

DÒNG CHẢY HÌNH THÀNH TỪ MƯA KHU VỰC NỘI THÀNH - TP HỒ CHÍ MINH

ThS. Trương Văn Hiếu

Phân viện Khí tượng Thủy văn phía Nam

1. Giới thiệu

Sự gia tăng dân số và phát triển đô thị nhanh chóng trong thế kỷ qua đã làm cho các vấn đề liên quan đến vấn đề cấp thoát nước đô thị ở thành phố Hồ Chí Minh trở thành nghiêm trọng đặc biệt vấn đề thoát nước mưa trở nên khá nan giải do các yếu tố khách quan (biến động khí hậu dẫn đến biến đổi mưa, mực nước), yếu tố chủ quan (sự biến đổi mặt đệm do con người tạo ra trong quá trình phát triển đô thị) thay đổi ngày càng mạnh mẽ.

Hơn nữa TP.HCM và các đô thị, thị trấn ở Nam Bộ, lại còn chịu tác động của triều biển Đông. Triều tác động trên cả hai mặt thuận lợi và hạn chế khả năng tiêu thoát nước. Do đó, nghiên cứu và ứng dụng các công cụ tính toán vào vấn đề thoát nước mưa một cách hiệu quả, phản ánh tình hình thực tế địa phương ở TP. Hồ Chí Minh là rất cần thiết.

Trong bài báo này, tác giả muốn trình bày các dạng công thức ứng dụng thuộc lãnh vực tính toán dòng chảy hình thành từ mưa (đặc biệt là các công thức được các tác giả nước ngoài ứng dụng để tính toán cho các dự án tại TP.HCM), đồng thời giới thiệu kết quả tính toán từ công thức được ứng dụng thử nghiệm cho lưu vực Cống Quỳnh là điểm ngập nghiêm trọng điển hình trước đây, sau khi xử lý, tình hình ngập đã được cải thiện.

2. Công thức cơ bản

Sự hình thành dòng chảy từ mưa được mô tả bởi phương trình tổng quát gọi là tích phân căn nguyên hay tích phân Duhamel và còn gọi là tích phân cuốn vòng (Volution integral), được thể hiện như sau:

$$Q_t = \int_0^t h_{t-\tau} f_\tau d\tau$$

Trong đó: Q - lưu lượng tại thời điểm t ; $h_{t-\tau}$ - lượng mưa hiệu quả trong thời khoảng $t-\tau$; τ - thời gian tập trung nước; τ_0 - thời gian chảy tụ (thời gian tập trung nước của chất điểm nước ở điểm xa nhất trong lưu vực đến mặt cắt tính toán); f_τ - hàm tập trung nước (hàm ảnh hưởng), mô tả sự phân bố diện tích theo thời gian chảy tụ đối với mặt cắt tính toán.

Việc ứng dụng tích phân Duhamel (phương trình căn nguyên) vào tính toán dòng chảy đô thị hình thành từ mưa thường được dùng theo dạng sai phân với các phương trình khác nhau; hệ số tổn thất được nghiên cứu và phát triển tính toán bằng nhiều dạng công thức khác nhau. Hai xu hướng đang được ứng dụng (theo phương pháp SCS) là:

- Xem xét mối quan hệ lượng mưa với dòng chảy, xác định hệ số tổn thất thực nghiệm theo tính chất của mặt đệm.
- Xem xét tính chất thấm nước và diễn trũng (tùy vào tính chất đất) để xác định hệ số thấm, theo các đường cong thấm thực nghiệm.

Từ đặc tính của lưu vực hứng nước được thể hiện qua thời gian tập trung nước tại mặt cắt tính toán t_c và thời gian mưa t_m được chọn lựa tính toán để phân ra các trường hợp như :

- $t_c < t_m$: Thời gian tập trung nước nhỏ hơn thời gian mưa nên toàn bộ lưu vực

tham gia vào quá trình hình thành dòng chảy cực đại.

• $t_c = t_m$: Đây là trường hợp đặc biệt Q_{max} chỉ duy trì trong giai đoạn ngắn.

• $t_c > t_m$: Thời gian tập trung nước lớn hơn thời gian mưa, nên chỉ một phần lưu vực tham gia vào quá trình hình thành dòng chảy cực đại.

3. Ứng dụng tính toán dòng chảy tại thành phố Hồ Chí Minh

a. Trường hợp 1

Phương trình có dạng: $Q = (1/3600).C.f.I.A$

Trong đó: Q - lưu lượng lớn nhất (m^3/s); C - hệ số dòng chảy; f - hệ số phân bố mưa rào; I - cường độ mưa (mm/h); A - diện tích lưu vực (km^2).

