

Thiết kế không gian tuyến phố nhằm cải thiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt đô thị nhiệt đới

Street canyon design for improving urban microclimate and outdoor thermal comfort in tropical cities

> TS NGÔ HOÀNG NGỌC DŨNG, TS TỔNG NGỌC TÚ*

Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: tutn@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Quá trình đô thị hóa nhanh tại các đô thị của Việt Nam đang khiến hiệu ứng đảo nhiệt đô thị gia tăng và làm giảm tiện nghi nhiệt ngoài trời, đặc biệt tại các tuyến đường giao thông nội đô và khu vực đi bộ. Nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của các đặc điểm không gian tuyến phố, bao gồm hướng tuyến phố và tỷ lệ không gian, đến vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ngoài trời tại một khu dân cư ven đô thuộc TP Hà Tĩnh thông qua mô phỏng vi khí hậu bằng phần mềm ENVI-met. Các thông số vi khí hậu được phân tích gồm nhiệt độ không khí (T_a), nhiệt độ bức xạ trung bình (T_{mrt}), tốc độ gió (W_s) và chỉ số nhiệt độ tương đương sinh lý (PET). Kết quả cho thấy các tuyến phố định hướng Đông Bắc - Tây Nam và Bắc - Nam có điều kiện tiện nghi nhiệt tốt hơn đáng kể so với các tuyến Đông - Tây và Tây Bắc - Đông Nam. Đồng thời, các tuyến phố có tỷ lệ H/W trong khoảng từ 2 đến 3 cho hiệu quả giảm nhiệt và cải thiện tiện nghi nhiệt rõ rệt nhờ tăng khả năng che bóng và giảm bức xạ nhiệt trực tiếp cho người đi bộ. Nghiên cứu cũng khẳng định vai trò quan trọng của việc kiểm soát tính chất không gian các tuyến phố đến vi khí hậu và tiện nghi nhiệt. Các kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở khoa học cho quy hoạch đô thị thích ứng khí hậu tại Hà Tĩnh nói riêng và các đô thị có khí hậu nhiệt đới nói chung.

Từ khóa: Tiện nghi nhiệt ngoài trời; vi khí hậu đô thị; thiết kế không gian đường phố; ENVI-met; nhiệt độ tương đương sinh lý; hạ tầng xanh; quy hoạch đô thị thích ứng khí hậu; Hà Tĩnh.

ABSTRACT

Rapid urbanisation in Vietnamese cities has intensified the Urban Heat Island (UHI) effect and compromised outdoor thermal comfort, particularly along inner-city streets and pedestrian zones. This study investigates the influence of street canyon characteristics—specifically orientation and spatial aspect ratios—on microclimate and outdoor thermal comfort within a peri-urban residential area in Ha Tinh City with ENVI-met simulations. The scenarios of consideration were developed to evaluate the impacts of street orientation and height-to-width ratios (H/W) on key microclimatic parameters, including Air Temperature (T_a), Mean Radiant Temperature (T_{mrt}), Wind Speed (W_s), and the Physiologically Equivalent Temperature (PET). The findings demonstrate that Northeast-Southwest and North-South oriented streets provide significantly superior thermal comfort compared to East-West and Northwest-Southeast orientations. Furthermore, street canyons with H/W ratios between 2 and 3 exhibited the most effective heat reduction and thermal comfort improvement by enhancing shading capacity and minimizing direct solar radiation for pedestrians. This research underscores the critical role of regulating spatial urban geometry in managing microclimates. The results provide a scientific foundation for climate-adaptive urban planning in Ha Tinh and other tropical urban environments.

Keywords: Outdoor thermal comfort; urban microclimate; street canopy design; ENVI-met; Physiology Equivalent Temperature; green infrastructure; climate-responsive urban planning; Ha Tinh City.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại Việt Nam, quá trình đô thị hóa đang làm thay đổi cấu trúc không gian và suy giảm chất lượng vi khí hậu đô thị, trong khi tình trạng nắng nóng ngày càng gia tăng. Nhiều nghiên cứu cho thấy quá trình bê tông hóa và thay thế bề mặt tự nhiên đã tác động rõ rệt đến vi khí hậu đô thị. Ở Hà Nội và TP.HCM, nhiệt độ bề mặt tại các khu vực đô thị hóa nhanh cao hơn vùng ngoại ô tới 3,3°C [1],

đồng thời xuất hiện nhiều khu vực có nhiệt độ bề mặt vượt 32°C vào năm 2016, trong khi năm 1996 mức tối đa chỉ khoảng 30°C [2].

