

## **ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC ĐẶC TRƯNG MƯA THIẾT KẾ TỚI HIỆU QUẢ KIỂM SOÁT DÒNG CHẢY CỦA CÁC CÔNG TRÌNH THOÁT NƯỚC BỀN VỮNG**

**Đặng Minh Hải<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Sự gia tăng bề mặt không thấm nước đã làm tăng lưu lượng đỉnh và giảm thời gian tập trung dòng chảy nước mưa vào hệ thống thoát nước, gây ngập lụt trong đô thị. Để giảm thiểu ngập lụt đô thị, giải pháp kiểm soát dòng chảy nước mưa tại nguồn (LID-Low Impact Development) đang được quan tâm rộng rãi. Mục tiêu của bài báo là đánh giá ảnh hưởng của các đặc trưng của mô hình mưa thiết kế đến hiệu quả kiểm soát thể tích và lưu lượng lớn nhất của các phương án LID khác nhau. Các phương án LID được tổ hợp từ các loại công trình mái nhà xanh, vật liệu lát thấm nước và hộp trồng cây. Mô hình SWMM (Storm Water Management Model) được sử dụng để đánh giá hiệu quả của các giải pháp LID so với giải pháp thoát nước truyền thống. Kết quả cho thấy chu kỳ lặp lại của trận mưa thiết kế tăng lên thì hiệu quả giảm thể tích dòng chảy và lưu lượng lớn nhất sẽ giảm. Ngược lại, khi thời gian mưa tăng lên thì hiệu quả giảm thể tích và giảm lưu lượng lớn nhất sẽ tăng. Hiệu quả giảm thể tích và giảm lưu lượng lớn nhất không rõ rệt khi thời gian xuất hiện đỉnh mưa thay đổi. Hộp trồng cây có hiệu quả giảm thể tích và lưu lượng cao nhất so với mái nhà xanh và vật liệu lát thấm nước. Kết quả của bài báo sẽ góp phần cung cấp thêm cơ sở khoa học cho việc lựa chọn và tính toán các công trình LID.

**Từ khóa:** SWMM 5.1, LID, Cầu Bây, Mưa thiết kế, Dòng chảy.

### **1. GIỚI THIỆU CHUNG**

Sự gia tăng bề mặt không thấm nước đã làm thay đổi các đặc trưng của dòng chảy nước mưa tập trung vào hệ thống thoát nước. Lưu lượng đỉnh tăng lên và thời gian tập trung dòng chảy nước mưa giảm xuống đã làm quá tải hệ thống thoát nước, gây ngập lụt trong đô thị. Để giải quyết vấn đề trên, bên cạnh các giải pháp cải tạo, nâng cấp hệ thống thoát nước, các giải pháp kiểm soát dòng chảy nước mưa tại nguồn sinh dòng chảy (LID) đang được nhiều nước trên thế giới thực hiện. Mục tiêu của các giải pháp LID là khôi phục lại các đặc trưng của dòng chảy nước mưa (thời gian tập trung dòng chảy và lưu lượng đỉnh) về giống với chúng trước khi có các hoạt động thay đổi bề mặt phủ của lưu vực tập trung nước bằng cách tối thiểu hóa diện tích không thấm nối trực tiếp tới cống thoát nước mưa, tăng chiều dài đường dẫn của dòng chảy mặt và tối đa hóa việc trữ tại các tiểu lưu vực.

Hiệu quả kiểm soát dòng chảy của các công trình LID đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu. Debusk et al. (2011) đã cho rằng ô chứa sinh học có hiệu quả giảm dòng chảy mặt từ 97% đến 99%. Qin et al. (2013) đã phát hiện rằng các công trình LID có hiệu quả giảm dòng chảy mặt cao hơn đối với mưa thời đoạn ngắn. Chui et al. (2016) đã kết luận rằng thiết kế công trình LID phụ thuộc vào mục tiêu giảm dòng chảy đỉnh và loại mô hình mưa. Rushton (2001) đã sử dụng vườn thu nước mưa kết hợp với vật liệu lát thấm nước để giảm 30% dòng chảy nước mưa. Cipolla et al. (2016) đã cho thấy mái nhà xanh có hiệu quả cao khi khôi phục lại các đặc trưng của dòng chảy nước mưa. Peng et al. (2019) đã đánh giá ảnh hưởng của chu kỳ lặp lại, thời gian mưa và thời gian xuất hiện đỉnh của mô hình mưa thiết kế tới hiệu quả giảm lượng dòng chảy và giảm tải lượng chất lơ lửng của 7 kịch bản LID khác nhau. Ở Việt Nam, đánh giá hiệu quả kiểm soát dòng chảy của các công trình LID cũng đã được thực hiện bởi (Loc et al. 2015; Hai 2018). Tuy nhiên,

---

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi

hiệu quả kiểm soát nước mưa của các tổ hợp công trình LID khi mô hình mưa thay đổi vẫn chưa được phân tích.

