

GIẢI PHÁP ỨNG DỤNG KIẾN TRÚC HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG CHO CÔNG TRÌNH CÔNG CỘNG TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

SOLUTIONS FOR EFFECTIVELY APPLYING QUALITY ARCHITECTURE TO COMMUNITY PROJECTS IN HO CHI MINH CITY

➤ **ThS. Nguyễn Lê Minh Quân** - *Tòa án Nhân dân tối cao*

➤ **ThS. Lê Thị Thanh Hằng** - *Sở Tài chính Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh*

➤ **NCS. Trần Nhật Quang** - *Sở Xây dựng Thành Phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. *Tác giả liên hệ: tnquang.sdh251@hamut.edu.vn*

Tóm tắt: Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, biến đổi khí hậu và nhu cầu sử dụng năng lượng trong công trình ngày càng tăng, kiến trúc hiệu quả năng lượng trở thành một định hướng quan trọng đối với công trình công cộng tại Thành phố Hồ Chí Minh. Nghiên cứu này hệ thống hóa cơ sở lý luận, điều kiện tự nhiên - kinh tế - xã hội và các nhóm giải pháp thiết kế nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong công trình công cộng. Trên cơ sở tổng quan tài liệu, phân tích đặc điểm khí hậu nóng ẩm của Thành phố Hồ Chí Minh, đối chiếu với các tiêu chí đánh giá công trình sử dụng năng lượng hiệu quả và kinh nghiệm thiết kế trong nước, quốc tế, bài báo đề xuất khung giải pháp gồm: quy hoạch tổng thể, tổ chức kiến trúc, lớp vỏ bao che, vật liệu - thiết bị kỹ thuật, quản lý vận hành, cây xanh và mô phỏng năng lượng. Kết quả cho thấy việc ứng dụng kiến trúc hiệu quả năng lượng vào công trình công cộng tại Thành phố Hồ Chí Minh là khả thi, có thể góp phần giảm tiêu thụ năng lượng, cải thiện tiện nghi vi khí hậu, giảm chi phí vận hành và nâng cao chất lượng phát triển đô thị bền vững.

Từ khóa: Kiến trúc hiệu quả năng lượng, công trình công cộng, tiết kiệm năng lượng, vi khí hậu.

1. Mở đầu

Năng lượng đang trở thành một biến số cốt lõi trong thiết kế, đầu tư và vận hành công trình xây dựng. Trong nhiều thập niên, các quyết định kiến trúc thường được dẫn dắt bởi công năng, thẩm mỹ và chi phí đầu tư ban đầu. Tuy nhiên, trước sức ép của đô thị hóa, biến đổi khí hậu, gia tăng nhiệt độ đô thị và chi phí vận hành công trình, hiệu quả sử dụng năng lượng cần được xem là một tiêu chí thiết kế có ảnh hưởng trực tiếp đến hình thái kiến trúc, tổ chức không gian và lựa chọn công nghệ. Trong bối cảnh đó, quan điểm “hình thức và công năng cùng hướng đến hiệu quả năng lượng” ngày càng phù hợp với yêu cầu phát triển công trình hiện đại [1, 2].

Thành phố Hồ Chí Minh là đô thị đặc biệt, có mật độ dân cư cao, tốc độ đô thị hóa nhanh và nhu

Abstract: In the context of rapid urbanization, climate change and increasing energy demand in buildings, energy efficient architecture has become an important design orientation for public buildings in Ho Chi Minh City. This study systematizes theoretical foundations, natural and socio-economic conditions, and design solutions to improve energy performance in public buildings. Based on a literature review, an analysis of the hot-humid climate of Ho Chi Minh City, and a comparison with energy-efficient building assessment criteria as well as domestic and international design experiences, the paper proposes an integrated framework of solutions, including master planning, architectural organization, building envelope, materials and technical systems, operation management, greenery, and energy simulation. The findings indicate that applying energy efficient architecture to public buildings in Ho Chi Minh City is feasible and can contribute to reducing energy consumption, improving microclimatic comfort, lowering operation costs, and enhancing the quality of sustainable urban development.

Key words: Energy efficient architecture, public buildings, energy saving, microclimate.

cầu phát triển hệ thống công trình công cộng ngày càng lớn. Các công trình như trường học, bệnh viện, trụ sở hành chính, trung tâm thương mại, nhà văn hóa, thư viện, nhà ga và công trình giao thông công cộng thường có cường độ sử dụng cao, thời gian vận hành dài, tập trung đông người và tiêu thụ nhiều năng lượng cho chiếu sáng, thông gió, điều hòa không khí, cấp nước và vận hành thiết bị. Do đó, nếu nhóm công trình này được thiết kế theo hướng hiệu quả năng lượng, lợi ích đạt được không chỉ nằm ở phạm vi từng công trình mà còn có tác động tích cực đến hạ tầng năng lượng, môi trường đô thị và chất lượng sống của cộng đồng [3, 4].

