghiên cứu này trình bày 9 kịch bản chính có các kết quả là cơ sở để đưa ra những kết luận chính trong nghiên cứu. Các kịch bản này được thống kê trong Bảng 2.



Hình 10. Toàn bộ lưu vực tính toán (trái) và chi tiết khu vực Hào Thành (phải).

Bảng 2. Số liệu các trận mưa đưa vào các kịch bản tính toán

Tên kịch bản	Số liệu thời gian mưa	Tổng lượng mưa (mm)	Mưa giờ max (mm/h)	Tần suất lặp lại tương ứng
KB1 - Hiệu chỉnh mô hình	23-24/4/2015	432,1	54,1 (5h, 23/4)	2 năm
KB2 - Kiểm định mô hình	16/9/2015	185,5	61,4 (5h, 16/9)	2 năm
KB3 - Hiện trạng 2016	13-15/10/2016	632,4	96,7 (20h, 14/10)	5 năm
KB4 – BDKH RCP4.5 giữa thời kỳ	13-15/10/2016	819,3	185,1	100 năm
KB5 – BDKH RCP4.5 cuối thời kỳ	13-15/10/2016	838,2	141,6	20 năm
KB6 – BDKH RCP8.5 giữa thời kỳ	13-15/10/2016	1068,2	297,3	100 năm
KB7 – BDKH RCP8.5 cuối thời kỳ	13-15/10/2016	1010,3	226,9	100 năm
KB8 – LID 50	13-15/10/2016	632,4	96,7	5 năm
KB9 – LID 70	13-15/10/2016	632,4	96,7	5 năm

Kịch bản 1, 2 và 3 được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, kịch bản 4, 5, 6, 7 được sử dụng với hai kịch bản biến đổi khí hậu (BDKH) RCP4.5 và RCP8.5 cho hai thời kỳ giữa và cuối. Cuối cùng là hai kịch bản 8 và 9 được sử dụng trong điều kiện thành phố ứng dụng các thiết kế xanh để giảm thiểu lưu lượng dòng chảy, giãn cách thời gian tập trung nước, cải tạo tình hình ngập lụt cho thành phố.

Kịch bản 1: hiệu chỉnh mô hình với trận mưa ngày 23-24 tháng 4 năm 2015.

- Trận mưa ngày 23/4/2015 đến 24/4/2015 và trận mưa ngày 16/9/2015 đến 17/9/2015 là hai

trận mưa khá lớn, gây úng ngập trên các tuyến phố và đã được Công ty cổ phần Môi trường và Công trình đô thị Hà Tĩnh đo đạc, báo cáo cụ thể nên được chọn để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình.

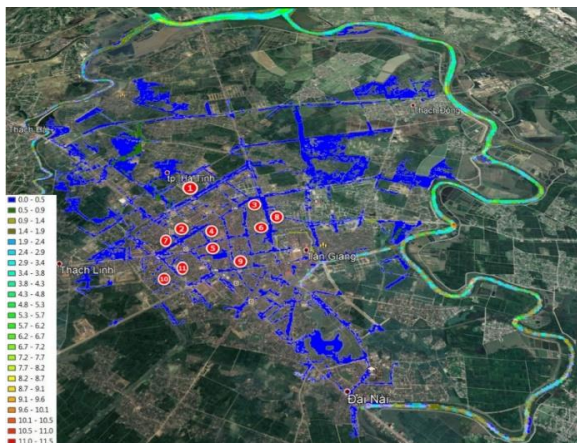
Dựa trên các số liệu đo vết ngập của Công ty, Bảng 3 đưa ra kết quả đánh giá mức độ chênh lệch giữa giá trị thực đo với giá trị mô hình tính toán tại 9 tuyến đường ngập lụt do trận ngập ngày 23/4/2015 gây ra. Độ chênh lệch mực nước $\Delta H = 0,05 \div 0,2m$. Kết quả giữa thực đo và tính toán tương đối phù hợp và ở mức chấp nhận được về độ sâu ngập và vị trí ngập.

