

LỰA CHỌN THỜI LƯỢNG MƯA THIẾT KẾ ĐỂ MÔ PHỎNG KIỂM TRA HỆ THỐNG THOÁT NƯỚC MƯA ĐÔ THỊ

Nguyễn Tuấn Anh¹, Lê Văn Chín¹

Tóm tắt: Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu lựa chọn thời lượng mưa thiết kế để mô phỏng kiểm tra hệ thống thoát nước mưa đô thị. Nghiên cứu xem xét bảy mô hình mưa thiết kế dạng khối xen kẽ của Chow với thời lượng mưa là 0,5h, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h và 24 giờ được xác định từ tài liệu mưa tự ghi tại trạm Láng, Hà Nội. Nghiên cứu sử dụng phương pháp so sánh lưu lượng xác định từ mô phỏng mưa-dòng chảy trận mưa thiết kế và mô phỏng mưa-dòng chảy toàn liệt mưa quá khứ trên các lưu vực con khác nhau của một lưu vực thoát nước ở Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho thấy, thời lượng mưa thiết kế phù hợp phụ thuộc vào diện tích của lưu vực thoát nước, lưu vực càng lớn thì thời lượng mưa thiết kế phù hợp càng dài. Sơ bộ có thể chọn thời lượng mưa thiết kế là 0,5h đối với lưu vực có diện tích nhỏ hơn 3ha, chọn thời lượng là 6h đối với lưu vực có diện tích khoảng từ 20 đến 50 ha; chọn thời lượng 24h đối với các lưu vực có diện tích khoảng từ 200ha đến 300ha.

Từ khóa: Thời lượng mưa thiết kế, lưu lượng thiết kế, thoát nước mưa đô thị.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Tiêu chuẩn thiết kế hệ thống thoát nước đô thị hiện hành (TCVN 7957, 2008), khi tính toán thiết kế các hệ thống thoát nước mưa đô thị, người thiết kế cần thực hiện 2 bước, bước thứ nhất: tính lưu lượng thiết kế theo công thức cường độ giới hạn; bước thứ hai: Sử dụng mô hình toán để tính toán mưa – dòng chảy và diễn toán thủy lực trong hệ thống thoát nước nhằm kiểm tra lại kết quả sơ bộ ở bước thứ nhất. Khi mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy trong hệ thống thoát nước cần sử dụng một trận mưa thiết kế làm biên vào hệ thống. Tiêu chuẩn thiết kế này quy định thời lượng của trận mưa thiết kế có thể chọn từ 3h đến 6h. Tuy nhiên trong thực tế, nhiều tác giả đã chọn thời lượng mưa thiết kế là 12 giờ, 24 giờ hoặc dài hơn nữa (Nguyễn Song Dũng, 2005).

Theo các tác giả Cao (1993), Despotovic (1996), Alfieri (2007),... các thông số cơ bản của trận mưa thiết kế (tổng lượng, thời lượng, phân bố mưa theo thời gian) hợp lý nhất dùng để xác định quy mô, kích thước của các công trình dẫn và tháo nước (kênh, cống, trạm bơm,..) trong hệ

thống tiêu nước mưa là các thông số mưa tạo ra lưu lượng đỉnh có giá trị gần nhất với giá trị lưu lượng đỉnh được xác định từ liệt quan trắc dòng chảy hoặc từ mô phỏng toàn liệt quá trình mưa - dòng chảy của các trận mưa quá khứ tương ứng với tần suất thiết kế. Trong thực tế thường không có số liệu quan trắc dòng chảy đô thị trong nhiều năm vì vậy có thể sử dụng phương pháp mô phỏng toàn liệt bằng mô hình toán để xác định các thông số hợp lý của trận mưa thiết kế.