Đặc điểm khí hậu nhiệt đới nóng ẩm của Thành phố Hồ Chí Minh vừa đặt ra nhiều thách thức vừa tạo ra các điều kiện thuận lợi cho kiến trúc hiệu quả năng lượng [5]. Thách thức chính là bức xạ mặt trời

lớn, độ ẩm cao, nhu cầu làm mát cao và nguy cơ phụ thuộc quá mức vào hệ thống điều hòa không khí. Ngược lại, số giờ nắng, chế độ gió, cây xanh, mặt nước và điều kiện sinh khí hậu địa phương cũng mở ra khả năng khai thác chiếu sáng tự nhiên, thông gió tự nhiên, giải pháp che nắng, mái xanh, tường xanh, năng lượng mặt trời và các phương thức thiết kế thụ động [1, 6].

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này tập trung làm rõ ba vấn đề: (i) Cơ sở lý luận và thực tiễn của kiến trúc hiệu quả năng lượng đối với công trình công cộng; (ii) Các yếu tố đặc thù của Thành phố Hồ Chí Minh có ảnh hưởng đến khả năng ứng dụng; và (iii) Hệ thống giải pháp thiết kế, kỹ thuật và quản lý vận hành có thể áp dụng nhằm nâng cao hiệu quả năng lượng cho công trình công cộng trong điều kiện đô thị nóng ẩm.

2. Tổng quan nghiên cứu và cơ sở khoa học

Kiến trúc hiệu quả năng lượng có thể được hiểu là cách tiếp cận thiết kế và vận hành công trình nhằm giảm nhu cầu năng lượng trong toàn bộ vòng đời sử dụng, đồng thời duy trì hoặc nâng cao mức độ tiện nghi của người sử dụng [7]. Khác với cách hiểu đơn giản là “tiết kiệm điện”, kiến trúc hiệu quả năng lượng bao gồm cả năng lượng biểu hiện trong vật liệu, thi công, vận chuyển và năng lượng vận hành trong chiếu sáng, làm mát, thông gió, thiết bị, cấp thoát nước và quản lý công trình. Đây là một thành tố quan trọng của kiến trúc bền vững, có mối liên hệ trực tiếp với kiến trúc sinh khí hậu, kiến trúc xanh và công trình sử dụng năng lượng hiệu quả [1, 2, 8].

Đối với công trình công cộng, yêu cầu hiệu quả năng lượng cần được đặt trong quan hệ đồng thời giữa công năng, mật độ người dùng, tần suất sử dụng, khả năng thích ứng khí hậu và yêu cầu quản lý vận hành. Công trình công cộng không chỉ là nơi cung cấp dịch vụ đô thị mà còn là cấu phần tạo lập hình ảnh, bản sắc và chất lượng không gian đô thị. Vì vậy, các giải pháp tiết kiệm năng lượng không nên làm nghèo nàn giá trị kiến trúc, mà cần được tích hợp từ giai đoạn ý tưởng để tạo thành một cấu trúc thiết kế thống nhất giữa hình khối, mặt bằng, lớp vỏ, cảnh quan và hệ thống kỹ thuật [3, 9, 10].

Các hệ thống đánh giá công trình như QCVN 09:2017/BXD, LOTUS, EDGE, LEED, BREEAM hoặc Green Mark cho thấy xu hướng chung là chuyển từ đánh giá cảm tính sang đánh giá bằng tiêu chí định lượng. Các nhóm tiêu chí thường bao gồm năng lượng, nước, vật liệu, chất lượng môi trường trong nhà, vị trí, giao thông, quản lý vận hành và mức độ phát thải. Đối với điều kiện Việt Nam, QCVN 09:2017/BXD và các hướng dẫn kỹ

thuật liên quan là cơ sở quan trọng để kiểm soát lớp vỏ bao che, hệ thống chiếu sáng, điều hòa không khí, thiết bị và các chỉ tiêu sử dụng năng lượng trong công trình [4, 6, 11, 12].

