

PHÂN TÍCH NGUYÊN NHÂN GÂY NGẬP LỤT TRÊN TUYẾN ĐƯỜNG DT719B TP. PHAN THIẾT, TỈNH BÌNH THUẬN: THỰC TRẠNG VÀ GIẢI PHÁP

Triệu Ánh Ngọc, Thái Hữu Hùng

Trường Đại học Thủy lợi

Nguyễn Đình Vượng

Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

Vũ Thị Hoài Thu

Trường Đại học Giao thông Vận tải Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Tuyến đường DT719B tại TP. Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận đóng vai trò quan trọng trong kết nối giao thông ven biển, nhưng hiện đang đối mặt với tình trạng ngập lụt nghiêm trọng do mưa lớn kéo dài. Các trận mưa từ 70-140mm đã gây ngập khu dân cư và vườn thanh long hai bên đường, ảnh hưởng nặng nề đến hạ tầng giao thông, đời sống người dân và kinh tế địa phương. Việc nghiên cứu thực trạng này nhằm đề xuất các giải pháp cải thiện hệ thống thoát nước, đảm bảo tính bền vững trong phát triển hạ tầng và ngăn chặn tái diễn ngập lụt.

Từ khóa: Ngập lụt, hệ thống thoát nước, hạ tầng giao thông, thiết kế bền vững.

Summary: The DT719B provincial road in Phan Thiet City, Binh Thuan Province plays an important role in connecting coastal traffic, but is currently facing serious flooding due to prolonged heavy rainfall. Rainfall amounts ranging from 70-140mm have caused flooding in residential areas and dragon fruit orchards along the road, severely affecting transportation infrastructure, local livelihoods, and the regional economy. Researching this situation aims to propose solutions to improve the drainage system, ensuring the sustainability of infrastructure development and preventing the recurrence of flooding.

Keywords: Flooding, Drainage System, Transportation Infrastructure, Sustainable Design.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngập lụt trên các tuyến đường giao thông, đặc biệt là tuyến đường tỉnh DT719B tại TP. Phan Thiết, đang trở thành một vấn đề cấp bách cần được giải quyết. Những đợt mưa lớn kéo dài tháng 8/2024 vừa qua ở khu vực đã gây ra nhiều thiệt hại nghiêm trọng cho hạ tầng giao thông, làm gián đoạn lưu thông và ảnh hưởng tiêu cực đến các hoạt động kinh tế và du lịch. Lượng mưa đo được tại một số trạm trên địa bàn huyện Hàm Thuận Nam từ 13h ngày 27 đến 17h ngày 28-8 như sau: xã Hàm Kiệm 93,3mm; xã Mương Mán 78,8mm; xã Tân Lập 70,6mm và xã Hàm Cường 141,6mm.

Tuyến đường tỉnh DT719B đóng vai trò chiến lược trong việc kết nối khu vực trung tâm TP.

Phan Thiết với các vùng ven biển, phục vụ cho phát triển du lịch và kinh tế địa phương. Tuy nhiên, tình trạng ngập lụt nghiêm trọng đã làm suy giảm hiệu quả hoạt động của tuyến đường này, gây ảnh hưởng lớn đến đời sống người dân và nền kinh tế địa phương.

Nghiên cứu này nhằm mục đích xác định các nguyên nhân gây ngập lụt trên tuyến đường DT719B, từ đó đề xuất các giải pháp kỹ thuật và chính sách quản lý hiệu quả. Tầm quan trọng của nghiên cứu không chỉ dừng lại ở việc giải quyết vấn đề ngập lụt hiện tại, mà còn góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho các biện pháp phòng ngừa và quản lý ngập lụt trên các tuyến đường ven biển khác trong tương lai. Đối với tỉnh Bình Thuận, nơi đang có sự phát triển mạnh

Ngày nhận bài: 07/11/2024

Ngày thông qua phản biện: 29/11/2024

Ngày duyệt đăng: 02/12/2024

mề về kinh tế biển và du lịch, việc đảm bảo tính bền vững của hệ thống hạ tầng giao thông là một yêu cầu cấp thiết để đảm bảo sự phát triển bền vững lâu dài. [3]