Để cung cấp thêm cơ sở khoa học lựa chọn thời lượng mưa thiết kế, bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của thời lượng trận mưa thiết kế đến lưu lượng của dòng chảy trong một hệ thống thoát nước mưa đô thị ở Hà Nội, từ đó kiến nghị lựa chọn thời lượng mưa thiết kế hợp lý khi tính toán thiết kế hệ thống thoát nước mưa đô thị.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để xác định thời lượng hợp lý nhất của trận mưa thiết kế, trong nghiên cứu này các tác giả sử dụng phương pháp so sánh kết quả tính lưu lượng từ phương pháp mô phỏng mưa – dòng chảy trận mưa thiết kế và mô phỏng toàn liệt các trận mưa trong quá khứ (Cao, 1993), (Despotovic,

¹ Trường Đại học Thủy lợi.

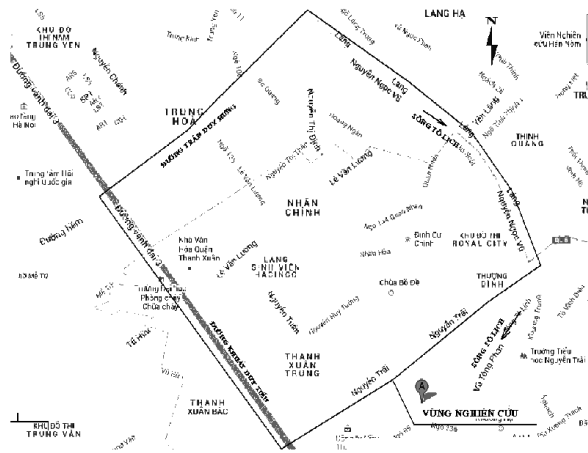
1996), (Alfieri, 2007) và (Nguyễn Tuấn Anh, 2015). Phương pháp này bao gồm các bước sau đây:

(1) Xây dựng các mô hình mưa thiết kế với thời lượng mưa khác nhau để lựa chọn.

Ở đây tài liệu mưa tự ghi tại trạm Láng, Hà Nội và mô hình mưa phân bố dạng khối xen kẽ (mô hình mưa thiết kế của Chow) được chọn để nghiên cứu. Theo các nghiên cứu của các tác giả nêu trên, mô hình mưa khối xen kẽ cho kết quả tính toán lưu lượng thiên về an toàn, đã được nhiều nước trên thế giới ứng dụng trong tính toán thoát nước đô thị. Ở Việt Nam, đã ứng dụng phương pháp này cho dự án cải tạo hệ thống thoát nước sông Tô Lịch, Hà Nội.

(2) Chọn một lưu vực thoát nước điển hình gần trạm đo mưa để nghiên cứu tính toán.

Lưu vực thoát nước mưa Quận Thanh Xuân, TP Hà Nội (phạm vi lưu vực sông Tô Lịch – xem hình 1) cách trạm mưa Láng 1,5 km được lựa chọn là lưu vực nghiên cứu. Toàn bộ lưu vực có diện tích tự nhiên 366 ha và không có hồ điều hòa. Cao trình mặt đất phổ biến ở cao độ +5,0 ÷ +6,0 m.



Hình 1. Vị trí hệ thống thoát nước Quận Thanh Xuân – Lưu vực sông Tô Lịch

(3) Lựa chọn mô hình để mô phỏng quá trình mưa-dòng chảy trên lưu vực.

Mô hình toán thủy văn, thủy lực SWMM (Storm Water Management Model) của Cơ quan bảo vệ môi trường Hoa Kỳ được lựa chọn để mô phỏng quá trình mưa-dòng chảy cho lưu vực trên.

(4) Mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy cho các trận mưa thiết kế đã được xác định ứng với tần suất thiết kế P, từ đó xác định được các lưu lượng đỉnh tại các vị trí tương ứng với các trận mưa thiết kế khác nhau gọi là $Q_{TK(P)}$.

(5) Mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy cho các trận mưa trong các năm đã đo đạc mưa. Từ kết quả mô phỏng xác định được lưu lượng đỉnh (Q_{max}) của từng trận mưa tại các vị trí xác định trước.

