

BÁO CÁO TIỀN KHẢ THI

Dành cho Khu Đô thị mới
và Công viên Công nghệ thông tin
tại Thành phố Cần Thơ, Việt Nam

Làm mát đô thị bền vững tại khu vực đô thị ở
Việt Nam



Nội dung

DANH MỤC HÌNH	5
DANH MỤC BẢNG	8
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	12
TÓM TẮT NỘI DUNG BÁO CÁO	15
1. GIỚI THIỆU	20
1.1. Bối cảnh	20
1.2. Mục tiêu	21
2. MÔ TẢ ĐỊA BÀN NGHIÊN CỨU	21
2.1. Tổng quan về thành phố Cần Thơ	21
2.1.1. Vị trí	21
2.1.2. Tình hình nhân khẩu học	22
2.1.3. Điều kiện khí hậu	23
2.1.4. Nhu cầu làm mát trong tương lai	24
2.1.5. Tổng quan thị trường giải pháp làm mát bền vững tại Cần Thơ	26
2.2. Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin tập trung	29
3. TỔNG QUAN VỀ CÁC GIẢI PHÁP LÀM MÁT: CẢNH QUAN ĐÔ THỊ VÀ QUY MÔ CÔNG TRÌNH	35
3.1. Các giải pháp làm mát dựa vào thiên nhiên ở quy mô đô thị.....	35
3.1.1. Che nắng bằng cây xanh.....	35
3.1.2. Hành lang thoáng mát.....	36
3.1.3. Thành phố bọt biển và cơ sở hạ tầng xanh	36
3.1.4. Cảnh quan đa tầng.....	36
3.2. Giải pháp làm mát thụ động cho các tòa nhà.....	37
3.2.1. Thiết kế thụ động	37
3.2.2. Vật liệu và các yếu tố làm mát thụ động.....	37

3.2.3. Làm mát dựa vào thiên nhiên cho các tòa nhà	37
3.3. Làm mát chủ động cho tòa nhà	38
3.3.1. Làm mát cơ học hiệu suất cao	38
3.3.2. Chất làm lạnh bền vững	38
3.3.3. Hệ thống quản lý làm mát (CMS)	38
3.3.4. Hệ thống làm mát bay hơi và năng lượng mặt trời.....	39
4. PHƯƠNG PHÁP LUẬN	39
4.1. Phạm vi thực hiện và đối tượng hưởng lợi.....	40
4.2. Phân tích kỹ thuật	41
4.2.1. Mô phỏng vi khí hậu dựa vào cảnh quan	41
4.2.1.1 Thông số phân tích.....	41
4.2.1.2. Cách tiếp cận mô phỏng vi khí hậu	43
4.2.2. Mô phỏng tiêu thụ năng lượng công trình.....	45
4.3. Phân tích tác động xã hội và môi trường.....	53
4.4. Phân tích cơ sở pháp lý	54
4.5. Phân tích tài chính và kinh tế.....	54
4.6. Phân tích rủi ro.....	54
5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TIỀN KHẢ THI.....	55
5.1. Phân tích kỹ thuật về giải pháp làm mát: quy mô cảnh quan và công trình	55
5.1.1 Mô phỏng vi khí hậu ở quy mô cảnh quan.....	55
5.1.2. Mô phỏng mức tiêu thụ năng lượng của công trình	60
5.2. Phân tích tài chính và kinh tế.....	72
5.2.1. Chi phí đầu tư ban đầu cho cảnh quan	72
5.2.2. Chi phí đầu tư ban đầu cho các công trình	74
5.2.3. Chi phí đầu tư ban đầu cho hệ thống làm mát	75

5.2.4. Chi phí vận hành và bảo trì.....	76
5.2.5. Lợi ích trực tiếp và gián tiếp	80
5.2.6. Phân tích tài chính và kinh tế chính.....	85
5.2.7 Phân tích độ nhạy	86
5.3. Đánh giá tác động môi trường và xã hội.....	90
5.3.1. Tác động môi trường	90
5.3.2. Tác động xã hội.....	91
5.3.3. Tác động của giai đoạn xây dựng và vận hành	92
5.4. Phân tích Rủi ro.....	97
5.5. Đánh giá pháp lý	98
5.5.1. Nhiệm vụ làm mát trong các văn bản pháp lý tại Việt Nam.....	98
5.5.2. Hoạt động làm mát tại thành phố Cần Thơ	104
5.5.3. Giấy phép và phê duyệt môi trường cần thiết để lắp đặt công nghệ làm mát bền vững	109
6. ĐIỂM CHÍNH CẦN LƯU Ý VÀ KHUYẾN NGHỊ.....	110
6.1. Điểm chính cần lưu ý	110
6.2. Khuyến nghị.....	112
6.3. Hạn chế	113
Tham chiếu	114
PHỤ LỤC A – Chi phí đầu tư ban đầu.....	119
PHỤ LỤC B – Kết quả mô phỏng mức tiêu thụ năng lượng và chi phí đầu tư tòa nhà cho các kịch bản làm mát	128
PHỤ LỤC C - Chi phí tiêu thụ năng lượng, chi phí xã hội của CO2 và giá trị cảnh quan	138
PHỤ LỤC D – Chi phí vận hành và bảo trì	144
PHỤ LỤC E – Lợi ích của ảnh hưởng đến sức khỏe	147

DANH MỤC HÌNH

Hình 1. Vị trí thành phố Cần Thơ	22
Hình 2. Bố cục 1/500 của dự án được chọn.....	32
Hình 3. Vị trí Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin tập trung.....	33
Hình 4. Các hoạt động chính của Nghiên cứu tiền khả thi	39
Hình 5. Lưu đồ quy trình mô phỏng cảnh quan đô thị.....	41
Hình 6. Dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm theo giờ vào ngày 12 tháng 3 năm 2025.....	42
Hình 7. Hình ảnh trực quan phạm vi mô phỏng trong khu vực nhà ở xã hội	44
Hình 8. Phạm vi mô phỏng trong khu vực nhà liền kề trong ENVI-met	45
Hình 9. Lưu đồ quy trình mô phỏng cho các tòa nhà	46
Hình 10. Vị trí khu vực nhà ở xã hội (màu đỏ).....	46
Hình 11. Mô phỏng công trình nhà ở xã hội trong Open Studio	47
Hình 12. Vùng nhiệt trong công trình nhà ở xã hội trên Open Studio	48
Hình 13. Vị trí khu nhà liền kề (màu đỏ)	51
Hình 14. Mô phỏng các công trình ở khu vực nhà liền kề trong Open Studio	52
Hình 15. Vùng nhiệt của công trình ở khu vực nhà liền kề trong Open Studio	52
Hình 16. So sánh nhiệt độ không khí theo mô hình và nhiệt độ quan trắc tại khu vực dự án	55
Hình 17. Phân bố không gian của nền nhiệt theo các kịch bản khác nhau trong khu vực nhà ở xã hội.....	56
Hình 18. Diễn biến nhiệt độ không khí tối đa tại khu vực nhà ở xã hội.....	57
Hình 19. Phân bố không gian của nền nhiệt theo các kịch bản khác nhau của khu vực nhà liền kề	59
Hình 20. Diễn biến nhiệt độ không khí tối đa tại khu vực nhà liền kề	60
Hình 21. Mức tiêu thụ năng lượng theo kịch bản	61
Hình 22. Mức tiêu thụ năng lượng theo cảnh quan tốt nhất trong 4 kịch bản trong nhà	62

Hình 23. Tổng quan kịch bản tiêu thụ năng lượng hàng năm	64
Hình 24. Tổng quan hàng tháng cho tòa nhà	66
Hình 25. Phụ tải hàng tháng cho hệ thống làm mát của tòa nhà	68
Hình 26. Tỷ trọng tiêu thụ năng lượng theo phụ tải của tòa nhà hàng năm trong khu vực nhà liền kề	69
Hình 27. Nhu cầu điện cực đại hàng tháng tại khu vực nhà liền kề	70
Hình 28. Phụ tải làm mát hàng tháng tại khu vực nhà liền kề	70
Hình 29. Mức tiêu thụ năng lượng theo cảnh quan tốt nhất trong 2 hệ thống làm mát	71
Hình 30. Sơ đồ hệ thống văn bản pháp luật hiện hành liên quan đến làm mát đô thị bền vững để ứng phó với nắng nóng cực đoan	101
Hình 31. Lộ trình các giải pháp làm mát bền vững - Quyết định số 496	103
Hình 32. Ảnh hưởng và quan tâm của các bên liên quan về hoạt động làm mát đô thị	109
Hình 33. Tóm tắt các thủ tục liên quan đến ĐTM, EL, ER	109

Hình B. 1. Hiển thị kết quả mô phỏng nhà ở xã hội với kịch bản cảnh quan L3.....	128
Hình B. 2. Hiển thị kết quả mô phỏng nhà ở xã hội với kịch bản cảnh quan L2.....	129
Hình B. 3. Hiển thị kết quả mô phỏng nhà ở xã hội với kịch bản cảnh quan L1 (bê tông tối)	131
Hình B. 4. Hiển thị kết quả mô phỏng nhà liền kề với kịch bản cảnh quan L3 (đá granit)...	131
Hình B. 5. Hiển thị kết quả mô phỏng cho nhà liền kề với kịch bản Landscape L2	132

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1. Một số số liệu thống kê của thành phố Cần Thơ.....	22
Bảng 2. Cơ cấu sử dụng đất của NUZ&CITP	35
Bảng 3. Mật độ người trong không gian (tham khảo QCVN 06:2022/BXD).....	48
Bảng 4. Phụ tải thiết bị trong không gian	50
Bảng 5. Năng lượng do một người phát ra (người/m ²)	51
Bảng 6. So sánh nhiệt độ trong các kịch bản lúc 13:00 chiều	57
Bảng 7. So sánh nhiệt độ theo các kịch bản lúc 13:00 chiều	60
Bảng 8. So sánh mức tiêu thụ năng lượng hàng năm của nhà ở xã hội với bê tông tối màu	62
Bảng 9. So sánh mức tiêu thụ năng lượng hàng năm với kịch bản cảnh quan tốt nhất trong nhà ở xã hội	63
Bảng 10. So sánh mức tiêu thụ năng lượng hàng năm với kịch bản cơ sở và kịch bản cảnh quan tốt nhất trong khu vực nhà liền kề.....	71
Bảng 11. Đầu tư ban đầu cho cảnh quan trong khu vực nhà ở xã hội.....	73
Bảng 12. Đầu tư ban đầu cho cảnh quan trong khu vực nhà liền kề	74
Bảng 13. Chi phí đầu tư ban đầu cho việc xây dựng công trình trong khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề.....	75
Bảng 14. Chi phí đầu tư ban đầu cho hệ thống làm mát tại khu nhà ở xã hội và khu nhà liền kề	76
Bảng 15. Chi phí vận hành và bảo trì chưa chiết khấu đối với khu vực nhà ở xã hội ...	78
Bảng 16. Chi phí vận hành và bảo trì chưa chiết khấu cho khu nhà liền kề.....	78
Bảng 17. Tóm tắt chi phí chiết khấu cho nhà ở xã hội.....	79
Bảng 18. Tóm tắt chi phí chiết khấu cho nhà liền kề	80
Bảng 19. Lợi ích trực tiếp và gián tiếp chưa chiết khấu của nhà ở xã hội.....	82
Bảng 20. Lợi ích trực tiếp và gián tiếp chưa chiết khấu của nhà liền kề.....	83
Bảng 21. Tóm tắt các lợi ích đã chiết khấu của nhà ở xã hội	84

Bảng 22. Tóm tắt các lợi ích đã chiết khấu cho nhà liền kề	84
Bảng 23. Chi phí và lợi ích đã chiết khấu bổ sung trong phân tích tài chính và kinh tế chính của nhà ở xã hội và nhà liền kề	85
Bảng 24. Phân tích tài chính và kinh tế chính	86
Bảng 25. Phân tích tài chính trong phân tích độ nhạy 1 đối với nhà ở xã hội và nhà liền kề	87
Bảng 26. Phân tích kinh tế trong phân tích độ nhạy 1 đối với nhà ở xã hội và nhà liền kề... ..	87
Bảng 27. Kết quả của phân tích độ nhạy 2.....	88
Bảng 28. Kết quả của phân tích độ nhạy 3.....	89
Bảng 29. Phương pháp thi công các giải pháp làm mát đề xuất	92
Bảng 30. Tác động và biện pháp giảm nhẹ trong giai đoạn thi công.....	93
Bảng 31. Tóm tắt tác động tiềm ẩn và các biện pháp giảm nhẹ đề xuất	96
Bảng 32. Phân tích rủi ro và các chiến lược giảm nhẹ.....	97
Bảng 33. Các bên liên quan trong làm mát đô thị.....	107
 Bảng A. 1 CPI và yếu tố lạm phát của Việt Nam giai đoạn 2018-2024.....	119
Bảng A. 2. Chi phí đầu tư ban đầu cây xanh khu nhà ở xã hội.....	120
Bảng A. 3. Chi phí đầu tư ban đầu sàn ngoài trời trong khu nhà ở xã hội.....	121
Bảng A. 4. Chi phí đầu tư ban đầu cây xanh khu nhà liền kề	122
Bảng A. 5. Chi phí đầu tư ban đầu sàn ngoài trời khu nhà liền kề	123
Bảng A. 6. Một phần chi phí xây dựng nhà ở xã hội.....	123
Bảng A. 7. Một phần chi phí xây dựng diện tích nhà liền kề.....	123
Bảng A. 8. Chi phí đầu tư xây dựng nhà ở xã hội.....	124
Bảng A. 9. Chi phí đầu tư xây dựng nhà liền kề	125
Bảng A. 10. Báo giá 1: Hệ thống điều hòa trung tâm (loại VRF/Cassette).....	126
Bảng A. 11. Hệ thống điều hòa không khí trong phòng (Split-type)	127
 Bảng B. 1. Đầu tư ban công cây xanh trong nhà xã hội Kịch bản (4)	133

Bảng B. 2. Đầu tư mái xanh nhà ở xã hội trong kịch bản (4)	134
Bảng B. 3. Đầu tư thấp – Cỏ E trong kịch bản (4) trong nhà ở xã hội	135
Bảng B. 4. Đầu tư thấp – Cỏ E trong kịch bản (3) nhà ở xã hội	136
Bảng B. 5. Đầu tư bóng râm trong kịch bản (3) trong nhà ở xã hội	136

Bảng C. 1. Thay đổi mức tiêu thụ năng lượng thành chi phí tiêu thụ năng lượng, chi phí xã hội của CO ₂ và cảnh quan trong phân tích chính Độ nhạy 1, 2 và 3 trong nhà xã hội.....	138
Bảng C. 2. Thay đổi trong tiêu thụ năng lượng đến chi phí tiêu thụ năng lượng, chi phí xã hội của CO ₂ và cảnh quan trong phân tích chính Độ nhạy 1, 2 và 3 trong nhà liền kề.....	138
Bảng C. 3. Thay đổi mức tiêu thụ năng lượng thành chi phí tiêu thụ năng lượng và chi phí xã hội của CO ₂ trong số ba lựa chọn xây dựng tòa nhà trong Độ nhạy 4	141
Bảng D. 1. Giải trình chi phí vận hành, bảo trì khu nhà ở xã hội	144
Bảng D. 2. Giải thích chi phí vận hành và bảo trì (O&M) cho khu nhà ở đô thị	145
Bảng E. 1. Tính toán tỷ lệ tử vong và giảm bệnh tật, thoải mái nhiệt và trong phân tích chính của nhà ở xã hội	147
Bảng E. 2. Tính toán tỷ lệ tử vong và giảm bệnh, thoải mái nhiệt và độ nhạy 1 của nhà ở xã hội.....	149
Bảng E. 3. Tính toán tỷ lệ tử vong và giảm bệnh tật, thoải mái nhiệt và trong phân tích chính của nhà liền kề.....	150
Bảng E. 4. Tính toán tỷ lệ tử vong và giảm tỷ lệ mắc bệnh, tiện nghi nhiệt và trong nhà liền kề - Độ nhạy 1.....	151

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Nội dung	Nghĩa tiếng Việt
AC	Air conditioning	Điều hòa không khí
BCR	Benefit-Cost Ratio	Tỷ lệ lợi ích-chi phí
BLDC	Brushless DC motors	Động cơ DC không chổi than
BMS	Building management systems	Xây dựng hệ thống quản lý
CADIF	Can Tho Development Investment Fund	Quỹ Đầu tư phát triển Cần Thơ
CFD	Computational Fluid Dynamics	Động lực học chất lỏng tính toán
CITP	Concentrated IP park	Khu Công nghiệp tập trung
DBT	Dry-bulb temperature	Nhiệt độ bầu khô
DCC	Department of Climate Change	Cục Biến đổi khí hậu
DEC	Direct Evaporative Cooling	Làm mát bay hơi trực tiếp
DHI	Diffuse Horizontal Irradiance	Bức xạ ngang khuếch tán
DNI	Direct Normal Irradiance	Bức xạ bình thường trực tiếp
DOE	Department of Energy	Bộ Năng lượng
EIA	Environmental impact assessment	Đánh giá tác động môi trường
EL	Environmental license	Giấy phép môi trường
ER	Environmental registration	Đăng ký môi trường
GGGI	Global Green Growth Institute	Viện Tăng trưởng Xanh Toàn cầu
GHI	Global Horizontal Irradiance	Bức xạ ngang toàn cầu
GRDP	Gross regional domestic product	Tổng sản phẩm nội địa của khu vực

GWP	Global Warming Potential	Khả năng nóng lên toàn cầu
HFOs	Hydrofluoroolefins	Hydrofluoroolefins
IEC	Indirect Evaporative Cooling	Làm mát bay hơi gián tiếp
IT Park	Information Technology Park	Khu công nghệ thông tin
LEP	Law of Environmental Protection	Luật Bảo vệ môi trường
NbS	Nature-based Solutions	Giải pháp dựa vào thiên nhiên
NDCs	Nationally Determined Contributions	Đóng góp do quốc gia tự quyết định
NPV	Net Present Value	Giá trị hiện tại ròng
NREL	National Renewable Energy Laboratory	Phòng thí nghiệm năng lượng tái tạo quốc gia
NUZ	New part zone	Khu vực bộ phận mới
NUZ&CITP	New urban zone and concentrated IT park	Khu đô thị mới và khu CNTT tập trung
PAC	Precision Air Conditioning	Điều hòa không khí chính xác
PCMs	Phase Change Materials	Vật liệu thay đổi pha
ĐTM sơ bộ	Preliminary Environmental Impact Assessment	Đánh giá sơ bộ tác động môi trường
Pre-FS	Pre-Feasibility Study	Nghiên cứu tiền khả thi
RH	Relative humidity	Độ ẩm tương đối
SCBA	Social Cost-Benefit Analysis	Phân tích chi phí-lợi ích xã hội
SPAC	Solar-powered air conditioning	Điều hòa không khí chạy bằng năng lượng mặt trời
TMY	Typical Meteorological Year	Năm khí tượng điển hình
UHIE	Urban Heat Island Effect	Hiệu ứng đảo nhiệt đô thị
UHI	Urban heat island	Đảo nhiệt đô thị

UTCI	Universal Thermal Climate Index	Chỉ số khí hậu nhiệt phổ quát
VRF	Variable Refrigerant Flow	Lưu lượng chất làm lạnh thay đổi
WBT	Wet-bulb temperature	Nhiệt độ bầu ướt
WWR	Window-to-Wall Ratio	Tỷ lệ cửa sổ trên tường

TÓM TẮT NỘI DUNG BÁO CÁO

Giới thiệu

Trong khuôn khổ Liên minh Tăng cường Hiệu quả Làm mát (Cool Coalition), Viện Tăng trưởng Xanh Toàn cầu (GGGI) và Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc (UNEP) đã hỗ trợ Sở Nông nghiệp và Môi trường Thành phố Cần Thơ (NN&MT) và Quỹ Đầu tư Phát triển Thành phố Cần Thơ (CADIF) thực hiện Nghiên cứu tiền khả thi về việc triển khai các giải pháp làm mát đô thị tại thành phố Cần Thơ, Việt Nam. **Dự án này có tên “Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin (CNTT) tập trung”**, thuộc danh sách các dự án thí điểm tiềm năng tại thành phố Cần Thơ do Sở Nông nghiệp và Môi trường phát triển, đã được chọn làm địa bàn mục tiêu cho nghiên cứu tiền khả thi về các chiến lược làm mát. Trong khuôn khổ dự án này, các hợp phần nhà ở xã hội và nhà liền kề đã được xem xét chi tiết, đồng thời đề xuất các giải pháp làm mát tiềm năng.

Nghiên cứu đã áp dụng cách tiếp cận toàn diện bao gồm: hồi cứu tư liệu một cách có hệ thống đối với các tài liệu liên quan, tham vấn các bên liên quan ở địa phương và phân tích sâu về các khía cạnh kỹ thuật, môi trường và xã hội, tài chính và kinh tế, pháp lý và rủi ro. Những phát hiện này sẽ cung cấp nền tảng khoa học và thực tiễn để ra quyết định đầu tư và hỗ trợ nhân rộng các mô hình làm mát đô thị bền vững, có khả năng chống chịu với khí hậu trong tương lai.

Mục tiêu

Mục tiêu chính của dự án là xây dựng một khung đánh giá thí điểm cho các sáng kiến làm mát đô thị tại các khu đô thị mới và các khu công nghệ thông tin (IT) tập trung trong thành phố. Cụ thể, nghiên cứu này có mục đích: (1) đánh giá tính khả thi về mặt kỹ thuật của các giải pháp làm mát ở cấp độ cảnh quan, gồm cả các biện pháp can thiệp dựa vào thiên nhiên (NbS), công nghệ làm mát thụ động; (2) phân tích các biện pháp giảm tiêu thụ năng lượng ở cấp tòa nhà, chẳng hạn như công nghệ làm mát hiệu quả và chiến lược thiết kế thụ động; (3) đánh giá tính khả thi về mặt tài chính và kinh tế của các giải pháp làm mát được đề xuất, có tính đến tính khả thi về đầu tư và vận hành trong điều kiện địa phương; và (4) đề xuất các giải pháp khả thi và có khả năng nhân rộng để hỗ trợ tầm nhìn dài hạn của thành phố về phát triển đô thị chống chịu với biến đổi khí hậu.

Giải pháp làm mát cho cảnh quan

Đối với các giải pháp làm mát ngoài trời, nhóm nghiên cứu đã so sánh ba phương án. Phương án đầu tiên (L1, cơ sở) gồm thảm cỏ kết hợp với bê tông tối màu, không trồng thêm cây xanh. Phương án thứ hai (L2) gồm trồng cây bóng mát cao 15m với bê tông tối màu, bổ sung thêm nhiều mảng xanh hơn so với phương án cơ sở. Phương án thứ ba (L3) kết hợp cây bóng mát cao 15m và lát đá granite, trồng thêm cây xanh và thay thế bê tông tối màu bằng đá granite. Ba phương án này đã được phân tích ở cả khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề. Ở cả khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề, phương án L3 đã giúp giảm nhiệt độ không khí cực đại ban ngày 0,75°C so với phương án cơ sở ở khu vực nhà ở xã hội và giảm 0,85°C ở khu vực nhà liền kề.

Kết quả của L3 ở các khu vực nhà ở này sau đó được sử dụng làm đầu vào để tiếp tục phân tích các giải pháp làm mát trong nhà.

Các giải pháp làm mát trong nhà

Bên trong tòa nhà, các giải pháp làm mát gồm: lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trong phòng (RAC) hoặc hệ thống điều hòa trung tâm (VRF). Các giải pháp khác là kính tản nhiệt Low-E + che nắng, và kính tản nhiệt Low-E + mái xanh. Tiêu chí lựa chọn phương án trong phân tích này là một bộ các giải pháp kết hợp để có thể giảm tổng mức tiêu thụ năng lượng của tòa nhà. Kết quả mô phỏng năng lượng tòa nhà cho thấy hệ thống VRF, kết hợp với các giải pháp làm mát khác, giúp giảm mức tiêu thụ năng lượng trong khu nhà ở xã hội. Do đó, giải pháp tiết kiệm năng lượng hiệu quả nhất là: L3 + VRF + kính Low-E + che nắng (giúp giảm 19% tiêu thụ năng lượng của tòa nhà) đã được chọn để phân tích tiếp về hiệu suất tài chính và kinh tế. Trong khu vực nhà liền kề, do các giải pháp làm mát trong nhà không giúp giảm tiêu thụ năng lượng nên phân tích đã áp dụng phương án L3 (giải pháp ngoài trời có hiệu quả năng lượng cao nhất) thay vì L1.

Phân tích tài chính và kinh tế

Để phân tích tài chính, chi phí trực tiếp liên quan đến khoản đầu tư vào các giải pháp làm mát đã được ước tính cho cả khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề, bao gồm chi phí đầu tư ban đầu cũng như chi phí vận hành và bảo trì. Ở đây, chi phí hoặc lợi ích được đo lường là chi phí tăng hoặc giảm (lợi ích) do đầu tư vào các giải pháp làm mát. Chi phí gián tiếp đề cập đến chi phí phát thải khí nhà kính (KNK) nếu một giải pháp làm tăng lượng phát thải. Tuy nhiên, những chi phí gián tiếp này không được xem xét trong các kịch bản giải pháp làm mát, vì nghiên cứu này chỉ phân tích tài chính và kinh tế đối với các giải pháp giảm mức tiêu thụ năng lượng của tòa nhà trong khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề. Do đó, lợi ích gián tiếp duy nhất được tính đến là giảm phát thải khí nhà kính do đầu tư vào các giải pháp làm mát. Ngoài ra, lợi ích trực tiếp gồm chênh lệch giá bán nhà. Tuy nhiên, phân tích chính này không tính đến khả năng tăng giá nhà cao hơn quy định của chính phủ. Một lợi ích trực tiếp khác là tiết kiệm chi phí VRF (chi phí vận hành và bảo trì hệ thống VRF trong nhà ở xã hội). Các lợi ích gián tiếp gồm cải thiện sức khỏe và tăng tiện nghi nhiệt nhờ giảm nhiệt độ.

Kết quả phân tích cho thấy các giải pháp làm mát hiệu quả nhất về mặt kỹ thuật trong đánh giá kỹ thuật cho cả khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề đều không khả thi về mặt tài chính. Nguyên nhân là do phân tích tài chính chỉ tính đến chi phí và lợi ích trực tiếp của các giải pháp làm mát. Trong khu vực nhà ở xã hội, lợi ích từ việc giảm chi phí vận hành VRF và giảm tiêu thụ năng lượng không đủ để bù đắp chi phí đầu tư cho cây xanh và đá granit (L3), VRF, kính Low-E và che nắng. Trong khu vực nhà liền kề, lợi ích từ việc giảm sử dụng năng lượng của tòa nhà chỉ bù đắp được một phần nhỏ chi phí đầu tư cho cây xanh và đá granit (L3). Kết quả là phân tích tài chính cho thấy giá trị hiện tại ròng (NPV) âm ở cả khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề.

Ngược lại, theo phân tích kinh tế đối với lợi ích gián tiếp (như giảm phát thải khí nhà kính và tác động đến sức khỏe), thì đã có thể bù đắp chi phí đầu tư vào nhà ở xã hội. Tuy nhiên, NPV

trong phân tích kinh tế cho khu vực nhà liền kề vẫn âm, nghĩa là ngay cả khi có thêm những lợi ích gián tiếp này, chi phí đầu tư bên ngoài cho các tòa nhà nhà liền kề vẫn không thể thu hồi được.

Phân tích chính

Đầu tư cho giải pháp làm mát:



- Nhà ở xã hội: Trồng cây cao 15m và lát nền bằng đá granite (cảnh quan, L3), hệ thống VRF, che nắng và kính Low-E (tòa nhà).
- Nhà liền kề: Trồng cây cao 15m và lát nền bằng đá granite (cảnh quan, L3).
- Giảm nhiệt độ: $-0,75^{\circ}\text{C}$ (nhà ở xã hội) và $-0,85^{\circ}\text{C}$ (nhà liền kề).
- Tiết kiệm chi phí bảo trì hệ thống VRF so với hệ thống RAC.
- Tiết kiệm điện năng.
- Giảm chi phí xã hội do phát thải CO_2 .
- Lợi ích sức khỏe (giảm tỷ lệ tử vong và bệnh tật, cải thiện vùng tiện nghi nhiệt).
- Nhà ở xã hội: Không khả thi về tài chính.
- Nhà liền kề: Không khả thi cả về tài chính và kinh tế.