Bảng 3. Kết quả độ sâu ngập lớn nhất tại một số vị trí điển hình trận ngập 23/4/2015

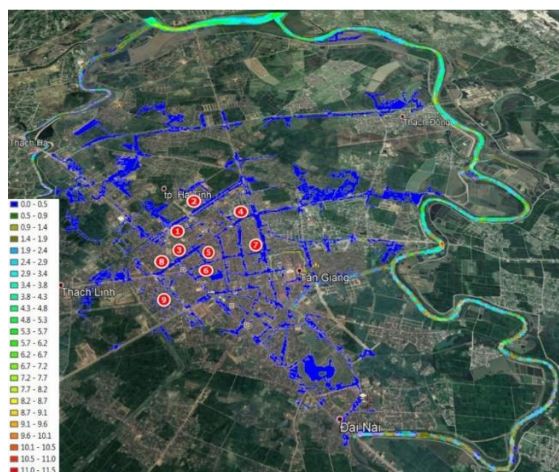
STT	Đường	Vị trí	Độ sâu ngập thực đo (m)	Độ sâu ngập lớn nhất tính toán (m)
1	Xô Viết Nghệ Tĩnh	(2 bên đường)	0,4	0,56
2	Nguyễn Du	Từ 1A đến đường Lê Ninh	0,4	0,45
3		Huy Tụ đến ngã tư Nguyễn Công Trứ	0,4	0,45
4	Đường Lê Ninh		0,4	0,39
5	Hải Thượng Lãn Ông	Từ 1A-> Công Bệnh viện	0,4	0,42
6		Ngã tư giao đường Nguyễn Công Trứ	0,35	0,32
7	Nguyễn Thị Minh Khai		0,2	0,3
8	Nguyễn Công Trứ	Ngã tư Phan Đình Phùng đến Xô Viết Nghệ Tĩnh	0,3	0,4
9	Phan Đình Phùng		0,2	0,3
10	Khu đô thị Sông Đà		0,2	0,3
11	Lê Duẩn		0,3	0,35

Bảng 4. Kết quả độ sâu ngập lớn nhất tại một số vị trí điển hình trận ngập ngày 16/9/2015

STT	Đường	Vị trí	Độ sâu thực đo (m)	Độ sâu ngập lớn nhất tính toán (m)
1	Xô Viết Nghệ Tĩnh	Từ Khách sạn Sallig đến Sở Kế hoạch	0,4	0,5
2		Từ Tòa nhà Viettel đến ngã tư Nguyễn Công Trứ	0,4	0,5
3	Nguyễn Du	Đoạn từ đường Trần Phú đến đường Lê Ninh	0,4	0,35
4		Huy Tụ đến ngã tư Nguyễn Công Trứ	0,5	0,45
5	Đường Lê Ninh		0,5	0,6
6	Hải Thượng Lãn Ông	Từ 1A-> Công Bệnh viện	0,5	0,4
7		Ngã tư giao với đường Nguyễn Công Trứ	0,5	0,45
8	Nguyễn Thị Minh Khai		0,2	0,4
9	Khu đô thị Sông Đà		0,25	0,3



Hình 11. Hình minh họa mô phỏng mức ngập lớn nhất trận mưa ngày 23-24 tháng 4 năm 2015.



Hình 12. Hình minh họa mô phỏng mức ngập lớn nhất trận mưa ngày 16 tháng 9 năm 2015.

Kết quả hiệu chỉnh mô hình với các điểm quan trắc khá tốt do đó bộ thông số mô hình được giữ nguyên và tiến hành kiểm định với trận mưa ngày 16 tháng 9 năm 2015.

Kịch bản 2: kiểm định mô hình với trận mưa ngày 16 tháng 9 năm 2015. Dựa trên kết quả kiểm định mô hình thì độ chênh mực nước lớn nhất của các điểm đo đặc chỉ dao động trong khoảng 0,05-0,1 m, tốt hơn cả trường hợp hiệu chỉnh tháng 4 năm 2015. Các vị trí ngập quan trắc được đều xuất hiện ngập trong mô hình.

Kịch bản 3: trận mưa này 13-15 tháng 10 năm 2016. Trận mưa ngày 13-15/10/2016 ở khu vực thành phố Hà Tĩnh là trận mưa khá lớn kéo

dài trong hai ngày, với tổng lượng mưa hơn 600 mm, gây ngập diện rộng trên hầu hết các tuyến đường trung tâm với độ sâu ngập phổ biến khoảng 0,5 m.

Sử dụng mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với trận mưa lớn này để đánh giá giới hạn mô phỏng của mô hình. Kết quả mức ngập lớn nhất được thể hiện trong Hình 13. Có thể thấy rõ là xuất hiện thêm khá nhiều tuyến phố cũng bị ngập, nhiều chỗ ngập lên tới gần 1 m. Theo dõi diễn biến ngập cho thấy ban đầu tuyến công tuyến đường Xô Viết Nghệ Tĩnh thoát nước khá tốt, nước lên và rút xuống đều nhưng khi lượng mưa tăng và thời gian mưa kéo dài, mực nước bắt đầu tăng nhanh và rút chậm đến 3 h sáng ngày 15/10 nước mới rút gần hết.