(6) Từ lưu lượng đỉnh của các trận mưa trong năm, xác định được lưu lượng đỉnh lớn nhất (Q_{maxmax}) trong năm tại các vị trí đó. Tính tần suất với liệt Q_{maxmax} của các năm mô phỏng ứng với tần suất thiết kế P xác định được lưu lượng đỉnh tại các vị trí ứng với tần suất thiết kế gọi là $Q_{TL(P)}$.

(7) So sánh kết quả lưu lượng đỉnh tại cùng một vị trí đã xác định ở trên từ mô phỏng mưa toàn liệt và mô phỏng mưa thiết kế qua chỉ số sai số tương đối \mathcal{E}_Q :

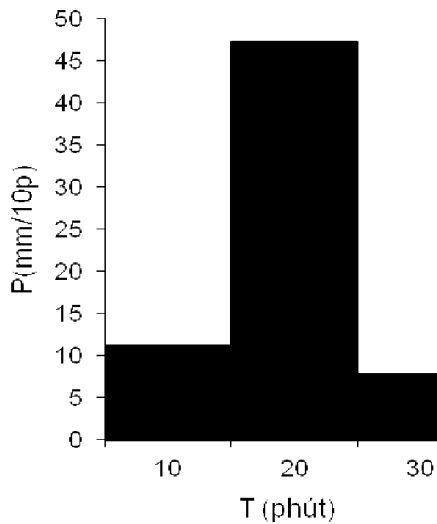
$$\mathcal{E}_Q = \frac{Q_{TK(P)} - Q_{TL(P)}}{Q_{TL(P)}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Thời lượng mưa thiết kế nào cho giá trị tuyệt đối sai số $|\mathcal{E}_Q|$ nhỏ nhất thì đó là thời lượng mưa thiết kế thích hợp nhất cho vị trí đó. Nghiên cứu trên vài vị trí trong hệ thống có thể rút ra được kết luận về thời lượng mưa thiết kế thích hợp nhất.

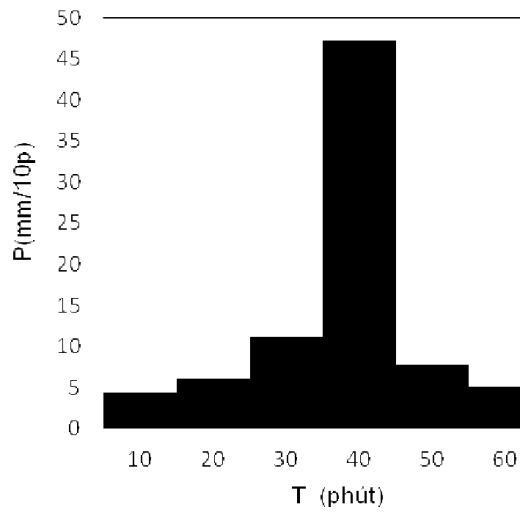
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- *Xây dựng các mô hình mưa thiết kế với thời lượng khác nhau*

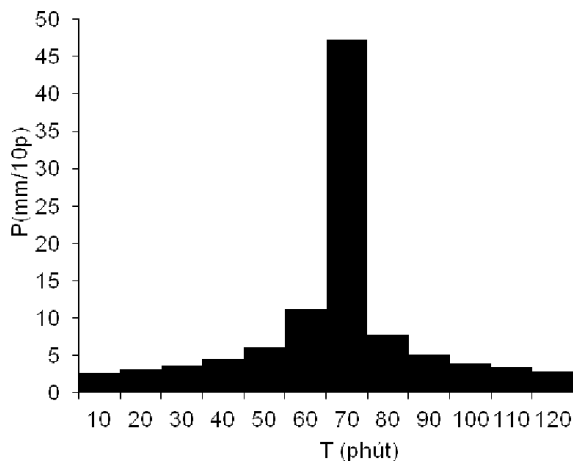
Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp khối xen kẽ của Chow (1988) để xây dựng 07 mô hình mưa thiết kế ứng với thời lượng mưa 0,5h, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h và 24h, tần suất P=10% (xem các hình 1÷7). Các mô hình mưa thiết kế khối xen kẽ với bước thời gian là 10 phút được xây dựng dựa trên đường quan hệ lượng mưa - thời lượng mưa - tần suất (DDF) tại trạm Láng, Hà Nội được giới thiệu trong bài báo của tác giả (Nguyễn Tuấn Anh, 2009).



