

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP LÀM MÁT THỤ ĐỘNG TẠI KHU CÔNG NGHIỆP TRÀ NÓC I, THÀNH PHỐ CẦN THƠ

Phan Kiều Diễm¹, Trần Gia Hồng^{1,*}, Nguyễn Kiều Diễm¹,

Ngô Hoàng Ngọc Dũng², Nguyễn Thị Hoàng Anh³

¹ *Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Đại học Cần Thơ*

² *Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*

³ *Sinh viên ngành Quản lý đất đai K47, Đại học Cần Thơ*

**Email: tghong@ctu.edu.vn*

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả của các giải pháp làm mát thụ động tại Khu công nghiệp (KCN) Trà Nóc I, thành phố Cần Thơ, bằng mô phỏng vi khí hậu đô thị với phần mềm ENVI-Met. Thời gian khảo sát là tháng 02/2025, địa điểm nghiên cứu là khu vực điển hình của KCN có diện tích 34.435,1 m². Mô hình mô phỏng được kiểm chứng, có độ tin cậy cao với hệ số tương quan giữa kết quả mô phỏng và kết quả quan trắc thực địa là $R^2 > 0,91$ và sai số RMSE = 0,93. Nghiên cứu phân tích vi khí hậu của 10 kịch bản, trong đó có áp dụng các giải pháp khác nhau bao gồm: Thay đổi vật liệu bề mặt (nhựa đường, thép), điều chỉnh mật độ cây xanh đa tầng và các kịch bản tổng hợp. Kết quả chỉ ra rằng, các giải pháp đơn lẻ mang lại hiệu quả khác nhau: Nhóm thay đổi vật liệu (VL) giúp giảm nhiệt độ bức xạ trung bình (T_{mrt}) từ 0,18 - 4,03°C nhưng ít tác động đến nhiệt độ không khí (Ta), kịch bản điều chỉnh cây xanh giúp giảm Ta từ 0,02 - 0,11°C và T_{mrt} từ 0,3 - 1,21°C so với hiện trạng. Hiệu quả làm mát cao nhất được ghi nhận tại kịch bản tổng hợp (TH_3), trong đó Ta giảm 0,16°C, đặc biệt T_{mrt} giảm đến 5,44°C và tốc độ gió tăng thêm 0,13 m/s, giúp cải thiện đáng kể điều kiện vi khí hậu. Nghiên cứu đề xuất việc kết hợp đồng bộ giữa vật liệu phản xạ thấp và hệ thống cây xanh tán dày là giải pháp quan trọng để giảm thiểu tích tụ nhiệt và nâng cao chất lượng môi trường làm việc tại các KCN.

Từ khóa: Đảo nhiệt đô thị, ENVI-Met, giảm nhiệt thụ động, Cần Thơ, khu công nghiệp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Từ thế kỷ 21, nền kinh tế toàn cầu đã phát triển nhanh chóng và nền công nghiệp đã giúp làm tăng nhanh quá trình phát triển đô thị [1]. Công nghiệp phát triển mang lại sự tăng trưởng về kinh tế, nhưng nó cũng gây ra các vấn đề môi trường nghiêm trọng, như nhiệt lượng tỏa ra từ các hoạt động sản xuất công nghiệp dẫn đến hiện tượng đảo nhiệt đô thị (Urban Heat Island - UHI) [2, 3]. Trong những năm gần đây, đã có nhiều nghiên cứu về giảm thiểu hiệu ứng UHI như phát triển hệ thống cây xanh đường phố [4], hình thái đô thị và công trình [5], vườn trên mái [6] và các vật liệu có hệ số phản xạ nhiệt khác nhau [7]. Phần mềm ENVI-Met có thể mô phỏng nhiều loại vi khí hậu và có khả năng trực quan hóa tốt, đây cũng là phần mềm mô phỏng vi khí hậu phổ biến nhất hiện nay; được các nhà nghiên cứu sử dụng rộng rãi trong quy hoạch đô thị và kiến trúc cảnh quan để cải thiện chất lượng không khí [8] và

giảm thiểu hiệu ứng đảo nhiệt đô thị [9 - 11], cùng với nhiều ứng dụng khác.