Bài báo này sẽ tập trung giải quyết các nội dung chính sau: (1) Đánh giá hiện trạng ngập lụt trước và sau khi xây dựng tuyến đường tỉnh DT719B; (2) Phân tích các yếu tố tự nhiên và kỹ thuật dẫn đến tình trạng ngập lụt; (3) Đề xuất các giải pháp kỹ thuật nhằm cải thiện hệ thống thoát nước và giảm thiểu nguy cơ ngập lụt. Nghiên cứu này sẽ cung cấp các giải pháp khả thi và hiệu quả, đồng thời đề xuất các biện pháp quản lý phù hợp nhằm giảm thiểu tác động của ngập lụt trong tương lai, đảm bảo sự phát triển bền vững cho hệ thống hạ tầng giao thông của địa phương.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Tuyến đường tỉnh DT719B nằm tại TP. Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận, là một trong những trục giao thông quan trọng, đóng vai trò kết nối các khu vực ven biển và góp phần thúc đẩy sự phát triển kinh tế, đặc biệt là du lịch và nông nghiệp. Tuy nhiên, địa hình phức tạp với nhiều khu vực trũng thấp khiến tuyến đường này dễ bị ảnh hưởng bởi tình trạng ngập lụt. Đặc biệt, vào mùa mưa, khi lượng nước mưa lớn từ thượng nguồn đổ về, các vùng dọc theo tuyến đường

như xã Hàm Mỹ và xã Hàm Cường huyện Hàm Thuận Nam thường xuyên phải đối mặt với ngập lụt nghiêm trọng.



Hình 1: Vị trí hướng tuyến đường ven biển DT 719B tỉnh Bình Thuận

Trong những tháng gần đây, ngập lụt trên tuyến đường DT719B đã trở thành một vấn đề cấp bách. Nhiều nguyên nhân được phỏng đoán dẫn đến tình trạng ngập lụt này bao gồm lượng mưa lớn kéo dài, việc thoát nước kém hiệu quả, và tình trạng bồi lấp lòng sông Cát, hệ thống thoát nước kém... Điều này không chỉ ảnh hưởng đến giao thông mà còn gây thiệt hại lớn cho sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là cây thanh long - một loại cây trồng chủ lực của địa phương. Theo nhiều báo cáo và truyền thông đưa tin các trận ngập lụt đã ảnh hưởng đến hàng trăm hecta thanh long và nhiều nhà dân, gây thiệt hại nặng nề.



Hình 2: Vị trí cây cầu và cống 25×5m tại đường tỉnh ĐT 719B

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để tính toán mô phỏng khả năng thoát nước của lưu vực nghiên cứu, bài báo này đã sử dụng kết hợp các mô hình thủy văn – thủy lực: (1) Mô hình thủy văn SWAT để tính toán phân định diện tích lưu vực trước và sau xây dựng tuyến đường, kết hợp mô hình HEC-HMS để mô phỏng dòng chảy trên lưu vực và vị trí tuyến cống ngập; (2) Mô hình thủy lực 2 chiều HEC-RAS được sử dụng để mô phỏng quá trình ngập lụt khu vực nghiên cứu [1, 2, 3, 4, 5].

(1) Phương pháp mô hình toán thủy văn

Việc xác định tổng diện tích lưu vực thoát nước tại vị trí cống trong vùng nghiên cứu là yếu tố quan trọng hàng đầu. Nhóm nghiên cứu sử dụng mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool) để tính toán chính xác diện tích lưu vực, qua đó xác định được phạm vi ảnh hưởng của dòng chảy và tác động của các kịch bản mưa lớn.

Sau khi xác định diện tích lưu vực, tiến hành tính toán đỉnh dòng chảy (Qmax) qua cống bằng mô hình HEC-HMS dựa trên các kịch bản mưa và thông tin về lưu lượng xả từ hồ Đu Đủ (dự kiến khoảng 6 m³/s theo dữ liệu thực tế). Khu vực nghiên cứu không có trạm quan trắc dòng chảy và lũ lịch sử, nên nhóm nghiên cứu đã sử dụng bộ thông số của lưu vực tương tự trong lưu vực để tính toán dòng chảy từ mưa [5, 10, 11].



Hình 3: Sơ đồ lưu vực thoát nước vùng nghiên cứu

(2) Mô phỏng ngập lụt 2 chiều bằng mô hình HEC-RAS

HEC-RAS 2D sử dụng các phương trình dòng chảy nông (Shallow Water Equations - SWE)

hay còn gọi là phương trình Saint-Venant 2D. Đây là các phương trình dạng bảo toàn, bao gồm phương trình bảo toàn khối lượng (liên tục) và bảo toàn động lượng. Các phương trình này mô tả sự thay đổi của mực nước và vận tốc dòng chảy theo không gian và thời gian trong hai chiều ngang.

Phương trình bảo toàn khối lượng:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Trong đó:

h là độ sâu của dòng chảy (m).

u và v lần lượt là vận tốc theo phương x và y (m/s).

t là thời gian (s).

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương x :

$$\frac{\partial h(u)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial h}{\partial x} + hS_{fx} \quad (2)$$

n là hệ số Manning, thể hiện độ nhám của mặt đất hoặc lòng sông.