Phương trình trên là một dạng đại số của phương trình Duhamel, được ứng dụng để tính toán tại một mặt cắt cửa ra nhất định trên lưu vực nhỏ; với quan niệm chọn I_{20} ($mm/giờ$) ứng với Q_{20} (m^3/s) được cho là trường hợp bất lợi nhất của hệ thống. Có các hệ số thực nghiệm như: hệ số đổi đơn vị $1/3600$, hệ số tổn thất dòng chảy C do đặc tính của mặt đệm, f - hệ số xem xét sự phân bố mưa theo không gian từ số liệu trạm được tính toán.

Đây là phương pháp đường thích hợp (rational formular) được ứng dụng từ thế kỷ 19 và được sử dụng rộng rãi trong tính toán thiết kế đường ống cho đến ngày nay. Trong phương pháp này với giả thiết nếu một trận mưa có cường độ I bắt đầu và tiếp tục xảy ra thì tốc độ (hay lưu lượng) sẽ tăng lên cho tới thời gian tập trung nước t_c , là thời gian mà mưa trên toàn bộ diện tích lưu vực tính toán tham gia vào dòng chảy cực đại tại mặt cắt cửa ra.

Lưu lượng đỉnh (Q_{max}) sẽ xuất hiện ứng với thời gian t_c sau khi cơn mưa bắt đầu. Công thức này được Công ty tư vấn Pacific đề xuất trong báo cáo tiến độ của tháng 12 - 1998, đề tài "Nghiên cứu hệ thống thoát nước và xử lý nước thải đô thị-TP Hồ Chí Minh", và CDM trong phần mềm Mike (Dự án Thị Nghè-Nhiều Lọc)".

b. Trường hợp 2

Ở các vùng đô thị, diện tích lưu vực thường được phân thành các tiểu khu khác nhau ứng với đặc tính bề mặt khác nhau. Diện tích các tiểu khu được phân thành A_j và hệ số dòng chảy là C_j . Dòng chảy lớn nhất khi ấy được diễn tả bởi

$$Q = f.I.\sum_{j=1}^m C_j A_j$$

Trong đó m là số tiểu lưu vực được tiêu thoát về mặt cắt tính toán, nhằm xét đến thời gian trễ của các lưu vực nhánh khác nhau.

Các giả thiết như trường hợp 1 và có thêm tốc độ dòng chảy lớn nhất tại mặt cắt tính toán là một hàm của cường độ mưa trung bình trong thời gian tập trung.

Với công thức trên không xét đến hệ số phân bố mưa rào và với từng tiểu khu nhỏ luôn có $t_c < t_m$ đã được Lyon Associates, Inc ứng dụng tính toán trong báo cáo "Sài Gòn Sewerage feasibility 1972". Kết quả được tính toán thực hiện cho một tiểu vùng cụ thể điển hình và các hệ thống thoát nước đô thị tại TP Hồ Chí Minh. Kết quả của dự án là hệ thống thoát nước được xây dựng bổ sung vào giai đoạn 1972-1975.

c. Trường hợp 3

Phương pháp tính dòng chảy từ mưa được ứng dụng từ phương trình căn nguyên để mô tả dòng chảy hình thành. Trên cơ sở xác định lưu vực hứng nước, thời gian chảy tự (xác định sơ bộ bởi tính toán thủy lực) và lượng mưa được phân theo thời đoạn (5, 10, 15 phút) thì phương trình tích phân căn nguyên, hình thành dòng chảy theo thời đoạn do mưa, được khái quát theo phương trình sai phân như sau:

$$Q_k = K_1 K_2 K_3 C \sum_{i=1}^k h_{k-i+1} f_i$$

Trong đó :

Q_k - dòng chảy hình thành ở giai đoạn k (m^3/s),

f_i - diện tích giới hạn giữa hai đường đẳng thời tương ứng (ha),

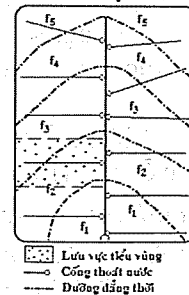
h_{k-i+1} - lượng mưa hiệu quả thời đoạn tương ứng (mm).