Thành phố Cần Thơ là trung tâm kinh tế của vùng đồng bằng sông Cửu Long, có vai trò quan trọng trong du lịch, vận tải và các hoạt động thương mại trong khu vực. Diễn biến hiệu ứng UHI tại thành phố Cần Thơ đã được Nguyễn Kiều Diễm và Phan Kiều Diễm (2022) [12] nghiên cứu, cho thấy đang tăng nhanh và tập trung chủ yếu ở các KCN, nhà máy nhiệt điện, khu dân cư mật độ xây dựng cao với mức đảo nhiệt tăng từ 6,98°C (năm 2014) lên đến 8,96°C (năm 2020) và nhiệt độ bề mặt trung bình tăng 1,25°C trong 6 năm (2014 - 2020). Trong đó, KCN Trà Nóc I là một trong những KCN trọng điểm tại thành phố Cần Thơ với diện tích 135 ha, tỷ lệ xây dựng đạt 100% và là nơi tập trung đông đảo các nhà máy, xí nghiệp thuộc các lĩnh vực cơ khí, thức ăn chăn nuôi, thủy hải sản. Đây cũng là nơi diễn ra hoạt động sản xuất, chuyên chở hàng hóa, di chuyển

liên tục của các phương tiện giao thông nên tại khu vực này có nhiệt độ bề mặt cao, với nhiệt độ bề mặt lên đến $40,8^{\circ}\text{C}$ [13]. Do đó, nghiên cứu lựa chọn 1 khu vực trong KCN Trà Nóc I để tiến hành phân tích hiệu quả của các kịch bản giảm nhiệt, nhằm mục đích đánh giá định lượng hiệu quả giảm nhiệt của các giải pháp cải thiện cảnh quan, bao gồm tăng cường không gian xanh và tối ưu hóa vật liệu bề mặt. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học và các đề xuất thực tiễn cho công tác quy hoạch, cải thiện chất lượng môi trường vi khí hậu tại các KCN có mật độ xây dựng cao trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu nghiên cứu



Hình 1. Khu vực mô phỏng

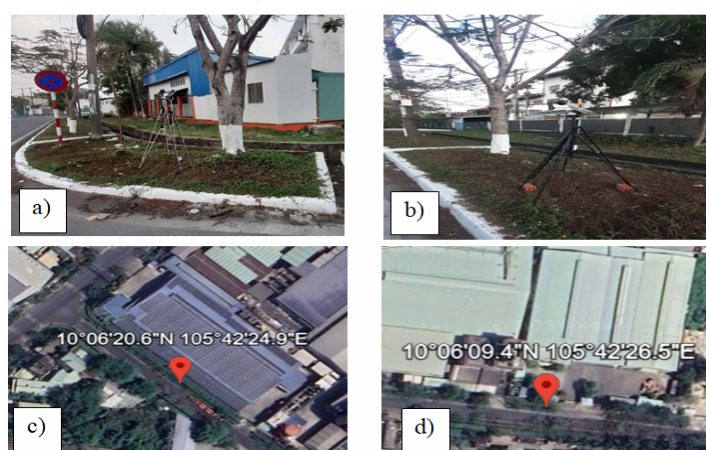
2.1.2. Dữ liệu vi khí hậu

Dữ liệu vi khí hậu được thu thập từ ngày 25 tháng 02 năm 2025 đến ngày 28 tháng 02 năm 2025, thông qua các thiết bị HOBO MX2302, Kestrel 5500 và máy đo nhiệt độ Lutron (WBGT