Tại Thành phố Hồ Chí Minh, nền tảng khoa học của kiến trúc hiệu quả năng lượng xuất phát từ bốn nhóm yếu tố. *Thứ nhất* là điều kiện tự nhiên, bao gồm bức xạ, hướng nắng, hướng gió, nhiệt độ, độ ẩm, mưa, cây xanh và mặt nước. *Thứ hai* là điều kiện kinh tế - xã hội, thể hiện qua nhu cầu sử dụng lớn, tốc độ phát triển hạ tầng xã hội và áp lực giảm chi phí vận hành. *Thứ ba* là cơ chế chính sách, tiêu chuẩn, quy chuẩn và các chương trình thúc đẩy công trình xanh, tiết kiệm năng lượng. *Thứ tư* là khả năng ứng dụng khoa học công nghệ, gồm vật liệu mới, thiết bị hiệu suất cao, năng lượng tái tạo, hệ thống quản lý tòa nhà và công cụ mô phỏng năng lượng [13].

3. Phương pháp nghiên cứu

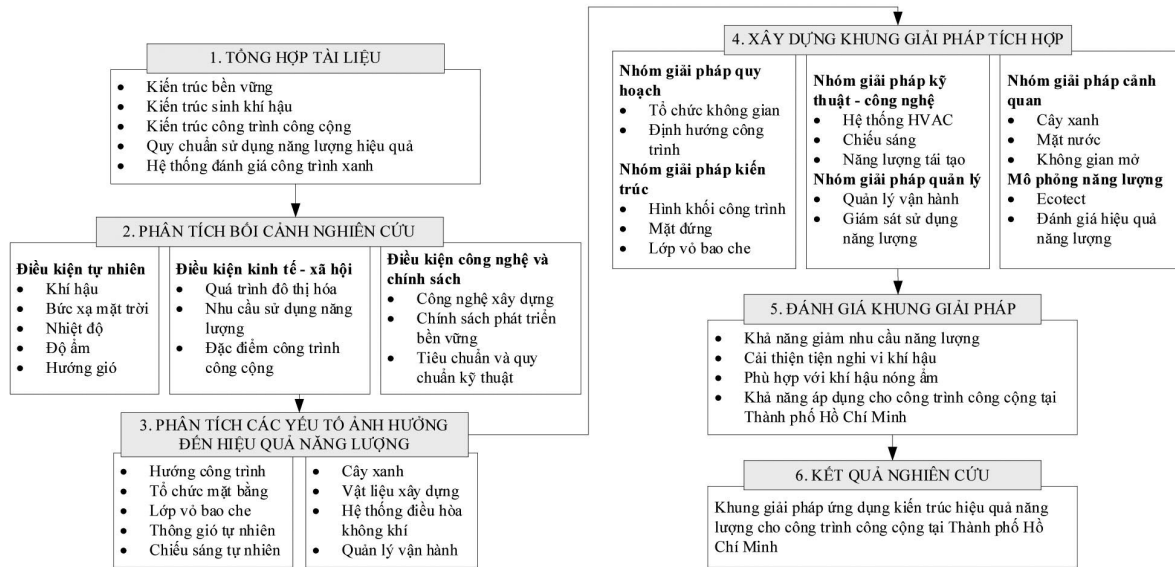
Nghiên cứu sử dụng phương pháp tổng hợp tài liệu, phân tích hệ thống và so sánh đối chiếu (Hình 1). Trước hết, các tài liệu về kiến trúc bền vững, kiến trúc sinh khí hậu, kiến trúc nhà công cộng, quy chuẩn sử dụng năng lượng hiệu quả và các hệ thống đánh giá công trình xanh được rà soát nhằm xác định khung lý luận. Các nội dung liên quan đến điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội, công nghệ và chính sách tại Thành phố Hồ Chí Minh được tổng hợp để nhận diện bối cảnh ứng dụng.

Tiếp theo, nghiên cứu phân tích mối quan hệ giữa đặc điểm công trình công cộng với yêu cầu hiệu quả năng lượng. Các yếu tố như hướng công trình, tổ chức mặt bằng, lớp vỏ bao che, thông gió, chiếu sáng tự nhiên, cây xanh, vật liệu, hệ thống điều hòa không khí và quản lý vận hành được xem xét như những biến số thiết kế có thể tác động đến năng lượng tiêu thụ. Cách tiếp cận này cho phép nhận diện giải pháp theo nhiều cấp độ thay vì chỉ tập trung vào một thiết bị hoặc một công nghệ riêng lẻ.

