

TẠP CHÍ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ – CHUYÊN ĐỀ TRUYỀN THÔNG & POLICY

LỘ TRÌNH LÀM MÁT BỀN VỮNG HƯỚNG TỚI CÔNG TRÌNH TRUNG HÒA CARBON (NET-ZERO) TẠI VIỆT NAM: ĐÁNH GIÁ THỰC NGHIỆM VÀ MÔ PHỎNG NĂNG LƯỢNG ĐA KỊCH BẢN

Chuyên gia Truyền thông & Truyền thông Chính sách^{1*}, Nhóm Nghiên cứu Viện Sinh thái và Môi trường²

¹Bộ phận Truyền thông Chiến lược, Nhóm Nghiên cứu Phát triển Bền vững

²Viện Sinh thái và Môi trường (EEI), Hà Nội, Việt Nam

TÓM TẮT

Nhu cầu làm mát gia tăng nhanh chóng trong khu vực công trình thương mại tại Việt Nam đang gây áp lực nặng nề lên lưới điện quốc gia, trở thành điểm nghẽn chính trong lộ trình tiến tới mục tiêu Net-Zero vào năm 2050. Nghiên cứu này trình bày đánh giá đa khu vực toàn diện về hiệu suất năng lượng, vi khí hậu và chất lượng không khí trong nhà (IAQ) tại 15 công trình thương mại điển hình (khách sạn, văn phòng, trung tâm thương mại) thuộc Hà Nội, Đà Nẵng và TP. Hồ Chí Minh. Bằng cách kết hợp đo đạc thực địa với mô phỏng năng lượng động lực học qua phần mềm OpenStudio/EnergyPlus, nghiên cứu đã chỉ ra các khiếm khuyết kiến trúc cốt lõi như hiệu suất lớp vỏ bao che kém và sự tích tụ CO₂ trong nhà, đồng thời đánh giá các kịch bản cải tạo mục tiêu. Kết quả cho thấy chiến lược kết hợp (Cải tạo vỏ bao che + Nâng cấp HVAC + Điện mặt trời mái nhà) giúp giảm tới 42% tổng năng lượng tiêu thụ của công trình. Trong khi điện mặt trời mái nhà đạt thời gian thu hồi vốn nhanh (8–9 năm), các giải pháp cải tạo sâu vỏ bao che lại đòi hỏi chi phí đầu tư ban đầu cao và thời gian hoàn vốn kéo dài (>50 năm). Nghiên cứu đề xuất lộ trình chính sách và vận hành chiến lược cho việc giảm carbon khu vực công trình thương mại trong điều kiện khí hậu nhiệt đới.

Từ khóa: Làm mát bền vững, Công trình Net-Zero, Mô phỏng năng lượng công trình, Chất lượng không khí trong nhà, Cải tạo động lực học, Chuyển dịch năng lượng Việt Nam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển kinh tế nhanh chóng và tốc độ đô thị hóa gia tăng tại Việt Nam đã thúc đẩy tiêu chuẩn ngày càng cao về tiện nghi nhiệt trong nhà. Đồng thời, biến đổi khí hậu làm gia tăng nhiệt độ trung bình và tần suất các đợt nắng nóng cực đoan trên toàn quốc. Hệ quả là, hệ thống làm mát không khí trở thành tác nhân tiêu thụ điện năng lớn nhất trong các công trình thương mại. Theo báo cáo của IFC và Bộ Xây dựng, chi phí năng lượng cho làm mát chiếm 34% tổng điện năng văn phòng tại Hà Nội, 41% tại Đà Nẵng và đỉnh điểm 44% tại TP. Hồ Chí Minh.

Tuy nhiên, việc điều tiết vi khí hậu nhân tạo đang tạo ra những mâu thuẫn lớn giữa an ninh năng lượng, sức khỏe người sử dụng và mục tiêu giảm phát thải. Các không gian kín thiếu thông gió thường dẫn đến Hội chứng Nhà kín (SBS), đặc trưng bởi sự tích tụ nguy hiểm của khí CO₂ và hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC). Để thực thi cam kết COP26 về đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050, Việt Nam bắt buộc phải chuyển đổi quỹ công trình thương mại sang mô hình làm mát bền vững, kết hợp hài hòa giữa hiệu suất năng lượng và tiêu chuẩn môi trường trong nhà.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng khung phương pháp luận tích hợp giữa đo đạc thực địa, khảo sát kiến trúc vỏ bao che và mô phỏng năng lượng động.

2.1. Đo đạc Thực địa

Khảo sát hiện trạng được tiến hành tại 15 công trình thuộc 3 vùng khí hậu: Hà Nội (Nhiệt đới gió mùa có mùa đông lạnh), Đà Nẵng (Nhiệt đới gió mùa trung bộ) và TP. Hồ Chí Minh (Nhiệt đới cận xích đạo). Các thông số quan trắc bao gồm: nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối, vận tốc gió, nhiệt độ bức xạ, bụi mịn PM2.5, CO₂, TVOC và vi sinh vật không khí. Thiết bị đo chuyên dụng (Testo 400 IAQ, máy lấy mẫu bụi SIBATA, Lutron 2010SD) được bố trí nghiêm ngặt theo TCVN 13521:2022 và dự thảo TCVN 14214:2024.