Phân tích Độ nhạy 1: Do đó, phân tích độ nhạy đầu tiên được thực hiện bằng cách xem xét một phương án đầu tư thay thế để giảm chi phí giải pháp làm mát. Phương án đầu tư đầu tiên được phân tích là sử dụng L2 trong thiết kế cảnh quan làm đầu vào cho mô phỏng năng lượng tòa nhà thay vì L3, giúp giảm hơn 50% chi phí đầu tư làm mát cho cả hai loại nhà, đặc biệt là nhà ở xã hội. Tuy nhiên, hiệu quả giảm nhiệt độ ngoài trời kém đi đáng kể (từ $-0,75^{\circ}\text{C}$ xuống $-0,41^{\circ}\text{C}$ đối với nhà ở xã hội và từ $-0,85^{\circ}\text{C}$ xuống $-0,38^{\circ}\text{C}$ đối với nhà liền kề). Do đó, lợi ích sức khỏe gián tiếp ước tính giảm khoảng 30% so với kịch bản chính, và lợi ích giảm tương ứng khi mức giảm nhiệt độ (hiệu quả làm mát) kém đi.

Kết quả phân tích độ nhạy đầu tiên cho thấy NPV đối với nhà ở xã hội trong cả đánh giá tài chính và kinh tế đều trở nên dương, nghĩa là việc chọn L2 làm đầu vào cho các khoản đầu tư làm mát trong nhà là đủ để bù đắp chi phí đầu tư làm mát trong khu vực nhà ở xã hội. Đối với nhà liền kề, NPV vẫn âm trong phân tích tài chính, nhưng chuyển thành dương trong phân tích kinh tế. Nói cách khác, chi phí đầu tư trực tiếp cho các giải pháp làm mát vẫn cao hơn lợi ích trực tiếp của nhà liền kề, trong khi đó phân tích kinh tế cho thấy L2 có thể bù đắp chi phí đầu tư ở cả nhà ở xã hội và nhà liền kề. Tuy nhiên, do hiệu quả làm mát giảm đáng kể, cần cân nhắc kỹ sự đánh đổi này khi lựa chọn giải pháp cho các tòa nhà.

Phân tích độ nhạy 1: Loại bỏ lát nền bằng đá granite



- Giảm hơn 54% tổng chi phí (giảm 45% chi phí ở nhà ở xã hội và giảm 90% chi phí ở nhà liền kề).



- Nhà ở xã hội: Khả thi cả về tài chính và kinh tế.
- Nhà liền kề: Chỉ khả thi về kinh tế.



- Giảm nhiệt độ từ $-0,75^{\circ}\text{C}$ (L3) xuống $-0,41^{\circ}\text{C}$ (L2) (nhà ở xã hội).
- Giảm nhiệt độ từ $-0,85^{\circ}\text{C}$ (L3) xuống $-0,39^{\circ}\text{C}$ (L2) (nhà liền kề).
- Giảm mức tiết kiệm điện năng.
- Giảm lợi ích sức khỏe tương ứng với mức giảm nhiệt độ, áp dụng thêm mức giảm 30%.

Phân tích độ nhạy 2: Phân tích độ nhạy thứ hai đề xuất tăng giá nhà ở xã hội thêm 3% và tăng giá nhà liền kề thêm 5%. Lợi ích này được coi như lợi ích cảnh quan từ việc đầu tư vào các giải

pháp làm mát ngoài trời, vốn chưa được đưa vào phân tích chính. Kết quả cho thấy NPV tài chính và kinh tế của cả hai loại hình công trình đều dương. Tuy nhiên, giải pháp này cần có sự phê duyệt của cấp tỉnh/thành phố (thành phố Cần Thơ) và cấp trung ương để ra quyết định điều chỉnh giá nhà ở, đặc biệt là nhà ở xã hội.

Phân tích độ nhạy 2: Tích hợp giá trị cảnh quan (3 – 5%)



Đầu tư cho giải pháp làm mát (tương tự phân tích chính):

- Nhà ở xã hội: Trồng cây cao 15m và lát nền bằng đá granite (cảnh quan, L3), hệ thống VRF, che nắng và kính Low-E (tòa nhà).
- Nhà liền kề: Trồng cây cao 15m và lát nền bằng đá granite (cảnh quan, L3).



Tăng giá bán mỗi mét vuông:

- Giá bán nhà ở xã hội: từ 18,33 → 18,88 triệu VND/m² (tăng 3%).
- Giá bán nhà liền kề: từ 28 → 29,4 triệu VND/m² (tăng 5%).



- Nhà ở xã hội: Khả thi cả về tài chính và kinh tế.
- Nhà liền kề: Khả thi cả về tài chính và kinh tế.



Lưu ý:

- Cần có sự phê duyệt của UBND TP. Cần Thơ để điều chỉnh giá bán khu dân cư.
- Tìm kiếm hỗ trợ tài chính từ cả chính phủ và các tổ chức phi chính phủ để đầu tư giải pháp làm mát.

Phân tích độ nhạy 3: Phân tích độ nhạy thứ ba đã tích hợp các giả định từ Phân tích độ nhạy 2 và điều chỉnh theo một số yếu tố chi phí và rủi ro, gồm cả tăng lợi ích khi giảm CO₂ (tăng từ 5 lên 7 USD cho mỗi tấn CO₂), lợi ích sức khỏe gián tiếp giảm 10%, giá nhà tăng tương tự như trong Phân tích độ nhạy 2, và tỷ lệ chiết khấu cao hơn (từ 5% lên 7%, làm tăng chi phí và giảm lợi ích). Kết quả cho thấy NPV trong cả phân tích tài chính và kinh tế vẫn dương. Điều này có nghĩa là ngay cả trong những điều kiện điều chỉnh theo rủi ro này, chi phí đầu tư vào các giải pháp làm mát vẫn có thể được bù đắp nếu giá nhà tăng 3–5%. Nói cách khác, nhà đầu tư có thể hợp tác với các cơ quan nhà nước hoặc tổ chức phi chính phủ để thúc đẩy đầu tư vào các giải pháp làm mát thông qua các dự án thí điểm hoặc ngắn hạn. Tuy nhiên, trong dài hạn, người sử dụng nhà sẽ cần phải đóng thêm các khoản thanh toán cho các giải pháp như vậy trong khu dân cư.

Phân tích độ nhạy 3: Tích hợp chi phí và lợi ích không chắc chắn



Đầu tư cho giải pháp làm mát (tương tự phân tích chính):

- Nhà ở xã hội: Trồng cây cao 15m và lát nền bằng đá granite (cảnh quan, L3), hệ thống VRF, che nắng và kính Low-E (tòa nhà).
- Nhà liền kề: Trồng cây cao 15m và lát nền bằng đá granite (cảnh quan, L3).



Điều chỉnh giả định:

- Tăng chi phí xã hội của CO₂ từ 5 lên 7 USD/tấn CO₂.
- Giảm lợi ích sức khỏe 10%.
- Tích hợp giá trị cảnh quan (3 – 5% giá bán).
- Tăng tỷ lệ chiết khấu từ 5% lên 7%.



- Nhà ở xã hội: Khả thi cả về tài chính và kinh tế.
- Nhà liền kề: Khả thi cả về tài chính và kinh tế.
- Đã tích hợp các yếu tố không chắc chắn vào phân tích.

Kết luận

Việc tăng mật độ cây bóng mát cao 15m trong các khu dân cư mang lại lợi ích làm mát tự nhiên, che nắng và cải thiện cảnh quan, với chi phí đầu tư vừa phải, phù hợp cho các dự án phát triển nhà ở. Lát đá granite, mặc dù đòi hỏi đầu tư cao hơn, nhưng mang lại lợi ích giảm nhiệt đô thị đáng kể, và các loại đá granite mới hơn có khả năng thấm nước tốt hơn so với các phiên bản trước đây. Hệ thống VRF phù hợp với các tòa nhà lớn như khu phức hợp nhà ở xã hội hơn là với các dự án nhà liền kề rải rác. Việc tích hợp kính Low-E và các thiết bị che nắng cũng có thể giúp giảm lượng nhiệt hấp thụ trong nhà và giảm tiêu thụ điện, với chi phí tương đối vừa phải mà các nhà đầu tư có thể thấy khả thi. Nhìn chung, các giải pháp làm mát mang lại nhiều lợi ích xã hội hơn khi phân tích tính đến lợi ích về cải thiện sức khỏe, giảm phát thải khí nhà kính, nâng cao giá trị cảnh quan và giảm sử dụng năng lượng. Vì nhiều lợi ích gián tiếp này hướng đến người sử dụng tòa nhà và cộng đồng rộng hơn, nên các cơ chế tài chính nên xem xét kết hợp các nguồn lực công, tư và phi chính phủ để đẩy nhanh việc tích hợp các giải pháp làm mát vào cả các hoạt động phát triển đô thị hiện tại và theo quy hoạch.

Các giải pháp liên quan đến việc tối ưu hóa sử dụng hệ thống thông gió tự nhiên trong các tòa nhà không được phân tích chi tiết trong báo cáo này do CADIF ưu tiên lựa chọn các giải pháp khác; tuy nhiên, đây vẫn là yếu tố quan trọng cần cân nhắc cho các tòa nhà đang lên quy hoạch hoặc sẽ điều chỉnh trong tương lai gần.

Hướng dẫn xây dựng tòa nhà và các phương án tài chính

Dựa vào những phân tích trên, các giải pháp làm mát trong nghiên cứu này có thể được áp dụng dần dần cả trong các khu dân cư hiện tại cũng như trong quy hoạch phát triển nhà ở mới. Do đó, chính quyền địa phương (thành phố Cần Thơ) cũng như trung ương cần đưa các giải pháp làm mát này vào quy định xây dựng nhà ở, đồng thời có cơ chế tài chính để hỗ trợ các nhà đầu tư triển khai các giải pháp này.

Vì vậy, thay vì giảm đầu tư vào các giải pháp làm mát (như trong Phân tích độ nhạy 1), việc đưa ra các chính sách tài chính để hỗ trợ các giải pháp này sẽ là một cách tiếp cận phù hợp hơn để ưu tiên tích hợp chúng trong tương lai. Các chính sách tài chính này cần được cân nhắc kỹ và có tiềm năng được chính thức hóa bởi cả cơ quan quản lý cấp tỉnh và cấp trung ương trong cả tầm nhìn ngắn hạn và dài hạn tại Việt Nam.

Thông điệp chính



Đầu tư cho giải pháp làm mát:

- Cảnh quan: Nên trồng cây cao 15m và lát nền bằng đá granite.
- Các tòa nhà lớn (nhà ở xã hội hoặc tương tự) nên xem xét đầu tư hệ thống VRF, che nắng và kính Low-E.
- Có thể áp dụng cho cả quy hoạch đô thị mới và các khu dân cư hiện hữu.



- Cần có sự phê duyệt của UBND TP. Cần Thơ để điều chỉnh giá bán khu dân cư.
- Tìm kiếm hỗ trợ tài chính từ cả chính phủ và các tổ chức phi chính phủ để đầu tư giải pháp làm mát.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Bối cảnh

Quá trình đô thị hóa nhanh chóng đang diễn ra song song với tác động gia tăng của biến đổi khí hậu, tạo ra những mối liên kết phức tạp và tăng rủi ro cho hàng triệu cư dân đô thị. Biến đổi khí hậu góp phần gây ra các đợt nắng nóng thường xuyên và mạnh hơn, đe dọa nghiêm trọng đến sức khỏe cộng đồng. Cụ thể, hiệu ứng đảo nhiệt đô thị (UHIE) khiến các khu vực đô thị phải hứng chịu nhiệt độ cao hơn đáng kể so với các khu vực nông thôn xung quanh, do đó làm tăng tác động của nắng nóng - đặc biệt là đối với các nhóm dân cư dễ bị tổn thương (Slesinski và cộng sự, 2025).

Ngoài những quan ngại về sức khỏe cộng đồng, nắng nóng còn dẫn tới tăng nhu cầu làm mát, từ đó làm tăng mức tiêu thụ năng lượng và tăng phát thải khí nhà kính. Tăng nhu cầu năng lượng sẽ gây áp lực tài chính lên ngân sách của chính quyền địa phương, làm quá tải lưới điện, và làm tăng nguy cơ mất điện vào giờ cao điểm - chính là lúc nhu cầu làm mát cao nhất. Hơn nữa, nhiệt độ đô thị tăng cao ảnh hưởng đến hành vi xã hội, công suất làm việc và năng suất lao động, đồng thời đặt ra những thách thức đáng kể đối với việc quy hoạch và phát triển các khu vực đô thị mới, hành lang tăng trưởng và cơ sở hạ tầng thiết yếu.

Đối mặt với những thách thức đa chiều này, các thành phố ngày càng cần phát triển các giải pháp thích ứng để bảo vệ sức khỏe cộng đồng, đảm bảo an ninh năng lượng, và thúc đẩy phát triển đô thị bền vững. Đặc biệt, các chiến lược làm mát đô thị đã trở thành một thành phần thiết yếu trong các chính sách thích ứng với biến đổi khí hậu của các thành phố. Trên toàn cầu và tại Việt Nam, nhiều thành phố đang triển khai các biện pháp khác nhau, chẳng hạn như sử dụng vật liệu xây dựng có độ phản xạ cao, thay thế các bề mặt hấp thụ nhiệt bằng các giải pháp thân thiện với môi trường, và thúc đẩy các giải pháp dựa vào thiên nhiên (NbS), gồm cả hệ thống cơ sở hạ tầng xanh. Những can thiệp này không chỉ giúp điều hòa vi khí hậu đô thị mà còn cải thiện chất lượng môi trường sống, hỗ trợ đa dạng sinh học và tạo ra các đồng lợi ích về xã hội và kinh tế. Tuy nhiên, để đảm bảo các chiến lược này có thể được nhân rộng và mở rộng hiệu quả, thì cần có một quy trình nghiên cứu, đánh giá và thử nghiệm thí điểm một cách có hệ thống.

Để đáp ứng nhu cầu này, trong khuôn khổ Liên minh Tăng cường Hiệu quả Làm mát (Cool Coalition), Viện Tăng trưởng Xanh Toàn cầu (GGGI) và Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc (UNEP) đã hỗ trợ Sở Nông nghiệp và Môi trường thành phố Cần Thơ (NN&MT) và Quỹ Đầu tư Phát triển Thành phố (CADIF) thực hiện Nghiên cứu tiền khả thi (Pre-FS) về việc triển khai các giải pháp làm mát đô thị tại thành phố Cần Thơ, Việt Nam. Nghiên cứu được thực hiện bằng cách rà soát, hồi cứu tổng thể tài liệu liên quan, tham vấn các bên liên quan ở địa phương, và phân tích chuyên sâu các khía cạnh kỹ thuật, môi trường và xã hội, tài chính và kinh tế, pháp lý và rủi ro. Kết quả của nghiên cứu này sẽ cung cấp nền tảng khoa học và thực tiễn để ra quyết định đầu tư và hỗ trợ nhân rộng các mô hình làm mát đô thị bền vững trong tương lai.

1.2. Mục tiêu

Mục tiêu chính của dự án là xây dựng một khung đánh giá thí điểm cho các sáng kiến làm mát đô thị tại các khu đô thị mới và các khu công nghệ thông tin tập trung trong thành phố. Nghiên cứu này có mục đích đánh giá tiềm năng ứng dụng và tính khả thi của các giải pháp làm mát đô thị một cách thực tế và chiến lược thông qua các lĩnh vực phân tích chính sau:

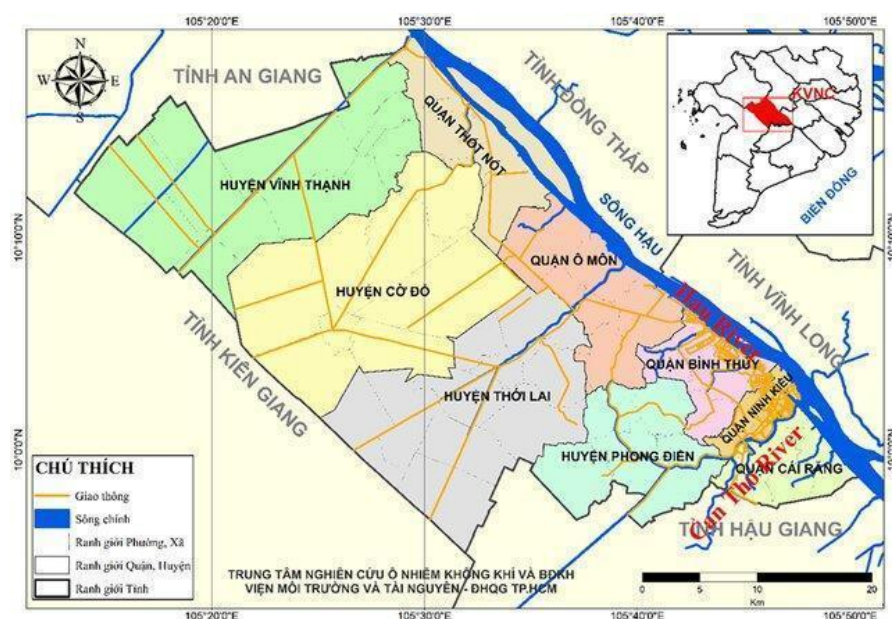
- Đánh giá tính khả thi về mặt kỹ thuật của các giải pháp làm mát ở cấp độ cảnh quan, bao gồm các giải pháp dựa vào thiên nhiên (NbS), các giải pháp làm mát thụ động (PCS);
- Phân tích các giải pháp giảm tiêu thụ năng lượng ở cấp độ tòa nhà, bao gồm các công nghệ làm mát hiệu quả và các chiến lược làm mát thụ động;
- Đánh giá tính khả thi về mặt tài chính và kinh tế của các giải pháp làm mát được đề xuất, có tính đến khả năng đầu tư và vận hành trong điều kiện địa phương;
- Đề xuất các giải pháp khả thi và có khả năng nhân rộng để hỗ trợ tầm nhìn dài hạn của thành phố về phát triển đô thị chống chịu với biến đổi khí hậu.

2. MÔ TẢ ĐỊA BÀN NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan về thành phố Cần Thơ

2.1.1. Vị trí

Cần Thơ (10,0452° Bắc, 105,7469° Đông) là một thành phố lớn ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long, miền Nam Việt Nam, nằm trên bờ Nam sông Hậu, một nhánh của sông Mê Công. Cần Thơ cách thành phố Hồ Chí Minh khoảng 170 km về phía Tây Nam, là một trung tâm quan trọng về giao thông vận tải, thương mại và sản xuất nông nghiệp của vùng đồng bằng này. Với vị trí địa lý như thế, Cần Thơ nằm ở trung tâm của một trong những vùng đất màu mỡ nhất Việt Nam, nổi tiếng với mạng lưới sông ngòi và kênh rạch rộng lớn, góp phần tạo nên nền tảng nông nghiệp vững chắc, đặc biệt là sản xuất lúa gạo, trái cây và nuôi trồng thủy sản. Vị trí chiến lược này cũng giúp thành phố phát triển nhanh như một trung tâm kinh tế và giáo dục của khu vực.



Hình 1. Vị trí thành phố Cần Thơ

Nguồn: Ho và cộng sự (2022)

2.1.2. Tình hình nhân khẩu học

Cần Thơ có diện tích khoảng 1.440,4 km², tương đương khoảng 3,5% diện tích toàn vùng. Tính đến năm 2023, dân số Cần Thơ ước tính khoảng 1,26 triệu người, trong đó dân số đô thị chiếm khoảng 70,5%. Cần Thơ đứng thứ 2 trong danh sách 10 thành phố có tốc độ tăng trưởng dân số nhanh nhất trong 5 năm qua, theo báo cáo của Cơ quan Tình báo Kinh tế (Economist Intelligence Unit) năm 2020.

Bảng 1. Một số số liệu thống kê của thành phố Cần Thơ

Tổng Diện tích	1,440.4 km ²
Quận huyện	9 (5 quận & 4 huyện)
Dân số (2023)	1,258,876 người
Mật độ dân số (2023)	874 người/km ²
Dân số thành thị (2023)	887,831 (70.53%)
Dân số nông thôn (2023)	371,045 (29.47%)

Nguồn: Chi cục Thống kê Cần Thơ (2024)

Quá trình đô thị hóa đã diễn ra nhanh ở Cần Thơ trong những năm gần đây, được đánh dấu bằng việc phát triển cơ sở hạ tầng đáng kể và mở rộng diện tích đô thị. Sự tăng trưởng này đi kèm với dân số gia tăng và nhiều thách thức kinh tế - xã hội liên quan đến biến đổi khí hậu đô thị/biến đổi vi khí hậu, đòi hỏi một cách tiếp cận toàn diện để quản lý bền vững nhu cầu làm mát đang gia tăng. Việc tiến hành nghiên cứu tiền khả thi về nhu cầu làm mát và các giải pháp có vai trò rất quan trọng để giải quyết hiệu quả những vấn đề này.

2.1.3. Điều kiện khí hậu

Cần Thơ có khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm và ẩm quanh năm. Cần Thơ chịu ảnh hưởng của gió mùa, với 2 hình thái gió mùa khác nhau: gió mùa Đông Bắc, từ tháng 11 đến tháng 4, trùng với mùa khô; và gió mùa Tây Nam, từ tháng 5 đến tháng 10, trùng với mùa mưa. Trong giai đoạn gió mùa Đông Bắc, tốc độ gió trung bình tháng cao nhất đạt 1,6 mét/giây (m/s) vào tháng 2, với tốc độ gió giật cực đại ghi nhận được là 21,0 m/s. Gió mùa Tây Nam có tốc độ mạnh hơn một chút, với tốc độ gió trung bình tháng cao nhất là 1,8 m/s và tốc độ gió giật cực đại đạt 24,0 m/s (WeatherSpark, 2024).

Phân tích tốc độ gió hàng ngày cho thấy vận tốc gió ở Cần Thơ thường đạt mức cực đại vào đầu giờ chiều (13:00 – 15:00), trùng với đỉnh tải nhiệt hàng ngày, và do đó làm tăng tiềm năng thông gió tự nhiên. Ngoài ra, sự thay đổi rõ rệt theo mùa của hướng gió phổ biến - từ Đông Bắc trong mùa khô thành Tây Nam trong mùa mưa - cũng cung cấp dữ liệu giá trị để ra quyết định thiết kế dựa trên hướng gió (Meteoblue, 2024).

Nhiệt độ bầu khô (DBT) dao động từ khoảng 22°C vào ban đêm đến hơn 35°C vào giữa trưa, với nhiệt độ đỉnh thường xảy ra vào mùa khô, đặc biệt là từ tháng 3 đến tháng 4. Nhiệt độ bầu ướt (WBT) cũng có xu hướng tương tự nhưng vẫn thấp hơn do ảnh hưởng của độ ẩm. Độ ẩm tương đối (RH) trung bình từ 80% đến 89% hàng năm, đạt mức cao nhất (88%–89%) vào tháng 9 và tháng 10, và giảm xuống mức thấp nhất (79% – 80%) vào tháng 1 và tháng 2. Tốc độ gió biến thiên vừa phải, với sức gió mạnh hơn một chút trong giai đoạn gió mùa Tây Nam (tháng 5 đến tháng 10), trung bình lên đến 1,8 m/s và gió giật đạt 24,0 m/s, so với 1,6 m/s và 21,0 m/s trong giai đoạn gió mùa Đông Bắc (tháng 11 đến tháng 4). Giá trị biến động theo ngày này rất quan trọng để đánh giá tiện nghi nhiệt và tối ưu hóa các chiến lược làm mát thụ động trong thiết kế tòa nhà (Meteoblue, 2024).

Cần Thơ có thời gian nắng trung bình năm tương đối cao, tổng cộng khoảng 2.556 giờ, tương đương 7,2 giờ mỗi ngày. Khoảng thời gian từ tháng 2 đến tháng 4 có nhiều ánh nắng nhất, với thời gian nắng trung bình hàng ngày dao động từ 8 đến 10 giờ. Ngược lại, từ tháng 8 đến tháng 10, thành phố ghi nhận thời gian nắng trung bình thấp nhất, dao động từ 5 đến 6 giờ nắng mỗi ngày. Phân tích dữ liệu bức xạ mặt trời cho thấy Cần Thơ nhận được lượng bức xạ ngang toàn cầu (GHI) trung bình năm là 1.800–2.000 kWh/m², bức xạ trực tiếp thông thường (DNI) ở mức 1.600 – 1.800 kWh/m² và bức xạ ngang khuếch tán (DHI) ở mức 600 – 800 kWh/m², điều này cho thấy rõ các điều kiện thuận lợi cho các chiến lược thiết kế thụ động dựa trên năng lượng mặt trời (Global Solar Atlas, 2025). Với các điều kiện khí hậu đã đề cập ở trên, hệ thống làm

mát hiệu quả có vai trò tối quan trọng để đảm bảo sự thoải mái (tiện nghi) và phúc lợi cho cả người dân và du khách tại Cần Thơ. Nhiệt độ cao liên tục, độ ẩm tăng cao và nhiều giờ không đáp ứng về tiện nghi nhiệt khiến việc làm mát trở thành yếu tố thiết yếu để duy trì khả năng đáng sống của Cần Thơ.

2.1.4. Nhu cầu làm mát trong tương lai

Dân số Cần Thơ hiện tại là khoảng 1,25 triệu người, dự kiến sẽ tăng lên hơn 1,5 triệu người trong thập kỷ tới. Tăng dân số sẽ dẫn đến tăng nhu cầu về hệ thống làm mát dân dụng và thương mại. Ngoài ra, khi quá trình đô thị hóa vẫn tiếp diễn, nhiều cơ sở hạ tầng sẽ được phát triển, từ đó càng làm tăng nhu cầu cần có giải pháp làm mát hiệu quả để đảm bảo tiện nghi nhiệt trong môi trường sống và làm việc. Khi mức sống được cải thiện, việc sử dụng điều hòa không khí (AC) cũng có khả năng trở nên phổ biến hơn trong các nhóm có điều kiện kinh tế - xã hội đa dạng.

Quá trình đô thị hóa và tăng trưởng kinh tế nhanh của Việt Nam làm tăng đáng kể nhu cầu làm mát tại các thành phố, dẫn đến tăng mạnh lượng tiêu thụ điện năng và sử dụng chất làm lạnh. Xu hướng này dự kiến sẽ làm tăng nhu cầu làm mát thêm 34% vào năm 2030 so với mức năm 2020, theo phân tích sơ bộ trong Kế hoạch hành động làm mát quốc gia. Nhiệt độ trung bình năm cao, dao động từ 17,7 - 36,7°C (trung bình 26,8°C). Nhiệt độ trung bình tháng dao động từ 25,5 - 28,1°C. Tháng 4 là tháng nóng nhất với nhiệt độ trung bình 28,1°C. Tháng 1 là tháng lạnh nhất, với nhiệt độ trung bình 17,7°C. Độ ẩm tương đối cao, trung bình 80 - 89%, càng làm tăng mức độ khó chịu, đặc biệt là trong những tháng cao điểm là tháng 9 và tháng 10 khi độ ẩm đạt 88 - 89%. Vào tháng 2 và tháng 3, độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất là 79 - 80% (lên đến 270 mm vào tháng 10), điều kiện khí hậu làm tăng mạnh phụ thuộc vào điều hòa không khí (AC) như một phương tiện duy trì sự thoải mái trong nhà. Những yếu tố này nhấn mạnh sự cần thiết của hệ thống làm mát tại Cần Thơ, trong đó điều hòa không khí là giải pháp khả thi nhất và được áp dụng rộng rãi nhất (UNEP, 2025). Khi biến đổi khí hậu gia tăng, cả nhiệt độ và độ ẩm đều được dự báo sẽ tăng lên, dẫn đến kéo dài hơn thời gian căng thẳng nhiệt. Theo ước tính từ các nghiên cứu mô hình khí hậu khu vực, một số thành phố nhiệt đới ở Đông Nam Á có thể phải chịu tới 4.000 giờ khó chịu về nhiệt mỗi năm theo các kịch bản phát thải thông thường (BAU) vào năm 2030, đặc biệt là ở các tòa nhà thông gió kém và không có điều hòa (Ngô và cộng sự, 2023). Mặc dù chưa có số liệu chính xác cho Cần Thơ, nhưng những dự báo này cho thấy nhu cầu cấp thiết về các chiến lược làm mát thụ động và chủ động để

đảm bảo tiện nghi nhiệt trong nhà, giảm rủi ro sức khỏe liên quan đến nhiệt và cải thiện phúc lợi tổng thể (Ngân hàng Thế giới, 2020).

Ngoài ra, Chỉ số ngày độ làm mát (Cooling Degree Days (CDD)) - một chỉ số dùng để đánh giá nhu cầu năng lượng làm mát - đã cho thấy xu hướng tăng đáng kể tại Việt Nam trong 2 thập kỷ qua. Chỉ số CDD được tính bằng cách đo mức độ và khoảng thời gian mà nhiệt độ trung bình ngày vượt quá ngưỡng thoải mái đã xác định. Giá trị CDD càng cao, nhu cầu làm mát càng lớn. Theo nghiên cứu được công bố trên tạp chí *Truyền thông Thiên nhiên - Trái đất & Môi trường (Nature Communications Earth & Environment)*, Việt Nam được xác định là một trong những quốc gia có tốc độ tăng CDD cao nhất trên toàn thế giới, từ đó nhấn mạnh các tác động ngày càng nghiêm trọng của hiện tượng nóng lên toàn cầu và đô thị hóa đối với nhu cầu năng lượng làm mát (Scoccimarro và cộng sự, 2023). Theo Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA, 2019), số lượng máy điều hòa không khí gia dụng ở Đông Nam Á dự kiến sẽ tăng từ 40 triệu vào năm 2017 lên hơn 300 triệu vào năm 2040. Do đó, nhu cầu làm mát có thể chiếm tới 30% tổng nhu cầu điện đỉnh của hệ thống trong khu vực này trong những ngày nắng nóng cực đoan - một yếu tố quan trọng cần cân nhắc khi phát triển các trung tâm đô thị như Cần Thơ.

