

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

**HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

---



**HUỲNH LƯU TRÙNG PHÙNG**

**ỨNG DỤNG KỸ THUẬT SINH THÁI GIẢM NHỆ TÁC  
ĐỘNG CỦA NGẬP LỤT TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ SINH THÁI HỌC**

**THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH, 2023**

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

HUỲNH LƯU TRÙNG PHÙNG

ỨNG DỤNG KỸ THUẬT SINH THÁI GIẢM NHỆ TÁC  
ĐỘNG CỦA NGẬP LỤT TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Chuyên ngành: Sinh thái học

Mã số: 9 42 01 20

LUẬN ÁN TIẾN SĨ SINH THÁI HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

- GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng
- TS. Lê Công Nhất Phương

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH, 2023

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xác nhận rằng đây là sản phẩm nghiên cứu độc lập của tôi. Các kết quả trình bày trong luận án đều được thu thập một cách chính xác và chưa được công bố trong bất kỳ công trình khoa học nào khác.

Những trích dẫn và tài liệu tham khảo trong luận án, có nguồn gốc rõ ràng, xác thực. Các số liệu được sử dụng và tham khảo đã được chấp thuận bằng văn bản, của các cơ quan, đơn vị có thẩm quyền và các cá nhân có liên quan.

Tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về những lời cam đoan của mình.

TP. Hồ Chí Minh, tháng 11 năm 2023

Người cam đoan



Huỳnh Lưu Trùng Phùng

## LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian tiến hành triển khai nghiên cứu, người viết đã hoàn thành nội dung luận án “**Ứng dụng kỹ thuật sinh thái giảm nhẹ tác động của ngập lụt tại Thành phố Hồ Chí Minh**”. Luận án được hoàn thành không chỉ là công sức của bản thân tác giả mà còn có sự giúp đỡ, hỗ trợ tích cực của nhiều cá nhân và tập thể.

Người viết xin chân thành cảm ơn Ban Lãnh đạo, Quý Thầy, Cô giáo của Học viện Khoa học và Công nghệ đã hướng dẫn, giúp đỡ, tạo điều kiện cho tôi trong quá trình học tập và hoàn thành luận án này.

Xin gửi lời tri ân tới Quý Thầy, Cô Viện Sinh học Nhiệt đới đã tận tình giảng dạy các môn chuyên ngành trong quá trình học tập, nghiên cứu tại Viện.

Xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng và TS. Lê Công Nhất Phương đã tận tình giúp đỡ, hướng dẫn người viết trong suốt quá trình thực hiện luận án.

Xin chân thành cảm ơn các đơn vị: Phân viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Biến đổi khí hậu, Sở Xây dựng TP. HCM, Trung tâm Quản lý hạ tầng kỹ thuật, Trung tâm Hệ thống thông tin Địa lý Thành phố Hồ Chí Minh, đã nhiệt tình giúp đỡ cũng như cung cấp cho người viết những số liệu, cơ sở dữ liệu cần thiết để hoàn thành luận án này một cách tốt nhất.

Xin chân thành cảm ơn các bạn bè, đồng nghiệp cùng gia đình, những người đã không ngừng ủng hộ, khích lệ và tạo điều kiện thuận lợi, giúp tôi hoàn thiện luận án này.

**NCS. Huỳnh Lưu Trùng Phùng**

## TÓM TẮT

Thành phố Hồ Chí Minh là một trong những thành phố lớn của Việt Nam chịu ảnh hưởng nặng nề nhất của tình trạng biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Công tác chống ngập luôn là ưu tiên hàng đầu và là nhiệm vụ cấp bách của Thành phố từ hơn 15 năm qua. Trong thời gian qua, chính quyền Thành phố đã thực hiện nhiều biện pháp công trình, phi công trình: xây dựng hồ điều tiết, xây dựng các công kiểm soát triều, xây dựng đê bao, nạo vét các trục tiêu thoát nước chính và kênh rạch, xây dựng các tuyến thu gom nước thải và nhà máy xử lý, ... nhằm giải quyết vấn đề ngập. Tuy nhiên với bất lợi về thời tiết và tốc độ đô thị hóa như hiện nay, nhiều khu vực sẽ tiếp tục ngập nặng nếu không có biện pháp ứng phó kịp thời. Như vậy, việc nghiên cứu và đề xuất giải pháp hiệu quả để giảm ngập theo cách tiếp cận mới với kỹ thuật phù hợp là rất cần thiết cả về mặt khoa học lẫn thực tiễn.

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đề xuất giải pháp giảm ngập dựa trên ứng dụng các kỹ thuật sinh thái, phù hợp với điều kiện Thành phố Hồ Chí Minh thông qua phương pháp mô hình hóa, với việc kết hợp các mô hình MIKE NAM, MIKE FLOOD, MIKE URBAN để tính toán nguy cơ ngập cho Thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030 với hai kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng RCP 4.5 và RCP 8.5 của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kết quả cho thấy còn nhiều khu vực ở thành phố bị ngập và có dấu hiệu tăng lên về độ sâu ngập theo các kịch bản trung bình thấp và cao của kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng, điều này cần được sớm khắc phục và có các giải pháp kịp thời cho quy hoạch thoát nước, đồng thời cũng góp phần phát triển đô thị và hạ tầng cho thành phố.

Đây là nghiên cứu đầu tiên đề xuất ứng dụng tổ hợp kỹ thuật sinh thái trong việc giảm thiểu mức độ ngập, đã được thực hiện tính toán tại một địa điểm cụ thể và cho kết quả khả quan. Kết quả nghiên cứu kỳ vọng cung cấp được cơ sở khoa học, là nền tảng trong việc định hướng cho công tác giảm ngập trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh.

## ABSTRACT

Ho Chi Minh City is one of the major cities of Vietnam that is most affected by climate change and sea level rise. Flood control has always been a top priority and an urgent task of Ho Chi Minh City for more than 15 years. There are many structural and non-structural solutions to deal with urban flooding in Ho Chi Minh City: regulator lake, controlled reduced tide system, construction sea dikes, wastewater collection system and treatment plants, etc in Ho Chi Minh City. However, with adverse weather conditions, many areas will continue to be flooded if no timely response measures are taken. Thus, it is very necessary to research and propose effective solutions to reduce flooding according to a new approach with appropriate techniques, both in science and in practice.

The objective of this study is to propose a solution to reduce flooding based on the application of ecological techniques, suitable to the conditions of Ho Chi Minh City by modeling method, with the combination of MIKE NAM, MIKE FLOOD, MIKE URBAN models to calculate flood risk for Ho Chi Minh City up to 2030 with two scenarios of climate change and sea level rise (RCP4.5 and RCP8.5) of the Ministry of Natural Resources and Environment. The results show that many areas in the City are flooded and show signs of increasing inundation depth under the low and high emission scenarios, which should be corrected soon and to have timely solutions for the drainage planning. This contributes to urban development and infrastructure for the City.

This is the first study that proposes the application of an ecological technique complex in reducing the level of flooding and its implementation at a specific location showed positive results. The research results are expected to provide a scientific basis, which is a foundation for flood reducing orientation in Ho Chi Minh City.

## MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<b>TÓM TẮT.....</b>	<b>III</b>
<b>MỤC LỤC .....</b>	<b>V</b>
<b>DANH MỤC BẢNG.....</b>	<b>IX</b>
<b>DANH MỤC HÌNH .....</b>	<b>X</b>
<b>MỞ ĐẦU .....</b>	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Tổng quan vấn đề nghiên cứu.....</b>	<b>5</b>
<b><i>1.1.1. Tổng quan về ngập lụt đô thị.....</i></b>	<b><i>5</i></b>
1.1.1.1. Những nguyên nhân cơ bản gây nên tình trạng ngập lụt đô thị .....	5
1.1.1.2. Phân cấp các điểm ngập theo quy định hiện hành .....	8
<b><i>1.1.2. Tổng quan về các giải pháp giảm ngập.....</i></b>	<b><i>9</i></b>
1.1.2.1. Tổng quan về nghiên cứu các giải pháp giải quyết ngập lụt đô thị trên thế giới .....	9
1.1.2.2. Tổng quan nghiên cứu về ngập lụt đô thị tại TP.HCM.....	18
<b><i>1.1.3. Tổng quan về các giải pháp sinh thái để nâng cao khả năng thích nghi và ứng phó ngập lụt đô thị.....</i></b>	<b><i>22</i></b>
1.1.3.1. Công trình thiết kế theo phương pháp tiếp cận liên ngành (SUDS).....	24
1.1.3.2. Hạ tầng xanh trong giảm ngập lụt.....	27
<b>1.2. Tổng quan về khu vực nghiên cứu .....</b>	<b>28</b>
<b><i>1.2.1. Vị trí địa lý, đặc điểm tự nhiên của Thành phố Hồ Chí Minh .....</i></b>	<b><i>28</i></b>
1.2.1.1. Vị trí địa lý .....	28
1.2.1.2. Đặc điểm tự nhiên Thành phố Hồ Chí Minh.....	28
1.2.1.3. Tổng quan khu vực nghiên cứu thí điểm về giải pháp sinh thái giảm ngập...	30
<b><i>1.2.2. Tổng quan về tình hình ngập trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh .....</i></b>	<b><i>31</i></b>
1.2.2.1. Tình hình ngập do mưa trên địa bàn thành phố .....	31
1.2.2.2. Tình hình ngập do triều trên địa bàn thành phố .....	31
<b><i>1.2.3. Hệ thống thoát nước hiện hữu và quy hoạch hệ thống thoát nước.....</i></b>	<b><i>32</i></b>
1.2.3.1. Quy mô hệ thống thoát nước hiện hữu.....	32
1.2.3.2. Quy hoạch hệ thống thoát nước của Thành phố.....	32
1.2.3.3. Các quy hoạch hiện nay so với thực tiễn của Thành phố.....	37
<b>CHƯƠNG 2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....</b>	<b>39</b>
<b>2.1. Cách tiếp cận .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2 Dữ liệu .....</b>	<b>40</b>
<b><i>2.2.1. Dữ liệu bản đồ .....</i></b>	<b><i>40</i></b>

2.2.2. Dữ liệu khí tượng – thủy văn .....	41
2.2.3. Dữ liệu mạng lưới thoát nước hiện trạng .....	44
2.2.4. Các tài liệu liên quan khác.....	46
2.2. Các nội dung và phương pháp nghiên cứu.....	47
2.2.1. Đánh giá hiện trạng và nguy cơ ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh trong bối cảnh biến đổi khí hậu.....	47
2.2.1.1. Phương pháp ứng dụng mô hình toán .....	47
2.2.1.2. Phương pháp GIS .....	56
2.2.2. Ứng dụng kỹ thuật sinh thái để giảm thiểu tình trạng ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh.....	59
2.2.2.1. Kỹ thuật cây xanh đường phố (Green-Roads- GRs).....	59
2.2.2.2. Kỹ thuật sinh thái JW (Jui-Wen Chen) .....	60
2.2.2.3. Kỹ thuật hồ sinh thái .....	61
2.2.2.4. Tạo mảng xanh đô thị.....	61
2.3. Đánh giá tính khả thi trong việc áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái.....	62
<b>CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....</b>	<b>64</b>
<b>3.1. Đánh giá hiện trạng và nguy cơ ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh trong bối cảnh biến đổi khí hậu.....</b>	<b>64</b>
3.1.1. Đánh giá hiện trạng ngập của khu vực TP.HCM.....	65
3.1.1.1. Thông số thiết kế mô hình và thiết lập thời gian tính toán.....	65
3.1.1.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11 .....	66
3.1.1.3. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE FLOOD .....	68
3.1.1.4. Kết quả tính toán ngập hiện trạng .....	69
3.1.1.5. Bản đồ ngập hiện trạng khu vực TP. HCM.....	72
3.1.2. Đánh giá nguy cơ ngập tại TP. HCM đến năm 2030 theo các kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 và RCP 8.5.....	83
3.1.2.1. Đánh giá nguy cơ ngập theo kịch bản RCP 4.5 .....	83
3.1.2.2. Đánh giá nguy cơ ngập cho khu vực TPHCM theo kịch bản phát thải cao RCP 8.5 .....	95
3.2. Ứng dụng kỹ thuật sinh thái để giảm thiểu tình trạng ngập tại Thành Phố Hồ Chí Minh, tính toán cho trường hợp cụ thể.....	105
3.2.1. Đánh giá tình trạng ngập khu vực phường Bình An theo hiện trạng sử dụng đất .....	108
3.2.2. Đánh giá nguy cơ ngập khu vực phường Bình An theo kịch bản phát thải trung bình thấp RCP 4.5 .....	114
3.2.3. Đánh giá nguy cơ ngập khu vực phường Bình An theo kịch bản phát thải cao RCP 8.5 .....	118
3.3. Đánh giá tính khả thi áp dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập phường Bình An .	105



<i>3.3.1. Đánh giá tính khả thi áp dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo hiện trạng</i>	<i>105</i>
<i>3.3.2. Đánh giá tính khả thi áp dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản RCP 4.5</i>	<i>106</i>
<i>3.3.3. Đánh giá tính khả thi áp dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản RCP 8.5</i>	<i>107</i>
<b>CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ</b>	<b>110</b>
<b>4.1. Kết luận</b>	<b>110</b>
<b>4.2. Kiến nghị</b>	<b>111</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>	<b>113</b>

**DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC TỪ VIẾT TẮT**

TP.HCM	: Thành phố Hồ Chí Minh
Hxd	: Cao độ xây dựng không chế
BĐKH	: Biến đổi khí hậu
NBD	: Nước biển dâng
IPCC	: Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu
AR5	: Báo cáo đánh giá lần thứ 5
RCPs	: Đường nồng độ khí nhà kính đại diện
KTXH	: Kinh tế xã hội
UNESCO	: Tổ chức Giáo dục, Khoa học và Văn hóa Liên Hợp Quốc
KNK	: Khí nhà kính
TN&MT	: Tài nguyên và Môi trường
ĐBSCL	: Đồng bằng sông Cửu Long
VSMT	: Vệ sinh môi trường
NN-PTNT	: Nông nghiệp và Phát triển nông thôn
GIS	: Hệ thống thông tin địa lý
QHSDĐ	: Quy hoạch sử dụng đất

**DANH MỤC BẢNG**

Bảng 1.1. Các lưu vực thoát nước bản.....	34
Bảng 2.1. Thống kê các trạm đo mực nước chính trong khu vực.....	43
Bảng 2.2. Thống kê mạng lưới kênh rạch theo vùng.....	45
Bảng 2.3. Các thông số của mô hình NAM.....	51
Bảng 3.1. Thông số thiết kế mô hình và thiết lập thời gian tính toán.....	65
Bảng 3.2. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11.....	67
Bảng 3.3. Bảng thống kê ngập tại khu vực TP.HCM trận mưa ngày 26/9/2016.....	69
Bảng 3.4. Một số tuyến đường bị ngập cục bộ lưu vực trung tâm Thành phố.....	80
Bảng 3.5. Một số tuyến đường bị ngập cục bộ lưu vực Đông thuộc TP. Thủ Đức ..	81
Bảng 3.6. Một số tuyến đường bị ngập cục bộ theo các lưu vực.....	82
Bảng 3.7. Mưa thiết kế có xét đến tác động BĐKH.....	83
Bảng 3.8. Mực nước theo các KBĐKH 2030.....	83
Bảng 3.9. Nguy cơ các vùng ngập theo kịch bản RCP 4.5.....	94
Bảng 3.10. Nguy cơ các vùng ngập theo kịch bản RCP 8.5.....	96
Bảng 3.11. Kết quả tính toán ngập hiện trạng và đề xuất giải pháp giảm ngập.....	110
Bảng 3.12. Kết quả tính toán ngập theo kịch bản RCP 4.5 và đề xuất giải pháp giảm ngập.....	116
Bảng 3.13. Kết quả tính toán ngập theo kịch bản RCP 8.5 và đề xuất giải pháp giảm ngập.....	120
Bảng 3.14. Hệ số khả thi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản hiện trạng.....	106
Bảng 3.15. Hệ số khả thi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản RCP 4.5.....	107
Bảng 3.16. Hệ số khả thi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản RCP 8.5.....	108

## DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Khung chuyển đổi nước đô thị.....	13
Hình 1.2. Sơ đồ chuyển động của nước trong đô thị .....	16
Hình 1.3. Sự khác nhau trong quan điểm ứng xử ngập lụt của đô thị: “chống chịu” và “đàn hồi” .....	17
Hình 1.4. Đô thị sinh thái tại Nhật Bản.....	23
Hình 1.5. Đô thị sinh thái tại Pháp .....	23
Hình 1.6. Đô thị sinh thái tại Stockholm.....	23
Hình 1.7. Đô thị sinh thái tại Singapore .....	23
Hình 1.8. Các giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái.....	26
Hình 1.9. Vị trí phường An Khánh trên bản đồ Thành phố Hồ Chí Minh.....	30
Hình 2.1. Khung logic thực hiện đề tài .....	39
Hình 2.2. Bản đồ địa hình và bản đồ sử dụng đất TP.HCM .....	40
Hình 2.3. Bản đồ giao thông và bản đồ thủy hệ TP.Hồ Chí Minh.....	41
Hình 2.4. Bản đồ vị trí các trạm quan trắc mưa .....	42
Hình 2.5. Vị trí các trạm quan trắc thủy văn năm 2009 và 2015 .....	44
Hình 2.6. Cấu trúc mô hình NAM .....	49
Hình 2.7. Sơ đồ khối liên kết của mô hình Mike Flood.....	53
Hình 2.8. Liên kết bên được sử dụng để liên kết 2 bờ sông vào chuỗi ô lưới .....	54
Hình 2.9. Nước ngập từ MIKE 21 chảy vào hệ thống thoát nước không quá tải .....	54
Hình 2.10. Mặt cắt ngang của cống xả nước xuống sông qua một con đập .....	55
Hình 2.11. Ứng dụng kỹ thuật kỹ thuật cây xanh đường phố tại Singapore.....	60
Hình 2.12. Sơ đồ cấu trúc ứng dụng kỹ thuật sinh thái JW giảm ngập khu vực nghiên cứu.....	61
Hình 2.13. Ứng dụng kỹ thuật hồ sinh thái tại Singapore.....	61
Hình 3.1. Trận mưa thực tế .....	65
Hình 3.2. Con triều thực tế.....	65
Hình 3.3. Mực nước trạm Nhà Bè tháng 9 sau kiểm định .....	67
Hình 3.4. Mực nước trạm Phú An tháng 9 sau kiểm định .....	67
Hình 3.5. Mực nước trạm Đồng Tranh tháng 9 sau kiểm định.....	67

Hình 3.6. So sánh đường quá trình lưu lượng mô phỏng khi có ứng dụng kỹ thuật sinh thái của trận mưa ngày 25 tháng 11 năm 2018 .....	68
Hình 3.7. Trắc dọc mực nước cao nhất tại một số tuyến đường bị ngập .....	71
Hình 3.8. Bản đồ ngập hiện trạng khu vực TP. HCM theo các lưu vực thoát nước .	79
Hình 3.9. Bản đồ ngập khu vực thành phố Hồ Chí Minh ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại P=10 năm.....	90
Hình 3.10. Kết quả tổng độ sâu ngập một số tuyến đường tại TP. HCM .....	94
Hình 3.11. Bản đồ ngập khu vực thành phố Hồ Chí Minh ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại P=10 năm .....	102
Hình 3.12. Diễn biến tổng độ sâu ngập các tuyến đường theo kịch bản RCP 8.5 .	104
Hình 3.13. Bản đồ hiện trạng ngập phường Bình An .....	108
Hình 3.14. Bản đồ nguy cơ ngập khu vực phường Bình An theo kịch bản RCP 4.5 .....	114
Hình 3.15. Bản đồ nguy cơ ngập khu vực phường Bình An theo kịch bản RCP 8.5 .....	118

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Ngập lụt đô thị được coi là một vấn đề chiến lược, ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế-xã hội của quốc gia, thu hút sự chú ý từ cộng đồng, và đặc biệt là cơ quan quản lý. Tại những đô thị lớn của Việt Nam, nổi bật là Thành phố Hồ Chí Minh, hiện tượng ngập đã gây ra những ảnh hưởng tiêu cực đối với cuộc sống người dân và tạo ra thiệt hại kinh tế đáng kể. Được xếp vào danh sách 10 đô thị toàn cầu có nguy cơ cao về ảnh hưởng từ biến đổi khí hậu, Thành phố Hồ Chí Minh dự báo sẽ phải đối mặt với tình trạng ngập lụt nghiêm trọng hơn dưới tác động của biến đổi khí hậu. Hơn nữa, với sự gia tăng nhanh chóng về quá trình đô thị hóa cùng tình hình sụt lún và lún nền, nguy cơ ngập lụt ở thành phố này dự kiến sẽ tăng cao. [1]

Thành phố Hồ Chí Minh, tọa lạc tại vùng tiếp giáp giữa miền Đông Nam Bộ và Đồng bằng sông Cửu Long, có địa hình giảm dần từ Bắc về Nam và từ Tây sang Đông. Thành phố này nằm trong vùng bị triều cường ảnh hưởng từ tháng 5 đến tháng 11, phụ thuộc vào mùa gió Tây Nam và tiếp tục phải đối mặt với các hậu quả của biến đổi khí hậu. Một tình trạng ngập lụt thường xuyên xuất hiện do Thành phố nằm ở khu vực hạ lưu của sông Sài Gòn và Đồng Nai, giáp với Biển Đông và khoảng 60% diện tích thành phố có độ cao chỉ khoảng 1,5m trở xuống. Thêm vào đó, bản chất địa chất không đồng nhất ở một số vị trí và hệ thống thoát nước không theo kịp với sự phát triển đô thị, hoặc bị tắc nghẽn, khiến cho việc áp dụng các biện pháp chống ngập trong thời gian qua chưa thật sự hiệu quả. Mặc dù Thành phố đã đầu tư và triển khai nhiều dự án chống ngập dựa trên các quy hoạch đã được duyệt, thực tế thực hiện lại gặp phải nhiều khó khăn, từ kinh phí cho đến việc không kiểm soát được tốc độ đô thị hóa. Một số kênh rạch đã bị san lấp giảm diện tích chứa và thoát nước. Các tác động từ biến đổi khí hậu cùng với ý thức của người dân về việc xả thải không đúng quy định cũng đã gia tăng khó khăn trong việc giải quyết vấn đề ngập lụt.

Ngập lụt đô thị, đặc biệt là tại TP. HCM đã được chính quyền Thành phố quan tâm, tổ chức nhiều cuộc hội thảo, các cuộc họp nhằm tham vấn ý kiến các nhà khoa học, huy động cộng đồng người dân Thành phố cùng tham gia giải quyết vấn đề này, tìm ra các biện pháp khả thi giảm ngập cho Thành phố. Kinh phí từ ngân sách và các nguồn vận động xã hội hóa đã đầu tư xây dựng nhiều công trình phục vụ công tác

chống ngập. Nhìn chung, các công trình chống ngập hiện tại của Thành phố (hệ thống cống ngăn triều, cải tạo hệ thống thoát nước, ...) đã phát huy được một phần tác dụng nhưng vẫn chưa thật sự giải quyết triệt để vấn đề ngập của Thành phố. Do đó, việc rà soát lại quy hoạch đã được phê duyệt nhằm đưa ra các giải pháp xử lý, thích nghi, ứng phó với những tác động bất lợi của ngập đồng thời triển khai được các giải pháp giảm ngập một cách bền vững với chi phí thấp nhất là việc làm cấp thiết của Thành phố.

Chính vì thế, việc tiến hành đánh giá hiện trạng và nguy cơ ngập dưới góc độ mô hình hóa, cũng như xác định các kịch bản ngập dựa trên kịch bản BĐKH và NBD do Bộ Tài nguyên & Môi trường đề ra (bao gồm kịch bản trung bình thấp RCP 4.5 và kịch bản cao RCP 8.5), trở thành điểm nhấn quan trọng. Từ đó, sẽ đề xuất những giải pháp kỹ thuật sinh thái, với mục tiêu giảm thiểu ngập lụt và thúc đẩy việc xanh hóa đô thị, nhằm hỗ trợ cho sự phát triển bền vững của TP. HCM. Việc này không chỉ đáp ứng nhu cầu cấp thiết của Thành phố mà còn góp phần vào việc thích nghi hiệu quả với BĐKH và NBD trong bối cảnh thời đại hiện nay.

Xuất phát từ những vấn đề trên, để có những đánh giá khoa học, đưa ra những định hướng và giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái trong việc xử lý tình trạng ngập phù hợp với điều kiện tại Thành phố Hồ Chí Minh và đạt hiệu quả, đề tài “*Ứng dụng kỹ thuật sinh thái giảm nhẹ tác động của ngập lụt tại thành phố Hồ Chí Minh*” đã được chọn làm chủ đề nghiên cứu cho luận án tiến sĩ của tác giả.

## **2. Ý nghĩa khoa học, thực tiễn nghiên cứu của luận án**

**Ý nghĩa khoa học:** Tiếp cận giải pháp tổng hợp để giảm ngập, trong đó ứng dụng kỹ thuật sinh thái là trọng tâm; xác định được cơ sở khoa học về việc sử dụng tổ hợp các giải pháp sinh thái cho việc giải quyết tình trạng ngập của Thành phố Hồ Chí Minh. Hiệu quả của các giải pháp đề xuất được tính toán tại một khu vực cụ thể nhằm xác định tính khả thi của việc ứng dụng kỹ thuật sinh thái, kết quả nghiên cứu của luận án sẽ mở ra một cách tiếp cận mới và có khả năng thay đổi quan điểm trong việc định hướng các giải pháp chống ngập của Thành phố.

**Ý nghĩa thực tiễn:** kết quả nghiên cứu của Luận án là cơ sở giúp các nhà quản lý đề ra chiến lược và giải pháp ứng phó với tình trạng ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả nghiên cứu có giá trị tham khảo không chỉ giới hạn trong phạm vi

nghiên cứu mà còn có khả năng tính toán mở rộng đối với các khu vực khác của thành phố nói riêng và địa phương khác nói chung.

### 3. Mục tiêu nghiên cứu

**Mục tiêu chung:** Nghiên cứu đề xuất các phương pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái để giảm nhẹ tác động của ngập lụt tại Thành phố Hồ Chí Minh.

**Mục tiêu cụ thể:**

- Làm rõ cơ sở lý luận và thực tiễn trong việc nghiên cứu, ứng dụng kỹ thuật sinh thái trong việc giảm nhẹ tác động của ngập lụt tại Thành phố Hồ Chí Minh.
- Đánh giá hiện trạng và nguy cơ ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030 theo các kịch bản BĐKH và NBD của Bộ Tài nguyên và Môi trường.
- Đánh giá khả năng ứng dụng các giải pháp sinh thái để giảm thiểu tình trạng ngập, tính toán về hiệu quả giảm ngập sau khi sử dụng giải pháp tại một khu vực cụ thể. Trên cơ sở các kết quả tính toán, đề xuất một số giải pháp sinh thái phù hợp có thể ứng dụng phù hợp với điều kiện khu vực.

### 4. Các câu hỏi nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu của luận án sẽ tập trung trả lời các câu hỏi sau:

1. Thực trạng và nguy cơ ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh trong bối cảnh BĐKH hiện nay như thế nào?
2. Những khu vực ngập đáng quan tâm và yếu tố nào ảnh hưởng đến tình trạng ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh?
3. Giải pháp sinh thái nào phù hợp và cần được thực hiện để giải quyết tình trạng ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh?

### 5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

**Đối tượng nghiên cứu:** Luận án tập trung nghiên cứu tính khả thi và tiềm năng ứng dụng các giải pháp sinh thái trong việc giảm thiểu tác động của ngập lụt tại Thành phố Hồ Chí Minh. Đối tượng nghiên cứu chính là tình trạng ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh.

**Phạm vi nghiên cứu:** Phạm vi nghiên cứu của luận án là khu vực TP. HCM. Địa điểm được chọn cụ thể để tính toán hiệu quả giảm ngập của các giải pháp sinh thái là phường An Khánh (khu vực phường Bình An), thành phố Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh.



## **6. Những đóng góp mới của luận án**

Tính toán và xây dựng bản đồ ngập dựa trên các kịch bản BĐKH với mức độ chi tiết cho hệ thống thoát nước và độ phân giải mô hình tính toán ngập cấp lưu vực và khu vực nghiên cứu.

Tiếp cận sinh thái giải quyết giảm ngập tập trung cho 01 khu vực nhằm tăng cường năng lực thấm, để giải quyết tình trạng ngập úng trong bối cảnh hiện trạng phát triển không đồng bộ cơ sở hạ tầng ở các khu vực đô thị mới và tác động của BĐKH theo các kịch bản BĐKH (RCP 4.5 và RCP 8.5).

Luận án đã góp phần làm rõ tính khả thi và tiềm năng ứng dụng kỹ thuật sinh thái trong việc giải quyết tình trạng ngập lụt của thành phố. Từ kết quả nghiên cứu của luận án đã đề xuất các giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái phù hợp để giảm thiểu tình trạng ngập lụt tại TP. HCM.

## **7. Luận điểm bảo vệ**

Giảm ngập nước là vấn đề quan trọng của Thành phố Hồ Chí Minh, được chính quyền Thành phố quan tâm và tốn nhiều chi phí để tìm ra các giải pháp thực hiện. Vì vậy, đánh giá tính khả thi và tiềm năng ứng dụng kỹ thuật sinh thái trong việc giảm thiểu tác động của ngập lụt sẽ giúp tìm ra những giải pháp phù hợp, thân thiện với môi trường, tận dụng những điều kiện có sẵn để giảm thiểu chi phí và đạt hiệu quả.

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN**

### **1.1. Tổng quan vấn đề nghiên cứu**

#### **1.1.1. Tổng quan về ngập lụt đô thị**

Ngày nay, ngập úng trong nội đô là một trong những vấn đề nan giải, có thể nói đây là vấn đề quan tâm của toàn xã hội. Ngập lụt gây ra những tác động nghiêm trọng, ảnh hưởng đến khu vực sản xuất, gây thiệt hại cho những công trình hạ tầng kỹ thuật, các công trình xây dựng và đặc biệt là đời sống của người dân Thành phố do các hoạt động vận tải, di chuyển bị đình trệ, góp phần làm gia tăng ô nhiễm và gây tổn thất không nhỏ về sự phát triển kinh tế - xã hội.

##### 1.1.1.1. Các vấn đề và yếu tố cơ bản gây ngập úng trong nội thị

###### a) Nguyên nhân từ điều kiện tự nhiên

Các đặc điểm liên quan đến địa hình, đặc điểm về tự nhiên, chế độ thủy triều, chế độ mưa (vũ lượng) hoặc các hiện tượng cực đoan ở khu vực thượng lưu, vùng và khu vực lân cận, mà sự biến đổi khí hậu là một trong những nguyên nhân đầu tiên đã gây nên vấn đề ngập úng trong nội thị.

- Ngập lụt do ảnh hưởng và tác động của biên độ triều: biên độ triều chi phối và ảnh hưởng, tác động không nhỏ tới những khu vực hạ lưu, vùng trũng thấp, các bãi bồi ven sông và cả những khu vực nằm trong phạm vi của đỉnh triều (triều cường). Các khu vực vùng trũng thấp sẽ bị ngập do sự tác động của thủy triều cùng với việc tiêu thoát nước kém hoặc bị hạn chế sẽ làm gia tăng ngập lụt nghiêm trọng hơn và gây nên hiệu ứng ngập đô thị nếu các hồ thủy điện, thủy lợi xả lũ từ các vùng thượng lưu và khu vực lân cận.

- Ngập do ảnh hưởng của mưa: mức độ ngập sẽ càng sâu hơn trong tình trạng lượng mưa ngày càng gia tăng, thời gian mưa kéo dài và trên diện rộng (mưa có tổng lượng mưa cao và bất thường, vượt khả năng thoát nước của các công trình tiêu thoát nước).

- Ngập úng do ảnh hưởng của lũ: mức độ ngập sẽ nghiêm trọng hơn nếu có mưa to, triều cường xảy ra đồng thời với mực nước dâng cao ở các sông và xả lũ của các hệ thống công trình thủy lợi, thủy điện ở thượng lưu và vùng phụ cận.

###### b) Nguyên nhân do các công trình tiêu thoát nước không đáp ứng hoặc hạn chế khả năng tiêu thoát nước

Đa số các thành phố lớn được hình thành và xây dựng trước đây có hệ thống tiêu thoát nước không hoặc hạn chế đáp ứng khả năng tiêu thoát nước trong các trường hợp bất thường của điều kiện tự nhiên, như sự cực đoan của khí hậu (chế độ mưa, chế độ thủy triều, tương tác sông biển, v.v.) cùng với sự thu hẹp các vùng trũng thấp, bãi bồi tự nhiên, bị thu hẹp phục vụ cho nhu cầu phát triển đô thị, đã làm gia tăng sự nghiêm trọng vấn đề ngập úng trong các thành phố. Trước đây, do các nguyên nhân khách quan và chủ quan, mỗi thành phố được xây dựng và phát triển trong điều kiện và bối cảnh khác nhau, như sự tính toán và tầm nhìn trong quy hoạch, khả năng đầu tư các hệ thống công trình công cộng, đặc biệt là hệ thống tiêu thoát nước chưa phát triển đúng mức và có thể chưa lường hết các hiện tượng cực đoan, các ảnh hưởng và tác động từ các hệ thống công trình thủy lợi, thủy điện ở khu vực thượng nguồn và phụ cận. Bên cạnh đó, các hệ thống cống, kênh tiêu thoát nước cũ không đáp ứng được khả năng tiêu thoát nước hoặc không được mở rộng, cải tạo, bảo dưỡng, thường xuyên cũng góp phần tạo nên hiện tượng ngập ở nhiều cửa khu vực trong nội thành khi có mưa (kể cả mưa vừa). Một vấn đề cần quan tâm nữa là tại các khu vực nội thành được hệ thống tiêu thoát nước thiếu đồng bộ giữa đầu tư xây dựng mới và cải tạo mở rộng hệ thống hiện hữu (do tốc độ triển khai chậm, thiếu vốn, thiếu kết nối giữa hệ thống cũ và mới,...) cũng góp phần gia tăng ngập.

Để thuận tiện cho việc thoát nước, một số đô thị lựa chọn phương án xây dựng ở những nơi có địa hình thấp, tương đối bằng phẳng và kết nối với các kênh, rạch tự nhiên thành các ô, do đó có được đường tiêu nước ngắn và dễ dàng thoát nước. Bên cạnh việc thuận lợi thì đặc điểm này cũng là yếu tố nhược điểm giúp cho thủy triều và nước lũ đi vào trong nội thành làm gia tăng sự ngập lụt cũng như mức độ ngập ở trong thành phố. Nhiều thành phố chọn xử lý vấn đề ngập hiện tại bằng giải pháp hệ thống công trình như bê tông hoá, đê bao kênh, rạch và hai bên bờ sông, cùng với việc tôn nền. Tuy nhiên, giải pháp công trình vẫn không đảm bảo cho giải pháp tối ưu trong việc chống ngập úng trong nội thành. Thêm vào đó, các vùng trũng ngập tự nhiên bị thu hẹp, các hệ thống công trình công cộng, dân sinh, cùng với việc thu hẹp thảm thực vật ven bờ các dòng sông, kênh, rạch, v.v. làm giảm khả năng tiêu thoát nước, tác động không nhỏ đến dòng chảy sông ngòi, kênh, rạch hoặc gây tình trạng kênh bị san lấp hoặc bị thu hẹp. Ngoài ra, một số các công trình trong thời gian thi

công thực hiện, không có các giải pháp tối ưu trong dẫn dòng cũng góp phần gây ngập.

c) Nguyên nhân do công tác quy hoạch và tầm nhìn chiến lược trong phát triển đô thị

Trước đây, do các nguyên nhân khách quan và chủ quan công tác lập quy hoạch và xây dựng phát triển đô thị chưa lồng ghép tối ưu và đồng bộ, giữa các vùng và khu vực, nhiều không tính đến, hoặc chưa lường hết được các hiện tượng cực đoan của thiên nhiên (Biến đổi khí hậu, nước biển dâng) dẫn đến các công trình hạ tầng không đáp ứng được so với diễn biến thực tế hiện nay, một số hệ thống công trình tiêu thoát nước trở nên quá tải dù mới được đầu tư.

Không kiểm soát được tốc độ đô thị hóa, trong xu thế phát triển Kinh tế - Xã hội nói chung, thành phố lớn có tốc độ phát triển và đô thị hoá rất cao và nhanh, như: về dân số, giao thông, các công trình dân sinh, công cộng, v.v. Ngược lại, diện tích các vùng trũng thấp, vùng ngập, bán ngập theo mùa, đất nông nghiệp, các hành lang ven sông, kênh, rạch (Nơi được xem chứa nước và phân bổ, điều tiết lượng nước trong thủy vực) bị thu hẹp cùng với việc thực hiện các giải pháp công trình làm gia tăng lượng nước bề mặt, giảm khả năng lượng nước thấm xuống lòng đất đã làm gia tăng nguy cơ ngập úng trong nội thành.

d) Nguyên nhân do năng lực quản lý đô thị

Hiện nay, việc thực hiện quy hoạch và quản lý phát triển hệ thống tiêu thoát nước còn nhiều hạn chế do những tồn tại và các nguyên nhân khách quan và chủ quan, còn tốn nhiều thời gian và chưa thực sự có tính chiến lược lâu dài. Các quy hoạch và quản lý mang tầm ngắn và trung hạn, với giải pháp mang tính tạm thời “Ngập úng ở khu vực nào thì giải quyết ở khu vực đó”. Các kế hoạch thực hiện định kỳ duy tu, nạo vét các hệ thống tiêu thoát nước và sông ngòi, kênh, rạch hàng năm, nhưng trên thực tế vẫn còn nhiều hạn chế chưa phát huy hết khả năng tiêu thoát nước và giảm ngập trong khu vực nội thành. Việc đầu tư đồng bộ cơ sở hạ tầng tiêu thoát nước là thật sự cần thiết và cần mức kinh phí cao, điều này đã gây không ít khó khăn trong vấn đề tiêu thoát nước và giảm tiến tới xóa bỏ những khu vực bị ngập. Quan trọng nhất là do năng lực quản lý, chính quyền còn rất lúng túng và chưa có quy định chặt chẽ trong việc giải quyết một số trường hợp cụ thể.

đ) Nguyên nhân do ý thức của người dân

Ở các đô thị lớn, cộng đồng đóng vai trò không nhỏ trong việc tham gia và ý thức bảo vệ môi trường, gìn giữ và bảo vệ các công trình công cộng, trong đó có cả công trình tiêu thoát nước. Việc xả thải không đúng quy định, hoặc khai thác nước ngầm phục vụ các hoạt động sản xuất, xâm lấn các hệ thống kênh, rạch, sông ngòi tự nhiên, v.v. không đúng quy định sẽ làm cho hệ thống thoát nước bị tắc, hạn chế dòng chảy, gây khó khăn cho việc tiêu thoát nước. [2]

1.1.1.2. Phân cấp các điểm ngập theo quy định hiện hành

Theo Bộ Xây dựng “*Các điểm ngập ứng cực bộ nằm trong giới hạn cho phép là độ sâu ngập ứng tối đa 30 cm, thời gian ngập ứng (thời gian rút) không quá 30 phút*” (Công văn số 338/BXD-KTQH ngày 10 tháng 03 năm 2003). Ngập nước đô thị là tình trạng ngập mà trong đó các khu vực, hoặc điểm bị ngập ứng trong đô thị được xác định chi tiết như sau: Thể tích nước tại khu vực phải lớn hơn 1.000 m<sup>3</sup> tương đương với phạm vi ngập dài 500 m, rộng 20 m, sâu 0,1 m, thời gian ngập là 30 phút sau khi mưa. Điểm ngập là điểm ngập nước sau cơn mưa, nước ngập đủ để gây trở ngại giao thông. Điểm ngập được phân thành 04 cấp: ngập nặng, ngập vừa, ngập nhẹ và không ngập.

Cấp ngập	Mô tả	Thời gian tiêu thoát nước	Diện tích ngập
Điểm ngập nặng <i>Lưu ý: Nếu có một trong ba yếu tố nhỏ hơn sẽ được xem là điểm ngập vừa</i>	Vị trí nước tụ lại với độ sâu $H > 0,3$ m	Không tiêu thoát hết trong thời gian $t > 120$ phút và sau khi dứt mưa	$S > 4.000$ m <sup>2</sup>
Điểm ngập vừa	Vị trí nước tụ lại với độ sâu $0,15 \text{ m} \leq H \leq 0,3$ m	Không tiêu thoát hết trong thời gian $30 \text{ phút} \leq t \leq 120$ phút sau khi dứt mưa	$2.000\text{m}^2 \leq S \leq 4.000$ m <sup>2</sup>
Điểm ngập nhẹ <i>Lưu ý: Nếu có một trong ba yếu tố lớn hơn sẽ được xem là điểm ngập vừa</i>	Vị trí nước tụ lại với độ sâu $0,1 \text{ m} < H < 0,15$ m	Không tiêu thoát hết trong thời gian $t < 30$ phút sau khi dứt mưa	$S < 2.000$ m <sup>2</sup>
Điểm không ngập	Vị trí nước tụ lại với độ sâu $H \leq 0,1$ m	Tiêu thoát hết nước trong thời gian $t < 30$ phút sau khi dứt mưa	

### 1.1.2. Tổng quan về các giải pháp giảm ngập

#### 1.1.2.1. Tổng quan các công trình nghiên cứu trên thế giới

Trước đây, trên thế giới nhiều thành phố đã sử dụng các giải pháp công trình nhằm giải quyết và ngăn chặn sự ngập úng trong thành phố. Các giải pháp công trình như: Thiết kế và xây dựng hệ thống công trình đê hoặc các cống đập với mục đích ngăn chặn sự ngập lụt, sự xâm nhập của nước sông, biển vào thành phố. Sử dụng các thiết bị máy móc như hệ thống bơm và thoát nước. Thực hiện các công trình nhân tạo nhằm phân luồng và chia nguồn nước nhằm hạn chế hoặc chống ngập như: thực hiện đào những con kênh, sông, rạch, xây dựng cống hộp, hồ điều tiết nước. Nâng cao vùng trũng thấp trong thành phố thông qua bồi đắp nhân tạo, như nâng cao cốt nền,...

#### \* Các giải pháp công trình

Hệ thống công trình đê bao là một trong những công trình được nghiên cứu và sử dụng từ những thập niên của các thế kỷ trước và được sử dụng rộng rãi, phổ biến ở nhiều quốc gia trên thế giới. Có thể nói, giải pháp hệ thống đê bao là một trong

những công trình chống lại với quy luật của tự nhiên, không mang tính hài hoà và mềm dẻo trong ứng phó một cách linh hoạt với các quy luật của thiên nhiên. Có thể kể một số các quốc gia sử dụng hệ thống đê như: Thái Lan: khoảng 900 km, Trung Quốc: khoảng 278.000 km, Bangladesh: khoảng 10.000 km, v.v. Ở Hoa Kỳ, đã xây dựng đê có chiều dài 3.200 km nhằm chống lại sự ngập lụt được gây ra bởi sông Missisipi rất sớm, từ những thập niên cách nay 3 thế kỷ. Ở Hà Lan, đã xây dựng 16.493 km công trình đê biển. Hệ thống đê chống ngập (Flood Protection Barrier) của Thành phố Saint Petersburg (Nga), hệ thống đê bao thành phố Hạ Môn - Trung Quốc (chiều dài bờ biển khoảng 226 km),... với các giải pháp bảo quản hệ thống đê bao rất chặt chẽ: gia cố đập, mặt đê được sử dụng làm đường giao thông, thân đê được che phủ bằng hệ thống rào bê tông hình quả trám và trồng cỏ.

Hệ thống hồ nhân tạo điều tiết và giảm ngập trong nội thành. Giải pháp này được các quốc gia như Singapore (đập chắn nước Marina), Nhật Bản (xây dựng các hồ chứa nước dưới đất ở các vùng ngập trong đô thị), Trung Quốc (hồ điều tiết Yuan Dang) áp dụng nhằm để điều tiết chống ngập lũ và giữ nguồn nước ngọt phục vụ sinh hoạt cho dân cư. Có thể nói, các hồ điều tiết thể hiện và phát huy tốt khả năng ngăn chặn ngập lũ và giúp dự trữ nước cho đô thị.

Các hệ thống công trình phục vụ mục tiêu thích ứng với lũ. Việc thiết kế và xây dựng các công trình nhà ở theo hướng chung sống với lũ sẽ phức tạp hơn. Những ý tưởng và giải pháp được tính đến trong thiết kế bao gồm: tôn nền công trình, cửa ngăn di động chống lũ; tường, nền nhà và tầng trệt phù hợp với lũ. Trong đó giải pháp sử dụng tầng trệt theo hướng chức năng phụ như gara xe hoặc nơi chứa đồ đạc được thiết kế ở tầng trệt của ngôi nhà.

Ở các công trình có Pilotis (nhà sàn) được xây dựng ở các khu vực đô thị với quy mô lớn tại nhiều quốc gia. Người dân thành phố sống trong các căn hộ này tầng dưới gọi là tầng hầm, tầng này được thiết kế thông thoáng cùng với hệ thống giám sát an ninh công cộng. Công trình được xây dựng bởi vật liệu chống thấm, tầng hầm cho phép chứa được nước lũ trong tòa nhà. Các quốc gia hiện đang áp dụng giải pháp này là Singapore, Hà Lan (tại các vùng đất ngập nước) [3].

\* Sử dụng giải pháp phi công trình trong thích ứng ngập lụt

Thích ứng ngập lụt thông qua giải pháp quản lý tích hợp. Vấn đề ngập úng trong nội thành có liên quan đến lượng mưa (Vũ lượng) và nước thải trong sinh hoạt, trong các hoạt động sản xuất công nghiệp, nông nghiệp ngoại ô và vùng phụ cận. Các yếu tố này có liên quan mật thiết và tương tác phụ thuộc lẫn nhau trong hệ thống thủy vực. Để quản lý tốt vấn đề ngập lụt trong nội đô, cần có những quy hoạch đảm bảo có tính hiệu quả lâu dài (Có tính chiến lược), đạt được mục tiêu dài hạn trong hệ thống thủy vực.

Các giải pháp quản lý ngập lụt bằng giải pháp công trình hay phi công trình đều có những ảnh hưởng và tác động không nhỏ đến hệ sinh thái thủy vực. Vì vậy, lồng ghép hoặc kết hợp các giải pháp quản lý theo hướng mềm dẻo thông qua giải pháp có công trình và không có công trình được cho là phù hợp, hướng đến giảm thiểu các ảnh hưởng và tác động ở mức thấp nhất cho hệ thống thủy vực. Các quốc gia phát triển trên thế giới như Thụy Điển, Anh, Nhật Bản, v.v. xây dựng các kế hoạch mang tính tổng thể và chiến lược trong quản lý ngập lụt ví dụ việc tích hợp quản lý tổng thể thủy vực, quản lý theo hướng tích hợp, lồng ghép, cơ chế chia sẻ lợi ích, v.v. nhằm giảm các rủi ro và tránh các tiềm ẩn xung đột về tài nguyên nước giữa các bên có liên quan.