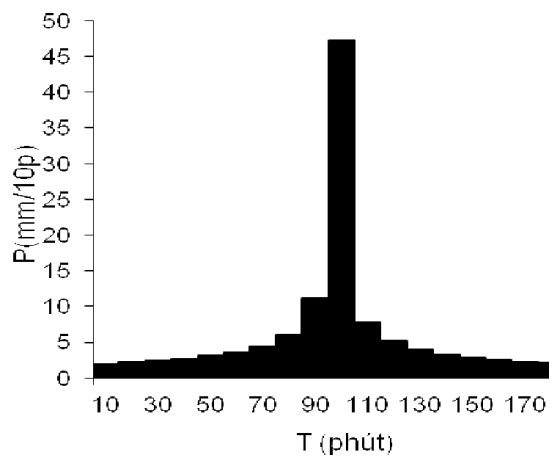
Hình 2. Mô hình mưa thiết kế với gian mưa 0,5 giờ.



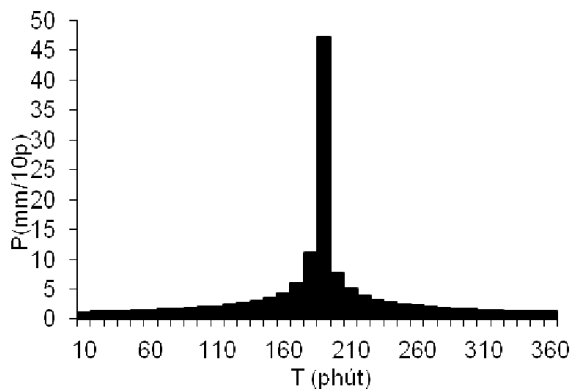
Hình 3. Mô hình mưa thiết kế với gian mưa 1 giờ.



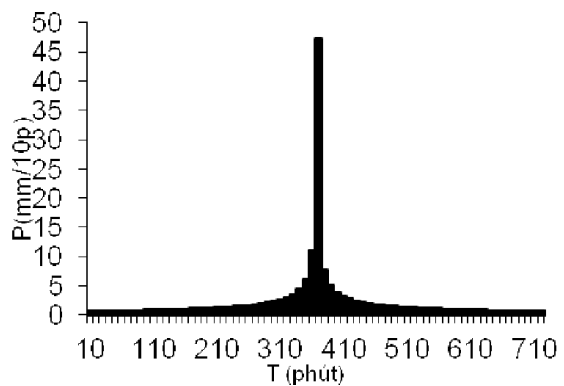
Hình 4. Mô hình mưa thiết kế với gian mưa 2 giờ.



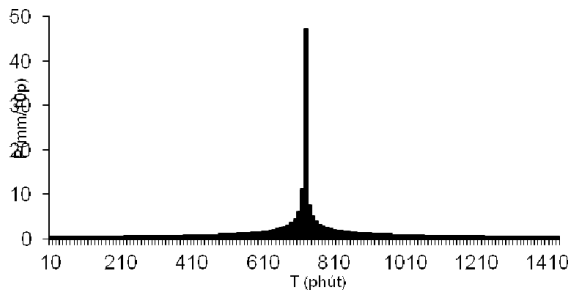
Hình 5. Mô hình mưa thiết kế với gian mưa 3 giờ.