Vì vậy, mục tiêu của bài báo là đánh giá ảnh hưởng của mô hình mưa thiết kế đến hiệu quả kiểm soát thể tích và lưu lượng lớn nhất của các phương án LID khác nhau. Kết quả của bài báo sẽ góp phần cung cấp thêm cơ sở khoa học cho việc lựa chọn và tính toán các công trình LID.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vùng nghiên cứu



Hình 1. Sơ đồ vị trí hệ thống thoát nước Cầu Bấy

Vùng nghiên cứu thuộc huyện Gia Lâm, Hà Nội, có diện tích là 5553 ha. Địa hình có hướng dốc từ Tây Bắc đến Đông Nam. Cao độ địa hình thay đổi từ +7.2 m đến +3.2 m. Khí hậu của khu vực là nhiệt đới gió mùa. Mùa khô bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 4, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10, chiếm 80% lượng mưa của cả năm. Nước mưa và nước thải của khu vực được đổ ra sông Cầu Bấy, sau đó đổ vào sông Bắc Hưng Hải tại cống Xuân Thủy (hình 1). Sông Cầu Bấy có chiều dài là 12.7 km, chiều rộng biến đổi từ 10 m đến 32 m. Quá trình đô thị hóa nhanh chóng đã làm gia tăng diện tích không thấm nước trong lưu vực sông Cầu Bấy. Điều này đã giảm thời gian tập trung dòng chảy, tăng lưu lượng dòng chảy đỉnh đổ vào hệ thống thoát

nước, gây ra hiện tượng ngập lụt tại nhiều vị trí trong khu vực nghiên cứu.

### 2.2. Mô hình SWMM

Mô hình SWMM 5.1 là mô hình thủy văn thủy lực bán phân bố. Dòng chảy trên các tiểu lưu vực được mô phỏng theo mô hình hồ chứa phi tuyến. Dòng chảy trong hệ thống truyền dẫn được diễn toán theo phương trình Saint – Venant 1 chiều cho dòng chảy không ổn định biến đổi chậm. Việc giải đồng thời các phương trình liên tục và phương trình bảo toàn động lượng cho mỗi đường ống/kênh cùng với phương trình bảo toàn thể tích tại các nút sẽ xác định được sự biến đổi theo thời gian và không gian của mực nước và lưu lượng trên toàn mạng lưới. Phương pháp giải Nút-Đường dẫn được phỏng theo mô hình Sacramento-San Joaquin Delta và mô hình WRE Transport (Lewis A. Rossman 2010).

### 2.3. Mô phỏng LID

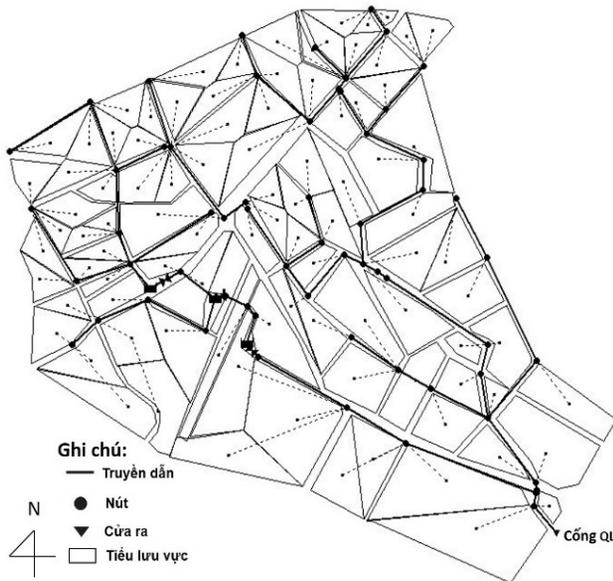
Các công trình LID được mô phỏng bởi mô hình SWMM thông qua một tổ hợp các lớp thẳng đứng gồm lớp mặt, lớp đất và lớp trữ. Cân bằng ẩm được thực hiện trong phạm vi mỗi lớp. Dòng chảy tràn, thoát nước đáy và thấm được mô phỏng riêng rẽ. Đặc trưng của mỗi công trình LID được xác định cho một đơn vị diện tích. LID được mô phỏng trong SWMM 5.1 dưới dạng ô chứa sinh học (bioretention cells), vườn thu nước mưa (rain gardens), mái nhà xanh (green roofs), hào thấm (infiltration trenches), lát vật liệu thấm nước (permeable pavements), thùng thu nước mưa (rain barrels), xả nước mưa (rooftop disconnection) và kênh thực vật (vegetative swales).

### 2.4. Thiết lập mô hình SWMM

#### 2.4.1 Chia tiểu lưu vực và điều kiện biên

Căn cứ vào bản đồ quy hoạch đô thị và bản đồ địa hình, toàn bộ lưu vực sông Cầu Bấy được chia thành 133 tiểu lưu vực. Mực nước nguồn tiếp nhận tại sông Bắc Hưng Hải phụ thuộc vào quy trình vận hành của cống Xuân Quan và lấy là + 3.0 m. Điều kiện sử dụng đất của các tiểu lưu vực được lấy theo kế hoạch sử dụng đất của quận Long Biên và Gia Lâm năm 2015. Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định cho toàn bộ lưu vực sông Cầu Bấy nhưng khu vực áp dụng LID

chỉ tập trung tại quận Long Biên (hình 1). Toàn bộ dòng chảy của vùng áp dụng LID được tập trung tại cống qua đường quốc lộ 5 (cống QL). Diện tích của vùng áp dụng LID là 3048 ha, được chia thành 95 tiểu lưu vực (hình 2).