K_1 - hệ số đổi đơn vị, tùy theo thời đoạn chia (t = 10 phút có $K_1=0,0166$),

K_2 - hệ số tổn thất dòng chảy do đặc tính của mặt đệm chọn theo SCS (K_2 có thể được phân loại tùy theo đặc tính của từng diện tích f_i tương ứng),

K_3 - hệ số phân bố mưa rào.

Hình 1: Sơ đồ lưu vực tính



Công thức trên được ứng dụng để tính toán dòng chảy hình thành từ mưa đến các mặt cắt trên hệ thống cân tính với bất kỳ vị trí nào trên khu vực sau khi đã thiết lập được thời gian tập trung nước và sự phân chia diện tích (f_i) tương ứng với thời khoảng chia.

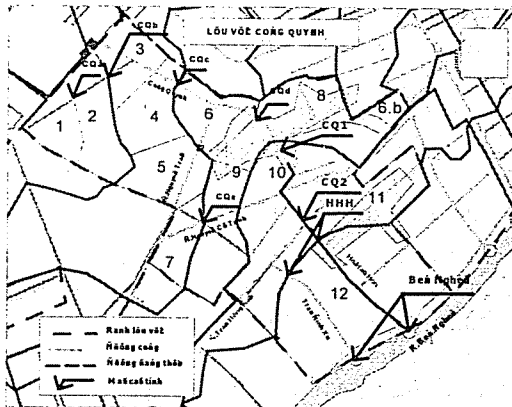
Dạng công thức này được Trung tâm Khí tượng Thủy văn phía Nam ứng dụng để đánh giá tình hình ngập các khu vực trên địa bàn TP Hồ Chí Minh trong [5] và đề tài "Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập và tiêu thoát nước đô thị nội thành – TP.HCM" – 2002-2003.

Đây cũng là một dạng sai phân từ công thức Duhamel , với thời gian chảy tập trung nước được ước lượng trước (từ công thức thực nghiệm và vận tốc thiết kế lợi nhất chảy trong đường ống).

4. Tính toán khu vực điển hình - khu vực Cống Quỳnh

a. Mô tả về mạng lưới đường ống (kiểu loại, mặt cắt)

Khu vực Cống Quỳnh (hình 2) thuộc Q1-Tp.HCM là khu vực điển hình về ngập trước đây. Năm 1996 khu vực này đã được xử lý, đến nay tình hình ngập đã được cải thiện nhiều. Khu vực Cống Quỳnh được chọn để áp dụng, và đặt cơ sở cho công tác phân vùng, có mạng lưới thoát nước trên lưu vực được làm bằng bê tông, sử dụng chung cho cả 3 mục tiêu là thoát nước mưa, thoát nước thải sinh hoạt và thoát nước cả cho các khu vực khác (chợ, công sở, các ngành sản xuất nhỏ v.v..) trên địa bàn.



Hình 2. Bản đồ khu vực Cống Quỳnh

Hệ thống được xây dựng đã lâu trước năm 1975 bao gồm các loại ống tròn, theo các đặc trưng kỹ thuật được phân loại như sau:

- Loại $\phi_{(20-40)}$: được đặt trong các khuôn viên lớn, hay là các hẻm nhỏ, đây là một mạng lưới khá chằng chịt.

- Loại $\phi_{(40-60)}$: được đặt trong các hẻm lớn, dọc các trục lộ là hệ thống nhánh của trục tiêu thoát nước chính.

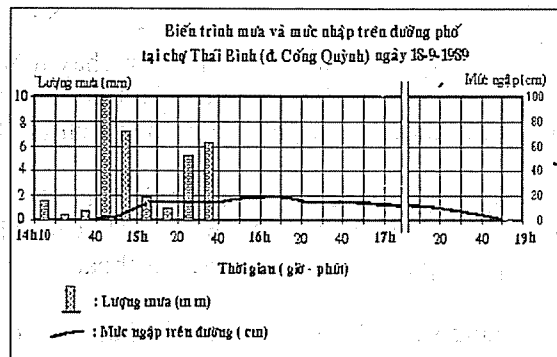
- Loại $\phi_{(60-120)}$: được xem là hệ thống chính của trục tiêu thoát nước.

Năm 1996, việc đặt cống hộp vuông BxH=2x2 trên đường Cống Quỳnh từ Nguyễn Cư Trinh đến Hồ Hảo Hớn (ra kênh Bến Nghé) đã hoàn thành.

b. Tình hình thực tế trước khi xử lý ngập

1) Kết quả điều tra và quan trắc tình hình ngập 1989

Tình hình ngập thực tế của khu vực được dựa trên cơ sở điều tra và quan trắc vào tháng 8, 9 và 10 của năm 1989 và kết quả được thể hiện trên hình vẽ 3.