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương y :

$$\frac{\partial h(v)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial h}{\partial y} + hS_{fy} \quad (3)$$

g là gia tốc trọng trường (9.81 m/s²).

S_{fx}, S_{fy} là độ dốc ma sát theo các phương x và y , có thể tính theo công thức Manning:

$$S_f = \frac{n^2}{h^{4/3}} \sqrt{u^2 + v^2} \quad (4)$$

Ngoài phương trình Saint-Venant 2D, mô hình HEC-RAS 2D còn tuân theo các nguyên lý bảo toàn khối lượng và bảo toàn động lượng để mô phỏng dòng chảy qua địa hình phức tạp, như qua các cống, tràn, hoặc các kênh hở. Trong HEC-RAS 2D, các yếu tố khuếch tán và phân tán của dòng chảy có thể được tính đến, đặc biệt khi dòng chảy qua các địa hình như đồng bằng ngập nước hoặc vùng ngập lụt [6, 7, 8, 9].

2.3. Tài liệu nghiên cứu

(1) Khí tượng

Số liệu khí tượng được thu thập tại các trạm lân cận từ 2010-2024 (theo báo cáo tính toán dòng chảy lũ đến hồ và kiểm tra khả năng xả lũ các

hồ chứa tỉnh Bình Thuận) và trận mưa ngày 26/07 đến 29/7/2011 dùng để mô phỏng trận lũ [10].

Từ số liệu thống kê, tính toán có được kịch bản tính toán các cường độ mưa giả định như Bảng 1:

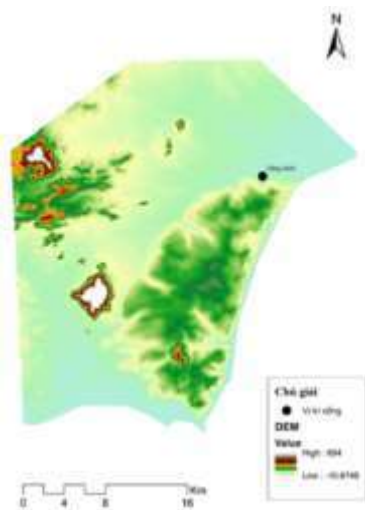
Bảng 1: Tần suất mưa 1 ngày max theo các kịch bản.

STT	1	2	3	4	5	6	7	8
KB	KB 50	KB 80	KB 100	KB 120	KB 150	KB 200	KB 250	KB 270
P%	99	76	52	33	13	2	0.3	0.1
X1 ngày max (mm)	33	63	83	103	133	183	233	253

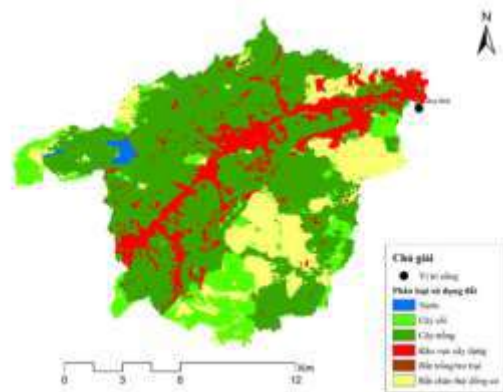
(2) Địa hình – thảm phủ

Bản đồ địa hình độ phân giải DEM30x30m được sử dụng cho mô hình được thu thập từ ảnh vệ tinh do Cục Địa Chất Hoa Kỳ (USGS) chụp vào năm 2011 [10, 11].

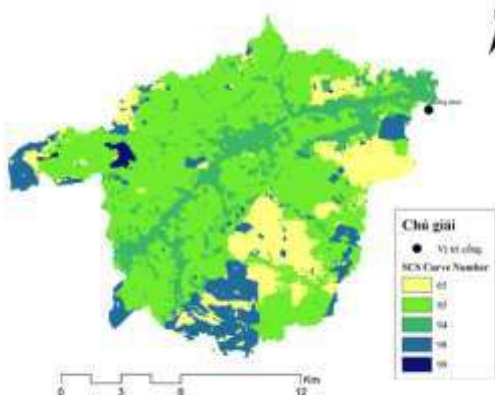
Bản đồ phân loại sử dụng đất năm 2023 vùng nghiên cứu được thu thập từ Cục Địa Chất Hoa Kỳ (USGS) – sử dụng kỹ thuật ảnh vệ tinh để phân loại đất, sử dụng trong mô hình nhằm phân tích các hệ số thấm bề mặt [10, 11].