Các đô thị quy mô nhỏ tại Việt Nam cũng đang trải qua quá trình mở rộng không gian đô thị mạnh mẽ. Tại Hà Tĩnh, diện tích đất xây dựng dự kiến tăng gần bốn lần, đạt khoảng 1.500 ha vào năm 2030 so với năm 2014 [3]. Tuy nhiên, đây là đô thị dễ bị tổn thương trước nắng nóng cực đoan. Nghiên cứu của Ngo và cộng sự [4] cho thấy

khu vực trung tâm đô thị Hà Tĩnh có điều kiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt bất lợi hơn so với khu vực nông thôn, trong khi các vùng ngoại ô cũng đang trong quá trình mở rộng đô thị. Một giải pháp quan trọng nhằm giảm tác động nắng nóng là thiết kế hệ thống đường phố để cải thiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ngoài trời. Tuy nhiên, các nghiên cứu về ảnh hưởng của hình thái đường phố trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm ở Việt Nam còn hạn chế, đặc biệt tại các đô thị nắng nóng như Hà Tĩnh. Vì vậy, nghiên cứu này tập trung đánh giá tác động của thiết kế không gian tuyến phố tới vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ngoài trời tại TP Hà Tĩnh, nhằm hỗ trợ quy hoạch và thiết kế đô thị thích ứng với nắng nóng và biến đổi khí hậu.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Không gian tuyến phố, vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ngoài trời

Các nghiên cứu quốc tế cho thấy tỷ lệ hình học - tỷ lệ giữa chiều cao công trình (H) và chiều rộng đường phố (W) là thông số quan trọng quyết định khả năng tạo bóng mát, thông gió và kiểm soát nhiệt trong không gian đường phố [5]. Nghiên cứu của Jamei [6] cho thấy việc tăng tỷ lệ H/W trong điều kiện khí hậu nóng ẩm có thể làm giảm đáng kể nhiệt độ không khí nhờ tăng khả năng che bóng bức xạ mặt trời. Santana và cộng sự [7] chỉ ra các tuyến phố có tỷ lệ H/W lớn hơn 2 có điều kiện tiện nghi nhiệt vào mùa hè được cải thiện nhờ bóng đổ từ công trình giúp giảm nhiệt độ bức xạ trung bình của các bề mặt.

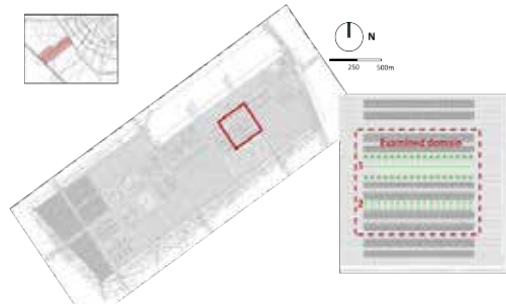
Bên cạnh tỷ lệ hình học, hướng tuyến đường cũng được xem là yếu tố quyết định khả năng tiếp nhận bức xạ mặt trời của không gian đường phố. Nhiều nghiên cứu tại các vùng khí hậu nóng cho thấy các tuyến phố định hướng Đông - Tây thường nhận bức xạ trực tiếp vào buổi sáng và buổi chiều cao hơn các hướng còn lại [8]. Ngược lại, các tuyến phố theo hướng Bắc - Nam hoặc Tây Bắc - Đông Nam có tiện nghi nhiệt tốt hơn do có bóng mát từ công trình vào các giờ nắng nóng.