Trong khu vực dự án NUZ&CITP, mô hình năng lượng sơ bộ đã được xây dựng cho 2 loại hình công trình chính: khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề. Đối với các khối nhà ở xã hội 12 tầng, nhu cầu làm mát hàng năm ước tính dao động từ 1.676.000 đến 1.800.000 kWh, với tải đỉnh làm mát khoảng 130–145 kW vào tháng 3 và tháng 4. Cường độ năng lượng làm mát được tính toán ở mức 38–41 kWh/m²/năm. Đối với khu vực nhà liền kề 4 tầng, tổng nhu cầu làm mát hàng năm là khoảng 349.500 kWh, với tải đỉnh 95–110 kW và cường độ năng lượng 30–35 kWh/m²/năm.

Các nghiên cứu so sánh từ các vùng khí hậu tương tự cung cấp thêm thông tin chi tiết. Một nghiên cứu tại Thâm Quyến, Trung Quốc - nơi các hệ thống làm mát khu vực được mô hình hóa cho các cụm dân cư - đã chứng minh rằng việc tích hợp các chiến lược làm mát trước có thể giảm tải đỉnh tới 56%, tương đương khoảng 24 W/m² (Zhou và cộng sự, 2021). Ví dụ này cung cấp tài liệu tham khảo hữu ích cho việc phát triển hệ thống làm mát khu vực trong tương lai tại các khu vực đô thị mở rộng như Cần Thơ.

Phân tích trình bày trong tài liệu này cung cấp nền tảng dựa trên bằng chứng để thiết kế hệ thống điện và cơ khí, cũng như lập kế hoạch đầu tư cơ sở hạ tầng. Các giai đoạn của dự án nên xem xét xây dựng các dự báo nhu cầu làm mát theo thời gian, phân tổ theo không gian, và đối

sánh với các thành phố có đặc điểm dân số và điều kiện khí hậu tương tự để phục vụ cho quá trình lập kế hoạch dài hạn và xây dựng chiến lược phát triển bền vững.

2.1.5. Tổng quan thị trường giải pháp làm mát bền vững tại Cần Thơ

Cần Thơ đang phải đối mặt với nhiệt độ tăng, gia tăng đô thị hóa, và chịu tác động ngày càng lớn của biến đổi khí hậu. Do đó, nhu cầu về các giải pháp làm mát bền vững dự kiến sẽ tăng, do nhu cầu cần giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị, tăng hiệu suất năng lượng (tiết kiệm năng lượng), và giải quyết các rủi ro sức khỏe do nắng nóng cực đoan gây ra. Phần này sẽ tìm hiểu hiện trạng thị trường giải pháp làm mát bền vững tại Cần Thơ, bao gồm xu hướng chính, giải pháp hiện có, thách thức và cơ hội phát triển tiềm năng.

*** Một số xu hướng chính:**

- Hiệu ứng đảo nhiệt đô thị (UHI): Việc mở rộng đô thị nhanh chóng ở Cần Thơ, cùng với việc tăng các công trình xây dựng và giảm không gian xanh, đã làm trầm trọng thêm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị. Điều này dẫn đến tăng nhiệt độ, đặc biệt là ở các khu vực đông dân cư. Kết quả là, người ta ngày càng quan tâm nhiều hơn đến các giải pháp làm mát để có thể giảm nhiệt độ môi trường xung quanh và cải thiện tiện nghi nhiệt cho cư dân.
- Tích hợp năng lượng tái tạo: Hiện xu hướng tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo, đặc biệt là năng lượng mặt trời, với các giải pháp làm mát đang ngày càng tăng. Các hệ thống làm mát sử dụng năng lượng mặt trời, ví dụ như điều hòa không khí và mái nhà làm mát chạy bằng năng lượng mặt trời, đang ngày càng được chú ý nhiều hơn như một giải pháp giảm tiêu thụ năng lượng và giảm phát thải carbon tại Cần Thơ.
- Hạ tầng xanh và phủ xanh đô thị: Cơ sở hạ tầng xanh, bao gồm mái xanh, công viên đô thị và trồng cây bóng mát, đang được ghi nhận là một cách làm mát hiệu quả. Những giải pháp này không chỉ giảm nhiệt mà còn cải thiện chất lượng không khí, nâng cao mỹ quan đô thị và thúc đẩy đa dạng sinh học.
- Hỗ trợ và chính sách của Chính phủ: Chính quyền địa phương tại Cần Thơ đã tiến hành các bước ban đầu để hỗ trợ làm mát bền vững, đặc biệt thông qua các chính sách quy hoạch đô thị để ưu tiên phát triển không gian xanh. Ngoài ra còn có khả năng chính phủ tạo ưu đãi cho doanh nghiệp và người dân đầu tư vào các giải pháp làm mát tiết kiệm năng lượng, đặc biệt là những giải pháp phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững lớn hơn.

*** Các giải pháp làm mát hiện có tại Cần Thơ:**

- Hệ thống điều hòa không khí: Hệ thống điều hòa không khí truyền thống vẫn là giải pháp làm mát phổ biến nhất trong các tòa nhà dân cư và thương mại. Tuy nhiên, mức tiêu thụ năng lượng cao và nhu cầu tăng trong những tháng nắng nóng đã gây áp lực lên hạ tầng năng lượng của thành phố.

- Mái nhà xanh và hệ thống cây xanh thẳng đứng/tường xanh: Một số dự án thí điểm, đặc biệt là ở trung tâm thành phố, đang áp dụng mái nhà xanh và tường xanh trên các tòa nhà để giảm nhiệt và cải thiện hiệu suất năng lượng. Tuy nhiên, việc áp dụng mái nhà xanh vẫn còn hạn chế do chi phí ban đầu cao và chưa được biết đến rộng rãi.
- Cây xanh đô thị và không gian bóng mát: Cần Thơ đã bắt đầu triển khai các nỗ lực tăng độ che phủ của cây xanh tại các khu vực đô thị, chẳng hạn như trong công viên và dọc theo các tuyến phố. Thành phố đã bắt đầu trồng thêm cây xanh tại các không gian công cộng để giảm thiểu tác động của nắng nóng khắc nghiệt, mặc dù những nỗ lực này vẫn đang ở giai đoạn ban đầu.
- Các cấu phần công trình nước: Các công viên công cộng, chẳng hạn như khu dân cư Nam Long, đã lắp đặt các công trình nước như hồ trung tâm để làm mát và cải thiện vi khí hậu. Tuy nhiên, các giải pháp này còn hạn chế và đòi hỏi phải có các thực hành quản lý nước bền vững hơn.

*** Thách thức trên thị trường:**

- Nhận thức và chuyên môn hạn chế: Người tiêu dùng và doanh nghiệp tại Cần Thơ thiếu nhận thức về các giải pháp làm mát bền vững. Điều này làm hạn chế nhu cầu về hạ tầng xanh, công nghệ làm mát tiết kiệm năng lượng, và quy hoạch đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu.
- Trên thị trường địa phương, đặc biệt là các tỉnh thành của Việt Nam, đang tồn tại một thách thức đáng kể do thiếu chuyên môn để có thể tích hợp các kỹ thuật làm mát và thông số kỹ thuật của thiết bị với các yếu tố kinh tế - năng lượng. Khoảng trống dịch vụ tư vấn này cản trở các nhà quản lý dự án và quản lý khu vực đưa ra quyết định sáng suốt, vốn thường dẫn đến các thiết kế tòa nhà đắt đỏ mà không tiết kiệm năng lượng.
- Chi phí ban đầu cao: Nhiều giải pháp làm mát bền vững, chẳng hạn như hệ thống làm mát bằng năng lượng mặt trời và điều hòa không khí siêu tiết kiệm, hệ thống làm mát khu vực đòi hỏi chi phí đầu tư ban đầu cao, khiến cả cá nhân và doanh nghiệp ngại áp dụng. Mặc dù các giải pháp này trong dài hạn sẽ giúp tiết kiệm, nhưng chi phí ban đầu vẫn là một rào cản đáng kể. Tuy nhiên, không phải lúc nào cũng cần có giải pháp đắt đỏ thì mới đạt được hiệu quả làm mát bền vững. Vấn đề thực sự nằm ở việc thiếu kiến thức chuyên môn để xác định về mặt định lượng và triển khai các giải pháp hiệu quả về chi phí và tiết kiệm năng lượng như giải pháp làm mát thụ động, đồng thời tận dụng các mô hình kinh doanh để giảm chi phí, với dữ liệu tài chính rõ ràng để xác định mức đầu tư và tiêu thụ dài hạn của từng phương án thiết kế. Khoảng trống kiến thức này thường khiến các nhà quản lý dự án đưa ra quyết định không tối ưu, dẫn đến các thiết kế không kinh tế cũng như không tiết kiệm năng lượng.
- Hạn chế về cơ sở hạ tầng: Cơ sở hạ tầng của Cần Thơ chưa được trang bị đầy đủ để hỗ trợ các giải pháp làm mát bền vững quy mô lớn, chẳng hạn như hệ thống làm mát khu vực hoặc tích hợp không gian xanh rộng. Cần cải thiện quy hoạch đô thị để tích hợp các giải pháp làm mát vào các khu vực xây dựng mới và hiện có. Đồng thời, cần đánh

giá hiệu quả kinh tế - năng lượng để xác định đúng các giải pháp trước khi triển khai, thay vì triển khai một giải pháp trước như một trường hợp trình diễn (demo case) rồi sau đó đánh giá tác động của giải pháp đó - như một số trường hợp trình diễn khác ở Việt Nam.

- Hạn chế về khí hậu: Mặc dù Cần Thơ được hưởng lợi từ khí hậu nhiệt đới, nhưng điều kiện nóng ẩm đặt ra nhiều thách thức cho các công nghệ làm mát, đặc biệt là một số giải pháp thụ động như mái nhà xanh và tường xanh. Việc bảo trì trong môi trường nóng ẩm của Đồng bằng sông Cửu Long cũng có thể là một quan ngại.
- Quy hoạch đô thị tập trung vào thông gió tự nhiên là một khái niệm tương đối mới ở Việt Nam. Hiện nay, quy hoạch đô thị và thiết kế kiến trúc được coi là hai lĩnh vực gần như hoàn toàn tách biệt, chưa được tích hợp chặt chẽ để giải quyết những thách thức chung đặt ra đối với phát triển bền vững. Sự tách biệt này thường dẫn đến tình trạng sử dụng đất với hiệu suất thấp và có thể gây khó khăn trong quá trình thiết kế các công trình có hệ thống thông gió và chiếu sáng tự nhiên hiệu quả.
- Mặc dù dường như các chính sách chung được ban hành trong 3-4 năm qua đã tạo ra một vài lợi thế, nhưng khi xem xét chi tiết thì vẫn thiếu các quy tắc, quy định và hướng dẫn kỹ thuật cụ thể để định hướng thiết kế, xây dựng bền vững, cũng như thiếu cơ chế ưu đãi.

*** Cơ hội thị trường:**

- Hệ thống làm mát khu vực: Với quá trình đô thị hóa đang diễn ra tại Cần Thơ, các hệ thống làm mát khu vực sử dụng hạ tầng làm mát tập trung có thể là một giải pháp hiệu quả để làm mát cho các tòa nhà thương mại và khu dân cư lớn. Các hệ thống này sử dụng nước lạnh để làm mát tòa nhà, giúp cải thiện hiệu suất năng lượng so với các hệ thống điều hòa không khí riêng lẻ.
- Làm mát bằng năng lượng mặt trời: Cần Thơ, giống như nhiều nơi khác ở Việt Nam, nhận được nhiều ánh nắng mặt trời quanh năm, đây là cơ hội tuyệt vời để áp dụng các hệ thống làm mát bằng năng lượng mặt trời. Máy điều hòa không khí chạy bằng năng lượng mặt trời, hệ thống làm mát bằng năng lượng mặt trời, và các tấm pin quang điện tích hợp vào mặt tiền tòa nhà có thể mang đến một giải pháp tiết kiệm năng lượng và bền vững để đáp ứng nhu cầu làm mát của thành phố. Kinh nghiệm địa phương cho thấy các tòa nhà thấp tầng (dưới 5 tầng) được trang bị đủ các tấm pin mặt trời trên mái có thể sản xuất đủ điện để đạt được mức năng lượng net-zero cho các tòa nhà văn phòng. Điều này cho thấy tiềm năng của việc tích hợp các giải pháp năng lượng tái tạo vào thiết kế tòa nhà để nâng cao đáng kể hiệu suất năng lượng và tính bền vững của chúng.
- Tiêu chuẩn công trình xanh: Trong quá trình phát triển đô thị, có cơ hội thúc đẩy các tiêu chuẩn công trình xanh tích hợp thiết kế làm mát thụ động, chẳng hạn như thông gió phù hợp, vật liệu phản quang và sử dụng các thiết bị che nắng. Việc hỗ trợ các chương trình chứng nhận xanh, chẳng hạn như LOTUS, Green Mark (hệ thống công trình xanh với điểm số thiết kế thụ động) có thể khuyến khích xây dựng các công trình bền vững tại Cần Thơ,

nhưng cần đặt trọng tâm vào việc triển khai các cấu phần công trình tiết kiệm năng lượng thực sự, thay vì chỉ đơn thuần có được chứng nhận sau khi hoàn thành các hạng mục trong danh sách bảng kiểm xanh vốn có thể không liên quan đến năng lượng.

- Thu hút sự tham gia của cộng đồng và giáo dục công chúng: Nâng cao nhận thức về lợi ích của các giải pháp làm mát bền vững thông qua các chiến dịch tiếp cận cộng đồng và giáo dục công chúng, và các chương trình đào tạo, tập huấn cho các nhà thầu địa phương có thể làm tăng tỷ lệ áp dụng. Việc hợp tác với các tổ chức giáo dục và chính quyền địa phương có thể đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy chương trình nghị sự này, đặc biệt là cần trình diễn các công trình có cả chi phí đầu tư và chi phí vận hành giảm nhưng mang lại nhiều lợi ích môi trường hơn.
- Quan hệ đối tác công tư (PPP): Sự hợp tác giữa khu vực công và tư có thể thúc đẩy triển khai các giải pháp làm mát bền vững tại Cần Thơ. Các ưu đãi của chính phủ, chẳng hạn như mật độ xây dựng cao hơn; khoản vay xanh; thưởng trực tiếp cho nhà đầu tư, cho nhà thiết kế năng lượng tòa nhà; tín dụng thuế hoặc trợ cấp cho việc lắp đặt cơ sở hạ tầng xanh hoặc hệ thống làm mát tiết kiệm năng lượng, có thể giảm bớt rào cản tài chính để tăng mức độ áp dụng. Các ưu đãi có thể được thiết kế tăng dần theo bậc, theo đó mức tiết kiệm năng lượng nhiều hơn sẽ được hưởng giá trị ưu đãi lớn hơn.

*** Điểm chính cần lưu ý:**

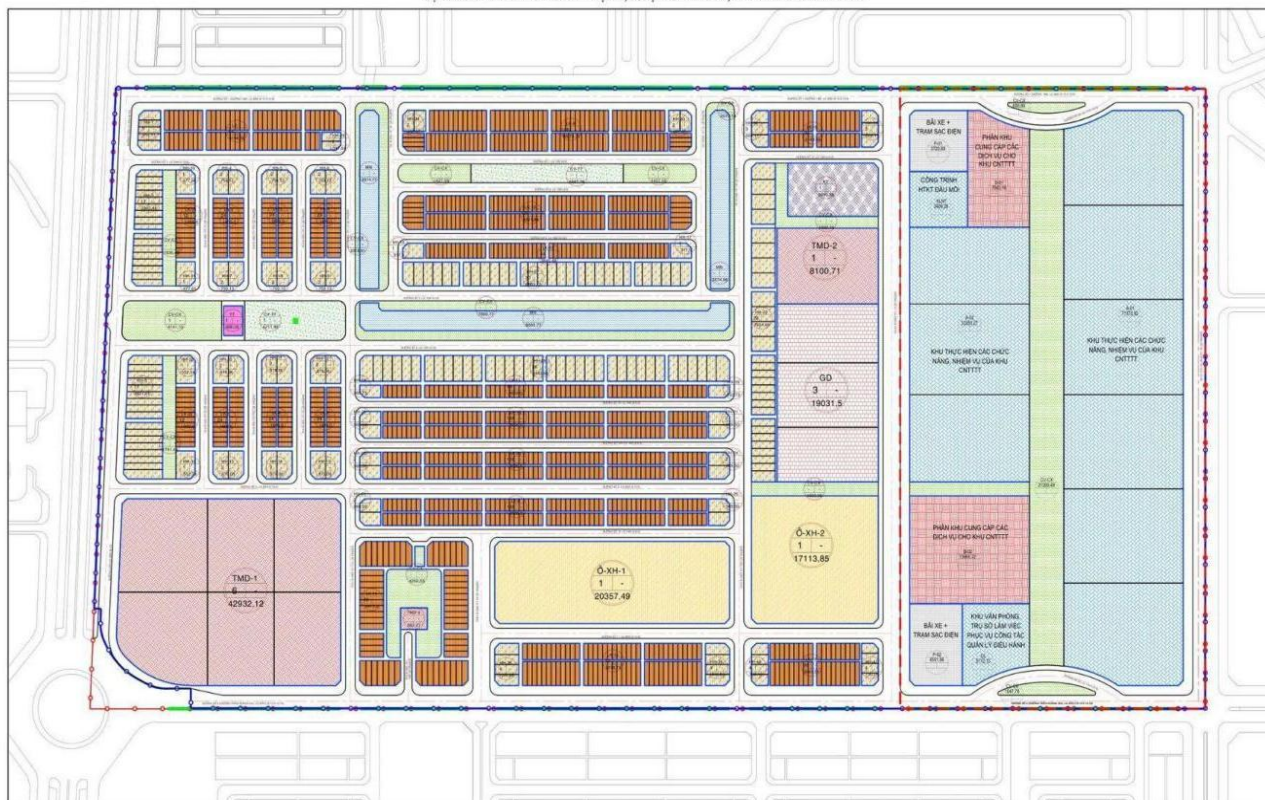
- Các giải pháp làm mát phát thải thấp và tiết kiệm năng lượng tại Cần Thơ vẫn còn hạn chế nếu so sánh với các giải pháp làm mát thông thường. Với nhận thức ngày càng tăng về biến đổi khí hậu, nhiệt độ tăng, và hiệu ứng đảo nhiệt đô thị, dự kiến nhu cầu về các giải pháp làm mát bền vững, tiết kiệm năng lượng sẽ tăng.
- Tuy nhiên, để vượt qua những thách thức như lo ngại về chi phí ban đầu cao, cơ sở hạ tầng hạn chế, và thiếu kiến thức, thì cần có những nỗ lực có mục tiêu từ cả chính phủ và khu vực tư nhân. Qua việc thúc đẩy hạ tầng xanh, công nghệ làm mát bằng năng lượng mặt trời, và thu hút sự tham gia của cộng đồng, Cần Thơ có cơ hội trở thành một thành phố kiểu mẫu về làm mát bền vững ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long.

2.2. Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin tập trung

Ban đầu, Sở Nông nghiệp và Môi trường (NN&MT) với sự hỗ trợ của UNEP và GGGI đã đề xuất danh sách 05 dự án tiềm năng, bao gồm: (i) Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin tập trung (NUZ&CITP); (ii) Kho lạnh hậu cần tại cảng Cái Cui; (iii) Khu nghỉ dưỡng Victoria Cần Thơ; (iv) Chợ Cái Khế; và (v) Trung tâm thương mại Sense City. Sau khi tham vấn với chính quyền địa phương là Sở Nông nghiệp và Môi trường thành phố Cần Thơ (trước đây là Sở Tài nguyên và Môi trường) và Quỹ Đầu tư Phát triển Thành phố Cần Thơ (CADIF), trên cơ sở nhu cầu của thành phố (theo Công văn số 802/STNMT-TNKSNTTV & BDKH ngày 13 tháng 3 năm 2024), dự

án “Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin tập trung” đã được chọn làm địa điểm mục tiêu để nghiên cứu tiền khả thi về chiến lược làm mát.

PHƯƠNG ÁN ĐIỀU CHỈNH QUY HOẠCH CHI TIẾT TỶ LỆ 1/500
DỰ ÁN: KHU ĐÔ THỊ MỚI VÀ KHU CÔNG NGHỆ THÔNG TIN TẬP TRUNG
 ĐỊA ĐIỂM: PHƯỜNG HƯNG THẠNH, QUẬN CẢI RĂNG, THÀNH PHỐ CẦN THƠ



KHU ĐÔ THỊ MỚI
KÝ HIỆU

- ĐẤT THƯƠNG MẠI ĐA CHỨC NĂNG
- ĐẤT NHÀ Ở HỖN HỢP
- ĐẤT NHÀ Ở XÃ HỘI
- ĐẤT NHÀ Ở LIÊN KẾ
- ĐẤT CÔNG TRÌNH GIÁO DỤC
- ĐẤT CÔNG TRÌNH Y TẾ

- ĐẤT MẶT NƯỚC
- ĐẤT CÔNG TRÌNH KỸ THUẬT
- ĐẤT CÔNG VIÊN CÂY XANH
- ĐẤT CV-CX KẾT HỢP TODT VÀ NHÀ THÔNG TIN
- RANH KHU ĐẤT QUY HOẠCH
- RANH KHU ĐẤT ĐIỀU CHỈNH

SỐ LỖ NỀN

LK-10
08
506,2

KÝ HIỆU LỖ
DIỆN TÍCH LỖ

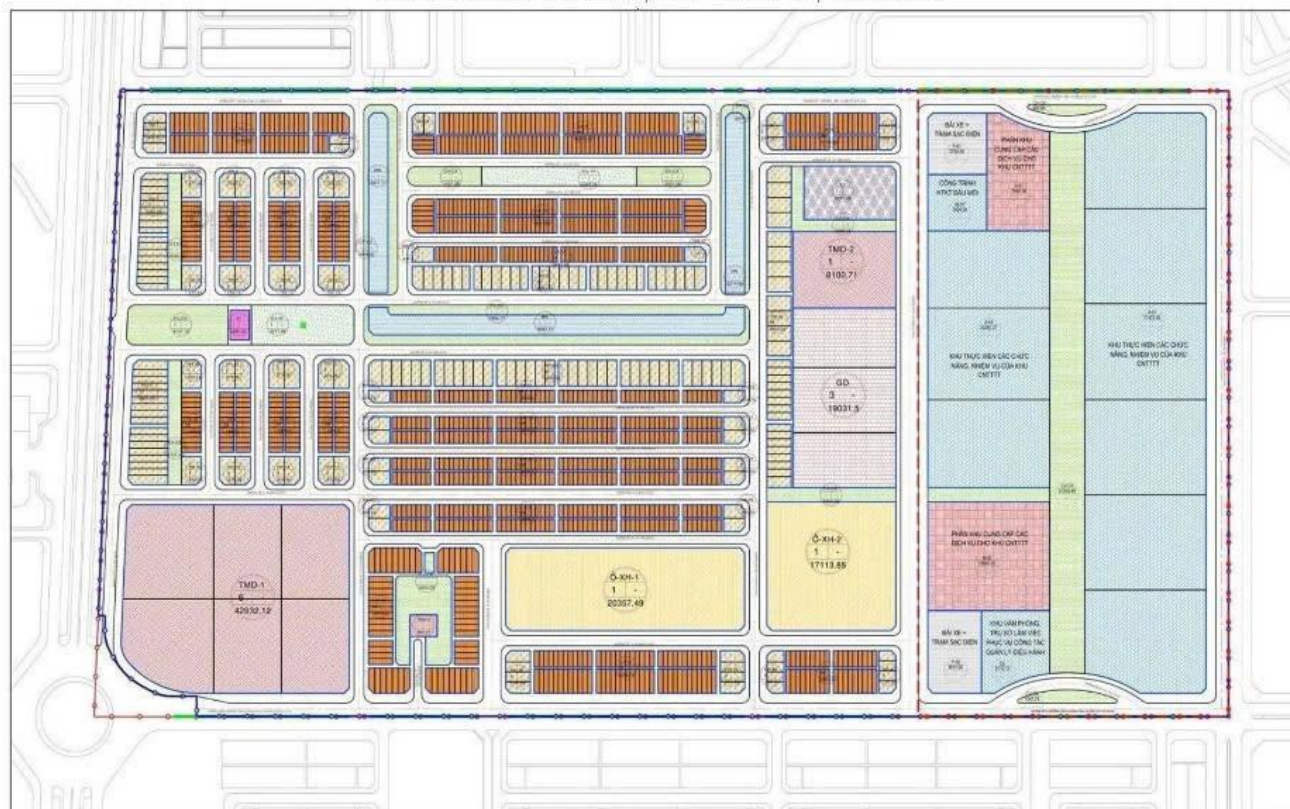
KHU CÔNG NGHỆ THÔNG TIN TẬP TRUNG
KÝ HIỆU

- NHÓM PHÂN KHU THỰC HIỆN CÁC CHỨC NĂNG, NHIỆM VỤ (KHU A)
- NHÓM PHÂN KHU CUNG CẤP CÁC DỊCH VỤ (KHU B)
- ĐẤT CÔNG VIÊN, CÂY XANH
- BÀI ĐẦU XE + TRAM SẮC BIÊN

KÝ HIỆU LỖ
DIỆN TÍCH LỖ

RD-03
9421,8

Detailed planning adjustment plan at scale 1/500
PROJECT: NEW URBAN AREA AND CONCENTRATED IT PARK
 LOCATION: HUNG THANH WARD, CAI RANG DISTRICT, CAN THO CITY



**NEW URBAN AREA
SYMBOLS**

	MULTI-FUNCTIONAL COMMERCIAL LAND
	MIXED RESIDENTIAL LAND
	SOCIAL HOUSING LAND
	TOWN HOUSING LAND
	EDUCATIONAL LAND
	MEDICAL LAND

	WATER BODY
	TECHNICAL LAND
	GREEN PARK LAND
	GP WITH SPORTS & INFORMATION HOUSE
	PLANNING LAND BOUNDARY
	ADJUSTMENT LAND BOUNDARY

LOT NUMBER	LK-10	LOT SYMBOL
	08	
	506.2	LOT AREA

**CONCENTRATED IT PARK
SYMBOLS**

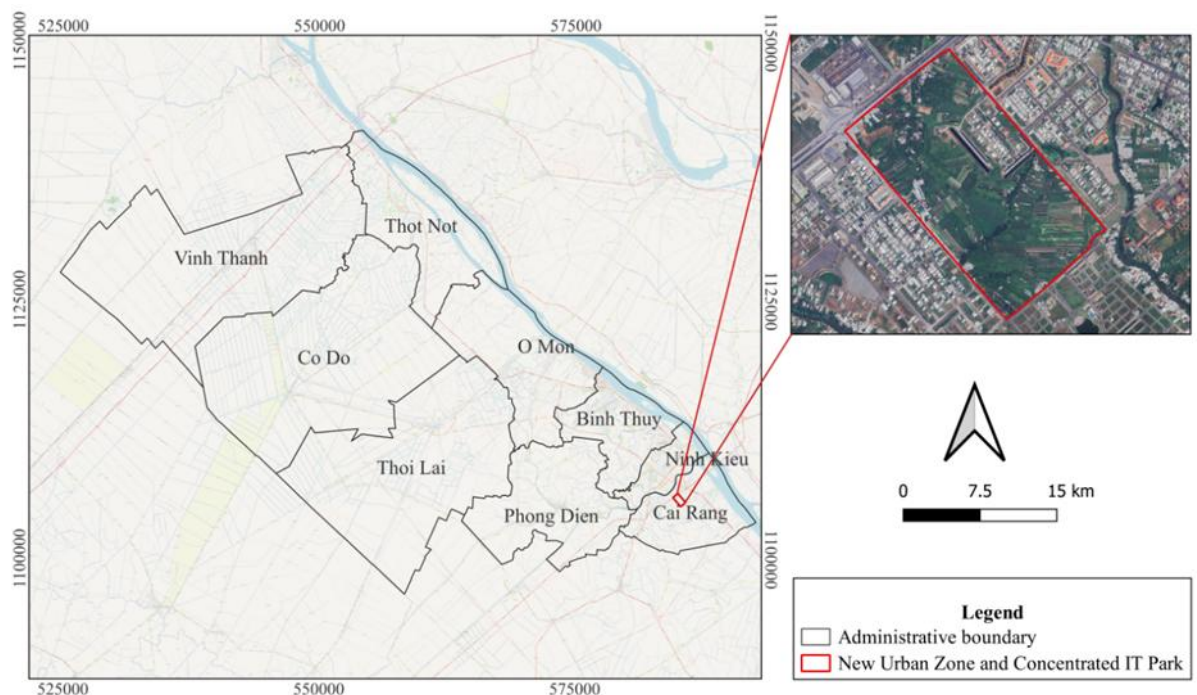
	SUB-ZONE GROUP PERFORMING FUNCTIONAL TASKS (ZONE A)
	SUB-ZONE GROUP PROVIDING SERVICES (ZONE B)
	GREEN PARK LAND
	PARKING LOT + ELECTRIC CHARGING STATION

LOT SYMBOL	RD-03	LOT AREA
	9421.8	

Hình 2. Bố cục 1/500 của dự án được chọn

Thông tin chi tiết của dự án được chọn:

- Tên dự án: Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin tập trung (NUZ&CITP)
- Chủ đầu tư: Quỹ Đầu tư Phát triển Thành phố Cần Thơ (“CADIF”).
- Mục tiêu của dự án:
 - Xây dựng khu dân cư và tái định cư với cơ sở hạ tầng kỹ thuật đồng bộ, đáp ứng nhu cầu tái định cư tại chỗ cho người dân bị ảnh hưởng bởi dự án, nhu cầu nhà ở cho người dân thuộc nhóm thu nhập mục tiêu tại thành phố Cần Thơ;
 - Xây dựng khu công nghệ thông tin tập trung để hỗ trợ phát triển hạ tầng công nghệ thông tin tại Cần Thơ.
- Địa bàn dự án: Khu NUZ&CITP tọa lạc tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ, Việt Nam (Địa chỉ mới: phường Cái Răng, thành phố Cần Thơ). Dự án nằm trong quy hoạch chung khu vực đô thị Nam Cần Thơ (Hình 3).