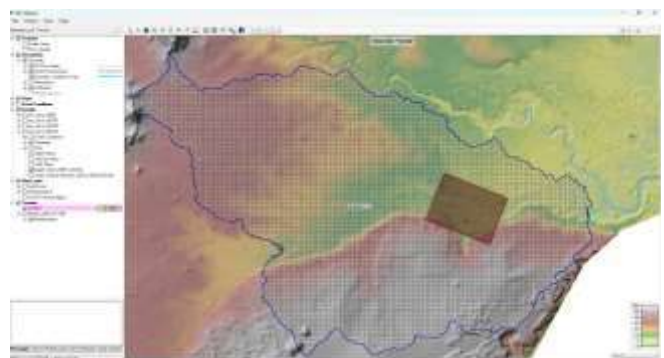
Hình 4: DEM 30x30m sử dụng cho mô hình



Hình 5: Bản đồ phân loại sử dụng đất khu vực nghiên cứu



Hình 6: Bản đồ chỉ số mức độ thấm nước



Hình 7: Lưới tính toán sử dụng cho mô hình HEC-RAS 2D, lưới chi tiết tập trung ở khu vực

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả tính toán dòng chảy đến cống thoát

Từ các kịch bản mưa theo các tần suất mưa 1 ngày max kèm theo xả lũ từ hồ Đu Đủ về, kết quả tính toán dòng chảy tại cống qua đường DT719B như Bảng 2.

Bảng 2: Kết quả tính toán $Q_{\max}$ qua cống bằng mô hình HEC-HMS.

Kịch bản mưa	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm	150 mm	200 mm	250 mm	270 mm
<i>Q đến cống đã kể đến $Q_{\text{xả}}$ của hồ Đu Đủ bằng Mô hình HEC-HMS</i>	58,9	105,3	136,6	168	215,3	294,4	373,8	405,5

Theo kết quả tính toán mô phỏng cho thấy, với lượng mưa nhỏ hơn 250 mm, thì khẩu độ cống vẫn đảm bảo được lưu lượng nước thoát qua cống, như vậy việc thiết cống này là hoàn toàn phù hợp (Lưu lượng qua cống thiết kế $Q_{\text{tk}}=377,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ứng với khẩu độ cống 25x5m).

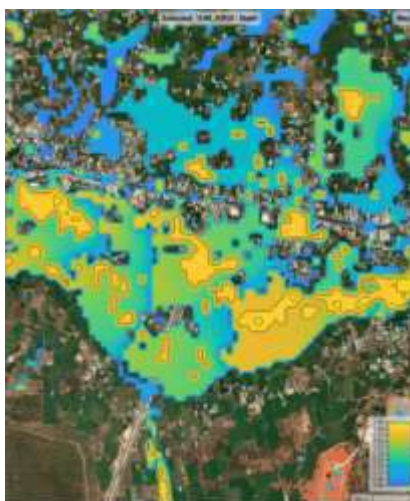
3.2. Phân tích các yếu tố tự nhiên – kết quả ngập lụt

Để đánh giá được chi tiết, chính xác nguyên nhân gây ngập, nghiên cứu này đã mô phỏng các trường hợp tính toán cho các điều kiện khí tượng khác nhau kết hợp với kịch bản trước và sau khi xây dựng tuyến đường DT719B.

a. Kết quả mô phỏng hiện trạng khi chưa có tuyến đường DT719B

Với các điều kiện lượng mưa 50 – 100 – 150 – 270 mm, khu vực nghiên cứu ghi nhận hiện tượng ngập

cục bộ từ 1 – 3m. Tuy nhiên, nước rút tương đối nhanh, từ 1 đến 2 ngày sau khi mưa đạt đỉnh, mức độ ngập giảm còn 0,4 – 2m tùy theo cấp độ lượng mưa. Điều này cho thấy trước khi có công trình, khu vực vẫn chịu ảnh hưởng ngập cục bộ. Địa hình xung quanh khu vực nghiên cứu có cao độ từ 7 – 10m, đây là vùng thấp nhất trong khu vực. Khi xảy ra mưa lớn, những khu vực có cao độ dưới 7,3m thường xuyên bị ngập, hình thành các vùng trũng chứa nước. Đồng thời, địa chất khu vực thuộc loại thấm nước trung bình, làm tăng thêm khả năng ngập úng và khiến nước khó thoát. Địa hình suối ngang có cao độ trên 8m cũng góp phần gây ra khó khăn trong việc tiêu thoát nước khi mưa lớn xảy ra. Kết quả mô phỏng cho kịch bản trước khi xây dựng tuyến đường DT719B phù hợp với kết quả điều tra khảo sát vết lũ khu vực trước khi có DT719B thì vùng này vẫn bị ngập nhưng không sâu và thời gian rút nước rất nhanh sau khi hết mưa.