2.2. Khoảng trống nghiên cứu

Các nghiên cứu về ảnh hưởng của hình thái đường phố đến tiện nghi nhiệt ngoài trời phần lớn được thực hiện tại các đô thị ở vùng ôn đới, cận nhiệt hoặc khí hậu khô nóng [6], [7]. Các nghiên cứu trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, đặc biệt tại Việt Nam, vẫn còn tương đối hạn chế. Hơn nữa, phần lớn các nghiên cứu tập trung vào các đô thị lớn như Hà Nội hay TP.HCM, trong khi các đô thị trung tâm đang mở rộng nhanh như Hà Tĩnh chưa được nghiên cứu đầy đủ. Hiện nay, chưa có các hướng dẫn định lượng về hình thái đường phố thích ứng khí hậu phù hợp với bối cảnh đô thị Việt Nam, đặc biệt liên quan đến mối quan hệ giữa tỷ lệ hình học và hướng tuyến đối với tiện nghi nhiệt ngoài trời. Vì vậy, việc nghiên cứu tác động tổng hợp của các yếu tố không gian đường phố đến vi khí hậu tại Hà Tĩnh có ý nghĩa quan trọng cả về mặt khoa học và thực tiễn, góp phần bổ sung cơ sở dữ liệu phục vụ quy hoạch và thiết kế đô thị thích ứng biến đổi khí hậu tại Việt Nam.

3. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Khu vực nghiên cứu là một khu dân cư ở vùng ven đô, nay thuộc phường Hà Huy Tập, nằm về phía Tây Nam đô thị trung tâm tỉnh Hà Tĩnh (Hình 1). Khu vực có khí hậu nhiệt đới gió mùa, với đặc trưng nhiệt độ cao và lượng mưa lớn theo mùa. Không gian hiện trạng chủ yếu bao gồm các công trình nhà ở thấp tầng, phân bố thưa thớt và đất nông nghiệp. Khu vực này nằm trong không gian mở rộng đô thị trọng điểm của Hà Tĩnh, vì vậy cảnh quan không gian hiện hữu sẽ chuyển đổi từ các bề mặt tự nhiên và đất nông nghiệp sang không gian có nhiều công trình xây dựng đô thị cùng hệ thống đường phố mới [9].



Hình 1. Bản đồ chú thích khu vực và giới hạn không gian của vùng được nghiên cứu

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

4.1. Chỉ số đánh giá tiện nghi nhiệt và công cụ mô phỏng

Nghiên cứu sử dụng chỉ số nhiệt độ sinh lý tương đương (Physiological Equivalent Temperature - PET, °C) để đánh giá tiện nghi nhiệt ngoài trời. PET được định nghĩa là nhiệt độ không khí trong môi trường trong nhà tiêu chuẩn mà tại đó cân bằng nhiệt cơ thể tương đương với điều kiện môi trường thực tế [10]. Chỉ số này được tính toán dựa trên nhiệt độ không khí (T_a), độ ẩm tương đối (RH), tốc độ gió (W_s), nhiệt độ bức xạ trung bình (T_{mrt}), mức chuyển hóa năng lượng, khả năng cách nhiệt của quần áo và đặc tính trao đổi nhiệt của cơ thể [11]. PET hiện là một trong những chỉ số phổ biến nhất trong nghiên cứu tiện nghi nhiệt ngoài trời.

Do Việt Nam chưa có thang phân loại PET riêng cho khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, nghiên cứu sử dụng hệ thống phân loại PET của Singapore [12] để đánh giá cảm nhận nhiệt (Bảng 1). Singapore có điều kiện khí hậu tương đồng với Việt Nam nên hệ thống này được xem là phù hợp cho trường hợp Hà Tĩnh. Các thông số cá nhân được hiệu chỉnh theo điều kiện mùa hè địa phương với mức cách nhiệt quần áo $Clo = 0,5$ và suất chuyển hóa năng lượng 141,48 W.

Bảng 1. Các mức cảm nhận nhiệt tương ứng với giá trị PET được sử dụng cho trường hợp nghiên cứu

Cảm nhận nhiệt	Khoảng PET (°C)
Rất lạnh	Không áp dụng
Lạnh	Không áp dụng
Mát	Không áp dụng
Hơi mát	20 - 24
Trung tính	24 - 30
Hơi ấm	30 - 34
Ấm	34 - 38
Nóng	38 - 42
Rất nóng	> 42

Để tính toán chỉ số PET cùng các thông số vi khí hậu khác gồm nhiệt độ không khí (T_a), tốc độ gió (W_s), nhiệt độ bức xạ trung bình (T_{mrt}) được tính toán trên phần mềm ENVI-met. Công cụ này cho phép mô phỏng đồng thời các quá trình trao đổi nhiệt, bức xạ, thông gió, bốc thoát hơi nước và cân bằng năng lượng trong môi trường đô thị với độ tin cậy cao [13, 14].