Như vậy, cần có cách tiếp cận toàn diện về quản lý thiên tai do ngập lũ và ngập lụt trong nội thành, thông qua giải pháp mềm dẻo giữa công trình và không có công trình, vừa đảm bảo giảm thiểu các thiệt hại do ngập lụt vừa đảm bảo tính bền vững về sinh thái thủy vực. Trong lịch sử, đã có nhiều thành phố lựa chọn (1) biện pháp đê và đập thủy điện để chống lũ và (2) hướng nước ra khỏi khu vực đô thị bằng các đường cống, kênh mương. Tuy nhiên, các giải pháp công trình đã được chứng minh là không đủ do một số nguyên nhân sau:

- Giải pháp công trình hạn chế về các khả năng ước tính hoặc khó dự báo chính xác các yếu tố rủi ro, các nguyên nhân khách quan và chủ quan (hữu hạn về rủi ro), có thể không xem xét đến yếu tố bất định do BĐKH hoặc do đô thị hóa thiếu kiểm soát.

- Nếu các công trình không có đủ không gian cho lưu lượng lũ, mức độ rủi ro có thể gia tăng.

- Thiết kế kỹ thuật và vật liệu xây dựng phức tạp dẫn đến chi phí xây dựng cao.

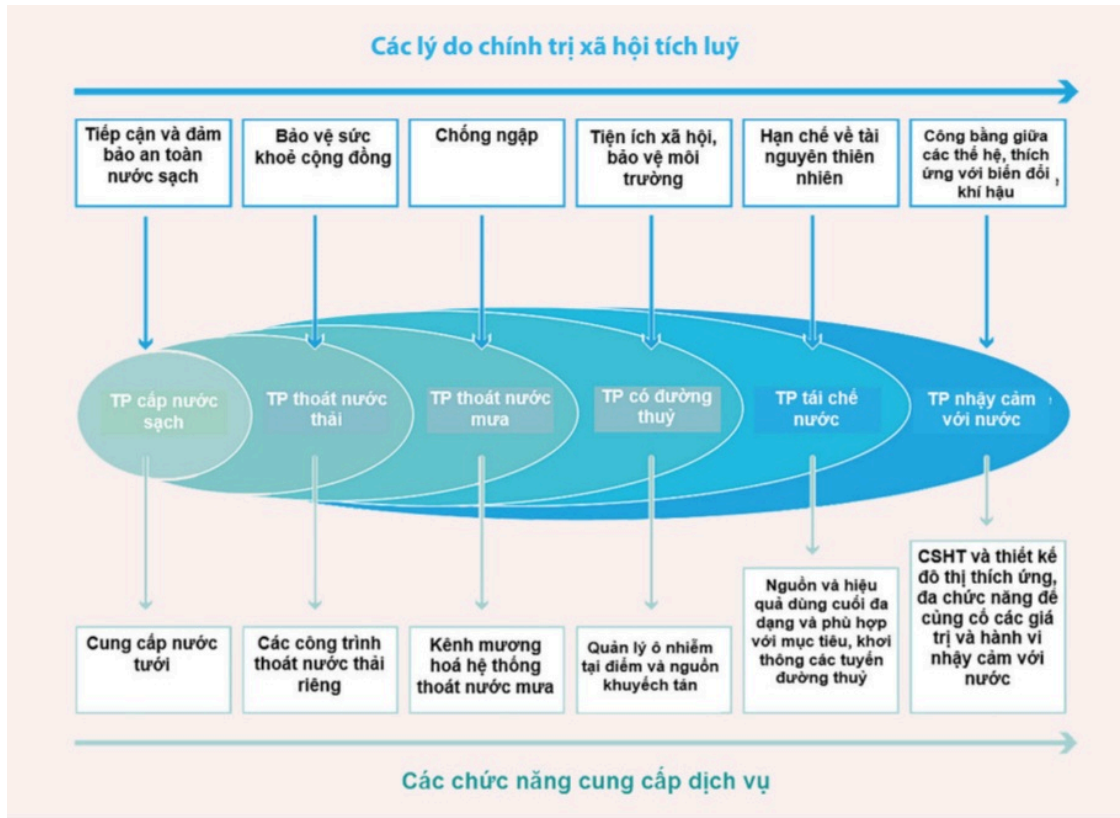


- Người dân có xu hướng tin tưởng vào giải pháp công trình, vì vậy dẫn đến chủ quan trong nhận thức.

Hầu hết các giải pháp có công trình trước đây đều phát huy tác dụng trong phòng chống ngập lụt, đều có khả năng giúp giảm thiểu tác động của ngập lụt nhưng đã được chứng minh là không ngăn ngừa được tất cả thiệt hại, sẽ luôn luôn tồn đọng rủi ro và cần được quản lý đồng thời bằng cùng với không có công trình theo hướng mềm dẻo thích ứng với quy luật của tự nhiên.

Các giải pháp phi công trình cũng đã được các quốc gia trên thế giới thực hiện và đã chứng minh được hiệu quả của chúng trong việc quản lý ngập lụt. Trong việc hình thành một đô thị, việc quản lý thủy vực theo hướng thích ứng với ngập lụt và hạn làm then chốt. Một ví dụ điển hình về thành phố nhạy cảm với nước (Úc); thành phố được mô tả là một hệ sinh thái lành mạnh (không bị ngập lụt ảnh hưởng, nguồn cấp nước và hệ thống hiệu quả). Các nước như Mỹ, Anh, Hà Lan, Canada, Singapore, v.v. cũng đã hình thành các quan điểm tương tự. Việc quản lý tài nguyên nước tích hợp cùng với việc phát triển đô thị hài hòa và mềm dẻo theo quy luật tự nhiên sẽ mang lại hiệu quả tốt hơn và mang lại rất nhiều lợi ích hơn so với giải pháp chống ngập lụt đơn lẻ hoặc thông thường.

“Trong khuôn khổ khái niệm về chuyển đổi nước đô thị, xác định sáu trạng thái phát triển riêng biệt mà các đô thị có thể trải qua trên con đường hướng đến tăng độ nhạy cảm với nước (Hình 1.1). Theo đó, nhiều quốc gia trên thế giới tuân theo khuôn khổ này để phát triển việc quản lý tài nguyên nước đô thị. Ở giai đoạn đầu, dựa vào cơ sở hạ tầng kiểm soát lũ quy mô lớn để chống ngập. Các giai đoạn sau kết hợp các giải pháp kỹ thuật “cứng” với các can thiệp thể chế “mềm” ở nhiều quy mô khác nhau, áp dụng cách tiếp cận hệ thống tích hợp hơn để ứng phó với lũ lụt, [4].”



Hình 1.1. Khung chuyển đổi nước đô thị

Quá trình thay đổi trạng thái trong việc chuyển đổi nước ở trong thành phố, không bắt buộc theo hướng tất cả có mối quan hệ đồng nhất như kiểu tuyến tính. Các phương pháp tiếp cận đa chức năng, tổng hợp và bền vững để quản lý nước (bao gồm quản lý ngập) được thực hiện để giải quyết các vấn đề thách thức và nắm bắt các thuận lợi hoặc các tiềm năng, cơ hội trong phát triển, ví dụ quá trình phát triển kinh tế - xã hội, công nghiệp hoá và phát triển thành phố của các quốc gia trong hệ thống sông Mekong. Việc quản lý theo hướng tích hợp các biện pháp hoặc giải pháp mềm dẻo trên cơ sở thuận theo quy luật của thiên nhiên trong việc phát triển hệ thống hạ tầng cấp thoát nước trong thành phố là trung tâm của bước nhảy vọt. Ví dụ để quản lý nước mưa, các giải pháp được nghiên cứu và ứng dụng vào thực tiễn thông qua việc quy hoạch và giữ lại những vùng đệm trữ nước, vùng ngập, bán ngập theo mùa, các khu vực này không chỉ là nơi phát huy tốt trong giảm ngập lụt mà còn là nơi góp phần giảm thiểu các rủi ro thiên tai khi có mưa bão, đóng góp tích cực trong việc hỗ trợ trong bảo tồn đa dạng sinh học thông qua hành lang đa dạng sinh học, môi trường sinh thái. Có rất nhiều biện pháp được đề xuất để giải quyết vấn đề ngập lụt trong thành phố bao gồm các giải pháp công trình, không có công trình và giải pháp tích

hợp theo hướng “mềm dẻo” với quy luật của tự nhiên. Tuy nhiên, tình trạng ngập diễn ra mỗi nơi không giống nhau và tùy theo bối cảnh sẽ đưa ra những giải pháp hiệu quả, phù hợp với đặc thù của khu vực. Do đó, việc nghiên cứu và triển khai các giải pháp đối với các thành phố chịu sự ảnh hưởng và tác động của vấn đề ngập lụt để giải quyết các tác động là cần thiết trong quản lý tổng hợp ngập lụt của các thành phố này.

Trong bối cảnh ảnh hưởng và tác động của BĐKH và sự mất kiểm soát về quản lý do phát triển đô thị hoá nhanh, đã và đang làm cho các thành phố đối mặt với nguy cơ bị thiệt hại về kinh tế - xã hội do sự ngập lụt gây ra. Các biện pháp hiện nay chưa đáp ứng và giải quyết những thách thức và nguy cơ đe dọa của sự ngập lụt trong thành phố ở hiện tại và những thách thức trong tương lai. Vì vậy, việc sử dụng các giải pháp tích hợp trong quản lý thích ứng với ngập lũ theo hướng mềm dẻo là phù hợp cho những quốc gia có khả năng chịu rủi ro lũ lụt cao (Các nước ở trong tiểu vùng Mekong, như Việt Nam và Thái Lan). Bên cạnh các giải pháp tích hợp “Xanh” và “Giải pháp xám - hệ thống công trình” cần có những chương trình nâng cao nhận thức, tăng cường năng lực trong quản lý quy hoạch, xây dựng kế hoạch chiến lược về quản lý rủi ro thiên tai.

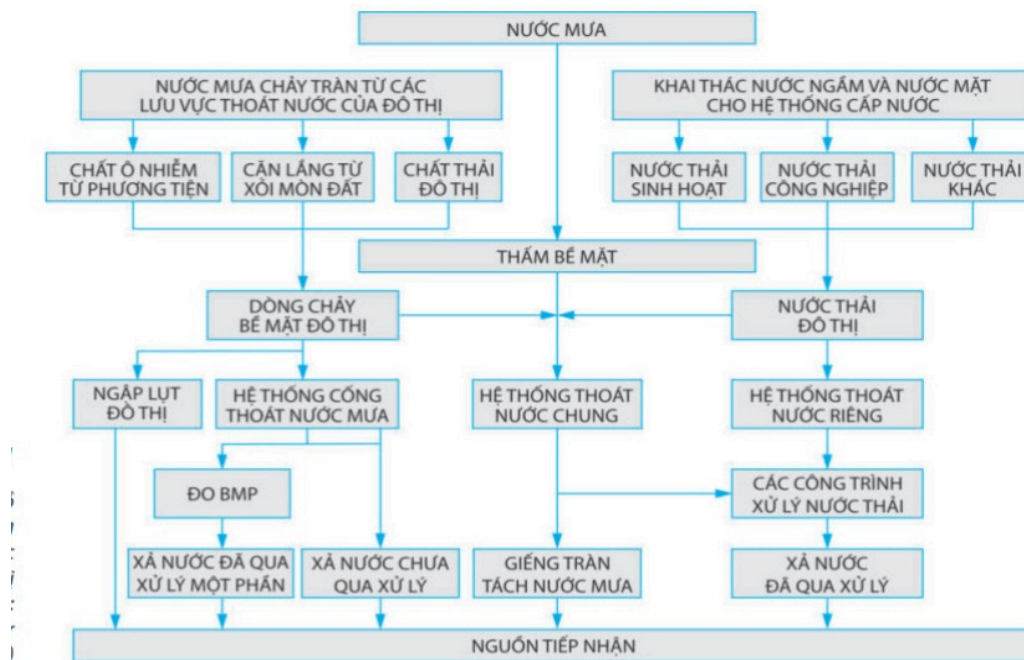
Quản lý ngập lũ theo phương án mềm dẻo thích ứng với thiên nhiên ngày càng được sử dụng phổ biến ở các thành phố khu vực sông Mê Kông. Các thành phố (Huế, Vĩnh Yên, Hà Giang, TP.HCM) sẽ thực hiện. Giải pháp này bao gồm phục hồi, cải tạo các vùng có chức năng lưu giữ và điều tiết nước ví dụ các vùng ngập, bán ngập hoặc các ao, hồ, công viên nhân tạo, hành lang ven sông, kênh rạch, v.v., với sự hỗ trợ của các nước phát triển hay tổ chức tài chính quốc tế như: Đan Mạch, Ngân hàng ADB, WB, v.v. Tại TP.HCM, công viên Văn hóa Gò Vấp được đề xuất để làm công viên cộng đồng và có thể dùng trữ nước khi có mưa. Thành phố Đông Hà (Quảng Trị) cũng đưa ra các phương án để cải thiện tình trạng ngập lụt (cải tạo, nạo vét, xây dựng hệ thống cống trên đường), hình thành khu đa chức năng bằng cách phát triển lưu vực thoát nước bao gồm những khu vực đảm bảo cho sự thoát nước, các công trình tích nước và công viên công cộng - vui chơi giải trí, v.v. Nơi đây cũng xây dựng kế hoạch thích ứng (mở rộng hành lang thực vật nhằm gia tăng khả năng thấm nước, các hệ thống tái hấp thu và sử dụng lượng nước mưa, v.v.). Tại Bangkok (Thái Lan), trên

các khu đất thuộc sở hữu tư nhân, chính quyền thành phố đã thành lập “Monkey Cheeks” theo chiến lược quản lý ngập lụt (Monkey Cheek tập trung xây dựng hồ trữ nước, lưu giữ một phần nước chảy trong một thời gian nhất định và cho thoát dần sau đó). Tương tự, việc quản lý nước tại chỗ cũng được thực hiện tại công viên Chulalongkorn Centenary (Bangkok), nước được thu gom (chứa khoảng 01 triệu gallon), làm gia tăng khả năng thoát nước khi có lượng mưa lớn. Đồng thời các giải pháp “xám” và “giải pháp xanh”, cũng được thành phố Koh Mueng (Thái Lan) xem xét đánh giá các hiệu quả và lợi ích về kinh tế và môi trường sinh thái. [4]

#### b) Quản lý rủi ro

Quản lý ngập lũ cho tất cả các đô thị cần có các nghiên cứu, đánh giá và dự báo các rủi ro mang tính chiến lược. Tất cả các yếu tố liên quan đều phải được đánh giá. Bên cạnh đó, các số liệu, dữ liệu các mô hình toán trước đây, cần phải được chuyển đổi và căn cứ các số liệu thu thập được trong hiện tại, để tính toán và dự báo các rủi ro trong tương lai. Xuất phát từ những yêu cầu thực tế nhằm thích ứng với các loại thiên tai, kết quả của mô hình dự báo rủi ro giúp cho việc xây dựng một khung kế hoạch các phù hợp và thích ứng trong tương lai.

Một trong những loại hình thiên tai đã và đang trở thành thách thức trong quá trình phát triển của nhiều quốc gia (đặc biệt ở các nước đang phát triển) là lũ lụt. Tại khu vực châu Á, những thiên tai gây ra ngày càng phức tạp, khó lường tần suất ngày càng tăng, bao gồm cả sự ngập lũ, sạt lở, v.v. Ở Việt Nam, Thành phố Hồ Chí Minh và Đà Nẵng được đánh giá có mức độ rủi ro cao, trong đó bao gồm cả yếu tố địa lý, điều kiện tự nhiên và năng lực ứng phó với BĐKH. Để đáp ứng các yêu cầu giảm và chống ngập trong ngắn hạn, có rất nhiều phương án và giải pháp được thực hiện dựa vào hệ thống công trình. Tuy nhiên, vấn đề ngập trong nội thành ngày càng có xu hướng gia tăng. Các giải pháp công trình được sử dụng có công nghệ tiên tiến, yêu cầu nguồn vốn đầu tư cao, tuy nhiên vẫn phát sinh những điểm hạn chế và bị giới hạn về năng lực ứng phó trong bối cảnh BĐKH (yếu tố tự nhiên có sự biến chuyển khó lường ngày càng rõ rệt). Các thảm họa do thiên tai gây ra trong bối cảnh hiện nay, đã tác động không nhỏ đối với môi trường sống, thiệt hại về kinh tế - xã hội. Do đó chiến lược quản lý rủi ro cần xem xét tất cả các yếu tố một cách toàn diện và phổ quát hướng đến sự bền vững thích ứng.



Hình 1.2. Sơ đồ chuyên động của nước trong đô thị

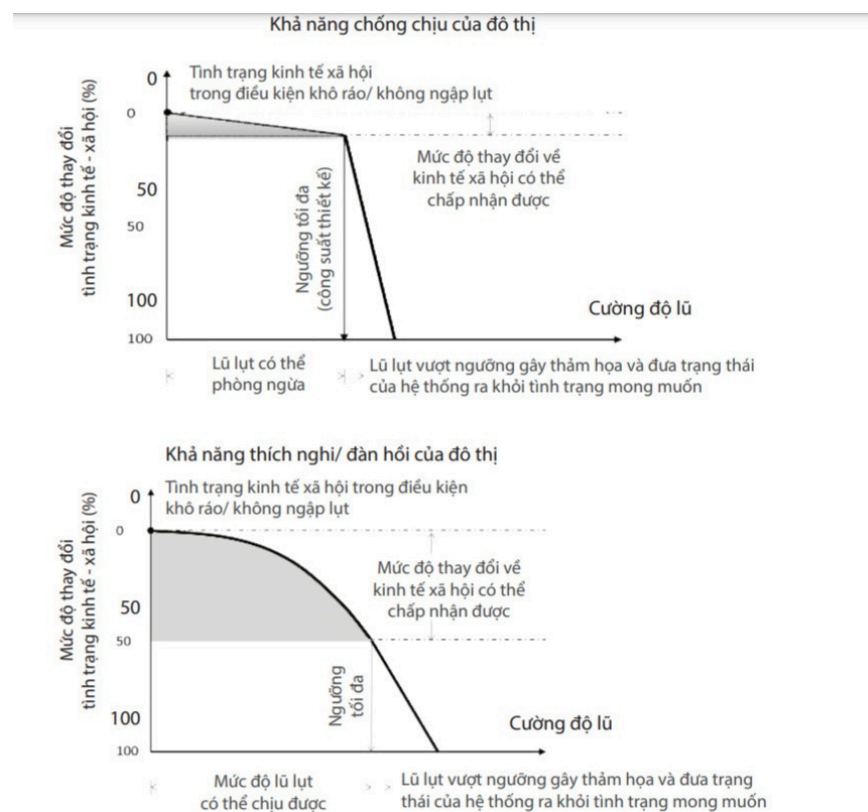
Hình 1.2 thể hiện một cách tổng quát về phương thức nước được lưu chuyển trong môi trường đô thị. Sự tương tác giữa hệ thống thoát nước (bao gồm cả hệ thống công trình điều hòa nước mưa) và các hệ thống sông, hồ tự nhiên sẽ dẫn đến hệ quả là ngập lụt ở đô thị. Tình trạng ngập lụt sẽ xảy ra theo các mức độ khác nhau trong trường hợp các hệ thống này không có khả năng điều chỉnh đối với lượng mưa.

Nội dung về đánh giá rủi ro lũ lụt bao gồm 03 phần: đánh giá tác hại, mức độ và tính dễ bị tổn thương. Thông thường, kết quả tính toán từ các mô hình ngập lụt sẽ cho ra mức độ ngập nước, là yếu tố chính cho việc đánh giá tác hại. Các thông số đầu vào (lượng mưa, chu kỳ lặp lại, chế độ dòng chảy sông, dòng chảy ngầm, bản đồ sử dụng đất, tính chất mặt phủ, hiện trạng thoát nước) sẽ được đưa vào mô hình để phân tích nhằm đưa ra các kịch bản khác nhau (theo các kịch bản BĐKH) để tính toán độ sâu ngập ở đô thị. Mô hình WEAP (Water Evaluation and Planning System) được phát triển bởi Viện Môi trường Stockholm, Thụy Điển là một trong các mô hình đã được tích hợp để làm công cụ quản lý nhằm đưa ra các chính sách và quy hoạch tổng hợp thoát nước cho thành phố.

Các rủi ro thiên tai do BĐKH toàn cầu là khó lường và khó ứng phó, do đó không thể xây dựng một đô thị không bị thiên tai ảnh hưởng hoặc chịu tác động. Hiện nay, các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu về khả năng “tự điều chỉnh” của hệ thống

đô thị sau khi bị thiên tai để tiếp tục duy trì hoạt động và nhanh chóng khắc phục các ảnh hưởng. Từ thập niên 70, Holling là một trong những người tiên phong đề xuất quan điểm xem xét và coi trọng vai trò của hệ sinh thái, và quan điểm này đã được các nhà khoa học sau này tiếp tục nghiên cứu và ứng dụng vào xây dựng, quản lý và phát triển đến lĩnh vực đô thị: hạ tầng kỹ thuật, kinh tế, dân cư, chính quyền (nhà quản lý). Các công trình nghiên cứu về vấn đề này, đã đưa ra các khái niệm và kết quả về khả năng phục hồi và thích ứng của đô thị (urban resilience) như sau:

- Khả năng tồn tại và hấp thụ của đô thị.
- Khả năng chịu đựng của đô thị (trước thảm họa thiên nhiên) với những tổn thất thấp nhất đến hoạt động sản xuất, đời sống của người dân.
- Khả năng thích ứng và chấp nhận tổn thất của đô thị.
- Năng lực của một đô thị có thể cân đối và tự tổ chức lại các hoạt động để phát triển và giảm thiểu tối đa thiệt hại.



Hình 1.3. Sự khác nhau trong quan điểm ứng xử ngập lụt của đô thị: “chống chịu” và “đàn hồi”

Hình 1.3 thể hiện hướng tiếp cận và giải quyết vấn đề trái chiều với quan điểm “chống chịu” (resistance), một đô thị có thể “đàn hồi” hay “chống chịu” đã được so

sánh và làm rõ sự khác nhau giữa chúng. Nhìn chung, quan điểm về khả năng thích ứng của đô thị có hai phân nhánh dựa trên hai nền tảng khác nhau: (1) “Engineering resilience” quan tâm đến khả năng duy trì hệ thống bền vững dựa vào sự phát triển của công nghệ (đặc biệt là công nghệ xây dựng) và hệ thống dự báo - quản lý thông tin. (2). “Ecological resilience” dựa vào sinh thái (quan tâm đến khả năng tự có để tồn tại và duy trì trạng thái cân bằng lâu dài). [3]

#### 1.1.1.2. Tổng quan nghiên cứu về ngập lụt đô thị tại TP.HCM

Vấn đề ngập lụt và giải pháp giải quyết tình trạng ngập đã được rất nhiều nhà khoa học quan tâm, và đã có nhiều kết quả nghiên cứu được công bố liên quan đến vấn đề này, tập trung vào các vấn đề chính là: (1). Nghiên cứu cơ sở khoa học cho việc tiêu thoát nước. (2). Nghiên cứu về vấn đề tiêu thoát nước. (3). Nghiên cứu về các nguyên nhân gây ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh. (4). Nghiên cứu các giải pháp chống ngập cho Thành phố dựa trên việc đề xuất quy hoạch chống ngập, cụ thể như sau:

a) Nghiên cứu về luận cứ khoa học làm cơ sở cho việc quy hoạch tiêu thoát nước và xây dựng các dự án cải tạo hệ thống kênh rạch Thành phố Hồ Chí Minh

- Nghiên cứu phân tích, đánh giá diễn biến ngập úng và ô nhiễm môi trường trên địa bàn thành phố trong các trường hợp: ngập úng do triều (đặc biệt là triều cường); ngập úng do mưa lớn và ngập úng do triều cường kết hợp mưa lớn. [5], [6].

- Nghiên cứu hiện trạng hệ thống thoát nước, hiện trạng môi trường, chế độ thủy văn, dòng chảy của các hệ thống kênh rạch, vị trí các miệng xả nước thải sinh hoạt, nước thải công nghiệp chính yếu trên hệ thống kênh rạch, phân bố các cơ sở công nghiệp chính yếu, số lượng, chất lượng bùn trên các lưu vực hệ thống kênh rạch TP. HCM. Tính toán sơ bộ lượng bùn cần nạo vét, khảo sát và xây dựng bản đồ lấy mẫu bùn, cung cấp số liệu tin cậy, thực tế và có cơ sở khoa học làm luận cứ cho việc xây dựng các dự án đầu tư nạo vét kênh rạch TP. HCM [7]. Đồng thời nghiên cứu các yếu tố môi trường làm cơ sở cải tạo hệ thống kênh, áp dụng các mô hình toán để đánh giá khả năng giảm thiểu ô nhiễm kênh theo các phương án xử lý và kết hợp nạo vét. Các kết quả nghiên cứu đã cung cấp cơ sở khoa học và cung cấp số liệu để xây dựng dự án cải tạo ô nhiễm kênh. [8].

b) Nghiên cứu về vấn đề tiêu thoát nước của Thành phố Hồ Chí Minh

Nghiên cứu hiện trạng ngập nước đô thị, nghiên cứu mưa/triều và ảnh hưởng đến tình hình ngập đô thị, đưa ra mô hình tính toán thủy lực hệ kênh rạch nội thành TP. HCM, dòng chảy đô thị hình thành từ mưa, phương pháp phân vùng ngập và tiêu thoát nước đô thị... góp phần vào công tác phòng chống ngập lụt đô thị, tìm ra giải pháp tiêu thoát nước chống ngập, tạo cơ sở phục vụ tính toán công trình và kinh tế công trình. [9].

Kết quả nghiên cứu ứng dụng hệ thống thủy lực tiêu thoát nước trên địa bàn TP. HCM cho thấy hiện tượng ngập ứng gia tăng nhanh do các quá trình tự nhiên (cường độ mưa và mực nước đỉnh triều tăng cao) và phi tự nhiên (đô thị hóa và sự bất cập của hệ thống thoát nước), khả năng yếu kém của hệ thống thoát nước (kín và hờ) là vấn đề then chốt cần phải được giải quyết ngay, trong đó ưu tiên việc nạo vét, mở rộng các kênh rạch,... Mô hình toán tích hợp với GIS là công cụ thích hợp để giải quyết bài toán quy hoạch và thiết kế hệ thống thoát nước ở TP. HCM. [10].

Kết quả nghiên cứu cấu trúc hệ thống thoát nước mưa của đô thị trong vùng ảnh hưởng thủy triều đã đề ra một số cấu trúc hệ thống thoát nước phù hợp với các khu vực có địa hình khác nhau. Giải quyết hiện tượng ứng ngập: xem xét một cách toàn diện về dòng chảy, hoạt động của hệ thống thoát nước được cải tạo có tính đến vùng ảnh hưởng thủy triều. Phân vùng để thoát nước và lập được bản đồ đồng triều, từ đó áp dụng phương pháp tính toán phù hợp cho từng vùng, góp phần cải thiện môi trường sống trong các vùng ngập ứng vào mùa mưa, tránh ngập ứng đô thị, nâng cao tuổi thọ nền móng các công trình kiến trúc các công trình kỹ thuật hạ tầng, ... giảm khối lượng san lấp các khu dân cư, đô thị xây dựng trên đất ngập triều. [11].

Nghiên cứu và xây dựng mô hình toán tổng thể ứng dụng cho vấn đề thoát nước mưa TP. HCM, phần mềm của mô hình toán này sử dụng cho các vấn đề về quy hoạch, quản lý và thích ứng với các điều kiện bao gồm cả hệ thống công trình và phi công trình, địa hình của từng khu vực và tương tác sông biển (lượng mưa, chế độ triều, thủy văn, v.v.). Phần mềm cũng có thể áp dụng cho vùng rộng lớn toàn thành phố, hoặc cho từng khu vực, tiểu khu, từng dự án. [12],[13].

#### c) Nghiên cứu về các nguyên nhân gây ngập

Kết quả nghiên cứu về đề xuất các giải pháp chống ngập cho TP. HCM đã xác định được các nguyên nhân gây ngập lụt bao gồm: mưa cường độ lớn (đặc điểm mưa



ở Thành phố Hồ Chí Minh là mưa đối lưu), triều cường và lũ thượng nguồn đổ về, (ii) đánh giá ảnh hưởng của hệ thống cơ sở hạ tầng thoát nước tới tình hình ngập của TP. HCM bằng mô hình MIKE MOUSE, từ đó phân vùng ngập và tiêu thoát nước, tính toán hệ số tiêu thoát nước cho các vùng. Tuy nhiên, nghiên cứu này chưa xem xét đến yếu tố lũ từ ĐBSCL cũng như yếu tố đô thị hóa và lún trong các tính toán ngập tại TP. HCM. Kết quả nghiên cứu đã đề xuất các giải pháp về công nghệ, kỹ thuật chống ngập có cơ sở khoa học và thực tiễn trên các tiểu vùng tiêu thoát nước khác nhau ở TP. HCM. Đồng thời nội dung nghiên cứu đã đề cập và phân tích về các nguyên nhân chính gây ngập úng cho TP. HCM, đó là: mưa cường độ lớn, triều cường và lũ thượng nguồn. Bên cạnh đó, cơ sở hạ tầng của hệ thống tiêu thoát nước của Thành phố cũ kỹ, thiếu đồng bộ nên không đáp ứng được kịp thời nhu cầu tiêu thoát nước theo kịp tốc độ phát triển kinh tế xã hội.

Phần lớn hệ thống cống thoát nước chính ở TP. HCM đã được xây dựng trên 50 năm, trong đó 60 km cống vòm được xây dựng từ những năm 1870 đã bị xuống cấp trầm trọng. Hệ thống thoát nước của Thành phố là một hệ thống tập trung, thu gom tất cả các loại nước thải (sinh hoạt, công nghiệp, y tế) và nước mưa. Các quận trung tâm của Thành phố có mạng lưới cống thoát nước tương đối đầy đủ, các khu vực khác (đặc biệt là các khu vực đang đô thị hóa), việc xây dựng mang tính tự phát, chắp vá và không đảm bảo yêu cầu về thoát nước. Mặt khác, các khu dân cư đô thị mới được hình thành làm giảm diện tích mặt phủ, tạo sự quá tải cho hệ thống cống thoát nước hiện hữu.

Toàn bộ TP. HCM nằm trong vùng ảnh hưởng triều mạnh, do vậy việc khai thác năng lượng của thủy triều để tiêu nước là một bước đi đúng đắn. Để giải quyết nhiệm vụ trên, trong giai đoạn trước mắt đề xuất xây dựng 12 cống lớn kiểm soát triều, xây dựng đê bao để bảo vệ cho vùng dự án. Nhiệm vụ thứ hai của hệ thống này là kiểm soát mực nước để hỗ trợ cao nhất năng lực của các công trình thoát nước mưa trong nội thành và khống chế để mực nước tại hầu hết trên các kênh rạch trong nội vùng không vượt quá cao trình +1,0 m. Với mục tiêu phát huy cao nhất về lợi thế của dòng chảy tự nhiên và đặc điểm về địa lý của thành phố, một số giải pháp phòng chống ngập úng cho TP. HCM được đề xuất nhằm mang lại hiệu quả kinh tế, kỹ thuật trong công tác quản lý ngập lụt.

- Đối với ngập úng do mưa: một số biện pháp quản lý và giải quyết đã được đề xuất như việc thu gom nước mưa từ các kết cấu như mái nhà và khu vực sân cơ sở là một phương án hiệu quả để lưu trữ và sử dụng nước mưa sau này. Hơn nữa, việc xây dựng các hồ điều hòa, nhất là tại những khu vực có diện tích lớn, có thể giúp lưu trữ lượng nước mưa lớn. Ngoài ra, đã có các giải pháp cải tiến và bổ sung cơ sở hạ tầng tại các cửa xả cho hệ thống thoát nước đô thị..

- Đối với ngập úng do cao độ: nước thường tập trung ở các vùng có độ cao thấp, cả ở phạm vi cục bộ lẫn diện rộng, dẫn đến hiện tượng úng ngập. Để giải quyết tình hình này, nguyên tắc cơ bản là xác định biện pháp để thoát nước từ vùng ngập tới khu vực có khả năng lưu trữ hoặc ngăn chặn dòng nước từ các nguồn gốc khác chảy vào. Các giải pháp tiêu biểu bao gồm: thoát nước dựa vào trọng lực (tạo đường thoát nước cho phép lượng nước tự chảy đến vùng có độ cao thấp hơn), sử dụng động lực (áp dụng máy bơm để dẫn nước ra khỏi vùng ngập), xây dựng hệ thống đê kè (ngăn chặn dòng nước chảy vào các khu vực có nguy cơ ngập úng) hoặc là kết hợp đồng thời nhiều biện pháp trên để tối ưu hiệu suất thoát nước và giảm thiểu tác động của ngập lụt.

- Ngập úng do ảnh hưởng triều: việc xây dựng các hệ thống cống kiểm soát triều, đê, trạm bơm là các giải pháp ngăn triều truyền thống. Một số trường hợp kết hợp cả hai giải pháp (cống và đê) để ngăn đỉnh triều. Ngoài ra, một trong những giải pháp khác được ưu tiên xem xét là lợi dụng chân triều để tiêu nước, tạo bề tiêu khi mưa lớn.

- Ngập úng do lũ: TP. HCM chịu tác động trực tiếp của lũ từ các sông Đồng Nai, sông Sài Gòn. Do đó việc phối hợp với các cơ quan quản lý hệ thống công trình hồ chứa quy mô lớn ở thượng nguồn nhằm làm cho lượng nước lũ xả trong các đợt mưa lớn, triều cường giảm đến mức thấp nhất là vấn đề cần được quan tâm nghiên cứu sâu hơn ngoài biện pháp xây dựng đê bao, xây hệ thống cống để ngăn nước lũ không cho ảnh hưởng đến vùng tiêu. [14].

Nhìn chung, nguyên nhân chính dẫn đến tình trạng ngập lụt đô thị: (i) mưa lớn, (ii) lũ từ thượng nguồn và từ ĐBSCL, (iii) do thủy triều và (iv) tổng hợp cả 3 nguyên nhân trên (mưa + triều + lũ). Ngoài ra, tình hình ngập lụt tại TP.HCM còn bị tác động bởi BĐKH. [15].

d) Nghiên cứu cơ sở khoa học để xây dựng quy hoạch thủy lợi chống ngập úng, quy hoạch chống ngập và quy trình điều hành công trình chống ngập, công trình kiểm soát triều tại Thành phố Hồ Chí Minh.

Trong thời gian qua TP.HCM đã triển khai một số dự án chống ngập như Dự án VSMT TP. HCM (lưu vực Nhiêu Lộc - Thị Nghè); Dự án cải thiện môi trường nước TP. HCM (lưu vực Tàu Hũ - Bến Nghé - Kênh Đôi - Kênh Tẻ); Dự án cải thiện môi trường TP. HCM (tiêu dự án cải tạo hệ thống thoát nước rạch Hàng Bàng); Dự án nâng cấp đô thị TP. HCM (Lưu vực Tân Hóa - Lò Gốm); Dự án quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực TP. HCM. Ngoài ra, Bộ NN - PTNT đang nghiên cứu tiềm năng Dự án Tuyến đê biển Vũng Tàu - Gò Công. [14],[16],[17],[18],[19],[20].

### ***1.1.3. Tổng quan về các giải pháp sinh thái để nâng cao khả năng thích nghi và ứng phó ngập lụt đô thị***

Hệ sinh thái bị thay đổi và thu hẹp trong quá trình phát triển đô thị.. Phần lớn đất trong khu vực nội thành được bê tông hóa để xây dựng các công trình; do vậy lượng nước mưa tập trung và tạo thành , gândòng chảy tràn tập trung và không thể giảm bớt do nước không thể thấm xuống lòng đất. Các vùng trũng ngập và bán ngập, các hành lang thực vật bị thu hẹp hoặc mất đi, làm gia tăng lượng nước mặt chảy tràn và tình trạng ngập lụt ngày càng nghiêm trọng hơn.

“Tác động do tượng” đó là quan điểm của Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Các công trình cấp thoát nước đa số được xây dựng gần các dòng sông, chúng sẽ bị ảnh hưởng và tác động của lũ lụt trước tiên. Trong đó, thiết bị máy bơm, hệ thống điện, hệ thống đường ống bị ảnh hưởng do lũ. Đồng thời chất bẩn rửa trôi từ mặt đường làm dòng chảy bị ô nhiễm dẫn đến tắc hệ thống ống gây nên tình trạng khó khăn trong việc tiêu thoát nước. Nhiều kênh rạch bị san lấp do sự xói lở, bồi tụ đã ảnh hưởng không nhỏ đến dòng chảy và lưu tốc. Các vấn đề này làm ảnh hưởng và tác động không nhỏ đến hệ sinh thái thủy vực.

Để vận chuyển nước mưa, giải pháp thông thường được sử dụng là thiết kế, xây dựng các hệ thống thoát nước truyền thống, các hệ thống này đem nước mưa ra khỏi nơi phát sinh càng nhanh càng tốt. Tuy nhiên, chi phí xây dựng, vận hành và bảo dưỡng hệ thống thoát nước thường rất cao, trong khi công suất giới hạn và không dễ

nâng cấp để theo kịp tốc độ phát triển. Giải pháp này góp phần gây nên nguy cơ ngập úng, xói mòn đất và gia tăng ô nhiễm cho vùng hạ lưu. Ngoài ra, khả năng bổ cấp tại chỗ cho các tầng nước ngầm bị mất đi do việc dẫn dòng chảy bề mặt đi xa và xả thải.

Hiện nay nhiều quốc gia trên thế giới quan tâm đến việc hình thành đô thị sinh thái. Nguyên tắc của đô thị sinh thái có những ưu điểm vượt trội là hạn chế các tác động đến môi trường tự nhiên, việc sử dụng đất được đa dạng hóa, hài hòa các hoạt động của con người và chức năng của đô thị. Yêu cầu chung là cố gắng giữ cho hệ thống đô thị tự cân bằng, tiềm năng của môi trường và sự phát triển dân số đô thị được cân bằng một cách tối ưu trong điều kiện có thể.



Hình 1.4. Đô thị sinh thái tại Nhật Bản



Hình 1.5. Đô thị sinh thái tại Pháp



Hình 1.6. Đô thị sinh thái tại Stockholm



Hình 1.7. Đô thị sinh thái tại Singapore

Các khu vực đô thị luôn hiện diện một số rủi ro ngập úng khi có mưa lớn. Nước chảy tràn được hình thành do những khu vực bê tông hóa làm ngăn nước mưa thấm xuống đất. Lượng nước chảy tràn bề mặt càng gia tăng khi mưa lớn và kéo dài và có khả năng làm ngập hệ thống thoát nước. Tình trạng này hiếm khi xảy ra tại các đô thị

được quản lý tốt, vì xây dựng tốt cơ sở hạ tầng thoát nước và sử dụng các phương pháp bổ sung để chống ngập, ví dụ sử dụng các không gian mở và công viên để thích ứng với tình trạng ngập úng bất thường.

Các kỹ thuật sinh thái đã được tiếp nhận và triển khai rộng rãi ở những quốc gia và được khái quát thành khái niệm như BMPs (Best Management Practices), SUDS (Sustainable Urban Drainage System), BIOECODS (Hệ thống thoát nước sinh thái), và LID (Low Impact Development). Những phương pháp này hỗ trợ quy hoạch đô thị bền vững, quản lý tích hợp lưu vực sông, và giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường, nhất là từ nước mưa chảy tràn. Tại Châu Á, nước như Nhật Bản, Thái Lan, Hong Kong, Malaysia, và Campuchia đã áp dụng những kỹ thuật này để quản lý nguồn nước mưa, tái sử dụng nước mưa và giảm thiểu ngập úng cục bộ. [21]

#### 1.1.3.1. Công trình thiết kế theo phương pháp tiếp cận liên ngành (SUDS)

Phương pháp SUDS (Sustainable Drainage System) tiếp cận vấn đề tiêu thoát nước đô thị qua khía cạnh "3E", bao gồm Kỹ thuật (Engineering), Môi trường (Environment) và Kinh tế (Economic), không chỉ giới hạn ở kỹ thuật. Mục tiêu chính của SUDS trong việc quản lý thoát nước mưa bền vững là duy trì đặc tính tự nhiên của dòng chảy về dung lượng, cường độ và chất lượng, tối ưu hóa việc kiểm soát dòng chảy từ nguồn, giảm tiêu thoát trực tiếp, lưu trữ và thấm nước mưa tại chỗ, cùng với việc kiểm soát sự ô nhiễm.

Từ góc độ của SUDS, việc quản lý thoát nước mưa bền vững nhấn mạnh việc thoát nước một cách chậm rãi trên diện rộng, hạn chế sự tập trung nước mưa trong khoảng thời gian ngắn. Trường hợp gặp lượng mưa lớn, tiết diện cống không đủ khả năng đáp ứng dẫn đến việc nước bị tràn cống, gây ngập úng. Do đó, việc cần phải thực hiện là làm cho dòng chảy tập trung chậm bằng các giải pháp tổ chức thoát nước, kết hợp với gia tăng bề mặt thấm và chứa nước đồng bộ. Giải pháp phổ biến thường được ứng dụng là việc sử dụng các hồ điều hòa để lưu giữ và dẫn nước mưa, cùng với việc gia tăng khả năng thấm nước thông qua diện tích thấm cỏ. Trong trường hợp kiểm soát dòng chảy tại chỗ không khả thi, việc tạo ra các kênh mương hở, nông có thể giúp phân tán dòng chảy và hướng nước theo lưu vực nhỏ; kết hợp việc lưu giữ và thấm thấu nước ở khu vực phù hợp. Các biện pháp xử lý tại chỗ như bãi đất thấm, hồ lắng, và bãi lọc trồng cây được triển khai để kiểm soát và ngăn chặn ô nhiễm.

Trong việc giải quyết vấn đề lũ lụt thông qua cách tiếp cận liên ngành, nhiều nghiên cứu đã được công bố, đưa ra các loại công trình có tác động tích cực, nâng cao khả năng thích nghi và đối phó với ngập lụt đô thị như sau:

- Hệ thống thu gom nước mưa thu gom nước từ mái nhà và các bề mặt phủ, đưa vào bể lưu trữ ngầm cho mục đích tái sử dụng..

- Công trình mái nhà xanh: mái nhà xanh là một công trình được thiết kế với bề mặt có khả năng thấm nước hiệu quả, cho phép nước mưa được lưu giữ trong đất và hấp phụ bởi thảm thực vật trên bề mặt, dẫn đến việc làm chậm thời gian và giảm lưu lượng dòng chảy tràn bề mặt

- Hệ thống lát đường sử dụng vật liệu có khả năng thấm thay thế cho các mặt phủ truyền thống không thấm (như nhựa đường và bê tông asphalt), cho phép nước thấm và được lưu trữ trong đất.

- Cánh đồng lọc, bãi cỏ: lớp đất tại những khu vực này có khả năng thấm thấu và lọc nước.

- Lưu vực chứa nước tạm thời: lợi dụng các lưu vực địa hình thấp, thông với cửa xả và trạm bơm dùng để kiểm soát lưu lượng thoát nước mưa. Các địa điểm này có khả năng ngập nước tạm thời sau các trận mưa.

- Ao hồ và cánh đồng ngập nước: các công trình này được thiết kế như các khu vực lưu trữ nước dài hạn, điều chỉnh lưu lượng nước mưa và thực hiện xử lý nước. [3]



**Hệ thống thu nước mưa:**

Nước mưa được thu từ mái nhà hoặc từ các mặt phủ khác đến các bể trên mặt đất hoặc bể ngầm để sử dụng tại chỗ.



**Mái nhà xanh:**

Một lớp đất trồng được đắp trên mái nhà, tạo bề mặt sống. Nước được lưu trữ trong lớp đất và được thảm thực vật hấp thụ.



**Hệ thống thấm:**

Những hệ thống này thu trữ nước, cho phép nước thấm vào đất. Thảm thực vật bề mặt và đất chưa bão hòa bên dưới có thể bảo vệ ngầm khỏi nguy cơ ô nhiễm.



**Hệ thống xử lý độc lập:**

Cấu trúc bề mặt và dưới bề mặt này được thiết kế để xử lý nước bằng cách loại bỏ các chất ô nhiễm.

(a)

**Dải đất lọc:**

Nước từ khu vực không thấm chảy qua bãi cỏ hoặc khu vực có mật độ trồng cây dày để thúc đẩy quá trình lắng và lọc.

**Mương lọc:**

Nước tạm thời được lưu trữ dưới mặt đất trong một rãnh cạn chứa đá/ sỏi nhằm làm suy yếu dòng chảy, chuyển tải và xử lý (thông qua quá trình lọc).

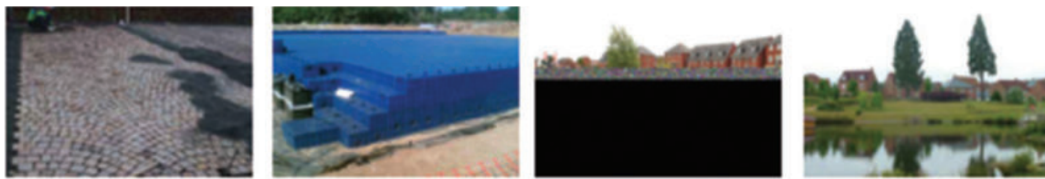
**Mương lọc sinh học:**

Mương lọc sinh học được sử dụng để chuyển tải và xử lý nước (thông qua quá trình lọc). Thảm thực vật có thể là "ướt", được thiết kế để luôn luôn duy trì nước tại đây mương, hoặc dạng "khô".

**Hệ thống trữ sinh học:**

Một khu vực trồng cạn cho phép trữ nước tạm thời trên mặt đất trước khi được lọc qua thảm thực vật và lớp đất dưới trước khi được thu gom hoặc thấm.

(b)

**Via hệ thấm:**

Nước mưa bề mặt được thấm được qua vỉa hè nhân tạo có tính thấm. Vỉa hè có thể là các khối lát có khe hở giữa các khối, hoặc mặt lát xốp đảm bảo nước thấm qua được. Nước có thể được trữ ở lớp mỏng dưới và có khả năng thấm được vào đất.

**Bồn trữ nước tạm thời:**

Không gian lớn, trống dưới mặt đất có thể được sử dụng trữ nước tạm thời trước khi thấm, thoát hoặc sử dụng có kiểm soát. Công trình trữ nước này thường được xây dựng với hệ thống khoang chứa nhiều ngăn hoặc các hệ thống trữ dạng khối, các bể chứa bê tông hoặc các ống tiết diện lớn.

**Lưu vực trữ nước tạm thời:**

Trong một trận mưa, nước thoát về lưu vực trữ thông qua các cửa xả để kiểm soát lưu lượng, lưu vực chứa đủ nước. Thông thường, các lưu vực đều khô, ngoại trừ trong và ngay sau trận mưa.

**Hồ và vùng đất ngập nước:**

Những khu vực chứa nước lâu dài này có thể được sử dụng để làm suy yếu dòng chảy và xử lý nước, đảm bảo dòng chảy được kiểm soát và mực nước có thể tăng tùy theo lượng mưa.