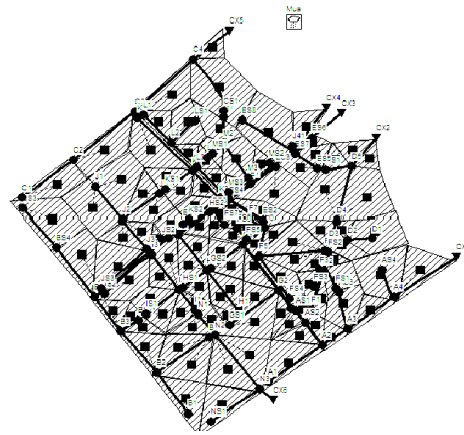
Hình 6. Mô hình mưa thiết kế với gian mưa 6 giờ.



Hình 7. Mô hình mưa thiết kế với gian mưa 12 giờ.



Hình 8. Mô hình mưa thiết kế với gian mưa 24 giờ



Hình 9. Sơ đồ hệ thống thoát nước nghiên cứu trong SWMM

- Lập sơ đồ tính toán trong mô hình SWMM
 Lưu vực thoát nước được mô phỏng trong SWMM với 101 nút, 98 đoạn cống và 41 tiểu lưu vực với tổng diện tích 366 ha. Nước mưa thoát ra tại các cửa xả CX1, CX2, CX3, CX4, CX5 trên sông Tô Lịch và CX6 sang lưu vực bên cạnh (xem Hình 9).

Tại lưu vực thoát nước này không có trạm quan trắc lưu lượng dòng chảy, do vậy để xác định các tham số mô hình, chúng tôi sử dụng thông tin từ khảo sát thực địa, các bảng tra thông số trong tài liệu (Dương Thanh Lượng, 2010) và tham khảo kết quả nghiên cứu trên lưu vực thoát nước sông Tô Lịch (Nguyễn Song Dũng, 2005).

Bảng 1. Diện tích phụ trách của các cửa xả

| Cửa xả | Diện tích phụ trách (ha) | Ghi chú |
|----------|--------------------------|--|
| Cửa xả 1 | 34,1 | Đổ ra sông Tô Lịch |
| Cửa xả 2 | 33,4 | Đổ ra sông Tô Lịch |
| Cửa xả 3 | 244,0 | Đổ ra sông Tô Lịch |
| Cửa xả 4 | 2,89 | Đổ ra sông Tô Lịch |
| Cửa xả 5 | 30,9 | Đổ ra sông Tô Lịch |
| Cửa xả 6 | 20,6 | Đổ sang lưu vực bên cạnh, rồi chảy ra sông Tô Lịch |

- Mô phỏng các trận mưa thiết kế tại các vị trí tính toán

Các cửa xả được lựa chọn là các vị trí tính toán. Sử dụng phần mềm SWMM mô phỏng hệ thống thoát nước với biên mưa là các trận mưa thiết kế, biên dưới tại các cửa xả (CX) được giả thiết chảy tự do; chọn bước thời gian mô phỏng là 2,0 giây, bước thời gian biểu thị kết quả là 10 phút, thời gian mô phỏng là 48 giờ; chọn mô hình Horton để tính thấm trên bề mặt lưu vực, chọn phương pháp mô phỏng là động lực học. Kết quả thể hiện tại bảng sau đây:

Bảng 2. Lưu lượng thiết kế tương ứng các mô hình mưa thiết kế

| Vị trí tính toán | Diện tích phụ trách (ha) | $Q_{TK(P)} (m^3/s), P = 10\%$ | | | | | | |
|------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | | MH 0,5h (1) | MH 1h (2) | MH 2h (3) | MH 3h (4) | MH 6h (5) | MH 12h (6) | MH 24h (7) |
| Cửa xả 1 | 34,1 | 7,07 | 7,95 | 8,21 | 9,935 | 9,99 | 10,09 | 10,21 |
| Cửa xả 2 | 33,4 | 7,31 | 8,22 | 8,31 | 8,422 | 8,427 | 8,435 | 8,44 |
| Cửa xả 3 | 244,0 | 28,78 | 32,19 | 34,02 | 37,32 | 37,66 | 37,83 | 38,04 |
| Cửa xả 4 | 2,89 | 1,243 | 1,258 | 1,26 | 1,280 | 1,285 | 1,293 | 1,301 |
| Cửa xả 5 | 30,9 | 4,82 | 5,36 | 5,72 | 6,676 | 6,665 | 6,764 | 6,899 |
| Cửa xả 6 | 20,6 | 4,71 | 4,91 | 4,97 | 5,254 | 5,251 | 5,266 | 5,279 |

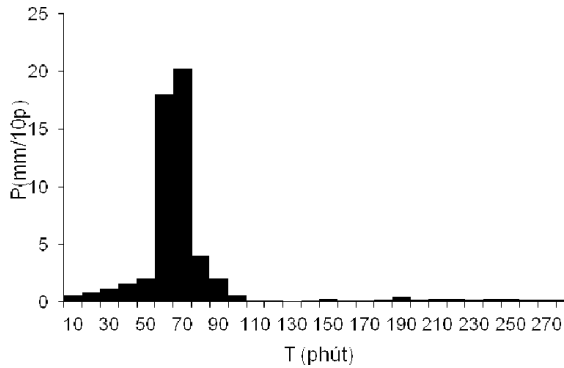
Từ bảng trên thấy, lưu lượng thiết kế tăng dần từ mô hình mưa 0,5h đến mô hình mưa 24h, nghĩa là thời gian mưa thiết kế càng dài thì lưu

lượng càng tăng.

- Mô phỏng các trận mưa trong quá khứ

Sử dụng tài liệu mưa tự ghi bước thời gian 10

phút tại trạm khí tượng Láng trong các tháng mùa mưa từ năm 1985 đến năm 2004 (đây cũng là tài liệu mưa dùng để xây dựng các đường DDF ở trên) làm biên mưa trong mô hình SWMM để mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy của các trận mưa trong các năm quá khứ. Hình 10 dưới đây biểu thị đường quá trình cường độ mưa theo thời gian của trận mưa rào ngày 27/7/1985.



Hình 10. Quá trình mưa theo thời gian của trận mưa ngày 27/7/1985

Từ các chuỗi lưu lượng đỉnh thu được sau khi chạy mô hình SWMM với các trận mưa trong quá khứ, mỗi năm chọn một giá trị lưu lượng đỉnh lớn nhất ($Q_{\max\max}$), sau đó tính toán tần suất liệt số liệu này xác định được lưu lượng thiết kế tương ứng tần suất $P=10\%$ (bảng 3).

Bảng 3. Lưu lượng thiết kế tần suất 10% xác định từ mô phỏng các trận mưa quá khứ

| Vị trí | $Q_{TL(P)} (m^3/s)$ |
|----------|---------------------|
| Cửa xả 1 | 10,01 |
| Cửa xả 2 | 8,43 |
| Cửa xả 3 | 41,6 |
| Cửa xả 4 | 1,15 |
| Cửa xả 5 | 6,65 |
| Cửa xả 6 | 5,19 |

- So sánh kết quả tính lưu lượng thiết kế từ mô phỏng mưa toàn liệt và mô phỏng mưa thiết kế qua chỉ số sai số \mathcal{E}_Q