(a)

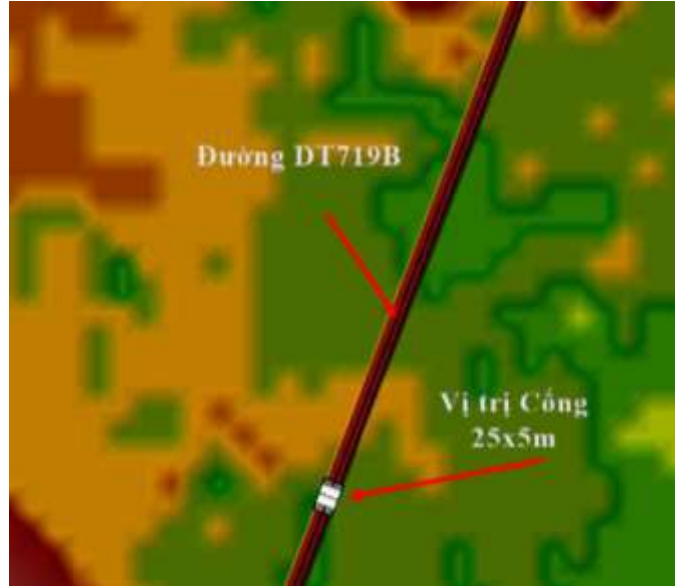


(b)

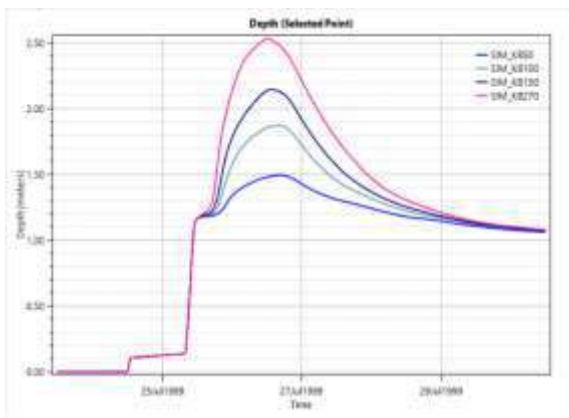
Hình 8: Kích bản ngập lớn nhất với lượng mưa 50mm (hình a) và 100mm (hình b) trước khi có công trình (tại vị trí cống và vùng ngập nặng sau mưa lũ)



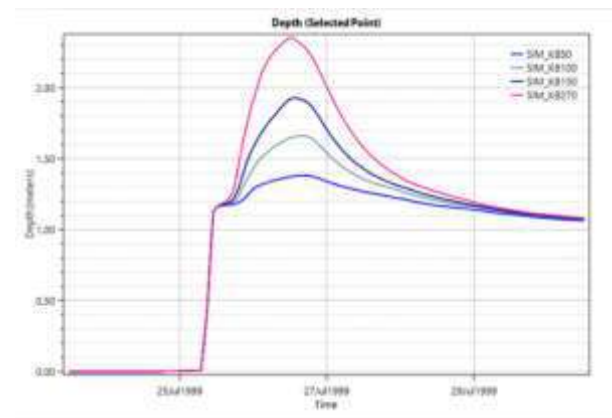
Hình 9: Vị trí trích xuất kiểm tra mức độ ngập



Hình 10: Đường DT719B và cống được mô hình hóa



(a)



(b)

Hình 11: Kết quả ngập tại vị trí 1 (hình a) và vị trí 2 (hình b)

b. Kết quả mô phỏng sau khi có tuyến đường DT719B

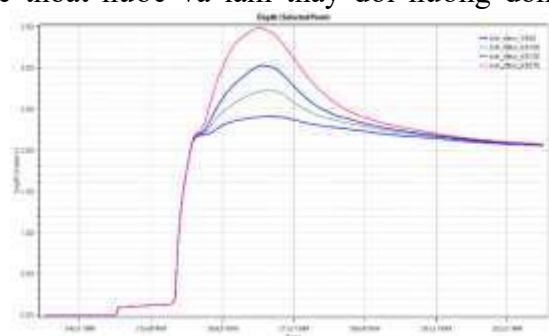
Để có thể phân tích được kết quả ngập khi có công trình, tác giả đã tiến hành mô hình hóa tuyến đường DT719B và cống khẩu độ 25x5m bắc qua suối Ngang theo thực tế.

Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng, mức độ ngập cục

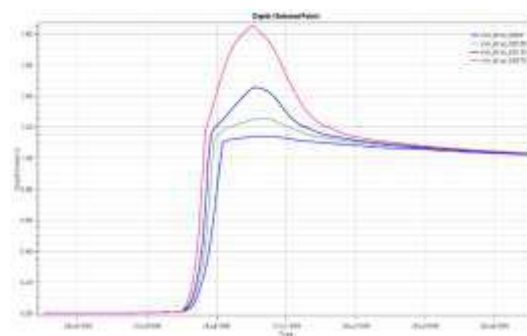
sau khi có công trình tăng lên đáng kể khi khu vực nghiên cứu bị chia cắt bởi tuyến đường DT719B. Trước khi có công trình độ sâu ngập ở vị trí 1 và vị trí 2 gần như chỉ chênh lệch 0,3 – 0,5m, tuy nhiên sau khi có công trình thì mức độ ngập ở vị trí 1 tăng lên cao thêm từ 0,8 – 1m, ngược lại vị trí 2 mức độ ngập giảm xuống. Như vậy khi có đường DT719B thì mức độ ngập

tăng lên ở vị trí 1. Điều này cho thấy tuyến đường DT719B đã làm thay đổi đặc tính lưu vực thoát nước và làm thay đổi hướng dòng

chảy tràn những vùng có địa hình nhỏ hơn 7,3m.

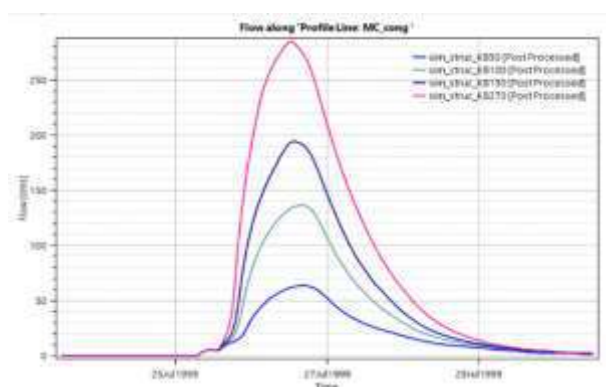


(a)

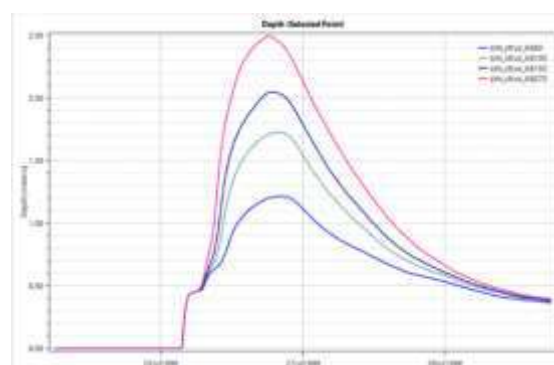


(b)

Hình 12: Kết quả ngập tại vị trí 1 (hình a) và vị trí 2 (hình b)



(a)



(b)

Hình 13: Lưu lượng mô phỏng ngập chảy qua cống (m^3/s , hình a) và mức ngập tại cống (m, hình b)

Từ các kết quả phân tích ở trên, nhóm nghiên cứu nhận định như sau:

- Với tất cả các kịch bản tính toán với điều kiện mưa 50 - 100 - 150 - 270 mm thì lưu lượng qua cống đạt giá trị lớn nhất là $284,8 m^3/s$ và độ sâu ngập lớn nhất đạt 2,5m trong khi theo tiêu chuẩn thiết kế khẩu độ cống qua suối Ngang là $25 \times 5m$ với lưu lượng thiết kế là $Q_{tk} = 377,2 m^3/s$. Kết quả này cho thấy cống được thiết kế tại suối Ngang thoát nước tốt trong điều kiện mưa cực đoan lên đến 270mm.

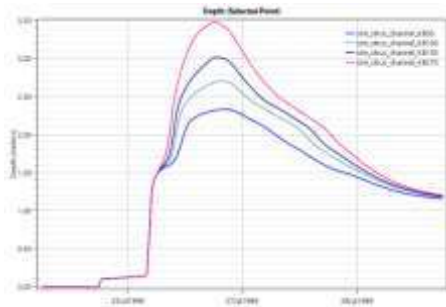
- Những vùng có địa hình với cao độ nhỏ hơn 7,3m thì ngập cục bộ gia tăng đáng kể về độ sâu và diện tích ngập do lưu vực bị chia cắt và các vùng trũng bị đóng kín không có hướng tiêu thoát nước khi mưa lớn do tuyến đường DT719B.