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước

#### 2.4.2 Mô hình mưa thiết kế

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của các kịch bản LID đến dòng chảy nước mưa được mô phỏng với nhiều mô hình mưa thiết kế khác nhau. Cường độ mưa được xác định theo công thức cường độ giới hạn (1) trong TCVN 7957:2008, cụ thể như sau:

$$q = \frac{A(1+ClgP)}{(t+b)^n} \quad (\text{l/s.ha}) \quad (1)$$

Trong đó:  $q$  là cường độ mưa (l/s.ha);  $t$  là thời gian mưa (phút);  $P$  là chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán (năm);  $A$ ,  $C$ ,  $b$ ,  $n$  là tham số xác định theo điều kiện mưa của địa phương được xác định theo phụ lục B-TCVN7957:2008, đối với Hà Nội thì  $A=5890$ ;  $C=0.65$ ;  $b=20$ ;  $n=0.84$ .

Từ cường độ mưa xác định ở công thức (1) sẽ xác định độ sâu mưa ở thời điểm  $t$ . Sau đó, các khối mưa của các thời đoạn mưa sẽ được xác định và sắp xếp theo phương pháp khối xen kẽ (Chow et al. 1988) với hệ số trước đỉnh  $r$  để hình thành mô hình mưa thiết kế. Hệ số trước đỉnh  $r$  là tỉ lệ giữa thời gian tập trung dòng chảy và thời gian

mưa;  $r$  càng lớn thì đỉnh mưa xảy ra càng muộn so với thời gian bắt đầu mưa.

Nghiên cứu này sử dụng 3 nhóm mưa để đánh giá hiệu quả làm việc của các phương án LID. Nhóm 1: các mô hình mưa có chu kỳ lặp lại khác nhau (1, 2, 5, 10, 20, 50 và 100 năm), lượng mưa thay đổi từ 75mm đến 173mm, thời gian mưa là 3h và hệ số trước đỉnh  $r=0.5$  (Bảng 1). Nhóm 2: các trận mưa có thời gian mưa khác nhau (1h, 2h, 3h và 4h) nhưng có cùng lượng mưa là 124mm và cùng hệ số trước đỉnh  $r=0.5$ . Nhóm 3: các trận mưa có vị trí đỉnh mưa khác nhau (0.2, 0.5, 0.7 và 0.9), có cùng thời gian mưa 3h, chu kỳ lặp lại là 10 năm và lượng mưa 124 mm.

Bảng 1. Mô hình mưa thiết kế ứng với chu kỳ lặp lại khác nhau

T (phút)	I (mm/phút)				
	P=1a	P=5a	P=20a	P=50a	P=100a
0	1.0	1.4	1.8	2.1	2.2
10	1.1	1.6	2.0	2.3	2.5
20	1.3	1.8	2.3	2.7	2.9
30	1.5	2.2	2.8	3.1	3.4
40	1.8	2.6	3.3	3.8	4.1
50	2.3	3.3	4.2	4.8	5.2
60	3.0	4.4	5.6	6.4	7.0
70	4.5	6.5	8.2	9.4	10.2
80	7.8	11.3	14.3	16.3	17.9
90	20.3	29.5	37.5	42.7	46.7
100	11.6	16.8	21.4	24.4	26.6
110	5.7	8.3	10.5	12.0	13.1
120	3.6	5.3	6.7	7.6	8.3
130	2.6	3.8	4.8	5.5	6.0
140	2.0	2.9	3.7	4.2	4.6
150	1.6	2.4	3.0	3.4	3.8
160	1.4	2.0	2.5	2.9	3.2
170	1.2	1.7	2.2	2.5	2.7
180	1.0	1.5	1.9	2.2	2.4
Tổng	75	109	139	158	173

Ghi chú:  $a$  là năm

#### 2.4.3 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Mô hình được hiệu chỉnh dựa vào số liệu đo mực nước tại cống Xuân Thụy ứng với trận mưa

100.7 mm ngày 23/7/2004. Sau đó bộ thông số của mô hình được kiểm định với trận mưa 112 mm ngày 18/9/2007. Việc hiệu chỉnh mô hình được thực hiện thông qua việc thử dần các thông số để mực nước thực đo tại thượng lưu cống Xuân Thủy phù hợp với mực nước mô phỏng từ mô hình. Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định được mô tả chi tiết bởi Hai (2020). Chỉ số NASH (Nash and Sutcliffe 1970) cho trường hợp hiệu chỉnh và kiểm định lần lượt là 0.86 và 0.81, nằm trong phạm vi cho phép.

#### 2.4.4 Thiết lập các phương án LID

**Bảng 1. Các thông số của công trình LID**

Lớp	Thông số	GR	PP	TRB
Lớp mặt	Diện tích (m <sup>2</sup> )	50	400	6
Lớp vật liệu rỗng	Chiều sâu (cm)	15	N/A	45.7
	Độ rỗng (%)	41		0.41
	Hệ số thấm (cm/h)	12.7		12.7
	Cột nước hút (cm)	6.1		6.1
Lớp thấm	Độ dày (cm)	N/A	10.2	N/A
	Độ rỗng (%)		0.18	
	Hệ số thấm (cm/h)		12.7	
Lớp trữ	Độ dày (cm)	12	30.5	30.5
	Độ rỗng (%)	54	0.67	0.54
	Hệ số thấm (cm/h)	2.5	2.5	2.5
Lớp thoát nước	Hệ số thoát nước (cm/h)	1.3	1.3	1.3
	Số mũ thoát nước	0.5	0.5	0.5