4.2. Thiết lập mô hình

Vùng mô phỏng có diện tích 300 m x 300 m (Hình 1), với độ phân giải lưới được lựa chọn là 3 x 3 m nhằm đảm bảo khả năng mô phỏng chi tiết điều kiện vi khí hậu người đi bộ. Phương án không gian được xây dựng dựa trên đồ án quy hoạch chi tiết khu dân cư xã Thạch Đài (cũ) đã được phê duyệt năm 2019. Tất cả công trình trong mô hình được giả định có chiều cao 12 m, tương đương bốn tầng, phù hợp với định hướng phát triển nhà ở thấp tầng trong quy hoạch khu vực. Với cấu hình này, tỷ lệ hình học không gian đường phố (H/W) dao động từ khoảng 0.25 đến 0.5. Trục đường chính trong mô

hình được bố trí theo hướng Đông Bắc - Tây Nam, đồng thời các phương án xoay hướng tuyến khác nhau cũng được thiết lập nhằm đánh giá ảnh hưởng của định hướng đường phố đến vi khí hậu.

4.3. Dữ liệu khí tượng, vật liệu và cây xanh

Dữ liệu khí tượng dùng cho mô phỏng ENVI-Met được trích xuất từ Trạm khí tượng thủy văn Hà Tĩnh vào ngày 9/7/2024 tại độ cao 1,5 m so với mặt đất, tương ứng với tầm hoạt động của người đi bộ. Đây là ngày nắng nóng, không mưa và ít mây, phù hợp cho nghiên cứu về tiện nghi nhiệt ngoài trời và đảo nhiệt đô thị.

Các thông số vật liệu và thảm thực vật được thiết lập dựa trên điều kiện xây dựng phổ biến tại Việt Nam và thư viện ENVI-met đã

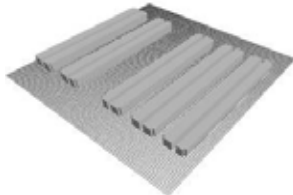
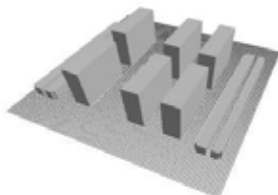
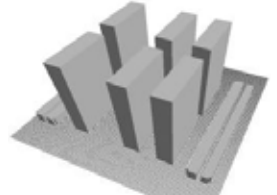
Bảng 2. Dữ liệu mô hình của trường hợp nghiên cứu

	Tường	Mái	Mặt lát bê tông (sáng màu)	Lớp phủ nhựa asphalt	Cỏ tự nhiên	Cây xanh tán trung bình	Đất nền (0-20 cm/ 20-50 cm/ 50-200 cm)
Chiều dày (m)	0.30	0.15	-	-	-	-	-
Hệ số hấp thụ	0.70	0.70	0.20	0.90	0.50	-	-
Hệ số phản xạ	0.30	0.30	0.80	0.10	0.50	-	-
Hệ số phát xạ	0.90	0.90	0.20	0.90	0.50	-	-
Độ ẩm (%)	-	-	-	-	-	-	60 / 70 / 85
Nhiệt độ (°C)	-	-	-	-	-	-	25 / 23 / 21
Chiều cao (m)	-	-	-	-	-	5 - 15	-
Mật độ diện tích lá, LAD (m²/m³)	-	-	-	-	-	2	-

4.4. Xây dựng các kịch bản nghiên cứu

Để đánh giá ảnh hưởng của hình thái đường phố đến tiện nghi nhiệt ngoài trời, nghiên cứu xây dựng ba nhóm kịch bản chính dựa trên sự thay đổi của tỷ lệ hình học không gian đường phố (H/W). Các yếu tố khác như vật liệu bề mặt, cấu hình công trình và cây xanh được giữ không đổi nhằm

Bảng 3. Thông tin, dữ liệu mô hình của các kịch bản nghiên cứu

Kịch bản	A				B				C			
Mô hình 3D												
Kịch bản thành phần	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
Tỷ lệ chiều cao / chiều rộng (H/W)	0.25 ÷ 1				1 ÷ 2				2 ÷ 3			
Hướng tuyến đường	Đ-T	B-N	ĐB-TN	TB-ĐN	Đ-T	B-N	ĐB-TN	TB-ĐN	Đ-T	B-N	ĐB-TN	TB-ĐN
Chiều cao cây xanh (m) (Kịch bản cơ sở)	5-15	5-15	5-15	5-15	5-15	5-15	5-15	5-15	5-15	5-15	5-15	5-15