Để phân tích chi tiết hơn, nhóm nghiên cứu cũng đã giả định các giải pháp thoát nước theo các Trường hợp (TH) như sau:

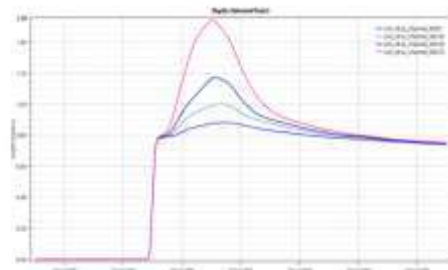
- Trường hợp 1 (TH-1): Xây dựng hệ thống thoát nước bổ sung dọc tuyến DT719B với khẩu độ $3 \times 3m$ phân chia thành 2 hướng: một phần

thoát về hướng Đông Bắc và một phần dẫn ra suối Ngang.

- Trường hợp 2 (TH-2): Thiết kế rãnh thoát nước 2 bên đường như Trường hợp 1 kết hợp bổ sung thêm ống thoát nước từ kênh ra.

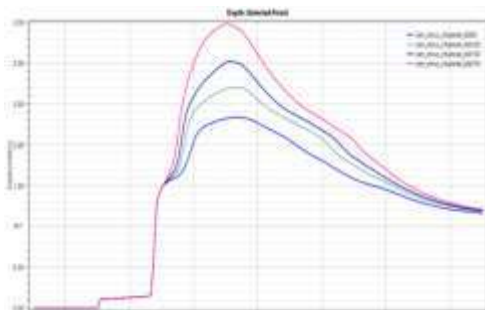


(a)

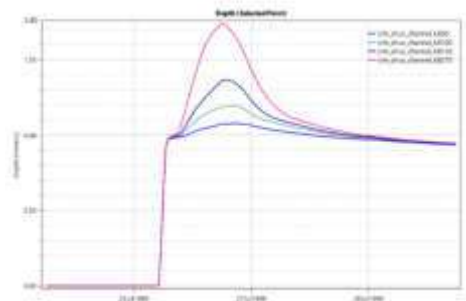


(b)

Hình 14: Kết quả độ sâu ngập theo TH-1 tại vị trí 1 (hình a) và vị trí 2 (hình b)



(a)



(b)

Hình 15: Kết quả độ sâu ngập theo TH-2 tại vị trí 1 (hình a) và vị trí 2 (hình b)

Từ các trường hợp tính toán cho thấy:

Sau khi mưa lớn đạt đỉnh ứng với độ sâu ngập lớn nhất trong trường hợp hiện trạng ghi nhận ở mức 3,5m tại vị trí 1, với đường cong nước rút sau khi mưa lớn xảy ra duy trì ở mức 2,35m (hình 12a). Tại vị trí 2, độ sâu ngập đạt đỉnh là 1,8m, và đường cong nước rút duy trì ở mức 1,2m (hình 12b).

Trường hợp TH-1: sau khi mưa đạt đỉnh, đường cong nước rút tại vị trí 1 từ mức 2,35m giảm dần xuống 1,3m (hình 14a), còn tại vị trí 2 giảm từ 1,2m xuống 0,8m (hình 14b). Giải pháp này giúp tiêu thoát nước hiệu quả ngay cả khi lượng mưa lớn hơn 200mm. Hệ thống có độ dốc về phía Tây Nam và một nhánh đổ về cống thoát nước qua suối Ngang, giúp giảm đáng kể độ sâu ngập và đẩy nhanh quá trình rút nước sau mưa.

Trường hợp TH-2: Kết quả cho thấy độ sâu ngập giảm đáng kể so với TH-1: tại vị trí 1, đường cong nước rút giảm từ 1,3m xuống còn

0,73m (hình 15a), và tại vị trí 2 giảm từ 0,8m xuống còn 0,6m (hình 15b). Giải pháp này cải thiện tốt khả năng thoát nước, làm giảm độ sâu ngập nhanh hơn so với TH-1, qua đó hạn chế ngập úng một cách hiệu quả hơn.

4. KẾT LUẬN - KIẾN NGHỊ

Trước khi tuyến đường DT719B được xây dựng, khu vực nghiên cứu xuất hiện ngập cục bộ khi lượng mưa vượt trên 50mm và mức độ ngập sẽ tăng lên khi cường độ mưa tăng. Tuy nhiên, hiện tượng ngập này chỉ xuất hiện cục bộ và sẽ rút nhanh khi mưa kết thúc.

Khi tuyến đường DT719B được xây dựng và đi vào khai thác, lưu lượng thoát nước qua vị trí cống thoát nước qua suối Ngang vẫn hoạt động hiệu quả với khẩu độ thiết kế. Điều này khẳng định rằng, kích thước cống thoát nước được thiết kế trên suối Ngang là phù hợp, đảm bảo thoát nước tốt theo tiêu chuẩn thoát nước đường giao thông hiện hành. Tuy nhiên, hiện tượng

ngập cục bộ tăng lên đáng kể về độ sâu ngập, thời gian ngập, diện tích ngập do lưu vực thoát nước bị chia cắt và làm thay đổi hướng dòng chảy tràn bề mặt.