*Ghi chú: GR là mái nhà xanh; PP là vật liệu lát thấm nước; TRB là hộp trồng cây.*

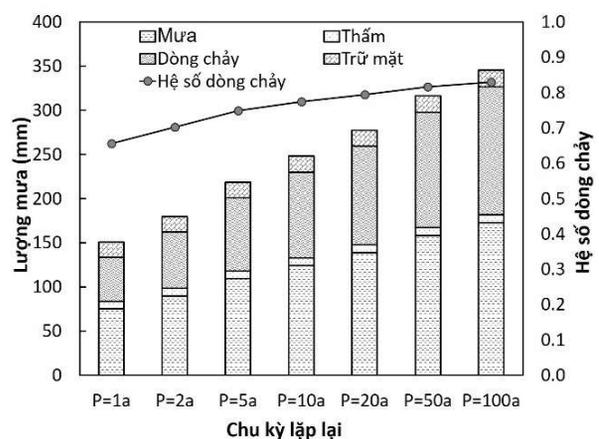
Trên cơ sở phân tích quy hoạch đô thị, điều tra thực địa và tham vấn cộng đồng, ba loại công trình LID được lựa chọn áp dụng cho khu vực nghiên cứu gồm có mái nhà xanh (L1), lát vật liệu thấm nước (L2) và hộp trồng cây (L3). Thông số của mỗi loại công trình LID được thể hiện ở bảng 1. Phân bố của mỗi loại công trình LID trên các tiểu lưu vực được xác định từ phương án quy hoạch tối ưu đã được mô tả bởi Hai (2020). Theo đó, số lượng của mỗi loại công trình LID trên các

tiểu lưu vực được xác định nhằm đảm bảo rằng hiệu quả giảm lưu lượng đỉnh là lớn nhất và chi phí xây dựng LID là nhỏ nhất. Trong nghiên cứu này, phương án quy hoạch tối ưu có hiệu quả giảm lưu lượng đỉnh 10% (với trận mưa thiết kế 3h, chu kỳ lặp lại 2 năm, lượng mưa 90 mm) được lựa chọn. Số lượng các loại công trình LID trong phương án lựa chọn là: 531 mái nhà xanh; 1466 vị trí lát vật liệu thấm nước và 93887 hộp trồng cây. Có 7 phương án sử dụng công trình LID được thiết lập để đánh giá ảnh hưởng của các mô hình mưa gồm: L1 chỉ sử dụng mái nhà xanh; L2 chỉ sử dụng vật liệu lát thấm nước; L3 chỉ sử dụng hộp trồng cây; L12 sử dụng mái nhà xanh và vật liệu lát; L13 sử dụng mái nhà xanh và hộp trồng cây; L23 sử dụng vật liệu lát và hộp trồng cây; L123 sử dụng cả 3 loại công trình LID.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Đặc điểm chung

Sự thay đổi của các thành phần dòng chảy nước mưa của kịch bản nền (B) tương ứng với sự thay đổi chu kỳ lặp lại (P) của trận mưa thiết kế được mô tả trong hình 3. Kết quả cho thấy rằng khi P tăng lên thì mức độ tăng của dòng chảy mặt cao hơn nhiều so với mức độ tăng của dòng thấm và lượng nước trữ trên bề mặt. Lượng nước thấm tăng dần và không thay đổi khi P > 50a. Do tỉ lệ bề mặt không thấm trên các tiểu lưu vực lớn (biến đổi từ 60% đến 85%) nên lượng thấm và lượng trữ bề mặt thấp hơn so nhiều với lượng sinh dòng chảy mặt. Vì vậy, hệ số dòng chảy tăng dần và đạt giá trị lớn nhất 0.83 khi P tăng từ 1a đến 100a.



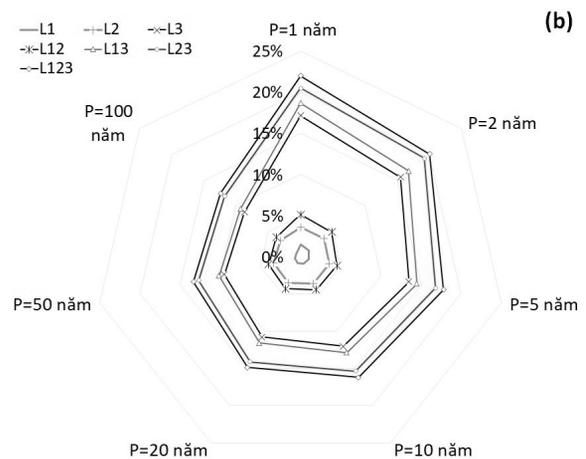
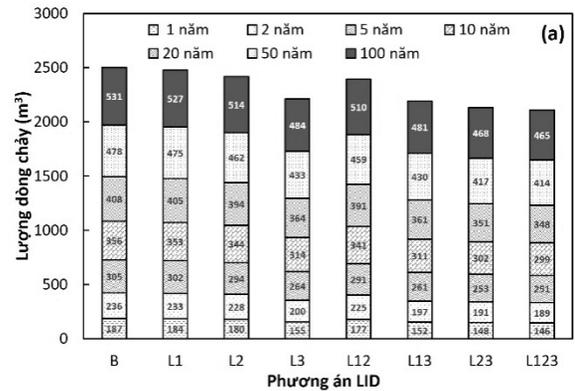
*Hình 3. Sự thay đổi của các thành phần của dòng chảy nước mưa*