2.1.1. Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu đã lựa chọn khu vực mô phỏng là Công ty Cổ phần Thức ăn Chăn nuôi có diện tích $34.435,1 \text{ m}^2$. Đây là địa điểm điển hình cho cấu trúc hạ tầng công nghiệp tại thành phố Cần Thơ với các đặc trưng: Tỷ lệ bề mặt bị bê tông hóa cao, hệ thống nhà xưởng mái thép san sát và tình trạng thiếu hụt cây xanh nghiêm trọng. Những yếu tố này khiến khu vực trở thành một “điểm nóng” về nhiệt độ bề mặt (lên đến $40,8^{\circ}\text{C}$), gây ảnh hưởng trực tiếp đến môi trường làm việc. Với phạm vi được chọn mô phỏng như vậy, mô hình mô phỏng trên phần mềm ENVI-Met được xây dựng có số lưới theo phương x, y, z lần lượt là 50, 50, 25 ô, với kích thước mỗi ô lưới là 4 mét.

Lutron 2010SD), thu thập các số liệu nhiệt độ không khí, độ ẩm và tốc độ gió, thiết bị đo được lắp đặt ở độ cao 1,6 m so với mặt đất và chu kỳ ghi nhận dữ liệu là 10 phút/lần, thiết bị được đặt tại 2 vị trí như sau:



Hình 2. Điểm đo ở Công ty Cổ phần Thức ăn Chăn nuôi (a), Công ty Bao bì Cần Thơ (b), tọa độ tại Công ty Cổ phần Thức ăn Chăn nuôi (c), tọa độ tại Công ty Bao bì Cần Thơ (d)

- Vị trí thứ 1: Công ty Bao bì Cần Thơ có vị trí nằm ở đường số 1 của KCN, hai bên đường có trồng cây xanh có tán thưa, với độ cao từ 3 – 5 m, nằm gần các nhà máy chế biến thủy - hải sản và sản xuất bia. Số liệu đo của điểm này được dùng để đưa vào tệp khí hậu của mô phỏng.

- Vị trí thứ 2: Thiết bị được đặt tại Công ty Cổ phần Thức ăn Chăn nuôi, nằm tại đường số 3 của KCN. Vị trí này có các đặc điểm về cây xanh và cấu trúc tương tự như điểm đo thứ 1. Dữ liệu đo tại điểm này được sử dụng để kiểm tra độ tin cậy của kết quả mô phỏng.

2.2. Mô phỏng các kịch bản giảm nhiệt

2.2.1. Đầu vào mô phỏng

Để thực hiện mô phỏng bằng phần mềm ENVI-Met, nghiên cứu thực hiện 2 nội dung chính:

- Thiết lập không gian mô phỏng: Xây dựng bố cục khu vực dựa trên kích thước thực tế của môi trường xây dựng và hình thái đô thị (tòa nhà, cây xanh, vật liệu bề mặt). Các yếu tố này được số hóa thông qua hệ thống ô lưới, trong đó kích thước ô lưới tỷ lệ thuận với độ phân giải và tính chi tiết của mô hình.

- Tệp khí hậu đầu vào: Thiết lập tệp dữ liệu khí hậu bao gồm: Vị trí địa lý, nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu quan trắc thực tế vào ngày tiêu biểu (28/02/2025) với chức năng “Simple Forcing”. Quá trình mô phỏng kéo dài 12 giờ, bắt đầu từ 6:00 sáng.

2.2.2. Kiểm chứng độ tin cậy của mô hình mô phỏng

Nghiên cứu sử dụng hệ số tương quan Pearson và chỉ số sai số bình phương trung bình (RMSE)

để kiểm định kết quả mô phỏng của kịch bản hiện trạng so với kết quả đo thực tế. Trong đó:

- Hệ số tương quan Pearson giúp đo lường mức độ liên hệ tuyến tính giữa các thông số vi khí hậu được ghi nhận từ thực địa và đầu ra của mô hình, với giá trị nằm trong khoảng từ -1 đến 1. Công thức tính hệ số tương quan Pearson [14] được thể hiện như sau:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \times \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Trong đó: X_i và Y_i là giá trị của thông số đo tại điểm khảo sát thứ nhất và thứ hai; $\bar{X}$ và $\bar{Y}$ là giá trị trung bình của các dữ liệu tương ứng; n là số lượng mẫu dữ liệu.