Hình 3. Vị trí Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin tập trung

- Quy mô dự án: Tổng diện tích dự án là 719.415,68 m²; trong đó, Khu công nghiệp (NUZ) có diện tích 519.196,82 m², Khu công nghệ thông tin tập trung (CITP) có diện tích 200.219,4 m².

- Các hạng mục xây dựng: nhà liền kề, nhà ở xã hội, nhà thương mại và dịch vụ đa chức năng, trường học, trụ sở Ban Quản lý Khu công nghệ thông tin (CNTT), trung tâm dữ liệu.
- Theo ước tính của CADIF, tổng dân cư và người lao động tại Khu NUZ&CITP là 16.445 người. Trong đó, dân số dự kiến tại các khu dân cư (khu nhà liền kề, nhà ở xã hội, nhà ở hỗn hợp/đa mục đích) là 10.475 người; và số người dự kiến làm việc tại Khu công nghệ thông tin là 5.970 người.
- Bảng 2 dưới đây trình bày cơ cấu sử dụng đất tại các khu vực được chọn. Như đã thống nhất với CADIF, các giải pháp làm mát cần được triển khai tại các hợp phần sau: (1) Khu nhà ở xã hội; và (2) Khu nhà liền kề.

Bảng 2. Cơ cấu sử dụng đất của NUZ&CITP

Thứ tự	Mục đích	Diện tích (m ²)	Tỷ lệ
A. Khu đô thị mới			
1	Đất ở	186,340.32	35.89%
	Diện tích nhà liền kề	93,351.87	
	Nhà hỗn hợp	55,517.11	
	Nhà xã hội	37,471.34	
2	Đất nền thương mại đa chức năng	51,635.10	9.95%
3	Đất cơ sở giáo dục và đào tạo	19,031.50	3.67%
4	Đất cơ sở y tế	600.00	0.12%
5	Đất xây dựng kỹ thuật	5,090.98	0.98%
6	Đất công viên, cây xanh, mặt nước	53,846.98	10.37%
	Công viên và cây xanh	31,376.85	
	Mặt nước	15,215.52	
	Công viên kết hợp khu thể thao	7,254.61	
7	Đất hạ tầng giao thông	202,651.40	39.03%
	TỔNG PHỤ (A)	519,196.28	100.00%
B. Khu CNTT tập trung			
1	Khu A – Khu chức năng	112,158.60	56.02%
	Khu vực văn phòng, trụ sở quản lý và vận hành điều hành	5,112.10	
	Khu vực thực hiện chức năng, nhiệm vụ	103,637.20	
	Khu vực hạ tầng kỹ thuật trọng điểm	3,409.30	
2	Khu B – Khu dịch vụ (khu dân cư dành cho chuyên gia, cơ sở giáo dục, dịch vụ khác)	20,728.40	10.35%
3	Đất công viên, cây xanh	22,939.20	11.46%
4	Đất hạ tầng giao thông	44,393.20	22.17%
	Dường	36,121.00	
	Bãi đỗ xe, trạm điện	8,272.20	
	TỔNG PHỤ (B)	200,219.40	100.00%
	TỔNG (A+B)	719,415.68	

Nguồn: CADIF (2024)

3. TỔNG QUAN VỀ CÁC GIẢI PHÁP LÀM MÁT: CẢNH QUAN ĐÔ THỊ VÀ QUY MÔ CÔNG TRÌNH

3.1. Các giải pháp làm mát dựa vào thiên nhiên ở quy mô đô thị

Các giải pháp dựa vào thiên nhiên (NbS) mang lại các phương pháp bền vững, tiêu thụ ít năng lượng để giảm nhiệt đô thị, đặc biệt phù hợp với các thành phố nóng ẩm như Cần Thơ. Trong nhiều chiến lược khác nhau, chiến lược che nắng bằng cây xanh và hành lang thoáng mát có nhiều tiềm năng ứng dụng trực tiếp nhất.

3.1.1. Che nắng bằng cây xanh

Cây xanh làm giảm nhiệt độ môi trường xung quanh và bề mặt thông qua quá trình thoát hơi nước và chặn ánh nắng trực tiếp. Li và cộng sự (2024) đã báo cáo nhiệt độ giảm tới 12°C đối

với khu vực đi bộ tại 83% các thành phố tham gia nghiên cứu. Việc mở rộng độ bao phủ của tán cây cũng cải thiện chất lượng không khí và giúp người đi bộ thoải mái hơn.

- Nhiều thành phố đã cam kết và hướng tới mở rộng lâm nghiệp đô thị. Ví dụ: Thành phố Melbourne đã triển khai Chiến lược Lâm nghiệp Đô thị nhằm mục đích tăng độ che phủ của tán cây từ 22% lên 40% vào năm 2040, góp phần làm mát đô thị và cải thiện chất lượng môi trường (Thành phố Melbourne, 2011).
- Thành phố Toulouse đã khởi động *Kế hoạch 100.000 Cây xanh* (giai đoạn 2020–2030), một cam kết sinh thái quan trọng của Hội đồng Thành phố nhằm giúp thành phố tăng cường khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu và cải thiện chất lượng sống của cư dân (Cơ quan Môi trường Châu Âu, 2024).

3.1.2. Hành lang thoáng mát

Hành lang thoáng mát, còn được gọi là "lối đi bộ râm mát", tích hợp cây xanh, giàn che và các cấu trúc che nắng để tạo ra các tuyến đi bộ liên tục, râm mát. Các yếu tố này giúp giảm tiếp xúc với nhiệt độ cao và hỗ trợ giao thông bền vững.

Ví dụ:

- Siêu khối nhà của Barcelona: Kết hợp che nắng bằng cây xanh và giảm giao thông để tạo ra những khu phố thoáng mát, dễ đi bộ (Eggimann, 2022).
- "Thành phố Vườn" của Singapore: Trồng cây xanh mật độ cao bên đường để duy trì lối đi bộ râm mát trong điều kiện nhiệt đới nóng bức (UNEP, 2018).
- Đường xanh của New York: Chàng hạn như hành lang High Line và Brooklyn–Queens, sử dụng cây và hạ tầng xanh để làm mát các khu vực công cộng.

3.1.3. Thành phố bọt biển và cơ sở hạ tầng xanh

Các cấu phần của thành phố bọt biển như đất ngập nước, ao thấm, và hồ chứa giúp làm mát thông qua quá trình bốc hơi nước, đồng thời góp phần kiểm soát lũ lụt. Vũ Hán, một thành phố thí điểm thiết kế bọt biển, đã kết hợp các cấu phần để điều tiết nước như Công viên Đất ngập nước Hồ Trương Đô (Zhangdu Lake Wetland Park) vào cảnh quan đô thị (Peng & Reilly, 2021).

Hệ thống kênh đào của Amsterdam cũng hoạt động như một vùng đệm nhiệt, hấp thụ nhiệt và lưu thông không khí để giảm nhẹ hiệu ứng đảo nhiệt đô thị (UNEP, 2018).

3.1.4. Cảnh quan đa tầng

Phương pháp thảm thực vật đa tầng - kết hợp lớp phủ mặt đất, cây bụi và cây xanh - giúp tăng cường che nắng theo chiều dọc và thoát hơi nước. Chiến lược này mô phỏng các hệ sinh thái tự nhiên, đồng thời cải thiện vi khí hậu đô thị.

Công viên Bishan-Ang Mo Kio của Singapore và Sáng kiến Hành lang Xanh của Medellín là những ví dụ phổ biến được ghi nhận (He và cộng sự, 2019).

3.2. Giải pháp làm mát thụ động cho các tòa nhà

Làm mát thụ động ở cấp độ tòa nhà giúp giảm hấp thụ nhiệt và tăng tiện nghi nhiệt mà không cần dựa vào các hệ thống cơ khí. Các chiến lược này hỗ trợ cải thiện hiệu suất năng lượng và khả năng chống chịu với khí hậu.

3.2.1. Thiết kế thụ động

Các phương pháp thiết kế gồm:

- Hướng & khối: Giảm tiếp xúc với ánh nắng mặt trời qua việc bố trí công trình và hướng mặt tiền một cách chiến lược.
- Thông gió tự nhiên: Thông gió chéo và thông gió thẳng đứng, cùng với mở cửa thông gió ban đêm, để thúc đẩy luồng khí thụ động.
- Thiết bị che nắng: Sử dụng cửa chớp và mái hiên để chặn ánh nắng trực tiếp.
- Hình dạng công trình: Hành lang thông gió và che nắng chung giúp giảm tích tụ nhiệt cục bộ.

Ví dụ: Tòa nhà Pearl River ở Quảng Châu sử dụng phương pháp tối ưu mặt tiền và thông gió tự nhiên để giảm nhu cầu năng lượng làm mát (Kostina và cộng sự, 2019).

3.2.2. Vật liệu và các yếu tố làm mát thụ động

Các chiến lược sử dụng vật liệu ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất nhiệt:

- Cách nhiệt mái và tường: Giảm độ dẫn và truyền nhiệt.
- Kính: Kính lọc quang phổ và kính Low-E giúp kiểm soát ánh sáng ban ngày và giảm thiểu hấp thụ nhiệt.
- Các thiết bị che nắng: Các thiết bị bên ngoài như cửa chớp và mái hiên ngăn chặn bức xạ mặt trời.
- Vật liệu khối nhiệt: Gạch và bê tông giúp ổn định nhiệt độ trong nhà.
- Bề mặt phản xạ: Lớp phủ có độ phản xạ cao làm giảm hấp thụ nhiệt từ mặt trời.
- Kín khí: Giảm thiểu không khí ấm không mong muốn xâm nhập vào, trong trường hợp các tòa nhà được trang bị điều hòa không khí.
- Vật liệu thay đổi pha (PCM): Điều tiết nhiệt độ trong nhà qua việc ngấm lưu trữ nhiệt.

Nghiên cứu điển hình: Trung tâm Bullitt ở Seattle kết hợp kính tiên tiến và PCM để duy trì tiện nghi nhiệt với mức làm mát cơ học tối thiểu (Doub và cộng sự, 2019).

3.2.3. Làm mát dựa vào thiên nhiên cho các tòa nhà

Thảm thực vật được đưa vào lớp ngoài công trình có thể cải thiện đáng kể hiệu suất nhiệt:

- Che nắng bằng cây: Giảm nhiệt độ bề mặt và mặt tiền.
- Mái và tường xanh: Cải thiện khả năng cách nhiệt và tạo điều kiện thoát hơi nước.

- Làm mát cảnh quan: Thảm thực vật và nước gần các tòa nhà giúp tăng cường làm mát đối lưu và làm mát bay hơi.

Vườn bên vịnh (Gardens by the Bay) của Singapore cho thấy việc tích hợp hạ tầng xanh có thể nâng cao tiện nghi nhiệt trong bối cảnh đô thị nhiệt đới (Li & Norford, 2016; McNeill, 2022).

3.3. Làm mát chủ động cho tòa nhà

Mặc dù các giải pháp thụ động làm giảm nhu cầu làm mát, nhưng hệ thống làm mát chủ động có vai trò thiết yếu để duy trì tiện nghi nhiệt, đặc biệt là trong điều kiện nắng nóng khắc nghiệt hoặc trong các tòa nhà lắp nhiều kính. Tại các thành phố nhiệt đới như Cần Thơ, việc kết hợp các công nghệ tiết kiệm năng lượng với năng lượng tái tạo sẽ cải thiện tính bền vững trong dài hạn.

3.3.1. Làm mát cơ học hiệu suất cao

Các công nghệ điều hòa không khí hiện đại gồm:

- Máy điều hòa không khí biến tần: Điều chỉnh tốc độ máy nén để giảm 30–50% mức tiêu thụ năng lượng so với tốc độ cố định thông thường.
- Hệ thống lưu lượng môi chất lạnh biến thiên (VRF): Hệ thống làm mát cơ học hiệu suất cao cho phép kiểm soát nhiệt độ độc lập giữa các khu vực khác nhau trong tòa nhà (ví dụ: phòng ngủ, phòng khách, không gian chung) nhờ dùng công nghệ biến tần và bộ điều nhiệt theo vùng, do đó chỉ làm mát những khu vực có người. Điều này giúp giảm hoạt động làm mát không cần thiết, nâng cao độ thoải mái, và tiết kiệm năng lượng hơn so với các hệ thống thông thường.
- Quạt thông minh: Sử dụng cảm biến để tự động điều chỉnh luồng không khí, giảm sự phụ thuộc vào điều hòa không khí.

Các hệ thống này đặc biệt hữu ích trong các tòa nhà dân cư và tòa nhà hỗn hợp có mật độ sử dụng đa dạng.

3.3.2. Chất làm lạnh bền vững

Để giảm tác động đến khí hậu, nhiều hệ thống sử dụng chất làm lạnh có GWP thấp:

- R-32: Có tiềm năng gây nóng lên toàn cầu thấp hơn 68% so với R-410A.
- HFO và chất làm lạnh tự nhiên: mang lại các giải pháp thay thế thân thiện với khí hậu cho nhiều ứng dụng.

3.3.3. Hệ thống quản lý làm mát (CMS)

CMS thông minh tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng với internet vạn vật (IoT) và trí tuệ nhân tạo (AI):

- Bộ điều nhiệt thông minh (ví dụ: Nest): Điều chỉnh theo hành vi của người dùng để duy trì tiện nghi hiệu quả.
- Hệ thống quản lý tòa nhà (BMS): Điều phối phụ tải điện, HVAC, chiếu sáng.

- Chiến lược đáp ứng nhu cầu: Giúp cân đối nhu cầu năng lượng đỉnh.

3.3.4. Hệ thống làm mát bay hơi và năng lượng mặt trời

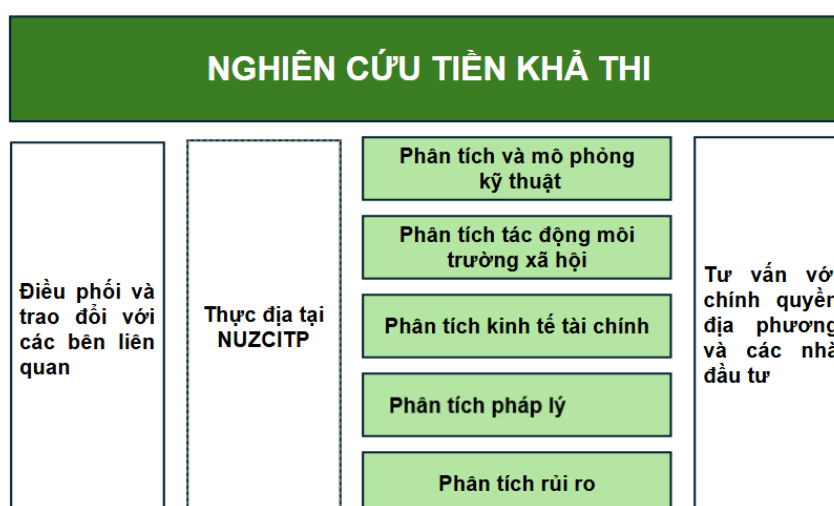
Các phương pháp thay thế gồm:

- Làm mát bay hơi gián tiếp: Phù hợp với khí hậu ẩm như ở Cần Thơ.
- Điều hòa không khí dùng năng lượng mặt trời: Tích hợp các tấm pin quang điện (PV) và bộ làm lạnh hấp thụ để giảm sự phụ thuộc vào lưới điện.

4. PHƯƠNG PHÁP LUẬN

Trong khuôn khổ dự án Khu đô thị mới và Khu công nghệ thông tin tập trung, nghiên cứu tiền khả thi đã được thực hiện với các hoạt động sau:

- Điều phối và thu hút sự tham gia của các bên liên quan: Tổ chức các cuộc họp với Sở Tài nguyên và Môi trường, các sở ban ngành hữu quan và các bên liên quan về hoạt động làm mát đô thị và thông tin chi tiết dự án đã chọn.
- Khảo sát thực địa: Tiến hành khảo sát thực địa và đánh giá tại khu vực đô thị lân cận để tìm hiểu các điều kiện và thách thức tại địa phương liên quan đến làm mát, đặc biệt là các giải pháp dựa vào thiên nhiên (NbS), các giải pháp cấp khu dân cư, các giải pháp làm mát thụ động và chủ động, và cảnh quan ngoại thất, v.v.



Hình 4. Các hoạt động chính của Nghiên cứu tiền khả thi

- Phân tích kỹ thuật: Phân tích chuyên sâu một số chiến lược và công nghệ làm mát chủ động và thụ động hiện có để triển khai trong khu vực đô thị mục tiêu. Tiến hành đánh

giá này theo một loạt các yếu tố, gồm hiệu quả, tính khả thi và khả năng tương thích với điều kiện địa phương.

- Phân tích tác động môi trường và xã hội: Phân tích này đánh giá các tác động tiềm tàng về môi trường và xã hội khi triển khai các chiến lược làm mát khác nhau trong khu vực đô thị mục tiêu. Phân tích này xem xét cả tác động tích cực và tiêu cực của việc cung cấp thông tin cho quá trình ra quyết định và lập kế hoạch dự án.
- Phân tích pháp lý: Xác định và đánh giá khung pháp lý, quy định và các yêu cầu liên quan đến việc triển khai các chiến lược làm mát bền vững trong khu vực đô thị mục tiêu.
- Phân tích tài chính và kinh tế: Phân tích tính khả thi về mặt kinh tế của các biện pháp làm mát và giảm nhiệt đề xuất, gồm cả các dòng doanh thu, NPV, B/C và IRR, nguồn tài trợ, phân tích chi phí - lợi ích xã hội và đánh giá thị trường.
- Rủi ro dự án: Đánh giá các rủi ro và những yếu tố không chắc chắn tiềm ẩn liên quan đến dự án, gồm rủi ro về công nghệ, tài chính, quy định, và môi trường; và các chiến lược giảm nhẹ rủi ro.

4.1. Phạm vi thực hiện và đối tượng hưởng lợi

Cấp độ cảnh quan đô thị: Nghiên cứu này tập trung lựa chọn và phân tích hiệu quả của các giải pháp làm mát được đề xuất cho các khu vực dự án cấp cảnh quan, bao gồm: khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề.

Cấp độ công trình: Nghiên cứu này phân tích hiệu quả làm mát của khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề.

Đối tượng hưởng lợi:

- Cư dân sống tại các khu đô thị mới: Hệ thống làm mát sẽ giúp cải thiện chất lượng sống bằng cách giảm sự khó chịu do nhiệt, tạo ra không gian sống thoải mái và dễ chịu hơn, đặc biệt là trong những đợt nắng nóng đỉnh điểm.
- Người lao động làm việc tại các khu đô thị mới: Môi trường làm việc thoáng mát, thoải mái giúp tăng năng suất, giảm căng thẳng và cải thiện sức khỏe, từ đó nâng cao hiệu suất công việc của lực lượng lao động trong lĩnh vực công nghệ.
- Doanh nghiệp và cơ quan, tổ chức tại các khu đô thị mới và khu công nghệ thông tin: Giải pháp làm mát giúp xây dựng hình ảnh xanh, bền vững, và tiết kiệm chi phí vận hành trong dài hạn.

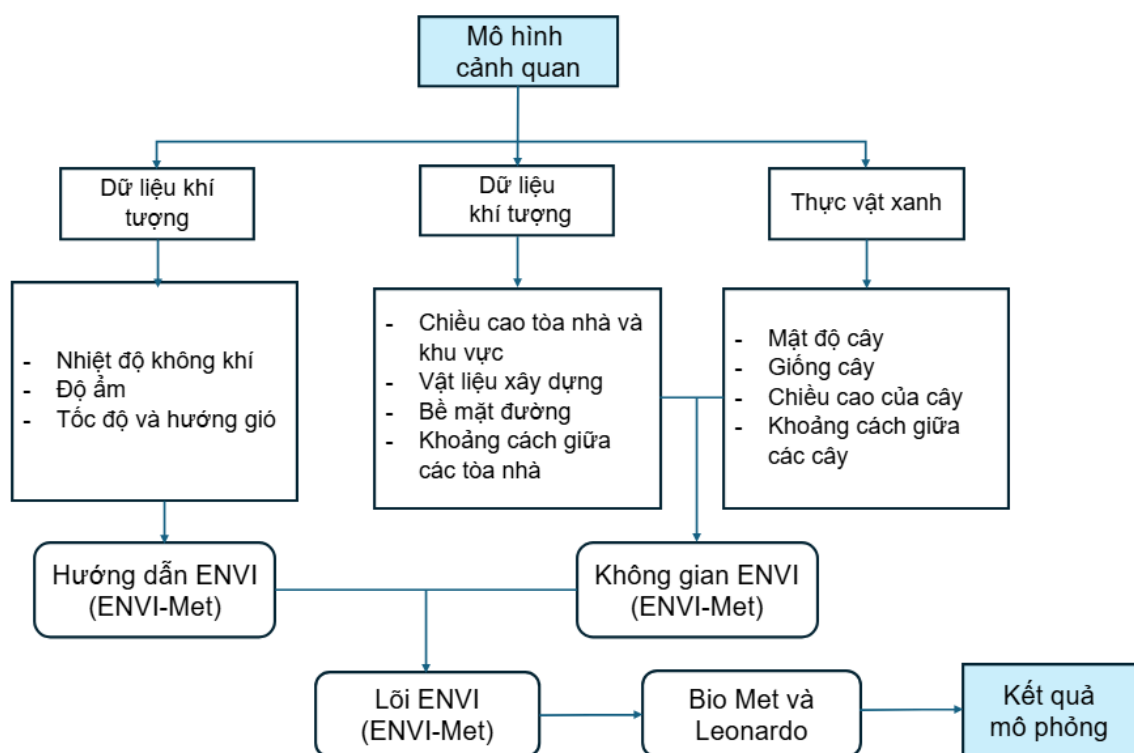
- Du khách: Các khu vực công cộng được làm mát như công viên, quảng trường hoặc phố đi bộ sẽ thu hút du khách, tạo ra các điểm đến thân thiện, và nâng cao trải nghiệm tích cực cho du khách, người lao động hoặc doanh nhân.
- Nhà đầu tư và nhà phát triển dự án: Hưởng lợi từ việc tăng giá trị bất động sản và sức hút đầu tư, nhờ cải thiện môi trường sống và làm việc bằng các giải pháp làm mát hiệu quả.

4.2. Phân tích kỹ thuật

4.2.1. Mô phỏng vi khí hậu dựa vào cảnh quan

4.2.1.1 Thông số phân tích

Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi sử dụng phần mềm mô phỏng ENVI-Met để đánh giá hiệu quả của các biện pháp thiết kế đô thị đề xuất. ENVI-Met sẽ đóng vai trò là công cụ chính để đánh giá các giải pháp làm mát trong chương trình. Hình 5 miêu tả quy trình mô phỏng cảnh quan đô thị trong phần mềm ENVI-Met.



Hình 5. Lưu đồ quy trình mô phỏng cảnh quan đô thị

Dữ liệu khí hậu:

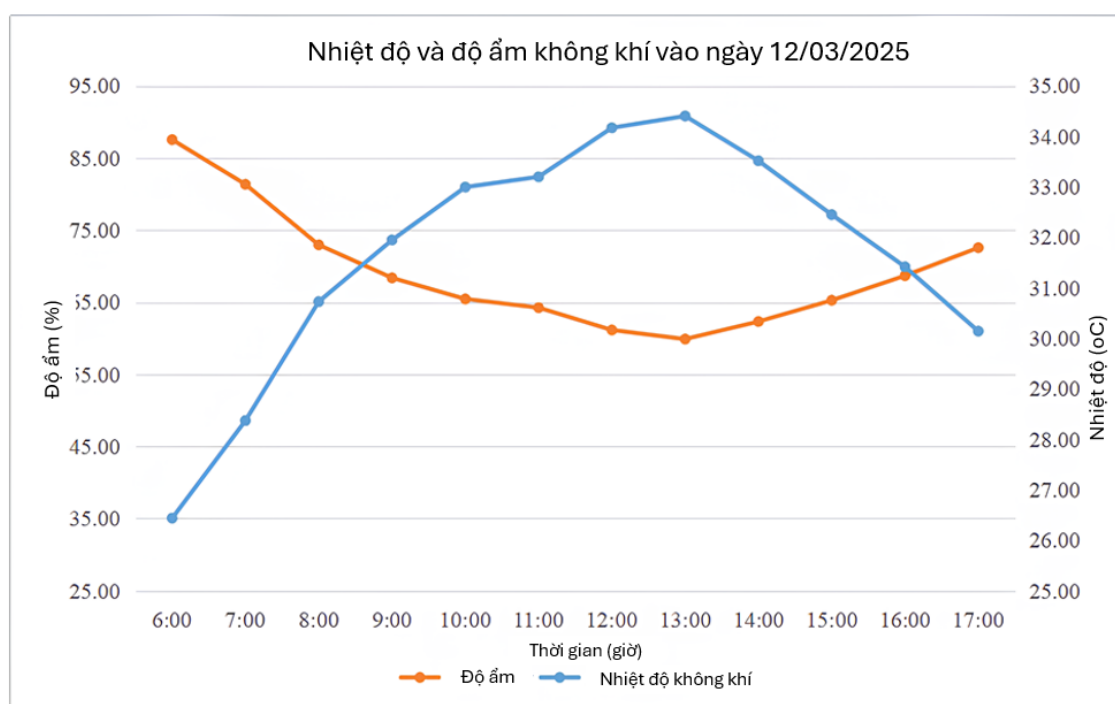
Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu khí hậu thu được từ hai nguồn:

- Một **trạm quan trắc tham chiếu** nằm trong bán kính 2 km tính từ khu vực dự án, đại diện cho một khu vực có điều kiện môi trường tương đương. Dữ liệu từ trạm này được sử dụng làm đầu vào cho mô hình mô phỏng.

- Một **trạm cụ thể trên địa bàn** nằm trong ranh giới dự án, dùng để xác thực kết quả mô phỏng bằng cách so sánh chúng với các điều kiện vi khí hậu thực tế.

Mục tiêu chính của việc thu thập dữ liệu vi khí hậu là nhằm đánh giá tính nhất quán giữa kết quả đầu ra mô phỏng và quan sát thực tế. Các thiết bị đo lường gồm: **KESTREL 5500** đo tốc độ và hướng gió, **HOBO MX1203** đo nhiệt độ không khí và độ ẩm tương đối, và **WBGT 2010SD** đo nhiệt độ cầu đen, phản ánh mức độ tiếp xúc nhiệt bức xạ.

Việc giám sát tại chỗ các điều kiện mặt đất và môi trường xung quanh cho phép đánh giá chi tiết hơn về nhiệt động lực học bề mặt tại các vị trí được chọn trên toàn địa bàn. Những dữ liệu này đặc biệt có giá trị để đánh giá tiện nghi nhiệt ngoài trời trong bối cảnh đô thị. Để nghiên cứu ảnh hưởng của cây xanh và vật liệu bề mặt đối với các mô hình nhiệt độ cục bộ, các số liệu đo lường nhiệt vào **ngày 12 tháng 3 năm 2025** đã được phân tích. Kết quả đã nhấn mạnh sự thay đổi nhiệt độ theo không gian do cấu hình vật liệu và cảnh quan khác nhau. **Hình 6** trình bày các sơ đồ tương ứng minh họa sự biến thiên nhiệt độ và độ ẩm theo thời gian thực.