Hình 3. Biến trình mưa và tình hình ngập thực tế tại chợ Thái Bình

Khu vực Cống Quỳnh gồm chợ Thái Bình ngập 0,1 - 0,5 m, ngập toàn bộ mặt đường và tràn vào nhà từ chợ Thái Bình đến Nguyễn Cư Trinh. Khu vực Cô Bắc, Hồ Hảo Hớn ngập từ 0 - 12 cm, với thời gian ngập từ 4 - 6 giờ. Tình trạng ngập sẽ xảy ra khi có mưa vừa và mưa to. Tình hình ngập tại khu vực này được quan trắc với độ sâu ngập và lượng mưa tương ứng (thùng đo mưa tự ghi) vào ngày 19/08/1989 là 57mm (lượng mưa thường xuyên đo được tại TP.HCM).

2) Nhận định về tình hình ngập

Có thể nói rằng, lúc bấy giờ, khu vực này tình hình ngập khá nghiêm trọng, thể hiện qua các bậc cửa được xây dựng thêm để chắn nước trước nhà ở ngay đường Cống Quỳnh cũng như tại các hẻm liên quan. Các bậc cửa này có nơi lên tới 60 cm so với nền nhà.

Kết hợp với các kết quả tính toán về mưa ngày cho thấy, dù với tổng lượng mưa của trận mưa không lớn, quan trắc được là 57 mm; nhưng đã gây ngập, do đó số lần gây ngập trong năm có thể lên đến 17 lần, số lần gây ngập trong năm cao hơn 20 cm (trên mặt đường tại điểm đo) là 5 lần (nhận định theo kết quả tính toán về mưa).

c. Tính toán dòng chảy từ mưa

Phương pháp tính dòng chảy từ mưa dựa vào phương trình cân nguyên để mô tả dòng chảy hình thành với cơ sở: thời đoạn tính toán 10 phút, $K_1 = 0,0166$, $K_2 = 1$ (hệ số phân bố mưa rào), $K_3 = 0,77$ (hệ số tổn thất chọn theo SCS).

Trong khu vực Cống Quỳnh, công tác tính toán được thực hiện tại vị trí Cống Quỳnh 1 (tại Cống Quỳnh - Nguyễn Cư Trinh), Cống Quỳnh 2 (tại Cống Quỳnh - Trần Hưng Đạo) và tại các miệng xả tại kinh Bến Nghé tương ứng với tần suất mưa

N = ngày 19 - VIII - 1989, N = 3 năm, N = 5 năm.

Kết quả tính toán được trình bày ở các hình 4, 5, 6 và bảng 1, 2.

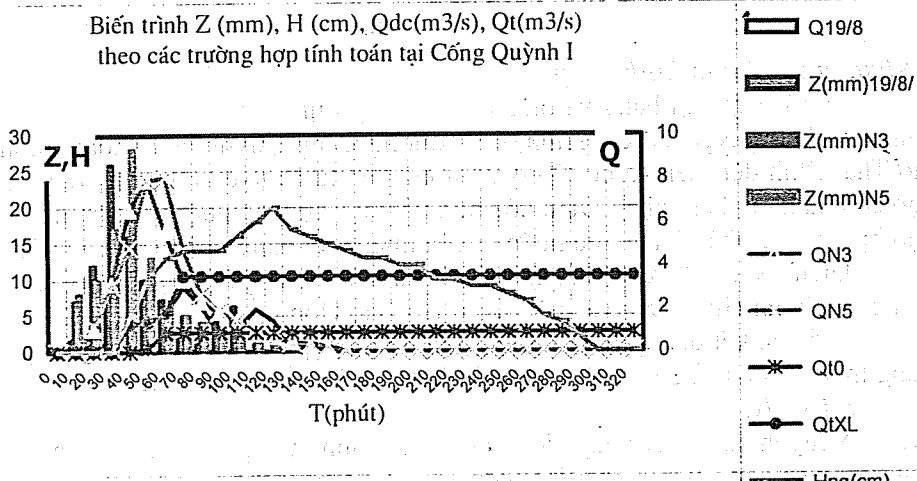
5. Tính toán cân bằng nước

Tính toán cân bằng nước gây ngập do dòng chảy từ mưa và khả năng thoát nước của hệ thống nhằm tìm hiểu thời gian thoát nước, so sánh với thời gian gây ngập cụ thể để xác định tính đúng đắn của phương pháp, đồng thời thông qua các mặt cắt tính toán xác định đoạn đường ống thiếu khả năng cân bổ sung. Sự cân bằng nước được thể hiện qua các đặc trưng trên cùng thời đoạn tính toán và được thiết lập theo các bảng kết quả (bảng 1, 2, 3).