2.2. Mô phỏng Năng lượng và Tiêu chuẩn Đánh giá

Mô phỏng năng lượng và nhiệt động lực học được thực hiện trên nền tảng OpenStudio kết hợp động cơ EnergyPlus. Mô hình được hiệu chỉnh dựa trên dữ liệu thời tiết điển hình (TMY) và lịch trình vận hành thực tế. Các kịch bản cải tạo được chia thành: Pha 1 (Thiết kế thụ động vỏ bao che), Pha 2 (Nâng cấp chủ động HVAC), Pha 3 (Tích hợp điện mặt trời mái nhà) và Pha 4 (Kịch bản kết hợp). Hiệu quả kinh tế được phân tích thông qua Phân tích Chi phí - Lợi ích (CBA) áp biểu giá điện hiện hành (Quyết định 1279/QĐ-BCT).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ CHẨN ĐOÁN

3.1. Điểm Yếu Nhiệt Vỏ Bao Che và Vi Khí Hậu

Khảo sát thực địa cho thấy việc sử dụng quá nhiều kính không có giải pháp che nắng ngoài là nguyên nhân cốt lõi gây bức xạ nhiệt lớn. Nhiệt độ bề mặt kính mặt trong thường xuyên ghi nhận từ 34°C đến 45°C vào giờ cao điểm, gây mất tiện nghi bức xạ cục bộ nghiêm trọng. Thêm vào đó, độ ẩm tương đối trong nhà tại hầu hết các công trình vượt ngưỡng tối ưu 60–70% của TCVN 5687:2024, phản ánh sự yếu kém của hệ thống HVAC trong việc xử lý ẩm.

3.2. Bất cập về Chất lượng Không khí trong nhà (IAQ)

Mặc dù cấu trúc nhà kín giúp ngăn chặn hiệu quả bụi mịn PM2.5 từ bên ngoài (nồng độ PM2.5 trong nhà luôn đạt chuẩn <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), nhưng nó lại gây ra hiện tượng thiếu hụt thông gió nghiêm trọng. Nồng độ CO₂ tại các văn phòng mật độ cao và phòng khách sạn kín liên tục vượt ngưỡng an toàn (1.000 ppm), thậm chí đạt đỉnh từ 1.500–1.800 ppm tại một số văn phòng và khách sạn trong danh sách khảo sát. Các hệ thống HVAC hiện hữu đang quá tập trung vào tải làm lạnh mà bỏ qua lưu lượng cấp khí tươi bắt buộc.

4. MÔ PHỎNG GIẢI PHÁP VÀ PHÂN TÍCH CHI PHÍ - LỢI ÍCH

Kết quả mô phỏng đa kịch bản khẳng định tiềm năng giảm phát thải và tiết kiệm năng lượng vượt trội khi áp dụng các giải pháp cải tạo đồng bộ. Để bảo mật thông tin thương mại của các công trình tham gia khảo sát, kết quả dưới đây được tổng hợp theo loại hình công trình thay vì theo từng công trình cụ thể.

Bảng 1. Tóm tắt Hiệu quả Mô phỏng và Kết quả Tài chính theo Loại hình Công trình

Loại hình công trình	Số công trình	Tiết kiệm năng lượng kết hợp (Khoảng)	Tác nhân giảm chính	Hoàn vốn ĐMT (Năm)	Hoàn vốn kết hợp (Năm)
Trung tâm thương mại	1	~42%	Nâng cấp HVAC	~8,2	~13,7
Văn phòng / Tòa nhà thương mại	2	22% – 25%	Nâng cấp HVAC	8,0 – 8,5	>50 – >100
Khách sạn	2	15,5% – 20%	Nâng cấp HVAC	8,1 – 8,3	>50
Căn hộ dịch vụ / Nhà ở	1	~8,5%	Nâng cấp HVAC	~8,8	>100
Trường đại học / Công trình công	1	~10%	Thiết kế thụ động	~8,4	>50

Ghi chú: Số liệu được tổng hợp theo loại hình công trình trong phạm vi khảo sát. Tên, địa chỉ cụ thể và số liệu tiêu thụ nền của từng công trình không được công bố trong tài liệu truyền thông này.

Phân tích so sánh cho thấy hiện đại hóa hệ thống HVAC đóng góp tỷ trọng tiết kiệm điện lớn nhất ở hầu hết các loại hình công trình. Điện mặt trời mái nhà là giải pháp khả thi nhất về mặt thương mại với tỷ suất ROI cao và thời gian hoàn vốn ngắn (8–9 năm) dù với loại hình công trình nào. Ngược lại, giải pháp cải tạo cách nhiệt vỏ bao che đòi hỏi vốn đầu tư ban đầu rất lớn, dẫn đến thời gian hoàn vốn kéo dài từ 50 đến hơn 100 năm trong nhiều trường hợp. Các công trình có phụ tải nền lớn và liên tục — như trung tâm thương mại — thường đóng vai trò là "dự án mỏ neo" lý tưởng cho gói cải tạo kết hợp, đạt thời gian hoàn vốn kết hợp dưới 15 năm.

5. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH

Để đạt được mục tiêu công trình thương mại Net-Zero tại Việt Nam, cần triển khai chiến lược phân kỳ tích hợp:

- **Giai đoạn 1 (Tối ưu hóa Vận hành Ngắn hạn):** Điều chỉnh quy trình điều khiển HVAC để đảm bảo lưu lượng khí tươi bắt buộc, xử lý triệt để nguy cơ CO₂ cao mà không làm tăng tải lạnh peak.
- **Giai đoạn 2 (Đầu tư Hiệu quả Trung hạn):** Đẩy mạnh lắp đặt điện mặt trời mái nhà và thay thế thiết bị HVAC hiệu suất cao (COP cao) để thu hồi vốn nhanh và giảm phát thải tức thì.
- **Giai đoạn 3 (Cải tạo Sâu dài hạn):** Ban hành cơ chế tài chính ưu đãi (Tín dụng xanh), thị trường tín chỉ carbon và siết chặt Quy chuẩn Kỹ thuật QCVN 09 để thúc đẩy các dự án cải tạo vỏ bao che quy mô lớn.