(c)

Hình 1.8. Các giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái

Ở Việt Nam, phương pháp tiếp cận hệ thống thoát nước bền vững cũng được tác giả Đoàn Cảnh nghiên cứu với mục tiêu ứng dụng các giải pháp tiên tiến trong lĩnh vực thoát nước vào Việt Nam, góp phần chống ngập do mưa và xây dựng “*Chiến lược Tiêu thoát nước đô thị bền vững ở TP. Hồ Chí Minh*”. Kết quả nghiên cứu đã xác định các nguyên nhân gây ngập ở địa bàn nghiên cứu và đề xuất biện pháp để giảm ngập là cần tập trung vào tính toán, thiết kế các giải pháp phân tán và lưu giữ tạm thời để làm giảm dòng chảy đỉnh của nước mưa. Đề tài thực hiện nghiên cứu điển hình 3 giải pháp KTST, bao gồm: chắn lọc sinh học, mương thấm lọc thực vật (Infiltration trench) và hồ sinh thái và đạt được những kết quả bước đầu: giải pháp hồ sinh thái trong công viên đã có thể xử lý toàn bộ nước mưa chảy tràn trên tiểu lưu vực có diện tích hơn 25 ha, khắc phục tình trạng ngập; nhờ vậy có thể không cần phải

đầu tư mở rộng và xây mới cụm cống thoát nước mưa như đã quy hoạch thoát nước. [22].

#### 1.1.3.2. Hạ tầng xanh trong giảm ngập lụt

Thuật ngữ “Giảm tác động trong phát triển” (Low Impact Development- LID) đề cập đến các hệ thống và thực hành sử dụng hoặc bắt chước các quá trình tự nhiên dẫn đến sự thấm, thoát hơi nước hoặc sử dụng nước mưa để bảo vệ chất lượng nước và môi trường sống. LID áp dụng các nguyên tắc xem nước mưa như một nguồn tài nguyên, bảo tồn và tái tạo các đặc điểm cảnh quan tự nhiên, giảm thiểu sự không thấm nước hiệu quả để tạo ra hệ thống thoát nước tại chỗ.

LID mang lại lợi ích kinh tế cũng như môi trường. Thực hành LID giúp khu vực phát triển ít bị xáo trộn, bảo tồn các đặc điểm tự nhiên và ít tốn kém hơn so với các biện pháp kiểm soát nước mưa truyền thống. Tiết kiệm chi phí không chỉ áp dụng cho chi phí xây dựng, mà còn cho chi phí bảo trì dài hạn và vòng đời. LID cung cấp nhiều cơ hội để trang bị thêm cho các khu vực đô thị hóa cao hiện có và có thể được áp dụng cho nhiều loại quy mô lô đất.

LID bao gồm các kỹ thuật, công cụ và vật liệu cụ thể để kiểm soát lượng bề mặt không thấm nước, tăng khả năng thấm thấu, cải thiện chất lượng nước bằng cách giảm dòng chảy từ các khu vực đã phát triển và giảm chi phí cơ sở hạ tầng. Có nhiều phương pháp đã được sử dụng để tuân thủ các nguyên tắc này như hệ thống trữ sinh học, mái nhà xanh, bồn trữ nước tạm thời và vỉa hè thấm. Bằng cách thực hiện các nguyên tắc và thực hành LID, nước có thể được quản lý theo cách làm giảm tác động của các khu vực được xây dựng và thúc đẩy sự chuyển động tự nhiên của nước trong hệ sinh thái hoặc lưu vực. Được áp dụng trên quy mô rộng, LID có thể duy trì hoặc phục hồi các chức năng thủy văn và sinh thái của lưu vực.

Trong những năm gần đây, một số quốc gia tại Châu Á (Hàn Quốc, Malaysia, Singapore, ...) đã triển khai áp dụng LID. Điển hình là đã có rất nhiều nghiên cứu áp dụng LID bằng phương pháp thực tiễn và sử dụng mô hình tại Hàn Quốc. Cụ thể là Jung-min Lee (2012) thực hiện nghiên cứu áp dụng các kỹ thuật LID bao gồm rãnh thấm, ô trữ sinh học, thùng chứa nước mưa. [23]



## 1.2. Tổng quan về khu vực nghiên cứu

### 1.2.1. Vị trí địa lý, đặc điểm tự nhiên của Thành phố Hồ Chí Minh

#### 1.2.1.1. Vị trí địa lý

Thành phố Hồ Chí Minh, tọa lạc ở miền Nam Việt Nam, đóng vai trò trung tâm trong khu vực Đông Nam Á và là mắt xích kết nối vùng kinh tế trọng điểm phía Nam. Với tư cách là trung tâm giao thông đa dạng (bao gồm đường bộ, thủy và không), thành phố này đóng vai trò cửa ngõ quốc tế. Cách biển Đông 50 km theo đường chim bay và Hà Nội 1730 km theo đường bộ, thành phố nằm trong tọa độ  $10^{\circ}10' - 10^{\circ}38'$  Bắc và  $106^{\circ}22' - 106^{\circ}54'$  Đông. Giáp các tỉnh Bình Dương phía Bắc, Tây Ninh phía Tây Bắc, Đồng Nai phía Đông và Đông Bắc, Bà Rịa - Vũng Tàu phía Đông Nam, và Long An và Tiền Giang phía Tây và Tây Nam..

Tính đến năm 2021, TP. HCM có 01 thành phố (Thủ Đức), 16 quận nội thành (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, Gò Vấp, Tân Bình, Bình Thạnh, Phú Nhuận, Tân Phú, Bình Tân) và 05 huyện ngoại thành (Củ Chi, Hóc Môn, Bình Chánh, Nhà Bè, Cần Giờ).

#### 1.2.1.2. Đặc điểm tự nhiên Thành phố Hồ Chí Minh

a) Điều kiện địa hình: địa hình TP. HCM tương đối bằng phẳng và thấp, độ cao mặt đất của một số gò triền phía Đông - Bắc và Tây - Bắc có xu hướng giảm dần từ phía Tây - Bắc về phía Nam và Đông Nam.

Các huyện Củ Chi, Hóc Môn, phía bắc Thành phố Thủ Đức, phía Bắc huyện Bình Chánh là nơi phân bố lớn các khu vực có dạng gò triền lượn sóng với khoảng 19% tổng diện tích có cao độ từ 4 -10 m; 11% tổng diện tích là vùng có độ cao trên 10 m.

Ở nội thành thành phố phân bố khu vực địa hình dạng thấp, khoảng 15% diện tích của thành phố Thủ Đức, huyện Hóc Môn nằm dọc theo sông Sài Gòn và phần phía Nam huyện Bình Chánh có cao độ thay đổi từ 2 – 4 m.

Khu vực mở rộng từ phía nam Củ Chi (Thảo Mỹ, Tam Tân) qua phía tây Bình Chánh (theo kênh An Hạ, Lê Minh Xuân, Tân Nhật) tiếp tục đến phía nam Nhà Bè, Cần Giờ và Đông Nam Bình Chánh hình thành một dải địa hình trũng thấp, với cao độ 0-2m, chiếm khoảng 55% tổng diện tích đất của khu vực.

b) Điều kiện thủy văn: thủy văn TP. HCM phụ thuộc vào lưu vực hệ thống sông Đồng Nai - Sài Gòn. Kênh rạch và sông ngòi trong thành phố không chỉ bị ảnh hưởng bởi địa hình thấp (hầu hết dưới 2m) và chế độ bán nhật của biển Đông, mà còn bởi việc khai thác các hồ thượng lưu như Trị An, Dầu Tiếng, Thác Mơ, và các hồ khác.

Thành phố sở hữu một mạng lưới sông rạch tổng cộng 7.955 km, chiếm 16% diện tích mặt nước và mật độ dòng chảy trung bình 3,80 km<sup>2</sup>. Do đặc điểm địa hình thấp trũng dưới 2m và mặt nước chiếm tới 61% diện tích tự nhiên, cùng với vị trí cửa sông và sự ảnh hưởng của nhiều công trình thượng nguồn, thành phố đối mặt với rủi ro ngập lụt cao..

c) Về lượng mưa: lượng mưa trung bình hàng năm tại TP. HCM nằm trong khoảng từ 1.800 mm đến 2.700 mm, với 90% tổng lượng mưa tập trung trong giai đoạn từ tháng 5 đến tháng 11..

d) Về chế độ thủy văn: Chế độ thủy văn tại TP. HCM chủ yếu bị ảnh hưởng bởi biến đổi bán nhật triều của biển Đông. Thủy triều thâm nhập hai lần mỗi ngày vào hệ thống sông rạch thành phố, gây ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp và hạn chế khả năng tiêu thoát nước trong khu vực nội thành.

Mực nước triều bình quân cao nhất đạt 1,10 m, với đỉnh điểm vào tháng 10-11 và thấp nhất trong tháng 6-7. Trong mùa mưa, độ mặn giảm do lưu lượng lớn và sự pha loãng, còn trong mùa khô, độ mặn lên tới 4‰ có thể xâm nhập sông Sài Gòn đến Lái Thiêu và thậm chí Thủ Dầu Một, cũng như sông Đồng Nai đến Long Đại.

Các công trình thủy điện Trị An và thủy lợi Dầu Tiếng tại thượng nguồn đã có tác dụng ảnh hưởng đến sự ngọt hóa môi trường nước ở vùng hạ du từ Bắc Nhà Bè, với việc chế độ chảy tự nhiên chuyển sang chế độ chảy điều tiết qua turbin, đập tràn và cống đóng-xả. Lưu lượng dòng chảy trong mùa kiệt có thể tăng 3-6 lần so với trạng thái tự nhiên, đặc trưng trong khoảng tháng 2 đến tháng 5 hàng năm.

Trong mùa mưa, việc điều tiết giữ nước trên hồ giúp giảm nguy cơ ngập lụt ở các vùng trũng thấp nhưng dẫn đến xâm nhập mặn sâu hơn. Phát triển hệ thống kênh mương đã làm tăng mực nước ngầm 2-3m, hỗ trợ mở rộng diện tích canh tác bằng cách tăng vụ mùa và cung cấp nước cho sản xuất và sinh hoạt đô thị [24].

đ) Về tình hình lún sụt tại TP. HCM: Tại TP. HCM, tốc độ lún sụt trong vòng 10 năm đạt trên 10 cm, ảnh hưởng đến khu vực có tổng diện tích 239 km<sup>2</sup> bao gồm

quận Bình Chánh, phía Nam quận Bình Tân, Quận 8, Quận 7, phía Đông Quận 12, phía Tây Thành phố Thủ Đức và phía Bắc huyện Nhà Bè. Đặc biệt, từ 2005-2015, mốc tại Trung tâm Văn hóa Thể dục Thể thao (phường An Lạc, Quận Bình Tân) lún 73 cm và mốc tại Trung tâm Y tế Bình Chánh (xã Tân Túc, huyện Bình Chánh) lún 44 cm. [1].

1.2.1.3. Tổng quan khu vực nghiên cứu thí điểm về giải pháp sinh thái giảm ngập

Phường An Khánh, thuộc thành phố Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh, có vị trí địa lý như sau: phía Đông giáp phường An Phú và Bình Trưng Tây, phía Tây giáp phường Thủ Thiêm và quận Bình Thạnh, phía Nam giáp phường An Lợi Đông và Quận 7, còn phía Bắc giáp phường Thảo Điền.



Hình 1.9. Vị trí phường An Khánh trên bản đồ Thành phố Hồ Chí Minh

Phường có diện tích 4,02 km<sup>2</sup> và mật độ dân số là 6.626 người/km<sup>2</sup> với tổng dân số năm 2021 là 26.639 người..Thực hiện Nghị quyết số 1111/NQ-UBTVQH14 ngày 9 tháng 12 năm 2020 của Ủy ban thường vụ Quốc hội về việc sắp xếp các đơn vị hành chính cấp huyện, cấp xã và thành lập thành phố Thủ Đức thuộc TP. HCM (nghị quyết có hiệu lực từ ngày 01 tháng 01 năm 2021), TP HCM đã tiến hành sắp xếp lại các đơn vị hành chính, trong đó:

- Thành phố Thủ Đức được thành lập trên cơ sở sáp nhập toàn bộ diện tích và dân số của 03 quận (2, 9 và Thủ Đức)
- Diện tích và dân số của phường An Khánh được sáp nhập vào phường Thủ Thiêm
- Sáp nhập diện tích, dân số của phường Bình An và phường Bình Khánh để thành lập phường An Khánh. [25]

### ***1.2.2. Tổng quan về tình hình ngập trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh***

#### **1.2.2.1. Tình hình ngập do mưa trên địa bàn thành phố**

Theo thống kê, vào năm 2008, TP. Hồ Chí Minh ghi nhận 126 tuyến đường trực chính bị ngập nước do mưa, giảm xuống còn 40 tuyến vào năm 2016. Đến cuối năm 2020, TP đã giải quyết 11/17 tuyến ngập do mưa và xử lý tạm thời 14/23 tuyến sử dụng biện pháp cấp bách..

Trong giai đoạn 2020-2025, TP. Hồ Chí Minh dự định áp dụng các biện pháp để xử lý 15 điểm ngập chưa được giải quyết, cụ thể như sau: [26].

<b>Điểm ngập</b>	<b>Tuyến đường</b>
Các tuyến đường ngập nước do mưa	Quốc lộ 13, Tân Quý, Phan Anh, Lê Đức Thọ, Bạch Đằng, Hồ Học Lãm,
Các tuyến đường ngập nước đã được Thành phố tạm xử lý bằng các giải pháp cấp bách	Ba Vân, Trương Công Định, Bàu Cát, Dương Văn Cam, Đặng Thị Rành, Nguyễn Hữu Cảnh, Thảo Điền, Kha Vạn Cân, Quang Trung
Các điểm ngập phát sinh	Nguyễn Văn Khổi (Cây Trâm cũ), Nguyễn Văn Hường, Quốc Hương,

#### **1.2.2.2. Tình hình ngập do triều trên địa bàn thành phố**

Dựa trên số liệu thống kê, vào đầu năm 2008, TP. Hồ Chí Minh ghi nhận 95 tuyến đường trực chính bị ảnh hưởng bởi triều cường. Tuy nhiên, vào năm 2016, chỉ còn 09 tuyến đường này gặp vấn đề tương tự. Đến cuối năm 2020, tất cả 09/09 tuyến đường đã được xử lý thành công. Trong năm 2020, TP. Hồ Chí Minh đã thực hiện dự án "Giải quyết ngập do triều và biến đổi khí hậu (giai đoạn 1)" cùng với dự án "Bờ tả sông Sài Gòn từ rạch Cầu Ngang đến khu đô thị Thủ Thiêm", nhằm giải quyết 05 điểm ngập còn lại bao gồm các tuyến đường Huỳnh Tấn Phát, Lê Văn Lương, Trần Xuân Soạn, Quốc lộ 50 và Nguyễn Văn Hường.

Số liệu thực tế tại TP. HCM cho thấy số điểm ngập ngày càng gia tăng. Theo số liệu của Trung tâm Quản lý kỹ thuật hạ tầng TP. HCM, đến cuối năm 2009, TP.HCM có 119 điểm ngập, trong đó có 63 điểm ngập do mưa, 14 điểm ngập do triều và 42 điểm ngập do mưa kết hợp với triều. Số liệu thống kê cho thấy năm 1980 cả TP. HCM chỉ có 10 điểm ngập, đến nay đã tăng hơn 100 điểm. [26].

### **1.2.3. Hệ thống thoát nước hiện hữu và quy hoạch hệ thống thoát nước**

#### **1.2.3.1. Quy mô hệ thống thoát nước hiện hữu**

- Công thoát nước: trên địa bàn thành phố, tổng chiều dài công thoát nước đạt 4.455.833 m. Cụ thể, Trung tâm Quản lý Hạ tầng kỹ thuật thành phố quản lý 718 tuyến cống cấp 2 và cấp 3 tổng cộng 1.748.833 m và 82.400 hầm ga. Trong khi đó, Ủy ban nhân dân các quận, huyện quản lý 10.554 tuyến cống cấp 3, cấp 4 và các hẻm nhánh tổng chiều dài 2.707 km cùng 146.638 hầm ga.;

- Cống bao và tuyến cống thu gom: Trung tâm Quản lý Hạ tầng kỹ thuật thành phố quản lý 2 tuyến cống bao tổng cộng 11.893 m và 3 hệ thống cống thu gom liên kết với cống bao với tổng chiều dài 1.774.915 m.

- Thành phố có tổng cộng 1.224 cửa xả, 523 van ngăn triều.

- 09 cống kiểm soát triều lớn: Bình Triệu, Ông Dầu, Thủ Đức, Gò Dưa, Đúc Nhỏ, Rạch Đá, Đá Hàn, Ông Đụng, Ba Thôn;

- Có 04 Cống kiểm soát triều kết hợp trạm bơm, với tổng công suất 476.800 m<sup>3</sup>/giờ: Bình Lợi, Nhiêu Lộc – Thị Nghè, Rạch Nhảy – Ruột Ngựa, Rạch Lãng;

- Có 02 hồ điều tiết: Hồ điều tiết, gồm hồ Thanh Đa với diện tích 3.000 m<sup>2</sup> (công suất 2.520 m<sup>3</sup>/giờ); hồ Mễ Cốc 1 với diện tích 16.655 m<sup>2</sup> (công suất 2.520 m<sup>3</sup>/giờ);

- Có 01 trạm bơm cố định (Bến Phú Lâm) với tổng công suất 54.000 m<sup>3</sup>/giờ;

- 08 trạm bơm di động (Nguyễn Hữu Cảnh, Trạm bơm 1- Kè KP3 Thảo Điền, Văn Thánh, Trạm bơm 2- Kè KP3 Thảo Điền, Mười Xà, Trương Đình Hợi - Tôn Thất Thuyết, Cầu Bình Điền, cửa xả rạch Cây Liêm đường Nguyễn Văn Quá) với tổng công suất 12.600 m<sup>3</sup>/giờ: [26].

#### **1.2.3.2. Quy hoạch hệ thống thoát nước của Thành phố**

Hệ thống thoát nước Thành phố Hồ Chí Minh đã và đang được phát triển theo 04 bản quy hoạch, gồm:

- Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2020 (Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định 752/QĐ-TTg ngày 19/6/2001);

- Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực TP. HCM (Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định 1547/QĐ-TTg ngày 28/10/2008);

- Quy hoạch chung xây dựng TP. HCM đến năm 2025 (Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định 24/QĐ-TTg ngày 06/01/2010);

- Quy hoạch hệ thống thoát nước và xử lý nước thải khu vực dân cư, khu công nghiệp thuộc lưu vực sông Đồng Nai đến năm 2030 (Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định 1942/QĐ-TTg ngày 29/10/2014).

a) Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước TP. HCM đến năm 2020

Phạm vi nghiên cứu của quy hoạch bao gồm 581,52 km<sup>2</sup>, chia thành 06 vùng thoát nước mưa (106,41 km<sup>2</sup> ở vùng trung tâm và 457,11 km<sup>2</sup> ở 05 vùng ngoại vi) và được phân thành 09 lưu vực thoát nước bản.. Trong đó:

Sáu (06) vùng thoát nước mưa gồm:

<b>STT</b>	<b>Vùng thoát nước mưa</b>	<b>Thuộc Quận, huyện trên địa bàn thành phố</b>
1	Vùng Trung tâm	Các Quận 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, Phú Nhuận, Bình Thạnh, Tân Phú và một phần các quận: Tân Bình, Gò Vấp, huyện Bình Chánh; Trong lưu vực này, các kênh Nhiêu Lộc - Thị Nghè, Tân Hóa - Lò Gốm, Tàu Hũ - Bến Nghé - Kênh Đôi - Kênh Tè là kênh rạch chính.
2	Vùng Bắc	Quận 12 và một phần của các quận Tân Bình, Gò Vấp, huyện Bình Chánh, Hóc Môn; Trong lưu vực này, các kênh Tham Lương - Bến Cát, Bến Đá - Rạch Bà Hồng là kênh rạch chính
3	Vùng Tây	Một phần các quận Bình Tân và một phần của các quận Tân Bình, huyện Bình Chánh; Trong lưu vực này có Rạch Chùa, rạch Nước Lên là kênh rạch chính
4	Vùng Nam	Một phần các Quận 7, Nhà Bè và một phần của các huyện Bình Chánh; Kênh rạch chính có Kênh Tè
5	Vùng Đông Bắc	Quận Thủ Đức và một phần của các Quận 2 (nay là Thành phố Thủ Đức)
6	Vùng Đông Nam	Quận 9 và một phần của các Quận 2 (nay thuộc Thành phố Thủ Đức)

Chín (09) lưu vực thoát nước bản gồm:

Bảng 1.1. Các lưu vực thoát nước bản

<b>STT</b>	<b>Phân chia lưu vực</b>	<b>Thuộc Quận, huyện trên địa bàn thành phố</b>
01	Tham Lương - Bến Cát	Quận Bình Thạnh, Gò Vấp
02	Nhiêu Lộc - Thị Nghè	Quận 1, 3, 10, Bình Thạnh, Gò Vấp, Phú Nhuận, Tân Bình
03	Tân Hóa - Lò Gốm	Quận 6, 8, 11, Tân Bình
04	Tàu Hũ - Bến Nghé - Kênh Đôi - Kênh Tè	Quận 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, Tân Bình

STT	Phân chia lưu vực	Thuộc Quận, huyện trên địa bàn thành phố
05	Tây Sài Gòn	Quận 12
06	Nam Sài Gòn	Quận 7
07	Bắc Sài Gòn 1	Khu vực 3, Thành phố Thủ Đức
08	Bắc Sài Gòn 2	Khu vực 2, Thành phố Thủ Đức (Quận 9 cũ)
09	Đông Sài Gòn	Khu vực 1, Thành phố Thủ Đức (Quận 2 cũ)

Trong dự án, mực nước thiết kế được xác định dựa trên tính toán mưa kết hợp với mực nước triều cao, và được lựa chọn dựa trên trung bình mực nước lớn nhất hàng tháng từ tháng 8 đến tháng 11. [27].

b) Quy hoạch thủy lợi phòng ngập khu vực TP. HCM

Quy hoạch thủy lợi chống ngập cho Thành phố Hồ Chí Minh đã được Thủ tướng phê duyệt theo Quyết định 1547/QĐ-TTg ngày 28/10/2008. Mục tiêu của quy hoạch là giữ mực nước trong kênh rạch ở vùng được bảo vệ bởi đê bao thấp hơn mực nước thiết kế theo Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước TP.HCM đến 2020, hỗ trợ thoát nước cho các cống. Trái ngược với phạm vi thực hiện hạn chế của Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước TP.HCM đến 2020, Quy hoạch thủy lợi chống ngập ứng mở rộng phạm vi điều chỉnh đến 968.500 ha, bao gồm TP.HCM và một phần tỉnh Đồng Nai, Long An.

\* Mục tiêu của quy hoạch: giải quyết tình trạng ngập ở TP. HCM bằng giải pháp thủy lợi, cụ thể:

- Trong giai đoạn đến 2012, các biện pháp kiểm soát triều sẽ được triển khai, nhằm hạ thấp mực nước trên các kênh trục bao quanh vùng bờ hữu của sông Sài Gòn-Nhà Bè. Đồng thời, tận dụng khả năng trữ nước của hệ thống kênh rạch, hồ nước và khu vực thấp liền mạch, nhằm tăng cường khả năng tiêu thoát nước cho công thành phố, chấm dứt tình trạng ngập do lũ và triều. Điều này sẽ củng cố nền tảng để thoát nước mưa qua hệ thống kênh rạch, hướng dẫn các trục tiêu chính và tích hợp vận hành các công trình kiểm soát nước với việc cải thiện môi trường kênh rạch trong khu vực đó.

- Trong giai đoạn sau 2012, tập trung triển khai các biện pháp kiểm soát tại khu vực ngã ba sông Đồng Nai-Sài Gòn, bao gồm việc kiểm soát lũ và triều để đối phó với nguy cơ ngập khi lũ lớn từ thượng lưu và mực nước biển dâng trong tương lai.



Đồng thời, tích hợp vận hành các công trình kiểm soát nước với việc cải thiện môi trường kênh rạch và tái tạo khu vực đất phèn.

\* Phương án quy hoạch: dựa trên các yếu tố như địa hình, đặc điểm tự nhiên, tính chất ngập, khả năng kiểm soát nước ngoại lai, cơ sở khoa học, kinh tế, môi trường và quy hoạch phát triển, phương án quy hoạch thủy lợi chống ngập úng đã chia TP. HCM thành ba vùng kiểm soát nước cụ thể như sau:

<b>Vùng kiểm soát nước</b>	<b>Phạm vi quy hoạch</b>	<b>Đặc điểm</b>
Vùng I <i>(Khu vực trọng tâm của Quy hoạch)</i>	- Toàn bộ khu vực bờ hữu sông Sài Gòn - Nhà Bè (trong đó có khu vực nội thành cũ) - Khu vực phía Nam thành phố và một phần của tỉnh Long An (bờ tả sông Vàm Cỏ và Vàm Cỏ Đông).	Có nhiều vấn đề về môi trường và tiêu thoát nước đô thị. Chủ yếu là vùng đất canh tác và hoang hóa có nhu cầu về cải tạo đất mặn, phèn
Vùng II	Toàn bộ khu vực ngã ba sông Đồng Nai - Sài Gòn	Là vùng đang phát triển, tình hình tiêu thoát nước thuận lợi hơn do đó có thể bố trí công trình để chống ngập, tiêu nước
Vùng III	Toàn bộ khu vực bờ tả sông Nhà Bè - Soài Rạp	Hiện tại là vùng sinh quyền nở, có thể xây dựng các công trình kiểm soát nước, quy mô lớn trong tương lai, tùy thuộc vào tình hình, diễn biến nước biển dâng và quá trình phát triển đô thị phía Nam thành phố

\* Kiểm soát lũ từ thượng lưu

Nhiệm vụ điều tiết lũ được bổ sung và quy trình vận hành hồ chứa được hoàn thiện nhằm đảm bảo an toàn và kiểm soát lũ, từ đó thuận lợi cho việc phòng chống ngập ở vùng hạ du.

Vận hành phối hợp xả lũ từ các hồ như Dầu Tiếng, Trị An, Phước Hòa và hồ thượng lưu khác, được thực hiện dựa trên chế độ thủy triều tại đoạn cửa sông.

Điều tiết dòng chảy lũ từ sông Đồng Nai sang sông Thị Vải thông qua sông Đồng Môn, kết hợp với việc cải thiện môi trường.

Điều tiết dòng chảy lũ từ sông Sài Gòn qua Rạch Tra, kết hợp với việc cải thiện đất và môi trường ở vùng I, nhằm giảm áp lực lũ cho khu vực trung tâm thành phố.

Chặn và điều hướng dòng chảy lũ từ hướng Tây ra khỏi địa bàn thành phố. [28]

### 1.2.3.3. Các quy hoạch hiện nay so với thực tiễn của Thành phố

Quy hoạch hiện đang được triển khai đã được Thủ tướng Chính phủ chấp thuận hơn 10 năm trước, một số quy hoạch đã được chấp thuận gần 18 năm. Tính đến thời điểm hiện tại, có sự chênh lệch rõ ràng giữa hướng dẫn của các quy hoạch và tốc độ phát triển thực tế của thành phố cùng với biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng và phức tạp. Do một số yếu tố khách quan, Quy hoạch Tổng thể về hệ thống thoát nước thành phố được chấp thuận trong Quyết định số 752/QĐ-TTg ngày 19/06/2001 hiện không còn tương thích với nhu cầu phát triển của thành phố trong tương lai:

**Về thời hạn quy hoạch:** Quy hoạch tổng thể về hệ thống thoát nước Thành phố được Thủ tướng Chính phủ chấp thuận trong Quyết định số 752/QĐ-TTg ngày 19/06/2001 với thời hạn đến năm 2020. Hiện tại, quy hoạch đã hết thời hạn mà chưa có quy hoạch mới được ban hành. Khi lập Quy hoạch 752, các thông số đầu vào không tính đến ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, do đó, quy hoạch hiện không còn tương thích với điều kiện hiện hành..

**Về phạm vi quy hoạch:** Quy hoạch tổng thể thoát nước Thành phố đến 2020 được áp dụng cho khu vực nội thành (106,41 km<sup>2</sup>) và khu vực lân cận (457,11 km<sup>2</sup>), chiếm 28,38% tổng diện tích thành phố (594,48km<sup>2</sup> trên 2.095km<sup>2</sup>). Tuy nhiên, với sự mở rộng đô thị theo các Quận như Bình Tân, Tân Bình, Tân Phú, Quận 12, thành phố Thủ Đức, có nhu cầu điều chỉnh quy hoạch cho toàn Thành phố. Do đó, phạm vi điều chỉnh cho Quy hoạch tổng thể thoát nước bao gồm tất cả các Quận huyện trên địa bàn Thành phố, trừ huyện Cần Giờ..

### **Về nội dung quy hoạch:**

Quy hoạch tổng thể thoát nước Thành phố đến 2020 gồm các chiến lược về thoát nước mưa, phân vùng chống ngập triều cho từng khu vực, và tích hợp hồ điều tiết cùng bảo tồn diện tích mảng xanh và mặt nước. Tuy nhiên, chiến lược chống ngập triều hiện đang được mở rộng dựa trên Quy hoạch Thủy lợi chống ngập úng theo

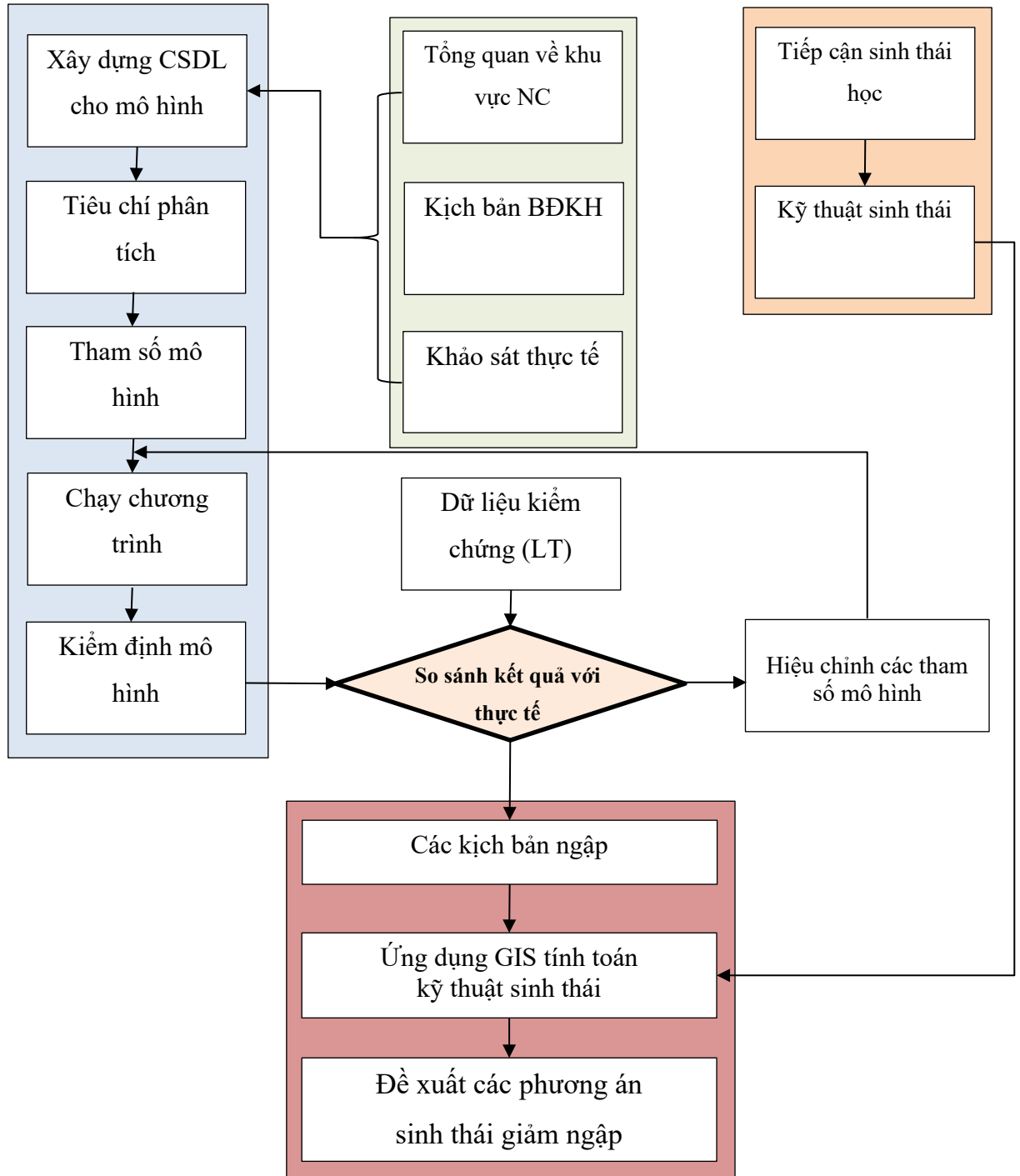
Quyết định số 1547/QĐ-TTg ngày 28/10/2008 của Thủ tướng, với mục tiêu kiểm soát triều và giảm mực nước ở các kênh rạch chính liên kết với sông Sài Gòn, Đồng Nai và Nhà Bè.

Trong thực thi Quy hoạch tổng thể thoát nước Thành phố hướng đến 2020, đô thị hóa đã dẫn đến sự thu hẹp và mất mát của các nguồn chứa nước tự nhiên như ao hồ và kênh rạch; diện tích thảm giảm do quá trình bê tông hóa và mức tăng khu dân cư đông đúc với mật độ trên 200 người/ha. So với Quy hoạch ban đầu, chỉ 31,96% diện tích trong khu vực nghiên cứu (tương đương 190 km<sup>2</sup>/594,48 km<sup>2</sup>) có mật độ dân số vượt quá 200 người/ha, dành cho việc xây dựng hệ thống thoát nước tập trung. [21]

## CHƯƠNG 2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Cách tiếp cận

Cấu trúc logic triển khai nghiên cứu được mô tả một cách chi tiết như sau:



Hình 2.1. Khung logic thực hiện đề tài

- Kế thừa kịch bản BĐKH: Đề tài sẽ kế thừa kịch bản BĐKH TP. HCM trên cơ sở tiếp cận mới của IPCC [29],[30],[31] và Kịch bản BĐKH-NBD cho Việt Nam [32].

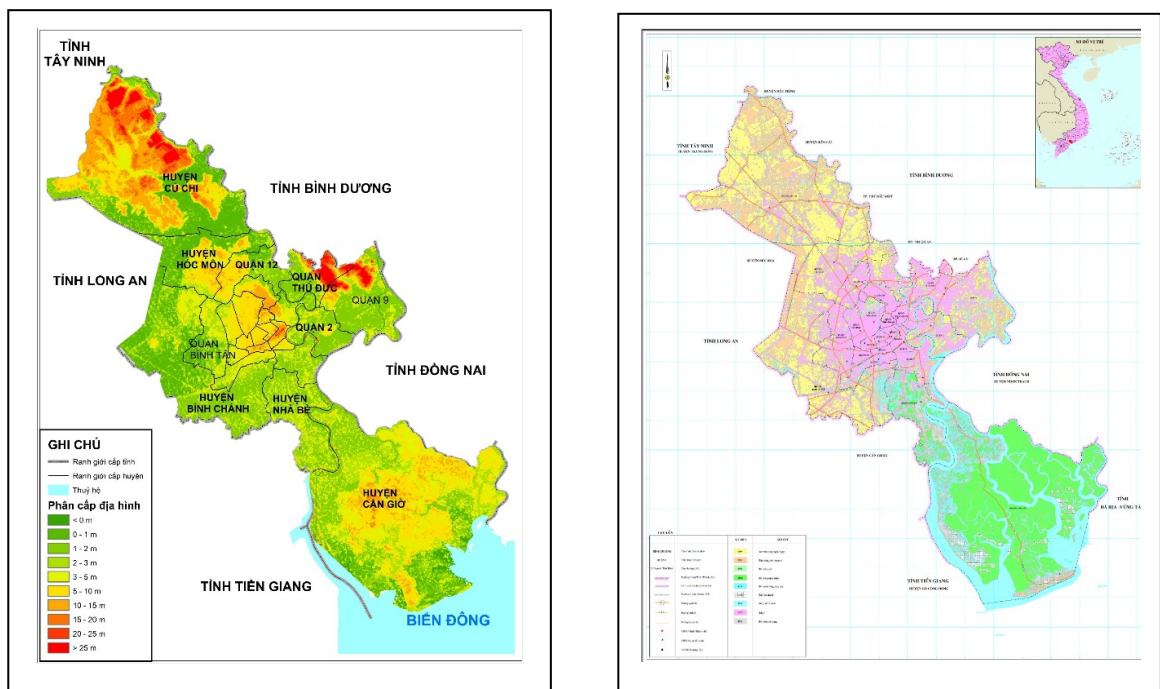
- Kế thừa các phương pháp đã sử dụng như mô hình hóa, chồng ghép bản đồ để đánh giá hiện trạng ngập và nguy cơ ngập đến năm 2030 tại TP. HCM theo các kịch bản phát thải trung bình thấp RCP 4.5 và kịch bản phát thải cao RCP 8.5, xác định khu vực có nguy cơ ngập cần giải quyết.

- Đánh giá đặc điểm khu vực ngập, đề xuất các giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái phù hợp để giải quyết tình trạng ngập.

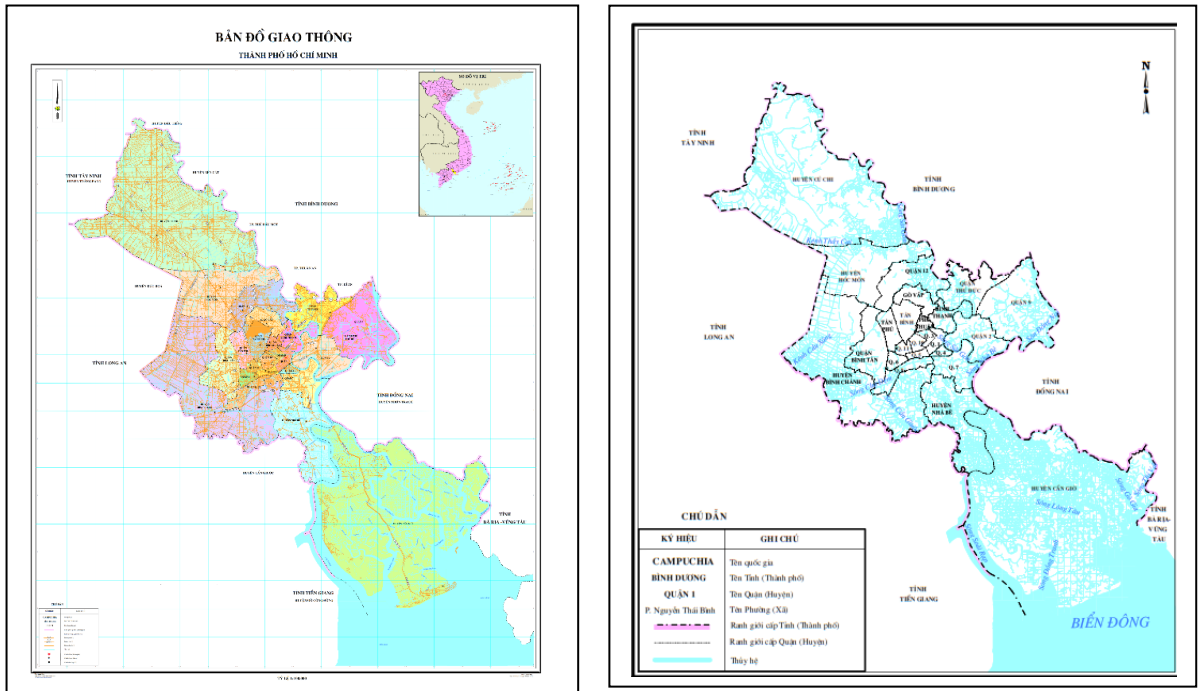
## 2.2 Dữ liệu

### 2.2.1. Dữ liệu bản đồ

Các dữ liệu về bản đồ được thu thập tại các cơ quan như Trung tâm Điều hành chương trình chống ngập nước, Sở Giao thông Vận tải, Sở Tài nguyên và Môi trường, Sở NN&PTNT, ... phục vụ luận án. Các dữ liệu bản đồ bao gồm: bản đồ địa hình, bản đồ sử dụng đất, bản đồ quy hoạch sử dụng đất, bản đồ thủy hệ, giao thông, hành chính, hiện trạng hệ thống công trình thủy lợi, bản đồ thổ nhưỡng... tại thành phố Hồ Chí Minh.



Hình 2.2. Bản đồ địa hình và bản đồ sử dụng đất TP.HCM



Hình 2.3. Bản đồ giao thông và bản đồ thủy hệ TP.Hồ Chí Minh

### 2.2.2. Dữ liệu khí tượng – thủy văn

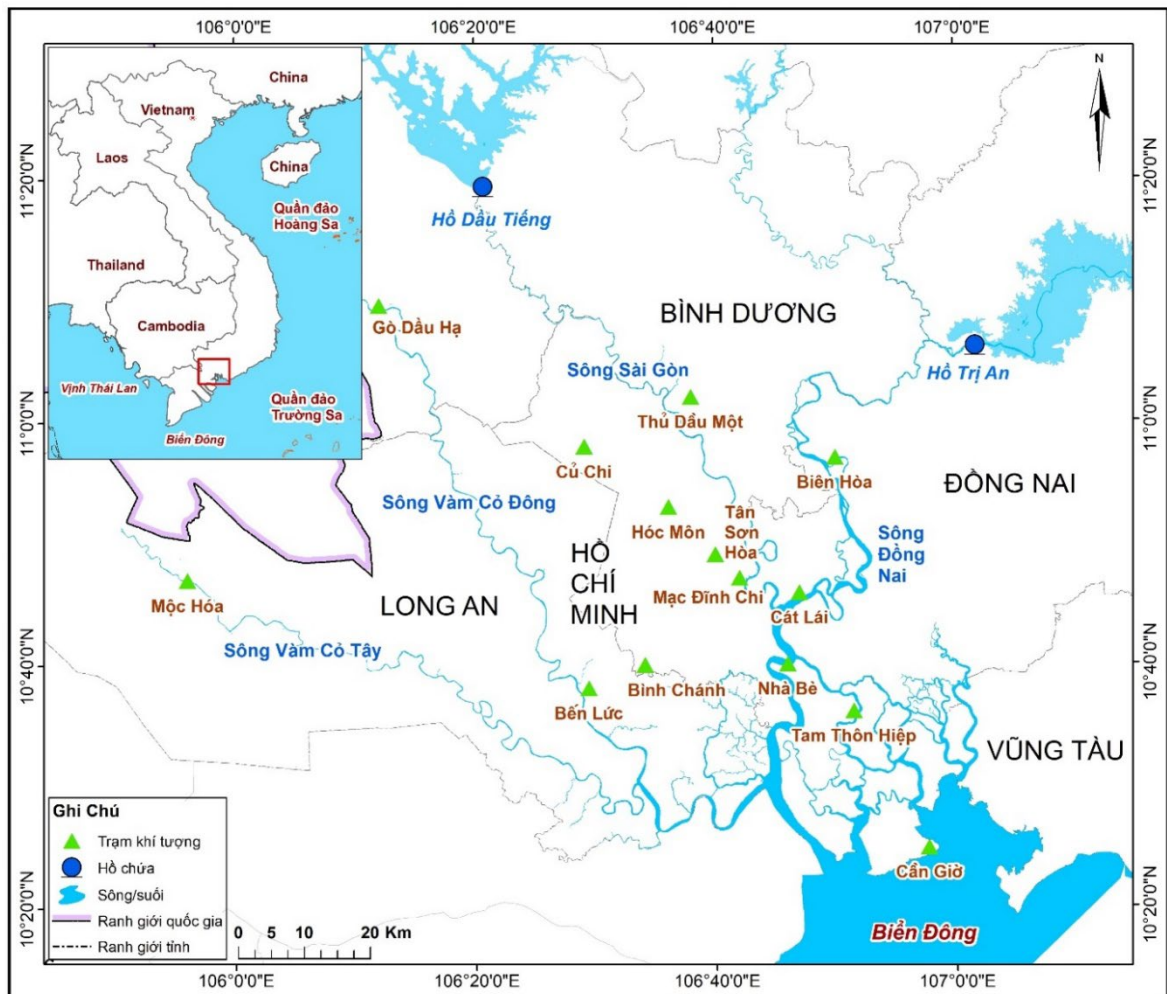
#### - Dữ liệu mưa

Luận án thu thập và sử dụng dữ liệu mưa ngày giai đoạn 1982-2020 (39 năm) tại 15 trạm nằm trong khu vực TP.HCM và vùng lân cận, kết hợp với dữ liệu mưa 15 phút giai đoạn 1980-2020 (41 năm) tại trạm Tân Sơn Hòa phục vụ tính toán xu thế mưa.

Bảng 2.1 Thông tin các trạm quan trắc mưa

STT	Tên trạm	Tọa độ		Địa điểm
		X(m)	Y(m)	
1	Hóc Môn	674.686	1.203.280	TP.HCM
2	Mạc Đĩnh Chi	685.680	1.192.280	TP.HCM
3	Bình Chánh	670.425	1.18.1140	TP.HCM
4	Củ Chi	661.518	1.213.170	TP.HCM
5	Cần Giờ	714.376	1.151.520	TP.HCM
6	Nhà Bè	692.306	1.181.260	TP.HCM
7	Tân Sơn Hòa	683481	1.194.480	TP.HCM
8	Biên Hòa	698.692	1.211.160	Đồng Nai
9	Vũng Tàu	727.576	1.142.750	Vũng Tàu
10	Thủ Dầu Một	678.434	1.220.150	Bình Dương

STT	Tên trạm	Tọa độ		Địa điểm
		X(m)	Y(m)	
11	Mộc Hóa	590.555	1.188.570	Long An
12	Gò Dầu Hạ	631.030	1.233.940	Long An
13	Tam Thôn Hiệp	705.846	1.168.070	TP.HCM
14	Cát Lái	695.962	1.190.360	TP.HCM
15	Bến Lức	659.847	1.177.630	Long An



Hình 2.4. Bản đồ vị trí các trạm quan trắc mưa

- Dữ liệu thủy văn

Bộ số liệu thủy văn được thu thập và sử dụng trong luận án, bao gồm:

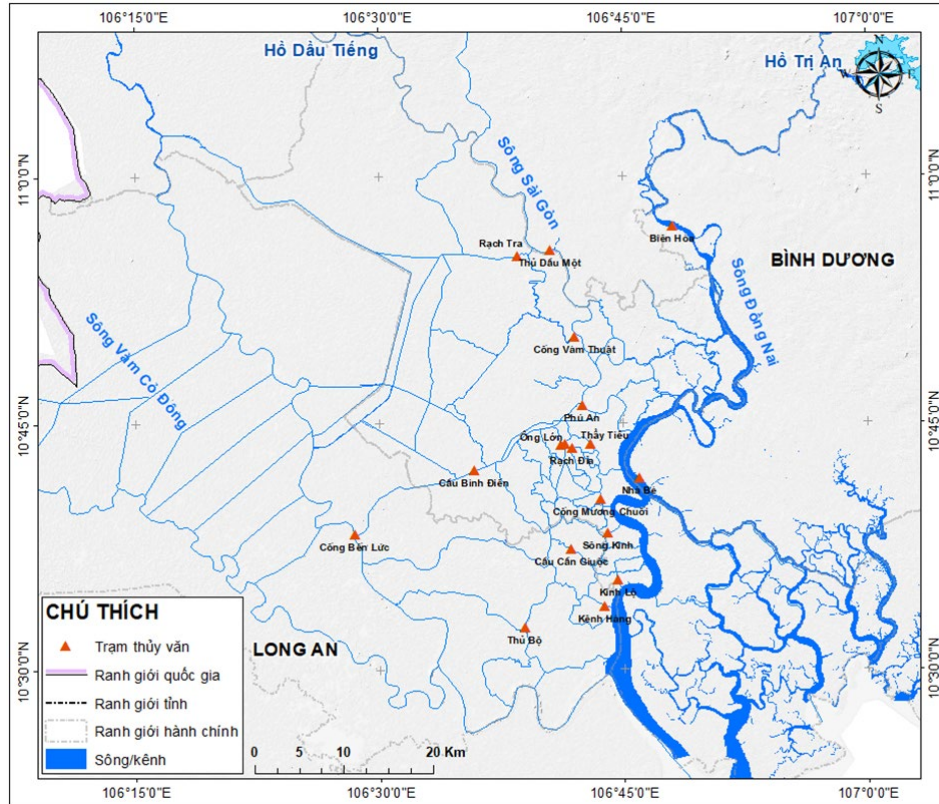
+ Dữ liệu mực nước các khu vực Thủ Dầu Một, Biên Hòa, Nhà Bè, Vàm Kênh, Vũng Tàu, Bến Lức, Tân An, lưu lượng xả hồ Phước Hòa, hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng giai đoạn 1980 – 2019.