Trong khi tính toán cân bằng nước, các kết quả tính khi mới bắt đầu và lên đầy ống được tính cân bằng với các giá trị tương ứng 3 mặt cắt trên hình 4, 5, 6 :

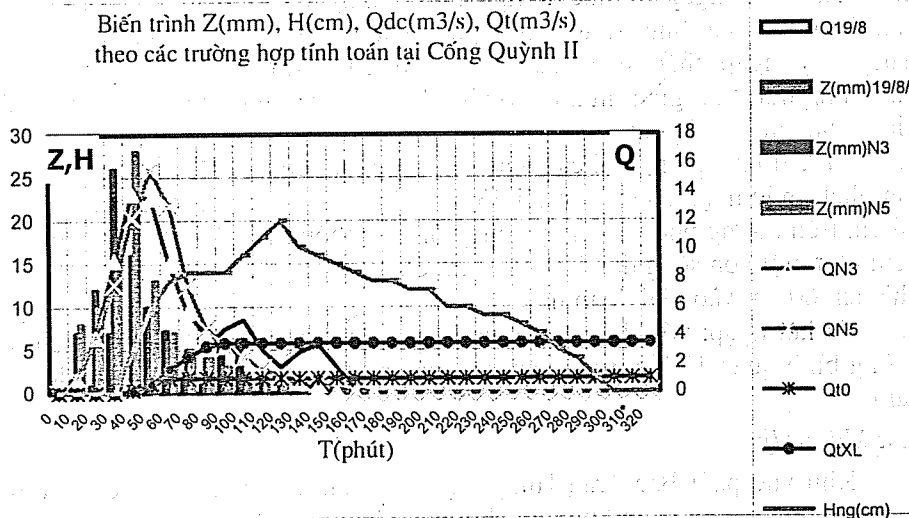
- Q_{dc} (m^3/s) - dòng chảy hình thành do mưa đến mặt cắt tính,
- Q_t (m^3/s) - dòng thoát tương ứng với đoạn cống trước và sau khi xử lý,
- Q_u (m^3/s) - dòng chảy bị ứ lại, tạo ngập trên mặt đường,
- T_u - thời gian tiêu hết lượng nước bị giữ lại tại mặt cắt.

Biến trình Z (mm), H (cm), $Q_{dc}(m^3/s)$, $Q_t(m^3/s)$
theo các trường hợp tính toán tại Cống Quỳnh I



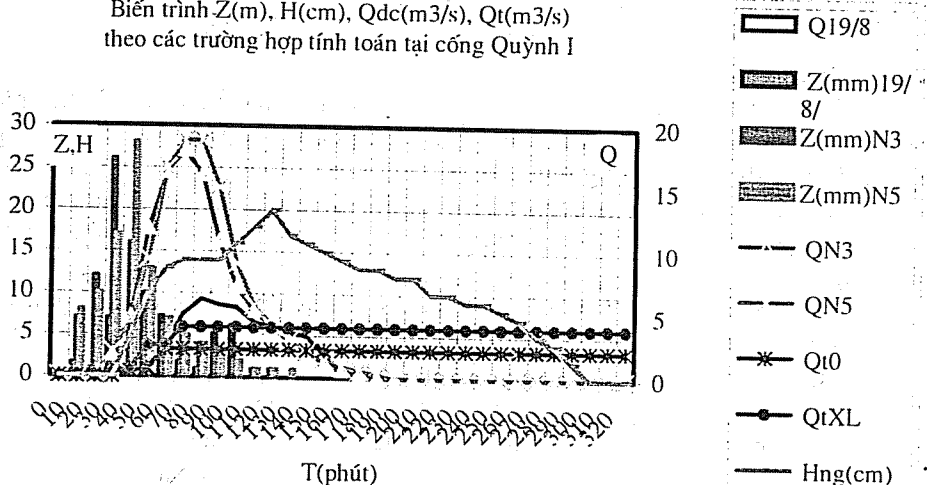
Hình 4.

Biến trình Z (mm), H (cm), $Q_{dc}(m^3/s)$, $Q_t(m^3/s)$
theo các trường hợp tính toán tại Cống Quỳnh II



Hình 5

Biến trình $Z(m)$, $H(cm)$, $Q_{dc}(m^3/s)$, $Q_t(m^3/s)$
theo các trường hợp tính toán tại cống Quỳnh I



Hình 6.