Cuối cùng, nghiên cứu xây dựng khung giải pháp ứng dụng theo hướng tích hợp. Các giải pháp được phân nhóm từ quy hoạch tổng thể đến kiến trúc, kỹ thuật - công nghệ, quản lý vận hành, cây xanh và mô phỏng năng lượng. Mỗi nhóm giải pháp được đánh giá trên cơ sở khả năng giảm nhu cầu năng lượng, cải thiện tiện nghi vi khí hậu, tính phù hợp với điều kiện khí hậu nóng ẩm và khả năng triển khai trong công trình công cộng tại Thành phố Hồ Chí Minh.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Đặc điểm công trình công cộng trong quan hệ với



Hình 1. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu

hiệu quả năng lượng

Công trình công cộng có đặc điểm khác biệt so với nhà ở và nhiều loại hình công trình dân dụng khác. *Thứ nhất*, công trình thường phục vụ số lượng lớn người sử dụng, có sự biến động theo giờ, ngày và mùa. *Thứ hai*, yêu cầu tiện nghi không gian thường cao, đặc biệt đối với công trình giáo dục, y tế, hành chính, thương mại và văn hóa. *Thứ ba*, thời gian vận hành của nhiều công trình kéo dài, dẫn đến chi phí năng lượng chiếm tỷ trọng đáng kể trong chi phí vòng đời. Vì vậy, hiệu quả năng lượng của công trình công cộng không chỉ là vấn đề kỹ thuật mà còn là vấn đề quản trị vận hành, tài chính công và chất lượng dịch vụ đô thị.

Trong điều kiện Thành phố Hồ Chí Minh, các công trình công cộng thường chịu ảnh hưởng mạnh của bức xạ mặt trời hướng Đông - Tây, nhiệt tích tụ trên mái và mặt đứng, mật độ xây dựng cao, thiếu khoảng lùi cây xanh và phụ thuộc vào điều hòa không khí. Nếu không kiểm soát tốt lớp vỏ bao che, hướng công trình và thông gió, tải lạnh sẽ tăng, chi phí điện năng vận hành cao và chất lượng vi khí hậu bên trong không ổn định. Ngược lại, nếu các giải pháp thụ động được tích hợp sớm, công trình có thể giảm tải cho hệ thống cơ điện, tăng độ bền vận hành và nâng cao trải nghiệm sử dụng.

4.2. Nguyên tắc ứng dụng kiến trúc hiệu quả năng lượng

Khung nguyên tắc ứng dụng kiến trúc hiệu quả năng lượng cho công trình công cộng được xây dựng trên bốn nhóm nguyên tắc chính, bao gồm thích ứng khí hậu, thiết kế thụ động, tích hợp kỹ thuật và đánh giá vòng đời, như trình bày trong Bảng 1. Các nguyên tắc này có mối quan hệ chặt chẽ với nhau và tạo thành cơ sở cho việc lựa chọn,

tổ chức và triển khai các giải pháp kiến trúc hiệu quả năng lượng phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm của Thành phố Hồ Chí Minh.

Trước hết, thích ứng khí hậu được xem là nguyên tắc nền tảng trong quá trình thiết kế. Việc phân tích hướng nắng, hướng gió, bức xạ mặt trời, lượng mưa, độ ẩm, cây xanh, mặt nước và bối cảnh đô thị giúp tận dụng các điều kiện tự nhiên có lợi, đồng thời hạn chế các tác động bất lợi của môi trường đến công trình.

Trên cơ sở đó, thiết kế thụ động được ưu tiên trước khi áp dụng các giải pháp kỹ thuật chủ động. Các giải pháp như lựa chọn hướng công trình, tổ chức mặt bằng và hình khối, che nắng, tăng cường khả năng cách nhiệt của lớp vỏ bao che, thông gió và chiếu sáng tự nhiên, kết hợp cây xanh và không gian đệm góp phần làm giảm nhu cầu sử dụng năng lượng cho điều hòa không khí và chiếu sáng nhân tạo. Khi nhu cầu năng lượng được giảm ngay từ giải pháp kiến trúc, các hệ thống kỹ thuật có thể được lựa chọn với quy mô hợp lý hơn, qua đó nâng cao hiệu quả vận hành của công trình.

Tiếp theo, nguyên tắc tích hợp kỹ thuật nhấn mạnh sự phối hợp đồng bộ giữa kiến trúc, kết cấu và hệ thống cơ điện ngay từ giai đoạn thiết kế ban đầu. Các quyết định về hướng công trình, chiều sâu phòng, tỷ lệ đặc - rỗng của mặt đứng, vật liệu, loại kính, vị trí cửa mở, chiều cao tầng và hệ thống điều hòa không khí cần được xem xét đồng thời với các giải pháp sử dụng thiết bị hiệu suất cao, năng lượng tái tạo và hệ thống quản lý tòa nhà thông minh. Việc ứng dụng các công cụ mô phỏng năng lượng trong giai đoạn thiết kế giúp đánh giá và so sánh các phương án, từ đó lựa chọn giải pháp tối ưu về hiệu quả năng lượng.