+ Ngoài ra, nghiên cứu cũng tiến hành thu thập dữ liệu mực nước và lưu lượng 14 trạm đo nội đồng giai đoạn từ ngày 01/06 – 08/06 năm 2009 và 01/03 – 15/03 năm 2015 từ các đề tài/ dự án đã thực hiện nhằm hiệu chỉnh, kiểm định mô hình ngập lụt TP.HCM.

Bảng 2.1. Thống kê các trạm đo mực nước chính trong khu vực

STT	Trạm	Sông	Tọa độ		Thời gian quan trắc	Đo theo chế độ
			Vĩ độ N	Kinh độ E		
1	Biên Hòa	Đồng Nai	10,96	106,86	1980 – 2019	Giờ
2	Nhà Bè	Đồng Nai	10,96	106,86	1981 – 2019	Giờ
3	Thủ Dầu Một	Sài Gòn	10,98	106,64	1980 – 2019	Giờ
4	Phú An	Sài Gòn	10,77	106,7	1980 – 2019	Giờ
5	Bến Lức	Vàm Cỏ Đông	10,63	106,48	1980 – 2019	Giờ
6	Tân An	Vàm Cỏ Tây	10,54	106,41	1980 – 2019	Giờ
7	Vũng Tàu	Triều	107,07	10,33	1980 – 2019	Giờ
8	Vàm Kênh	Triều	10,27	106,71	1984 – 2018	Giờ





Hình 2.5. Vị trí các trạm quan trắc thủy văn năm 2009 và 2015

### 2.2.3. Dữ liệu mạng lưới thoát nước hiện trạng

- Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước mưa và nước thải TP.HCM đến năm 2020 được nghiên cứu bởi Công ty Tư vấn quốc tế Thái Bình Dương (PCI) dưới sự tài trợ của Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA) và đã được Thủ tướng Chính phủ Việt Nam phê duyệt năm 2001 tại Quyết định số 752/QĐ-TTg. Sau đây gọi tắt là quy hoạch 752.

- Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực TP.HCM được thực hiện bởi các chuyên gia đến từ các cơ quan của Bộ NN&PTNT (thành lập theo Quyết định số 3608/QĐ-BNN-KHCN của Bộ trưởng Bộ NN&PTNT ngày 25/11/2007). Quy hoạch sau đó đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1547/QĐ-TTg (sau đây gọi tắt là quy hoạch 1547).

- Quy hoạch xây dựng tác động đến quá trình phát triển kinh tế-xã hội của TP.HCM mà còn làm thay đổi bề mặt phủ đô thị dẫn đến sự thay đổi của chế độ thủy văn đô thị. Đề án “Điều chỉnh Quy hoạch chung xây dựng TP.HCM đến năm 2025” được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại quyết định số 24/QĐ-TTg năm 2010 cũng được xem xét trong luận án.

Bảng 2.2. Thống kê mạng lưới kênh rạch theo vùng

STT	Tên vùng	Quận/ Huyện	Số nhánh kênh, rạch chính	Tổng diện tích lưu vực (km <sup>2</sup> )	Tổng chiều dài (km)
1	Vùng Trung tâm	Quận 1, 3, 4, 5, 7, 10, 11, Phú Nhuận và một phần các quận Gò Vấp, Tân Bình, Bình Chánh, và Bình Thạnh.	5	118,8	45,4
2	Vùng phía Bắc	Một phần các quận 12, Gò Vấp, Bình Thạnh, Tân Bình, Bình Chánh và huyện Hóc Môn.	4	173,1	38,5
3	Vùng phía Tây	Một phần các quận 6, 8, Tân Bình, và Bình Chánh.	3	163,5	21,4
4	Vùng phía Nam	Một phần các quận 7, 8, Bình Chánh, và Nhà Bè.	6	73,5	39,4
5	Vùng phía Đông Bắc	Một phần quận 9 và Thủ Đức	4	54,3	23,3
6	Vùng phía Đông Nam	Một phần quận 2, 9 và Thủ Đức	10	95,6	56,7

Mạng lưới sông rạch chiếm vị trí quan trọng trong việc tiêu thoát nước mưa, tưới tiêu phục vụ nông nghiệp. Tuy nhiên do ảnh hưởng thủy triều khá mạnh và tình trạng bồi lắng nên thường gây ngập úng cho các vùng ven bờ sông, kênh rạch. Ngoài ra hiện nay, do sự đô thị hóa thiếu kiểm soát và ý thức của doanh nghiệp, người dân, đã xảy ra tình trạng lấn chiếm kênh rạch, xả rác, chất thải làm hẹp dòng chảy trên kênh rạch, làm giảm khả năng tiêu thoát nước.

- Hiện trạng hệ thống công thoát nước

Hệ thống thoát nước TP.HCM hiện nay chủ yếu là cống chung, tiếp nhận nước thải và nước mưa, được phát triển theo các giai đoạn và hiện đa phần đã hoạt động trên 40 năm, dẫn đến sự xuống cấp và không đáp ứng được nhu cầu tiêu thoát nước do đô thị hóa nhanh chóng. Tổng chiều dài cống trong thành phố là 4.176 km. Trung tâm Điều hành chương trình chống ngập nước quản lý 678 tuyến cống tổng cộng 1.469 km và 68.490 hầm ga (QĐ 920/QĐ-SGTVT, 29/02/2016). Còn Ủy ban nhân dân các quận, huyện quản lý 10.554 tuyến tổng chiều dài 2.707 km và 146.638 hầm ga (QĐ 2466/QĐ-SGTVT ngày 18/5/2016 của Sở Giao thông vận tải TP. HCM).

Mật độ cống thoát nước tính trên diện tích đất phi nông nghiệp trên toàn địa bàn TP.HCM (không tính diện tích mặt nước) là 2,7 km/km<sup>2</sup>, khu vực các quận nội thành cũ có mật độ khá cao, khoảng 7,3 km/km<sup>2</sup>, trong khi các quận nội thành phát

triển chỉ có 2 km/km<sup>2</sup> và ngoại thành là 0,8 km/km<sup>2</sup>. Hiện nay, hệ thống thoát nước chỉ mới phục vụ cho khoảng 70% dân số đô thị, chủ yếu tập trung trong Vùng trung tâm thành phố, chưa đáp ứng được yêu cầu tiêu thoát nước.

Theo số liệu báo cáo Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội TP.HCM đến năm 2020 và tầm nhìn đến năm 2025, từ năm 2005, nhờ việc thực hiện các dự án ODA để cải tạo, nâng cấp hệ thống cống thoát nước tại các lưu vực, tổng chiều dài cống thoát nước cấp 2, cấp 3 trên địa bàn TP.HCM đã tăng gấp 2 lần (từ 516 km vào năm 2001 tăng lên 1.140 km vào năm 2010) và số cửa xả tăng gấp 3,6 lần (từ 228 cửa xả vào năm 2001 tăng lên 816 cửa xả vào năm 2010). Ngoài ra, song song với các dự án ODA, tính đến năm 2010, TP.HCM đã hoàn thành 68 dự án cải tạo, lắp đặt mới hệ thống thoát nước bằng nguồn vốn ngân sách.

#### **2.2.4. Các tài liệu liên quan khác**

- Số liệu địa hình lòng dẫn, mặt cắt sông rạch từ các dự án đã thực hiện:
  - + Dữ liệu mặt cắt 106 nhánh sông được kế thừa từ kết quả khảo sát và đo đạc của đề tài KC08.18/06-10 (KHTLMN, 2010).
  - + Nghiên cứu chế độ thủy động lực và chất lượng nước vùng cửa sông Sài Gòn - Đồng Nai (Bảo Thạnh, 2011).
  - + Nghiên cứu khoa học liên quan đến dự án về chinh trị luồng, đánh giá về sa bồi sau nạo vét (Viện KHTLMN, tháng 11/2014).
  - + Các công trình thủy lợi được cập nhật nguồn từ số liệu thống kê của Chi cục Thủy Lợi, Sở NN&PTNT TP.HCM và từ báo cáo thiết kế thi công dự án cống ngăn triều chống ngập công ty Trung Nam Group.
  - + Bản đồ mạng lưới cống, trắc dọc cống, kênh chủ yếu được thu thập từ dự án Nâng cấp đô thị TP.HCM.
  - + Số liệu địa hình được cập nhật từ bộ số liệu LIDAR đo năm 2012 toàn thành phố.
- Tài liệu về hiện trạng hệ thống thoát nước, tình hình ngập nước và kế hoạch giảm ngập được thu thập từ:
  - + Trung tâm điều hành chương trình chống ngập nước Thành phố Hồ Chí Minh;

- + Đề tài Nghiên cứu tính toán ngập úng lưu vực quận 12 – Thành phố Hồ Chí Minh bằng mô hình MIKE FLOOD của Phân viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (2015).
- Tài liệu quy hoạch: đô thị, thoát nước, thủy lợi, giao thông và hạ tầng kỹ thuật, phát triển KT-XH
  - + Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2020 được Thủ tướng phê duyệt tại Quyết định số 752/QĐ-TTg ngày 19 tháng 6 năm 2001;
  - + Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực thành phố Hồ Chí Minh được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1547/QĐ-TTg ngày 28 tháng 10 năm 2008;
  - + Quy hoạch chung xây dựng thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2025 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 24/QĐ-TTg ngày 06 tháng 01 năm 2010;
  - + Dự án Vệ sinh môi trường TP.Hồ Chí Minh, Công ty TNHH MTV Thoát Nước Đô Thị và dữ liệu dự án Vệ sinh môi trường TP.Hồ Chí Minh.
- Tài liệu biến đổi khí hậu
  - + Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam 2021, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2021;
  - + Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn TP. HCM trong điều kiện biến đổi khí hậu, Phân viện KH khí tượng Thủy văn và BDKH [12].
- Tài liệu thu thập các dự án cải thiện vệ sinh môi trường, nâng cấp đô thị như Nhiều Lộ-Thị Nghè, Tân Hóa-Lò Gốm, Tham Lương-Bến Cát,...

## **2.2. Các nội dung và phương pháp nghiên cứu**

Dựa trên mục tiêu đề xuất là ứng dụng các giải pháp sinh thái để giải quyết vấn đề ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh, nội dung nghiên cứu của đề tài gồm:

### **2.2.1. Đánh giá hiện trạng và nguy cơ ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh trong bối cảnh biến đổi khí hậu**

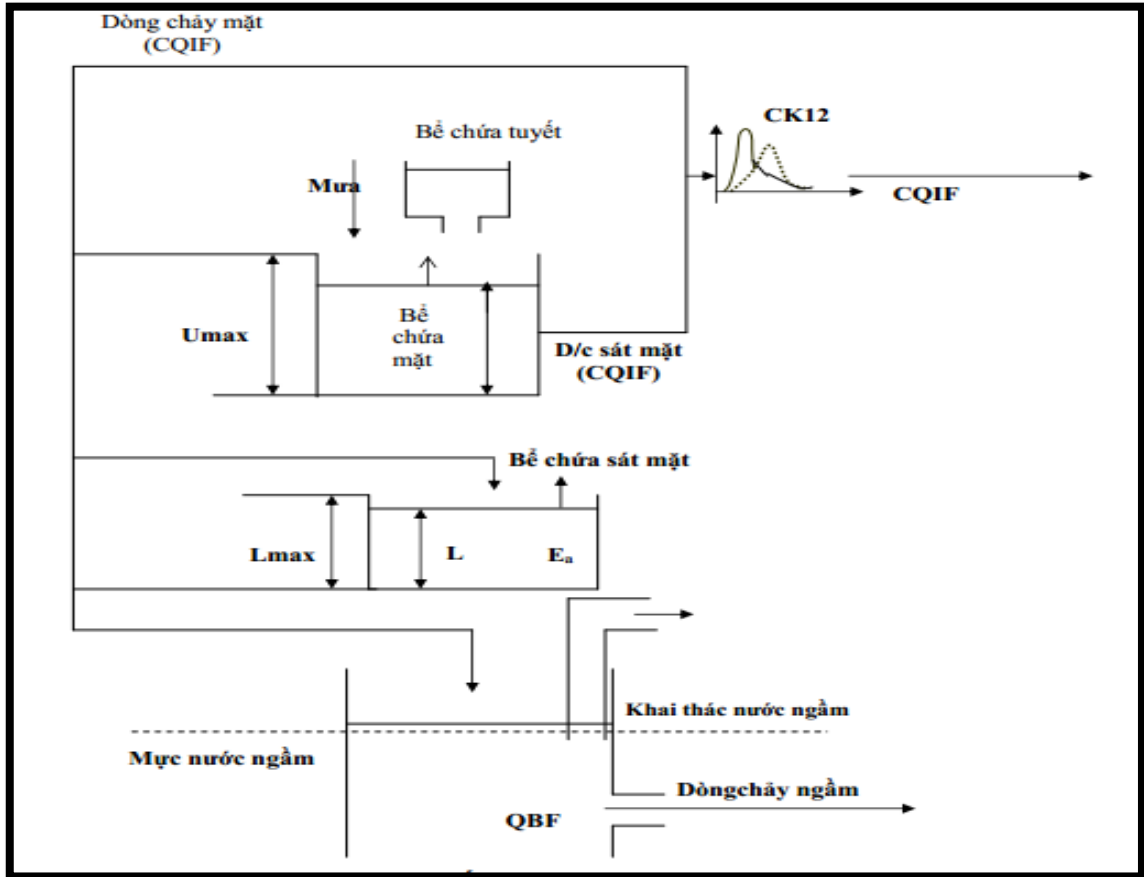
#### 2.2.1.1. Phương pháp ứng dụng mô hình toán

##### a) Mô hình MIKE NAM

Mô hình thủy văn NAM biểu diễn các khía cạnh của chuỗi mưa-dòng chảy, nhằm mô phỏng lượng mưa và dòng chảy trong nhiều lưu vực bằng cách tính toán liên tục sự tương tác giữa bốn bể chứa liên kết. Các yếu tố vật lý của lưu vực được thể hiện thông qua các bể chứa này. Mô hình có thể được áp dụng cho mô phỏng thủy văn liên tục hoặc mô phỏng sự kiện cụ thể. Đã có sự kiểm chứng và ứng dụng mô hình này trên nhiều lưu vực với điều kiện thủy văn và khí hậu đa dạng.

Kết cấu của mô hình NAM gồm các bể chứa xếp chồng nhau, các yếu tố gây ảnh hưởng đến quá trình hình thành dòng chảy được diễn tả bởi mỗi bể chứa đặc trưng và được liên kết với nhau bằng các biểu thức toán học. Trong mô hình NAM, mỗi lưu vực được xem như một đơn vị xử lý với các thông số là đại diện cho các giá trị được trung bình hóa trên toàn lưu vực.

Có tất cả là 19 thông số trong mô hình NAM (dòng chảy mặt, bốc hơi, tưới, ...). Tuy nhiên, tính toán thực tế cho thấy, chỉ có 5 thông số chính ảnh hưởng mạnh đến quá trình hình thành dòng chảy, đó là  $U_{max}$ ;  $L_{max}$ ;  $CK_{1,2}$ ;  $CQOF$ ;  $CQIF$ . Hình 2.2 thể hiện cấu trúc mô hình NAM (mô hình mưa rào - dòng chảy) với các dữ liệu đầu vào bao gồm: số liệu mưa giờ hoặc mưa ngày thực đo, số liệu bốc hơi trung bình, diện tích của lưu vực có mưa rơi xuống.



Hình 2.6. Cấu trúc mô hình NAM

Hình 2.2 mô tả cấu trúc của mô hình tính toán dựa trên dữ liệu mưa rào và dòng chảy. Dựa vào số liệu mưa giờ (hoặc mưa ngày thực đo) của trạm khí tượng, số liệu bốc hơi trung bình và diện tích của lưu vực để tính toán. Quá trình tính toán xem xét các yếu tố sau:

#### ***Vùng chứa nước mặt***

Lượng trữ bề mặt: lượng ẩm trên bề mặt thực vật, lượng nước điền trũng trên bề mặt lưu vực.  $U_{max}$  đặc trưng cho giới hạn trữ nước tối đa của bể này.

Quá trình bốc hơi, thất thoát theo phương nằm ngang (dòng chảy sát mặt) sẽ làm giảm lượng nước,  $U$  trong vùng chứa mặt. Trường hợp lượng nước này vượt quá ngưỡng  $U_{max}$ , một phần của lượng nước vượt ngưỡng (PN) sẽ chảy vào suối dưới dạng dòng chảy tràn bề mặt, phần còn lại sẽ được thấm xuống bề mặt và bể ngầm.

***Vùng sát mặt và bể tầng rễ cây:***  $L_{max}$  đặc trưng cho lượng ẩm tối đa của bể (khả năng chứa). Đây là khu vực thuộc tầng rễ cây hoặc lớp đất để thực vật có thể hút

nước để thoát ẩm và được đặc trưng bằng đại lượng  $L$ . Quá trình bốc hơi của thực vật sẽ ảnh hưởng đến  $L$ , đồng thời lượng ẩm cũng ảnh hưởng đến lượng nước sẽ bổ sung cho nước ngầm.

**Bốc thoát hơi:** nhu cầu bốc thoát hơi nước nhằm thỏa mãn tốc độ bốc thoát hơi tiềm năng của bề chứa mặt. Nếu lượng ẩm  $U$  trong bề chứa mặt nhỏ hơn nhu cầu này, thì nó sẽ lấy ẩm từ tầng rễ cây theo tốc độ  $E_a$ .  $E_a$  là tỷ lệ với lượng bốc thoát hơi tiềm năng  $E_p$ .

$$E_a = E_p L/L_{\max}$$

**Dòng chảy mặt:** lượng nước vượt ngưỡng  $P_N$  sẽ hình thành dòng chảy mặt và thấm xuống dưới trong trường hợp bề chứa mặt tràn nước ( $U \geq U_{\max}$ ). QOF là một phần của  $P_N$ , tham gia hình thành dòng chảy mặt, tỷ lệ thuận với  $P_N$  và thay đổi tuyến tính với lượng ẩm tương đối,  $L/L_{\max}$ , của tầng rễ cây:

$$QOF = \begin{cases} CQOF \frac{L/L_{\max} - TOF}{1 - TOF} P_N & \text{Khi } L/L_{\max} > TOF \\ 0 & \text{Khi } L/L_{\max} \leq TOF \end{cases}$$

Trong đó: CQOF là hệ số dòng chảy mặt ( $0 \leq CQOF \leq 1$ ) và TOF là ngưỡng của dòng chảy mặt ( $0 \leq TOF \leq 1$ ).

Sau khi tham gia hình thành dòng chảy mặt, phần còn lại của  $P_N$  sẽ thấm xuống tầng dưới. Một phần DL của phần nước thấm xuống ( $P_N - QOF$ ) sẽ làm tăng lượng ẩm  $L$  của bề chứa tầng rễ cây này. Phần còn lại sẽ thấm thấu xuống tầng sâu hơn để bổ sung cho bề chứa ngầm.

**Dòng chảy sát mặt:** dòng chảy sát mặt (QIF). QIF được giả thiết là tỷ lệ thuận với  $U$  và biến đổi tuyến tính với độ ẩm tương đối của bề chứa tầng rễ cây.

$$G = \begin{cases} (P_N - QOF) \frac{L/L_{\max} - TG}{1 - TG} & \text{Khi } L/L_{\max} > TG \\ 0 & \text{Khi } L/L_{\max} \leq TG \end{cases}$$

Trong đó: CKIF - hằng số thời gian của dòng chảy sát mặt ( $0 \leq CQOF \leq 1$ );

TIF - giá trị ngưỡng của dòng chảy sát mặt ( $0 \leq TOF \leq 1$ );

**Bổ sung dòng chảy ngầm:** lượng nước thấm xuống  $G$ , bổ sung cho bề chứa ngầm phụ thuộc vào độ ẩm của đất ở tầng rễ cây:

$$QIF = \begin{cases} (CKIF)^{-1} \frac{L/L_{\max} - TIF}{1 - TIF} U & \text{Khi } L/L_{\max} > TIF \\ 0 & \text{Khi } L/L_{\max} \leq TIF \end{cases}$$

Trong đó: TG - giá trị ngưỡng của lượng nước bổ sung cho tầng ngầm ( $0 \leq TG \leq 1$ )

**Lượng ẩm của đất:** lượng nước có trong tầng rễ cây được biểu thị bởi bề chứa tầng sát mặt. Lượng mưa hiệu quả sẽ bổ sung và tăng độ ẩm của đất ở tầng rễ cây L bằng một lượng DL sau khi trừ đi lượng nước tạo dòng chảy mặt và lượng nước bổ sung cho tầng ngầm,

$$DL = P_N - QOF - G$$

**Hiệu chỉnh các thông số của mô hình:** mô hình NAM đơn bao gồm 9 thông số chính cần hiệu chỉnh được trình bày chi tiết trong Bảng 2.1 dưới đây.

Bảng 2.3. Các thông số của mô hình NAM

Thông số	Mô tả thông số mô hình
U <sub>max</sub> [mm]	Lượng nước tối đa trong bể chứa mặt. U <sub>max</sub> có thể được gọi là lượng nước để điền trũng, rơi trên bề mặt thực vật, và chứa trong vài cm bề mặt đất
L <sub>max</sub> [mm]	Lượng nước tối đa trong bể chứa tầng rễ cây. L <sub>max</sub> có thể được gọi là lượng ẩm tối đa của tầng rễ cây để thực vật có thể hút để thoát hơi nước.
CQOF [ ]	Hệ số dòng chảy tràn trên mặt ( $0 \leq CQOF \leq 1$ ). CQOF quyết định sự phân phối của mưa hiệu quả cho dòng chảy ngầm và thấm.
CKIF [giờ]	Hằng số thời gian dòng chảy sát mặt. CKIF cùng với U <sub>max</sub> quyết định dòng chảy sát mặt, chi phối thông số diễn toán dòng chảy sát mặt $CKIF \gg CK12$
CK12 [giờ]	Hằng số thời gian cho diễn toán dòng chảy mặt và sát mặt. Dòng chảy mặt và sát mặt được diễn toán theo các bể chứa tuyến tính theo chuỗi với cùng một hằng số thời gian CK12.
TOF [ ]	Giá trị ngưỡng của dòng chảy mặt ( $0 \leq TOF \leq 1$ ). Dòng chảy sát mặt chỉ được hình thành khi chỉ số ẩm tương đối của tầng rễ cây lớn hơn TIF.
TIF [ ]	Giá trị ngưỡng của dòng chảy sát mặt ( $0 \leq TIF \leq 1$ ). Dòng chảy sát mặt chỉ được hình thành khi chỉ số ẩm tương đối của tầng rễ cây lớn hơn TIF.



Thông số	Mô tả thông số mô hình
TG [ ]	Giá trị ngưỡng của lượng nước bổ sung cho dòng chảy ngầm ( $0 \leq TG \leq 1$ ). Lượng nước bổ sung cho bể chứa ngầm chỉ được hình thành khi chỉ số âm tương đối của tầng rễ cây lớn hơn dòng TG.
CKBF [giờ]	Hằng số thời gian dòng chảy mặt ngầm. Dòng chảy ngầm từ bể chứa ngầm được diễn toán bằng mô hình bể chứa tuyến tính với hằng số thời gian CKBF.

### ***Những điều kiện ban đầu theo yêu cầu của mô hình NAM***

Mô hình NAM yêu cầu những điều kiện ban đầu như sau: lượng nước trong các bể tuyết, bể tầng rễ cây, bể mặt và những giá trị ban đầu của dòng chảy từ 2 bể chứa tuyến tính cho dòng chảy mặt, sát mặt và dòng chảy ngầm.

Thông thường những giá trị ban đầu (trừ lượng nước ở tầng rễ cây, tầng ngầm) có thể cho bằng 0. Những điều kiện ban đầu này có thể được ước tính từ lần mô phỏng trước đó (ở những năm trước) nhưng phải đúng thời gian mô phỏng mới. Kết quả mô phỏng của nửa năm đầu tiên thường được bỏ qua nhằm loại bỏ ảnh hưởng sai số của các điều kiện ban đầu trong việc hiệu chỉnh mô hình.

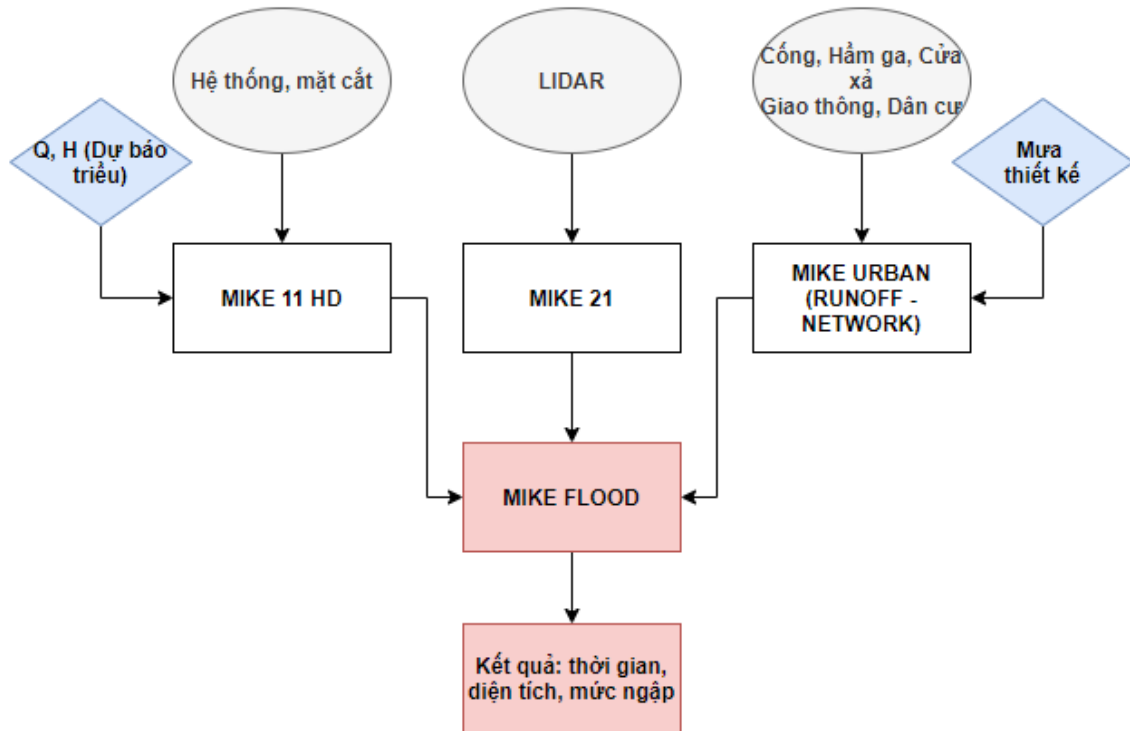
**Đầu ra của mô hình:** đường quá trình lưu lượng theo thời gian (tính bằng giờ hoặc bằng ngày tùy thuộc vào thời gian của mưa thực đo) thể hiện kết quả của mô hình.

#### **b) Mô hình MIKE FLOOD**

Khi liên kết các mô hình MIKE 11 HD, MIKE 21 FM và MIKE URBAN, sẽ thiết lập được mô hình MIKE FLOOD. Trong đó, mô hình MIKE 11 (mô phỏng dòng chảy 1 chiều trong mạng lưới sông phức tạp) và MIKE 21 (mô phỏng bức tranh 2 chiều của dòng chảy tràn trên bề mặt đồng ruộng), tuy nhiên MIKE 11 và MIKE 21 gặp một số hạn chế trong việc mô phỏng ngập lụt.

Trường hợp không xác định được một số khu chứa, hướng chảy, không mô tả được trường vận tốc trên mặt ruộng, khu chứa thì nếu sử dụng MIKE 11 sẽ gặp khó khăn để mô phỏng dòng chảy tràn. Còn đối với mô hình MIKE 21, phải cần thu nhỏ bước lưới đến mức có thể thể hiện được sự thay đổi của địa hình trong lòng dẫn (trường hợp vừa tính toán dòng tràn trên bề mặt ruộng, vừa tính toán dòng chảy chủ lưu trong kênh dẫn) sẽ dẫn đến việc tăng thời gian tính toán theo cấp số nhân.

Như vậy, mô hình MIKE FLOOD nhằm kết nối 2 mô hình MIKE 11 và MIKE 21 trong quá trình tính toán để kết hợp các ưu điểm của các mô hình đồng thời khắc phục được các nhược điểm của chúng. Việc kết hợp này làm giảm thời gian tính toán nhưng vẫn mô phỏng được dòng chảy trong lòng dẫn và trên mặt ruộng hoặc ô chứa. Trong MIKE FLOOD có 4 loại kết nối giữa mô hình 1 và 2 chiều: kết nối tiêu chuẩn, kết nối bên, kết nối công trình và kết nối khô. [33],[34],[35],[36],[37].

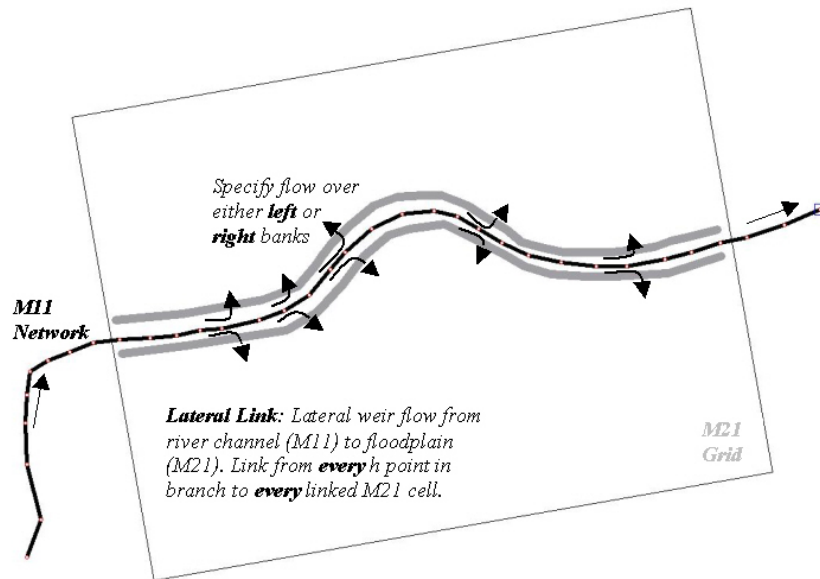


Hình 2.7. Sơ đồ khối liên kết của mô hình Mike Flood

### ***Các loại liên kết được sử dụng trong mô hình Mike Flood***

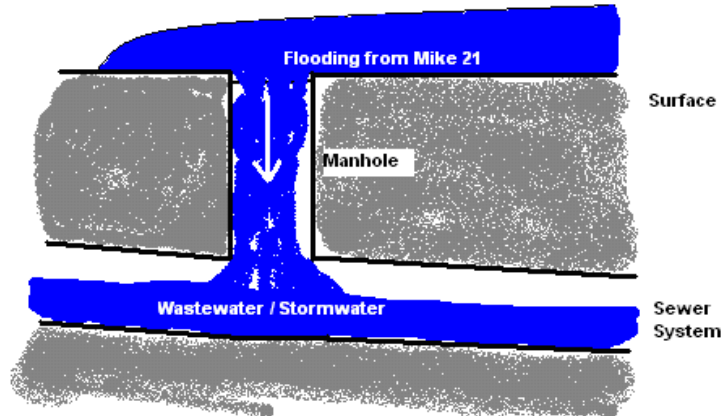
Mô hình Mike Flood có 4 loại kết nối một và hai chiều. Nhưng trong phạm vi luận án chỉ sử dụng 3 loại liên kết:

**Liên kết bên (lateral links):** Cho phép một chuỗi các ô lưới trong Mike 21 FM có thể liên kết vào 1 hoặc 2 bên của một mặt cắt sông, một đoạn sông hoặc toàn bộ nhánh sông; sử dụng các phương trình của các công trình hoặc quan hệ Q-H để tính toán dòng chảy qua kết nối bên.



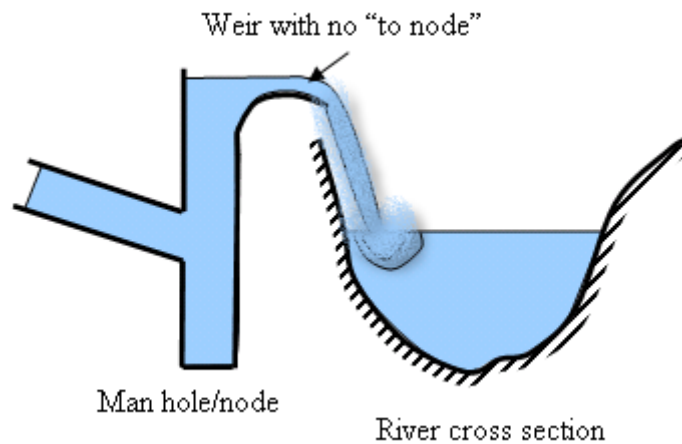
Hình 2.8. Liên kết bên được sử dụng để liên kết 2 bờ sông vào chuỗi ô lưới

Tính toán tiêu thoát nước đô thị (Urban links): Urban links được mô hình hóa để mô tả sự tương tác của nước của hệ thống thoát nước đô thị để mô phỏng sự tương tác động lực giữa hệ thống thoát nước và lưu vực thu gom.



Hình 2.9. Nước ngập từ MIKE 21 chảy vào hệ thống thoát nước không quá tải

Liên kết sông – tiêu thoát nước đô thị (River – Urban links): River – Urban links đã được thiết kế để mô hình hóa động lực dòng chảy của mạng lưới sông và hệ thống thu gom nước cho khu vực đô thị. Việc tính toán dựa trên dòng chảy 1 chiều. Do đó, nước chảy từ khu đô thị thoát ra hệ thống cống thoát nước và đổ ra sông không chảy ngược lại.



Hình 2.10. Mặt cắt ngang của cống xả nước xuống sông qua một con đập

### c) Mô hình MIKE URBAN

Mô hình tính toán dòng chảy do mưa, đổ vào kênh dẫn và đường ống dùng để tính toán tiêu nước đô thị. Trong mô hình này, các thông số tính toán bao gồm diện tích không thấm, thời gian tập trung nước mưa trong lưu vực, lượng nước mất đầu cơn mưa, hệ số triết giảm và hệ số hình dạng lưu vực để mô phỏng lượng nước chảy ra kênh hoặc đường ống thoát nước.

Từ các dữ liệu được thu thập, vì mỗi tuyến cống cần đầy đủ thông số như: cao độ đầu, cao độ cuối cống, đường kính, hình dạng, chiều dài... nên sẽ tiến hành lọc và loại bỏ các dữ liệu cự đoạn như các tuyến cống nhánh nhỏ, không đủ số liệu (thiếu cao độ, đường kính, chiều dài...). Tiến hành đồng nhất hệ tọa độ WGS 84 UTM Zone 48N (ESPG: 32648). Đơn vị hệ thống là hệ SI. Việc số hóa và Mike URBAN được bằng cách nhập dữ liệu GIS đã xử lý thông qua công cụ Import.

Để tính toán ngập lụt khu vực đô thị mô hình MIKE FLOOD tích hợp từ MIKE URBAN (MOUSE), MIKE 11 và mô hình hai chiều MIKE 21 thành một hệ thống mô hình liên kết động lực nhằm tối ưu hóa mô hình một chiều và mô hình hai chiều để tăng độ chính xác khi sử dụng kết hợp MIKE 11, MIKE URBAN hoặc MIKE 21.[38]

Để hiệu chỉnh mô hình tính toán, trong nghiên cứu sử dụng hệ số Nash - Sutcliffe và hệ số tương quan  $R^2$  để đánh giá kết quả tính toán.

\* Hệ số Nash – Sutcliffe (NSE):

Công thức tính hệ số NSE:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - Q_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})^2}$$

$Q_{sim,i}$ : lưu lượng mô phỏng tại thời gian i

$Q_{obs,i}$ : lưu lượng thực đo tại thời gian i

$\bar{Q}_{obs}$ : lưu lượng trung bình thực đo

Tiêu chuẩn đánh giá hệ số NSE:

NSE	0,40 – 0,65	0,65 – 0,85	>0,85
Đánh Giá	Đạt	Khá	Tốt

\* Hệ số tương quan  $R^2$

Công thức tính hệ số tương quan  $R^2$ :

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})(Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})}{[\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})^2]^{0,5} [\sum_{i=1}^N (Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})^2]^{0,5}}$$

$Q_{sim,i}$ : lưu lượng mô phỏng tại thời gian i

$Q_{obs,i}$ : lưu lượng thực đo tại thời gian i

$\bar{Q}_{obs}$ : lưu lượng trung bình thực đo

$\bar{Q}_{sim}$ : lưu lượng trung bình mô phỏng

\* Tiêu chuẩn đánh giá hệ số tương quan (Theo Moriasi, 2007)

$R^2 < 0,4$	$0,4 < R^2 < 0,8$	$0,8 < R^2 < 0,85$	$0,85 < R^2$
Không đạt	đạt	khá	Tốt

### 2.2.1.2. Phương pháp GIS

Nhằm phục vụ công tác quản lý và khai thác thông tin, phương pháp hệ thống thông tin địa lý thường được sử dụng nhằm tích hợp các loại thông tin số liệu, tài liệu, bản đồ, ... liên quan đến tác động của BĐKH gây ra ngập lụt đô thị ở TP. HCM. Hiện nay, GIS (Geographic Information System) là một hệ thống mang lại lợi ích cho công tác đo đạc địa lý và được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu và quản lý môi trường (điều tra tài nguyên thiên nhiên, phân tích hiện trạng, dự báo xu hướng và diễn biến môi trường).

Phần mềm ArcGIS 10.1 được sử dụng trong đề tài để phân vùng tiểu lưu vực và tích hợp với mô hình Mike 11 để tính toán ngập. ArcGIS (ESRI Inc.) là hệ thống GIS cung cấp một giải pháp toàn diện từ thu thập, nhập số liệu, chỉnh lý, phân tích, phân phối thông tin trên môi trường mạng đến các cấp độ khác nhau. Các tính năng chính của ArcGIS bao gồm: xử lý hệ thống, xử lý dữ liệu vector, raster; phân tích xử lý mô

hình không gian nhằm tính toán thông số địa hình, yếu tố trắc lượng hình thái (hướng dốc, độ dốc, chiều dài sườn, mật độ sông suối, ...); xử lý không gian tích hợp để giải các bài toán theo các mô hình của địa lý, địa chất, môi trường, khí tượng thủy văn; tạo và hiển thị mô hình số địa hình (3D) nhanh, chính xác; dữ liệu của Arcgis cho phép giao diện với nhiều phần mềm khác (Arcview, Mapinfo, Microstation, Autocad, Ilwis, Envi, Idrisi) và cho phép tạo bản đồ in đáp ứng mọi tiêu chuẩn về bản đồ.

### **Sử dụng phương pháp GIS để xây dựng bản đồ ngập**

- Thu thập, thống kê dữ liệu: thu thập các dữ liệu không gian của khu vực nghiên cứu đã được đo đạc thực tế dưới các định dạng như Autocad (.dwg), Microstation (.dgn) hay Mapinfo (.tab) và ArcGis (.mxd), việc thu thập, thống kê dữ liệu cần đầy đủ và chính xác và phù hợp với khu vực nghiên cứu, tránh lãng phí và không đúng mục đích sử dụng.

- Xử lý dữ liệu thô: việc xây dựng bản đồ chuyên đề về ngập lụt hay bất cứ dạng bản đồ nào, thì cần phải có lớp bản đồ nền, bản đồ nền là cơ sở để xác định được vị trí, tọa độ, kích thước cụ thể của khu vực nghiên cứu. Để thành lập được bản đồ nền cần phải xử lý các dữ liệu, số liệu không gian dạng vector về đúng hệ quy chiếu của bản đồ quy định đối với từng loại dữ liệu. Vì dữ liệu thu thập từ nhiều nguồn khác nhau, do đo đạc, khảo sát mà có, nên việc xử lý dữ liệu bước đầu hết sức quan trọng, phải đảm bảo đồng nhất hệ tọa độ, hệ quy chiếu, múi chiếu... Cụ thể việc xây dựng bản đồ nền khu vực TP.HCM trên phần mềm ArcGis cần phải xử lý như sau: (1). Chuyển đổi định dạng file về định dạng trong phần mềm ArcMap (.shp). (2). Định nghĩa hệ tọa độ cho thuộc tính mới. (3). Convert tọa độ từng lớp thuộc tính để đồng nhất hệ tọa độ. (4). Sắp xếp dữ liệu tạo tiền đề truy xuất dữ liệu khu vực nghiên cứu.

- Thành lập bản đồ nền: sử dụng công cụ Add data tiến hành đưa các lớp thuộc tính dạng polygon (dạng vùng) như ranh giới quận huyện, tỉnh thành, phường xã và các lớp thuộc tính cần thiết như đường giao thông, dân cư, thủy hệ, địa hình phục vụ xây dựng bản đồ nền (QĐ 72-2000-ĐC Quy định kỹ thuật số hóa bản đồ địa hình theo tỷ lệ). Phần biên tập bản đồ cần hoàn chỉnh thêm các lớp thông tin cần thiết để hoàn thiện một bản đồ nền với các lớp thông tin như: tên bản đồ, chú thích, north arrow, thanh tỷ lệ, số tỷ lệ bản đồ, ô lưới tỷ lệ hay các thông tin cần thiết cho bản đồ nền.

- Xử lý kết quả ngập từ mô hình MIKE FLOOD: việc xử lý kết quả từ mô hình Mike Flood cũng giống như bước chuyển đổi dữ liệu thuộc tính từ dữ liệu vùng không gian khác về dữ liệu cho không gian cho bản đồ ArcMap, dữ liệu gốc của mô hình Mike Flood có dạng Grid data (.dfs2) nên cần chuyển đổi về dữ liệu vector (.shp). Chọn định dạng dữ liệu ngập dfs2 cần chuyển đổi sang dạng shapefile, từ kết quả ngập shapefile sử dụng công cụ intersect tiến hành chồng lớp kết quả ngập lên bản đồ hành chính (bản đồ nền) đã biên tập ứng với từng kịch bản sẽ có lớp thuộc tính ngập khác nhau.

- **Sử dụng kỹ thuật GIS phân tích không gian**

Phương pháp phân tích không gian được sử dụng để trả lời cho câu hỏi liên quan đến không gian bị ngập lụt trong đô thị. Để làm việc này, cần phải xây dựng một tập hợp các chức năng không gian. Sự tổ hợp các chức năng này là cần thiết nhằm giải quyết các vấn đề của luận án với mô hình dữ liệu được chuyển đổi từ dạng vector sang raster hay ngược lại. Chức năng không gian được phân ra làm 4 loại cho phép xử lý dữ liệu theo các mức khác nhau:

- Thao tác thuộc tính và chức năng đo đạc sử dụng dữ liệu không gian và thuộc tính mà không làm thay đổi thành phần không gian.
- Những chức năng chồng ghép là chức năng “điểm” xử lý dữ liệu tại một điểm hoặc một vị trí.
- Chức năng phân tích tính lân cận sử dụng dữ liệu của các thực thể lân cận gần vị trí nào đó
- Chức năng nối tiếp và phân tích mạng gắn liền với dữ liệu của các đối tượng không gian được nối theo một chiều hay nhiều chiều với nhau. Những chức năng này cũng được xem như là các thao tác lân cận với định nghĩa khác về tính lân cận [39]

Nhận dạng một vùng ngập lụt có quan hệ điều kiện với các yếu tố hiện trạng sử dụng đất kỹ thuật chồng ghép logic (chồng ghép Boolean) được sử dụng để xác định phạm vi ảnh hưởng đối với các đơn vị sử dụng đất.

### ***2.2.2. Ứng dụng kỹ thuật sinh thái để giảm thiểu tình trạng ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh***

Việc đề xuất tổ hợp các giải pháp sinh thái để giảm thiểu tình trạng ngập được xem xét theo hiện trạng ngập và các kịch bản ngập có tính đến yếu tố biến đổi khí hậu kết hợp với quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030.

Trên cơ sở trích xuất dữ liệu ngập từ mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh, tiến hành xây dựng bản đồ hiện trạng và nguy cơ ngập theo các kịch bản BĐKH (RCP 4.5 và RCP 8.5) tại khu vực phường Bình An (nay thuộc phường An Khánh, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh).

Tích hợp dữ liệu ngập lụt theo các bản đồ ngập lụt tại khu vực nghiên cứu, kết hợp với hiện trạng và quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030 để xác định rủi ro ngập lụt cho khu vực nghiên cứu đối với từng đơn vị sử dụng đất. Từ đó đề xuất giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái phù hợp để giảm thiểu rủi ro ngập lụt.

#### **2.2.2.1. Kỹ thuật cây xanh đường phố (Green-Roads- GRs)**

Kỹ thuật cây xanh đường phố (GRs) là kỹ thuật bền vững cho phép kiểm chế dòng chảy nước mưa, một phần lượng mưa được lưu trữ trong lớp đất, sau đó được hấp thụ bởi rễ thảm thực vật thẩm thấu vào mạch nước ngầm, bốc hơi vào khí quyển. Đây là một trong những công nghệ thân thiện với môi trường nhất để làm sạch nước và không khí trong các khu định cư đô thị. Ngoài việc làm sạch và làm mát không khí, cây xanh còn là một hệ thống quản lý nước mưa tự nhiên. Tán cây chặn lượng mưa trước khi nó chạm đất. một cây xanh thường có thể thu được tới 12.000 lít mưa mỗi năm. Hệ thống rễ của một cây cũng đóng một vai trò lớn trong việc quản lý dòng chảy. Đồng thời việc hấp thụ một lượng nước chảy tràn, rễ cây còn tạo ra các đường dẫn và không gian mở trong đất, giúp tăng cường khả năng hấp thụ nước của mặt đất. Lượng nước mưa giữ lại phụ thuộc vào kích thước của mảng xanh, loại đất và độ dày.