### 3.2. Ảnh hưởng của chu kỳ lặp lại

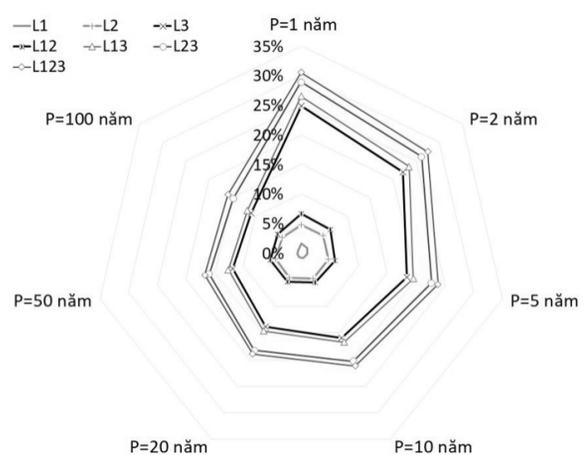
Ảnh hưởng của chu kỳ lặp lại (P) tới sự thay đổi của lượng dòng chảy trong 7 kịch bản LID khác nhau được mô tả trên hình 4. Với mỗi kịch bản LID, 7 trận mưa thiết kế ở nhóm 1 được sử dụng để mô phỏng và kết quả được thể hiện trên hình 4a. Khi P tăng thì lượng dòng chảy sẽ tăng nhưng mức độ tăng sẽ khác nhau ở các kịch bản LID khác nhau. Chẳng hạn, tỉ lệ giữa lượng dòng chảy của trận mưa với P=100 năm so với lượng dòng chảy của trận mưa với P = 1năm ở kịch bản L2 là 4.51 trong khi tỉ lệ này là 5.43 ở kịch bản L123. Hiệu quả giảm lượng dòng chảy (Ev) của mỗi kịch bản LID được đánh giá bằng cách so sánh lượng dòng chảy của kịch bản LID đó với lượng dòng chảy của kịch bản nền (B). Nhận thấy, đối với các phương án sử dụng mái nhà xanh (L1) hoặc/và vật liệu lát thấm (L2) thì hiệu quả giảm lượng dòng chảy thay đổi không đáng kể khi P tăng. Ev của phương án L1, L2 và L12 lần lượt là 2%, 4% và 5% đối với mưa có P=1 năm. Ev tăng khá rõ rệt đối với các phương án LID có sử dụng hộp trồng cây. Trong các phương án đó, Ev nhỏ nhất ở phương án chỉ sử dụng hộp trồng cây (L3) và lớn nhất ở phương án sử dụng cả 3 loại (L123). Cụ thể là, ở phương án L123, Ev giảm dần từ 22% (ứng với P=1năm) tới 12% (ứng với P=100năm) trong khi ở phương án L3, khoảng biến đổi tương ứng của Ev chỉ từ 17% tới 9%. Như vậy, khi P tăng thì Ev sẽ giảm nhưng mức độ giảm khác nhau ở các phương án LID khác nhau, giảm rõ rệt nhất ở phương án hỗn hợp L123.

Hình 5 mô tả sự thay đổi của lưu lượng lớn nhất của các phương án LID khi P thay đổi. Kết quả cho thấy, các phương án LID có sử dụng hộp trồng cây thì lưu lượng lớn nhất giảm nhiều hơn so với các phương án không sử dụng loại công trình LID này. Hiệu quả giảm lưu lượng lớn nhất (Eq) cao hơn so với hiệu quả lưu lượng dòng chảy ở cùng phương án LID (ngoại trừ phương án L1) và chu kỳ mưa P. Eq giảm khi P tăng nhưng mức độ giảm của nó sẽ thấp hơn khi P>10%. Thật vậy, khi P tăng từ 1 năm đến 10 năm thì lượng giảm Eq của các phương án L3, L13, L23 và L123 lần lượt là 9%, 10%, 9% và 10% trong khi mức độ giảm Eq tương ứng của các phương án khi P tăng từ

10% đến 100% đều là 5%. Điều này có thể giải thích như sau: khi mưa nhỏ, lượng nước trữ và thấm tại công trình LID có vai trò lớn trong việc giảm lưu lượng dòng chảy mặt nhưng khi lượng mưa tăng lên thì vai trò của lượng nước trữ và thấm tại các công trình LID trong việc giảm dòng chảy mặt sẽ giảm đi.



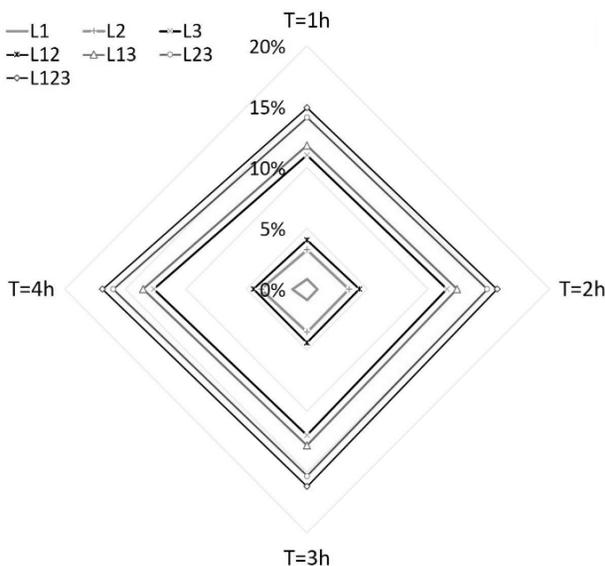
Hình 4. Ảnh hưởng của chu kỳ lặp lại tới lượng dòng chảy (a) và hiệu quả giảm lượng dòng chảy (b)