Bảng 1. Khung nguyên tắc ứng dụng kiến trúc hiệu quả năng lượng cho công trình công cộng

Nhóm nguyên tắc	Nội dung chính	Ý nghĩa ứng dụng
Thích ứng khí hậu	Phân tích hướng nắng, hướng gió, bức xạ, mưa, độ ẩm, cây xanh, mặt nước và điều kiện đô thị lân cận.	Giảm tác động bất lợi của khí hậu, tận dụng các yếu tố tự nhiên có lợi cho tiện nghi và năng lượng.
Thiết kế thụ động	Tổ chức mặt bằng, hình khối, che nắng, chiếu sáng tự nhiên, thông gió tự nhiên, không gian đệm và lớp vỏ bao che.	Giảm nhu cầu làm mát và chiếu sáng nhân tạo trước khi sử dụng giải pháp cơ điện.
Tích hợp kỹ thuật	Lựa chọn vật liệu, thiết bị hiệu suất cao, năng lượng tái tạo, BMS/iBMS/IoT và kiểm soát vận hành.	Nâng cao hiệu quả hệ thống, giảm tổn thất năng lượng và tăng khả năng quản lý công trình.
Đánh giá vòng đời	Xem xét chi phí đầu tư, chi phí vận hành, bảo trì, tuổi thọ vật liệu và lợi ích môi trường - xã hội.	Hỗ trợ ra quyết định đầu tư hợp lý, tránh đánh giá phiến diện theo suất đầu tư ban đầu.

Cuối cùng, đánh giá vòng đời công trình là nguyên tắc quan trọng nhằm hỗ trợ ra quyết định đầu tư bền vững. Thay vì chỉ xem xét chi phí đầu tư ban đầu, cần đánh giá đồng thời chi phí vận hành, bảo trì, tuổi thọ vật liệu và các lợi ích về môi trường - xã hội. Mặc dù một số giải pháp như kính tiết kiệm năng lượng, mái xanh, tường xanh, hệ thống quản lý tòa nhà hoặc năng lượng mặt trời có thể làm tăng chi phí đầu tư ban đầu, nhưng trong suốt vòng đời công trình, các giải pháp này thường mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn thông qua việc giảm tiêu thụ năng lượng, giảm chi phí vận hành và nâng cao giá trị sử dụng của công trình..

4.3. Nhóm giải pháp quy hoạch và kiến trúc

Ở cấp độ quy hoạch tổng thể, vị trí và hướng công trình là yếu tố nền tảng. Công trình nên được đặt trong quan hệ với hướng gió chủ đạo, hướng nắng có lợi, không gian mở, cây xanh, mặt nước và giao thông tiếp cận. Trong trường hợp khu đất có điều kiện thuận lợi, việc bố trí công trình theo hướng đón gió, hạn chế nắng Tây và tăng kết nối với không gian xanh có thể giảm đáng kể nhu cầu làm mát. Trong trường hợp khu đất bất lợi, cần sử dụng các giải pháp bù trừ như xoay khối, tạo sân trong, tổ chức hành lang đệm, tăng cây xanh, bố trí lam che nắng và lựa chọn lớp vỏ phù hợp.

Ở cấp độ hình khối, công trình có tỷ lệ diện tích bao che trên thể tích càng hợp lý thì khả năng kiểm soát nhiệt càng tốt. Các hình khối đơn giản, gọn, giảm diện tích tiếp xúc bất lợi thường có lợi về năng lượng. Tuy nhiên, đối với công trình công cộng có yêu cầu biểu tượng, hình khối phức tạp vẫn có thể được chấp nhận nếu được kiểm chứng bằng mô phỏng, kiểm soát tốt lớp vỏ bao che và tổ chức các không gian đệm để giảm bức xạ trực tiếp.

Lớp vỏ bao che là bộ phận quyết định quan trọng đến tải nhiệt và chất lượng ánh sáng trong công trình. Các giải pháp có thể áp dụng gồm tường hai lớp, lớp vỏ động, lam che nắng theo hướng, kính Low-E, kính phản nhiệt, bề mặt phản xạ, vật liệu cách nhiệt, mái cách nhiệt, mái xanh và tích hợp

pin năng lượng mặt trời. Đối với Thành phố Hồ Chí Minh, cần đặc biệt lưu ý các mặt đứng hướng Tây và Tây Nam, mái công trình và các không gian có diện tích kính lớn.