- Nhóm A: H/W ≈ 0,25 – 1 với 4 kịch bản A1, A2, A3, A4
- Nhóm B: H/W ≈ 1 – 2 với 4 kịch bản B1, B2, B3, B4
- Nhóm C: H/W ≈ 2 – 3 với 4 kịch bản C1, C2, C3, C4

Việc lựa chọn các khoảng tỷ lệ H/W và hướng tuyến dựa trên các nghiên cứu trước đây về vi khí hậu đường phố trong điều kiện khí hậu nóng ẩm và nhiệt đới [4], [6]. Cách tiếp cận này cho phép đánh giá riêng biệt ảnh hưởng của hình thái không gian đường phố đến điều kiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ở cao độ người đi bộ.

5. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

5.1. Ảnh hưởng của hướng tuyến phố

Kết quả mô phỏng cho thấy các tuyến phố hướng Bắc - Nam và Đông Bắc - Tây Nam có giá trị PET thấp hơn rõ rệt so với các hướng

hiệu chỉnh. Tường công trình giả định là tường gạch hoàn thiện vữa xi măng, mái bê tông cốt thép; vỉa hè sử dụng bê tông sáng màu và lòng đường phủ asphalt nhằm phản ánh điều kiện phổ biến của các khu đô thị mới. Các hệ số hấp thụ, phản xạ, phát xạ nhiệt của vật liệu cùng độ ẩm và nhiệt độ đất được tổng hợp trong Bảng 2.

Về hệ thực vật, nghiên cứu sử dụng hai nhóm cây xanh gồm cây tán trung bình cao khoảng 15 m dọc đại lộ chính và cây tán nhỏ cao khoảng 5 m tại các tuyến phố hẹp. Chỉ số mật độ diện tích lá (LAD) được chọn là 2 m²/m³, phù hợp với cây xanh đô thị nhiệt đới. Dải phân cách trung tâm được phủ cỏ tự nhiên như hiện trạng.

đảm bảo khả năng so sánh trực tiếp giữa các trường hợp. Trong mỗi nhóm, bốn hướng tuyến đường được xem xét gồm: Đông - Tây, Bắc - Nam, Đông Bắc - Tây Nam và Tây Bắc - Đông Nam. Tổng cộng có 12 kịch bản mô phỏng được xây dựng và tổng hợp trong Bảng 3.

khác. Ở mọi phương án tỷ lệ hình học không gian đường phố, PET tại các tuyến phố hướng Bắc - Nam và Đông Bắc - Tây Nam (A2, A3, B2, B3, C2, C3) thấp hơn khoảng 10°C so với các tuyến hướng Đông - Tây và Tây Bắc - Đông Nam.

Nhiệt độ bức xạ trung bình (Tmrt) giảm tới 13°C khi thay đổi hướng tuyến phố từ Đông - Tây (A1) sang Bắc - Nam (A2). Điều này được lý giải bởi sự khác biệt về khả năng che bóng của công trình trong điều kiện trời quang mây, đặc biệt vào thời điểm 15:00 khi bức xạ mặt trời đạt cường độ cao.

Hình 2 cho thấy sự biến thiên của chỉ số PET đối với các hướng tuyến phố trong trường hợp H/W ~ 2 tại thời điểm 15:00. Kết quả cho thấy ảnh hưởng của hướng tuyến phố và hướng công trình tới Tmrt và PET rõ rệt hơn nhiều so với nhiệt độ không khí (Ta) và tốc độ gió (Ws).

Bảng 4. Giá trị trung vị của PET, nhiệt độ không khí (Ta), nhiệt độ bức xạ trung bình (Tmrt) và tốc độ gió (Ws) đối với các hướng tuyến phố thuộc nhóm tỷ lệ hình học thấp (0,25–1) - Kịch bản A

	A1	A2	A3	A4
Hướng tuyến phố	Đông – Tây	Bắc – Nam	Đông Bắc – Tây Nam	Tây Bắc – Đông Nam
PET	55,40	43,80	44,00	52,00
Ta	35,35	35,40	35,76	35,18
Tmrt	64,10	51,19	51,26	51,58
Ws	0,73	0,75	0,95	0,79