Nhận định về tình hình ngập

Các kết quả từ bảng và biểu đồ cho thấy tình trạng ngập tại đoạn từ chợ Thái Bình đến đường Nguyễn Cư Trinh, trên đường Cống Quỳnh là do đoạn đường ống từ chợ Thái Bình đến Bến Nghé và đoạn đường ống từ Nguyễn Cư Trinh đến Trần Hưng Đạo có khả năng kém nhất. Điều đó cho thấy việc chuyển nước qua đường Trần Hưng Đạo bị hạn chế nhất. Việc tiêu nước ra cửa miệng xả cũng bị hạn chế do triều.

Điều ấy đã được chứng minh với sự sửa chữa giai đoạn 1996 đặt ống tăng cường qua Trần Hưng Đạo và suốt tuyến Hồ Hảo Hớn.

Với các kết quả tính toán trên, tình hình ngập tại khu vực Cống Quỳnh của hệ thống thoát nước Cống Quỳnh - Hồ Hảo Hớn có thể nhận định như sau:

Trước khi xử lý:

1. Nguyên nhân gây ngập: do mưa và triều ảnh hưởng khá lớn đến khả năng thoát của đoạn ra sông Bến Nghé. Hệ thống thoát nước kém do sự gia tăng dòng chảy vì mật độ lưu vực bị nôm chặt bởi gia cư và công trình.
2. Thời gian ngập và mức độ ngập: thường ngập cao nhất vào thời kỳ triều cường của tháng và của đỉnh triều trong ngày. Thời gian ngập dài nhất là 6 - 8 giờ. Khả năng gây ngập thấp nhất của mưa khi chưa xử lý ứng với cường độ mưa 0,36mm/phút, thời gian mưa là 30 phút hay với cường độ mưa 1,2 mm/phút và thời gian mưa chỉ cần 5 phút.
3. Mức độ ngập ứng với các loại tần suất mưa: chu kỳ lặp lại 2 năm ứng với mưa lớn nhất, mức ngập có thể lên tới 33 cm; chu kỳ 5 năm với mức ngập có thể lên tới 38 cm trên đường phố và khi ấy cộng với giao thông qua lại, đoạn đường này có thể xem như một con sông dài 300 - 400 m. Điều này lý giải vì sao bậc cửa cao hơn nền nhà đến 60 cm vào giai đoạn này.
4. Số lần ngập: với khả năng mưa hằng năm khu vực này xảy ra tình hình ngập đường bình quân 17 lần trong năm và ngập trên đường sâu hơn 20cm là 5 lần trong năm.

Sau khi xử lý:

1. Khu vực phía Bắc Trần Hưng Đạo vẫn còn khả năng ngập dù không lớn, do hạn chế thoát xuống, nên khu vực phía Nam hầu như không ngập.
2. Công tác chuyển nước qua các trục lộ chính với mật độ giao thông cao vẫn là

sự chọn lựa cao trong quy hoạch và thiết kế hệ thoát nước ở khu vực này; nhằm giảm thời gian chảy tự đưa nước nhanh ra hệ kênh rạch nên bố trí nhiều hướng thoát phù hợp với điều kiện triều hơn là tập trung tại một cống lớn.

3. Khả năng thoát nước sẽ nâng cao khi triều hạ, khi mức nước ở hạ lưu cửa xả $H \leq 1\text{m}$, độ dốc $i = 0,0017$. Khả năng lưu lượng dòng chảy thoát ra ở mặt cắt Bến Nghé, sau khi xử lý, qua 2 cửa cống $> 4,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Với mức triều $H > 1\text{m}$ duy trì hơn 4 giờ, sự nạo vét kênh để dạng dao động triều về gần giống dạng triều ở sông lớn sẽ giảm thời gian duy trì này (H có thể lớn hơn) cũng là biện pháp tiêu thoát nhanh.

6. Kết luận

Các kết quả tính toán trình bày trong bài báo này là khá tin cậy, các biểu thức tính đã mô phỏng khá chính xác sự hình thành dòng chảy do mưa và cho phép đưa ra các biện pháp xử lý ngập trên một lưu vực ngập mà cụ thể là lưu vực Cống Quỳnh.

Sự tính toán còn nhằm kiểm tra hệ thống đường thoát tại các khu vực ngập một cách nhanh chóng.