GRs mang lại nhiều lợi ích: bên cạnh giảm thiểu lũ lụt, thu hồi nước cho các khu đô thị có không gian hạn chế, làm tăng tính đa dạng sinh học, giúp giảm nhiệt độ tòa nhà và khu vực xung quanh. Nó còn góp phần giảm ô nhiễm giữ lại các chất gây ô nhiễm trong đất và tăng thêm các giá trị thẩm mỹ cho môi trường đô thị. Hơn nữa, trong cuộc khủng hoảng đại dịch COVID-19 hiện nay, cơ sở hạ tầng xanh phần lớn



đã cho thấy có tác động tích cực đến sức khỏe và chất lượng sống của người dân. Cây xanh là một yếu tố quan trọng của thiên nhiên, có vai trò vô cùng to lớn tạo ra không gian xanh cho các khu đô thị. Cây xanh làm giảm bớt áp lực cho hệ thống thoát nước đô thị bằng cách giữ lại nước mưa, giảm thiểu tình trạng quá tải của hệ thống thoát nước vào mùa mưa, giảm lượng nước tưới vào mùa khô. Trung bình trong 1 năm, một cây xanh phổ biến có khả năng giữ được từ 200 - 290 lít nước. Đồng thời, tán phủ của cây sẽ trở thành màng chắn lọc nước hiệu quả, giúp nước lưu lại trong đất dưới dạng nước ngầm.



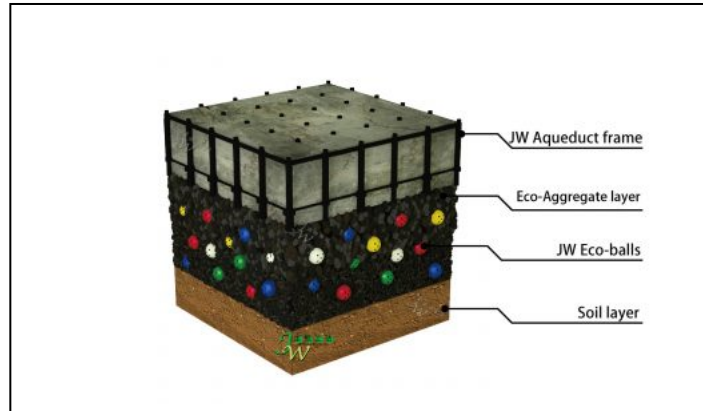
Hình 2.11. Ứng dụng kỹ thuật kỹ thuật cây xanh đường phố tại Singapore

#### 2.2.2.2. Kỹ thuật sinh thái JW (Jui-Wen Chen)

Việc ứng dụng kỹ thuật sinh thái JW (Jui-Wen Chen) giúp giải quyết các vấn đề như sau:

- Giảm lượng nước mưa chảy tràn bằng cách cấu trúc rỗng trực tiếp cho nước mưa chảy vào lòng đất.
- Làm chậm dòng chảy và giảm thiểu khả năng lũ lụt.
- Tăng tốc độ thẩm thấu nước vào đất, từ đó bổ sung và tái tạo nguồn nước ngầm.
- Khả năng thấm và giữ nước cao: Độ thấm 200+ mm / phút ngăn ngừa lũ lụt và hạn hán.

Các khu vực thể thể áp dụng kỹ thuật này bao gồm vỉa hè, đường nội bộ, sân vườn. [40]



Hình 2.12. Sơ đồ cấu trúc ứng dụng kỹ thuật sinh thái JW giảm ngập khu vực nghiên cứu

#### 2.2.2.3. Kỹ thuật hồ sinh thái

Xây dựng hồ sinh thái kết nối giữa hệ thống thoát nước: biện pháp này nhằm mục đích tăng khả năng lưu trữ nước ở khu vực ngập lụt nơi có tỷ lệ các bề mặt trải nhựa và lát đá cao, cho phép chia sẻ dòng chảy của hệ thống thoát nước và giảm khối lượng của nước chảy tràn bề mặt khu vực ngập. Các khu vực lưu trữ nước đã được xác định dựa vào kích thước và độ dốc địa hình, cho phép chuyển nước từ chảy tràn này vào hồ chứa.



Hình 2.13. Ứng dụng kỹ thuật hồ sinh thái tại Singapore

#### 2.2.2.4. Tạo mảng xanh đô thị

Tạo mảng xanh đô thị: cây xanh là yếu tố quan trọng của thiên nhiên, do đó cây xanh có vai trò quan trọng trong đời sống. Cây xanh làm giảm bớt áp lực cho hệ thống thoát nước đô thị bằng cách giữ lại nước mưa, giảm thiểu tình trạng quá tải của hệ thống thoát nước vào mùa mưa, giảm lượng nước tưới vào mùa khô. Trung bình trong 1 năm, một cây xanh phổ biến có khả năng giữ được từ 200 - 290 lít nước. Đồng thời, tán phủ của cây sẽ trở thành màng chắn lọc nước hiệu quả, giúp nước lưu lại trong đất dưới dạng nước ngầm.

### 2.3. Đánh giá tính khả thi trong việc áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái

Đánh giá tính khả thi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái cho khu vực nghiên cứu sử dụng phương pháp Morris cải tiến do Campolongo và cộng sự [41]. Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp này để phân tích tính khả thi khi ứng dụng 3 kỹ sinh thái kết hợp với các thông số mô hình MIKE FLOOD.

Phương pháp Morris chọn biến  $X_i$  trong mỗi tham số, và các giá trị tham số còn lại là cố định. Biến  $X_i$  là ngẫu nhiên trong một phạm vi thay đổi không gian hợp lý, sử dụng hàm mục tiêu  $y(x) = y(X_1, X_2, X_3 \dots X_n)$  được mô phỏng bởi  $X_i$ , và sau đó  $E_i$  được sử dụng để xác định mức độ ảnh hưởng đến mô phỏng kết quả sau khi tham số thay đổi.

$$E_i = \frac{(y^* - y)}{\Delta_i}$$

Tham số công thức:

$y^*$  = kết quả sau khi thay đổi tham số

$y$  = kết quả trước khi thay đổi tham số

$\Delta_i$  = khoảng thay đổi của tham số  $i$

Phương pháp Morris sử dụng để phân tích tính khả thi của 3 kỹ thuật sinh thái áp dụng cho khu vực nghiên cứu. Phương pháp này sử dụng phần trăm thay đổi của biến độc lập, công thức được tính như sau:

$$SN = \sum_{i=1}^{m-1} \frac{(Y_{i+1} - Y_i)/Y_0}{(P_{i+1} - P_i)/100} / m$$

SN = hệ số khả thi

$Y_0$  = Giá trị ban đầu sau khi hiệu chỉnh tham số

$Y_i$  = giá trị đầu ra thứ  $i$

$Y_{i+1}$  = giá trị đầu ra của lần thứ  $i + 1$

$P_i$  = phần trăm thay đổi trong tham số thứ  $i$  so với tham số sau hiệu chỉnh

$P_{i+1}$  = giá trị  $i + 1$  thông số thứ 1 liên quan đến phần trăm thay đổi của giá trị ban đầu sau khi hiệu chỉnh

$m$  = số loại hình kỹ thuật sinh thái áp dụng

- Tính khả thi khi (SN) áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái được tính toán dựa trên 3 kịch bản ngập: hiện trạng (2016) và kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 và RCP 8.5 năm 2030 cho khu vực nghiên cứu được xác định thang đo giá trị như sau:

- Từ  $SN = 1$ : tốt.
- Từ  $0.1 \leq SN < 1$ : khá.
- Từ  $0.05 \leq SN < 0.1$ : trung bình.
- Từ  $0.0 \leq SN < 0.05$ : thấp.

### CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Đánh giá hiện trạng và nguy cơ ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh trong bối cảnh biến đổi khí hậu

Trước những diễn biến phức tạp của biến đổi khí hậu, rủi ro về ngập lụt tại Thành phố Hồ Chí Minh là khó lường và cần nhiều nguồn lực để xử lý nếu một khi xảy ra. Như vậy, chúng ta cần quan tâm đến khả năng tự điều chỉnh (cả hệ thống) của thành phố để “thích ứng” với ngập lụt hơn là “chống ngập”. Trong thời gian gần đây, một số quốc gia trên thế giới đã xem xét áp dụng phương pháp tiếp cận tổng hợp để quản lý nguy cơ ngập lụt. Các chuyên gia đã công bố nhiều cách tiếp cận, phương pháp luận, đề xuất các giải pháp thích ứng với rủi ro ngập lụt và hình thành nhiều mô hình quản lý rủi ro ngập lụt nhằm giảm thiểu tối đa tác động của ngập lụt.

Dựa trên nhu cầu thực tế để ứng phó với thiên tai, kết quả từ mô hình đánh giá rủi ro cung cấp cơ sở để xác định mức bảo vệ thích hợp. Trong quá trình lập kế hoạch quản lý ngập lụt toàn diện, bắt buộc phải xem xét đến các yếu tố như sau:

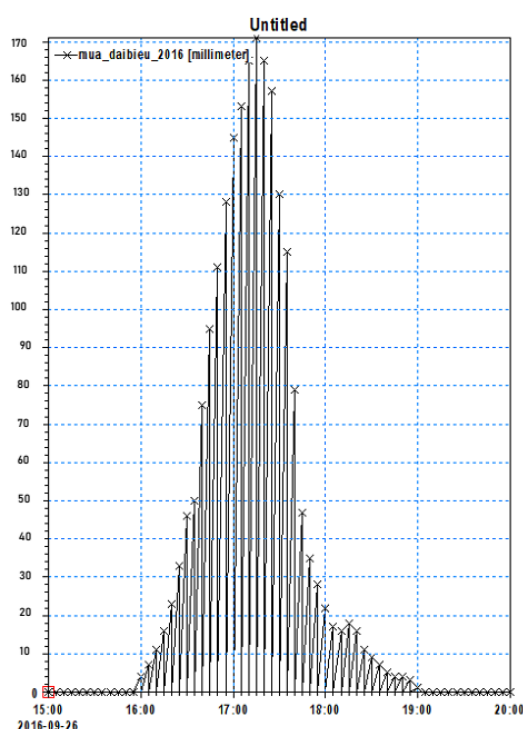
- Khả năng chịu rủi ro của các thành phần kinh tế bị tác động (mô hình dự báo BĐKH theo các kịch bản, tác động của BĐKH, các yếu tố bất định của dự báo).
- Phân tích các yếu tố dễ bị tổn thương và tác động của chúng lên các thành phần đô thị, bao gồm nhóm dân cư, yếu tố kinh tế, khu vực xây dựng và hạ tầng kỹ thuật.
- Xác định các yếu tố tác động tổng hợp, bao gồm yếu tố trực tiếp và gián tiếp, dẫn đến tính dễ bị tổn thương của hệ thống đô thị.

Hiện nay Thành phố Hồ Chí Minh có lượng mưa và số trận mưa lớn ngày càng gia tăng do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu. Bên cạnh đó, quá trình đô thị hóa đang diễn ra mạnh mẽ làm thay đổi mục đích sử dụng đất. Các yếu tố này dẫn đến hiện tượng ngập xuất hiện thường xuyên, mức độ thiệt hại dựa theo tính toán ngày càng nghiêm trọng. Vấn đề nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của ngập lụt, tìm hiểu các giải pháp dựa vào hệ sinh thái nhằm để giảm nhẹ rủi ro, thích ứng với vấn đề ngập lụt.

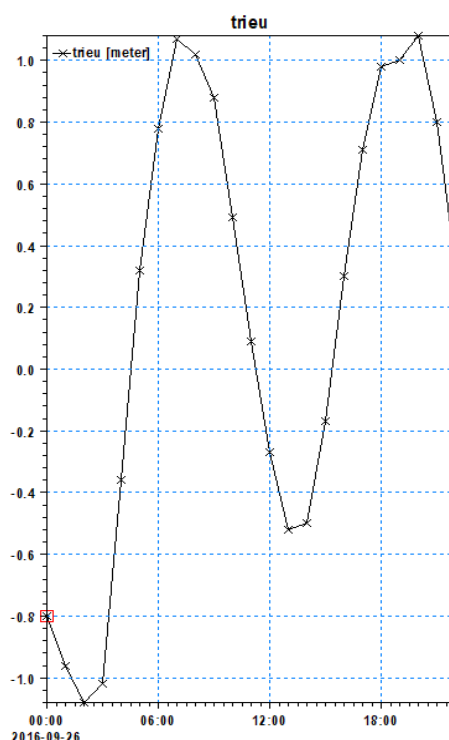
### 3.1.1. Đánh giá hiện trạng ngập của khu vực TP. HCM

#### 3.1.1.1. Thông số thiết kế mô hình và thiết lập thời gian tính toán

a) Thông số thiết kế: Trận mưa cực đoan vượt xa tiêu chuẩn thiết kế ứng với tần suất lặp lại trên 30 năm (trận mưa thực tế ngày 26/9/2016: tổng lượng mưa 171 mm và thời đoạn 3 giờ vượt tần suất thiết kế của hệ thống thoát nước hiện nay) và triều bình thường (mức nước triều thực tế ở mức triều thấp lúc 20 h ở mức 1,08m). (Trường hợp mưa vượt tần suất và thời đoạn thiết kế - Triều bình thường). Kết quả tính toán cho thấy lượng mưa thiết kế trong thời gian 3 giờ theo các chu kỳ lặp lại khác nhau đều có xu thế tăng từ năm 1952 đến nay (Bảng 3.1).



Hình 3.1. Trận mưa thực tế  
ngày 26/9/2016



Hình 3.2. Con triều thực tế  
ngày 26/9/2016

Bảng 3.1. Thông số thiết kế mô hình và thiết lập thời gian tính toán

Giai đoạn	Chu kỳ lặp lại (năm)								Ghi chú
	2	3	5	10	25	30	50	100	
Quá khứ	75.9	85.4	95.9	109.2	125.9	129.2	138.3	150.7	Dữ liệu 1952-1997
Hiện tại	82.2	92.3	105.9	122.4	145.2	152.6	163.2	182.1	Dữ liệu 1982-2019
Thay đổi	6.3	6.9	10.0	13.2	19.3	23.4	24.9	31.4	22 năm

Từ 1982 đến 2019 đã xảy ra 579 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 30 mm (lượng mưa bắt đầu có khả năng gây ngập) tại trạm Tân Sơn Hòa. Năm 2017 là năm có số

lượng trận mưa lớn nhất với 28 trận/năm lớn hơn 30mm, năm 2005 và 2006 có số trận mưa ít nhất là 7 trận/năm, trung bình từ 1982-2019 mỗi năm xảy ra 15,2 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 30 mm. Nhìn chung số lượng trận mưa có xu thế tăng nhẹ. Trong vòng 18 năm (1982-1999) chỉ xảy ra 6 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 100 mm nhưng trong vòng 20 năm (2000-2019) lại xảy ra 12 trận mưa lớn hơn 100 mm, gấp đôi thời kỳ trước 2000. Hơn nữa trong giai đoạn 1982-2015 (34 năm) chỉ xảy ra 12 trận mưa lớn hơn 100 mm nhưng từ 2016-2019 (4 năm) lại xảy ra 6 trận mưa lớn hơn 100 mm. Tương tự như vậy, từ 1982-2015 (34 năm) chỉ xảy ra 2 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 150 mm và chưa xảy ra trận mưa nào có vũ lượng lớn hơn 170 mm, nhưng kể từ năm 2016-2019 (4 năm) đã xảy ra 3 trận mưa với vũ lượng lớn hơn 150 mm (gần như xảy ra hàng năm) và 2 trận mưa với vũ lượng lớn hơn 170 mm. Điều này cho thấy số lượng trận mưa cực trị đang gia tăng trong những năm gần đây.

#### b) Thiết lập thời gian tính toán

Năm 2016, cơn mưa ngày 26/9/2016 đo được tại các trạm khu vực TP.HCM đều trên 110mm trong 1.5 giờ đến 3 giờ (theo số liệu từ Trung tâm điều hành chương trình chống ngập nước TP.HCM), đã gây ngập nhiều đoạn đường ở khu vực Thành phố Hồ Chí Minh, độ sâu ngập đo đạc được nằm trong khoảng từ 10 – 40 cm tại một số con đường: Mai Thị Lựu (đoạn gần chùa Phước Hải), 3 tháng 2, Cống Quỳnh, Nguyễn Cư Trinh, Nguyễn Hữu Cảnh, Trần Hưng Đạo, Bạch Đằng, An Dương Vương, Gò Dầu, Cây Trâm, ... Thiết lập thời gian tính toán và chọn bộ thông số cho cho từng mô hình:

- MIKE 21: Thời gian tính từ 16 giờ 30 đến 19 giờ 00 ngày 26/9/2016.
- MIKE 11: Thời gian tính từ 12 giờ – 21 giờ ngày 26/9/2016, thời gian tính trong Mike 11 phải bao trùm thời gian tính trong MIKE 21.
- MIKE URBAN: Thời gian tính trong MIKE URBAN được thiết lập từ 15 giờ 30 phút đến 19 giờ 30 ngày 26/9/2016. Thời gian tính toán trong MIKE URBAN phải bao trùm thời gian tính toán trong MIKE 21.

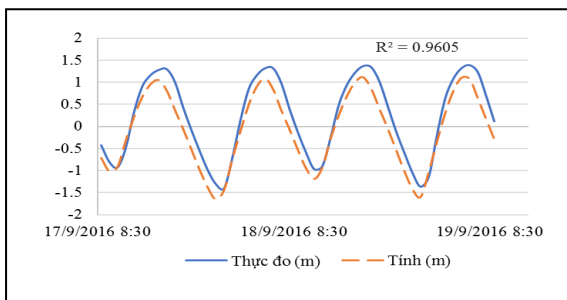
#### 3.1.1.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11

Mô hình MIKE 11 đã được thiết lập cho 6 khu vực, dựa trên dữ liệu từ 3 trạm quan sát: Phú An, Nhà Bè và Đồng Tranh. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình diễn ra từ 9:00 ngày 28/09/2015 đến 09:00 ngày 30/09/2015, với kết quả được trình bày tại

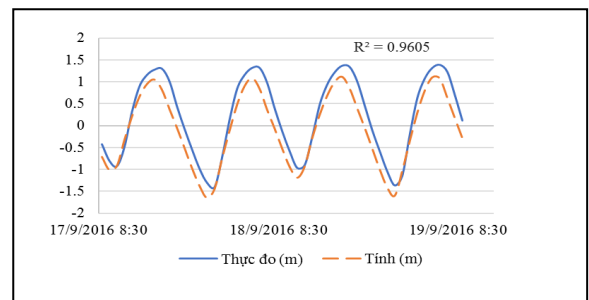
bảng 3.2. Tham số mô hình sau kiểm định được sử dụng cho các khu vực tương đương trong phạm vi nghiên cứu để mô phỏng dòng chảy dựa trên lượng mưa.

Bảng 3.2. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11

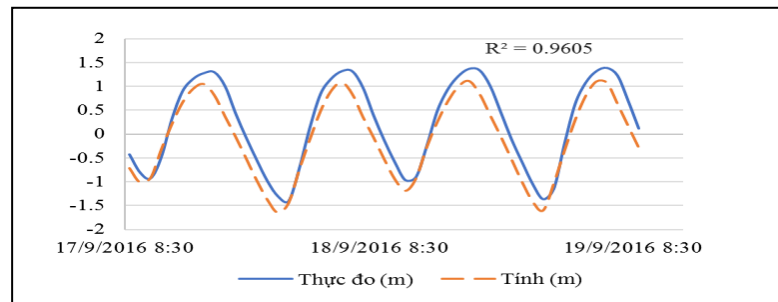
	Hệ số NASH		Hệ số tương quan $R^2$	
	Trước hiệu chỉnh	Sau hiệu chỉnh	Trước hiệu chỉnh	Sau hiệu chỉnh
Phú An	0.95	0.94	0.97	0.96
Nhà Bè	0.91	0.92	0.98	0.95
Đồng Tranh	0.94	0.93	0.98	0.97



Hình 3.4. Mực nước trạm Phú An tháng 9 sau kiểm định



Hình 3.3. Mực nước trạm Nhà Bè tháng 9 sau kiểm định



Hình 3.5. Mực nước trạm Đồng Tranh tháng 9 sau kiểm định

Nhận xét: Tương quan mực nước của số liệu thực đo và tính toán tại trạm Phú An đạt đến 0,97 trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định lại có hệ số tương quan đạt 0,96. Tại trạm Nhà Bè và Đồng Tranh hệ số tương quan mô hình cũng đạt giá trị khá cao 0,98 và 0,98; hệ số tương quan kiểm định lại đạt 0,96 và 0,97. Mô hình hiệu chỉnh sử dụng hệ số Hệ số Nash, kết quả cho thấy tính phù hợp với thực đo, và có độ chính xác cao. Kết quả tính toán mực nước được kiểm định cho giá trị tương quan với số liệu thực đo đạt trên 0,95 ở cả 3 trạm Nhà Bè, Phú An và Đồng Tranh. Có thể nói, mô hình đã được hiệu chỉnh tốt, đủ điều kiện phục vụ tính toán của luận án.



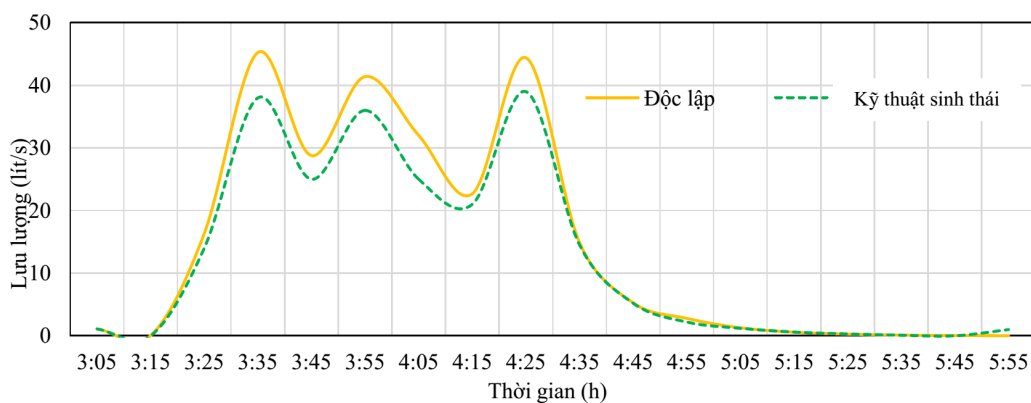
Để tính toán mực nước ở khu vực nghiên cứu cho năm 2016, chúng tôi sử dụng số liệu lưu lượng xả tràn, lưu lượng vận hành vào thời điểm xả theo ngày của Hồ Dầu Tiếng và Trị An vào tháng 9 năm 2016, mực nước Vũng Tàu và lưu lượng thượng nguồn là số liệu quan trắc năm 2016.

### 3.1.1.3. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE FLOOD

STT	Tên vùng	Hiệu chỉnh tháng 11 năm 2018		Hiệu chỉnh tháng 9 năm 2016	
		Chỉ số Nash	Đánh giá	Chỉ số Nash	Đánh giá
1	Lưu vực trung tâm	0,88	Tốt	0,87	Tốt
2	Lưu vực đông thành phố	0,86	Tốt	0,85	Tốt
3	Lưu vực tây thành phố	0,89	Tốt	0,88	Tốt
4	Lưu vực nam thành phố	0,90	Tốt	0,89	Tốt
5	Lưu vực bắc thành phố	0,87	Tốt	0,86	Tốt
6	Lưu vực nam tham lượng	0,87	Tốt	0,87	Tốt

Mô hình MIKE FLOOD được hiệu chỉnh và kiểm định cho 6 lưu vực thoát nước. Các trận mưa ngày 17/09/2016 và 19/09/2016 được sử dụng để hiệu chỉnh kiểm định mô hình cho trường hợp hệ thống thoát nước độc lập. Các trận mưa ngày 25/11/2018, được sử dụng để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình cho trường hợp hệ thống thoát nước độc lập kết hợp với các giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái.

Kết quả hiệu chỉnh kiểm định cho thấy hệ số NASH dao động từ 0,85 đến 0,89. Do đó có thể kết luận mô hình MIKE FLOOD đủ độ tin cậy để phân tích hiệu quả giảm thiểu dòng chảy tràn của các công trình kỹ thuật sinh thái. Các đường quá trình dòng chảy điển hình và kỹ thuật sinh thái được trình bày tại Hình 3.6



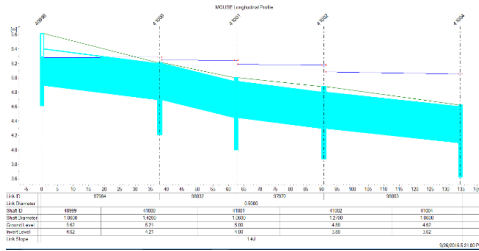
Hình 3.6. So sánh đường quá trình lưu lượng mô phỏng khi có ứng dụng kỹ thuật sinh thái của trận mưa ngày 25 tháng 11 năm 2018

## 3.1.1.4. Kết quả tính toán ngập hiện trạng

Bảng 3.3. Bảng thống kê ngập tại khu vực TP.HCM trận mưa ngày 26/9/2016

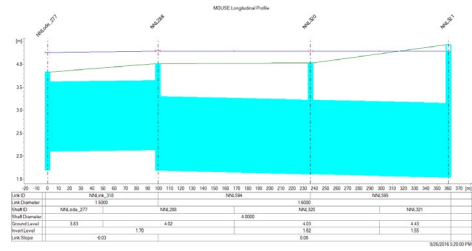
STT	Tên đường	Phạm vi ngập		Độ sâu ngập (m)
		Từ	Đến	
<b>I. LƯU VỰC TRUNG TÂM</b>				
	Mai Thị Lựu	Điện Biên Phủ	SN99	0,30
	3 tháng 2	HVHC Quốc Gia	Lê Hồng Phong	0,20
	Nguyễn Cư Trinh	Trần Hưng Đạo	Trần Đình Xu	0,30
	Trần Hưng Đạo	Trụ sở Công An TP.HCM	Nguyễn Văn Cừ	0,30
	Cống Quỳnh	Chợ Thái Bình	Nguyễn Cư Trinh	0,40
	Đinh Bộ Lĩnh	Nguyễn Xí	Đường số 3	0,30
	Nguyễn Hữu Cảnh	Tân Cảng	Sài Gòn Pearl	0,50
	Bạch Đằng	SNB22	SNB88	0,30
	An Dương Vương	Tân Hòa Đông	SN958	0,35
<b>II. LƯU VỰC ĐÔNG THÀNH PHỐ</b>				
	Quốc Hương	SN76	SN89	0,45
	Đỗ Xuân Hợp	UBND Phường	Giáo Xứ	0,20
	Võ Văn Ngân	Đường số 6	Nhà thiếu nhi	0,30
<b>III. LƯU VỰC TÂY THÀNH PHỐ</b>				
	Gò Dầu	Tân Sơn Nhì	Bình Long	0,40
	Tỉnh lộ 10	SN1304	SN1238	0,20
<b>IV. LƯU VỰC NAM THÀNH PHỐ</b>				
	Huỳnh Tấn Phát	Nguyễn Văn Quý	Gò Ô Môi	0,25
<b>V. LƯU VỰC BẮC THÀNH PHỐ</b>				
	Nguyễn Văn Quá	SN359	Hẻm 412	0,30
	Phan Văn Hón	Quốc Lộ 1A	SN287	0,30
<b>VI. LƯU VỰC NAM THAM LƯƠNG</b>				
	Phan Huy Ích	Bùi Quang Là	Nguyễn Tư Giảng	0,20
	Quang Trung	SN1320	Cầu Chợ Cầu	0,20
	Cây Trâm	UBND P8	Lê Văn Thọ	0,30

**Ghi chú:** SN: Số nhà.



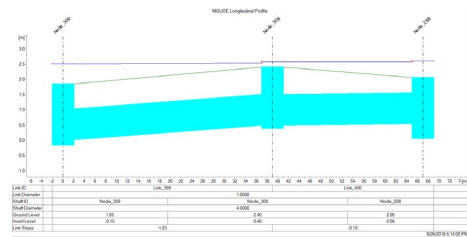
(a) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường Mai Thị Lựu

Qua kết quả trên, khu vực đường Mai Thị Lựu gần chùa Phước Hải thuộc phường Đa Kao ngập cao hơn mặt đường ~ 0.4m (cao độ mặt đường khu vực này từ 4.8 – 5.7m).



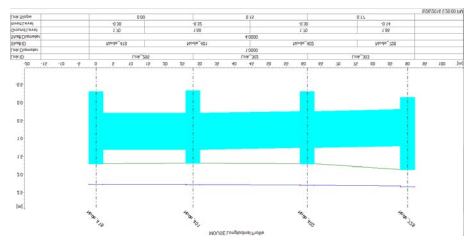
(b) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường 3 tháng 2

Qua kết quả trên, khu vực đường 3 tháng 2 gần HVHC QG – Lê Hồng Phong ngập cao hơn mặt đường ~ 0.25m (cao độ mặt đường khu vực này từ 3.85– 4.3m).



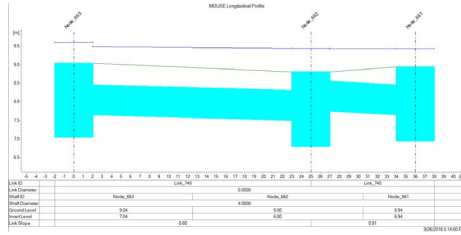
(c) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường Đinh Bộ Lĩnh

Qua kết quả trên, khu vực đường Đinh Bộ Lĩnh từ Nguyễn Xí – đường số 3 ngập cao hơn mặt đường ~ 0.38m (cao độ mặt đường khu vực này từ 1.8 – 2.2m).



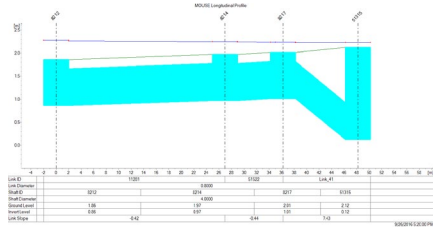
(d) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường Nguyễn Hữu Cảnh

Qua kết quả trên, khu vực đường Nguyễn Hữu Cảnh từ Tân Cảng đến Sài Gòn Pearl ngập cao hơn mặt đường ~ 0.5m (cao độ mặt đường khu vực này từ 1.7 – 1.75m).



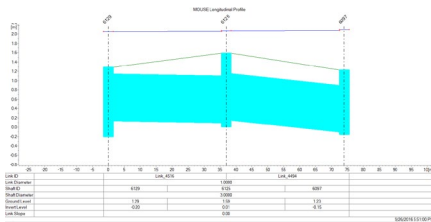
(đ) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường Bạch Đằng

Qua kết quả trên, khu vực đường Bạch Đằng từ SNB22 – SNB88 ngập cao hơn mặt đường ~ 0.4m (cao độ mặt đường khu vực này từ 8.8 – 9.0m).



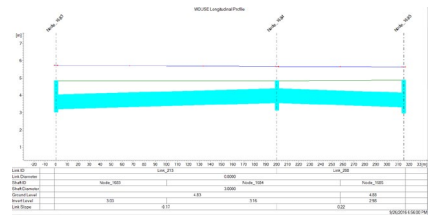
(e) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường An Dương Vương

Qua kết quả trên, khu vực đường An Dương Vương từ Tân Hòa Đông – SN958 ngập cao hơn mặt đường ~ 0.4m (cao độ mặt đường khu vực này từ 2.5 – 2.9m).



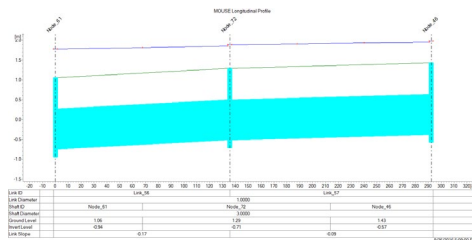
(g) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường Quốc Hương

Qua kết quả trên, khu vực đường Quốc Hương từ SN76 đến SN89 ngập cao hơn mặt đường ~ 0.35m (cao độ mặt đường khu vực này từ 1.2 – 1.4m).



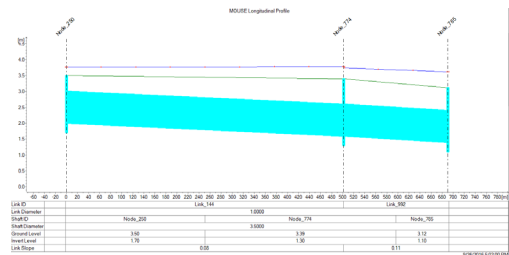
(h) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường Gò Dầu

Qua kết quả trên, khu vực đường Gò Dầu từ Tân Sơn Nhì đến đường Bình Long ngập cao hơn mặt đường ~ 0.5m (cao độ mặt đường khu vực này từ 4.8 – 4.9m).



(i) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường Cây Trâm

Qua kết quả trên, khu vực đường Phan Huy Ích từ UBND P8 đến Lê Văn Thọ ngập cao hơn mặt đường ~ 0.35m (cao độ mặt đường khu vực này từ 1.0 – 1.1m).



(k) Trắc dọc mực nước cao nhất ở tuyến công đường Nguyễn Văn Quá

Qua kết quả trên, khu vực đường Nguyễn Văn Quá từ SN359 đến Hẻm 412 ngập cao hơn mặt đường ~ 0.3m (cao độ mặt đường khu vực này từ 3.4 – 3.5m).

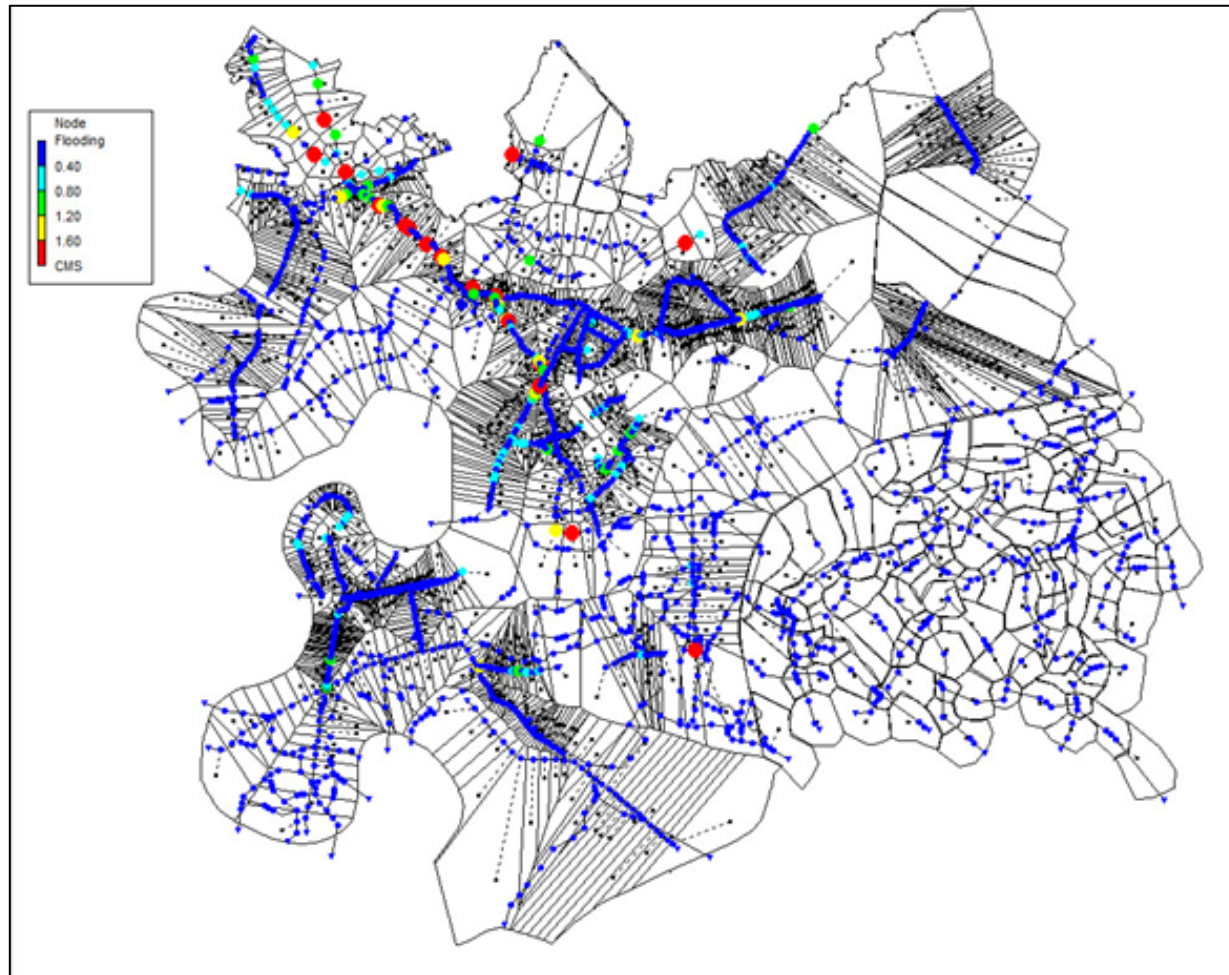
Hình 3.7. Trắc dọc mực nước cao nhất tại một số tuyến đường bị ngập

### 3.1.1.5. Bản đồ ngập hiện trạng khu vực TP. HCM

Kết quả ngập từ mô hình Mike Flood (trường hợp 1, 2 và 3) được chuyển đổi định dạng (Shp.file) đưa vào phần mềm ArcGIS kết hợp với bản đồ nền để thành lập các bản đồ ngập. Kết quả cho thấy, nhiều khu vực trung tâm thành phố chịu tác động lớn từ ngập lụt, và chủ yếu ngập tại các khu vực có quá trình đô thị hóa và mật độ xây dựng cao, tuyến cống nhánh của lưu vực khá hoàn chỉnh. Tuy nhiên, các tuyến cống nhánh này trước đây đều được thiết kế ứng phó với trận mưa tần suất  $P = 1-2$  năm, trong điều kiện các trận mưa với cường độ cao và thời đoạn ngắn ngày càng gia tăng ở TP.HCM, do đó tình trạng ngập lụt vẫn diễn ra thường xuyên do vượt mức thiết kế hệ thống thoát nước hiện tại, Bản đồ ngập hiện trạng khu vực thành phố Hồ Chí Minh được thể hiện tại theo các lưu vực thoát nước Hình 3.4 (a, b, c, d, đ, e)



(a) Bản đồ ngập lưu vực trung tâm thành phố



b) Bản đồ ngập lưu vực Đông Thành phố

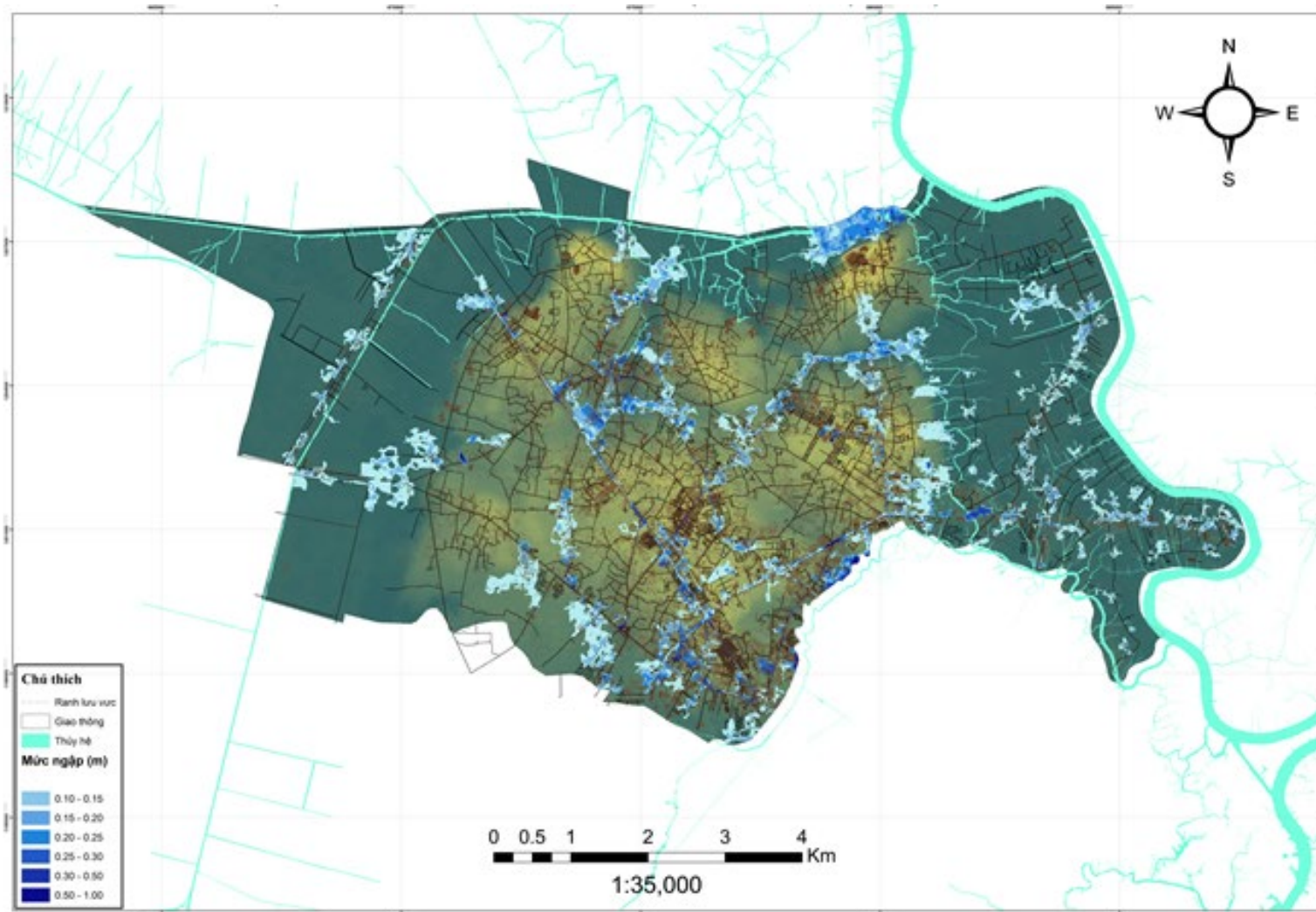


(c) Bản đồ ngập lưu vực Tây Thành phố

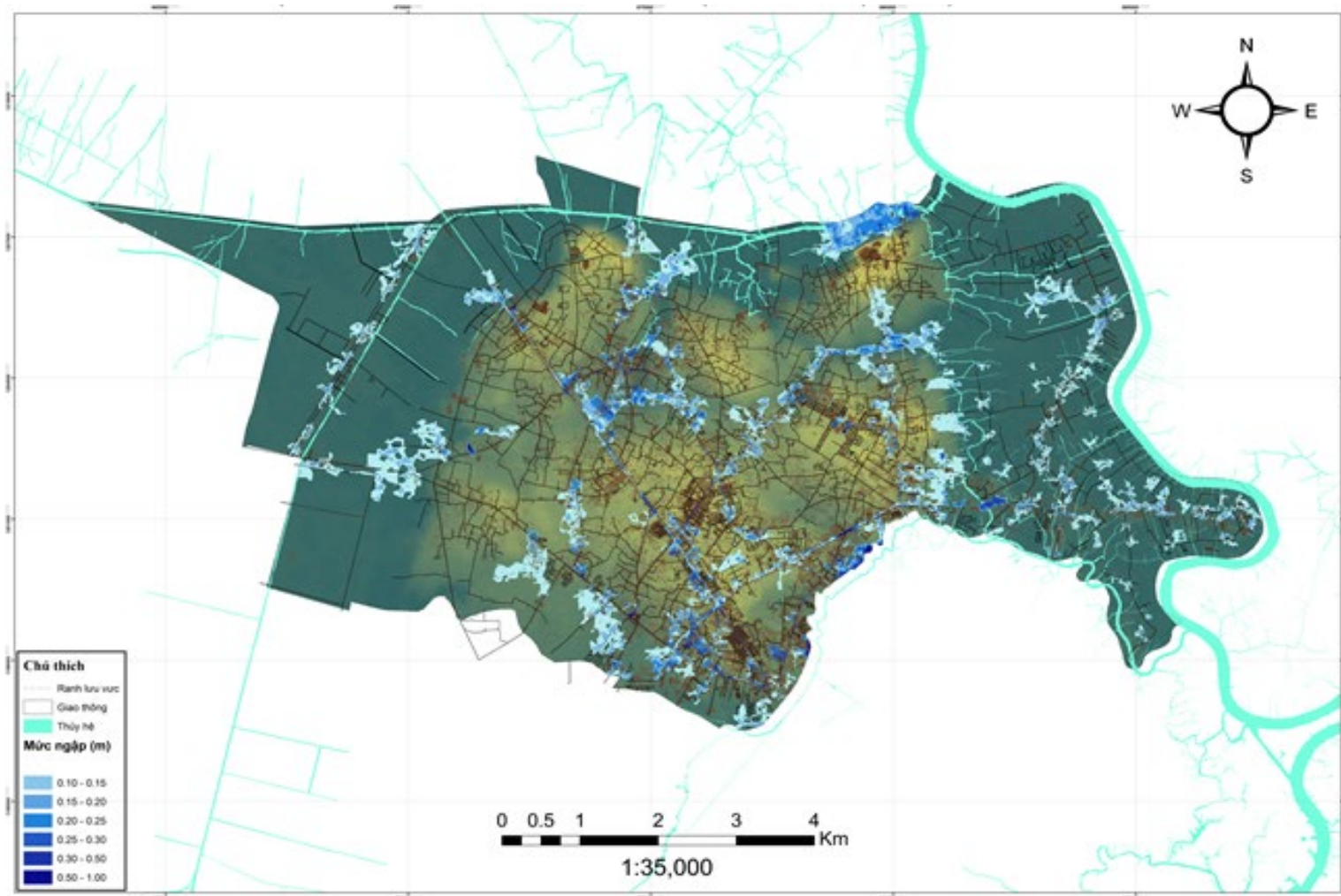




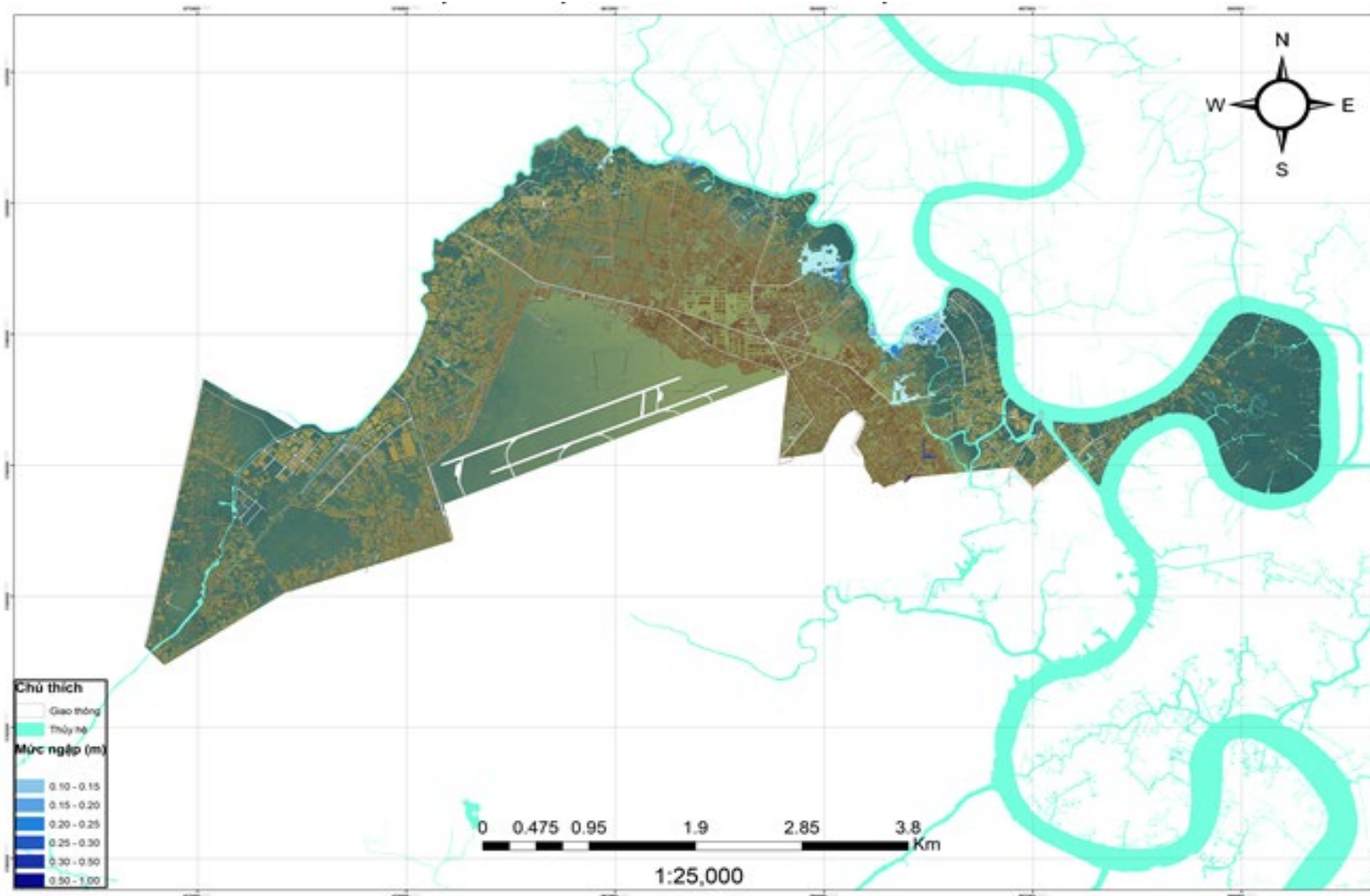
d) Bản đồ ngập lưu vực Nam Thành phố



(đ) Bản đồ ngập lưu vực Bắc Thành phố



(đ) Bản đồ ngập lưu vực Bắc Thành phố



(e) Bản đồ ngập lưu vực Nam Tham Lương

Hình 3.8. Bản đồ ngập hiện trạng khu vực TP. HCM theo các lưu vực thoát nước

- Lưu vực trung tâm Thành phố: đường Đinh Bộ Lĩnh ngập từ đường Nguyễn Xí đến đường số 3, có độ sâu ngập lớn nhất là 0,35m, thời gian ngập từ lúc bắt đầu trận mưa là 16h ngày 26/9/2016 đến 16h30 bắt đầu xuất hiện ngập và kéo dài hơn 120 phút. Đường Bạch Đằng (Q. Tân Bình) ngập từ số nhà B22 đến số nhà B88, có độ sâu ngập lớn nhất là 0.21m, trận mưa bắt đầu gây ngập lúc 17 h và thời gian ngập khoảng hơn 20 phút. Ngoài ra, một số tuyến đường ngập cục bộ khi lượng mưa vượt 50 mm tại một số trạm đo ở Thành phố Hồ Chí Minh được thể hiện theo Bảng 3.4