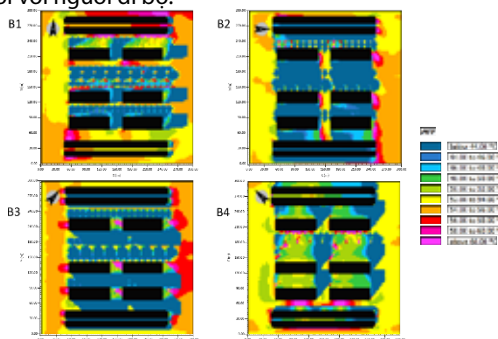
Bảng 5. Giá trị trung vị của PET, nhiệt độ không khí (Ta), nhiệt độ bức xạ trung bình (Tmrt) và tốc độ gió (Ws) đối với các hướng tuyến phố thuộc nhóm tỷ lệ hình học trung bình (1–2) - Kịch bản B

	B1	B2	B3	B4
Hướng tuyến phố	Đông – Tây	Bắc – Nam	Đông Bắc – Tây Nam	Tây Bắc – Đông Nam
PET	47,40	42,36	41,80	50,60
Ta	35,46	35,38	35,56	35,13
Tmrt	50,32	48,28	47,77	49,08
Ws	0,83	0,85	1,07	0,33

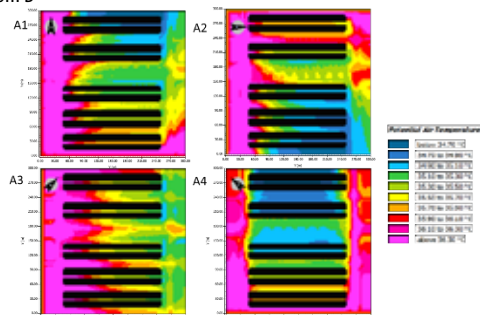
Bảng 6. Giá trị trung vị của PET, nhiệt độ không khí (Ta), nhiệt độ bức xạ trung bình (Tmrt) và tốc độ gió (Ws) đối với các hướng tuyến phố thuộc nhóm tỷ lệ hình học lớn (2–3) - Kịch bản C

	C1	C2	C3	C4
Hướng tuyến phố	Đông – Tây	Bắc – Nam	Đông Bắc – Tây Nam	Tây Bắc – Đông Nam
PET	46,60	42,00	40,96	48,00
Ta	34,96	35,17	35,34	34,58
Tmrt	49,05	47,22	46,26	47,27
Ws	0,76	0,75	0,98	0,37

Giá trị Tmrt bất lợi nhất được ghi nhận tại các tuyến phố hướng Đông – Tây, nơi Tmrt luôn cao hơn khoảng 2–3°C so với các cấu hình còn lại. Trong khi đó, giá trị PET cao nhất xuất hiện tại các tuyến phố hướng Tây Bắc – Đông Nam trong các tuyến phố có H/W cao. Nguyên nhân chủ yếu là do bề mặt đường phố ở các hướng Đông – Tây và Tây Bắc – Đông Nam chịu bức xạ mặt trời trực tiếp mạnh vào buổi chiều, dẫn đến gia tăng đáng kể nhiệt độ bức xạ và cảm giác nóng đối với người đi bộ.



Hình 2. Biến thiên không gian của chỉ số PET vào lúc 15:00 ngày 9/7/2024 đối với các kịch bản nhóm B



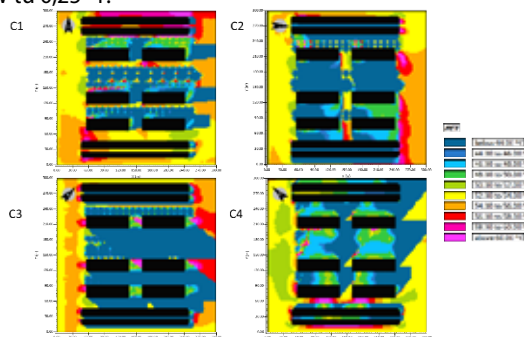
Hình 3. Biến thiên không gian của Ta vào lúc 15:00 ngày 9/7/2024 đối với các tuyến phố thuộc kịch bản nhóm A

Nhìn chung, kết quả mô phỏng cho thấy các tuyến phố định hướng Đông Bắc - Tây Nam và Bắc - Nam tạo điều kiện môi trường nhiệt thuận lợi hơn vào buổi chiều mùa hè, qua đó cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời cho người đi bộ trong khí hậu nhiệt đới nóng ẩm.