Hình 6. Dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm theo giờ vào ngày 12 tháng 3 năm 2025

- Hình thái đô thị: Các thông số như chiều cao công trình, vật liệu xây dựng, vật liệu lát trong khu vực dự án và diện tích mặt đường.
- Cây xanh: Mật độ cây, loại cây và chiều cao cây.

Kết quả mô phỏng nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ gió trong các kịch bản dựa vào cảnh quan sẽ được ghi chép và tích hợp vào mô phỏng năng lượng ở cấp độ tòa nhà.

4.2.1.2. Cách tiếp cận mô phỏng vi khí hậu

Trong nghiên cứu này, kịch bản cơ sở được mô phỏng trong điều kiện đô thị điển hình, gồm mặt đất phủ cỏ, không có cây bóng mát, và vật liệu bê tông tối màu với hệ số hấp thụ 0,8 và hệ số phản xạ 0,2.

Thông qua quá trình tham vấn với các bên liên quan, bao gồm Quỹ Đầu tư Phát triển Thành phố Cần Thơ (CADIF) và các chuyên gia về chiến lược xây dựng và làm mát đô thị, nhóm nghiên cứu đã xác định ba chiến lược giảm nhiệt chính cho mô hình:

- **Giải pháp dựa trên thiên nhiên (NbS):** Cây xanh được chọn để mô phỏng bao gồm **cây bóng mát cao 15m**, tương tự như cây mận Marian, như đã đề xuất trong quy hoạch cảnh quan của CADIF.
- **Giải pháp dựa vào vật liệu:** Kịch bản này kết hợp các vật liệu bề mặt có độ phản xạ cao để giảm hấp thụ nhiệt từ mặt trời. Cụ thể, đá granit - đại diện cho gạch lát vỉa hè tiêu chuẩn - đã được sử dụng, với hệ số hấp thụ 0,65 và hệ số phản xạ 0,35.
- **Giải pháp tích hợp:** Kịch bản này kết hợp cây bóng mát, vật liệu phản xạ và các cấu phần thiết kế không gian. Mô hình này được phát triển để so sánh với kịch bản cơ sở và kịch bản giải pháp làm mát riêng lẻ nhằm đánh giá hiệu quả làm mát kết hợp.

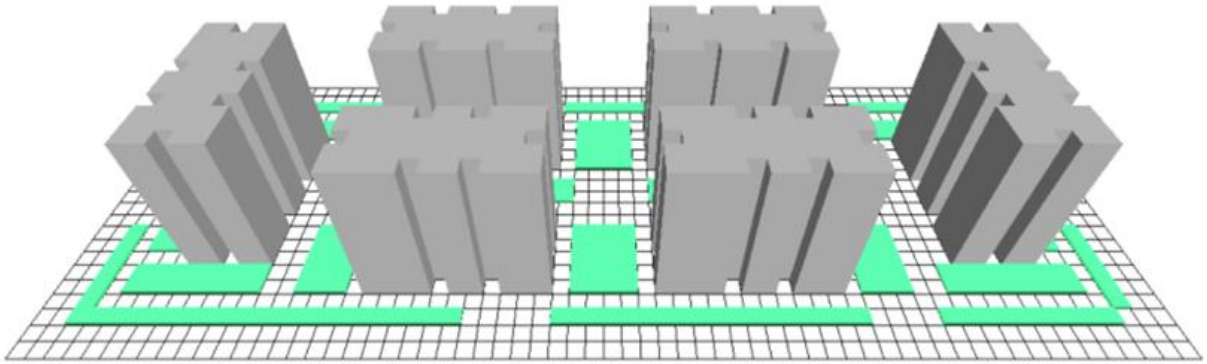
Để mô phỏng và đánh giá những thay đổi về nhiệt độ không khí ngoài trời và các điều kiện vi khí hậu, nghiên cứu đã sử dụng phần mềm ENVI-met, đây là một công cụ mô hình vi khí hậu có độ phân giải cao được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu môi trường đô thị. Các thông số nhiệt được tính toán cho từng kịch bản bằng cách sử dụng dữ liệu khí tượng thu thập được trong vùng lân cận địa bàn dự án mô phỏng.

a) Mô phỏng vi khí hậu cho khu vực nhà ở xã hội

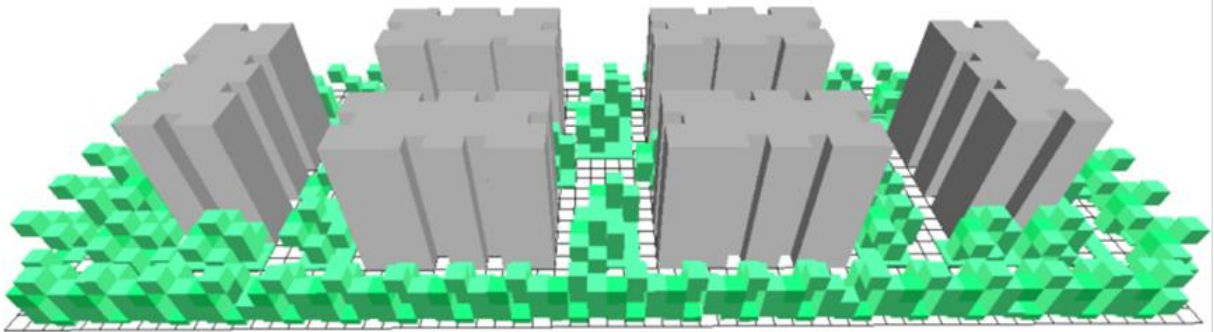
Khu vực nhà ở xã hội được chọn làm trọng tâm của nghiên cứu theo khuyến nghị của **CADIF**. Ba kịch bản mô phỏng đã được phát triển cho khu vực này:

- **NOXH_L1** – Thảm cỏ và bê tông tối màu (kịch bản cơ sở);
- **NOXH_L2** – Cây bóng mát cao 15m với bê tông tối màu;
- **NOXH_L3** – Cây bóng mát cao 15m với vỉa hè lát đá granit.

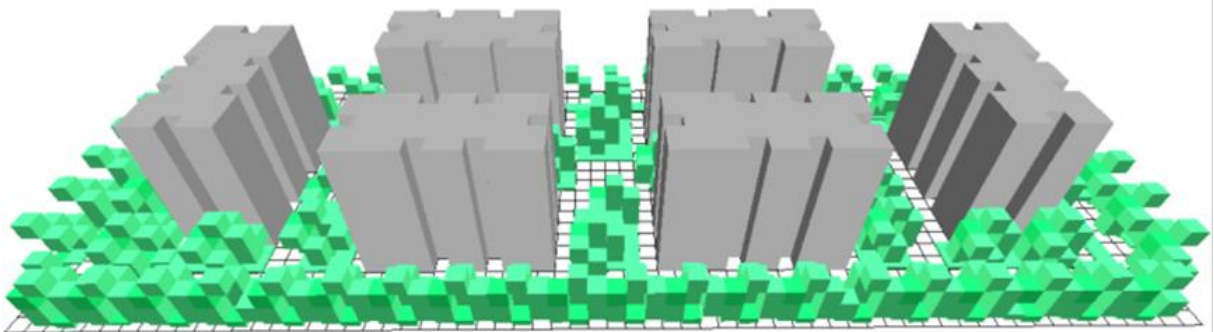
Phạm vi mô phỏng: trên diện tích 255m × 80m, do giới hạn bởi các yêu cầu về bản quyền của ENVI-met. Độ phân giải không gian là 4m × 4m. Hình 7 minh họa thiết lập mô hình ENVI-met cho khu vực nhà ở xã hội đã chọn. Mô phỏng này được thiết lập để chạy trong 12 giờ, bắt đầu từ 6:00 sáng ngày 12 tháng 3 năm 2025.



a) **Kịch bản NOXH_L1:** Thảm cỏ và bê tông tối màu



b) **Kịch bản NOXH_L2:** Cây bóng mát cao 15m với bê tông tối màu



c) **Kịch bản NOXH_L3:** Cây bóng mát cao 15m với vỉa hè lát đá granit

Hình 7. Hình ảnh trực quan phạm vi mô phỏng trong khu vực nhà ở xã hội

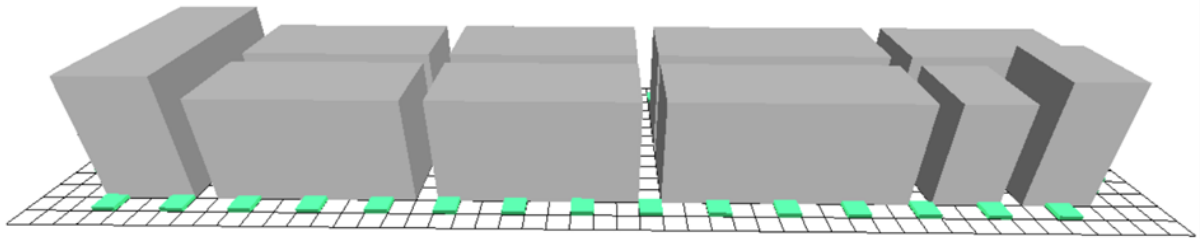
b) Mô phỏng vi khí hậu cho khu vực nhà liền kề

Khu vực nhà liền kề được chọn để mô phỏng theo đề xuất của CADIF. Ba kịch bản đã được xây dựng cho khu vực này để đánh giá tác động của cây xanh và vật liệu đối với điều kiện vi khí hậu:

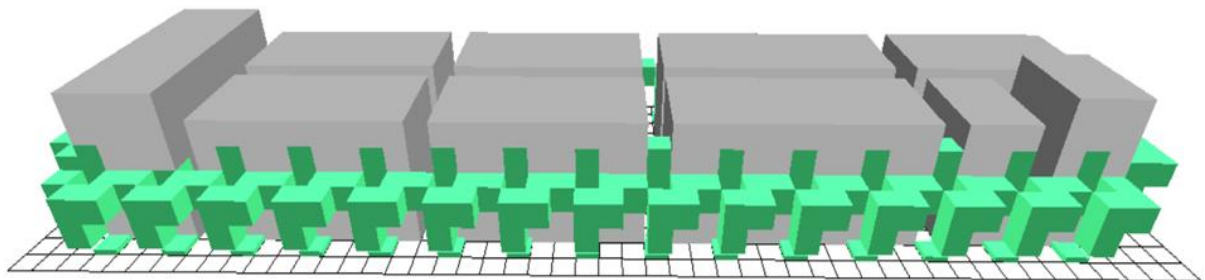
- **NOLK_L1** – Thảm cỏ và bê tông tối màu (kịch bản cơ sở);
- **NOLK_L2** – Cây bóng mát cao 15m với bê tông tối màu;
- **NOLK_L3** – Cây bóng mát cao 15m với vỉa hè lát đá granit.

Phạm vi mô phỏng: trên diện tích 200m × 56m, và các điều kiện không gian được mô hình hóa bằng ENVI-met với độ phân giải 4m × 4m. Hình 8 trình bày mô hình ENVI-met của miền nghiên

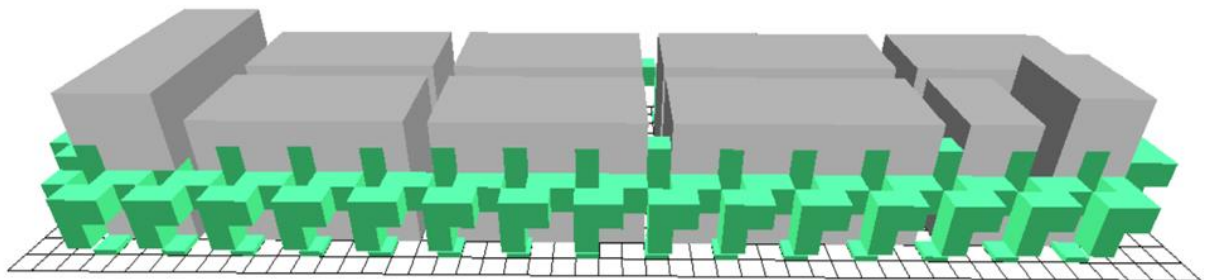
cứu trong khu vực nhà liền kề. Mô phỏng được thiết lập để chạy trong 12 giờ, bắt đầu từ 6:00 sáng ngày 12 tháng 3 năm 2025.



a) Kịch bản NOLK_L1: Thảm cỏ và bê tông tối màu (cơ sở)



b) Kịch bản NOLK_L2: Cây bóng mát cao 15m với bê tông tối màu;



c) Kịch bản NOLK_L3: Cây bóng mát cao 15m với vỉa hè lát đá granit

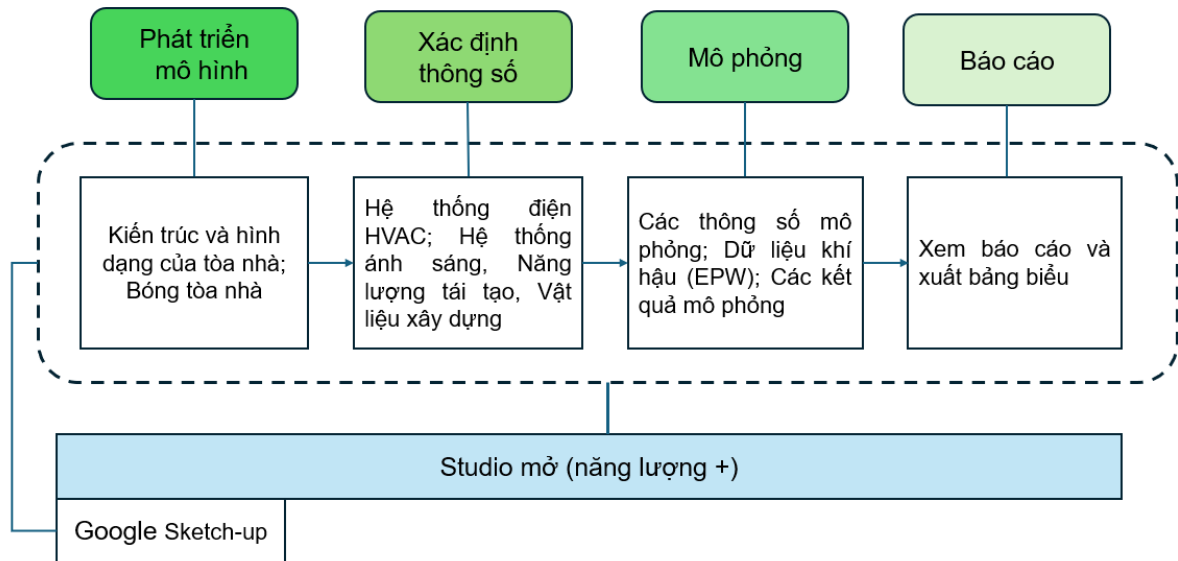
Hình 8. Phạm vi mô phỏng trong khu vực nhà liền kề trong ENVI-met

4.2.2. Mô phỏng tiêu thụ năng lượng công trình

Open Studio là một nền tảng phần mềm mã nguồn mở miễn phí do Phòng thí nghiệm Năng lượng Tái tạo Quốc gia (NREL) và Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE) phát triển. Open Studio hỗ trợ mô hình hóa năng lượng toàn bộ công trình bằng EnergyPlus và phân tích ánh sáng ban ngày nâng cao bằng Radiance. Ngoài ra, phần mềm này cho phép nhập và xuất các định dạng tệp IFC và gbXML, từ đó giúp trao đổi và cập nhật thông tin dễ dàng trong quá trình sử dụng. Dự án sử dụng phần mềm Open Studio để mô phỏng và phân tích tình hình tiêu thụ năng lượng của các công trình, bao gồm:

Dữ liệu cần thiết theo QCVN số 09:2017/BXD:

- Thông tin kiến trúc: Bản vẽ công trình, kích thước, chiều cao và chi tiết vật liệu. Dựa trên các bản vẽ mô phỏng về loại hình công trình do CADIF cung cấp, nhóm nghiên cứu tiến hành mô phỏng năng lượng theo kết cấu của các công trình trong bản vẽ đó.
- Dữ liệu hệ thống kỹ thuật: Thông tin về các hệ thống như điều hòa không khí trong phòng (RAC) và Lưu lượng môi chất lạnh biến thiên (VRF).
- Dữ liệu vi khí hậu: Dữ liệu khí hậu theo giờ, gồm nhiệt độ, độ ẩm, gió và bức xạ mặt trời từ các tệp EPW tiêu chuẩn. Dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm và gió được sử dụng trong mô phỏng Open Studio được trích xuất dựa trên các kịch bản mô phỏng cảnh quan.



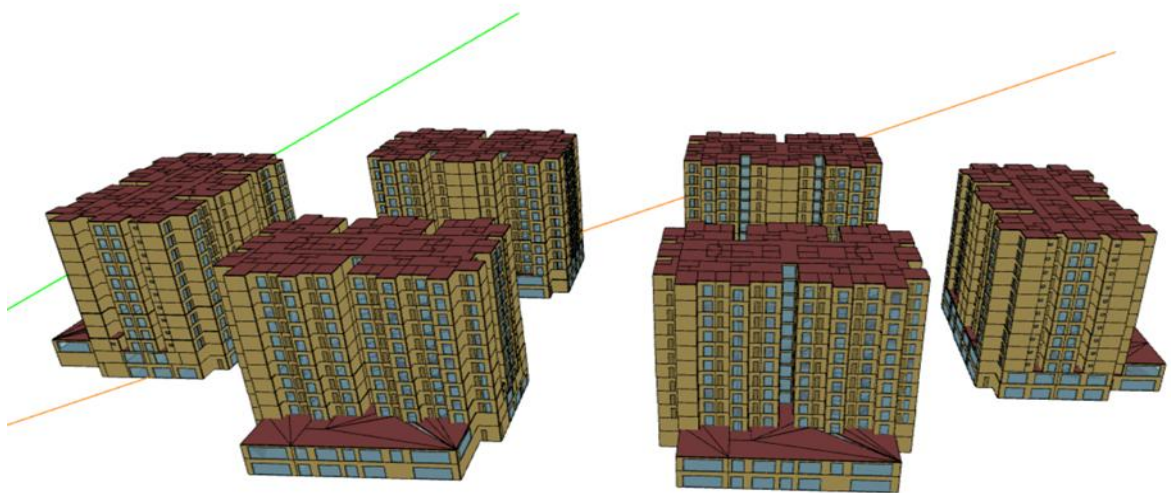
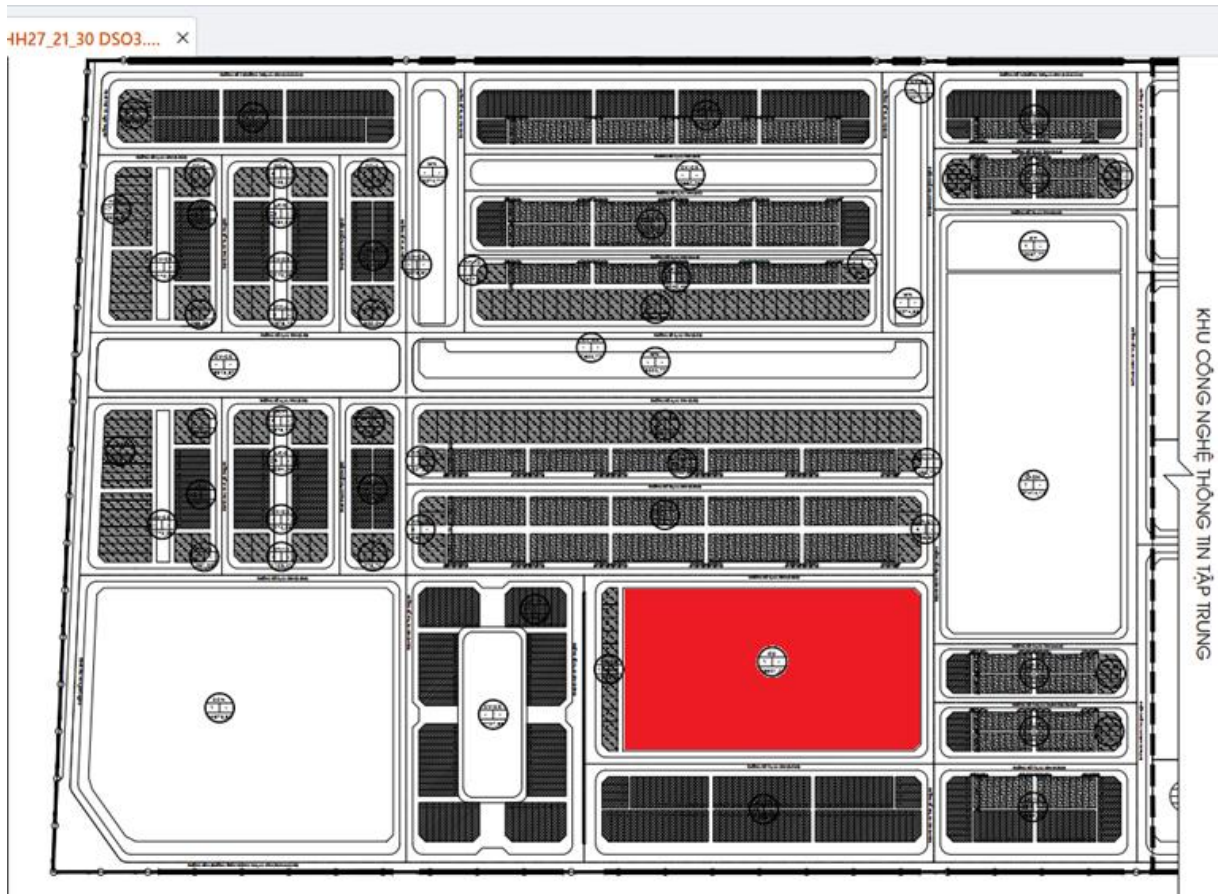
Hình 9. Lưu đồ quy trình mô phỏng cho các tòa nhà

4.2.2.1. Thiết lập các thông số mô phỏng năng lượng cho khu vực nhà ở xã hội

Khu vực nhà ở xã hội nằm tại đường số 5 và số 11. Khu vực này bao gồm 6 tòa nhà, mỗi tòa cao 12 tầng.

Chức năng của từng tầng: (1) Tầng 1: nhà cộng đồng, phòng bảo vệ, phòng rác, phòng máy bơm, phòng kỹ thuật, khu vực phụ trợ (thang máy, hành lang), khu dân cư. (2) Tầng 2: văn phòng Ban quản lý cộng đồng, phòng rác, phòng kỹ thuật, khu vực phụ trợ, khu dân cư. (3) Tầng 3-12: phòng rác, phòng kỹ thuật, khu vực phụ trợ, khu dân cư.

Hình 10. Vị trí khu vực nhà ở xã hội (màu đỏ)

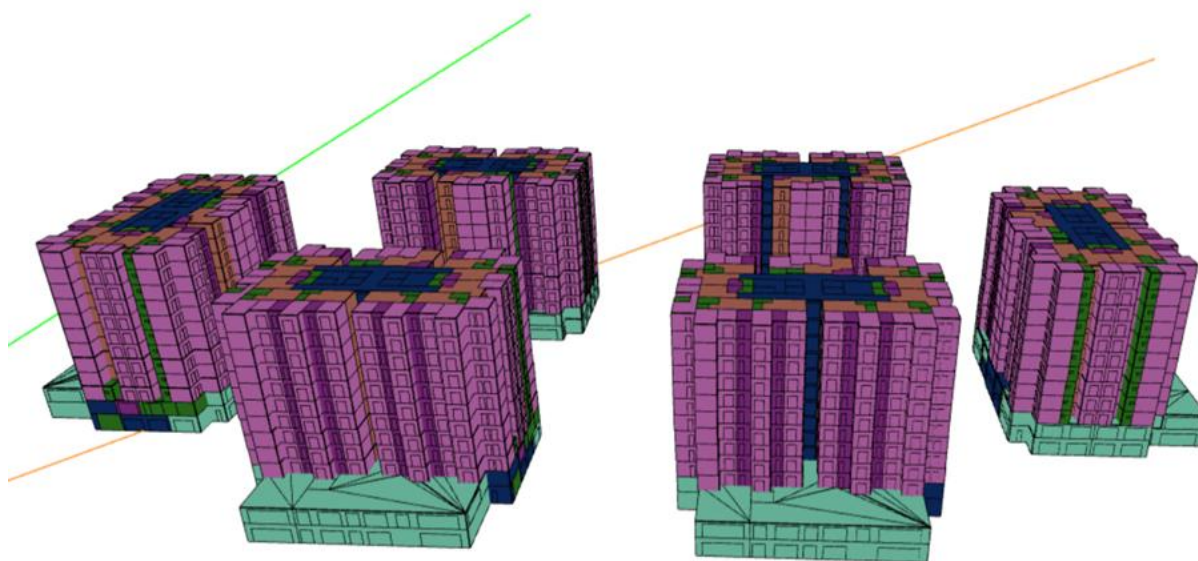


Hình 11. Mô phỏng công trình nhà ở xã hội trong Open Studio

Các thông số của kịch bản mô phỏng: Nghiên cứu này mô phỏng kịch bản cơ sở theo quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD. Các thông số cơ bản được sử dụng trong mô hình gồm: vật liệu, thiết kế không gian, phân vùng nhiệt, phụ tải công trình và lịch trình vận hành. Chi tiết các thông số được mô tả như sau:

Thiết lập vật liệu xây dựng (tham khảo quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD)

- Mái: Phụ lục F – TCVN 9258:2012 (CHXHCN Việt Nam, 2012), Tiêu chuẩn quốc gia về chống nóng cho nhà ở – Hướng dẫn thiết kế; F.2. Mái bằng lắp ghép từ tấm bê tông, tấm thạch cao (13mm).
- Tường: QCVN 09:2017/BXD; tường trong nhà – $R_{\min} 0,55$ (tường gạch rỗng đất sét nung 110mm); tường ngoài – $R_{\min} 0,77$ (tường gạch rỗng đất sét nung 220mm).
- Sàn: Gạch lát sàn ceramic.
- Kính: Kính 1 lớp.
 - + Kính 1 lớp trong kịch bản cơ sở, với SHGC = 0,8, giá trị $U = 5,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ và dày 7mm.
 - + Kính 2 lớp phủ Low-E, với SHGC = 0,38, giá trị $U = 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ và dày 28mm.
 - + Tỷ lệ cửa sổ/tường (WWR): Bắc (14,59%), Đông (21,5%), Nam (14,59%), Tây (21,5%).
 - + Bố trí không gian trong nhà: phòng khách, phòng ngủ, hành lang, nhà vệ sinh, phòng thờ và bếp.
 - + Bố trí vùng nhiệt: Dự án gồm các vùng nhiệt được phân chia như trình bày trong Hình 12.



Hình 12. Vùng nhiệt trong công trình nhà ở xã hội trên Open Studio

- Thiết lập phụ tải công trình:
 - + Phụ tải do con người: tham khảo QCVN 06:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về An toàn cháy cho nhà và công trình.

Bảng 3. Mật độ người trong không gian (tham khảo QCVN 06:2022/BXD)

Thứ tự	Không gian	Mật độ (m^2 trên đầu người)
1	Phòng ngủ	6.025
2	Bếp	7.15
3	Phòng khách	8.55

4	Hành lang	4
5	Phòng tắm	1

- + Phụ tải chiếu sáng: Mật độ công suất chiếu sáng (LPD) trung bình toàn dự án không được vượt quá mức tối đa cho phép theo QCVN 09:2017/BXD.
- + Phụ tải thiết bị được trình bày trong Bảng 4 dưới đây.

Bảng 4. Phụ tải thiết bị trong không gian

Không gian	Thiết bị	Định lượng	Tải trọng (W)	Thời gian sử dụng (giờ)	Tải trọng sử dụng mỗi giờ (W / h)	Diện tích (m2)	Tổng tải trọng trên mỗi đơn vị diện tích (W / m2)
Phòng ngủ	PC	1	120	2	60	13	4.61
	Bộ sạc điện thoại	2	5	5	2	13	0.15
	Máy lọc không khí	1	50	1	50	13	3.84
	Quạt	1	40	2	20	13	1.53
	TV	1	150	3	50	13	3.84
	Tất cả	13.97					
Phòng khách	TV	1	220	3	73	25	2.91
	Quạt trần	1	70	2	35	25	1.4
	Loa	2	50	3	33.33	25	1.33
	Bộ định tuyến Wi-Fi	1	6	24	0.25	25	0.01
	Tất cả	5.65					
Nhà bếp	Tủ lạnh	1	150	24	6.25	9	0.69
	Bếp điện	1	2000	2	1000	9	111.11
	Nồi chiên không khí	1	1400	1	1400	9	155.55
	Vi ba	1	800	1	800	9	88.88
	Máy lọc nước	1	30	1	30	9	3.3
	Tổng						359.56

+ Phụ tải làm mát: Hệ thống điều hòa không khí lưu lượng môi chất lạnh biến thiên (VRF) (COP = 4), điều hòa không khí trong phòng (COP = 3,5).