Bảng 3.4. Một số tuyến đường bị ngập cục bộ lưu vực trung tâm Thành phố

<b>Quận</b>	<b>Tuyến đường ngập cục bộ</b>
Quận 1	- Đường Calmette (Từ Lê Thị Hồng Gấm – Nguyễn Công Trứ) - Đường Nguyễn Thái Bình (Từ Phó Đức Chính – Yersin) - Đường Cô Giang (Từ Hồ Hảo Hớn – Nguyễn Khắc Nhu) - Đường Hồ Hảo Hớn (Từ Võ Văn Kiệt – Cô Bắc)
Quận 3	Đường Kỳ Đồng (Từ Trần Quốc Thảo – Trương Định)
Quận 4	- Đường Đoàn Văn Bơ (Từ Hoàng Diệu – Bến Vân Đồn) - Đường Vĩnh Khánh (Từ Hoàng Diệu – Tôn Đản) - Đường Hoàng Diệu (Từ Nguyễn Tất Thành – Vĩnh Khánh)
Quận 5	- Đường Dương Tử Giang (Từ Trang Tử – Trần Hưng Đạo) - Đường Trần Hưng Đạo (Từ Dương Tử Giang – Học Lạc) - Đường Trần Hưng Đạo (Từ Nguyễn Văn Cừ – Nguyễn Biểu) - Đường Nguyễn Biểu (Từ Trần Hưng Đạo – Phan Văn Trị) - Đường Nguyễn Văn Cừ (LP) (Từ số nhà 99 – số nhà 149) - Đường Đỗ Ngọc Thạch (Từ Trần Hưng Đạo – Trang Tử) - Đường Gò Công (Từ Hải Thượng Lãn Ông – Võ Văn Kiệt)
Quận 6	- Đường An Dương Vương (Từ Tân Hòa Đông – Bà Hom) - Đường Tân Hóa (Từ Hồng Bàng – Cầu Tân Hóa) - Đường Mai Xuân Thưởng (Từ Lê Quang Sung – Hậu Giang) - Đường Lê Quang Sung (Từ Trang Tử – Mai Xuân Thưởng) - Đường Văn Thân (Từ Bà Lài – Lò Gốm) - Đường Bình Tiên (Từ Võ Văn Kiệt – Phạm Phú Thứ) - Đường Phạm Phú Thứ (Từ Võ Văn Kiệt – Bình Tiên)

- Lưu vực Đông thuộc Thành phố Thủ Đức: đường Võ Văn Ngân ngập từ đường Đặng Văn Bi đến đường Xa Lộ Hà Nội, có độ sâu ngập lớn nhất là 0.15 m,

thời gian ngập kéo dài khoảng 120 phút. Đường Nguyễn Văn Hưởng ngập từ đường Nguyễn Cừ đến hẻm 76, có độ sâu ngập lớn nhất là 0.24 m, thời gian mưa từ 16 giờ đến 16 giờ 30 gây ngập và thời gian ngập kéo dài gần 90 phút. Đánh giá hiện trạng ngập khu vực này cho thấy các tuyến đường ngập khi khi lượng mưa trung bình lớn hơn 50 mm/h tại các khu vực ngập được thể hiện tại Bảng 3.5.

Bảng 3.5. Một số tuyến đường bị ngập cục bộ lưu vực Đông thuộc TP. Thủ Đức

<b>Quận</b>	<b>Tuyến đường ngập cục bộ</b>
Khu vực trung tâm Thành phố Thủ Đức	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đường Kha Vạn Cân (Từ Dương Văn Cam – Bưu điện Thủ Đức)</li> <li>- Tỉnh lộ 43 (Từ Quốc lộ 1A – Bình Chiểu)</li> <li>- Đường Gò Dưa (Từ QL1A “Cầu vượt Bình Phước” – Tô Ngọc Vân)</li> <li>- Đường Dương Văn Cam (Từ Kha Vạn Cân – Lê Văn Tách)</li> <li>- Đường Đặng Thị Rành (Từ Tô Ngọc Vân – Dương Văn Cam)</li> <li>- Đường Hồ Văn Tư (Từ số nhà 118 – CX Cầu Ngang), đường Lê Văn Tách (Từ số nhà 3 – Dương Văn Cam)</li> <li>- Quốc Lộ 1A – Nút Giao Thông Gò Dưa</li> </ul>
Khu vực Quận 2 (nay thuộc TP. Thủ Đức)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đường Nguyễn Duy Trinh (Từ Nguyễn Tuyển – Nguyễn Tư Nghiêm)</li> <li>- Đường Lương Định Của (Từ Chân cầu Thủ Thiêm – Cột điện số 24)</li> <li>- Thảo Điền (Từ Hẻm 95 – Cửa xả 8)</li> <li>- Đường Quốc Hương (Từ đường 47 – Số nhà 127)</li> </ul>
Khu vực Quận 9 (nay thuộc TP. Thủ Đức)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đường Đỗ Xuân Hợp (Trước trường TH Kỹ Nghệ)</li> <li>- Đường Đỗ Xuân Hợp (Trước UBND Phường Phước Bình)</li> <li>- Đường Lê Văn Việt (Từ Đình Phong Phú – Hẻm 201)</li> <li>- Xa Lộ Hà Nội (Đoạn chân cầu Rạch Chiếc)</li> </ul>

- Lưu vực Tây Thành phố: tuyến cống ở đường Tỉnh lộ 10 hoạt động tương đối tốt vì thời gian tập trung nước và nước rút khá nhanh và hợp lý. Nhưng do gặp phải trận mưa có cường độ lớn cộng với các hố ga nơi đây bị người dân bít bằng các túi rác nên thời gian tập trung nước dài khoảng 120 phút gây ngập úng ảnh hưởng đến khả năng đi lại của người dân. Một số tuyến đường cụ thể bị ảnh hưởng ngập được thể hiện tại Bảng 3.5.

- Lưu vực Nam Thành phố: tuyến cống ở đường Huỳnh Tấn Phát hoạt động không tốt tuy thời gian tập trung nước không nhanh nhưng thời gian nước rút lúc rút nhanh lúc kéo dài. Mực nước ngập chỉ khoảng 0,35 m gây ảnh hưởng nhiều những là dấu hiệu ngập ứ nước kéo dài cần phải có biện pháp cải thiện hệ thống cống và hầm ga

ở đây. Một số tuyến đường cụ thể bị ảnh hưởng ngập tập trung tại Quận 7, Quận 8 và được thể hiện tại Bảng 3.6.

- Lưu vực Bắc Thành phố: tuyến cống ở đường Phan Văn Hớn hoạt động không tốt vì thời gian tập trung nước nhanh và nước rút lâu. Nhưng do gặp phải trận mưa có cường độ lớn cộng với các hố ga nơi đây bị người dân bít bằng các túi rác nên thời gian tập trung nước dài khoảng 150 phút gây ngập úng ảnh hưởng đến khả năng đi lại của người dân. Các điểm ngập điển hình ở Quận 12 được thể hiện tại Bảng 3.6.

- Lưu vực Nam Tham Lương: tuyến cống ở đường Lê Đức Thọ hoạt động khá tốt vì thời gian tập trung nước nhanh và nước rút nhanh và hợp lí. Nhưng do gặp phải trận mưa có cường độ lớn cộng với các hố ga nơi đây bị người dân bít bằng các túi rác nên thời gian tập trung nước dài khoảng 110 phút gây ngập úng ảnh hưởng đến khả năng đi lại của người dân. Kết quả phân tích cho thấy các điểm ngập xuất hiện tại khu vực phía Bắc quận Gò Vấp, được thể hiện tại Bảng 3.4.

Bảng 3.6. Một số tuyến đường bị ngập cục bộ theo các lưu vực

<b>Lưu vực</b>	<b>Tuyến đường ngập cục bộ</b>
Tây Thành phố	- Đường Kinh Dương Vương (Từ Vòng xoay Mũi Tàu – Hồ Học Lãm) - Quốc Lộ 1A (Từ Cầu Bình Điền – Nguyễn Văn Linh) - Đường Phan Anh (Từ Tân Hòa Đông – Rạch Bà Trầu) - Đường Trương Vĩnh Ký (Từ Tân Sơn Nhì – Nguyễn Văn Tố) - Đường Gò Dầu (Từ Cầu Xéo – Tân Sơn Nhì) - Tân Quý (Từ Gò Dầu – Tân Hương)
Nam Thành phố	- Đường Huỳnh Tấn Phát (Từ Gò Ô Môi – Hẻm 1333) - Đường An Dương Vương (Từ Bến Phú Định – Cầu Mỹ Thuận) - Bến Phú Định (Từ Hồ Ngọc Lãm – Cầu Phú Định) - Đường An Dương Vương (Từ Bến Phú Định – Cầu Mỹ Thuận) - Đường số 41 (Từ An Dương Vương – Cầu số 41) - Đường Hồ Ngọc Lãm (Từ Bến Phú Định – Rạch Bà Lựu)
Bắc Thành phố	- Đường Nguyễn Văn Quá (Từ Trường Chinh – Tô Ký) - Quốc lộ 1A (Từ Nguyễn Văn Quá – Lê Thị Riêng) - Đường Phan Văn Hớn (Từ Quốc lộ 1A – Tân Thới Nhất 08)
Nam Tham Lương	- Đường Lê Đức Thọ (Từ Trường Tây Sơn – UBND P.13) - Quang Trung (Từ Phan Huy Ích – Cầu Chợ Cầu 2)

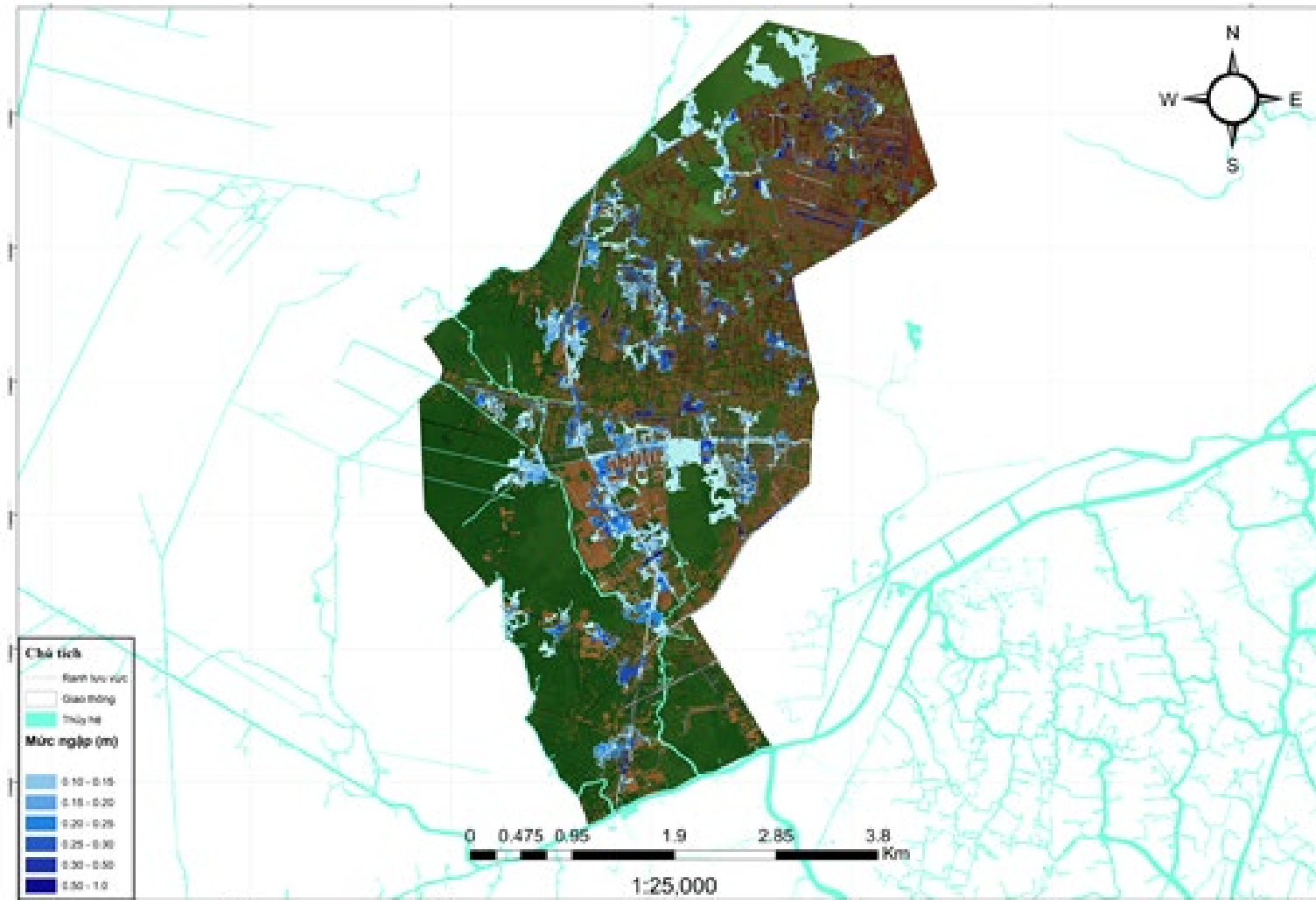




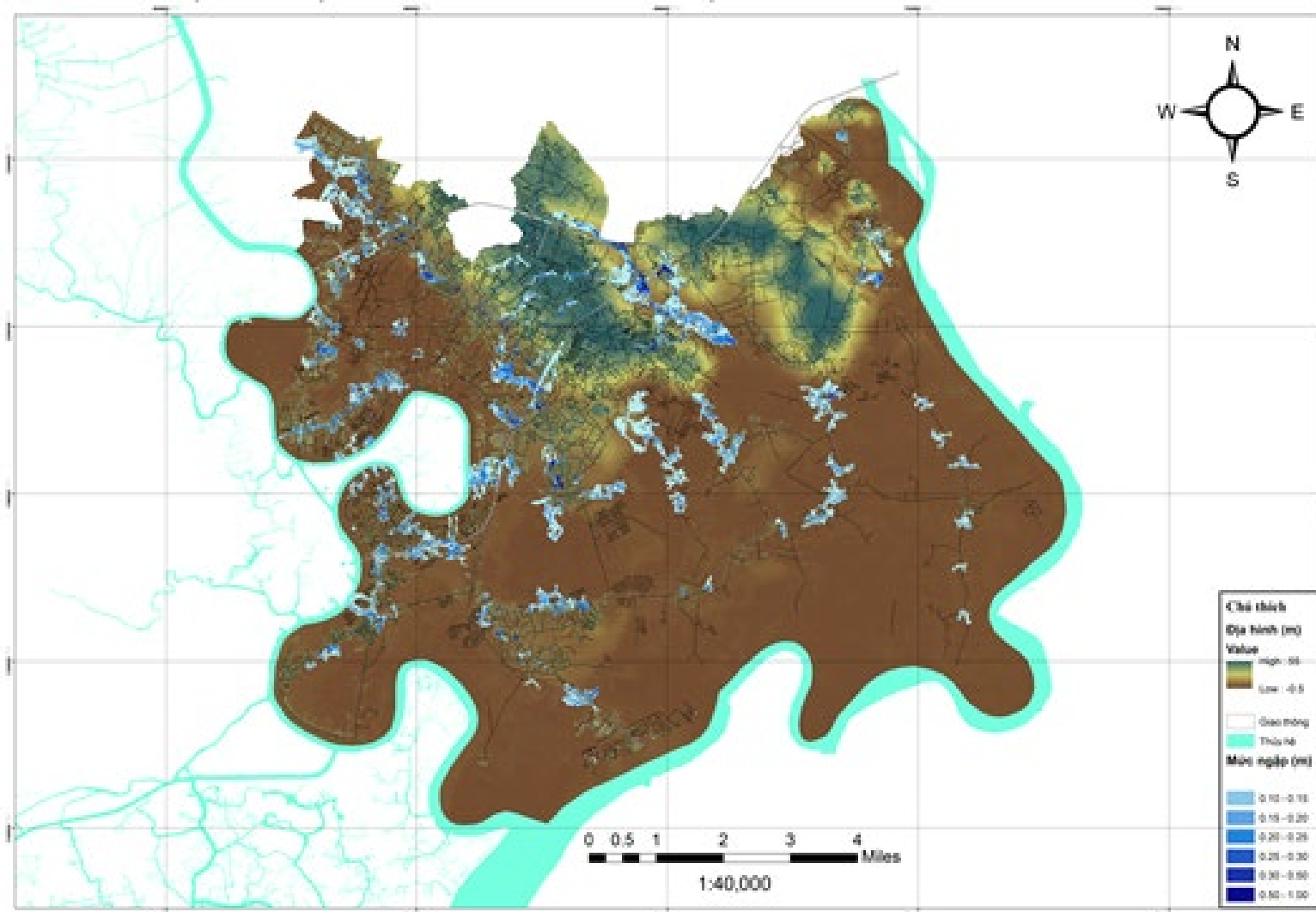
<b>RCP</b> <b>4.5</b>	12 (7 – 17)	17 (10 – 24)	23 (13 – 31)	28 (17 – 40)	34 (20 – 49)	41 (24 – 58)	47 (28 – 68)	53 (32 – 77)
<b>RCP</b> <b>8.5</b>	14 (10 – 18)	20 (14 – 27)	28 (19 – 37)	32 (21 – 46)	41 (27 – 59)	51 (33 – 73)	61 (41 – 88)	73 (48 – 105)



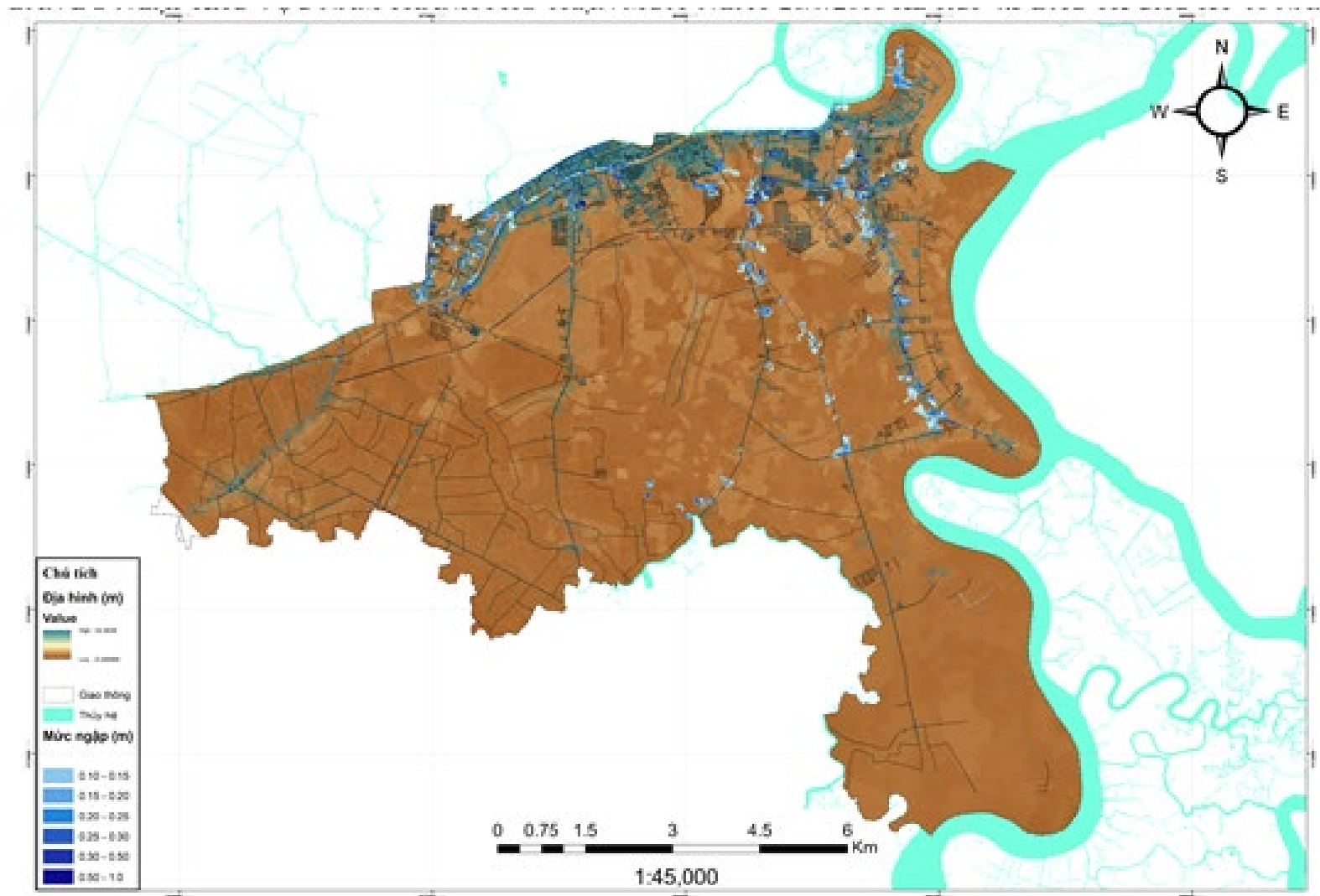
(a). Bản đồ ngập lụt vực trung tâm Thành phố



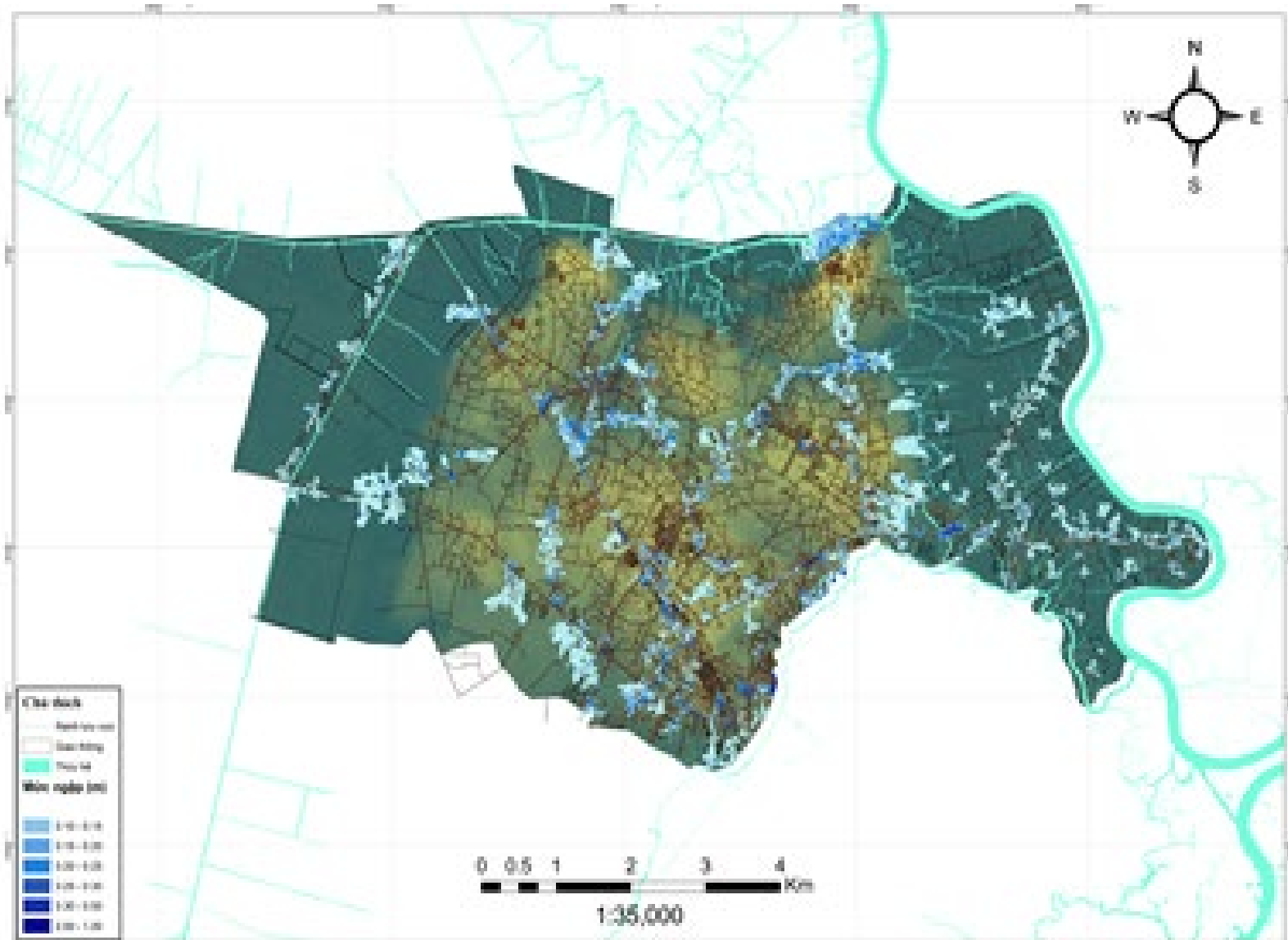
(a) Bản đồ ngập lưu vực Tây Thành phố



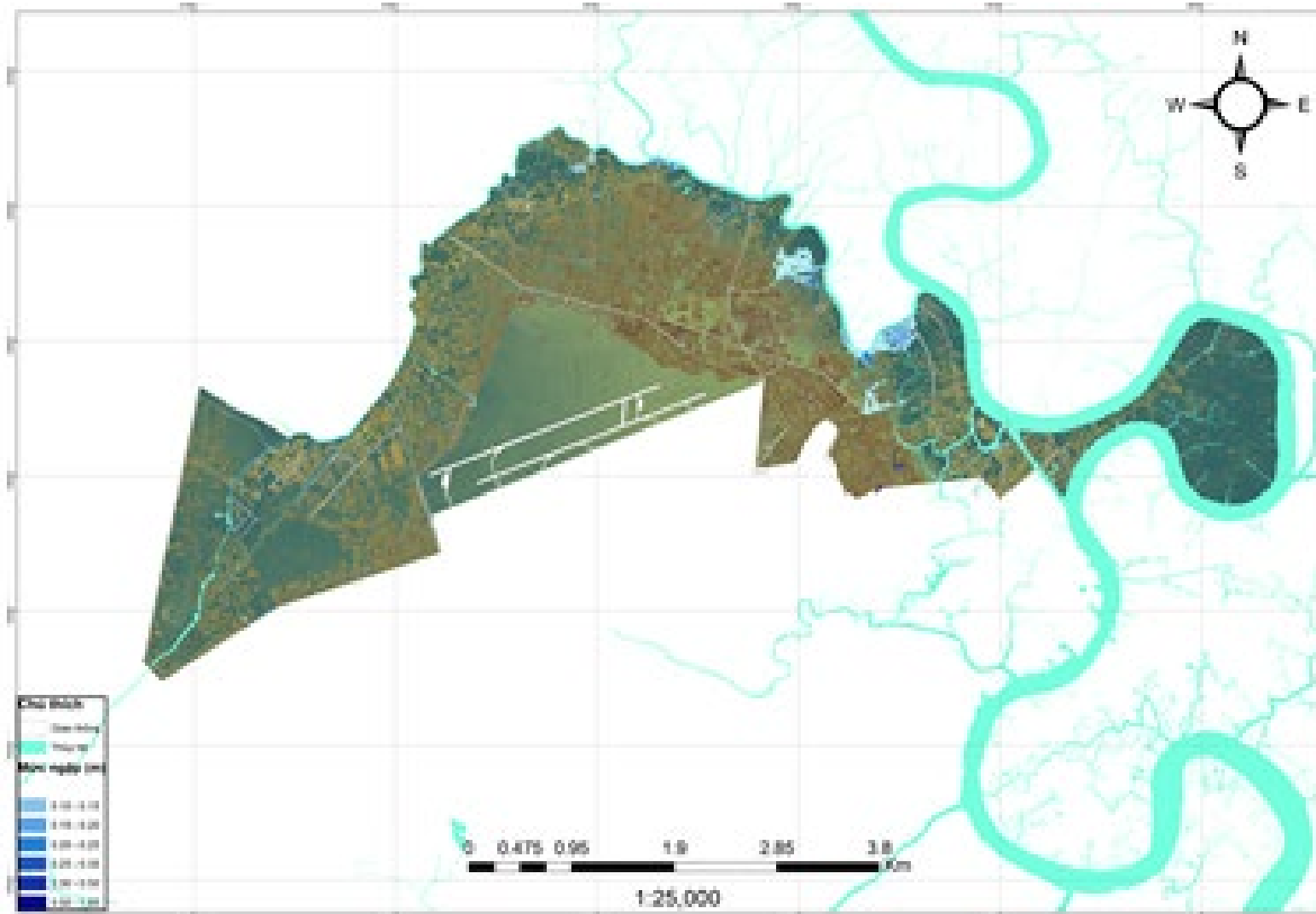
(b) Bản đồ ngập lưu vực Đông Thành phố



(d) Bản đồ ngập lưu vực Nam Thành phố



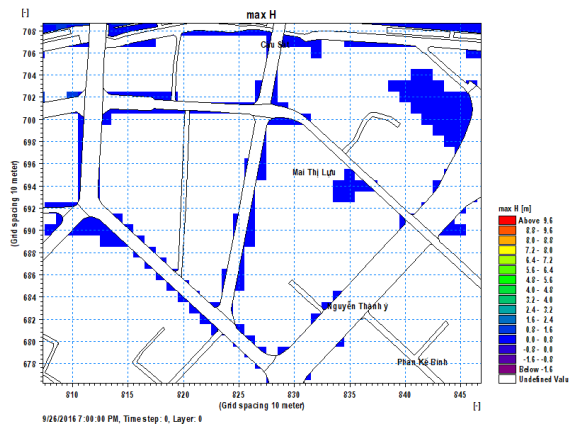
(đ) Bản đồ lưu vực Bắc Thành phố



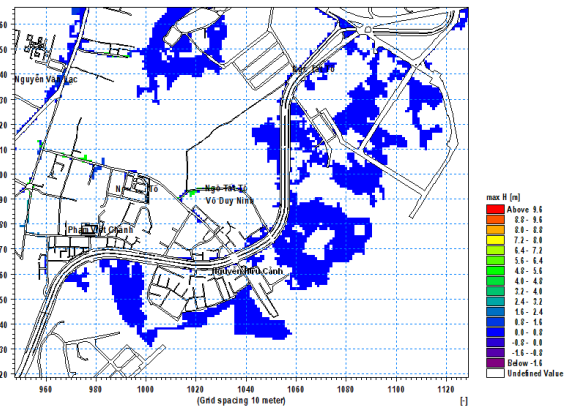
(e) Bản đồ ngập lưu vực Nam Tham Lương

Hình 3.9. Bản đồ ngập khu vực thành phố Hồ Chí Minh ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại P=10 năm theo kịch bản RCP4.5 giai đoạn đầu thế kỷ theo các lưu vực thoát nước

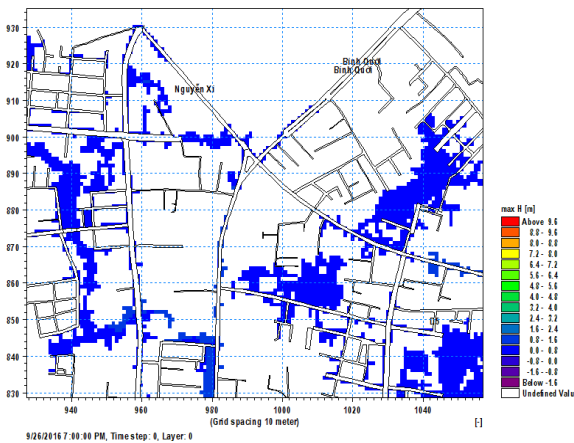
Kết quả tổng độ sâu ngập tại một số tuyến đường của Thành phố được thể hiện tại Hình 3.10.



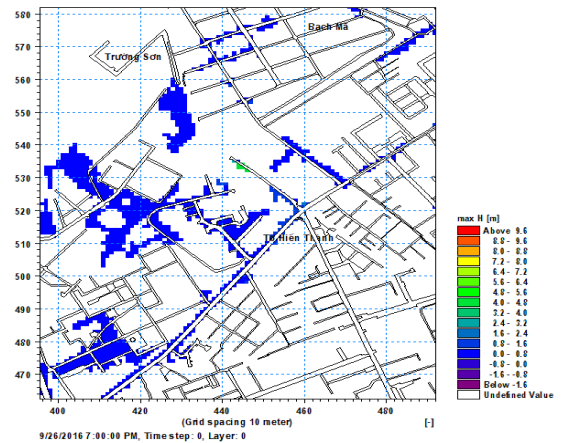
(a) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Mai Thị Lựu theo kịch bản RCP 4.5



(b) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Nguyễn Hữu Cảnh theo kịch bản RCP 4.5

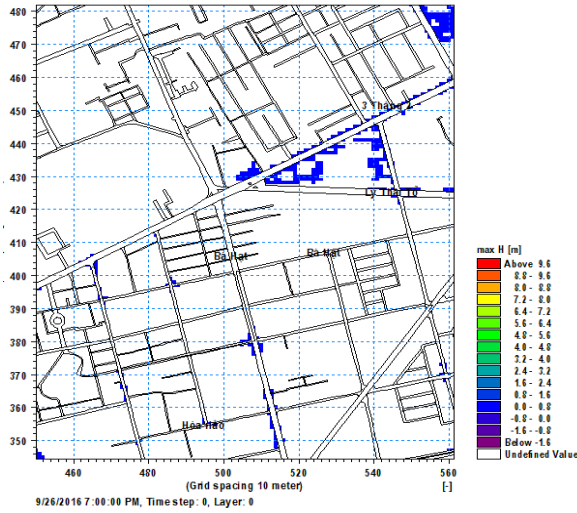


(c) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Nguyễn Xi theo kịch bản RCP 4.5

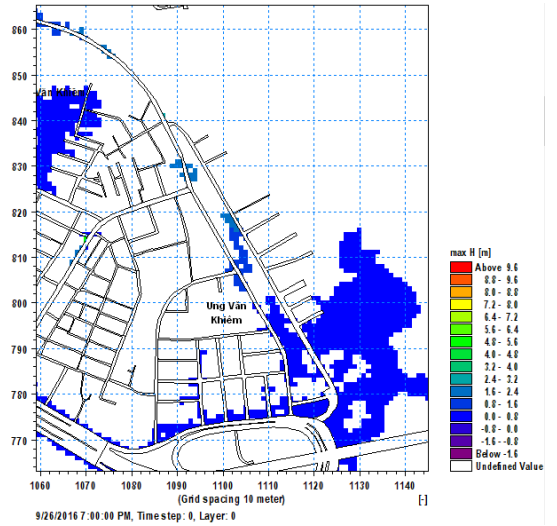


(d) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Tô Hiến Thành theo kịch bản RCP 4.5

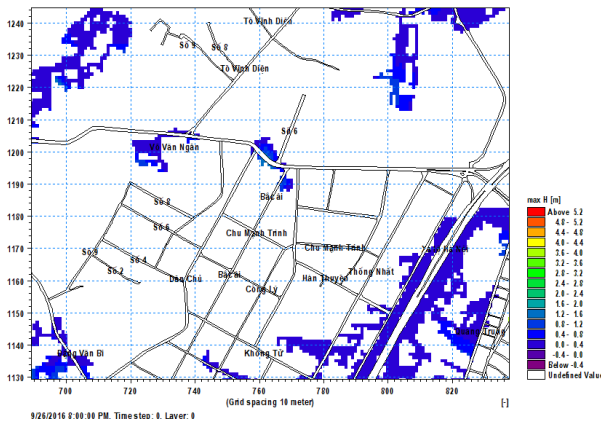




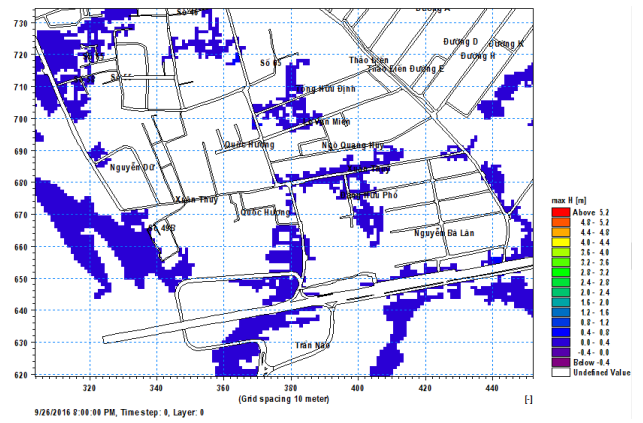
(d) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường 3 tháng 2 theo kịch bản RCP 4.5



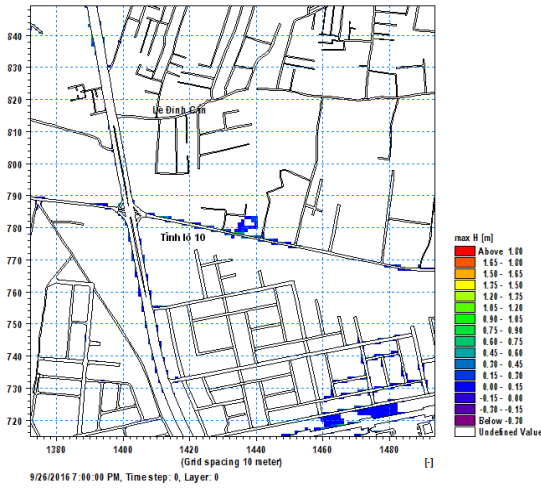
(đ) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Ung Văn Khiêm theo kịch bản RCP 4.5



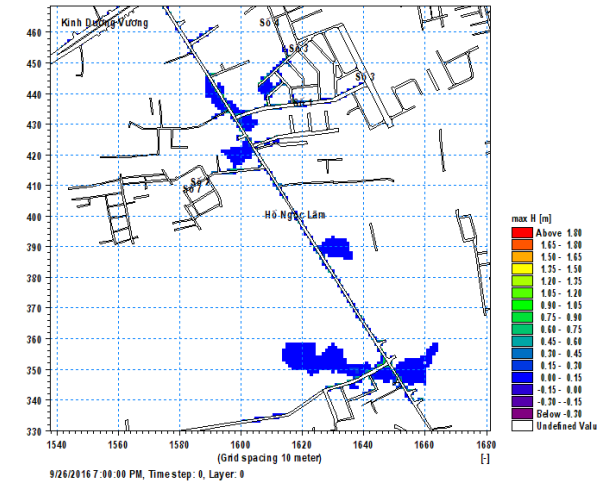
(e) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Võ Văn Ngân theo kịch bản RCP 4.5



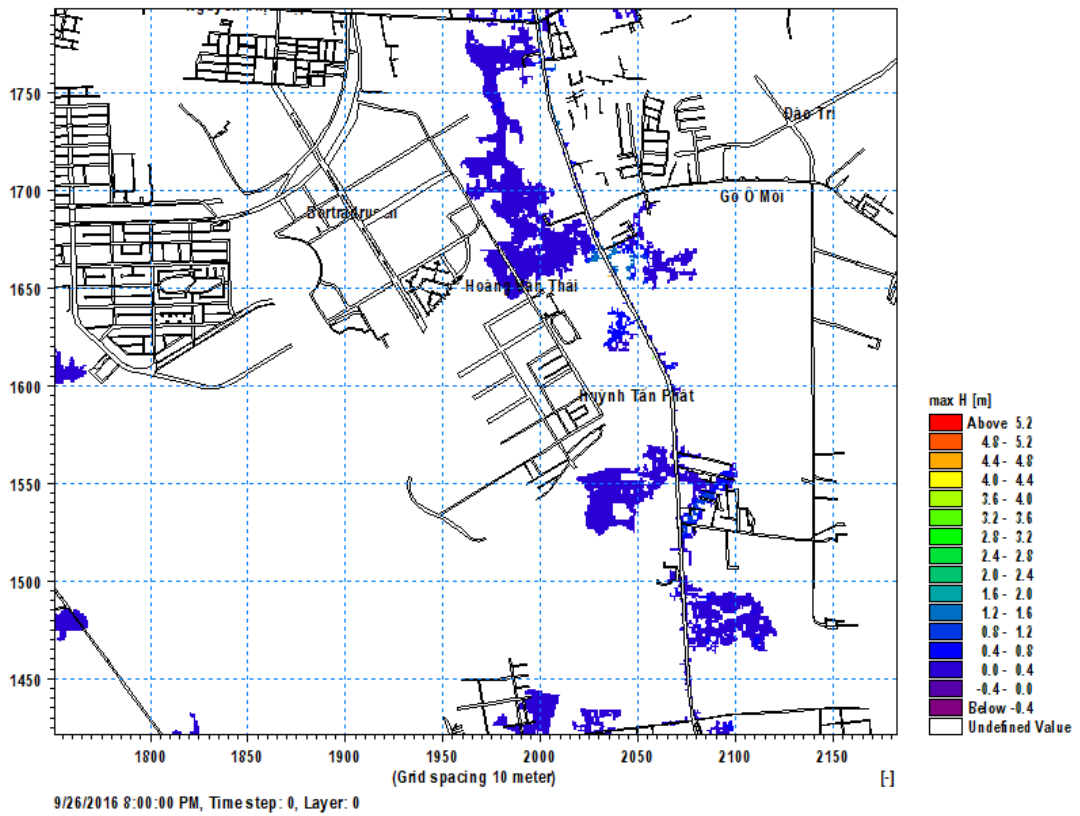
(g) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Quốc Hương theo kịch bản RCP 4.5



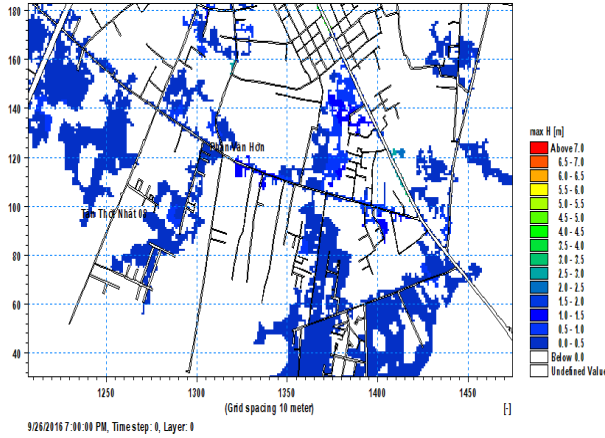
(h) Kết quả tổng độ sâu ngập tại Tinh lộ 10 theo kịch bản RCP 4.5



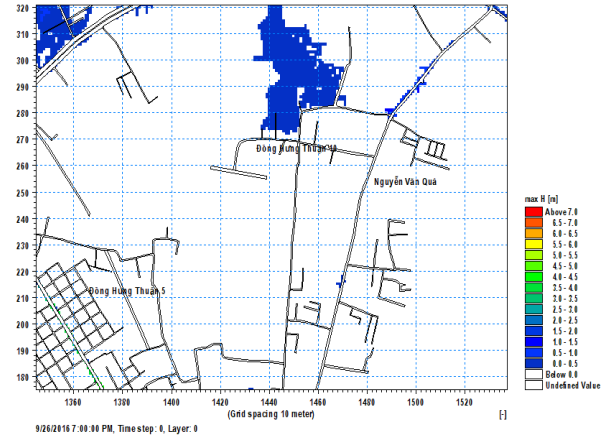
(i) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Hồ Ngọc Lâm theo kịch bản RCP 4.5



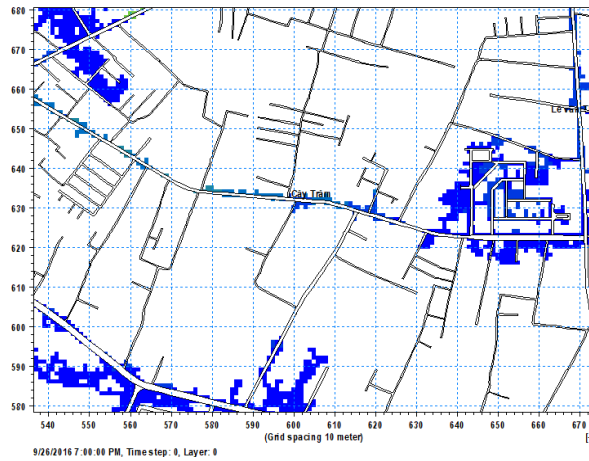
(k) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Huỳnh Tấn Phát theo kịch bản RCP 4.5



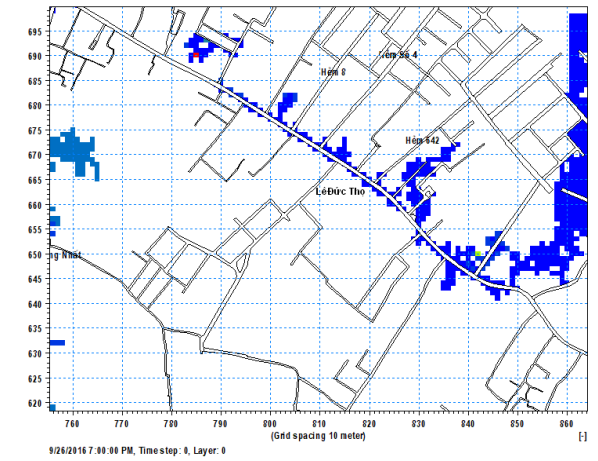
(l) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Phan Văn Hớn theo kịch bản RCP 4.5



(m) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Nguyễn Văn Quá theo kịch bản RCP 4.5



(n) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Cây Trâm theo kịch bản RCP 4.5



(o) Kết quả tổng độ sâu ngập tại đường Lê Đức Thọ theo kịch bản RCP 4.5

Hình 3.10. Kết quả tổng độ sâu ngập một số tuyến đường tại TP. HCM

Bản đồ ngập khu vực thành phố Hồ Chí Minh theo kịch bản BĐKH RCP 4.5 được thể hiện tại Hình 3.5 (a, b, c, d, đ, e) theo các lưu vực thoát nước. Diện tích và độ sâu ngập trung bình tại các khu vực ngập như sau:

Bảng 3.9. Nguy cơ các vùng ngập theo kịch bản RCP4.5

Vùng ngập	Nguy cơ ngập theo kịch bản RCP4.5	
	Độ rộng ngập (ha)	Độ sâu ngập trung bình (m)
Trung tâm	1.101,89	0.15 - 0.35
Tây TP	715.88	0.2 - 0.45
Nam TP	247.30	0.25 - 0.45

Bắc TP	359.74	0.2 - 0.35
Đông TP	638.89	0.2 - 0.40
Nam Tham Lương	406.11	0.2 - 0.4

Theo kịch bản RCP 4.5 với tổng lượng mưa 95,91 mm trong khoảng thời gian 3 giờ và mực nước triều cao nhất đạt 1,32 m, bảng 3.2 cho thấy trung tâm TP. HCM bị ảnh hưởng nghiêm trọng, đặc biệt tại Quận 1, 3, 4, 11 và Bình Thạnh. Tuy nhiên, với kịch bản RCP 4.5, khu vực Nam TP.HCM hiển thị diện tích ngập tốt nhất, đặc biệt sau khi các công trình chống ngập được vận hành từ 2019, vấn đề ngập do mưa và triều ở khu vực này có xu hướng giảm, nổi bật ở Bình Chánh, Nhà Bè và Quận 7.