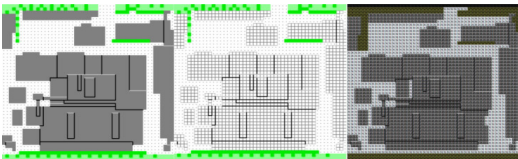
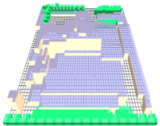
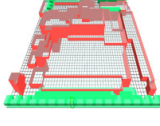
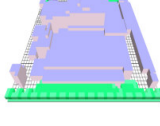
- Chỉ số sai số bình phương trung bình (RMSE) là một chỉ số thống kê được sử dụng phổ biến để đánh giá độ chính xác của mô hình dự báo hoặc mô phỏng. RMSE giúp đo lường độ lệch trung bình giữa các giá trị dự báo (hoặc mô phỏng) và giá trị thực tế (quan trắc) bằng cách tính căn bậc hai của trung bình bình phương sai số [15].

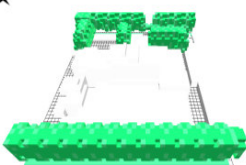
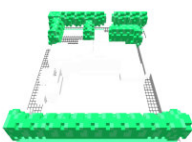
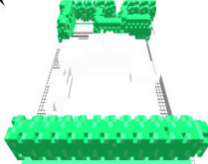
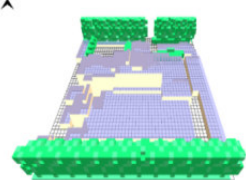
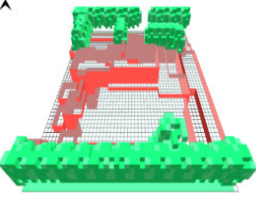
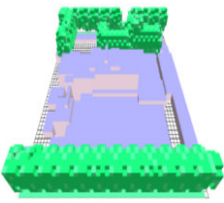
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2}{N}}$$

Trong đó: F_i là giá trị mô phỏng; O_i là giá trị quan trắc; N là tổng số các cặp điểm.

2.2.3. Kịch bản giảm nhiệt

Bảng 1. Chi tiết thành phần của các kịch bản

Hiện trạng	 Vật liệu hấp thụ nhiệt cao (thép, nhựa đường). Cây xanh thấp (5 m), mật độ trung bình		
Nhóm kịch bản vật liệu (VL)	 a) VL_1: Thay thế bằng vật	 b) VL_2: Sử dụng công nghệ vật liệu tiên tiến: Bê	 c) Cải thiện cấu trúc bề mặt (VL_3): Tường bê

	liệu thụ động, Shading plexiglass và bê tông/nhựa đường tiêu chuẩn	tông quang hoạt tính và Plexiglass	tông rỗng, mái Wetroof (cách nhiệt lỏng) và nền bê tông sáng màu
Nhóm kịch bản cây xanh (CX)	 d) CX_1: Tập trung vào chiều cao và độ dày tán: Nâng chiều cao cây lên 15 m (89 cây), tăng kích thước thân	 e) CX_2: Tập trung vào số lượng và đa tầng: Tăng lên 102 cây (nhiều nhất), kết hợp cây cao (15 m) và cây thấp (5 m).	 f) CX_3: Tập trung vào chất lượng tán: Sử dụng ít cây hơn (79 cây) nhưng 100% là cây thân lớn, tán dày và cao 15 m
Nhóm kịch bản tổng hợp (TH)	 g) TH_1: Kết hợp vật liệu thụ động (VL_1) và chiến lược cây xanh cao tầng (CX_1)	 h) Kết hợp vật liệu quang hoạt tính (VL_2) và chiến lược đa tầng, số lượng lớn (CX_2)	 i) Kết hợp mái Wetroof (VL_3) và cây thân lớn tán dày (CX_3)