Tổ chức không gian bên trong cần hướng đến giảm chiều sâu phòng, tăng mặt thoáng, bố trí giếng trời, giếng mở, lô-gia, hành lang thông gió, sảnh đệm và các khoảng rỗng để tăng khả năng lấy sáng, thoát nhiệt và đối lưu không khí. Đối với công trình giáo dục, hành chính và văn hóa, giải pháp thông gió tự nhiên có thể được kết hợp với thông gió cơ khí khi cần thiết. Đối với bệnh viện, trung tâm thương mại hoặc công trình có yêu cầu kiểm soát môi trường nghiêm ngặt, thiết kế thụ động vẫn có vai trò giảm tải cho hệ thống điều hòa và cải thiện chất lượng không gian chuyển tiếp.

4.4. Nhóm giải pháp kỹ thuật, vật liệu và quản lý vận hành

Vật liệu và thiết bị kỹ thuật cần được lựa chọn theo hướng giảm truyền nhiệt, giảm tiêu thụ điện - nước và tăng tuổi thọ vận hành. Các giải pháp phù hợp gồm vật liệu không nung, vật liệu bản địa, vật liệu cách âm - cách nhiệt, kính tiết kiệm năng lượng, đèn LED, cảm biến hiện diện, thiết bị vệ sinh tiết kiệm nước, hệ thống nước nóng năng lượng mặt trời, pin năng lượng mặt trời, máy bơm nhiệt, điều hòa hiệu suất cao và hệ thống thu hồi nhiệt. Việc ưu tiên vật liệu bản địa cũng giúp giảm năng lượng vận chuyển và tăng khả năng bảo trì trong điều kiện thực tế [8].

Quản lý vận hành là khâu thường bị xem nhẹ nhưng có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả năng lượng thực tế. Cùng một công trình, nếu vận hành không đúng, cài đặt nhiệt độ không hợp lý, thiếu bảo trì, rò rỉ nhiệt, chiếu sáng quá mức hoặc thiết bị hoạt động ngoài giờ sử dụng, mức tiêu thụ năng lượng vẫn có thể rất cao. Do đó, công trình công cộng quy mô vừa và lớn cần tích hợp hệ thống quản lý tòa nhà, giám sát năng lượng, cảnh báo sự cố, lịch vận hành theo khu vực và cơ chế bảo trì định kỳ.

Hệ thống BMS, iBMS và IoT cho phép tích hợp

điều khiển chiếu sáng, điều hòa không khí, thông gió, cấp nước, an ninh, phòng cháy chữa cháy và giám sát điện năng theo thời gian thực. Cách tiếp cận này chuyển quản lý năng lượng từ kinh nghiệm thủ công sang quản lý theo dữ liệu. Đối với công trình công cộng, lợi ích của quản lý thông minh không chỉ là giảm chi phí điện mà còn nâng cao độ an toàn, tính minh bạch trong vận hành và khả năng đánh giá hiệu quả sử dụng tài sản công.

4.5. Cây xanh, mặt nước và mô phỏng năng lượng

Cây xanh xung quanh công trình có tác dụng giảm bức xạ, chắn bụi, giảm tiếng ồn, cải thiện vi khí hậu và tạo cảnh quan. Cây xanh trên mái giúp giảm nhiệt bề mặt mái, hạn chế co ngót và nứt bề mặt bê tông, đồng thời góp phần giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị. Tường xanh và mảng xanh đứng có thể tạo lớp đệm cách nhiệt, lọc không khí và nâng cao chất lượng thẩm mỹ. Tuy nhiên, các giải pháp xanh cần được thiết kế đồng bộ với kết cấu, chống thấm, thoát nước, tưới tự động và kế hoạch bảo trì để tránh phát sinh rủi ro kỹ thuật.

Mặt nước và không gian mở có thể hỗ trợ làm mát vi khí hậu, nhưng cần được thiết kế phù hợp để tránh tăng độ ẩm cục bộ hoặc gây khó khăn trong quản lý. Khi kết hợp cây xanh, mặt nước, thông gió và che nắng, hiệu quả đạt được thường cao hơn so với từng giải pháp riêng lẻ. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các công trình công cộng có sân, quảng trường, hành lang ngoài trời, không gian chờ hoặc khu vực chuyển tiếp giữa trong nhà và ngoài trời.

Mô phỏng năng lượng là công cụ cần thiết để kiểm chứng thiết kế. Các phần mềm như ECOTECT và các công cụ mô phỏng tương đương có thể hỗ trợ phân tích nhiệt độ, độ ẩm, bức xạ mặt trời, bóng đổ, hướng gió, tiện nghi nhiệt và nhu cầu làm mát. Mặc dù kết quả mô phỏng có thể có sai số và cần được kiểm chứng bằng dữ liệu thực tế, giá trị lớn nhất của mô phỏng là cho phép so sánh phương án, phát hiện điểm bất lợi và hỗ trợ quyết định thiết kế ngay từ giai đoạn đầu [14].