Sự phân bố nhiệt độ không khí của các tuyến phố có công trình cao 12 m (H/W nhỏ) (nhóm A) theo các hướng khảo sát tại thời điểm 15:00 được thể hiện trong Hình 3. Bảng 4, 5 và 6 tổng hợp kết quả của toàn bộ kịch bản nghiên cứu. Kết quả cho thấy chênh lệch nhiệt độ không khí trung vị giữa các kịch bản tương đối nhỏ, không vượt quá 0,6°C.

5.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ hình học không gian đường phố

Ảnh hưởng của tỷ lệ hình học không gian đường phố (H/W) đối với chỉ số PET được thể hiện trong Hình 4 và các Bảng 4, 5, 6. Kết quả cho thấy các tuyến phố có H/W từ 2–3 giúp giảm nhiệt độ bức xạ trung bình (Tmrt) và chỉ số PET hiệu quả hơn so với các tuyến phố có H/W từ 0,25–1.



Hình 4. Phân bố không gian của chỉ số PET vào lúc 15:00 (ngày 9/7/2024) đối với các kịch bản nhóm C

Tuy nhiên, ảnh hưởng của tỷ lệ hình học đến nhiệt độ không khí nhỏ hơn đáng kể so với tác động đến tiện nghi nhiệt ngoài trời. Mức giảm nhiệt độ không khí khi tăng tỷ lệ chiều cao trên chiều rộng (H/W) không vượt quá 0,5°C. Ngược lại, nhiệt độ bức xạ trung bình

(T_{mr}) nhạy cảm hơn nhiều với hiệu ứng che bóng do hình thái không gian tạo ra. Xu hướng chung cho thấy giá trị T_{mr} giảm dần khi tỷ lệ H/W tăng lên.

Mức giảm T_{mr} lớn nhất, khoảng 12°C, đạt được khi chiều cao công trình tăng từ 12 m lên 48 m trên tuyến phố hướng Đông - Tây. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng lên 96 m, hiệu quả giảm nhiệt không còn rõ rệt, với mức giảm bổ sung tối đa chỉ khoảng 2°C tại tuyến phố hướng Tây Bắc - Đông Nam. Điều này cho thấy hiệu quả che bóng giảm dần khi tỷ lệ hình học đạt đến một ngưỡng nhất định.

Chỉ số PET có xu hướng biến thiên tương đồng với T_{mr}. Khi tỷ lệ chiều cao trên chiều rộng (H/W) tăng, giá trị PET giảm đáng kể, giúp cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời. Các tuyến phố có H/W lớn cho thấy điều kiện nhiệt tốt hơn rõ rệt cho người đi bộ, với chênh lệch PET giữa phố sâu và phố nông có thể vượt 14°C.

Điều kiện tiện nghi nhiệt tốt nhất đạt được khi tỷ lệ H/W xấp xỉ 3. Khi vượt quá ngưỡng này, lượng bức xạ mặt trời trên bề mặt đường phố thay đổi không đáng kể, trong khi có thể làm giảm chất lượng không gian thị giác và cảm nhận đô thị. Vì vậy, H/W = 3 được xem là tỷ lệ phù hợp đối với đường phố trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm. Ngoài ra, tỷ lệ hình học lớn còn giúp cải thiện đồng đều tiện nghi nhiệt ở cả hai phía tuyến phố nhờ hiệu quả che bóng tăng lên.

6. KẾT LUẬN

Kết quả phân tích từ kịch bản cơ sở và các phương án mô phỏng cho thấy hướng tuyến đường và tỷ lệ chiều cao công trình trên chiều rộng đường phố (H/W) ảnh hưởng rõ rệt đến tiện nghi nhiệt ngoài trời và vi khí hậu đô thị.

Các tuyến phố có tỷ lệ H/W từ 2-3 giúp cải thiện đáng kể điều kiện nhiệt ở tầng đi bộ và được xem là phù hợp với khí hậu nhiệt đới nóng ẩm của Hà Tĩnh cũng như nhiều đô thị Việt Nam. Kết quả này tương đồng với một số nghiên cứu tại Singapore [6], nơi các tuyến phố có H/W cao cho hiệu quả che nắng và cải thiện vi khí hậu tốt hơn. Tuy nhiên, tỷ lệ H/W lớn hơn 3 không còn phù hợp do khó đáp ứng quy định quy hoạch, đồng thời làm giảm độ mở không gian, hệ số nhìn thấy bầu trời (Sky View Factor-SVF), gây cảm giác chật hẹp và giảm chất lượng thẩm mỹ thị giác.