Kết quả cũng cho thấy mạng đường ống và hệ kênh rạch liên quan là một thể thống nhất trong tính toán và đề xuất biện pháp. Tính toán thủy lực mạng sông rạch liên quan là hết sức cần thiết đối với tính toán tiêu thoát nước đô thị.

Sự tính toán với các loại tần suất thiết kế, cho phép sử dụng phương pháp tính dòng chảy như một cơ sở cho công tác phân vùng ngập và tiêu thoát nước.

Trên đây là một số vấn đề cơ bản trong tính toán tình hình ngập và khả năng thoát nước của khu vực Cống Quỳnh.

Tài liệu tham khảo

1. Henningson, Durham and Richardson and Lyon Associates, Ins- Sài Gòn Sewerage feasibility, 1972.
2. Công ty Thoát nước TPHCM - Điều tra tổng hợp về hệ thống thoát nước tại TPHCM, 1995.
3. Camp Dresser & McKee International - Nghiên cứu khả thi & thiết kế sơ bộ dự án thoát nước TPHCM-Lưu vực Nhiều Lọc - Thị Nghè - Báo cáo giữa kỳ-1/1999.
4. Cty Tư vấn quốc tế Pacific - Nghiên cứu hệ thống thoát nước và xử lý nước thải đô thị TPHCM- Báo cáo tiến độ 1 - 12/1998 và báo cáo giữa kỳ (dự thảo) 3/1999.
5. Phan Văn Hoạch-Trương Văn Hiếu - Nguyễn Văn Ba - Nghiên cứu khả năng & biện pháp tiêu thoát nước để phục vụ chống ngập lụt & ô nhiễm trên địa bàn nội thành TPHCM, 1990.
6. Công ty Tư vấn xây dựng công trình giao thông công chánh - Nghiên cứu tiền khả thi : cải tạo, xây dựng & chỉnh trang Kênh Tàu Hủ - Kênh Đồi - Kênh Tẻ.
7. CDM Camp Dresser & McKee International - Nghiên cứu khả thi và thiết kế sơ bộ- Dự án thoát nước TPHCM - Lưu vực Nhiều Lọc - Thị Nghè. Bản thảo năm 1999.
8. BV_Black&Veatch. Dự án nâng cấp đô thị và làm sạch Kênh Tân Hóa-Lò Gốm-Giai đoạn nghiên cứu khả thi(Báo cáo giữa kỳ)-7/2002.
9. Phan Văn Hoạch - Trương Văn Hiếu - Nguyễn Văn Việt - Nguyễn Thế Hào - Bảo Thanh. Phân bố các đặc trưng mưa liên quan đến vấn đề tiêu thoát nước, ô nhiễm môi trường và các giải pháp chống ngập úng trên địa bàn Tp Hồ Chí Minh.
10. Ven Techow, David R. Maidment, Larry W. Mays-Thủy văn ứng dụng - Bản dịch của NXB Giáo dục -1994 - Người dịch Đỗ Hữu Thành , Đỗ Văn Toán.

11. Bộ Thủy lợi - Sổ tay thủy lợi tập II.
12. Lã Thanh Hà - Xác định dòng chảy cần tiêu thoát do mưa cho Tp Hà Nội, Đề tài nghiên cứu cấp Tổng cục, 1993-1995.
13. Lã Thanh Hà. Nghiên cứu ứng dụng mô hình SWMM để xác định nguy cơ ngập úng ở lưu vực đô thị. Đề tài nghiên cứu cấp Tổng cục 1995-1998.
14. Nguyễn Như Hà và NGK. Nghiên cứu xây dựng chương trình tính toán phục vụ quy hoạch thiết kế hệ thống thoát nước mưa đô thị.
15. Nguyễn Văn Lai - Trường Đại học Thủy lợi - Vấn đề thủy văn đô thị và tính toán tiêu thoát nước TP Nam Định -1999.
16. Training course on urban hydrology - Lecture note - Hà Nội 23 - 27/8/1999.