Bảng 4. Kết quả tính sai số $|\mathcal{E}_Q|$ (%)

| Vị trí | Diện tích lưu vực (ha) | Giá trị tuyệt đối của sai số $ \mathcal{E}_Q $ (%) | | | | | | |
|----------|------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|
| | | MH 0,5h (1) | MH 1h (2) | MH 2h (3) | MH 3h (4) | MH 6h (5) | MH 12h (6) | MH 24h (7) |
| Cửa xả 1 | 34,1 | 29,37 | 20,58 | 17,98 | 0,60 | 0,10 | 1,05 | 2,03 |
| Cửa xả 2 | 33,4 | 13,29 | 2,49 | 1,42 | 0,12 | 0,02 | 0,13 | 0,17 |
| Cửa xả 3 | 244,0 | 30,82 | 22,62 | 18,22 | 10,19 | 9,37 | 8,96 | 8,46 |
| Cửa xả 4 | 2,89 | 8,09 | 9,39 | 9,57 | 11,3 | 11,73 | 12,43 | 13,13 |
| Cửa xả 5 | 30,9 | 27,52 | 19,40 | 13,98 | 0,36 | 0,20 | 1,69 | 3,72 |
| Cửa xả 6 | 20,6 | 9,25 | 5,39 | 4,24 | 1,22 | 1,16 | 1,45 | 1,70 |

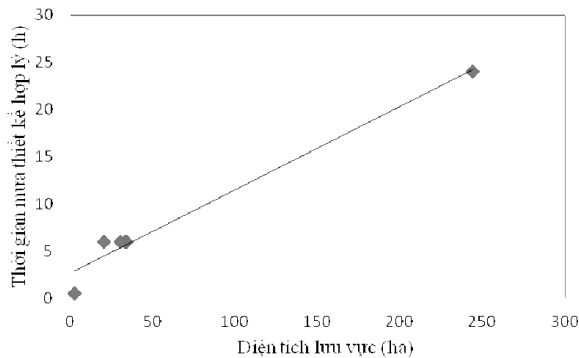
Từ kết quả tính toán trên cho thấy:

Đối với các lưu vực tương ứng với các cửa xả 1, 2, 5, 6 có diện tích từ 20,6 đến 34,1 ha: sai số $|\mathcal{E}_Q|$ giảm dần từ mô hình mưa 0,5h đến mô hình mưa 6h và tăng dần từ mô hình mưa 6h đến mô hình mưa 24h và mô hình mưa phù hợp nhất, tạo ra sai số nhỏ nhất là mô hình mưa có thời lượng mưa là 6h;

Đối với lưu vực tương ứng với cửa xả 3, sai số giảm dần từ mô hình mưa thiết kế 0,5h đến mô hình mưa 24h. Mô hình mưa phù hợp nhất là mô hình mưa 24h.

Đối với lưu vực tương ứng với cửa xả 4, sai số tăng dần từ mô hình mưa thiết kế 0,5h đến mô hình mưa 24h. Mô hình mưa phù hợp nhất là mô hình mưa 0,5h. Đây là lưu vực có diện tích nhỏ nhất trong 06 lưu vực xem xét và tương ứng có thời lượng mưa hợp lý ngắn nhất.

Kết quả cũng cho thấy thời lượng mưa thiết kế hợp lý có xu thế tăng theo diện tích lưu vực thoát nước. Nếu xem xét thêm các mô hình mưa thiết kế có thời lượng trong khoảng từ 3h đến 6h và từ 6h đến 12h thì xu thế này có thể rõ rệt hơn (xem hình 11).



Hình 11. Quan hệ giữa thời lượng mưa thiết kế hợp lý với diện tích lưu vực thoát nước

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy trong hệ thống thoát nước mưa đô thị tương ứng với trận mưa thiết kế để kiểm tra quy mô, kích thước, năng lực của hệ thống thoát nước là việc không thể thiếu trong công tác thiết kế các hệ thống thoát nước mưa đô thị. Thời lượng của trận mưa thiết kế có ảnh hưởng tới kết quả tính toán hệ thống, vì vậy, việc nghiên cứu lựa chọn thời lượng mưa thiết kế phù hợp để nâng cao độ chính xác của kết quả tính toán là cần thiết. Bài