Nhìn chung trận mưa ngày 16-17/9/2015 là trận mưa lớn toàn tỉnh Hà Tĩnh, nước ở các sông lên cao gây ngập lụt cho các tuyến đường lớn trong thành phố Hà Tĩnh hơn trận mưa ngày 23-24/5/2015. Hai trận mưa này đảm bảo yếu tố về thời gian khi xuất hiện gần nhau (trong năm 2015). Ngoài ra, tài liệu địa hình và mạng lưới tiêu thoát nước cũng là những tài liệu mới nhất được cập nhật cùng năm. Điều này đảm bảo tính chính xác và logic khi thiết lập mô hình cũng như củng cố giả thuyết quá trình hiệu chỉnh, kiểm định được thực hiện với cùng một bộ thông số. Kết quả mô hình cho thấy xuất hiện các vị trí úng ngập trên đường trùng với kết quả khảo sát trong hai trận mưa sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, kết quả mức độ úng ngập trên các tuyến đường từ mô hình sát với giá trị thực đo. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy bộ thông số thủy văn, thủy lực 1 chiều, 2 chiều của mô hình và tài liệu địa hình đã được xử lý là phù hợp, có thể sử dụng.

Kịch bản 4, 6: BDKH theo kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 thời kỳ giữa thế kỷ:

Trận mưa theo kịch bản BDKH RCP4.5 thời kỳ giữa thế kỷ có lưu lượng mưa giờ max lên tới 185,1 mm/h, kết quả tính toán cho kịch bản RCP4.5 thời kỳ giữa thế kỷ cho thấy hầu hết các tuyến đường đều ngập phổ biến khoảng 0,5 m. Các điểm ngập sâu vẫn là các tuyến đường như Nguyễn Du, Lê Ninh, Hải Thượng Lãn Ông, Lê Duẩn, Nguyễn Công Trứ,... với độ ngập nhiều

nơi khoảng 0,8-0,9 m. Xuất hiện thêm nhiều tuyến đường ngập mới, hệ thống tiêu thoát nước mất khoảng gần 24 tiếng để trở lại trạng thái ban đầu. Hình 14 thể hiện bản đồ ngập lớn nhất của trường hợp kịch bản 4.



Hình 13. Hình minh họa mô phỏng mức ngập lớn nhất trận mưa 13-15 tháng 10 năm 2016.



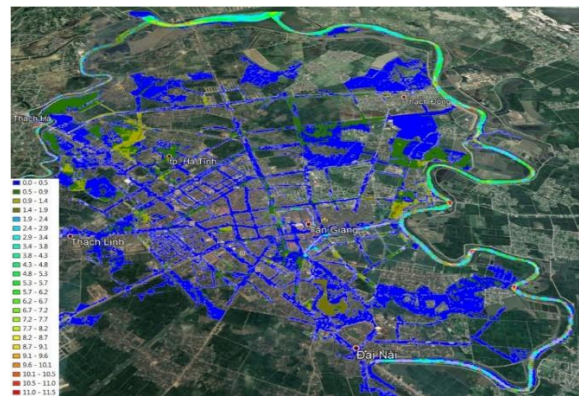
Hình 14. Hình minh họa mô phỏng mức ngập lớn nhất kịch bản BDKH RCP4.5 thời kỳ giữa thế kỷ.



Hình 15. Hình minh họa mô phỏng mức ngập lớn nhất kịch bản BDKH RCP8.5 thời kỳ giữa thế kỷ.



Hình 16. Hình minh họa mô phỏng mức ngập lớn nhất kịch bản BDKH RCP4.5 thời kỳ cuối thế kỷ.



Hình 17. Hình minh họa mô phỏng mức ngập lớn nhất kịch bản BDKH RCP8.5 thời kỳ cuối thời kỳ.

Tương tự như vậy, đối với trận mưa theo kịch bản BDKH RCP8.5 thời kỳ giữa thế kỷ, lưu lượng mưa cực đại lên tới 297,3 mm/h và gây ra ngập nặng trên toàn thành phố (Hình 15).