Bảng 1. Biến trình mưa, dòng chảy và mức ngập ngày 19/8/1998 tại Cống Quỳnh 1

Thời gian (giờ)	Lượng mưa (mm)	Mức ngập (cm)	Trước khi xử lý			Sau khi xử lý	
			Q _{dc} (m ³ /s)	Q _t (m ³ /s)	Q _ứ (m ³ /s)	Q _t (m ³ /s)	Q _ứ (m ³ /s)
14.00-14.10	1,6	0	0	0	0	0	0
10 - 20	0,9	0	0	0	0	0	0
20 - 30	7	0	0	0	0	0	0
30 - 40	0	0	0,000	0	0,000	0,000	0
40 - 50	10	5	0,243	0,2	0,043	0,243	0
14.50 - 15.00	7,2	10	0,443	0,885	-0,442	0,443	0
15.00 -15.10	1,8	13	1,304	0,885	0,419	1,304	0
10 - 20	1	14	1,378	0,885	0,493	1,378	0
20 - 30	5,2	14	1,820	0,885	0,935	1,820	0
30 - 40	6,2	14	3,006	0,885	2,121	3,006	0
40 - 50	0	16	2,082	0,885	1,197	2,082	0
15.50 - 16.00	0	18	0,807	0,885	-0,078	0,807	0
16.00 - 16.10	0	20	1,059	0,885	0,174	1,059	0
10 - 20	0	17	1,979	0,885	1,094	1,979	0
20 - 30	0	16	1,410	0,885	0,525	1,410	0
30 - 40	0	15	0,267	0,885	-0,618	0,267	0
40 - 50	0	14	0,000	Tiêu nước		0,000	0
16.50 -17.00	0	13	0,000	Tiêu nước		0	0
17.00 - 17.10	0	13	0,000	Tiêu nước		0	0
10 - 20	0	12	0,000	Tiêu nước		0	0
20 - 30	0	12	0,000	Tiêu nước		0	0
30 - 40	0	10	0,000	Tiêu nước		0	0
40 - 50	0	10	0	Hết ngập		0	0
17.50 - 18.00	0	9	0			0	0

$$\Sigma Q_{ứ} = 5,862 \text{ m}^3/\text{s} \quad T_{ứ} = 68,56 \text{ phút}$$

Bảng 2. Biến trình mưa, dòng chảy và mức ngập ngày 19/8/1998 tại Cống Quỳnh 2

Thời gian (giờ)	Lượng mưa (mm)	Mức ngập (cm)	Trước khi xử lý			Sau khi xử lý	
			Q _{dc} (m ³ /s)	Q _t (m ³ /s)	Q _ứ (m ³ /s)	Q _t (m ³ /s)	Q _ứ (m ³ /s)
14.00 - 14.10	1,6	0	0	0	0	0	0
10 - 20	0,9	0	0	0	0	0	0
20 - 30	7	0	0	0	0	0	0
30 - 40	0	0	0,000	0	0,000	0,000	0,000
40 - 50	10	5	0,222	0,2	0,022	0,222	0,000
14.50 - 15.00	7,2	10	0,634	0,634	0,000	0,634	0,000
15.00 - 15.10	1,8	13	1,670	1,02	0,650	1,670	0,000
10 - 20	1	14	2,527	1,02	1,507	2,527	0,000
20 - 30	5,2	14	3,228	1,02	2,208	3,228	0,000
30 - 40	6,2	14	4,483	1,02	3,463	3,492	0,991
40 - 50	0	16	5,111	1,02	4,091	3,492	1,619
15.50 - 16.00	0	18	2,994	1,02	1,974	3,492	-0,498
16.00 - 16.10	0	20	1,814	1,02	0,794	3,492	0
10 - 20	0	17	2,850	1,02	1,830	3,492	0
20 - 30	0	16	3,352	1,02	2,332	3,492	0
30 - 40	0	15	1,819	1,02	0,799	3,492	0
40 - 50	0	14	0,267	1,02	-0,753	3,492	0
16.50 - 17.00	0	13	0,000	Tiêu nước		3,492	0
17.00 - 17.10	0	13	0,000	Tiêu nước		0	0
10 - 20	0	12	0,000	Tiêu nước		0	0
20 - 30	0	12	0,000	Tiêu nước		0	0
30 - 40	0	10	0,000	Tiêu nước		0	0
40 - 50	0	10	0	Tiêu nước		0	0
17.50 - 18.00	0	9	0	Tiêu nước		0	0
18.00 - 18.10	0	9	0,000	Tiêu nước		0	0
10 - 20	0	8	0	Tiêu nước		0	0
20 - 30	0	7	0	Tiêu nước		0	0
30 - 40	0	5	0,000	Tiêu nước		0	0
40 - 50	0	4	0	Tiêu nước		0	0
18.50 - 19.00	0	2	0	Hết ngập		0	0

$\Sigma Q_{ứ} = 18,91 \text{ m}^3/\text{s}$

T_ứ = 185,45 phút