Hình 5. Ảnh hưởng của chu kỳ lặp lại tới hiệu quả giảm lưu lượng đỉnh

### 3.3. Ảnh hưởng của thời gian mưa

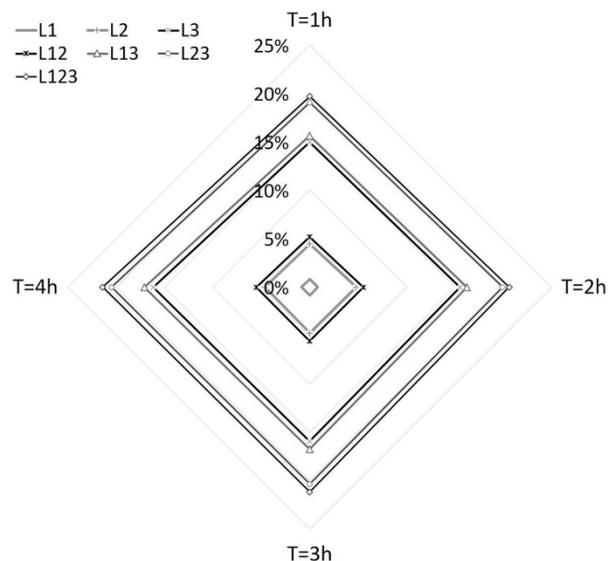
Hình 6 mô tả ảnh hưởng của thời gian mưa đến hiệu quả giảm lượng dòng chảy nước mưa (Ev) trong các phương án LID khác nhau. Với mỗi phương án LID, lượng dòng chảy sẽ giảm khi thời đoạn mưa tăng lên. Chẳng hạn, với phương án L123, lượng dòng chảy là 306 m<sup>3</sup> ứng với thời đoạn mưa 1h và giảm xuống 295m<sup>3</sup> ứng với thời đoạn mưa. Ev thay đổi theo sự tăng lên của thời đoạn mưa. Phương án L1 và L12 có Ev không đổi và lần lượt là 1% và 4% khi thời gian mưa thay mưa tăng dần từ 1h đến 4h. Ngược lại, Ev của 5 phương án LID còn lại sẽ tăng khi thời gian mưa tăng lên. Mức độ tăng của Ev của phương án L2 là 1% trong khi trị số này là 2% cho các phương án có sử dụng hộp trồng cây (L3, L13, L23 và L123). Điều này chứng tỏ rằng hộp trồng cây vẫn có Ev cao nhất so với 2 công trình LID còn lại khi thời gian mưa thay đổi.



Hình 6. Ảnh hưởng của thời gian mưa tới lượng hiệu quả giảm lượng dòng chảy

Sự thay đổi của lưu lượng lớn nhất của các phương án LID khác nhau khi thời gian mưa thay đổi được làm rõ. Với mỗi phương án LID, khi thời gian mưa tăng lên thì lưu lượng lớn nhất sẽ giảm. Khi thời gian mưa tăng từ 1h đến 4h thì mức giảm lưu lượng lớn nhất của các phương án cũng khác

nhau. Cụ thể là, trị số này là 5 m<sup>3</sup>/s cho các phương án L1, L2 và L12, 6 m<sup>3</sup>/s cho các phương án L3, L23, L123 và là 7 m<sup>3</sup>/s cho phương án L13. Hiệu quả giảm lưu lượng lớn nhất (Eq) của các phương án LID khác nhau khi thời gian mưa thay đổi được mô tả trên hình 7. Không kể đến phương án L1, 6 phương án còn lại đều cho thấy Eq lớn hơn hiệu quả giảm lượng dòng chảy khi thời gian mưa thay đổi. Các phương án sử dụng hộp trồng cây có Eq (trong khoảng 16%-21%) cao hơn nhiều so với các phương án còn lại (trong khoảng 1% - 6%). Khi thời gian mưa tăng từ 1h đến 4h, ngoại trừ phương án L1 có Eq không thay đổi ở 1%, 6 phương án còn lại đều có mức tăng hiệu quả giảm lưu lượng lớn nhất là 1%. Trị số này thấp hơn so với mức tăng hiệu quả giảm lượng dòng chảy (như đã chỉ ra ở trên). Hộp trồng cây vẫn chứng tỏ là loại công trình có Eq cao hơn so với mái nhà xanh và vật liệu lát thấm.