Nghiên cứu cũng cho thấy việc kiểm soát bức xạ mặt trời cần được xem xét đồng thời với định hướng tuyến đường và hình học không gian phố. Trong bốn hướng khảo sát, các tuyến Tây Bắc - Đông Nam và Đông - Tây chịu tác động nhiệt bất lợi hơn do bức xạ trực tiếp mạnh vào buổi chiều, trong khi các tuyến Đông Bắc - Tây Nam và Bắc - Nam có điều kiện tiện nghi nhiệt tốt hơn nhờ khả năng tạo bóng đổ hiệu quả hơn. Kết quả này nhấn mạnh vai trò của chiến lược tạo bóng mát cho không gian giao thông công cộng và không gian đi bộ.

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và gia tăng nhiệt độ cực đoan tại Việt Nam, cải thiện vi khí hậu tuyến phố không chỉ mang ý nghĩa môi trường mà còn góp phần thúc đẩy giao thông bền vững, tăng sức hấp dẫn đối với người đi bộ và xe đạp, qua đó giảm phụ thuộc vào phương tiện cá nhân sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn đối với quy hoạch và thiết kế đô thị thích ứng khí hậu tại Hà Tĩnh và các đô thị nhiệt đới Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoan, N.T., Liou, Y.A., Nguyen, K.A., Sharma, R.C., Tran, D.P., Liou, C.L., Cham, D.D. Assessing the effects of land-use types in surface urban heat islands for developing comfortable living in Hanoi City. *Remote Sensing*, 10(12), pp. 1-24, 2018, <https://doi.org/10.3390/rs10121965>.
- [2] Son, N.T., Chen, C.F., Chen, C.R., Thanh, B.X., Vuong, T.H. Assessment of urbanization and urban heat islands in Ho Chi Minh City, Vietnam using Landsat data.

Sustainable Cities and Society, 30, pp. 150-161, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.01.009>.

[3] UBND tỉnh Hà Tĩnh. Thuyết minh phương án điều chỉnh quy hoạch chung TP Hà Tĩnh và vùng phụ cận (cũ) - Tầm nhìn đến năm 2050, Hà Tĩnh, 2015.

[4] Ngo, D., Breesch, H., Motoasca, E., Versele, A., Pham, C. Analysis of outdoor thermal conditions in different neighbourhood typologies of Ha Tinh City, Vietnam. *Proceedings of PLEA 2020 - Planning Post Carbon Cities*, pp. 1-8, 2020.

[5] Qaid, A., Ossen, D.R. Effect of asymmetrical street aspect ratios on microclimates in hot, humid regions. *International Journal of Biometeorology*, 59(6), pp. 657-677, 2015, <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0878-5>.

[6] Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M., Jamei, Y. Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, pp. 1002-1017, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104>.

[7] Santana, M.V.E., Lopes, A.M.S., Carvalho, M.M. Urban morphology and microclimate: Contributions for outdoor thermal comfort in tropical cities. *Urban Climate*, 34, p. 100718, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100718>.

[8] Yang, W., Wong, N.H., Li, C.Q. Effect of street design on outdoor thermal comfort in an urban street in Singapore. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(1), p. 05015003, 2016, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000285](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000285).

[9] UBND tỉnh Hà Tĩnh. Thuyết minh phương án quy hoạch phân khu xã Thạch Đài, TP Hà Tĩnh (cũ). Hà Tĩnh, 2019.

[10] Hoppe, P. The physiological equivalent temperature - A universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), pp. 71-75, 1999.

[11] Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M.G. Applications of a universal thermal index: Physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), pp. 76-84, 1999, <https://doi.org/10.1007/s004840050119>.

[12] Yang, W., Wong, N.H., Jusuf, S.K. Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. *Building and Environment*, 59, pp. 426-435, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.008>.

[13] Acero, J.A., Herranz-Pascual, K. A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environment*, 93, pp. 245-257, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.06.028>.

[14] Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., Theodosiou, T. Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications - A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, pp. 55-76, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.009>.