Khi bố trí các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả thoát nước thì hiện tượng ngập giảm đáng kể thì công tại suối Ngang vẫn đảm bảo tốt nhiệm vụ thoát nước. Từ đó, nhóm nghiên cứu nhận định khẩu độ cống thoát nước là phù hợp. Tuy nhiên, trong tiêu chuẩn tính toán tiêu thoát nước hiện hành đã không đề cập đến việc tính toán tiêu thoát nước cho lưu vực bị thay đổi đặc tính. Chính điều này đã làm cho độ sâu ngập và thời gian ngập tăng lên đáng kể và thực tế đã xảy ra như kết quả nhóm nghiên cứu tính toán mô phỏng.

Từ phân tích trên cho thấy, các tiêu chuẩn thoát nước hiện hành còn bất cập. Cụ thể, tiêu chuẩn

chưa tính toán đầy đủ về khả năng thu nước và thoát nước của toàn bộ lưu vực sông, suối, mà chủ yếu dựa trên các công thức kinh nghiệm và hệ số tập trung nước. Đây là hạn chế trong ngành xây dựng, khi các tiêu chuẩn hiện tại chưa hoàn toàn phản ánh được các yếu tố thủy văn phức tạp.

Nhóm nghiên cứu kiến nghị rằng, trong quá trình thiết kế công trình, đặc biệt là các công trình có liên quan đến lưu vực sông suối, cần áp dụng cách tiếp cận quản lý lưu vực tổng hợp. Điều này đòi hỏi phải tính toán kỹ lưỡng dòng chảy trên toàn bộ lưu vực sông, suối, sử dụng các tiêu chuẩn và phương pháp liên ngành như thủy lợi, thay vì chỉ dựa vào các công thức kinh nghiệm hay tiêu chuẩn thoát nước ngành xây dựng, giao thông [3, 11].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngoc, T.A., Kazuki, H., Masayoshi, H., (2013). Optimizing Parameters for Two conceptual Hydrological Models using Genetic Algorithm: A Case Study in the Dau Tieng River Watershed, Vietnam. JARQ. Vol 43.1, 85-96.
- [2] Dũng L. H., Huy, L. Q., Thành, P. V., Hằng, V. T., Thủy, T. T., Đại, N. V., (2024). Ứng dụng mô hình HEC-RAS mô phỏng ngập lụt cho hạ lưu sông Ba. Tạp chí khoa học biên giới khí hậu. Số 30, 65-75.
- [3] Chống ngập đường cao tốc Dầu Giây – Phan Thiết, phải theo quản lý tổng hợp lưu vực sông
- [4] Nguyen, K. L., Liem, N. D., Le, H. T., Nguyen, T. H., Cao, D. T., Vo, N. Q. T., Tran, T. N., Tran, N. A., & Jeong, J. (2019). Automated procedure of real-time flood forecasting in Vu Gia – Thu Bon river basin, Vietnam by integrating SWAT and HEC-RAS models. Journal of Water and Climate Change, 10(3), 535-551.
- [5] El-Bagoury, H., & Gad, A. (2024), Integrated Hydrological Modeling for Watershed Analysis, Flood Prediction, and Mitigation Using Meteorological and Morphometric Data, SCS-CN, HEC-HMS/RAS, and QGIS. Water, 16(2), 356. <https://doi.org/10.3390/w16020356>
- [6] Teng, J.; Jakeman, A.J.; Vaze, J.; Croke, B.F.; Dutta, D.; Kim, S. Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. Environ. Model. Softw. 2017, 90, 201–216.
- [7] Cea, L.; Costabile, P. Flood Risk in Urban Areas: Modelling, Management and Adaptation to Climate Change. A Review Hydrology 2022, 9, 50.
- [8] Brunner, M.I.; Slater, L.; Tallaksen, L.M.; Clark, M. Challenges in modeling and predicting floods and droughts: A review. WIREs Water. 2021, 8, e1520.
- [9] Tom, R.O.; George, K.O.; Joanes, A.O.; Haron, A. Review of flood modelling and models in developing cities and informal settlements: A case of Nairobi city. J. Hydrol.-Reg. Stud. 2022, 43, 101188.
- [10] USGS Earth Explorer. Esri, I-Cubed, USDA, USGS, AEX, GeoEye, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, UPR-EGP, and the GIS User Community, ESRI. Available online.

[11] Urban Hydrology for Small Watersheds, p-55.