Trên cơ sở các phân tích trên, nghiên cứu tổng hợp các nhóm giải pháp ưu tiên theo từng cấp độ từ quy hoạch, kiến trúc, kỹ thuật đến vận hành và kiểm chứng, cùng với kết quả kỳ vọng tương ứng như trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Nhóm giải pháp ưu tiên theo cấp độ thiết kế và vận hành

Cấp độ	Giải pháp ưu tiên	Kết quả kỳ vọng
Quy hoạch	Chọn hướng, tổ chức khối, khoảng lùi, cây xanh, mặt nước, giao thông tiếp cận.	Tạo nền tảng vi khí hậu tốt, giảm tác động bức xạ và tăng thông gió tự nhiên.

Kiến trúc	Hình khối gọn, lớp vỏ bao che, lam che nắng, giếng trời, lô-gia, không gian đệm.	Giảm tải nhiệt, tăng chiếu sáng tự nhiên và cải thiện tiện nghi trong nhà.
Kỹ thuật	Vật liệu cách nhiệt, kính tiết kiệm năng lượng, LED, HVAC hiệu suất cao, năng lượng mặt trời.	Giảm tiêu thụ điện - nước, tăng hiệu suất hệ thống và tuổi thọ thiết bị.
Vận hành	BMS/iBMS/IoT, cảm biến, giám sát điện năng, bảo trì định kỳ, quy trình sử dụng theo khu vực.	Kiểm soát năng lượng theo dữ liệu, giảm lãng phí và hỗ trợ quản lý công trình công cộng.
Kiểm chứng	Mô phỏng năng lượng, đánh giá theo QCVN 09, LOTUS, EDGE hoặc tiêu chí phù hợp.	Lượng hóa hiệu quả, so sánh phương án và nâng cao độ tin cậy của quyết định thiết kế.

4.6. Bàn luận về khả năng áp dụng tại Thành phố Hồ Chí Minh

Các nhóm giải pháp trong Bảng 2 cho thấy việc nâng cao hiệu quả năng lượng không phụ thuộc vào một giải pháp riêng lẻ mà cần được triển khai đồng bộ trong toàn bộ vòng đời công trình. Các quyết định ở giai đoạn quy hoạch và thiết kế kiến trúc có vai trò giảm nhu cầu năng lượng ngay từ đầu, trong khi các giải pháp kỹ thuật và quản lý vận hành giúp tối ưu hiệu suất sử dụng năng lượng trong quá trình khai thác. Việc kết hợp các giải pháp này với công cụ mô phỏng năng lượng cho phép lượng hóa hiệu quả của từng phương án, từ đó nâng cao cơ sở khoa học cho quá trình ra quyết định.

Việc ứng dụng kiến trúc hiệu quả năng lượng tại Thành phố Hồ Chí Minh có tính khả thi cao vì phù hợp với điều kiện khí hậu, nhu cầu phát triển công trình công cộng và xu hướng quản lý đô thị bền vững. Tuy nhiên, để đạt hiệu quả thực chất, các giải pháp cần được áp dụng theo nguyên tắc tổng hợp, tránh tình trạng đồng nhất công trình hiệu quả năng lượng với việc bổ sung một vài thiết bị tiết kiệm điện hoặc sử dụng cây xanh mang tính trang trí.

Thách thức lớn nhất là sự phối hợp chưa đồng bộ giữa giai đoạn thiết kế, đầu tư, thi công và vận hành. Nhiều quyết định quan trọng về hướng công trình, hình khối, chiều sâu mặt bằng và lớp vỏ bao che thường được chốt sớm, trong khi phân tích năng lượng lại được thực hiện muộn hoặc chưa được thực hiện. Bên cạnh đó, cơ chế đánh giá chi phí đầu tư ban đầu đôi khi chưa phản ánh đầy đủ lợi ích vòng đời, khiến các giải pháp có hiệu quả dài hạn gặp khó khăn khi lựa chọn.

Đối với các dự án sử dụng vốn nhà nước, yêu cầu về hiệu quả năng lượng cần được đưa vào nhiệm vụ thiết kế, tiêu chí lựa chọn phương án, hồ sơ thẩm định và quy trình vận hành. Các công trình công

cộng mới nên được xem là cơ hội để thử nghiệm, chuẩn hóa và nhân rộng các giải pháp; trong khi đó, các công trình hiện hữu cần được đánh giá hiệu quả năng lượng, cải tạo lớp vỏ bao che, thay thế thiết bị hiệu suất thấp, nâng cấp hệ thống chiếu sáng, tối ưu hóa điều hòa không khí và từng bước triển khai các giải pháp quản lý vận hành thông minh theo lộ trình phù hợp.