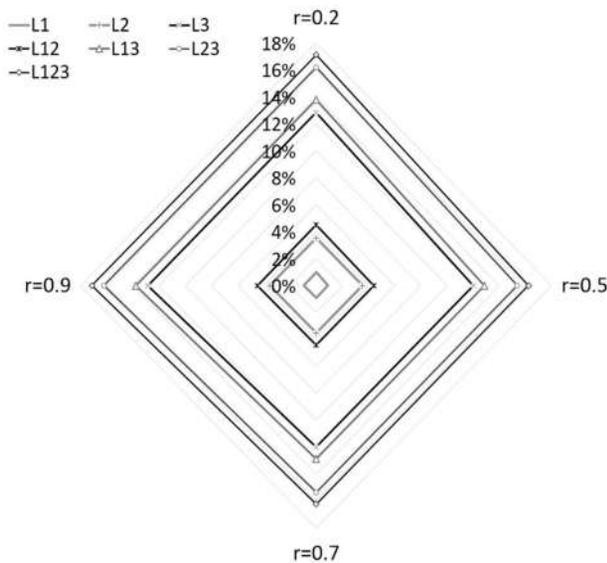


Hình 7. Ảnh hưởng của thời gian mưa tới hiệu quả giảm lưu lượng lớn nhất

### 3.4. Ảnh hưởng của đỉnh mưa

Ảnh hưởng của thời gian đạt đỉnh mưa trong mô hình mưa thiết kế tới hiệu quả giảm lượng dòng chảy (Ev) trong các kịch bản LID khác nhau được đánh giá. Bốn trận mưa thiết kế của Nhóm 3 được mô phỏng cho các phương án khác nhau.

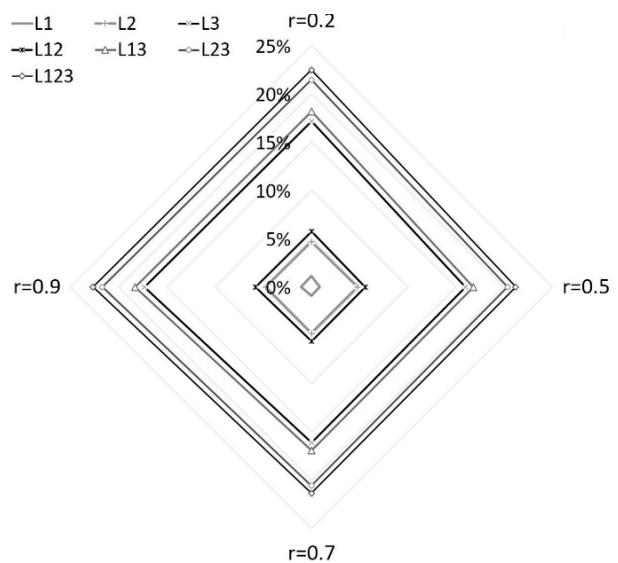
Với mỗi kịch bản LID, khi vị trí đỉnh mưa dịch chuyển dần về cuối trận thì lượng dòng chảy giảm dần nhưng mức độ giảm nhỏ hơn nhiều so với thay đổi chu kỳ lặp lại và thời gian mưa. Khi vị trí đỉnh mưa dịch chuyển từ  $r=0.2$  đến  $r=0.9$  thì mức độ giảm lượng dòng chảy là  $2 \text{ m}^3$  cho các phương án L1, L2, L3, L12 và L23 và  $1 \text{ m}^3$  cho các phương án L13 và L23. Khi vị trí đỉnh mưa dịch chuyển về cuối trận mưa, phương án L1, L2, L12 có Ev không thay đổi trong khi ở các phương án còn lại có xu hướng giảm nhẹ (khi  $r=0.5$  và  $r=0.7$ ) trước khi tăng (khi  $r=0.9$ ). Chẳng hạn, đối với phương án L123, Ev là 17% ( $r=0.1$ ) giảm tới 16% ( $r=0.5$  và  $0.7$ ) sau đó tăng trở lại tới 17%. Cũng tương tự như sự ảnh hưởng của chu kỳ lặp lại và thời đoạn mưa, sự ảnh hưởng của vị trí đỉnh mưa tới hiệu quả giảm lượng dòng chảy thể hiện rõ rệt nhất ở các phương án sử dụng hộp trồng cây.



Hình 8. Ảnh hưởng của thời gian đạt đỉnh mưa tới hiệu quả giảm lưu lượng dòng chảy

Ảnh hưởng của vị trí đỉnh mưa tới sự giảm lưu lượng lớn nhất ở các phương án LID khác nhau được kiểm tra. Với mỗi phương án LID, khi đỉnh mưa dịch chuyển từ vị trí có  $r=0.2$  đến  $r=0.9$  thì lượng giảm lưu lượng lớn nhất là  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$  ngoại trừ phương án L2 có trị số  $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nhìn chung, hiệu quả giảm lưu lượng lớn nhất cao hơn hiệu

quả giảm lượng dòng chảy tương ứng từ 4 - 5%. Tương tự như xu hướng thay đổi hiệu quả giảm lượng dòng chảy khi vị trí đỉnh mưa dịch chuyển từ  $r=0.2$  đến  $r=0.9$  (như đã phân tích ở trên), hiệu quả giảm lưu lượng lớn nhất (Eq) cũng giảm nhẹ (so với trị số tại  $r=0.2$ ) khi  $r=0.5$  và  $0.7$ , sau đó hồi phục hoặc tăng nhẹ khi  $r=0.9$ . Eq ở phương án L23 khi đỉnh mưa dịch chuyển từ  $r=0.2$  đến  $r=0.9$  sẽ là 21%, 20%, 21% và 22%. Eq của các phương án sử dụng hộp trồng cây (từ 16% đến 22%) cao hơn nhiều so với hiệu suất của các phương án chỉ dùng mái nhà xanh hoặc/và vật liệu lát có thấm (từ 1% đến 6%).