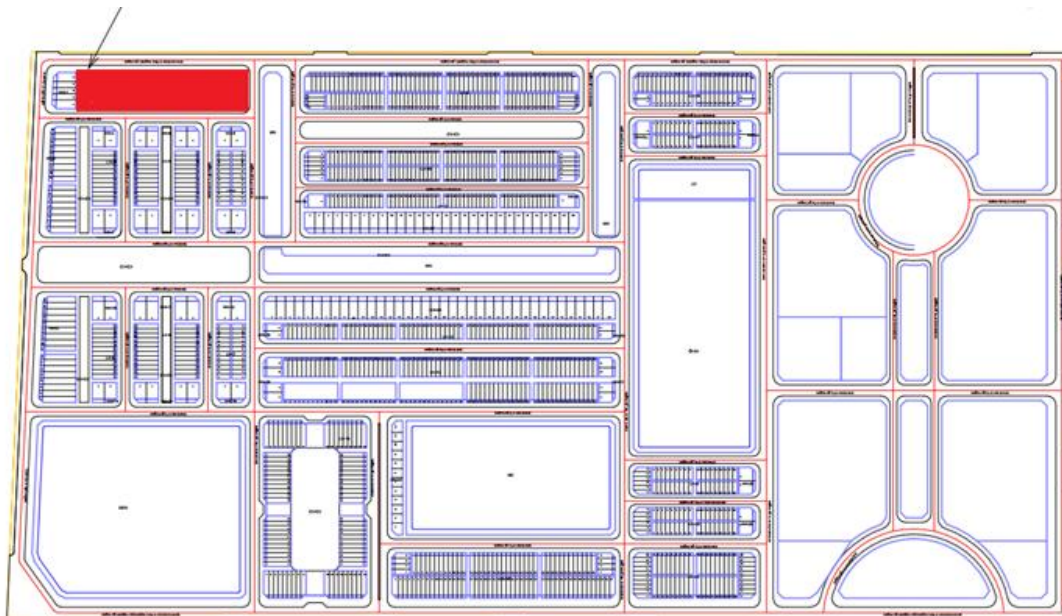
Bảng 5. Năng lượng do một người phát ra (người/m²)

Hoạt động	Mức độ hoạt động với giá trị lịch trình EnergyPlus của người	Mức độ hoạt động (W/m ²)	Met*
Nghỉ ngơi			
Ngủ	72	40	0.7
Ngả lưng	81	45	0.8
Ngồi, yên lặng	108	60	1
Đứng, thư giãn	126	70	1.2
Đi lại (trên mặt phẳng)			
3.2 km/h (0.9 m/s)	207	115	2
4.3 km/h (1.2 m/s)	270	150	2.6
6.4 km/h (1.8 m/s)	396	220	3.8
Hoạt động văn phòng			
Đọc, ngồi	99	55	1
Viết	108	60	1

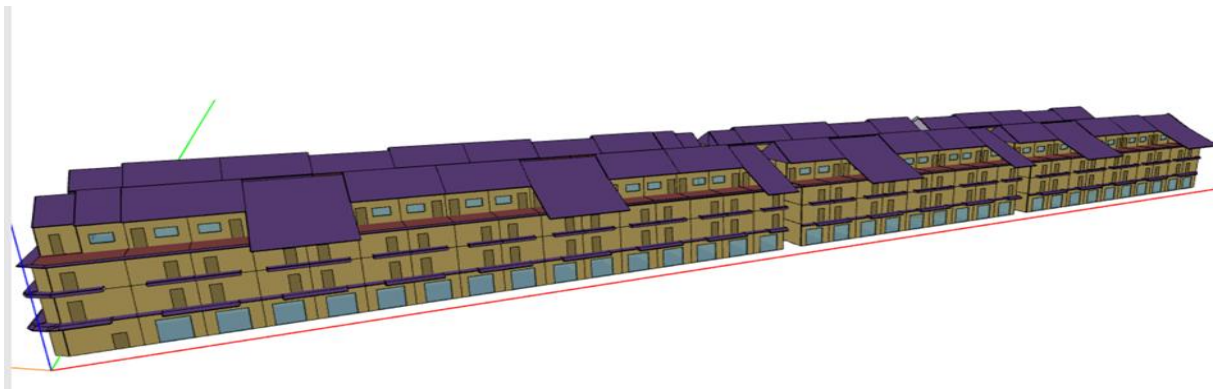
- + Thiết lập lịch hoạt động: Lịch hoạt động của con người được tham khảo từ EnergyPlus; nhiệt độ phòng tối ưu ở 26°C (điều hòa một chiều, không có thiết bị sưởi).

4.2.2.2. Thiết lập thông số mô phỏng năng lượng cho khu nhà liền kề

Khu vực nhà liền kề nằm tại đường số 1. Khu vực này bao gồm 69 tòa nhà, mỗi tòa nhà cao 4 tầng, tổng diện tích 21.311 m². Chức năng của mỗi tầng: (1) Tầng 1: phòng khách, bếp; (2) Tầng 2-3: phòng ngủ; (3) Tầng 4: phòng thờ.



Hình 13. Vị trí khu nhà liền kề (màu đỏ)

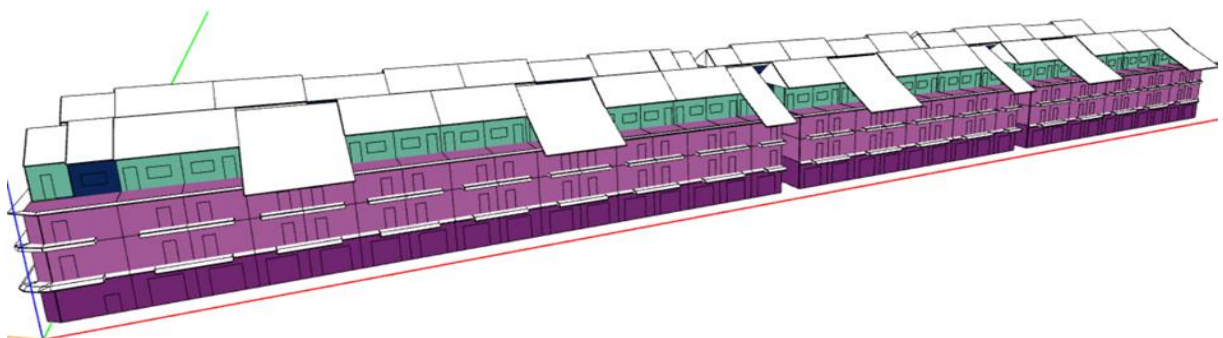


Hình 14. Mô phỏng các công trình ở khu vực nhà liền kề trong Open Studio

Các thông số của kịch bản mô phỏng: Nghiên cứu này mô phỏng kịch bản cơ sở theo quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD. Các thông số cơ bản được sử dụng trong mô hình gồm: vật liệu, thiết kế không gian, phân vùng nhiệt, phụ tải công trình và lịch trình vận hành. Chi tiết các thông số được mô tả như sau:

Thiết lập vật liệu xây dựng (tham khảo QCVN 09:2017/BXD)

- + Mái: Phụ lục F – TCVN 9258:2012 (CHXHCN Việt Nam, 2012), Tiêu chuẩn quốc gia về chống nóng cho nhà ở – Hướng dẫn thiết kế; F.3. Mái ngói đất sét nung (19mm) có lớp cách nhiệt bằng tấm thạch cao (13mm).
- + Tường: QCVN 09:2017/BXD; tường trong nhà – R_{omin} 0,55 (tường gạch rỗng đất sét nung 110mm); tường ngoài – R_{omin} 0,77 (tường gạch rỗng đất sét nung 220mm).
- + Sàn: Gạch lát sàn ceramic.
- + Kính: Kính 1 lớp trong kịch bản cơ sở, với SHGC = 0,8, giá trị $U = 5,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ và dày 7mm.
- + WWR (Tỷ lệ cửa sổ/tường): Bắc (0%), Đông (4,49%), Nam (0%), Tây (4,49%).
- + Bố trí không gian trong nhà: phòng khách, phòng ngủ, hành lang, nhà vệ sinh, phòng thờ và bếp.
- + Bố trí vùng nhiệt: Dự án gồm các vùng nhiệt được phân chia như trong Hình 15.



Hình 15. Vùng nhiệt của công trình ở khu vực nhà liền kề trong Open Studio

- Thiết lập phụ tải công trình:
 - + Phụ tải do con người: tham khảo QCVN 06:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về An toàn cháy cho nhà và công trình
 - + Phụ tải chiếu sáng: Mật độ công suất chiếu sáng (LPD) trung bình toàn dự án không được vượt quá mức tối đa cho phép theo QCVN 09:2017/BXD.
 - + Phụ tải thiết bị được trình bày trong Bảng 4 bên trên.
 - + Phụ tải thiết bị khác: Quạt VRF đầu cuối.
 - + Phụ tải làm mát: Kịch bản làm mát có hệ thống VRF (COP = 4) và hệ thống LAC (COP = 3,5).
- Thiết lập lịch hoạt động: Lịch hoạt động của con người được tham khảo từ EnergyPlus (xem Bảng 5); Nhiệt độ phòng là 26°C (điều hòa một chiều, không có thiết bị sưởi).

4.3. Phân tích tác động xã hội và môi trường

Nghiên cứu tiền khả thi này gồm một đánh giá sơ bộ tác động môi trường (ĐTM sơ bộ). Dữ liệu cho ĐTM sơ bộ được thu thập thông qua việc tiếp thu, tổng hợp và phân tích thông tin từ các ấn bản hiện có và các tài liệu có thể truy cập được liên quan đến NUZ&CITP.

Tại Việt Nam, đánh giá sơ bộ tác động môi trường là nội dung bắt buộc phải có trong Nghiên cứu tiền khả thi (Điều 53 Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 được sửa đổi theo Khoản 11 Điều 1 Luật số 62/2020/QH14). ĐTM sơ bộ là việc xem xét và xác định các vấn đề môi trường chính của một dự án đầu tư trong quá trình nghiên cứu tiền khả thi hoặc đề xuất dự án đầu tư (Khoản 6 Điều 3 Luật Bảo vệ Môi trường số 72/2020/QH14). ĐTM sơ bộ có mục đích cung cấp đánh giá sơ bộ về tiềm năng và tính bền vững về môi trường của dự án.

ĐTM sơ bộ được tiến hành theo các khu vực bị ảnh hưởng bởi các giải pháp làm mát được đề xuất. Khu vực ảnh hưởng chủ yếu được xác định theo các công trường/địa bàn xây dựng của các giải pháp làm mát đề xuất, và các khu vực phụ trợ khác như bãi chất thải rắn và hệ thống thoát nước. Khu vực ảnh hưởng nằm ngoài phạm vi của các công trường xây dựng thực tế, chủ yếu thông qua các hệ thống cơ sở hạ tầng hiện có như hệ thống thoát nước và nước thải, bụi và tiếng ồn phát sinh từ quá trình xây dựng và nguồn tiếp nhận nước thải đã qua xử lý của các nhà máy xử lý nước thải. Ngoài ra, việc vận chuyển và xử lý vật liệu cũng sẽ ảnh hưởng đến giao thông trong khu vực.

4.4. Phân tích cơ sở pháp lý

Mục tiêu của phân tích này là xác định và phân tích khung pháp lý, quy định và yêu cầu liên quan đến việc triển khai các biện pháp làm mát bền vững trong khu vực mục tiêu NUZ&CITP. Phân tích pháp lý sẽ dựa vào:

- Xác định và đánh giá khung pháp lý, quy định và yêu cầu liên quan đến việc triển khai các chiến lược làm mát bền vững trong khu vực mục tiêu NUZ&CITP.
- Đánh giá các hệ thống văn bản pháp luật cấp thành phố và quốc gia liên quan đến bảo vệ môi trường, quy hoạch đô thị, quy chuẩn xây dựng và tiêu chuẩn tiết kiệm năng lượng có thể ảnh hưởng đến việc triển khai các biện pháp làm mát.
- Nghiên cứu về giấy phép và phê duyệt: giấy phép sử dụng đất, xác định các giấy phép và phê duyệt môi trường cần thiết để triển khai các chiến lược làm mát; xác định các giấy phép và phê duyệt xây dựng cần thiết để lắp đặt các công nghệ làm mát bền vững.

4.5. Phân tích tài chính và kinh tế

Phần này phân tích tính khả thi về tài chính và kinh tế của các biện pháp làm mát đề xuất, đồng thời so sánh dòng tiền trong các kịch bản có và không có chiến lược làm mát. Đối với phân tích chi phí-lợi ích xã hội, nghiên cứu sẽ đánh giá chi phí và lợi ích của các chiến lược làm mát được đề xuất trong phân tích kỹ thuật. Các lợi ích định lượng dự kiến bao gồm giảm phát thải khí nhà kính (KNK), chi phí xã hội của việc giảm carbon, giảm chi phí liên quan đến sức khỏe và nâng cao giá trị cảnh quan.

4.6. Phân tích rủi ro

Trong phạm vi của Nghiên cứu tiền khả thi, nhóm tư vấn tiến hành phân tích rủi ro về một số yếu tố có khả năng ảnh hưởng đến việc triển khai dự án NUZ&CITP và các chiến lược giảm nhẹ những rủi ro đó.

- Rủi ro khí hậu: tăng lũ lụt, nắng nóng, El Niño, bão.
- Rủi ro do thay đổi pháp lý.
- Chiến lược giảm nhẹ rủi ro: xây dựng chiến lược để giảm nhẹ những rủi ro đã xác định thông qua: dịch chuyển rủi ro, bảo hiểm, lập kế hoạch dự phòng và tuân thủ quy định.

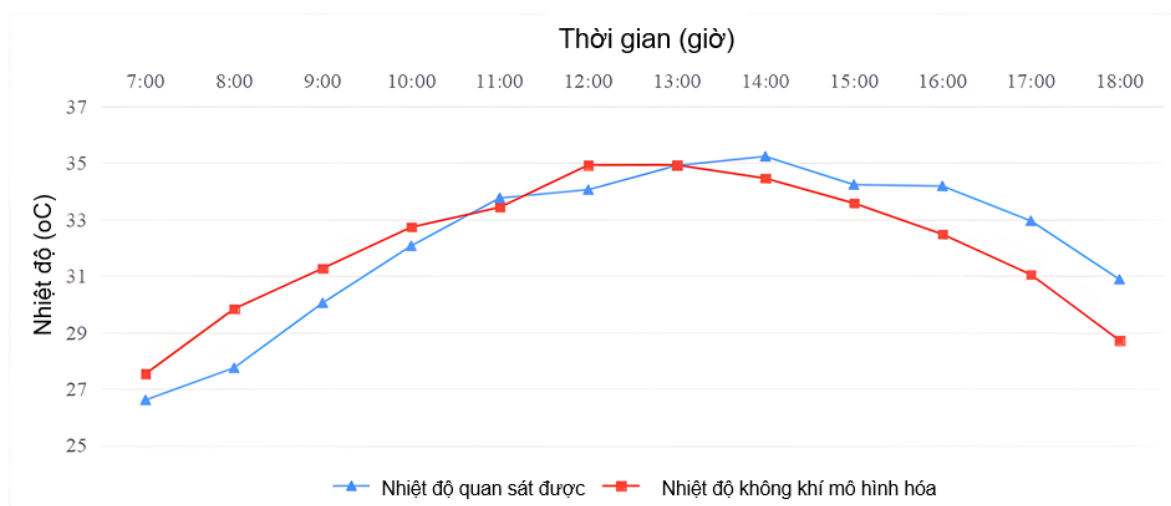
5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TIỀN KHẢ THI

5.1. Phân tích kỹ thuật về giải pháp làm mát: quy mô cảnh quan và công trình

5.1.1 Mô phỏng vi khí hậu ở quy mô cảnh quan

Đánh giá độ chính xác của mô hình

Độ chính xác của mô hình mô phỏng được đánh giá bằng cách tính toán hệ số tương quan Pearson giữa hai bộ dữ liệu nhiệt độ không khí: một bộ dữ liệu do mô hình tạo ra (dựa trên điều kiện môi trường thực tế) và bộ dữ liệu còn lại thu được từ quá trình đo lường tại hiện trường địa bàn dự án. Mặc dù không thể đo lường trực tiếp tại công trường khu nhà ở xã hội (do việc xây dựng vẫn chưa bắt đầu), nhưng dữ liệu về nhiệt độ ngoài trời đã được lấy từ khu vực nhà liền kề hiện hữu trong ranh giới địa bàn dự án. Những dữ liệu này sau đó được dùng để hiệu chuẩn mô hình ENVI-met cơ sở, đảm bảo phản ánh thực tế các điều kiện vi khí hậu. Kết quả cho thấy mối tương quan mạnh, với hệ số xác định (R^2) là 0,77, khẳng định độ tin cậy và độ chính xác của mô hình trong việc tái tạo các hình thái nhiệt độ trong thế giới thực.



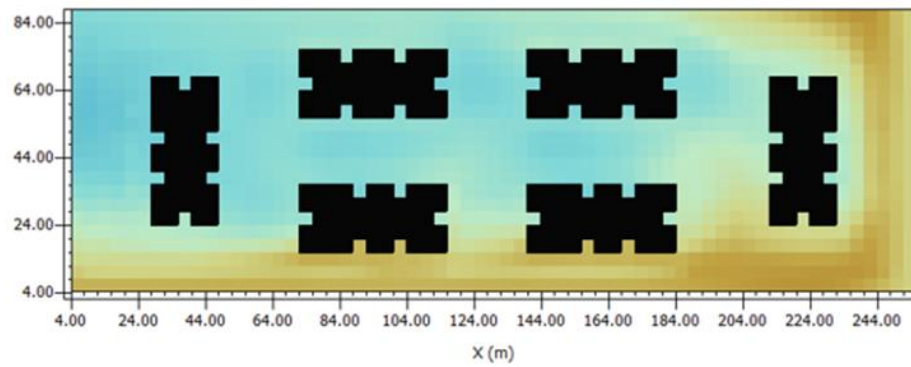
Hình 16. So sánh nhiệt độ không khí theo mô hình và nhiệt độ quan trắc tại khu vực dự án

Mô phỏng vi khí hậu ở quy mô cảnh quan cho khu vực nhà ở xã hội

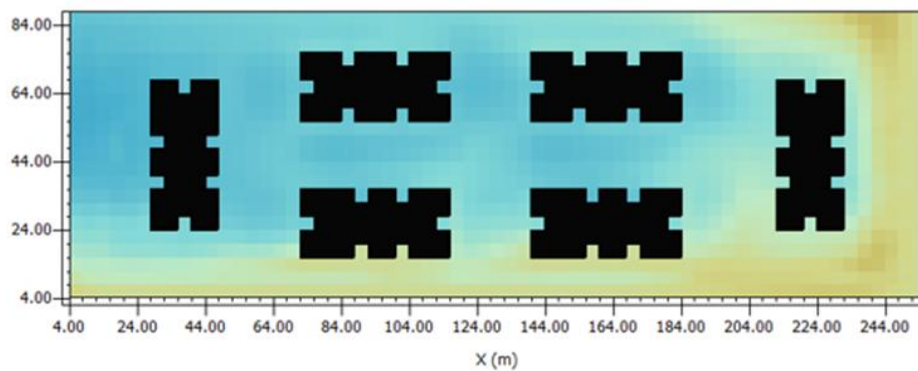
Kết quả mô phỏng phân bố không gian của nền nhiệt dựa trên các phép đo khác nhau được tính toán thông qua phần mềm ENVI-Met (xem Hình 17). Kết quả cho thấy nhiệt độ không khí ở độ cao 2m lúc 13:00 chiều trong các kịch bản khác nhau, đây là thời điểm có nhiệt độ cao nhất trong ngày dựa theo bộ dữ liệu đo lường thực tế.

Các kịch bản

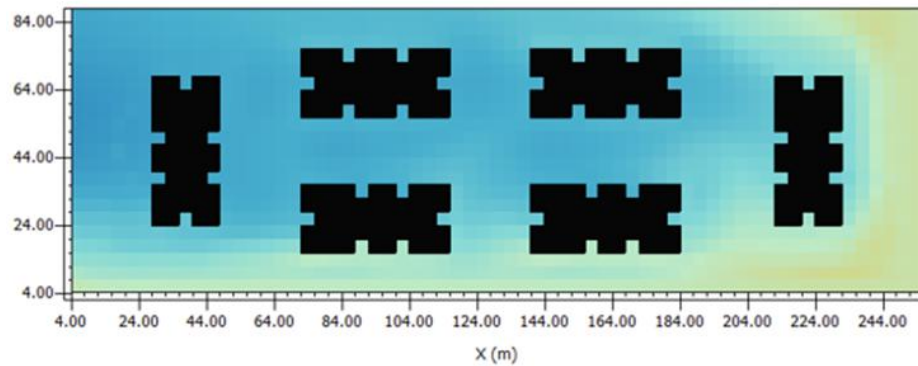
Chú giải



a) Kịch bản NOXH_L1: Thảm cỏ và bê tông tối màu

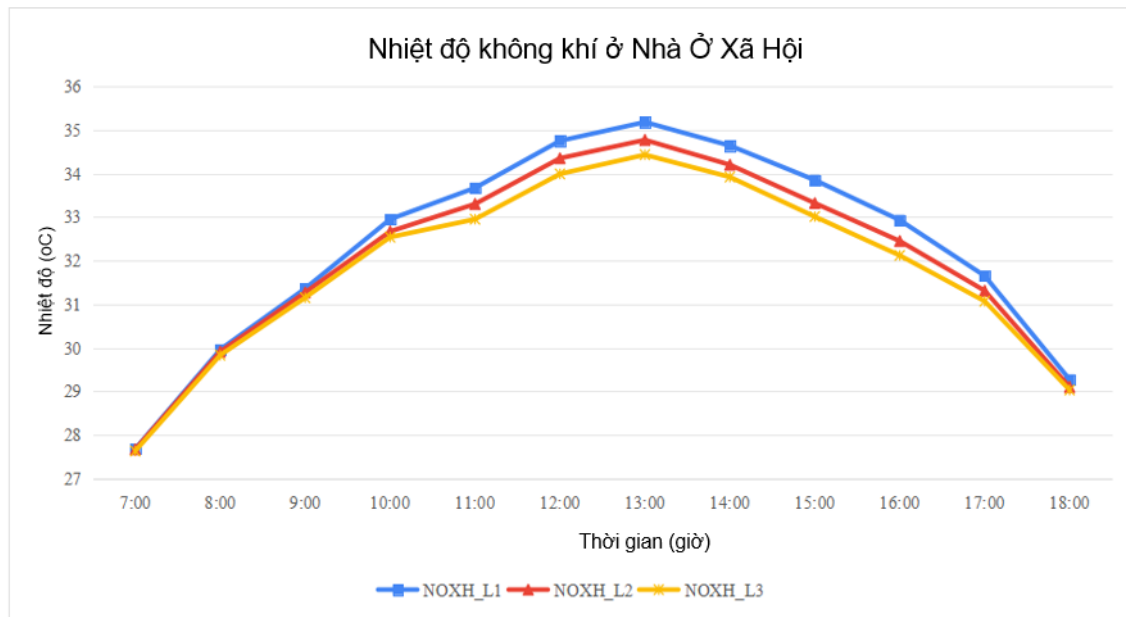


a) Kịch bản NOXH_L2: Cây bóng mát cao 15m và bê tông tối màu



c) Kịch bản NOXH_L3: Cây bóng mát cao 15m với vỉa hè lát đá granit

Hình 17. Phân bố không gian của nền nhiệt theo các kịch bản khác nhau trong khu vực nhà ở xã hội



Hình 18. Diễn biến nhiệt độ không khí tối đa tại khu vực nhà ở xã hội theo các kịch bản khác nhau

Bảng 6. So sánh nhiệt độ trong các kịch bản lúc 13:00 chiều

Kịch bản	Nhiệt độ (13:00)
NOXH_L1	35.18°C
NOXH_L2	34.77°C
NOXH_L3	34.43°C

Đánh giá biến thiên nhiệt độ tại khu vực lõi theo thời gian: Biến thiên nhiệt độ không khí theo thời gian được trích xuất theo giá trị nhiệt độ cao nhất của miền mô phỏng tại khu vực nhà ở xã hội. Dữ liệu được trích xuất liên tục hàng giờ trong ngày để đánh giá chênh lệch nhiệt độ của miền mô phỏng theo các kịch bản khác nhau. Kết quả được thể hiện trong Hình 18.

Dựa trên kết quả tính toán, có thể thấy rằng tất cả các kịch bản đều có xu hướng nhiệt độ tăng dần từ 7:00 sáng và đạt nhiệt độ cao nhất trong khoảng từ 11:00 sáng đến 17:00 chiều, sau đó có xu hướng giảm vào ban đêm. Cụ thể, theo kết quả thống kê với các kịch bản:

- Nhiệt độ cao nhất của các kịch bản là lúc 13:00 chiều và thấp nhất là lúc 7:00 sáng.
- Đối với kịch bản cơ sở, NOXH_L1 (thảm cỏ + bê tông tối màu), đạt nhiệt độ cao nhất khoảng 35,18°C lúc 13:00 chiều. Kịch bản NOXH_L2 (cây bóng mát cao 15m + bê tông tối màu) nhiệt độ đạt đỉnh 34,77°C lúc 13:00 chiều. Kịch bản NOXH_L3 ghi nhận nhiệt độ đỉnh 34,43°C vào cùng thời điểm.

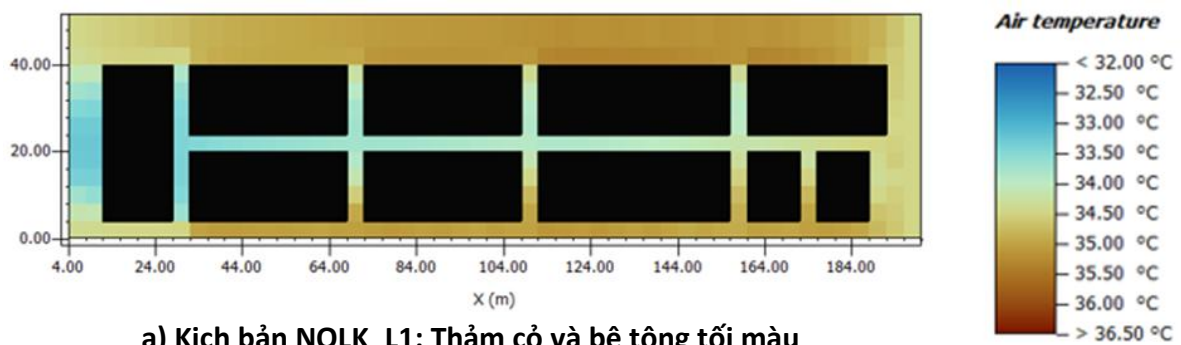
- Đối với kịch bản NOXH_L2 (cây bóng mát cao 15m + bê tông tối màu), nhiệt độ cao nhất lúc 13:00 chiều, thấp hơn kịch bản cơ sở 0,41°C. Theo thống kê, trong khoảng thời gian từ 11:00 sáng đến 17:00 chiều, nhiệt độ của kịch bản NOXH_L2 dao động trong khoảng 33,3°C - 31,31°C. Điều này cho thấy việc sử dụng cây bóng mát cao 15m có hiệu quả, làm giảm đáng kể nhiệt độ không khí vào ban ngày.
- Việc lát đá granite thay cho bê tông tối màu cũng giúp giảm nhiệt độ trong kịch bản NOXH_L3. Điều này là do đá granit có độ phản xạ cao hơn so với bê tông tối màu, dẫn đến hấp thụ nhiệt ít hơn, đặc biệt là vào ban ngày, và do đó giúp giảm nhiệt độ không khí xung quanh. Theo dữ liệu, nhiệt độ lúc 13:00 chiều trong kịch bản NOXH_L3 thấp hơn 0,34°C so với kịch bản NOXH_L2 (sử dụng bê tông tối màu).

Nhìn chung, kịch bản NOXH_L3 cho thấy có hiệu quả về giảm nhiệt độ không khí. Nghiên cứu này tiếp tục phân tích tài chính và rủi ro của kịch bản này.

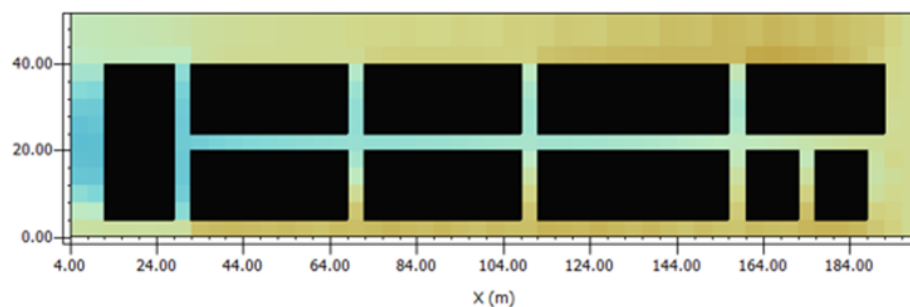
b) Mô phỏng vi khí hậu ở quy mô cảnh quan cho khu vực nhà liền kề

Kết quả mô phỏng phân bố không gian của nền nhiệt dựa trên các phép đo khác nhau được tính toán thông qua phần mềm ENVI-Met (xem Hình 19). Kết quả cho thấy nhiệt độ không khí ở độ cao 2m lúc 13:00 chiều tại ngày mô phỏng theo các kịch bản khác nhau.