5. Kết luận

Kiến trúc hiệu quả năng lượng là hướng tiếp cận cần thiết đối với công trình công cộng tại Thành phố Hồ Chí Minh trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, biến đổi khí hậu và chi phí vận hành công trình ngày càng tăng. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả năng lượng không thể đạt được bằng một giải pháp đơn lẻ, mà phải là kết quả của quá trình tích hợp từ quy hoạch, kiến trúc, lớp vỏ bao che, vật liệu, hệ thống kỹ thuật, cây xanh, mô phỏng và quản lý vận hành.

Đối với Thành phố Hồ Chí Minh, các giải pháp ưu tiên gồm phân tích khí hậu khu đất, lựa chọn hướng và hình khối hợp lý, hạn chế bức xạ bất lợi, tăng cường thông gió và chiếu sáng tự nhiên, sử dụng lớp vỏ bao che hiệu quả, lựa chọn vật liệu - thiết bị tiết kiệm năng lượng, phát triển cây xanh - mặt nước, áp dụng mô phỏng năng lượng và quản lý vận hành theo dữ liệu. Các giải pháp này cần được điều chỉnh linh hoạt theo loại hình công trình, quy mô, vị trí, mức độ tiện nghi yêu cầu và khả năng vận hành thực tế.

Trong thời gian tới, cần tăng cường lồng ghép tiêu chí hiệu quả năng lượng vào nhiệm vụ thiết kế và thẩm định công trình công cộng; khuyến khích đánh giá bằng các hệ thống định lượng; nâng cao năng lực phối hợp giữa kiến trúc sư, kỹ sư cơ điện, chuyên gia vật lý kiến trúc, chủ đầu tư và đơn vị vận hành; đồng thời xem xét hiệu quả đầu tư trên cơ sở chi phí vòng đời. Đây là tiền đề để hình thành hệ thống công trình công cộng tiết kiệm năng lượng, tiện nghi, có bản sắc và đóng góp tích cực vào mục tiêu phát triển bền vững của Thành phố Hồ Chí Minh. □

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Đức Nguyên, Kiến trúc sinh khí hậu - Thiết kế sinh khí hậu trong kiến trúc Việt Nam. 2002: NXB Xây dựng.
2. Phạm Đức Nguyên, Nguyễn Thu Hòa and Trần Quốc Bảo, Các giải pháp kiến trúc khí hậu Việt Nam. 2002: NXB Khoa học Kỹ thuật.
3. Nguyễn Đức Thiêm, Kiến trúc nhà công cộng. 2006: NXB Xây dựng.
4. Bộ Xây dựng, QCVN 09:2013/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả. 2013.

5. Nguyễn Công Thịnh, Nguyễn Đức Lượng and Nguyễn Hoàng Hiệp, Đánh giá tiềm năng tiết kiệm năng lượng của một số giải pháp lớp vỏ bao che công trình cho một tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 03 thành phố có điều kiện khí hậu khác nhau ở Việt Nam. Tạp chí Xây dựng, 2024(11): p. 104-108.
6. Bộ Xây dựng, Hướng dẫn áp dụng Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 09:2013/BXD về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả. 2014.
7. Emmanuel Imuetinyan Aghimien, Danny Hin Wa Li and Ernest Kin-Wai Tsang, Bioclimatic architecture and its energy-saving potentials: a review and future directions. Engineering, Construction and Architectural Management, 2021. 29(2): p. 961-988.
8. Ngô Thám, Nguyễn Văn Điền, Nguyễn Hữu Dũng and Nguyễn Khắc Sinh, Kiến trúc năng lượng và môi trường. 2007: NXB Xây dựng.
9. Berta Garcia-Fernandez and Osama Omar, Sustainable performance in public buildings supported by daylighting technology. Solar Energy, 2023. 264: p. 112068.
10. Aviruch Bhatia, Shanmukh Dontu, Vishal Garg and Reshma Singh, Approach for energy efficient building design during early phase of design process. Energy Informatics, 2024. 7(1): p. 122.
11. International Finance Corporation, Tài liệu hướng dẫn EDGE. 2015.
12. Hội đồng Công trình Xanh Việt Nam, Tài liệu hướng dẫn kỹ thuật sử dụng công cụ đánh giá LOTUS phiên bản 2.0 cho công trình phi nhà ở. 2016.
13. Mark Diesendorf, Greenhouse Solutions from Sustainable Energy. 2007.
14. Autodesk, Autodesk Ecotect Analysis - Building performance simulation documentation. 2011.