Kịch bản 5, 7: BDKH theo kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 thời kỳ cuối thế kỷ:

Cả 4 kịch bản 4, 5, 6, 7 đều khẳng định trong trường hợp biến đổi khí hậu diễn ra với mức nồng độ khí nhà kính trung bình thấp hay mức nồng độ khí nhà kính trung bình cao đều gây ra hiện tượng quá tải cho hệ thống thoát nước hiện trạng, ngập lụt tăng mạnh. Phân tích thêm các trường hợp kịch bản 1, 2 và 3 cho thấy, trên toàn thành phố có tới gần 40 tuyến đường bị ngập, các khu dân cư mới xây đều nằm trong tình trạng ngập cục bộ, hơn 2/3 các đường ống thu gom vận chuyển đều hoạt động trong tình trạng có áp

trong khi thiết kế là các đường ống chảy không đầy. Điều này khẳng định một trong những nguyên nhân chính của việc ngập lụt là do hiện trạng thoát nước gồm hai hệ thống không đồng bộ cũ và mới, hệ thống cũ với kích thước đường ống quá nhỏ, độ sâu chôn cống thay đổi nhiều theo thời gian nên dẫn đến không còn đủ năng lực để thoát nước. Kết nối giữa hệ thống cũ và hệ thống mới chưa tốt, kết nối giữa các khu vực cũng không đảm bảo dẫn đến tình trạng ngập úng

cụ bộ, đặc biệt khu vực đô thị mới sông Đà liên tục ngập nặng vì nguyên nhân nước không được vận chuyển sang các lưu vực kế tiếp để thoát ra sông. Mô hình cũng đã chỉ rõ các tuyến thoát nước có khả năng phục vụ tiêu thoát kém nhất là tuyến T4 từ trung tâm chảy ra hướng Vạn Hạnh, Thạch Trung, tiếp theo đó là tuyến T3 từ trung tâm thoát ra cửa xả Đập Vịt, Thạch Linh, và cuối cùng là tuyến T1 ra cửa xả Đập Bọt.

Bảng 5. So sánh diện tích ngập của các kịch bản KB3, KB8 và KB9 (đơn vị ha)

Kịch bản	Diện tích ngập theo các mức (m)								Tổng
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	>1,4	
Hiện trạng 2016	353,6	217,6	120,2	58,3	31,98	14,47	3,75	2,07	801,97
KB8	268,33	163,7	90,37	42,14	22,92	9,31	2,28	1,72	600,77
KB9	152,21	94,35	52,14	26,11	13,45	6,54	1,69	0,92	347,41

Căn cứ trên các kết quả mô phỏng và diễn biến quá trình ngập lụt, nhóm tác giả đưa ra một số giải pháp đối với thành phố Hà Tĩnh gồm:

- Xây mới một số tuyến cống thoát nước, nối thông các khu vực lại với nhau để đảm bảo các tiêu khu độc lập cùng làm việc chung để giảm tải lẫn nhau.

- Các công trình hạ tầng đã được xây dựng cần phải kết nối với hệ thống thoát nước chung, tránh tình trạng xả thải bừa bãi vào các hệ thống cũ.

- Ứng dụng lý thuyết thiết kế xanh, thay đổi bề mặt thấm phủ, tăng khả năng thấm của đất, tăng thời gian tập trung nước, trữ nước trên bề mặt, giảm tải cho hệ thống thoát nước.

- Lắp đặt các hệ thống trạm bơm để vận chuyển nước mưa cưỡng bức, đặc biệt tại các cửa xả ra sông Rào Cái luôn vận hành theo nguyên tắc đóng khi có mưa để tránh nước sông tràn ngược vào hệ thống.

- Xây dựng thêm hệ thống chứa tạm thời, các ao hồ, khơi rộng các kênh mương hở, tăng sức chứa nước tạm thời.

Với các đề xuất này, các kịch bản 8 và 9 đã được mô phỏng với điều kiện thay đổi thấm phủ bằng các thiết kế xanh thay đổi tính chất bề mặt thấm phủ, tăng diện tích thấm và khả năng trữ nước của các khu vực thường xuyên bị ngập lụt lên 50 và 70%, với trận mưa đại diện tháng 10

năm 2016. Cụ thể, các thiết kế xanh được áp dụng gồm biện pháp đặt thêm các vườn cây nhỏ tăng khả năng thấm của nước mưa vào trong đất, hệ thống vỉa hè xanh bằng các vật liệu lỗ rỗng cho phép nước mưa thấm xuống đất thay vì tạo thành dòng chảy mặt, nạo vét hồ chứa để tăng sức chứa nước mưa. Các biện pháp này đều nhắm đến mục tiêu là giảm lượng nước mưa chuyển đổi thành dòng chảy trong cống và trên bề mặt lưu vực. Kết quả phân tích diện ngập cho thấy đã có những cải thiện đáng kể (Bảng 5).