báo này đã nghiên cứu bảy thời lượng mưa thiết kế là 0,5h, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h và 24h với cùng mô hình mưa khối xen kẽ sử dụng tài liệu mưa trạm Láng, Hà Nội. Kết quả cho thấy, thời lượng mưa thiết kế phù hợp phụ thuộc vào diện tích của lưu vực thoát nước, lưu vực càng lớn thì thời lượng mưa thiết kế phù hợp càng dài. Sơ bộ có thể chọn thời lượng mưa thiết kế là 0,5h đối với lưu vực có diện tích nhỏ hơn 3ha, chọn thời lượng là 6h đối với lưu vực có diện tích khoảng từ 20 đến 50 ha; chọn thời lượng 24h đối với các lưu vực có diện tích khoảng từ 200ha đến 300ha.

Do hạn chế về thời gian, bài báo mới chỉ nghiên cứu bảy thời lượng mưa thiết kế khác nhau với mô hình mưa khối xen kẽ cho một trạm mưa và một lưu vực thoát nước đô thị không có hồ điều hòa ở Hà Nội. Để có thể đề xuất một tiêu chuẩn về thời lượng mưa thiết kế dùng để mô phỏng các hệ thống thoát nước mưa đô thị ở Việt Nam cần thiết phải có thêm các nghiên cứu cho nhiều thời lượng mưa, nhiều mô hình mưa, nhiều lưu vực với đặc trưng khác nhau và nhiều trạm mưa khác nhau.

V. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alfieri, L., Laio F., Claps P. (2007). *A simulation experiment for optimal design hyetograph selection*, Hydrological Processes. DOI: 10.1002/hyp.6646.
- Nguyễn Tuấn Anh (2009). *Xây dựng mối quan hệ lượng mưa – thời gian mưa – tần suất (DDF) để tính toán mưa tiêu thiết kế cho vùng đồng bằng Bắc Bộ*, Tạp chí KHKT Thủy lợi và Môi trường, số 27 (11/2009).
- Nguyen T. A., G. Grossi and R. Ranzi (2015). *Design storm for Mixed urban and agricultural drainage systems in the Northern Delta in Vietnam*, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000962.
- Cao, C., Piga E., Saba A. (1993). *Design storm calibration through continuous simulation*. Proc. 6th Int. Conf. Urban storm Drainage, Niagara Falls, Vol. I, pp. 318-323.
- Chow, V.T., Maidment D.R. and L.W. Mays. (1988). *Applied hydrology*, Mc Graw-Hill. Chapter 14.
- Despotovic, J., Petrovic J., Vukmirovic V. (1996). *Some considerations of urban drainage design practice using experimental data*, Atmospheric Research 42, 279-292.
- Nguyễn Song Dũng (2005). *Nghiên cứu đề xuất một số giải pháp quản lý điều hành hệ thống thoát nước sông Tô Lịch, TP Hà Nội*, Luận án tiến sĩ, Đại học Thủy Lợi.
- Dương Thanh Lượng (2010). *Giáo trình mô phỏng mạng lưới thoát nước bằng SWMM*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội.
- Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7957: 2008, *Thoát nước – Mạng lưới và công trình bên ngoài – Tiêu chuẩn thiết kế*.

Abstract:
**SELECTION OF DURATION OF DESIGN STORM TO SIMULATE URBAN STORM
WATER DRAINAGE SYSTEM**

This paper presents a procedure to select duration of design storm to simulate urban storm water drainage systems. The study considered seven durations (0,5h, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h and 24h) of the alternating block design storms derived from DDFs of Lang raingauge station, Hanoi, Vietnam. Using the combination of the design storm method and continuous simulation approach for a typical urban drainage basin in Hanoi, the study defined suitable duration of design hyetograph for different catchments such as duration of 0,5h for areas less than 3ha, 6h for areas between 20ha and 50ha, 24h for areas from 200ha up to 300ha.

Keywords: duration of design storm, design flow rate, urban drainage.

BBT nhận bài: 20/12/2015

Phản biện xong: 25/3/2016