Các kịch bản

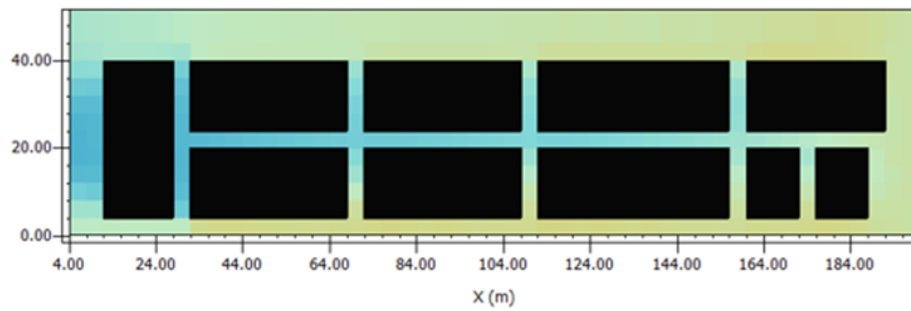


a) Kịch bản NOLK_L1: Thảm cỏ và bê tông tối màu



b) Kịch bản NOLK_L2: Cây bóng mát cao 15m và bê tông tối màu



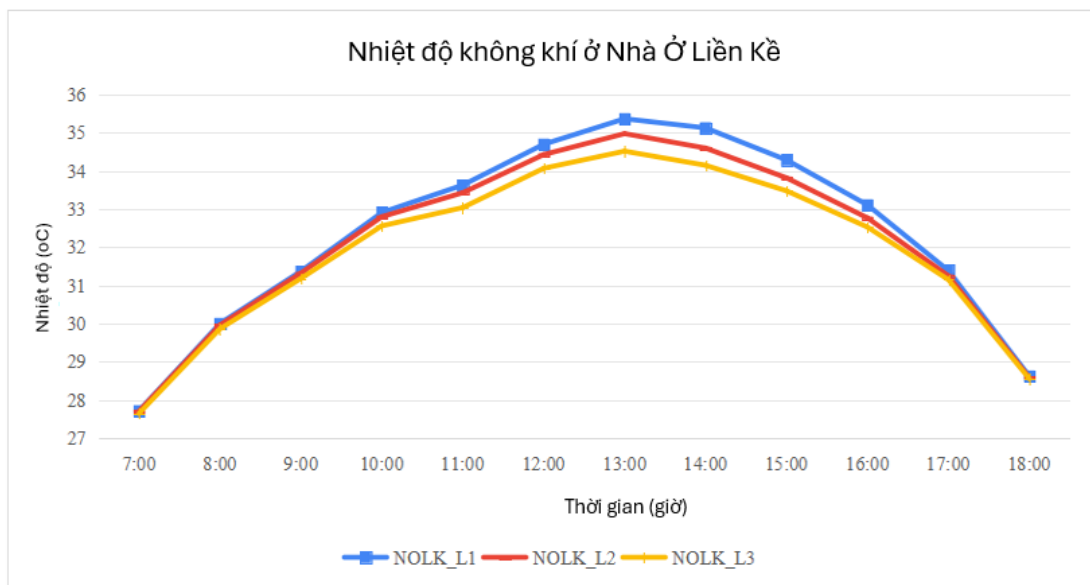


c) Kịch bản NOLK_L3: Cây bóng mát cao 15m với vỉa hè lát đá granit

Hình 19. Phân bố không gian của nền nhiệt theo các kịch bản khác nhau của khu vực nhà liền kề

Đánh giá biến thiên nhiệt tại khu vực lõi theo thời gian:

- Kết quả thống kê cho thấy kịch bản NOLK_L1 (thảm cỏ + bê tông tối màu) có nhiệt độ không khí ban ngày cao nhất so với 2 kịch bản còn lại. Trong đó, từ 11:00 sáng đến 17:00 chiều, nhiệt độ dao động trong khoảng 33,63°C đến 31,39°C. Nhiệt độ cao nhất lúc 13:00 chiều là 35,37°C.
- Kịch bản NOLK_L2 (cây bóng mát cao 15m + bê tông tối màu) có nhiệt độ thấp hơn kịch bản NOLK_L1. Từ 11:00 sáng đến 5:00 chiều, nhiệt độ dao động trong khoảng 33,43°C - 31,25°C. Nhiệt độ cao nhất lúc 13:00 chiều là 34,98°C (thấp hơn 0,39°C so với NOLK_L1).
- Kịch bản NOLK_L3 (cây bóng mát cao 15m + đá granit) có nhiệt độ thấp hơn đáng kể so với kịch bản NOLK_L1. Từ 11:00 sáng đến 17:00 chiều, nhiệt độ dao động trong khoảng 33,04°C đến 31,15°C. Nhiệt độ cao nhất lúc 13:00 chiều là 34,52°C (thấp hơn 0,85°C so với NOLK_L1).



Hình 20. Diễn biến nhiệt độ không khí tối đa tại khu vực nhà liền kề theo các kịch bản khác nhau

Bảng 7. So sánh nhiệt độ theo các kịch bản lúc 13:00 chiều

Kịch bản	Nhiệt độ (13:00)
NOLK_L1	35.37°C
NOLK_L2	34.98°C
NOLK_L3	34.52°C

Nhìn chung, các kịch bản kết hợp cây bóng mát và đá granite cho thấy hiệu quả giảm nhiệt, trong đó kịch bản NOLK_L3 có hiệu quả cao nhất.

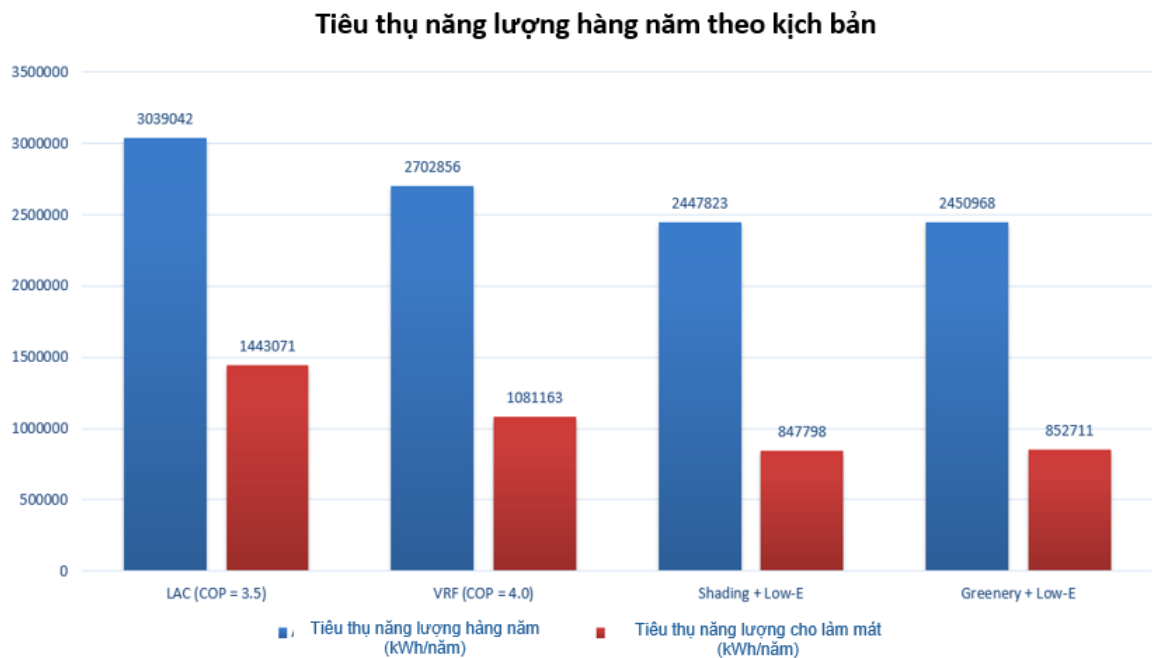
5.1.2. Mô phỏng mức tiêu thụ năng lượng của công trình

5.1.2.1 Mô phỏng mức tiêu thụ năng lượng của công trình cho khu vực nhà ở xã hội

Kết quả mô phỏng năng lượng cho 4 kịch bản như sau:

- (1) Kịch bản cơ sở (Cơ sở) sử dụng máy điều hòa không khí riêng lẻ với hệ số hiệu suất (COP = 3,5) dẫn đến mức tiêu thụ năng lượng hàng năm là 3.039.042 kWh.
- (2) Kịch bản sử dụng hệ thống Lưu lượng môi chất lạnh biến thiên (VRF) tập trung với hiệu suất cao hơn (COP = 4,0) đã giảm mức tiêu thụ điện xuống còn 2.702.856 kWh/năm.

- (3) Việc kết hợp thêm các thiết bị che nắng bằng nhôm ngoài trời trên ban công cùng với kính phát xạ thấp (Low-E) (Che nắng + Low-E + VRF) đã giảm nhu cầu năng lượng hàng năm xuống còn 2.447.823 kWh.
- (4) Tương tự, kịch bản tích hợp tường xanh/hệ thống cây xanh bố trí thẳng đứng (VGS) và mái nhà xanh kết hợp với kính Low-E (Giải pháp xanh + VRF) có mức tiêu thụ năng lượng tương đương 2.450.968 kWh/năm.



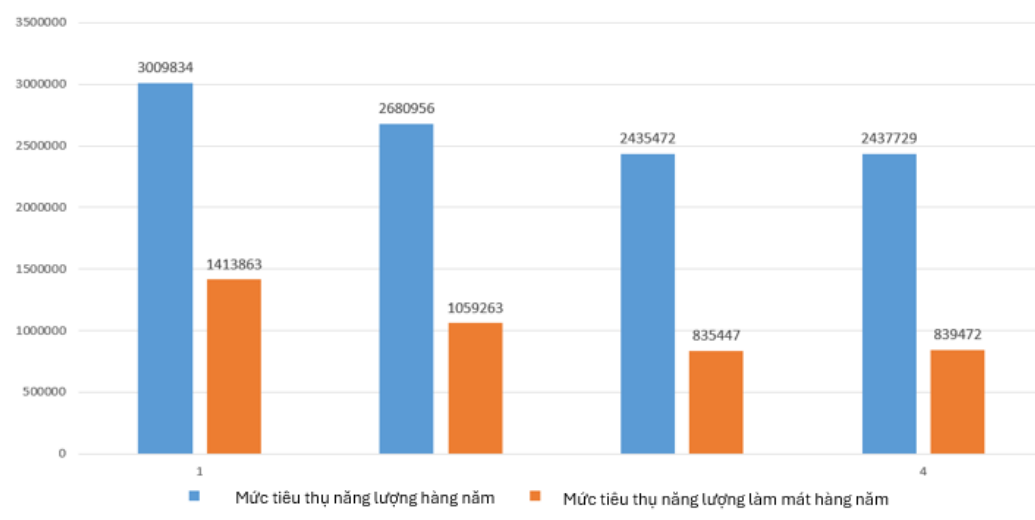
Hình 21. Mức tiêu thụ năng lượng theo kịch bản

Theo biểu đồ trên, trong 4 kịch bản được đánh giá, giải pháp kết hợp các thiết bị che nắng ngoài trời, kính Low-E và hệ thống VRF nổi lên là giải pháp tiết kiệm năng lượng nhất. Kết quả này có thể là do mặt tiền phía Tây của tòa nhà - nơi có hệ số WWR cao nhất, được bảo vệ hiệu quả bởi mái che nắng bằng nhôm và được tăng cường nhờ sử dụng kính Low-E, giúp giảm đáng kể nhu cầu năng lượng làm mát. Tỷ trọng năng lượng làm mát trong 4 kịch bản lần lượt chiếm 47,1%, 40,0%, 34,6% và 34,8% trên tổng mức tiêu thụ năng lượng.

Bảng 8. So sánh mức tiêu thụ năng lượng hàng năm của nhà ở xã hội với bê tông tối màu

Các kịch bản đối với nhà ở xã hội	L1 (bê tông tối màu)	
	Mức năng lượng hàng năm (kWh/năm)	Mức năng lượng hàng năm cho làm mát (kWh/năm)
1. RAC (COP=3.5)_L1	3 039 042	1 443 071
2. VRF (COP=4)	2 702 856	1 081 163
3. VRF + Low-E + Bóng râm	2 447 823	847 798
4. VRF + Low-E + mái xanh + khu vực xanh	2 450 968	852 711

Mức tiêu thụ năng lượng đối với 4 kịch bản trong nhà

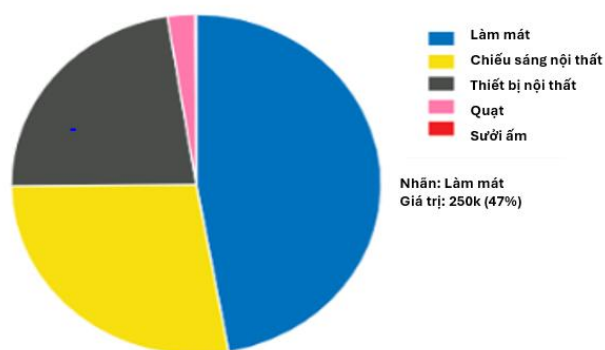


Hình 22. Mức tiêu thụ năng lượng theo cảnh quan tốt nhất trong 4 kịch bản trong nhà

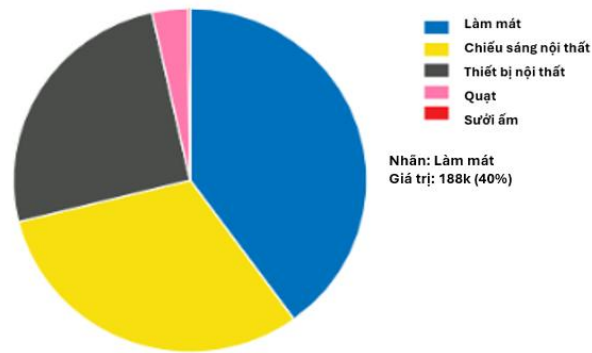
Hình trên cho thấy mức tiêu thụ năng lượng hàng năm của nhà ở xã hội (NOXH) theo các kịch bản kết hợp các biện pháp cảnh quan và kỹ thuật xây dựng. Trong kịch bản cảnh quan tốt nhất sử dụng cây bóng mát cao 15m và lát đá granite, năng lượng làm mát tiết kiệm được dao động từ 1,46% đến 2,20% so với kịch bản cơ sở. Mức giảm này được coi là hợp lý, mặc dù hơi thấp hơn trung bình khi so sánh với các nghiên cứu trước đây. Hạn chế chính là do hình dạng tòa nhà: một tòa nhà chung cư 12 tầng, trong khi cây xanh chỉ có thể che nắng đến tầng 4, do đó hạn chế tác động tổng thể của cây bóng mát lên mặt tiền khi tiếp xúc với ánh nắng mặt trời. Tuy nhiên, giải pháp cảnh quan này cũng mang lại những lợi ích đáng kể về môi trường và xã hội ngoài việc tiết kiệm năng lượng, vì vậy đây cũng là một phương án được khuyến nghị cao cho nhà ở xã hội.

Bảng 9. So sánh mức tiêu thụ năng lượng hàng năm với kịch bản cảnh quan tốt nhất trong nhà ở xã hội

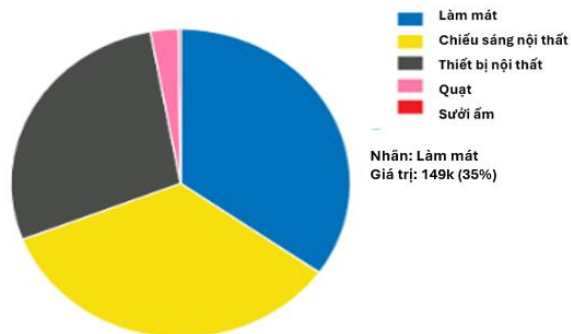
Các kịch bản đối với nhà ở xã hội	L3 (cây 15m + đá granite)	
	Mức năng lượng hàng năm (kWh/năm)	Mức năng lượng hàng năm cho làm mát (kWh/năm)
1. RAC (COP=3.5)	3 009 834	1 413 863
2. VRF (COP=4)	2 680 956	1 059 263
3. VRF + Low-E + Bóng râm	2 435 472	835 447
4. VRF + Low-E + Mái xanh + Khu vực xanh	2 437 729	839 472
L1 - L3		
1. RAC (COP=3.5)	29 208	29 208
2. VRF (COP=4)	21 900	21900
3. VRF + Low-E + Bóng râm	12 351	12 351
4. VRF + Low-E + Mái xanh + Khu vực xanh	13 239	13 239



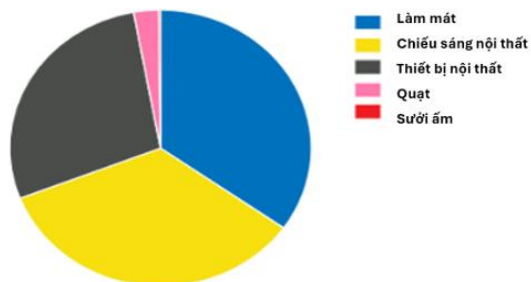
Kịch bản: Hệ thống RAC



Kịch bản: Hệ thống VRF



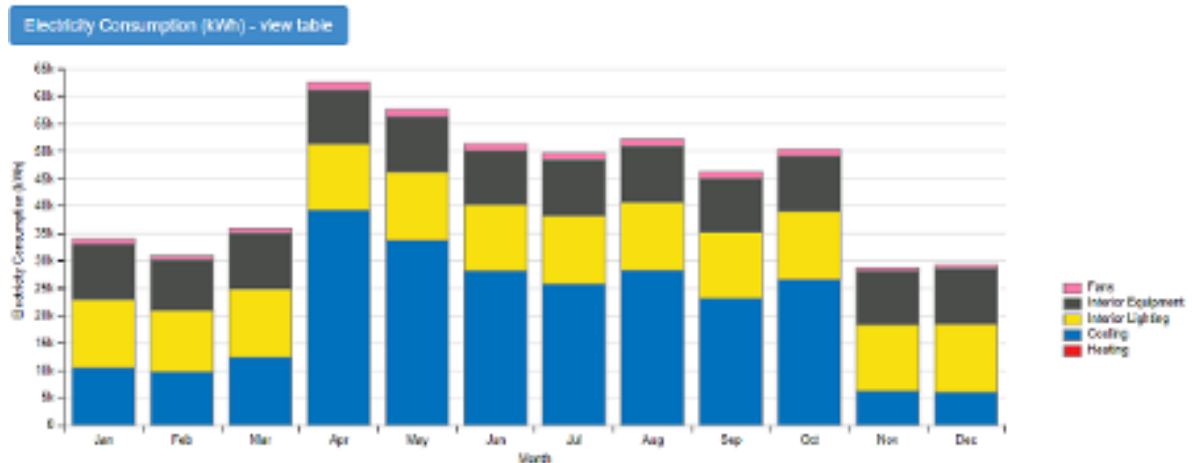
Kịch bản : VRF + Cửa gió che nắng bằng nhôm + Kính Low-E



Kịch bản: Mái xanh + khung cảnh xanh + Kính Low-E

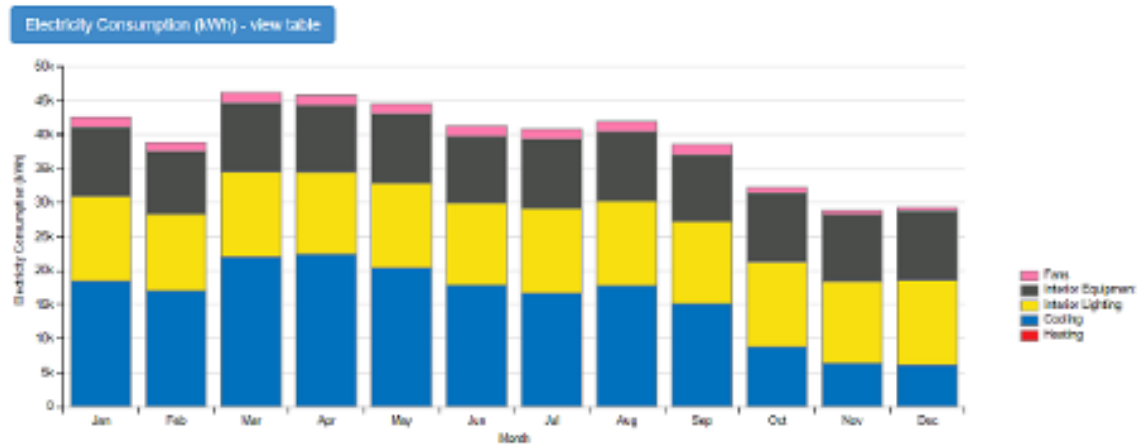
Hình 23. Tổng quan kịch bản tiêu thụ năng lượng hàng năm

Monthly Overview



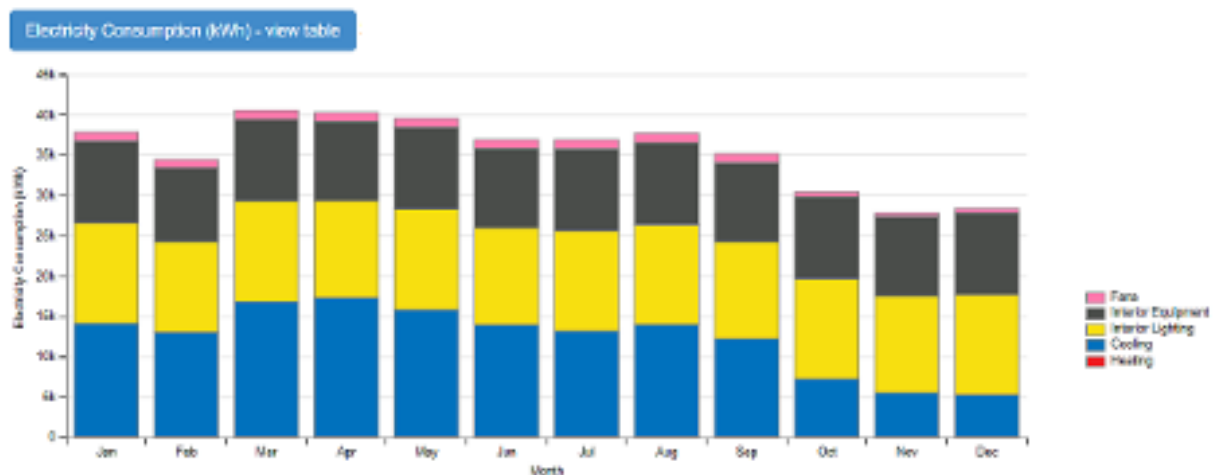
Kịch bản: Hệ thống RAC

Monthly Overview



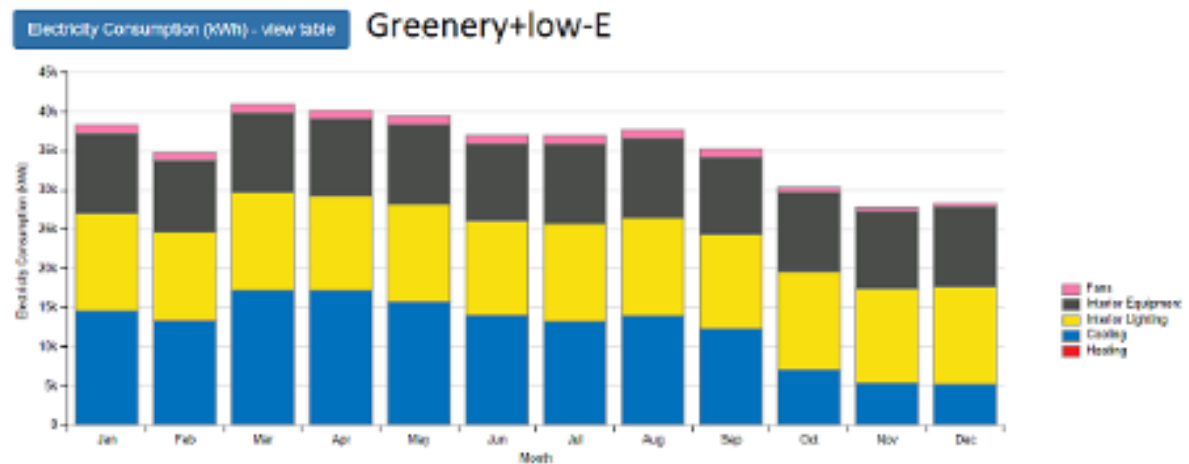
Kịch bản: Hệ thống VRF

Monthly Overview



Kịch bản: VRF + Cửa chắn gió nhôm + Kính Low-E

Monthly Overview

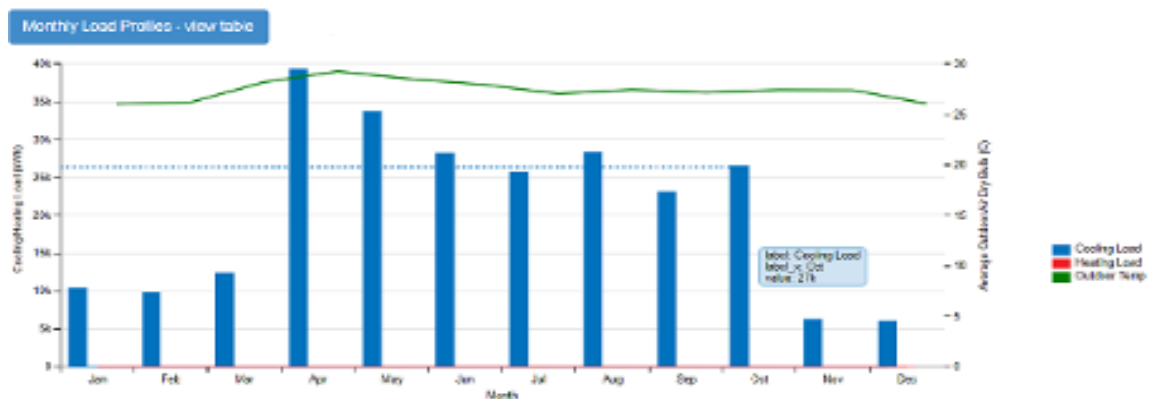


Kịch bản: Mái xanh + cây xanh + kính Low-E

Hình 24. Tổng quan hàng tháng cho tòa nhà

Hình 24 minh họa nhu cầu điện cực đại hàng tháng của tòa nhà, được chia theo mục đích sử dụng như sau: quạt (thông gió), thiết bị nội thất, chiếu sáng nội thất, làm mát và sưởi ấm. Có thể thấy nhu cầu điện cao nhất là vào tháng 3, tháng 4 và tháng 5. Phần chiếu sáng nội thất thể hiện năng lượng được sử dụng cho hệ thống chiếu sáng của tòa nhà. Nhu cầu làm mát đáng kể trong những tháng này cho thấy nhu cầu cao về sử dụng điều hòa không khí, có thể là do điều kiện thời tiết nắng nóng đặc trưng ở Cần Thơ trong giai đoạn này. Ngược lại, nhu cầu điện thấp nhất được ghi nhận vào tháng 10, tháng 11 và tháng 12, chủ yếu do nhu cầu làm mát giảm đáng kể. Nhu cầu về quạt, thiết bị nội thất và chiếu sáng nội thất duy trì tương đối ổn định trong năm, cho thấy các mục đích sử dụng này không bị ảnh hưởng đáng kể do biến đổi khí hậu hoặc trong các mùa khác nhau. Ngoài ra, biểu đồ này cho thấy tòa nhà không sử dụng bất kỳ hệ thống sưởi nào.