Như vậy có thể thấy, kết hợp với các biện pháp xanh, mức ngập giảm đi đáng kể, có tính bền vững và hoàn toàn không phải tác động gì đến hệ thống thoát nước đô thị. Tuy nhiên, do đặc thù cốt nền thành phố thấp, bao bọc bởi các đê bao, ảnh hưởng bởi triều, do đó để đảm bảo hiệu quả và tính bền vững, biện pháp này vẫn phải kết hợp với các biện pháp khác, đặc biệt là sử dụng bơm cưỡng bức đưa nước ra ngoài lưu vực và kết nối thông suốt các lưu vực với nhau.

5. Kết luận

Mô hình thủy văn đô thị với tiếp cận 2 chiều đã hoàn toàn ứng dụng được tại thành phố Hà Tĩnh, mô phỏng được diễn biến mưa, hình thành dòng chảy, sự hoạt động của các công trình đơn

vị trong điều kiện ảnh hưởng của triều. Các kịch bản được triển khai đã thể hiện rõ các điểm nguy hiểm ngập lụt, nguyên nhân chủ yếu của vấn đề là hệ thống thoát nước không đồng bộ và đang quá tải, các khu vực mới xây dựng chưa được quy hoạch thống nhất vào hệ thống chung, vận hành hệ thống chưa tối ưu (đóng cửa xả nhưng không có bơm thoát nước).

Hai kịch bản đề xuất tương ứng với hai phương án thiết kế xanh đã được tính toán cho thấy mức ngập giảm tương đương khoảng 70% và 45% diện tích ngập. Tuy nhiên cần có các điều tra tính toán cụ thể về phương án tài chính để có thể khẳng định tính ưu việt của các phương án này so với các phương án công trình.

Tài liệu tham khảo

- [1] K. J. Abhas, R. Bloch, L. Jessica, Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management For the 21st Century, Washington, DC: World Bank Group, 2012.
- [2] N. Q. Hung, W. Sutat, W. Uruya, C. Chavalit, O. Mark, M. C. Larsen, A Real-Time Hydrological Information System for Cities, Water Encyclopedia, John Wiley & Sons, Inc. 2005, ISBN: 9780471441649.
- [3] W. T. Chow, Open-channel Hydraulics, Blackburn Press, 2009 - ISBN-13: 978-1932846188.
- [4] DHI Manual, https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/MIKE_Urban.htm (accessed on: September 14th, 2020).
- [5] CARE-S Work Package 3, State of The Art In Urban Drainage Modelling Report: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.117.2668&rep=rep1&type=pdf> (accessed on: September 14th, 2020).
- [6] C. C. Obropta, J. S. Kardos, Review of Urban Stormwater Quality Models: Deterministic, Stochastic, and Hybrid Approaches, Journal of The American Water Resources Association, Vol. 43, No. 6, 2007, pp. 1508-1523.
- [7] D. Allen, V. Olive, S. Arthur, H. Haynes, Urban Sediment Transport Through an Established Vegetated Swale: Long Term Treatment Efficiencies and Deposition, Water, Vol. 7, 2015, pp. 1046-1067.
- [8] A. E. K. Vozinaki, G. G. Morianou, D. D. Alexakis, I. K. Tsanis, Comparing 1D and Combined 1D/2D Hydraulic Simulations Using High-Resolution Topographic Data: A Case Study of the Koiliaris Basin, Greece, Hydrological Sciences Journal, Vol. 62, No. 4, 2017, pp. 642-656.
- [9] N. Q. Hung, N. P. Tho, Application of 2d Hydrological Model For Urban Coastal Area - A Case Study in Ninh Kieu, Can Tho, Vietnam Journal of Hydrometeorology, The 2nd Conference on Earth-Mine-Environment, pp. 155-163, ISSN 2525-2208 (in Vietnamese).
- [10] O. Mark, W. Sutat, A. Chusit, B. Surajate, S. Djordjević, Potential and Limitations of 1D Modeling of Urban Flooding, Journal of Hydrology, Vol. 299, No. 3-4, 2004, pp. 284-299.
- [11] T. Kokkonen, L. Warsta, T. J. Niemi, M. Taka, S. Nora, P. Mikko, O. Kesäniemi, S. Heidi, K. Harri, Impact of Alternative Land Cover Descriptions on Urban Hydrological Model Simulations, Urban Water Journal, 2019.
- [12] T. Cui, L. Yuqiao, W. Yintang, Choosing the LID for Urban Storm Management in the South of Taiyuan Basin by Comparing the Storm Water Reduction Efficiency, Water, Vol. 11, No. 12, 2019, <https://doi.org/10.3390/w11122583>.