Việc đề xuất các kịch bản giảm nhiệt trong nghiên cứu này được xây dựng trên hai nền tảng chính: Cơ sở khoa học từ các nghiên cứu quốc tế và đặc điểm thực tiễn của khu vực nghiên cứu. Trên cơ sở tổng hợp các công trình trước đây, nghiên cứu xác định hai nhóm giải pháp then chốt gồm: Thay đổi vật liệu bề mặt (độ phản xạ cao và vật liệu cách nhiệt) và tăng cường hệ thống cây xanh (về chiều cao, mật độ, số lượng và chất lượng tán). Kết quả nghiên cứu của Mohammad Taleghani và cs (2016) [4], Edward Ng và cs (2012) [6], Bonggeun Song và Kyunghun Park (2015) [7], Umberto Berardi và Jonathan Graham (2020) [10] đã chứng minh hiệu quả làm mát của từng nhóm giải pháp riêng lẻ cũng như khi kết hợp áp dụng tất cả các nhóm giải pháp này. Đồng thời, từ thực trạng khu vực mô phỏng tại Công ty Cổ phần Thức ăn Chăn nuôi (KCN Trà Nóc I) có tỷ lệ bề mặt cứng cao, mái thép hấp thụ nhiệt mạnh, cây xanh thưa thớt và nhiệt độ bề mặt lên tới 40,8°C, nghiên cứu đã thiết kế 10 kịch bản bao

gồm: 01 kịch bản hiện trạng, 3 kịch bản vật liệu (VL), 3 kịch bản cây xanh (CX) và 3 kịch bản tổng hợp (TH). Đặc điểm của các kịch bản được thể hiện ở bảng 1.

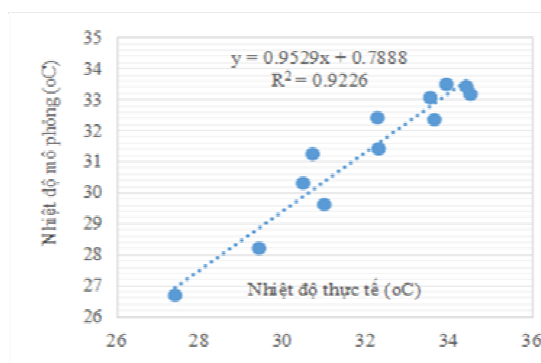
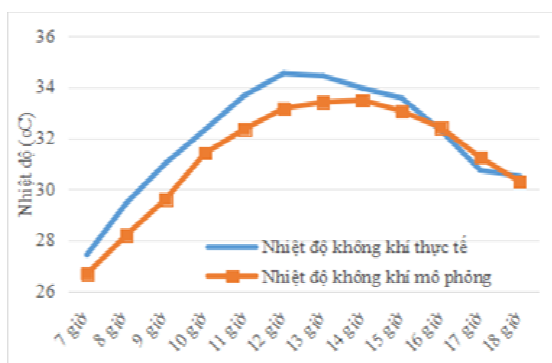
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả kiểm chứng độ tin cậy của mô hình

So sánh dữ liệu vi khí hậu được mô phỏng trên mô hình ENVI-Met với dữ liệu được quan trắc tại khu vực nghiên cứu cho thấy:

- Mức độ tương quan: Kết quả phân tích cho thấy, giá trị $R^2 > 0,91$ và RMSE là 0,93. Đây là mức tương quan rất cao, khẳng định mô hình ENVI-Met có khả năng mô phỏng sát với diễn biến thực tế của vi khí hậu tại khu vực.

- Xu hướng biến động: Biểu đồ tương quan cho thấy sự biến động nhiệt độ giữa hai giá trị không đáng kể. Cả nhiệt độ thực tế và mô phỏng đều có xu hướng tăng dần từ 6 giờ sáng, đạt đỉnh vào khoảng từ 12 giờ trưa đến 2 giờ chiều và sau đó giảm dần.