Hình 9. Ảnh hưởng của thời gian đạt đỉnh mưa tới hiệu quả giảm lưu lượng đỉnh

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo này sử dụng mô hình SWMM 5.1 để đánh giá ảnh hưởng của chu kỳ lặp lại, thời gian mưa và thời gian đạt đỉnh mưa của mô hình mưa thiết kế tới hiệu quả giảm lượng dòng chảy và lưu lượng lớn nhất của 7 phương án LID trong khu vực quận Long Biên, Hà Nội. Bảy phương án LID được tổ hợp từ các công trình LID gồm mái nhà xanh, vật liệu lát thấm nước và hộp trồng cây. Một số kết luận được rút ra như sau:

1. Khi chu kỳ lặp lại tăng lên thì cả hiệu quả giảm lượng dòng chảy sẽ và hiệu quả giảm lưu

lượng lớn nhất đều giảm nhưng hiệu quả giảm lưu lượng lớn nhất cao hơn so với hiệu quả giảm lưu lượng dòng chảy.

2. Khi thời gian mưa tăng lên hiệu quả giảm lưu lượng dòng chảy và giảm lưu lượng lớn nhất tăng lên.

3. Ảnh hưởng của đỉnh mưa tới hiệu quả

giảm lưu lượng dòng chảy và lưu lượng lớn nhất không rõ rệt.

4. Các phương án LID sử dụng hộp trồng cây có hiệu quả giảm lưu lượng dòng chảy và lưu lượng lớn nhất cao hơn so với chỉ sử dụng mái nhà xanh hoặc/và vật liệu lát thấm nước.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hai, D. M. (2018). “Đánh giá hiệu quả kiểm soát nước mưa của các công trình thoát nước bền vững: áp dụng cho khu vực Thượng Thanh, Gia Lâm, Hà Nội.” Hội nghị khoa học thường niên trường Đại học Thủy lợi, 1–3.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays., L. W. (1988). *Applied hydrology*. Mc Graw-Hill.
- Chui, T. F. M., Lui, X., and Zhan, W. (2016). “Assessing cost-effectiveness of specific LID practice designs in response to large storm events.” *Journal of Hydrology*, Elsevier B.V., 533, 353–364.
- Cipolla, S. S., Maglionico, M., and Stojkov, I. (2016). “A long-term hydrological modelling of an extensive green roof by means of SWMM.” *Ecological Engineering*, Elsevier B.V., 95, 876–887.
- Debusk, K. M., Asce, M., Wynn, T. M., Ph, D., and Asce, M. (2011). “Storm-Water Bioretention for Runoff Quality and Quantity Mitigation.” *Journal of Environmental Engineering*, 137(9), 800–808.
- Hai, D. M. (2020). “Optimal Planning of Low-Impact Development for TSS Control in the Upper Area of the Cau Bay River.” *Water*, 553(12), 0–15.
- Lewis A. Rossman. (2010). “Storm Water Management Model User’s Manual, Version 5.0.” United States Environment Protection Agency, EPA/600/R-(July), 285.
- Loc, H., Babel, M., Weesakul, S., Irvine, K., and Duyen, P. (2015). “Exploratory Assessment of SUDS Feasibility in Nhieu Loc-Thi Nghe Basin, Ho Chi Minh City, Vietnam.” *British Journal of Environment and Climate Change*, 5(2), 91–103.
- Nash, J. E., and Sutcliffe, J. V. (1970). “River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles.” *J. Hydrol.*, 3(10), 282–290.
- Peng, Z., Jinyan, K., Wenbin, P., Xin, Z., and Yuanbin, C. (2019). “Effects of Low-Impact Development on Urban Rainfall Runoff under Different Rainfall Characteristics.” *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(2), 771–783.
- Qin, H., Li, Z., and Fu, G. (2013). “The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics.” *Journal of Environmental Management*, Elsevier Ltd, 129, 577–585.
- Rushton, B. (2001). “Low Impact of Parking Lot Design Reduces Runoff and Pollutant Loads.” *J. Water Resour. Plan. Manag.*, 127(3), 172–179.

**Astract:**  
**THE EFFECT OF DESIGN STORM CHARACTERISTICS ON LOW- IMPACT  
DEVELOPMENTPRACTICES FOR RAINFALL RUN OFF CONTROL**

*An increase in impervious areas leads to change in storm runoff in term of both increased peak discharges and decreased concentration time, causing urban inundation. To dealing with such a problem, runoff control at a site surrounding its generated source (Low Impact Development –LID) has been intensively considered. This paper aims to evaluate effect of design storm characteristics on performance of various LID scenarios for reduction in both volumes and peak discharges. LID scenarios are combinations of green roofs, permeable pavements and bio retentions. SWMM model (Storm Water Management Model) is utilized to compare runoffs of LID scenarios to that of non-LID scenarios. The results indicate that an increase in returnperiods of storm events induced reduction in control efficiencies of both rainfall volume and peak discharges. Conversely, an increase in rainfall durationscaused anincrease in reduction efficiencies of both rainfall volume and peak discharges. The effect of different time to peakon control efficiency of storm runoff is not obvious.Runoff reduction efficiency of bioretention is the highest among three LIDs. The outcomes of this paper provide better understanding for selection and design of LID.*

**Keywords:** SWMM 5.1, LID, Cau Ba river basin, design storms

---

*Ngày nhận bài: 17/3/2020*

*Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2020*