Kết quả tính toán theo kịch bản RCP 4.5 cho thấy độ sâu ngập trung bình tại trung tâm thành phố như sau: khu vực đường Mai Thị Lựu gần chùa Phước Hải thuộc phường Đa Kao ngập cao hơn mặt đường ~ 0,3 m; đường Nguyễn Thị Minh Khai sẽ ngập đoạn đầu đường từ Cầu Thị Nghè đến ngã tư Nguyễn Bình Khiêm. Độ sâu ngập ~ 0,35 m, khu vực đường Công Quỳnh đoạn gần Bệnh viện Từ Dũ ngập cao hơn mặt đường ~ 0.35 m.

Tại khu vực đường Trần Hưng Đạo thuộc phường Cô Giang ngập cao hơn mặt đường ~ 0,35 m. Khu vực đường 3 tháng 2 gần Học viện hành chính Quốc gia – Lê Hồng Phong ngập cao hơn mặt đường ~ 0,25 m.

Khu vực đường An Dương Vương từ Tân Hòa Đông – số nhà 958 ngập cao hơn mặt đường ~ 0,35 m. Đối với khu vực đường Bạch Đằng từ số nhà B22 – số nhà B88 ngập cao hơn mặt đường ~ 0,35 m.

Kết quả từ mô hình cũng cho thấy, khu vực đường Đinh Bộ Lĩnh từ Nguyễn Xí – đường số 3 ngập cao hơn mặt đường ~ 0.35 m. Khu vực đường Nguyễn Hữu Cảnh từ Tân Cảng đến Sài Gòn Pearl ngập cao hơn mặt đường ~ 0,35 m. Khu vực đường Nguyễn Văn Cừ từ Trần Hưng Đạo đến số nhà 160 ngập cao hơn mặt đường ~ 0.3 m.

3.1.2.2. Đánh giá nguy cơ ngập cho khu vực TPHCM theo kịch bản phát thải cao RCP 8.5

Tính toán ngập theo trận mưa cực đoan vượt tiêu chuẩn thiết kế cho hệ thống thoát nước hiện nay, xảy ra ở tần suất lặp lại 10 năm và triều cường (trường hợp MVTK-TRC).

+ Tổng lượng mưa là 104,6 mm, và thời đoạn 90 phút (1,5 giờ).

+ Mức nước năm 2016: xảy ra vào lúc triều cường có đỉnh triều là 1,58m đã vượt mực nước lũ thiết kế theo QĐ 752 là 1,32m.

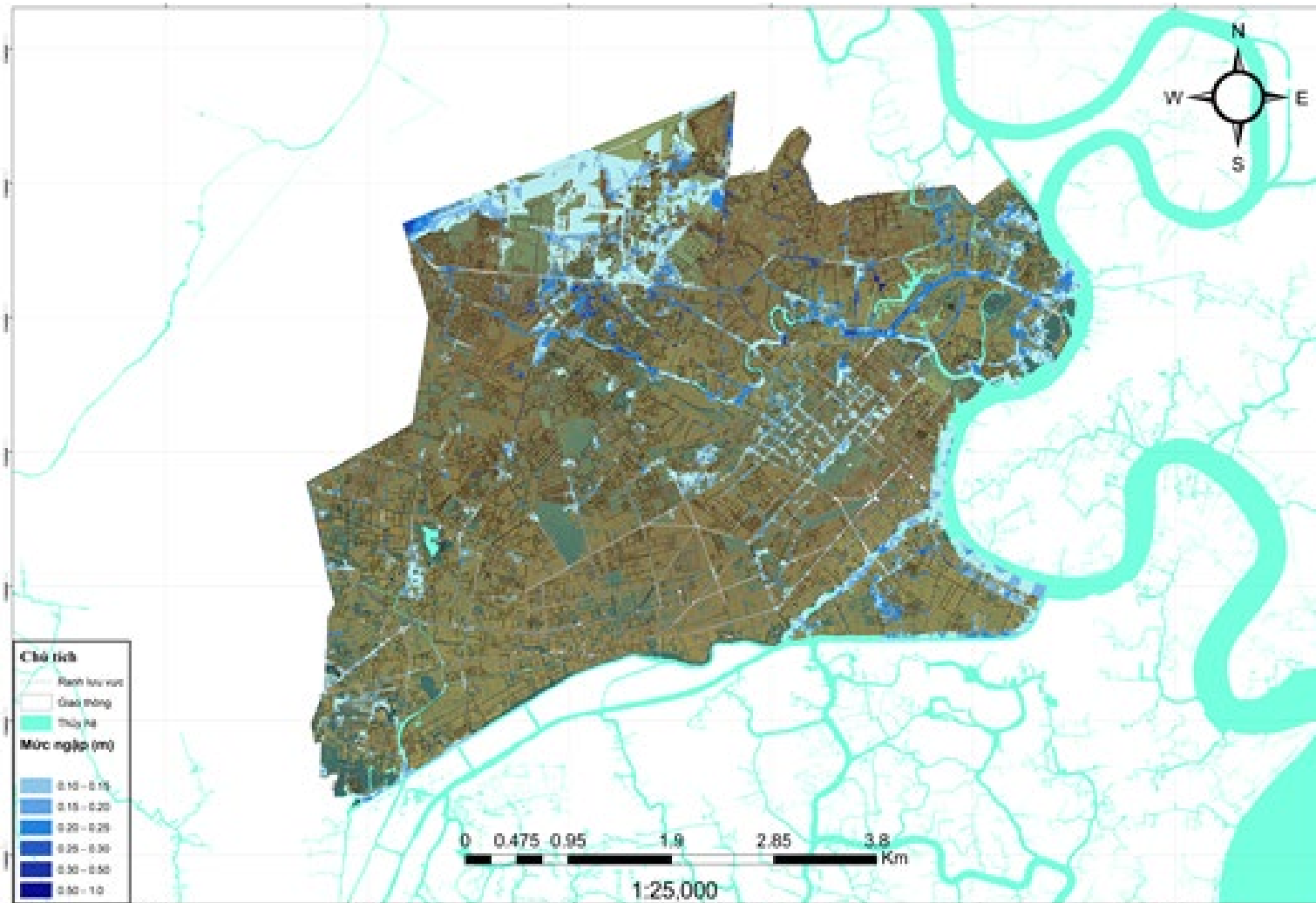
Bản đồ ngập khu vực thành phố Hồ Chí Minh theo kịch bản BĐKH RCP 8.5 được thể hiện tại Hình 3.7 (a, b, c, d, đ, e) theo các lưu vực thoát nước. Diện tích và độ sâu ngập trung bình tại các khu vực ngập như sau:

Bảng 3.10. Nguy cơ các vùng ngập theo kịch bản RCP 8.5

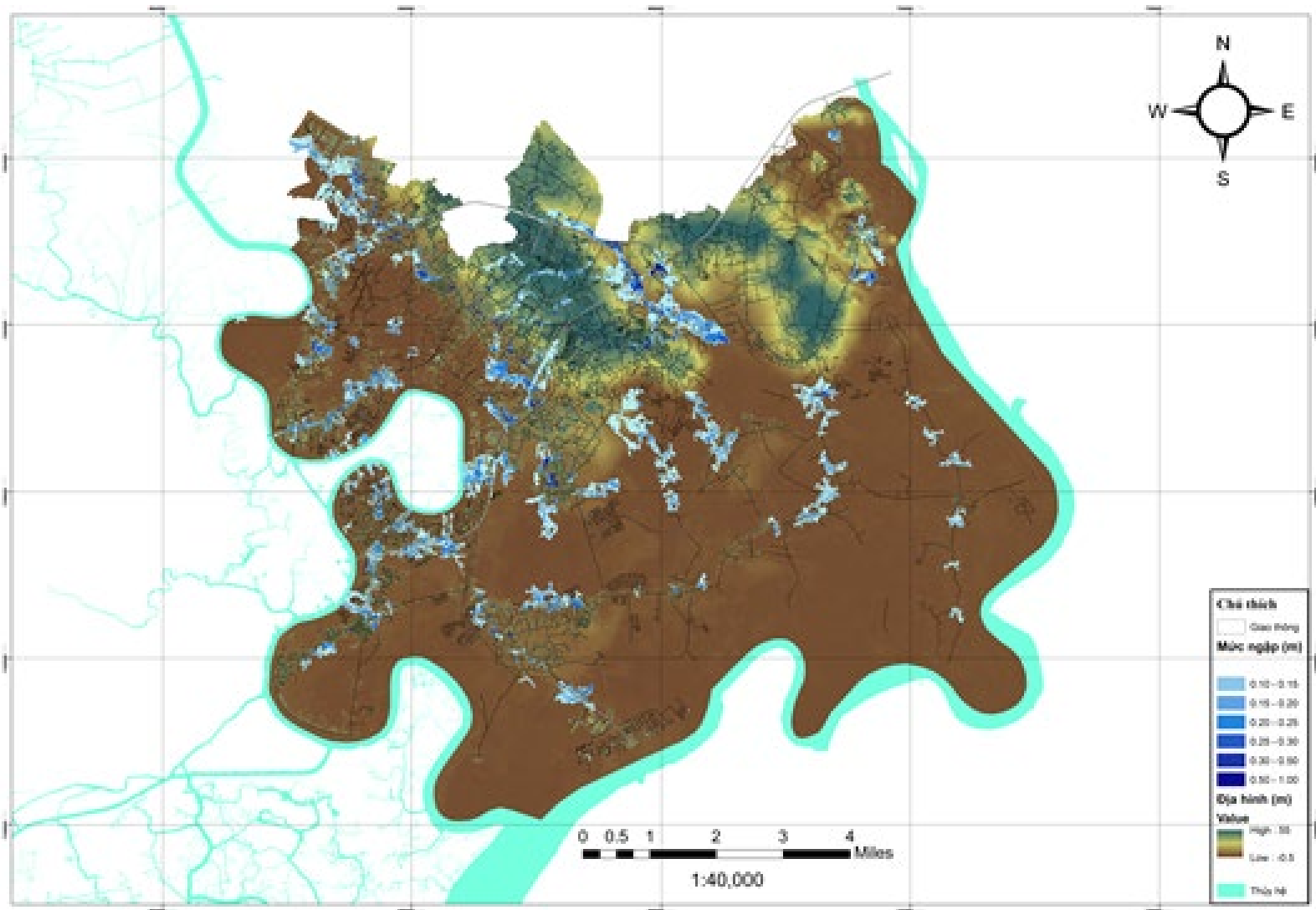
Vùng ngập	Nguy cơ ngập theo kịch bản RCP 8.5	
	Độ rộng ngập (ha)	Độ sâu ngập trung bình (m)
Trung tâm	1,250.45	0.25 - 0.55
Tây TP	1,015.21	0.25 - 0.50
Nam TP	547.33	0.24 - 0.450
Bắc TP	625.52	0.25 - 0.40
Đông TP	945.87	0.25 - 0.45
Nam Tham Lương	601.19	0.25 - 0.45

Kết quả đánh giá nguy cơ ngập theo kịch bản BĐKH RCP 8.5 (tổng lượng mưa mưa là 104,6 mm và thời đoạn 3 giờ; mực nước triều cao nhất là 1,58 m. Bảng 3.3 cho thấy các khu vực TP. HCM chịu ảnh hưởng ngập nặng hơn với tổng lượng mưa mưa 104,6 mm so với kịch bản RCP 4.5. Diện tích ngập khu vực Trung tâm tăng 11,8%, khu vực phía Tây thành phố tăng 29,4%, khu vực phía Nam thành phố tăng 54,8%, khu vực phía Bắc thành phố tăng 42,4% và khu vực phía Đông và Nam Tham Lương thành phố tăng 32,4% .

Theo như kết quả kịch bản BĐKH RCP 8.5 thì đường Nguyễn Thị Minh Khai sẽ ngập đoạn đầu đường gần Cầu Thị Nghè đến gần ngã tư Nguyễn Bình Khiêm. Độ sâu ngập ~ 0.4 m. Khu vực đường Mai Thị Lựu gần chùa Phước Hải thuộc phường Đa Kao ngập khoảng 0.55 m ở những đoạn đường trung cũng ngập khoảng 0.55 m. Khu vực đường Cống Quỳnh đoạn gần Bệnh viện Từ Dũ ngập cao hơn mặt đường ~ 0.55 m. Khu vực đường Trần Hưng Đạo thuộc phường Cô Giang ngập cao hơn mặt đường ~ 0.4 m.



(a) Bản đồ ngập lưu vực Trung tâm Thành phố

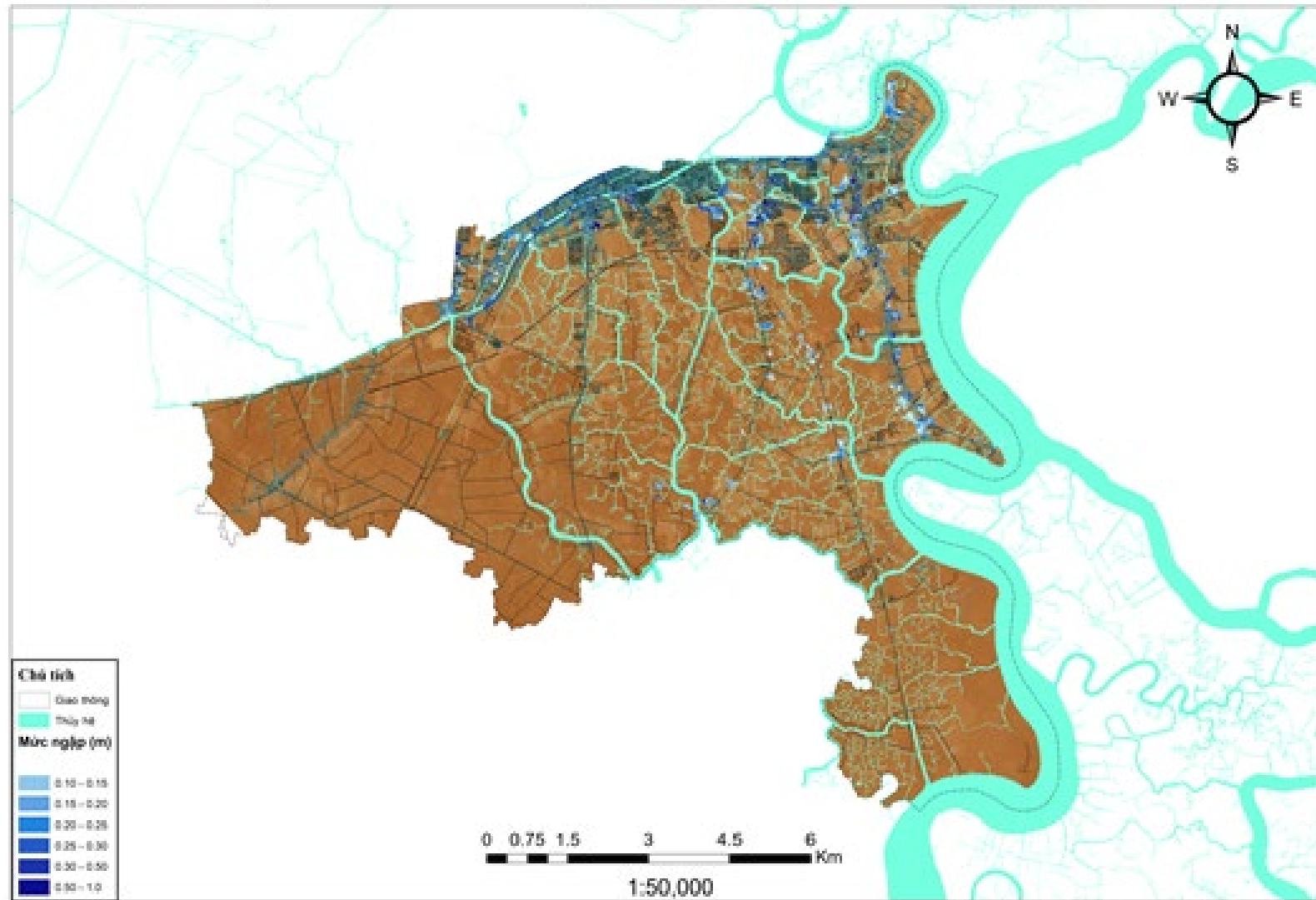


(b) Bản đồ ngập lụt vực Đông Thành phố

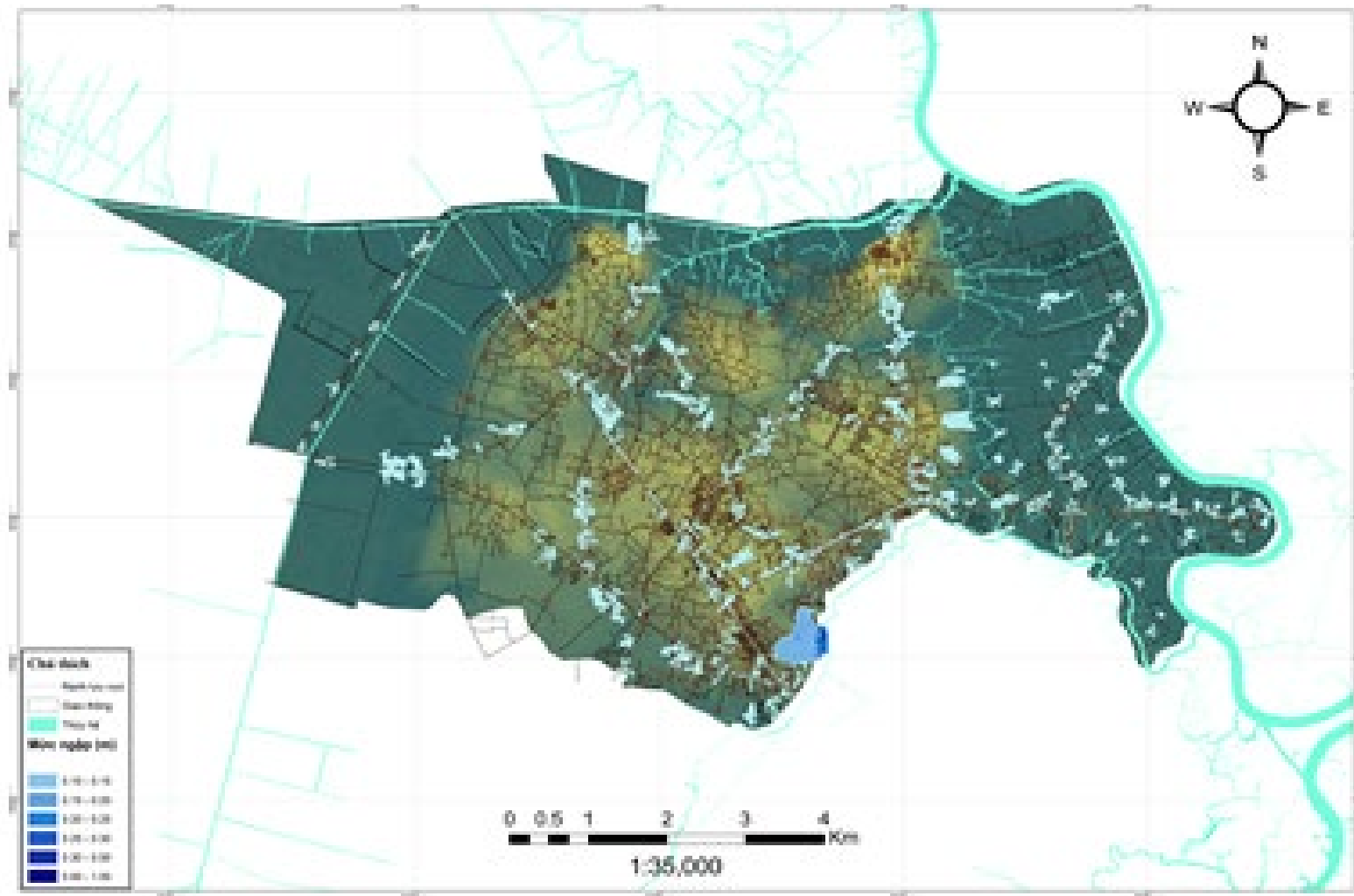


(c) Bản đồ ngập lưu vực Tây Thành phố

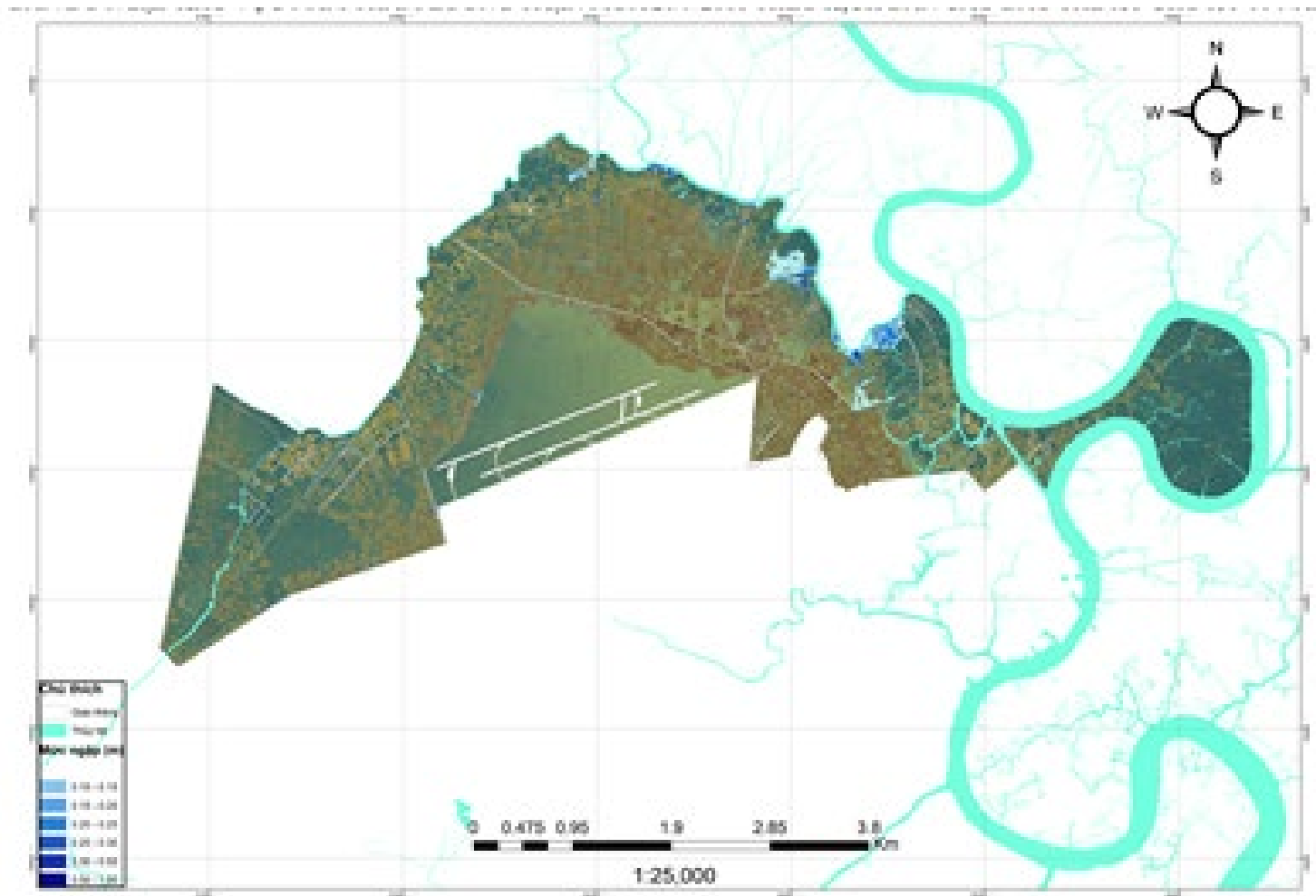




(d) Bản đồ ngập lưu vực Nam Thành phố



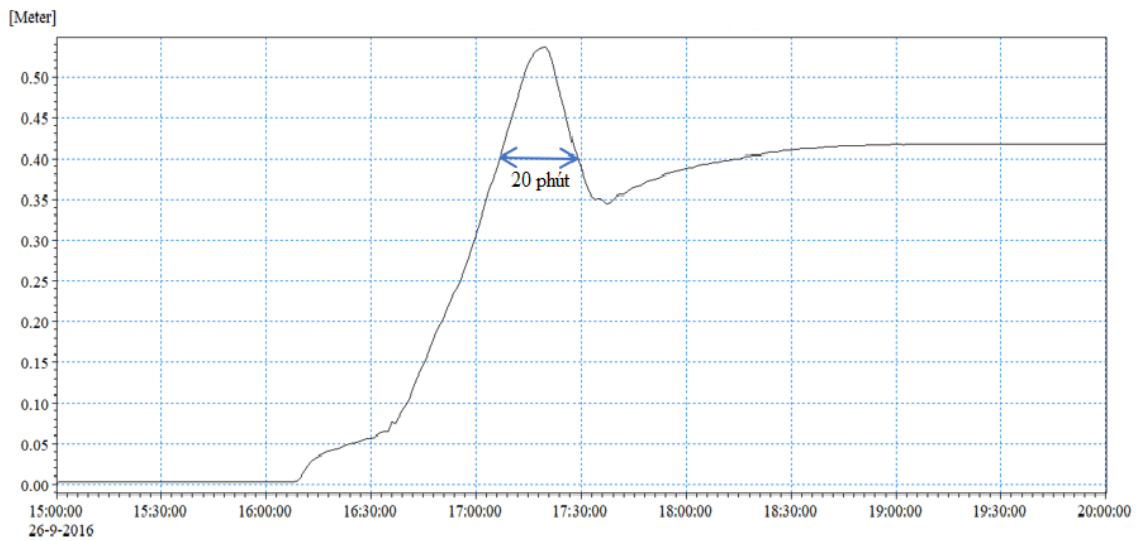
(đ) Bản đồ ngập lưu vực Bắc Thành phố



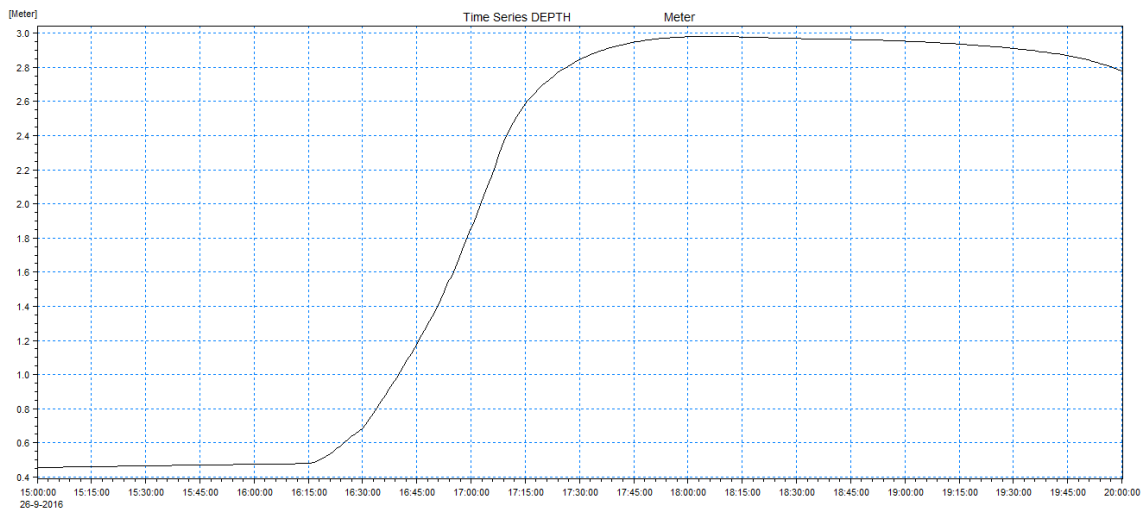
(e) Bản đồ ngập lưu vực Nam Tham Lương

Hình 3.11. Bản đồ ngập khu vực thành phố Hồ Chí Minh ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại P=10 năm theo kịch bản RCP 8.5 giai đoạn đầu thế kỷ theo các lưu vực thoát nước

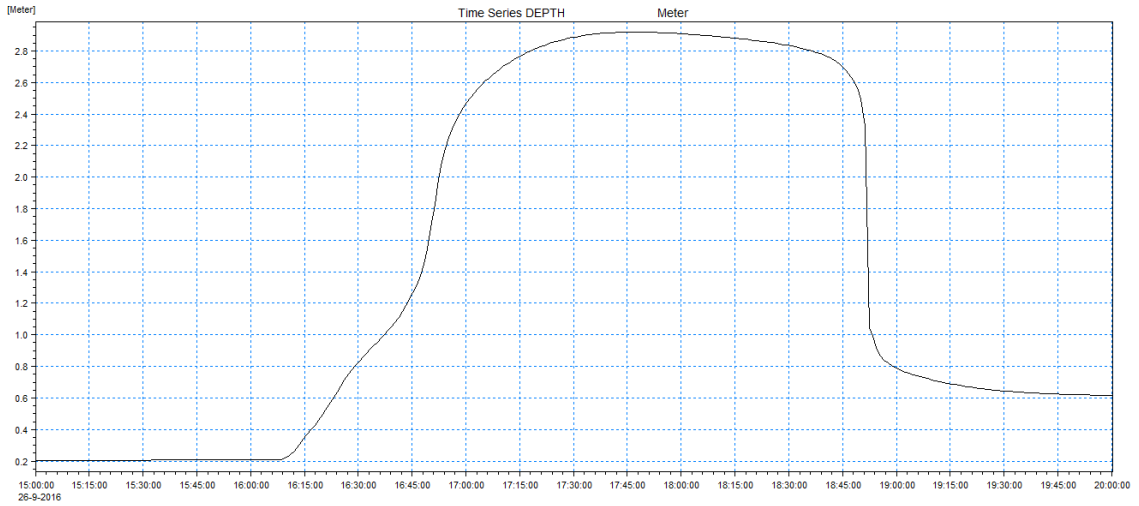
Diễn biến tổng độ sâu ngập các tuyến đường theo kịch bản BĐKH RCP 8.5 được minh họa tại Hình 3.8 (a, b, c, d, đ)



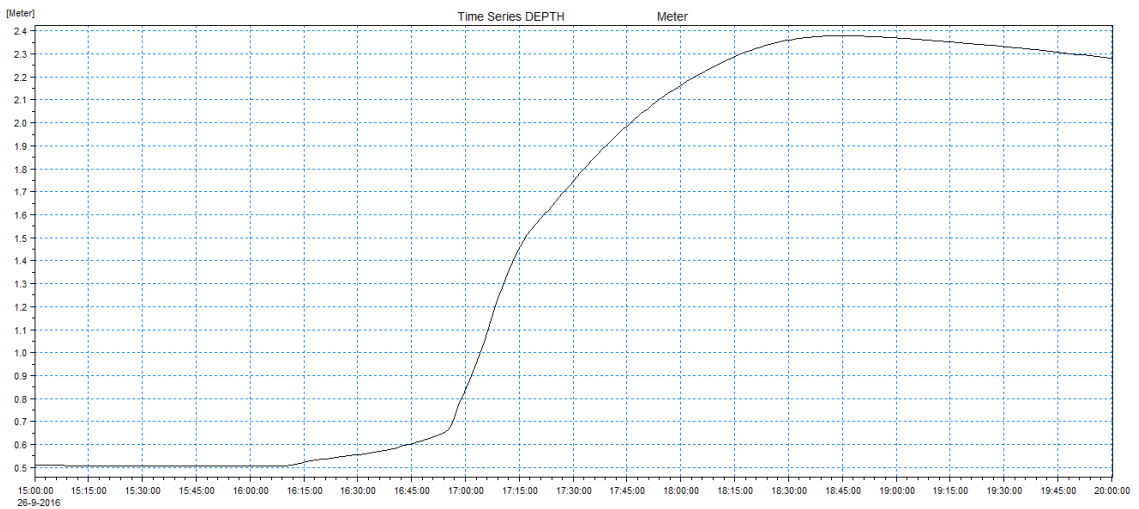
(a) Diễn biến tổng độ sâu ngập tuyến đường Mai Thị Lựu



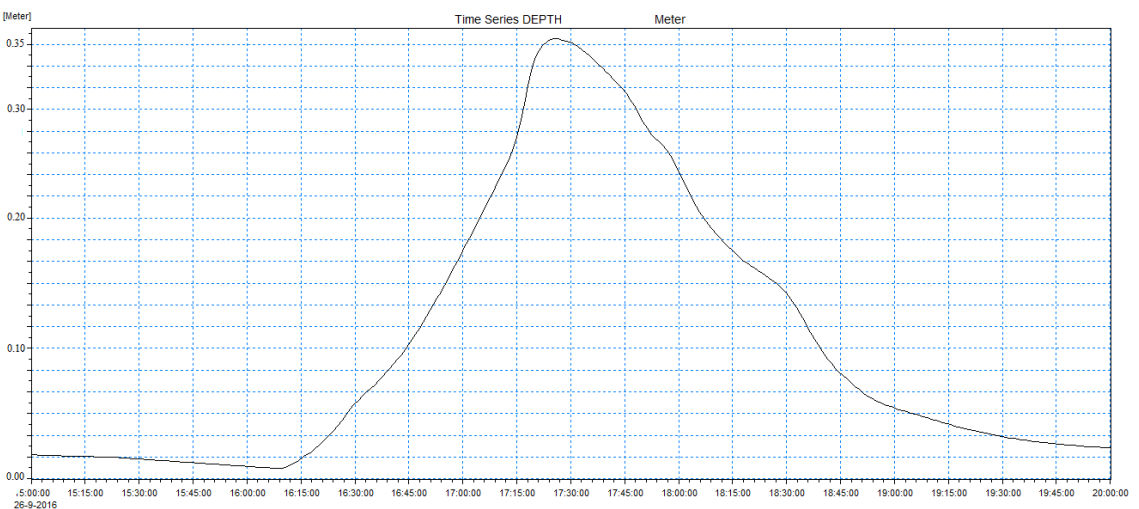
(b) Diễn biến tổng độ sâu ngập tuyến đường Võ Văn Ngân



(c) Diễn biến tổng độ sâu ngập tuyến đường Tinh lộ 10



(d) Diễn biến tổng độ sâu ngập tuyến đường Huỳnh Tấn Phát



(đ) Diễn biến tổng độ sâu ngập tuyến đường Phan Văn Hớn

Hình 3.12. Diễn biến tổng độ sâu ngập các tuyến đường theo kịch bản RCP 8.5

- Lưu vực trung tâm Thành phố: so với hiện trạng, với trận mưa ở chu kỳ lặp lại 10 năm và mực nước biển hiện trạng, tại đoạn đường Mai Thị Lựu từ Điện Biên Phủ đến số nhà 99 có độ sâu ngập đạt đến 55 cm, giảm 7cm.

- Lưu vực Đông Thành phố: so với hiện trạng, đường Võ Văn Ngân ngập từ đường Đặng Văn Bi đến đường Xa Lộ Hà Nội có độ sâu ngập đạt 35 cm, cao hơn khoảng 3 cm.

- Lưu vực Tây Thành phố: so với hiện trạng, đường Tỉnh lộ 10 ngập từ SN1304 đến SN1238 có độ sâu ngập đạt 40 cm, cao khoảng 5 cm.

- Lưu vực Nam Thành phố: Tuyến cống tại đường Huỳnh Tấn Phát hoạt động hiệu quả, chứng tỏ bởi việc nước lên chậm trong khi mưa và không tăng đột ngột. Quá trình tập trung nước không diễn ra nhanh nhưng thời gian để nước rút kéo dài. Mặc dù mực nước ngập không gây ra ảnh hưởng đáng kể, nhưng sự ứ đọng kéo dài là dấu hiệu cần cải thiện hệ thống cống và hầm ga tại khu vực này..

- Lưu vực Bắc Thành phố: so với hiện trạng, khu vực đường Phan Văn Hớn ngập từ Quốc lộ 1A (số nhà 287) có độ sâu ngập đạt 30 cm, tăng thêm khoảng 5 cm so với trước đây.

### **3.2. Ứng dụng kỹ thuật sinh thái để giảm thiểu tình trạng ngập tại Thành Phố Hồ Chí Minh, tính toán cho trường hợp cụ thể**

Theo dữ liệu của Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, với lưu lượng xả nước từ hồ Trị An và Phước Hòa trên 1.000 m<sup>3</sup>/s trên sông Đồng Nai, khu vực thành phố Thủ Đức có nguy cơ ngập lụt cao. Còn trên sông Sài Gòn, khi hồ Dầu Tiếng xả nước với lưu lượng 400-500 m<sup>3</sup>/s kết hợp với triều cường, các khu vực có khả năng bị ảnh hưởng gồm Củ Chi, Hóc Môn, thành phố Thủ Đức, Quận 12, Gò Vấp, Bình Thạnh, Phú Nhuận và Quận 7. [42]

Tại khu vực nghiên cứu - thành phố Thủ Đức thuộc TP.Hồ Chí Minh, dù có sự đầu tư vào việc cải tạo hệ thống tiêu thoát nước, tuy nhiên tốc độ cải tạo vẫn chưa theo kịp với tốc độ đô thị hóa đang diễn ra. Quy mô đô thị, bao gồm tổng dân số, mật độ dân số và bố trí khu dân cư, không phù hợp với cơ cấu và quy mô của hệ thống tiêu thoát nước hiện hành. Bên cạnh đó, hệ thống cống thoát nước cấp II được quan tâm phát triển nhưng không tập trung cải thiện trực tiêu chính (cống cấp I) và hệ thống thoát nước từ hộ gia đình ra hẻm và từ hẻm ra đường chính (cống cấp III, IV). Ngoài

ra, có nhiều khu dân cư mới phát triển theo dạng tự phát, lan rộng, hệ thống thoát nước không hoàn chỉnh nên không đủ khả năng hoạt động.

Bên cạnh các giải pháp công trình được Thành phố đang áp dụng để cải thiện tình trạng ngập như xây dựng đê bao, cải tạo hệ thống thoát nước, hồ điều tiết (đã được phê duyệt quy hoạch nhưng thực tế chưa triển khai), các giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái có thể xem xét và áp dụng để hỗ trợ giảm thiểu ngập lụt trong điều kiện Thành phố Hồ Chí Minh như: vỉa hè thấm (sử dụng vật liệu có khả năng thấm), tăng cường mảng xanh, hệ thống thu nước mưa, mái nhà xanh, ... Việc áp dụng các giải pháp đề xuất tùy thuộc vào điều kiện đặc thù của từng khu vực.

Dựa trên kết quả tính toán và xây dựng bản đồ ngập lụt cho Thành phố Hồ Chí Minh đã trình bày tại các chương trước và nguyên tắc về bền vững sinh thái (thông qua các phương tiện kiến trúc - xây dựng bảo đảm sự cân bằng sinh thái một cách năng động trong giới hạn cho phép của những thay đổi trong các mối quan hệ tương hỗ giữa con người, thiên nhiên và công trình kiến trúc), người viết chọn khu vực phường Bình An, Quận 2, Thành phố Hồ Chí Minh (nay thuộc phường An Khánh, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh) để nghiên cứu thí điểm về giải pháp sinh thái giảm thiểu ngập, cụ thể như sau:

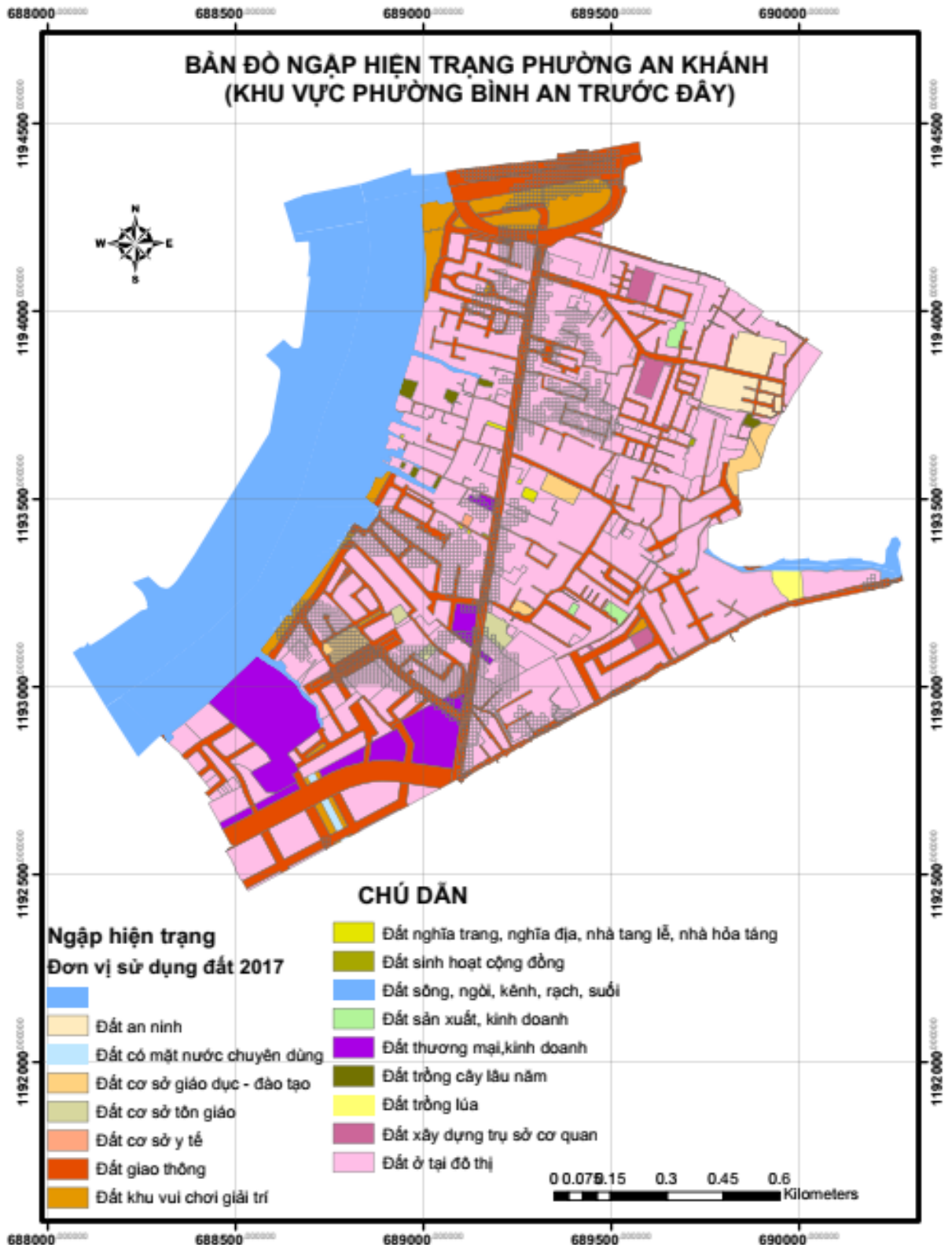
- Khu vực này với tốc độ đô thị hóa đứng đầu của TP. HCM trong những năm trở lại đây với nhiều phố xá, trung tâm thương mại, dịch vụ được hình thành đó là những thành tựu đáng được ghi nhận. Bên cạnh những thành tựu đã đạt được vẫn còn một số mặt khó khăn, hạn chế mà chính quyền cần phải có hướng giải quyết trong thời gian tới đó là tình trạng ngập nước. Khu vực này hiện đang bị ngập và có khả năng đối diện với nguy cơ ngập rất cao. Tình trạng ngập nước hiện nay được cho là do tác động của nhiều yếu tố chủ quan và khách quan như đô thị hóa, biến đổi khí hậu, ... Điều này đã làm cho tình trạng ngập ở đây ngày càng diễn biến phức tạp, tăng về số điểm ngập, độ sâu ngập cũng như thời gian ngập kéo dài.