Hình 3. Biểu đồ biến thiên nhiệt độ không khí (trái). Biểu đồ tương quan giữa kết quả mô phỏng nhiệt độ không khí và nhiệt độ không khí quan trắc (phải)

3.2. Hiệu quả giảm nhiệt của các kịch bản

Nhóm kịch bản vật liệu tập trung thay thế các vật liệu bề mặt truyền thống như nhựa đường, thép đơn lớp bằng các vật liệu có tính cách nhiệt và phản xạ cao (tường thụ động, bê tông quang hoạt tính, Wetroof). Kết quả mô phỏng cho thấy, đây là nhóm có tác động thấp nhất đến nhiệt độ không khí, với mức giảm chỉ từ 0,02 - 0,05°C. Tuy nhiên, nhóm VL lại thể hiện vai trò quan trọng trong việc ngăn chặn bức xạ nhiệt bề mặt, giúp giảm nhiệt độ bức xạ từ 0,18 - 4,03°C. Điều này là do các vật liệu cách nhiệt tốt và màu sắc sáng đã giúp giảm thiểu đáng kể lượng bức xạ nhiệt truyền đến cơ thể người, đồng thời hỗ trợ tăng nhẹ tốc độ gió (đạt tối đa 1,33 m/s), tạo điều kiện lưu thông không khí tốt hơn tại các khu vực sản xuất.

Nhóm kịch bản thay đổi cây xanh (CX) mang lại hiệu quả làm mát rõ rệt hơn nhờ vào khả năng che bóng và quá trình thoát hơi nước của thực vật. Bằng cách điều chỉnh cơ cấu chủng loại, ưu tiên các loại cây thân lớn, tán dày và cao 15 m (như trong CX_K1 và CX_K2), diện tích bóng râm được mở rộng, giúp ngăn cản bức xạ mặt trời trực tiếp xuống bề mặt đất. Kết quả cho thấy, nhóm này giảm nhiệt độ không khí từ 0,02 - 0,11°C và nhiệt độ bức xạ từ 0,3 - 1,21°C so với hiện trạng.

Nhóm kịch bản tổng hợp (TH) thể hiện hiệu quả tốt nhất khi kết hợp đồng thời các giải pháp về vật liệu phản xạ và cây xanh tối ưu. Sự tương hỗ giữa việc giảm hấp thụ nhiệt từ bề mặt vật liệu và tăng cường độ che phủ của cây xanh đã tạo ra hiệu quả làm mát cộng hưởng, với mức giảm nhiệt độ không khí lên tới 0,16°C và nhiệt độ bức xạ giảm đến 5,44°C so với kịch bản hiện trạng.

Đặc biệt, các kịch bản này còn giúp tốc độ gió tăng thêm khoảng 0,13 m/s, hỗ trợ quá trình lưu thông không khí và tản nhiệt cho khu vực nghiên cứu. Như vậy có thể khẳng định, kịch bản tổng hợp (đặc biệt là TH_K3) là giải pháp tối ưu nhất, không chỉ giúp giảm nhiệt độ hiệu quả mà còn cải thiện đáng kể sự thoải mái về nhiệt cho công nhân và cảnh quan KCN Trà Nóc I.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự tương đồng với kết quả của nhiều nghiên cứu trước về cơ chế điều tiết vi khí hậu của vật liệu và cây xanh. Cụ thể, hiệu quả giảm nhiệt độ bức xạ của nhóm kịch bản vật liệu (VL) phù hợp với nhận định rằng, các vật liệu có suất phản xạ cao và khả năng cách nhiệt giúp giảm hấp thụ bức xạ mặt trời nhưng ít ảnh hưởng đến nhiệt độ không khí [7, 8]. Trong khi đó, nhóm kịch bản cây xanh (CX) cho thấy hiệu quả rõ rệt hơn đối với cả nhiệt độ không khí và nhiệt độ bức xạ, phù hợp với các nghiên cứu nhấn mạnh vai trò của bóng râm và quá trình thoát hơi nước trong làm mát môi trường đô thị [4, 6]. Đặc biệt, hiệu quả vượt trội của các kịch bản tổng hợp (TH) cho thấy sự cộng hưởng giữa hai nhóm giải pháp, tương đồng với kết quả của các nghiên cứu trước đây khi kết hợp vật liệu phản xạ và cây xanh giúp tối ưu hóa cân bằng năng lượng và cải thiện vi khí hậu đô thị một cách toàn diện [10, 11].