- Khu vực này thuộc khu vực đô thị mới đang trên quá trình xây dựng, công tác quy hoạch xây dựng đang được quan tâm hàng đầu, vẫn còn không gian để ứng dụng các giải pháp sinh thái, tổ chức phù hợp với các quy luật và các ưu tiên của môi trường trong việc giải quyết vấn đề ngập.

Để thực hiện các giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập, nghiên cứu đã sử dụng bản đồ Hiện trạng sử dụng đất năm 2017 và bản đồ Quy hoạch sử dụng đất năm 2030 để tính toán lại diện tích, độ sâu ngập và thể tích nước ngập theo các kịch bản ngập như đã đề cập ở chương 2 (ngập hiện trạng, ngập theo kịch bản phát thải thấp RCP 4.5 và ngập theo kịch bản phát thải cao RCP 8.5) cho từng đơn vị sử dụng đất. Từ đó ứng dụng các giải pháp gắn kết chặt chẽ với hệ sinh thái tự nhiên để giảm ngập cho khu vực nghiên cứu. Các giải pháp này không chỉ giảm lưu lượng dòng chảy bề mặt, góp phần giảm úng ngập mà còn bổ cập nước ngầm, tạo cảnh quan và xanh hóa đô thị.



3.2.1. Đánh giá tình trạng ngập khu vực phường Bình An theo hiện trạng sử dụng đất



Hình 3.13. Bản đồ hiện trạng ngập phường Bình An

Kết quả tính toán dựa trên bản đồ Hiện trạng sử dụng đất 2017 (Bảng 3.1 và Hình 3.9) cho thấy diện tích ngập bình quân toàn khu vực 12.79%, tổng lượng nước ngập 66.832,67 m<sup>3</sup>, hai loại Đất ở tại đô thị (13,94 ha) và Đất giao thông (9,32 ha) có diện tích ngập nhiều nhất và độ sâu ngập từ (0,22 - 0,25 m), tiếp theo là Đất thương mại, kinh doanh và Đất cơ sở giáo dục - đào tạo. Nguyên nhân do diện tích bề mặt bê tông hóa (via hè, sân và đường nội bộ...), hệ thống cống rãnh thoát nước chậm thời gian nước rút sau ngập từ 30 - 45 phút. Đối với loại đất sông, ngòi, kênh, rạch diện tích ngập (2,38 ha) độ sâu ngập 0,46 m do địa hình thấp gần sông Sài Gòn và kênh rạch tự nhiên. Do đó, để giảm ngập nghiên cứu đề xuất các giải pháp kỹ thuật sinh thái như sau:

a) Giải pháp tổng thể cho khu vực: các loại đất ở đô thị và đất giao thông là các khu vực cần thiết phải xử lý tình trạng ngập. Các giải pháp đề xuất chung cho cả khu vực là tăng cường mảng xanh, nạo vét định kỳ hệ thống thoát nước (tăng tiết diện cống), sử dụng hồ điều tiết ngầm và sử dụng vật liệu có khả năng tự thấm nước để lát vỉa hè khu dân cư. Việc áp dụng tổng thể các giải pháp cần được khảo sát và tính toán cụ thể để thực hiện đồng bộ đạt hiệu quả.

b) Giải pháp sinh thái đề xuất cho từng loại sử dụng đất

Bảng 3.11. Kết quả tính toán ngập hiện trạng và đưa ra giải pháp giảm ngập

STT	Loại sử dụng đất	Tổng diện tích (ha)	Diện tích ngập (ha)	Độ sâu ngập (m)	Thời gian ngập (phút)	Lượng nước ngập (m <sup>3</sup> )	Giải pháp sinh thái đề xuất	Diện tích bề mặt thấm được (ha)	Thời gian ngập tính toán (phút)	Tỷ lệ giảm thời gian ngập (%)
1	Đất xây dựng trụ sở cơ quan	1,33	0,00	0,10		-				
2	Đất trồng lúa	0,53	0,00	0,35		-				
3	Đất trồng cây lâu năm	0,59	0,00	0,20		-				
4	Đất thương mại, kinh doanh	9,61	0,52	0,14		744,81	Tăng cường mảng xanh			
5	Đất sông, ngòi, kênh, rạch, suối	54,51	2,38	0,46		10.970,24				
6	Đất sinh hoạt cộng đồng	0,07	0,00	0,10		-				
7	Đất sản xuất, kinh doanh	0,51	0,00	0,05		-				
8	Đất ở tại đô thị	99,70	<b>13,94</b>	0,22	<b>45</b>	<b>30.678,69</b>	1. Tăng cường mảng xanh	2,79	9,17	79,6

STT	Loại sử dụng đất	Tổng diện tích (ha)	Diện tích ngập (ha)	Độ sâu ngập (m)	Thời gian ngập (phút)	Lượng nước ngập (m <sup>3</sup> )	Giải pháp sinh thái đề xuất	Diện tích bề mặt thấm được (ha)	Thời gian ngập tính toán (phút)	Tỷ lệ giảm thời gian ngập (%)
							2. Hạn chế bê tông hóa khu vực ở, áp dụng công nghệ JW 3. Nạo vét hệ thống thoát nước định kỳ			
9	Đất nghĩa trang, nghĩa địa, nhà tang lễ, nhà hỏa táng	0,25	0,01	0,28		28,00				
10	Đất khu vui chơi giải trí	5,96	1,32	0,05		659,93	Tăng cường mảng xanh, áp dụng công nghệ JW			
11	Đất giao thông	41,30	<b>9,32</b>	0,25	<b>45</b>	<b>23.303,75</b>	1. Sử dụng vật liệu có khả năng tự thấm nước (bê tông rỗng, đá cấp phối, áp dụng công nghệ JW) để lát vỉa hè.	3,11	6,25	86,1

STT	Loại sử dụng đất	Tổng diện tích (ha)	Diện tích ngập (ha)	Độ sâu ngập (m)	Thời gian ngập (phút)	Lượng nước ngập (m <sup>3</sup> )	Giải pháp sinh thái đề xuất	Diện tích bề mặt thấm được (ha)	Thời gian ngập tính toán (phút)	Tỷ lệ giảm thời gian ngập (%)
							2. Nạo vét hệ thống thoát nước định kỳ			
12	Đất cơ sở y tế	0,08	0,00	0,05		-				
13	Đất cơ sở tôn giáo	0,76	0,17	0,10		167,06				
14	Đất cơ sở giáo dục - đào tạo	2,19	0,56	0,05		280,18	1. Tăng cường mảng xanh 2. Hạn chế bê tông hóa, áp dụng công nghệ JW			
15	Đất có mặt nước chuyên dùng	0,23	0,00	0,32		-				
16	Đất an ninh	2,96	0,00	0,01		-				
	<b>Tổng cộng</b>	<b>220,58</b>	<b>28,22</b>	<b>0,17</b>		<b>66.832,67</b>				

Các giải pháp sinh thái được đề xuất cụ thể với từng loại hình sử dụng đất như trong Bảng 3.7. Việc tính toán hiệu quả giảm ngập được áp dụng cho 2 loại hình sử dụng đất có diện tích và khối lượng nước ngập lớn là đất ở tại đô thị và đất giao thông.

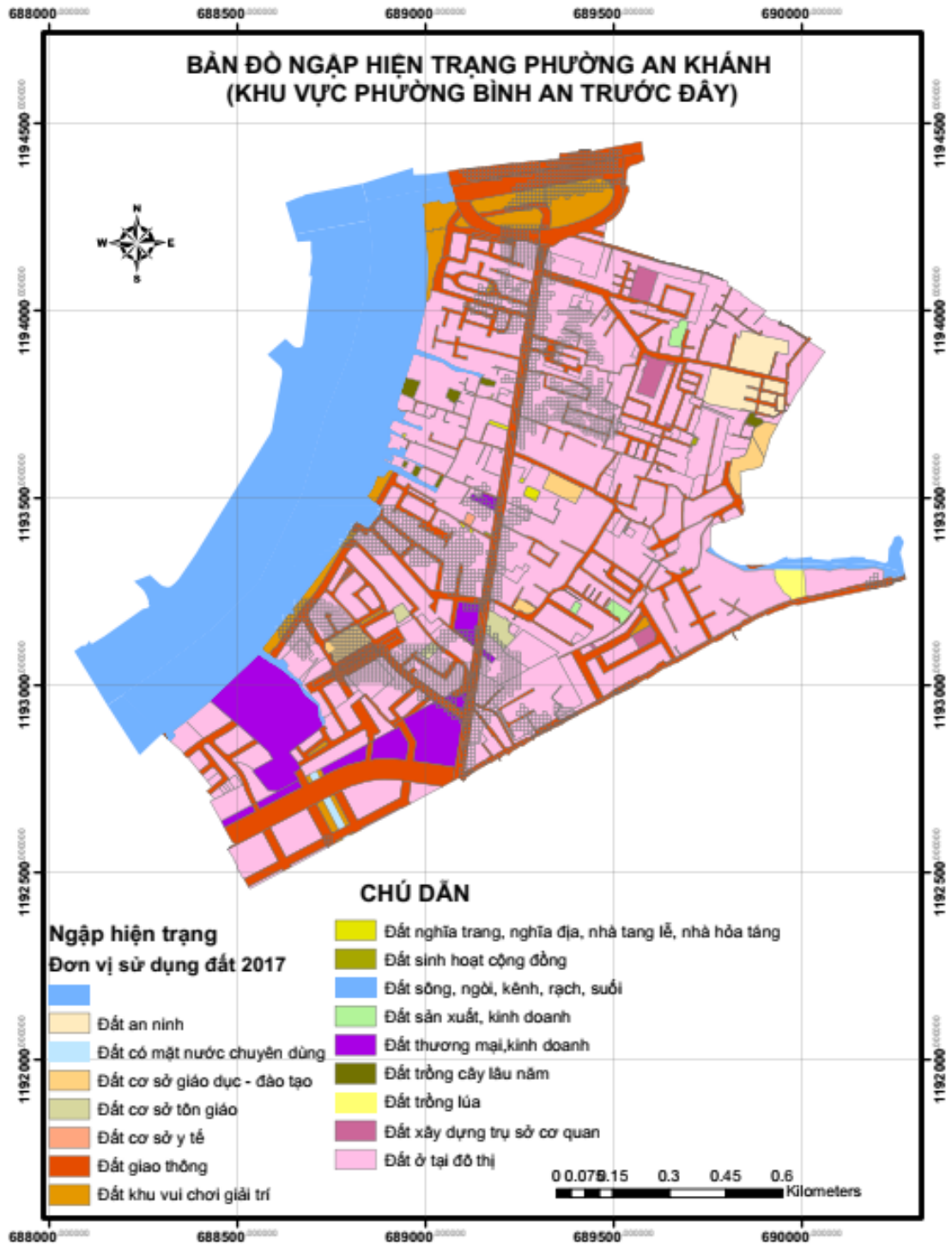
Việc tăng cường mảng xanh, hạn chế bê tông hóa và sử dụng các vật liệu có khả năng thấm cao như bê tông rỗng, đá cấp phối sẽ giúp cho tốc độ thoát nước tăng lên rất nhiều.

STT	Loại vật liệu	Tốc độ thấm (mm/s)
1	Bê tông rỗng	1 - 3
2	Đá cấp phối	2 - 4
3	Đất thịt	1 - 2

Để tạo vùng thấm tự nhiên, đề xuất sử dụng 20% diện tích đất bị ngập hiện trạng đối với loại hình sử dụng đất Đất ở đô thị để tạo mảng xanh (áp dụng tỷ lệ cây xanh trong khu chung cư theo QCVN 01:2021/BXD) và 1/3 diện tích để cải tạo vỉa hè, sử dụng các loại vật liệu có khả năng thấm đối với đất giao thông như công nghệ JW.

Kết quả tính toán cho thấy, nếu thực hiện các giải pháp trên thì thời gian ngập giảm từ 45 phút xuống còn khoảng 9 phút (giảm 79,6%) đối với đất ở tại đô thị và còn khoảng 6 phút (giảm 86,1%) đối với đất giao thông. Đối chiếu với quy chuẩn phân cấp ngập thì có thể coi là không ngập hoặc ngập nhẹ.

3.2.2. Đánh giá nguy cơ ngập khu vực phường Bình An theo kịch bản phát thải trung bình thấp RCP 4.5



Hình 3.14. Bản đồ nguy cơ ngập khu vực phường Bình An theo kịch bản RCP 4.5

Kết quả tính toán dựa trên bản đồ ngập lụt theo kịch bản BĐKH phát thải trung bình thấp và quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030 (Bảng 3.5 và Hình 3.10) cho thấy diện tích ngập bình quân toàn khu vực 11.3%, tổng lượng nước ngập **46.566** m<sup>3</sup>, hai loại Đất ở tại đô thị (7.99 ha) và Đất giao thông (8.48 ha) có diện tích ngập nhiều nhất và độ sâu ngập từ (0.19 - 0.20m), kể đến là Đất cơ sở văn hóa và Đất cơ sở văn hóa. Nếu theo qui hoạch diện tích vỉa hè, sân và đường nội bộ bề mặt sử dụng vật liệu bê tông hóa, hệ thống cống rãnh thoát nước không mở rộng thì thời gian nước rút ước tính sau ngập từ 35-50 phút. Đối với loại Đất sông, ngòi, kênh, rạch diện tích ngập (3.38 ha) do địa hình thấp gần sông Sài gòn và kênh rạch tự nhiên. Do đó, để giảm ngập nghiên cứu đề xuất các giải pháp kỹ thuật sinh thái cho từng loại sử dụng đất như sau:



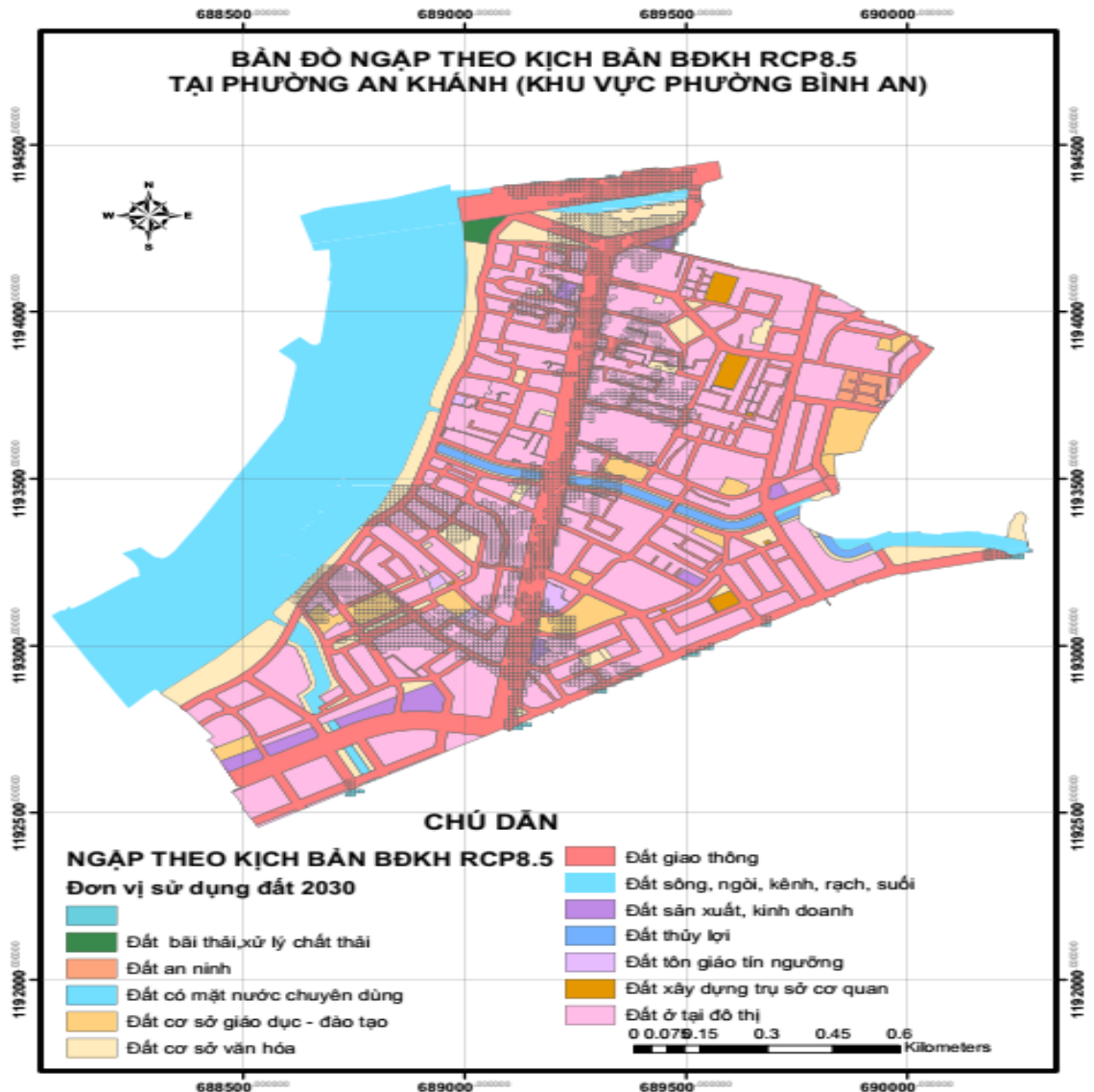
Bảng 3.12. Kết quả tính toán ngập theo kịch bản RCP 4.5 và đề xuất giải pháp giảm ngập

STT	Loại sử dụng đất	Tổng diện tích (ha)	Diện tích ngập (ha)	Độ sâu ngập (m)	Thời gian ngập (phút)	Lượng nước ngập (m <sup>3</sup> )	Giải pháp sinh thái đề xuất	Diện tích bề mặt thấm được (ha)	Thời gian ngập tính toán (phút)	Tỷ lệ giảm thời gian ngập (%)
1	Đất xây dựng trụ sở cơ quan	1.35	0,00	0,15		-				
2	Đất thủy lợi	2.19	0,28	0,18		495,50				
3	Đất tôn giáo tín ngưỡng	0.69	0,17	0,01		16,82				
4	Đất sông, ngòi, kênh, rạch, suối	55.06	3,38	0,17		5.670,18	Xây dựng hồ điều tiết ngầm			
5	Đất sản xuất, kinh doanh	2.77	0,48	0,24		1.137,03	Tăng cường mảng xanh			
6	Đất ở tại đô thị	77.94	7,99	0,20	50	15.949,91	1. Tăng cường mảng xanh 2. Hạn chế bê tông hóa khu vực ở, áp dụng công nghệ JW 3. Nạo vét hệ thống thoát nước định kỳ	1,60	8,32	83,4
7	Đất giao thông	57.94	8,48	0,19	50	16.057,19	1. Sử dụng vật liệu có khả năng tự thấm nước (bê tông rỗng, đá cấp phối) để lát vỉa hè theo công nghệ JW	2,83	4,73	90,5

								2. Nạo vét hệ thống thoát nước định kỳ			
8	Đất cơ sở văn hóa	15.23	2,94	0,17			5.088,90	Tăng cường mảng xanh			
9	Đất cơ sở giáo dục - đào tạo	5.77	1,19	0,18			2.150,91	Tăng cường mảng xanh, áp dụng công nghệ JW			
10	Đất có mặt nước chuyên dùng	0.25	0,00	0,00			-				
11	Đất an ninh	0.78	0,00	0,00			-				
12	Đất bãi thải, xử lý chất thải	0.51	0,00	0,00			-				
	<b>Tổng cộng</b>	<b>220,48</b>	<b>24,90</b>	<b>0,12</b>			<b>46.566,44</b>		<b>4,43</b>		

Kết quả tính toán cho thấy, thời gian ngập giảm từ 50 phút xuống còn khoảng 8 phút (giảm 83,4%) đối với đất ở tại đô thị và còn khoảng 5 phút (giảm 90,5%) đối với đất giao thông. Đối chiếu với quy chuẩn phân cấp ngập thì có thể coi là không ngập hoặc ngập nhẹ.

### 3.2.3. Đánh giá nguy cơ ngập khu vực phường Bình An theo kịch bản phát thải cao RCP 8.5



Hình 3.15. Bản đồ nguy cơ ngập khu vực phường Bình An theo kịch bản RCP 8.5

Kết quả tính toán dựa trên bản đồ ngập lụt theo kịch bản BĐKH phát thải cao và quy hoạch sử dụng đất 2030 (Bảng 3.6 và Hình 3.11) cho thấy diện tích ngập bình quân toàn khu vực 14,72%, tổng lượng nước ngập 123.621,39 m<sup>3</sup>, hai loại đất ở tại đô thị (12 ha) và đất giao thông (14,45 ha) có diện tích ngập nhiều nhất với lượng

nước ngập từ 47.892 - 54.714 m<sup>3</sup> và độ sâu ngập từ (0,38 - 0,40 m), kể đến là đất cơ sở văn hóa và đất giáo dục. Nếu theo quy hoạch diện tích vỉa hè, sân và đường nội bộ bề mặt sử dụng vật liệu bê tông hóa, hệ thống cống rãnh thoát nước không mở rộng thì thời gian nước rút ước tính sau ngập từ 40-60 phút. Đối với loại đất sông, ngòi, kênh, rạch diện tích ngập (3,25 ha) do địa hình thấp gần sông Sài Gòn và kênh rạch tự nhiên. Do đó, để giảm ngập nghiên cứu đề xuất các giải pháp kỹ thuật sinh thái cho từng loại sử dụng đất như sau:

Bảng 3.13. Kết quả tính toán ngập theo kịch bản RCP 8.5 và đề xuất giải pháp giảm ngập

STT	Loại sử dụng đất	Tổng diện tích (ha)	Diện tích ngập (ha)	Độ sâu ngập (m)	Thời gian ngập (phút)	Lượng nước ngập (m <sup>3</sup> )	Giải pháp sinh thái đề xuất	Diện tích bề mặt thấm được (ha)	Thời gian ngập tính toán (phút)	Tỷ lệ giảm thời gian ngập (%)
1	Đất xây dựng trụ sở cơ quan	1,35	0,01	0,31		34,25				
2	Đất thủy lợi	2,19	0,51	0,36		1.847,85				
3	Đất tôn giáo tín ngưỡng	0,69	0,02	0,05		7,50				
4	Đất sông, ngòi, kênh, rạch, suối	55,06	3,25	0,34		10.878,94	Xây dựng hồ điều tiết ngầm			
5	Đất sản xuất, kinh doanh	2,77	0,32	0,48		1.541,12	Tăng cường mảng xanh			
6	Đất ở tại đô thị	77,94	12,00	0,40	60	47.892,46	1. Tăng cường mảng xanh 2. Hạn chế bê tông hóa khu vực ở, áp dụng công nghệ JW 3. Nạo vét hệ thống thoát nước định kỳ	2,40	16,63	72,3
7	Đất giao thông	57,94	14,45	0,38	60	54.714,20	1. Sử dụng vật liệu có khả năng tự thấm nước (bê tông rỗng, đá cấp phối) để lát vỉa	4,82	9,47	84,2

							hệ, áp dụng công nghệ JW cho vỉa hè 2. Nạo vét hệ thống thoát nước định kỳ			
8	Đất cơ sở văn hóa	15,23	1,41	0,35		4.874,13	Tăng cường mảng xanh			
9	Đất cơ sở giáo dục - đào tạo	5,77	0,51	0,36		1.830,94	Tăng cường mảng xanh, áp dụng công nghệ JW			
10	Đất có mặt nước chuyên dùng	0,25	0,00	0,00		-				
11	Đất an ninh	0,78	0,00	0,00		-				
12	Đất bãi thải, xử lý chất thải	0,51	0,00	0,00		-				
	<b>Tổng cộng</b>	<b>220,48</b>	<b>32,47</b>	<b>0,25</b>		<b>123.621,39</b>		<b>4,43</b>		

Kết quả tính toán cho thấy, thời gian ngập giảm từ 60 phút xuống còn khoảng 17 phút (giảm 72,3%) đối với đất ở tại đô thị và còn khoảng 9 phút (giảm 84,2%) đối với đất giao thông. Đối chiếu với quy chuẩn phân cấp ngập thì có thể coi là không ngập hoặc ngập nhẹ.

Trên cơ sở kết quả tính toán từ mô hình cho thấy hiện trạng ngập tại khu vực phường Bình An và diện tích ngập có thể tăng lên trong tương lai theo các kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 và RCP 8.5 nếu không có giải pháp can thiệp kịp thời. Kết quả nghiên cứu đề xuất 02 giải pháp ứng dụng kỹ thuật sinh thái để giảm thiểu tình trạng ngập tại khu vực này là tăng cường mảng xanh và sử dụng vật liệu thấm để lát vỉa hè. Theo kết quả tính toán cho thấy (đối với hiện trạng và đến năm 2030) với việc sử dụng 02 giải pháp trên, lượng nước ngập được thấm trong khoảng thời gian ít hơn nhiều lần so với tình trạng ngập hiện nay. Bên cạnh đó, một số giải pháp cũng được đề xuất để tăng cường hiệu quả giảm ngập, ví dụ định kỳ nạo vét hệ thống thoát nước, xây dựng hồ điều tiết ngầm tại các khu vực ven sông để trữ nước trong trường hợp mưa quá lớn, quá tải đối với hệ thống thoát nước.

### **3.3. Đánh giá tính khả thi áp dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập phường Bình An**

#### ***3.3.1. Đánh giá tính khả thi áp dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo hiện trạng***

Tính khả thi của việc áp dụng 3 loại hình kỹ thuật sinh thái (mảng xanh, kỹ thuật JW và hồ sinh thái) dựa trên 3 kịch bản BĐKH ở thời điểm hiện trạng, RCP 4.5 và RCP 8.5, các thông số ngập, độ dốc, bề mặt thấm, lượng mưa và thời gian đã được tính toán trong mô hình URBAN FLOOD để xác định phạm vi, diện tích ngập cho từng loại hình sử dụng đất như đã phân tích phần trên. Kết quả phân tích tính khả thi khi áp dụng 3 giải pháp kỹ thuật sinh thái tại phường Bình An cho 3 kịch bản hiện trạng được thể hiện trong Bảng 3.14. Kết quả tính toán cho thấy giá trị SN khá cao khi áp dụng kỹ thuật sinh thái tạo mảng xanh đô thị để giảm ngập cho các loại hình sử dụng đất ở đô thị và đất giao thông (0,74 - 0,84). Các loại đất khác: đất cơ sở giáo

dục - đào tạo, đất sản xuất, kinh doanh và đất sông, ngòi, kênh, rạch, suối cũng có tính khả thi cao (0,63 – 0,84).

Đối với việc áp dụng kỹ thuật sinh thái JW cho loại hình đất giao thông có giá trị khả thi cao (SN = 0,9), vì kỹ thuật sinh thái JW là công nghệ sinh thái tiên tiến và hiệu quả cao trong chống ngập vĩa hè, đường giao thông và các khu dân cư, tăng khả năng lưu trữ nước dưới mặt đất. Kỹ thuật này đã được sử dụng nhiều quốc gia như Taiwan, Nhật, Indonesia, Malaysia và một số nước Châu Âu.

Bảng 3.14. Hệ số khả thi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản hiện trạng

Đơn vị sử dụng đất	Hệ số khả thi ứng dụng mảng xanh (SN)	Hệ số khả thi ứng dụng JW (SN)	Hệ số khả thi ứng dụng hồ sinh thái (SN)	Hệ số tương quan	Hệ số khả thi trung bình (SN)
Đất xây dựng trụ sở cơ quan	0,18	0,27	0,03	0,61	0,16
Đất thủy lợi	0,37	0,08	0,72	0,74	0,39
Đất tôn giáo tín ngưỡng	0,18	0,35	0,05	0,58	0,19
Đất sông, ngòi, kênh, rạch, suối	0,74	0,24	0,74	0,55	0,57
Đất sản xuất, kinh doanh	0,84	0,55	0	0,59	0,46
Đất ở tại đô thị	0,73	0,71	0,72	0,72	0,71
Đất giao thông	0,84	0,90	0,44	0,98	0,73
Đất cơ sở văn hóa	0,84	0,55	0	0,51	0,46
Đất cơ sở giáo dục - đào tạo	0,63	0,71	0	0,62	0,45

### 3.3.2. Đánh giá tính khả thi áp dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản RCP 4.5

Bảng 3.15 cho thấy hệ số khả thi khi ứng dụng 3 giải pháp kỹ thuật sinh thái cho kịch bản RCP 4.5 tại phường Bình An đạt mức từ khá trở lên. Giải pháp mảng



xanh và kỹ thuật sinh thái JW cho loại hình đất ở đô thị và đất giao thông có hệ số khả thi tốt (SN=1) điều này cho thấy 2 giải pháp kỹ thuật sinh thái này sẽ giúp giải quyết vấn đề ngập phùng Bình An là hợp lý mức giảm ngập trên 85% diện tích và thể tích nước bề mặt. Các loại đất còn lại mức độ khả thi từ  $0.1 \leq SN < 1$  (khá) khi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái giảm ngập tại khu vực nghiên cứu sẽ giúp giảm nguy cơ lũ lụt và thích ứng với biến đổi khí hậu theo kịch bản RCP 4.5.

Bảng 3.15. Hệ số khả thi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản RCP 4.5

Đơn vị Sử dụng đất	Hệ số khả thi ứng dụng mảng xanh (SN)	Hệ số khả thi ứng dụng JW (SN)	Hệ số khả thi ứng dụng hồ sinh thái (SN)	Hệ số tương quan	Hệ số khả thi trung bình (SN)
Đất xây dựng trụ sở cơ quan	0,33	0,68	0,04	0,66	0,35
Đất thủy lợi	0,44	0,09	0,85	0,80	0,45
Đất tôn giáo tín ngưỡng	0,21	0,41	0,06	0,63	0,24
Đất sông, ngòi, kênh, rạch, suối	0,88	0,28	0,88	0,60	0,62
Đất sản xuất, kinh doanh	0,87	0,65	0,00	0,64	0,51
Đất ở tại đô thị	0,98	1,00	1,00	0,78	1,00
Đất giao thông	1,00	1,00	9,58	0,92	1,00
Đất cơ sở văn hóa	0,79	0,65	0,00	0,55	0,51
Đất cơ sở giáo dục - đào tạo	0,75	0,84	0,00	0,67	0,50

### **3.3.3. Đánh giá tính khả thi áp dụng kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản RCP 8.5**

Kết quả đánh giá tính khả thi khi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái để giảm ngập cho phùng Bình An theo kịch bản RCP 8.5 cho thấy giá trị trung bình về tính khả thi khi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái cho từng nhóm sử dụng đất so với kịch bản RCP 4.5

không có sự khác biệt lớn. Tuy nhiên, hệ số khả thi tính toán trong kịch bản RCP 8.5 của một số loại sử dụng đất như: đất ở tại đô thị và đất giao thông giá trị có giảm nhưng không lớn. Điều này cho thấy, việc áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái ở khu vực nghiên cứu là hợp lý giúp giảm thiểu lưu lượng nước chảy tràn trên bề mặt gây ngập lụt khi lượng mưa thay đổi nhanh chóng. Ngoài việc giúp quản lý nước mưa, các khu vực ngập nước trong đô thị, các kỹ thuật sinh thái còn giúp tạo không gian giải trí cho cộng đồng và môi trường sống tự nhiên có giá trị. Bên cạnh đó, nó cũng làm tăng sự thấm thấu và tái tạo nguồn nước ngầm trong khu vực đô thị hóa, giảm thiệt hại cho nhà ở, công trình xây dựng và công trình công cộng, tối ưu hóa việc kiểm soát lũ lụt do tác động của BĐKH.

Bảng 3.16. Hệ số khả thi áp dụng 3 kỹ thuật sinh thái giảm ngập theo kịch bản RCP 8.5

Đơn vị sử dụng đất	Hệ số khả thi ứng dụng mảng xanh (SN)	Hệ số khả thi ứng dụng JW (SN)	Hệ số khả thi ứng dụng hồ sinh thái (SN)	Hệ số tương quan	Hệ số khả thi trung bình (SN)
Đất xây dựng trụ sở cơ quan	0,27	0,67	0,03	0,67	0,32
Đất thủy lợi	0,23	0,09	0,82	0,81	0,38
Đất tôn giáo tín ngưỡng	0,25	0,41	0,06	0,64	0,24
Đất sông, ngòi, kênh, rạch, suối	0,88	0,28	0,85	0,61	0,67
Đất sản xuất, kinh doanh	0,84	0,61	0,00	0,65	0,48
Đất ở tại đô thị	0,82	0,90	0,92	0,89	0,88
Đất giao thông	0,79	0,95	0,95	0,93	0,90
Đất cơ sở văn hóa	0,80	0,65	0,25	0,56	0,57
Đất cơ sở giáo dục - đào tạo	0,75	0,83	0,21	0,68	0,60

Kết quả cho thấy việc áp dụng kỹ thuật sinh thái JW, mảng xanh đô thị và hồ sinh thái trong điều kiện có lượng mưa là 104,6 mm trong thời gian 90 phút có thể làm tăng hiệu quả thoát nước tốt nhất cho loại hình đất ở, đất giao thông, giảm thiểu hiệu quả dòng chảy bề mặt bê tông nếu xảy ra mưa lớn trong thời gian ngắn (hệ số khả thi  $\geq 0.9$ ). Ngược lại, kỹ thuật hồ sinh thái kém hiệu quả đối với loại sử dụng đất cơ sở giáo dục - đào tạo, văn hóa, đất sản xuất, kinh doanh và đất xây dựng trụ sở cơ quan. Việc cải thiện mức độ kiểm soát ngập trong khu vực đô thị sẽ hiệu quả hơn khi áp dụng đồng thời 2 kỹ thuật sinh thái JW và hồ sinh thái (Hệ số tương quan  $> 0,90$ ) giảm thiểu dòng chảy bề mặt.

## CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 4.1. Kết luận

Nội dung nghiên cứu của luận án đã mô tả khái quát một bức tranh về hiện trạng và nguy cơ ngập của Thành phố Hồ Chí Minh và cho thấy tính khả thi về việc áp dụng các giải pháp sinh thái để giảm thiểu ngập lụt, mở ra một cách tiếp cận mới trong giải pháp chống ngập, cụ thể như sau:

1. Kết quả nghiên cứu đã đánh giá được hiện trạng và nguy cơ ngập tại Thành phố Hồ Chí Minh dựa trên kết quả tính toán mô hình MIKE FLOOD và xây dựng bản đồ ngập lụt. Tình trạng ngập tại Thành phố diễn biến phức tạp từ những năm 2005. Trong những năm gần đây 2018, 2019 và năm 2021 đã xảy ra nhiều trận ngập nghiêm trọng hơn, số điểm thường xuyên ngập ở các tuyến đường thuộc khu dân cư hiện hữu đã được xây dựng từ những giai đoạn đầu của quá trình đô thị hóa. Các điểm ngập này có thời gian ngập kéo dài từ 60 đến 120 phút và độ sâu ngập khoảng từ 0,2 m đến 0,4 m.

2. Kết quả tính toán đến năm 2030 theo các kịch bản BĐKH trong thời gian tới về tình trạng ngập, cho thấy số điểm ngập tăng đáng kể về thời gian ngập, độ sâu ngập và diện tích ngập tại những điểm ngập thường xuyên; xu hướng ngập ngày càng tăng cao. Các khu vực có tình trạng ngập đáng quan tâm là: thành phố Thủ Đức (quận 2, quận 9, quận Thủ Đức), quận Nhà Bè, quận Bình Chánh, quận 12.

3. Dựa trên kết quả tính toán và xây dựng bản đồ ngập lụt cho Thành phố Hồ Chí Minh và các nguyên tắc về bền vững sinh thái, đã tính toán thí điểm việc ứng dụng một số giải pháp sinh thái (tăng cường mảng xanh và sử dụng vật liệu thấm) để giảm thiểu ngập cho từng loại sử dụng đất tại khu vực phường Bình An (nay thuộc phường An Khánh, thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh). Kết quả tính toán cho thấy (đối với hiện trạng và đến năm 2030) với việc sử dụng 02 giải pháp trên, thời gian ngập giảm hơn nhiều lần so với hiện tại.

4. Khả năng áp dụng các kỹ thuật sinh thái nhằm giải quyết vấn đề ngập cho khu vực nghiên cứu được chứng minh là hợp lý, khả thi trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Kết quả phân tích tính khả thi khi áp dụng các giải pháp kỹ thuật sinh thái theo

3 kịch bản hiện trạng, RCP 4.5, RCP 8.5 cho thấy giá trị SN (hệ số khả thi) khá cao khi áp dụng kỹ thuật sinh thái tạo mảng xanh đô thị, tăng diện tích thấm để giảm ngập theo các loại hình sử dụng đất.

#### **4.2. Kiến nghị**

1. Vấn đề quản lý ngập lụt cho đô thị cần có thêm các nghiên cứu toàn diện, sử dụng các giải pháp hài hòa kết hợp giữa phi công trình và công trình hiện hữu theo hướng thích ứng bền vững của quy luật tự nhiên trên cơ sở tích hợp các yếu tố xã hội và tính toán đến sự phát triển đô thị theo hướng hiện đại.

2. Thành phố Hồ Chí Minh cần rà soát và điều chỉnh các quy hoạch chống ngập phù hợp với thực tế, cập nhật giá trị thiết kế trong điều kiện BĐKH đồng thời xem xét tính hài hòa và sẵn có của điều kiện tự nhiên nhằm tránh những hạn chế và khắc phục hậu quả hiện tại, đáp ứng việc xây dựng và phát triển Thành phố thông minh, bền vững trong tương lai.

3. Kỹ thuật sinh thái là một giải pháp theo quan điểm mới về thoát nước đô thị và đã được thực hiện khá hoàn chỉnh ở các nước phát triển, thành phố cần quan tâm hơn đến cách tiếp cận theo hướng sinh thái trong việc xây dựng chiến lược tích hợp thích nghi và ứng phó với ngập lụt trong quá trình phát triển đô thị./.

**DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ**

1. Nguyễn Kỳ Phùng, Huỳnh Lưu Trùng Phùng, Lê Thị Phụng, Trần Xuân Hoàng, Lê Ngọc Tuấn, *Xu thế biến đổi một số yếu tố khí tượng thủy văn tại thành phố Hồ Chí Minh và khu vực lân cận*, Tạp chí Khí tượng thủy văn, số 676 tháng 4-2017.
2. Nguyễn Kỳ Phùng, Lê Thị Phụng, Huỳnh Lưu Trùng Phùng, Trần Xuân Hoàng, Lê Ngọc Tuấn, *Xu thế biến đổi một số yếu tố khí tượng thủy văn tại tỉnh Đồng Nai*, Tạp chí khoa học biến đổi khí hậu, số 2 tháng 7/2017.
3. Huỳnh Lưu Trùng Phùng, Nguyễn Kỳ Phùng, Lê Thị Hiền, *Đánh giá tác động của một số yếu tố tự nhiên và nhân sinh đến ngập lụt Thành phố Hồ Chí Minh*, Tạp chí Khí tượng thủy văn, 704-08/2019.
4. Huỳnh Lưu Trùng Phùng, Trần Tuấn Hoàng, Hồ Công Toàn, Nguyễn Phương Đông, Huỳnh Thị Mỹ Linh, Nguyễn Kỳ Phùng, *Xây dựng kịch bản giảm ngập cho quận 12 trên mô hình toán*, Tạp chí Khí tượng thủy văn, 705-09/2019.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Đề án Chống ngập và xử lý nước thải Thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 2020 – 2045 và Kế hoạch chống ngập và xử lý nước thải giai đoạn 2020 – 2030*, Ủy ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh, 2020, Thành phố Hồ Chí Minh.
2. Lê Ngọc Tuấn, *Nghiên cứu, cập nhật các kịch bản BĐKH của TP.HCM theo phương pháp luận và kịch bản mới của ủy ban liên chính phủ về BĐKH (IPCC) và Bộ Tài nguyên và Môi trường*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2017.
3. [http://quanly.moitruongvadothi.vn/4/47/Ngap\\_ung\\_do\\_thi\\_\\_Nguyen\\_nhan\\_co\\_ban\\_va\\_de\\_xuat\\_giai\\_phap.aspx](http://quanly.moitruongvadothi.vn/4/47/Ngap_ung_do_thi__Nguyen_nhan_co_ban_va_de_xuat_giai_phap.aspx).
4. Phùng Chí Sỹ, *Nghiên cứu, đánh giá tác động kinh tế - xã hội của biến đổi khí hậu; xây dựng chiến lược tích hợp để nâng cao khả năng thích nghi và ứng phó ngập lụt; nâng cao năng lực quan trắc, dự báo ngập lụt*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2018.
5. *Đánh giá sự thích ứng với ngập lụt đô thị và quản lý thoát nước của Việt Nam dưới tác động của biến đổi khí hậu*, Nhà xuất bản Xây dựng, 2020, Hà Nội
6. Phan Văn Hoạch, *Phân bố các đặc trưng mưa liên quan đến vấn đề thoát nước, ô nhiễm môi trường và các giải pháp chống ngập úng TP.HCM*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2000
7. Nguyễn Sinh Huy, *Những luận cứ khoa học làm cơ sở cho việc quy hoạch tiêu thoát nước và xây dựng trên địa bàn quận 9, quận 2 và quận Thủ Đức*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2000.
8. Lâm Minh Triết, *Nghiên cứu các biện pháp bảo vệ môi trường trong nạo vét, vận chuyển và đổ bùn lắng của kênh rạch Thành phố, xử lý và tận dụng bùn lắng vệ môi trường TP. HCM*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2000.
9. Lê Trình, *Nghiên cứu các yếu tố môi trường làm cơ sở cải tạo hệ thống kênh Tham Lương - Bến Cát - Vàm Thuật - Rạch Nước Lên*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2002

10. Hồ Long Phi, *Nghiên cứu ứng dụng hệ thống thủy lực tiêu thoát nước trên địa bàn TP. HCM*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2007.
11. Trương Văn Hiếu, *Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập và thoát nước đô thị nội thành TP. HCM*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2003.
12. Nguyễn Văn Điềm, *Cấu trúc hệ thống thoát nước mưa của đô thị trong vùng ảnh hưởng thủy triều*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2002.
13. Nguyễn Ngọc Ân, *Xây dựng phần mềm ứng dụng cho vấn đề thoát nước mưa TP. HCM*, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, 2002.
14. Lê Sâm, *Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chống ngập cho TP. HCM*, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2011.
15. Lê Mạnh Hùng, *Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng TP.HCM*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2008.
16. Phan Thanh Hùng và cộng sự, *Dự án công trình kiểm soát triều Rạch Nhảy – Rạch Ruột Ngựa – TP.HCM*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2008
17. *Quy hoạch chống ngập cho TP.HCM*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2008.
18. Nguyễn Văn Khánh Triết, *Nghiên cứu lập quy trình điều hành hệ thống công trình chống ngập úng và cải tạo môi trường cho khu vực TP.HCM*, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2009.
19. Trần Đình Lương, *Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chống ngập cho TP.HCM*, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2010.
20. Nguyễn Hồng Quân, *Mô hình hóa hạ tầng xanh phục vụ giảm thiểu ngập lụt đô thị lưu vực Tham Lương- Bến Cát*, Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM, 2019.
21. Đoàn Cảnh, *Nghiên cứu ứng dụng Kỹ thuật sinh thái (Ecological Engineering) xây dựng hệ thống tiêu thoát nước đô thị bền vững (SUDS), góp phần phòng chống ngập úng, lún sụt và ô nhiễm ở TP. Hồ Chí Minh*, Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM, 2007.



22. <https://qhkt.hochiminhcity.gov.vn/do-thi-xanh/giai-phap-han-che-tinh-trang-ngap-lut-tai-tphcm-va-tinh-hinh-bien-doi-khi-hau-trong-tuong-lai-1031.html>.
23. *Báo cáo Tổng kết 05 năm thực hiện Chương trình giảm ngập nước giai đoạn (2016-2020) và Phương hướng nhiệm vụ trong giai đoạn tiếp theo (2021-2025)*, Ủy ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh, 2020, Thành phố Hồ Chí Minh.
24. *Quyết định số 752/QĐ-TTg Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2020*, Thủ tướng Chính phủ, 2001, Hà Nội.
25. *Quyết định số 1547/QĐ-TTg Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực thành phố Hồ Chí Minh*, Thủ tướng Chính phủ, 2008, Hà Nội.
26. *Quyết định số 24/QĐ-TTg phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch chung xây dựng Thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2025*, Thủ tướng Chính phủ, 2010, Hà Nội.
27. *Báo cáo đánh giá lần thứ 5 (AR5-WG1) về hiện trạng biến đổi khí hậu toàn cầu*, Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC), 2013.
28. *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016.
29. *Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policy Makers, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York, IPCC, 2007. Climate Change 2007.*
30. Bates et al., *Climate Change and Water*, IPCC, 2008.
31. *Tóm lược về Tác động của Biến đổi khí hậu và Kế hoạch ứng phó ngành Năng lượng*, Asian Development Bank, 2012.
32. *Thành phố và ngập lụt: Hướng dẫn quản lý rủi ro ngập lụt tổng hợp cho thế kỷ 21*, World Bank, 2012.
33. Tran Duc Thanh et al., *Regimes of human and climate impacts on coastal changes in Vietnam*, Regional environmental change (Online), 2004.

34. Kundzewicz et al., *The Implications of Projected Climate Change for Freshwater Resources and Their Management*, Hydrological Sciences Journal, 2007.
35. *Dữ liệu Lidar*, Trung tâm GIS TPHCM.
36. *Mike Flood modelling of river flooding step by step training guide*, Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI), 2012.
37. *Mike flood modelling of Urban Flooding step by step training guide*, DHI, 2012.
38. *Mike flood 1D-2D modelling User manual*, DHI, 2012.
39. *Hướng dẫn sử dụng mô hình Mike Urban*, DHI, 2014.
40. Trần Tuấn Hoàng và ccs, *Nghiên cứu tính toán ngập úng lưu vực Quận 12 – Thành phố Hồ Chí Minh bằng mô hình MIKE FLOOD*, Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM, 2014.
41. Phùng Đức Chính, *Nghiên cứu áp dụng mô hình Mike Flood để khoanh vùng nguy cơ ngập lụt cho địa bàn thành phố Hà Nội*, Hà Nội, 2012.
42. *Quyết định số 70/2000/QĐ-ĐC về việc ban hành quy định kỹ thuật số hóa bản đồ địa hình tỉ lệ 1:10000, 1:25000, 1:50000 và 1:100000*, Tổng cục Địa chính, 2000.
43. Mai Văn Khiêm, *Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh*”, Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM, 2019.
44. *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về quy hoạch xây dựng QCVN 01:2021/BXD*, Bộ Xây dựng, Hà Nội, 2021.