Mặc dù khía cạnh kinh tế - tài chính chưa được phân tích chuyên sâu trong phạm vi nghiên cứu này. Tuy nhiên, đây là yếu tố quan trọng cần được tích hợp trong các nghiên cứu tiếp theo nhằm đánh giá toàn diện tính khả thi của các giải pháp giảm nhiệt trong KCN. Trong tương lai, các nghiên cứu tiếp theo cần tích hợp phân tích chi phí - lợi ích của các kịch bản đề xuất, qua đó làm

rõ hiệu quả đầu tư, chi phí vận hành và khả năng nhân rộng, không chỉ cho KCN Trà Nóc I mà còn cho các KCN có điều kiện tương tự. Các kết quả trên là tiền đề quan trọng hỗ trợ các cơ quan quản lý trong việc ra quyết định quy hoạch cảnh quan và cải thiện môi trường nhiệt cho các KCN có đặc điểm tương tự.

4. KẾT LUẬN

Việc áp dụng đơn lẻ các giải pháp vật liệu chỉ mang tính chất cải thiện cục bộ bề mặt. Trong khi đó, cây xanh đóng vai trò chủ đạo trong việc nâng cao cảm giác tiện nghi nhiệt thông qua bóng râm và quá trình thoát hơi nước. Tuy nhiên, để đạt được hiệu suất giảm nhiệt tối ưu cho các KCN tập trung nhiều nhà xưởng và vật liệu hấp thụ nhiệt mạnh như nhựa đường hay mái tôn, việc triển khai các kịch bản tổng hợp (TH) là giải pháp khả thi và hiệu quả nhất. Cụ thể, kịch bản tối ưu (TH₃) có thể giúp giảm nhiệt độ không khí khoảng 0,16°C và giảm nhiệt độ bức xạ trung bình lên đến 5,44°C, cao hơn rõ rệt so với các giải pháp đơn lẻ, cho thấy hiệu ứng cộng hưởng giữa vật liệu và cây xanh trong việc điều hòa vi khí hậu. Kết quả này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho công tác quy hoạch cảnh quan và lựa chọn vật liệu xây dựng bền vững tại thành phố Cần Thơ và các khu vực có điều kiện tương tự.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Cần Thơ, Mã số: T2025-49.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. UNIDO (2021). Industrial development Report 2022. The Future of Industrialization in a Post. *Pandemic World*, 129 - 149.
- [2]. Giulia Guerria, Alfonso Criscia, Luca Congedob, Michele Munafòb & Marco Morabito (2022). A functional seasonal thermal hot-spot classification: Focus on industrial sites. *Sci Total Environ*, 806, 151383.
- [3]. Carina Inácio Portelaa, Klécia Gili Massia, Thanan Rodriguesb & Enner Alcântara (2020). Impact of urban and industrial features on land surface temperature: Evidences from satellite thermal indices. *Sustainable cities and society*, 56, 102100.
- [4]. Mohammad Taleghani, David Sailor & George A Ban-Weiss (2016). Micrometeorological

simulations to predict the impacts of heat mitigation strategies on pedestrian thermal comfort in a Los Angeles neighborhood. *Environ, Res, Lett*, 11(2), 024003. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/024003>.

[5]. Umberto Berardi & Yupeng Wang (2016). The effect of a denser city over the urban microclimate: The case of Toronto. *Sustainability*, 8, 822. DOI:10.3390/su8080822.

[6]. Edward Ng, Liang Chen, Yingna Wang & Chao Yuan (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment*, 47, 256 - 271. DOI:10.1016/j.buildenv.2011.07.014

[7]. Bonggeun Song & Kyunghun Park (2015). Contribution of greening and high-albedo coatings to improvements in the thermal environment in complex urban areas. *Advances in Meteorology*, 4, 1 - 14. DOI:10.1155/2015/792172.

[8]. Annett Waniaa, Michael Bruseb, Nadège Blonda & Christiane Weber (2012). Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. *Journal of Environmental Management*, 94, 91 - 111.

[9]. Yupeng Wang, Umberto Berardi & Hashem Akbari (2016). Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. *Energy Build*, 2 - 19.

[10]. Umberto Berardi & Jonathan Graham (2020). Investigation of the impacts of microclimate on PV energy efficiency and outdoor thermal comfort. *Sustainable Cities and Society*, 62, 102402.

[11]. Umberto Berardi, Zahra Jandaghian & Jonathan Graham (2020). Effects of greenery enhancements for the resilience to heat waves: A comparison of analysis performed through mesoscale (WRF) and microscale (ENVI-Met) modeling. *Science of the Total Environment*, 747, 141300. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141300>.

[12]. Nguyễn Kiều Diễm và Phan Kiều Diễm (2022). Theo dõi đảo nhiệt bề mặt đô thị tại thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 58(4A): 35 - 44.

[13]. Phạm Duy Tường, Ngô Thị Duy An, Danh Tính, Lê Tuyết Trân, Mai Thị Như Hoa, Nguyễn Kiều Diễm, Trần Gia Hồng & Phan Kiều Diễm (2025). Phân tích thực trạng và các yếu tố tác động đến đảo nhiệt đô thị tại thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 61(2): 1 - 12. <https://doi.org/10.22144/ctujos.2025.047>.

[14]. Karl Pearson (1896). Mathematical contributions to the theory of evolution. III.

Regression, heredity, and panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, A*, 187, 253 - 318.

[15]. Timothy O. Hodson (2022). Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MEA): When to use them or not. *Geoscientific Model Development*, 15(14): 5481 - 5487. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-5481-2022>.

RESEARCH ON LANDSCAPE COOLING STRATEGIES IN TRA NOC I INDUSTRIAL PARK, CAN THO CITY

**Phan Kieu Diem¹, Tran Gia Hong¹, Nguyen Kieu Diem¹,
Ngo Hoang Ngoc Dung², Nguyen Thi Hoang Anh³**

¹*Faculty of Environment and Natural Resources, Can Tho University*

²*Faculty of Architecture and Planning, Hanoi University of Civil Engineering*

³*Student of Land Management, Course 47, Can Tho University*

Abstract

This study evaluates the effectiveness of passive cooling solutions at the Tra Noc I Industrial Zone, Can Tho city, using urban microclimate simulation with ENVI-Met software. The survey period was February 2025 and the study site was a representative area of the industrial zone covering 34,435.1 m². The simulation model was validated with high reliability, achieving a correlation coefficient of $R^2 > 0.91$ and an RMSE error of 0.93 between simulated and field-measured results. The study analyzed the microclimate across 10 scenarios incorporating various interventions, including: Surface material changes (asphalt, steel), adjustments to multi-layered vegetation density and combined scenarios. The results indicate that individual solutions yield varying levels of effectiveness: The material-change group (VL) reduced mean radiant temperature (T_{mrt}) by 0.18 - 4.03°C but had minimal impact on air temperature (T_a); the vegetation adjustment scenarios reduced T_a by 0.02°C to 0.11°C and T_{mrt} by 0.3°C to 1.21°C compared to the baseline. The highest cooling performance was recorded in the combined scenario (TH_3), in which T_a decreased by 0.16°C, T_{mrt} decreased significantly by up to 5.44°C and wind speed increased by 0.13 m/s, resulting in a marked improvement in microclimatic conditions. The study recommends the synchronized integration of low-reflectance materials and dense-canopy vegetation systems as a key strategy for mitigating heat accumulation and enhancing the working environment quality in industrial zones.

Keywords: *Urban heat island, passive cooling, Can Tho, industrial zone.*

Ngày nhận bài: 14/4/2026

Ngày chuyển phản biện: 18/5/2026

Ngày thông qua phản biện: 3/6/2026

Ngày duyệt bài: 19/6/2026