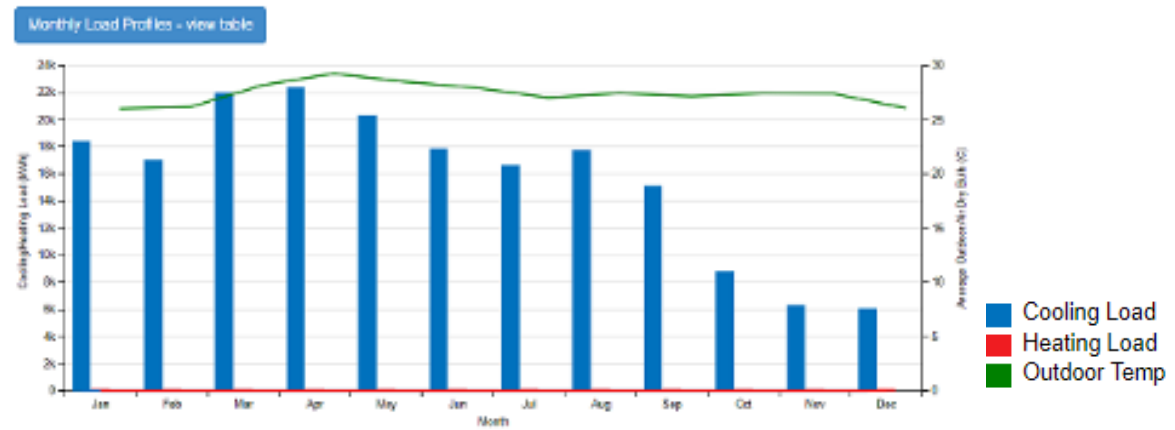
HVAC Load Profiles



HVAC Load Profiles

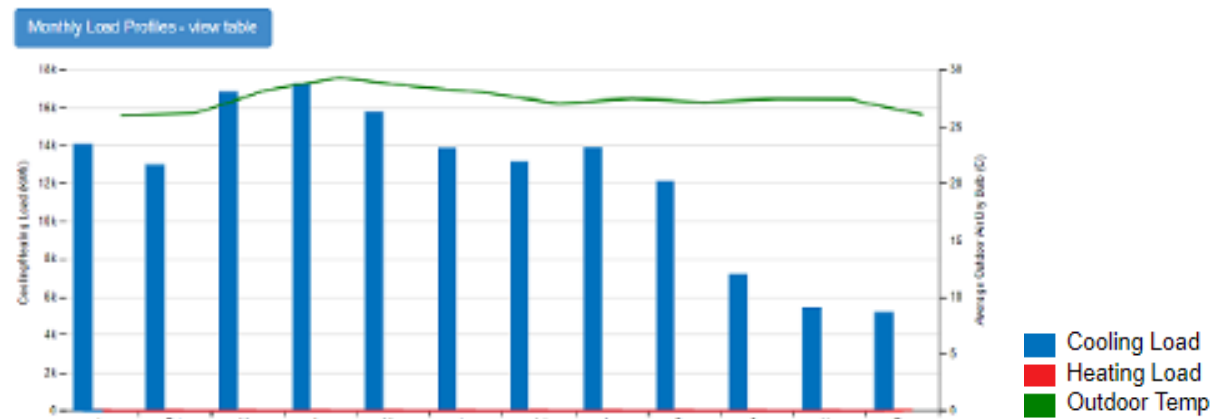
Kịch bản: Hệ thống RAC

HVAC Load Profiles



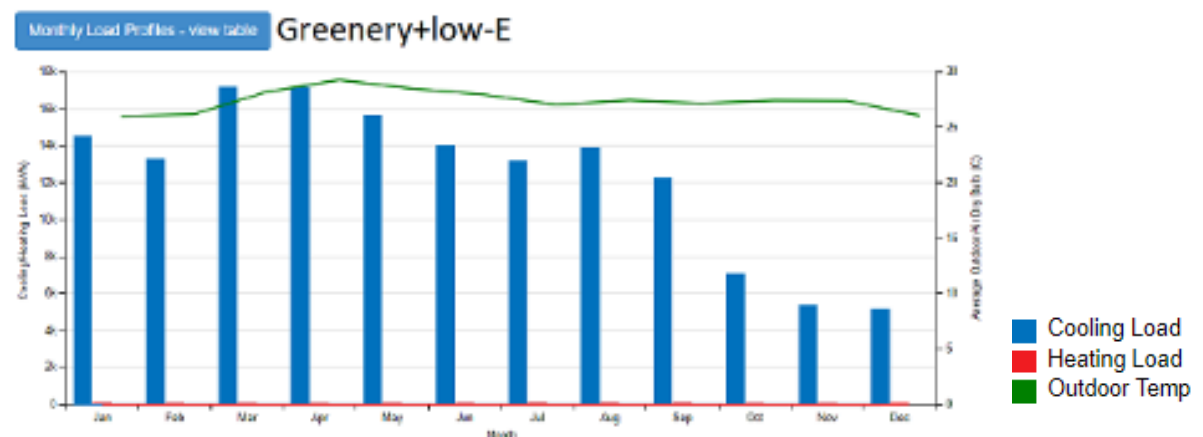
Kịch bản: Hệ thống VRF

HVAC Load Profiles



Kịch bản: VRF + rèm che nắng bằng nhôm + kính Low-E

HVAC Load Profiles



Kịch bản: Mái xanh + cây xanh + kính Low-E

Hình 25. Phụ tải hàng tháng cho hệ thống làm mát của tòa nhà

Kết luận, việc so sánh 4 kịch bản thiết kế cho thấy sự khác biệt đáng kể về hiệu suất năng lượng. Lấy kịch bản cơ sở (1) sử dụng máy điều hòa không khí trong phòng với mức tiêu thụ năng lượng hàng năm là 3.039.042 kWh/năm làm mốc tham chiếu, nghiên cứu đã quan sát thấy các mức giảm như sau:

- (2) Hệ thống VRF đã giảm tổng mức tiêu thụ năng lượng 11,07%, xuống còn 2.702.856 kWh/năm.
- (3) Kịch bản VRF + che nắng + kính Low-E đã giúp giảm 19,47%, với mức tiêu thụ năng lượng là 2.447.823 kWh/năm.
- (4) Kịch bản VRF + cây xanh + mái xanh + kính Low-E cho thấy mức tiết kiệm tương tự là 19,38%, tiêu thụ 2.450.968 kWh/năm.

Trong số đó, việc kết hợp che nắng + kính Low-E + hệ thống VRF mang lại hiệu suất năng lượng tối ưu nhất, tạo sự cân bằng giữa các chiến lược thiết kế thụ động và chủ động. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả ở những vùng khí hậu nóng như Cần Thơ, nơi mặt tiền hướng Tây và thời gian làm mát kéo dài ảnh hưởng đáng kể đến nhu cầu năng lượng hàng năm. Tuy nhiên, Kịch bản (4), mặc dù đạt được mức tiết kiệm năng lượng gần như tương đương, nhưng lại thân thiện với môi trường hơn và mang lại nhiều tiện nghi nhiệt hơn. Tuy nhiên, phương pháp này có hạn chế do chi phí đầu tư cao hơn và khó khăn trong công tác bảo trì, bảo dưỡng.

5.1.2.2 Mô phỏng tiêu thụ năng lượng của tòa nhà cho khu vực nhà liền kề

a) Kết quả mô phỏng

Kết quả mô phỏng tiêu thụ năng lượng cho thấy tổng mức tiêu thụ năng lượng hàng năm của tòa nhà theo kịch bản sử dụng hệ thống VRF là 1.165.142 kWh. Ngược lại, kịch bản sử dụng hệ thống điều hòa không khí trong phòng có tổng mức tiêu thụ thấp hơn, với 879.167 kWh mỗi năm.

Hệ thống RAC

Tóm tắt mô hình

Tóm tắt tòa nhà	
Dữ liệu	Giá trị
Tên tòa nhà	Building 1
Tổng năng lượng khu vực	879,167 kWh
Tổng diện tích tòa nhà	21,311 m ²
Tổng EIU	41.25 kWh/m ²
Loại tòa nhà tiêu chuẩn studio mở	n/a

Hệ thống VRF

Các kết quả studio mở

Tóm tắt mô hình

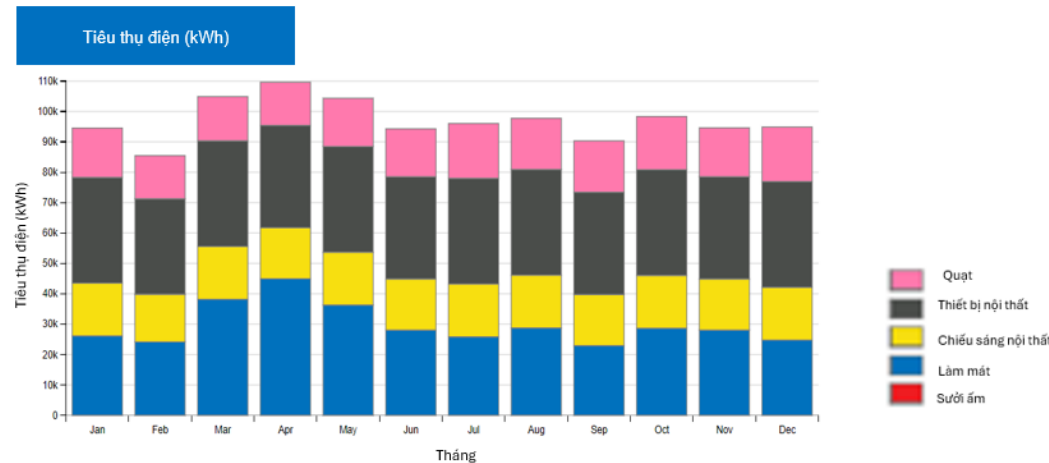
Tóm tắt tòa nhà

Dữ liệu	Value
Tên tòa nhà	Building 1
Tổng năng lượng khu vực	1,165,142 kWh
Tổng diện tích tòa nhà	21,311 m²
Tổng EIU	54.67 kWh/m²
Loại tòa nhà tiêu chuẩn studio mở	n/a

Hình 26. Tỷ trọng tiêu thụ năng lượng theo phụ tải của tòa nhà hàng năm trong khu vực nhà liền kề

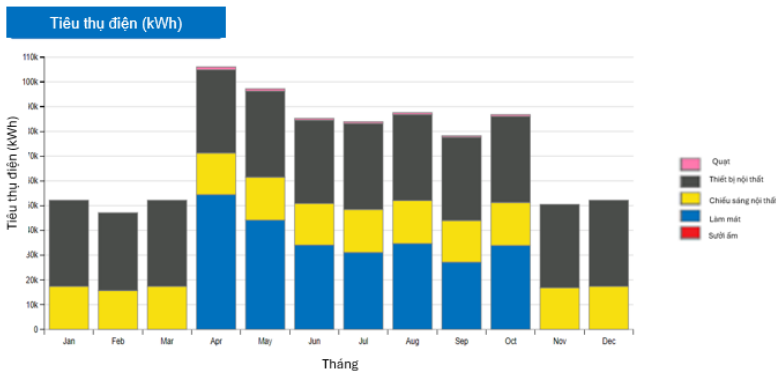
Hệ thống VRF

Tổng quan hàng tháng



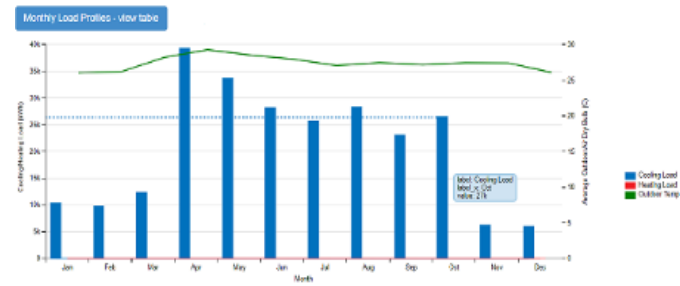
Hệ thống RAC

Tổng quan hàng tháng



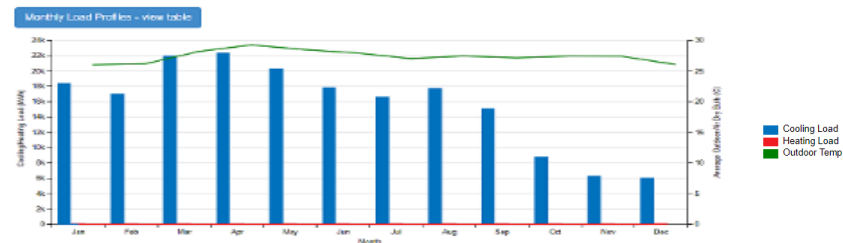
Hình 27. Nhu cầu điện cực đại hàng tháng tại khu vực nhà liền kề

HVAC Load Profiles



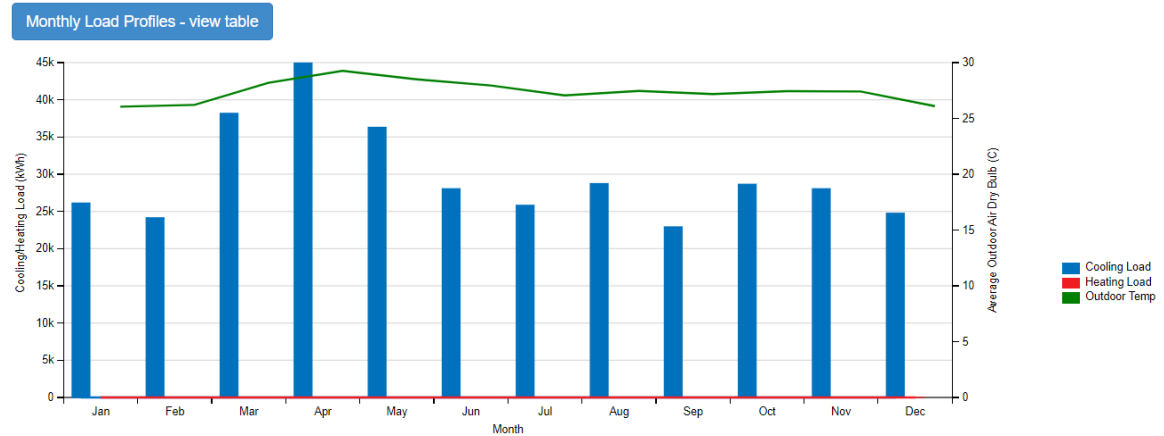
Hệ thống RAC

HVAC Load Profiles



Hệ thống VRF

HVAC Load Profiles

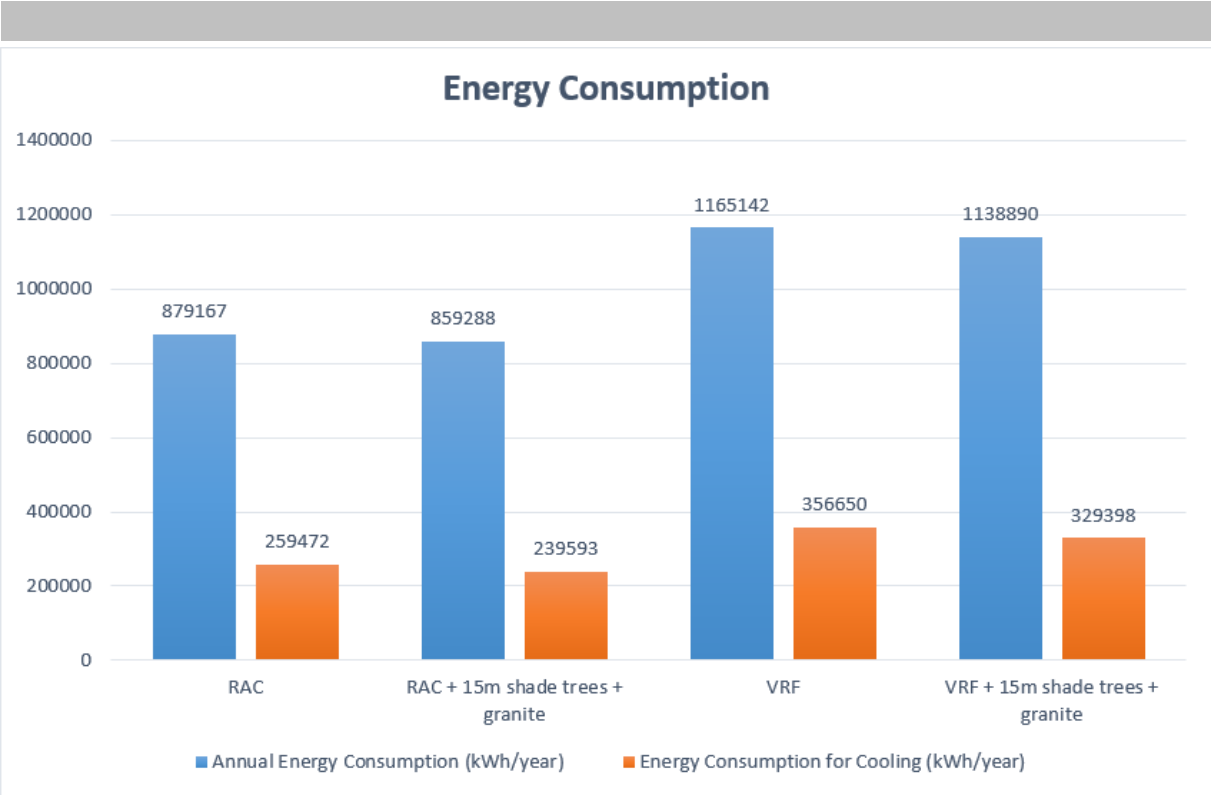


Hình 28. Phụ tải làm mát hàng tháng tại khu vực nhà liền kề

Hình 27 cho thấy nhu cầu điện cực đại hàng tháng của tòa nhà, gồm: quạt, thiết bị nội thất, chiếu sáng nội thất, làm mát và sưởi ấm. Có thể thấy, nhu cầu điện cao nhất vào các tháng 3, 4, 5, 7 và 10 với công suất điện từ 98-110 kW, trong đó phần lớn nhu cầu đến từ các hạng mục làm mát và chiếu sáng nội thất. Trong đó, hạng mục chiếu sáng nội thất chính là hệ thống chiếu sáng trong tòa nhà. Hạng mục làm mát chiếm tỷ trọng cao cho thấy những tháng này có nhu cầu làm mát cao, có thể do nhiệt độ ngoài trời tăng. Nhu cầu điện thấp nhất vào tháng 1 và tháng 12 hàng năm, với nhu cầu điện khoảng 80-95 kW, chủ yếu do giảm nhu cầu làm mát. Các hạng mục tiêu thụ năng lượng từ quạt, thiết bị nội thất và chiếu sáng nội thất duy trì ổn

định qua các tháng, cho thấy nhu cầu này không bị ảnh hưởng bởi thời tiết. Biểu đồ cũng cho thấy tòa nhà không sử dụng hệ thống sưởi.

Hình 28 thể hiện phụ tải dùng để làm mát theo từng tháng so với nhiệt độ ngoài trời. Biểu đồ cho thấy tháng 3 và tháng 4 là những tháng có mức sử dụng phụ tải làm mát cao nhất trong năm, do ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường bên ngoài, đây là thời điểm nhiệt độ cao nhất trong năm. Từ tháng 6 đến tháng 12, nhu cầu phụ tải làm mát giảm do nhiệt độ bên ngoài. Điều này cho thấy tòa nhà chỉ sử dụng phụ tải làm mát và không sử dụng hệ thống sưởi.



Hình 29. Mức tiêu thụ năng lượng theo cảnh quan tốt nhất trong 2 hệ thống làm mát

Bảng 10. So sánh mức tiêu thụ năng lượng hàng năm với kịch bản cơ sở và kịch bản cảnh quan tốt nhất trong khu vực nhà liền kề

Các kịch bản khu vực nhà liền kề	Tiêu thụ năng lượng (kWh/năm)	Tiêu thụ năng lượng cho làm mát (kWh/năm)
L3 (cây 15m + granite)		
RAC COP 3.5 cây bóng mát + granite	859,288	239,593
VRF COP 4.0 cây bóng mát + granite	1,138,890	329,398
L1 (bê tông tối màu)		
RAC COP 3.5 bê tông tối màu	879,167	259,472
VRF COP 4.0 bê tông tối màu	1,165,142	356,650
Chênh lệch (L1-L3)		
RAC COP 3.5	19,879	19,879
VRF COP 4.0	26,252	27,252

Như đã trình bày ở trên, so sánh giữa kịch bản VRF và RAC cho thấy kịch bản RAC có mức tiêu thụ năng lượng thấp hơn 25,55% so với kịch bản VRF. Kịch bản cảnh quan: “cây bóng mát cao 15m + đá granite” giúp giảm 7,66% mức tiêu thụ năng lượng làm mát cho hệ thống RAC và 3,51% cho hệ thống VRF. Những số liệu này minh chứng rõ ràng hiệu quả của kịch bản cảnh quan tối ưu. Đối với khu vực nhà liền kề, việc kết hợp hệ thống RAC với kịch bản cảnh quan tối ưu được chứng minh là giải pháp tiết kiệm năng lượng nhất.

5.2. Phân tích tài chính và kinh tế

5.2.1. Chi phí đầu tư ban đầu cho cảnh quan

“NOXH_L1 (với thảm cỏ và bê tông tối màu ở khu vực ngoài trời và vỉa hè) được sử dụng làm **kịch bản cơ sở** (“**kịch bản cơ sở**” được trình bày ngắn gọn trong các bảng ở phần 5.2) trong phân tích chính về cả khu nhà ở xã hội và khu nhà liền kề, trong khi **NOXH_L3** (với thảm cỏ, cây mận Marian và lát đá granit) đại diện cho **các kịch bản giải pháp làm mát** (“**các Kịch bản**” được trình bày ngắn gọn trong các bảng ở phần 5.2) giúp giảm nhiệt độ hiệu quả nhất vào buổi trưa.

Chi phí bổ sung đề cập đến chênh lệch chi phí giữa kịch bản giải pháp làm mát và kịch bản cơ sở. **Giá trị dương** biểu thị mức đầu tư bổ sung cần thiết để thực hiện các giải pháp làm mát, trong khi **giá trị âm** biểu thị khoản **chi phí tiết kiệm được** hoặc **lợi ích** từ các biện pháp can thiệp này.

Chi phí ước tính cho các hạng mục cảnh quan - bao gồm thảm cỏ, cây mận Marian, bê tông tối màu và đá granit được sử dụng ở khu vực ngoài trời và vỉa hè - dựa trên dữ liệu phát triển nhà ở mới nhất do **CADIF** cung cấp và đã được **điều chỉnh theo mức giá năm 2025**. Những chi phí này được giả định là **phát sinh trong năm đầu tiên (2025)**. Tóm tắt chi phí trong khu vực nhà ở xã hội được trình bày trong **Bảng 11**, và ước tính chi tiết được trình bày trong **Phụ lục A2 đến A5**.

Bảng 11. Đầu tư ban đầu cho cảnh quan trong khu vực nhà ở xã hội

Biến số	Cơ sở NOXH_L1 (1)	Kịch bản NOXH_L3 (2)	Chênh lệch (3) =(2) - (1)
Mô tả	- 5,888 m ² thảm cỏ. - 11,584 m ² sàn và đường đi ngoài trời bằng bê tông tối màu	- 5,888 m ² thảm cỏ; - 80 cây thanh trà - 11,584 m ² sàn và đường đi ngoài trời lát đá granite.	
Hiệu ứng làm mát	Nhiệt độ cao nhất vào lúc 1 giờ chiều là 35.18°C	Nhiệt độ cao nhất vào lúc 1 giờ chiều là 34.43°C	-0.75°C
Chi phí đầu tư ban đầu (triệu đồng)			
1. Khoảng xanh	726.97	2,689.72	1,962.75
Thảm cỏ	726.97		-726.97
Thảm cỏ + Cây thanh trà		2,689.72	2,689.72
2. Nền ngoài trời	2,573.48	9,891.76	7,318.28
Bê tông tối màu	2,573.48		-2,573.48
Granite		9,891.76	9,891.76
Tổng	3,300.45	12,581.48	9,281.03
Lưu ý: đây là các chi phí đầu tư cho năm 1 (2025)			

Bảng 12. Đầu tư ban đầu cho cảnh quan trong khu vực nhà liền kề

Biến số	Cơ sở NOLK _L1 (1)	Kịch bản NOLK _L3 (2)	Chênh lệch (3) =(2) - (1)
Mô tả	- 752 m ² thảm cỏ - 5,520 m ² sàn và đường đi ngoài trời bằng bê tông tối màu	- 752 m ² thảm cỏ; - 36 cây thanh trà - 5,520 m ² sàn và đường đi ngoài trời lát đá granite.	
Hiệu ứng làm mát	Nhiệt độ cao nhất lúc 1 giờ chiều là 35.37°C	Nhiệt độ cao nhất lúc 1 giờ chiều là 34.52°C	-0.85°C
Chi phí đầu tư ban đầu (triệu đồng)			
1. Khoảng xanh	92.85	974.34	881.49
Thảm cỏ	92.85		-92.85
Thảm cỏ + Cây thanh trà		974.34	974.34
2. Nền ngoài trời	1,226.31	4,713.62	3,487.31
Bê tông tối màu	1,226.31		-1,226.31
Granite		4,713.62	4,713.62
Tổng	1,319.16	5,687.95	4,368.80
Lưu ý: đây là các chi phí đầu tư cho năm 1 (2025)			

Các kịch bản mô phỏng (NOXH_L3 và NOLK_L3) (Bảng 11 và 12) cho thấy nhiệt độ giảm đáng kể ở cả khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề, chủ yếu nhờ vào việc tăng diện tích thảm thực vật và sử dụng nhiều vật liệu phản xạ nhiệt hơn. Tuy nhiên, những cải thiện này đi kèm với mức tăng đáng kể chi phí đầu tư, chủ yếu là chi phí lát nền bằng đá granite và trồng thêm cây xanh. Cụ thể, chênh lệch chi phí đầu tư giữa kịch bản L1 (kịch bản cơ sở) và kịch bản L3 (kịch bản giải pháp làm mát) lên tới khoảng **+9,28 tỷ đồng** cho khu vực nhà ở xã hội và **+4,36 tỷ đồng** cho khu vực nhà liền kề. Trong đó, chi phí đầu tư cho sàn đá granite chiếm hơn 78% tổng chi phí đầu tư cảnh quan. Đây là rào cản lớn nhất đối với việc đầu tư lát đá granite cho cư dân hiện tại ở thành phố Cần Thơ và Việt Nam.

5.2.2. Chi phí đầu tư ban đầu cho các công trình

Trong phân tích chính về nhà ở xã hội, chi phí đầu tư ban đầu cho công trình trong kịch bản cơ sở được xác định dựa trên quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD. Tuy nhiên, kịch bản can thiệp kết hợp việc lắp đặt các thiết bị che nắng bằng nhôm ngoài trời trên ban công với kính phát xạ thấp (Low-E), theo kết quả mô phỏng trình bày trong Mục 5.2.1.1(b). Ngược lại, đối với khu vực nhà liền kề, cả kịch bản cơ sở và kịch bản đều tuân theo quy định của QCVN 09:2017/BXD, vì việc sử dụng kính Low-E, mái xanh và hệ thống cây xanh thẳng đứng (tường xanh) được coi là không khả thi về mặt kỹ thuật. Ước tính chi phí đầu tư ban đầu để xây dựng công trình được

dựa trên dữ liệu phát triển nhà ở mới nhất do CADIF cung cấp và đã được điều chỉnh theo mức giá năm 2025. Chi phí ước tính chi tiết được trình bày trong Phụ lục A6 - A9.

Bảng 13. Chi phí đầu tư ban đầu cho việc xây dựng công trình trong khu vực nhà ở xã hội và nhà liền kề

Biển số	Cơ sở (triệu đồng) (1)	Kịch bản (triệu đồng) (2)	Đầu tư bổ sung (triệu đồng) (3) = (2) - (1)
1. Khu vực nhà ở xã hội	QCVN 09:2017/BXD	QCVN 09:2017/BXD + Low-E + bóng râm	
	490,691.72	494,107.94	3,416.22
2. Khu vực nhà liền kề	QCVN 09:2017/BXD	QCVN 09:2017/BXD	
	168,480.18	168,480.18	0
Lưu ý: Giả định các chi phí đầu tư cho năm 1 (2025)			

Chi phí xây dựng ước tính là **490,69 tỷ đồng** cho khu nhà ở xã hội và **168,48 tỷ đồng** cho khu nhà ở liền kề theo QCVN09:BXD (cơ sở), như thể hiện trong Bảng 13. Trong kịch bản giải pháp với nhà ở xã hội, chi phí đầu tư bổ sung để lắp đặt thiết bị che nắng ngoài trời và kính phát xạ thấp (Low-E) ước tính là **3,416 tỷ đồng**, và các chi phí này được giả định phát sinh trong **Năm 1 (2025)**.

5.2.3. Chi phí đầu tư ban đầu cho hệ thống làm mát

Dựa trên kết quả mô phỏng năng lượng, phân tích chính cho khu nhà ở xã hội giả định rằng kịch bản cơ sở sử dụng hệ thống làm mát với hệ số hiệu suất (COP) là 3,5, trong khi kịch bản giải pháp có đầu tư vào hệ thống lưu lượng môi chất lạnh biến thiên (VRF). Ngược lại, cả kịch bản cơ sở và kịch bản giải pháp cho khu nhà ở liền kề đều sử dụng hệ thống làm mát với hệ số COP là 3,5. Ước tính chi phí đầu tư ban đầu cho hệ thống làm mát dựa trên báo giá mới nhất do CADIF cung cấp (Bảng A.10 và A.11 trong Phụ lục A). Những chi phí này được giả định sẽ phát sinh trong Năm 1 (2025), trong khi chi phí điện năng tiêu thụ bắt đầu phát sinh từ Năm 2 và kéo dài trong suốt 20 năm vận hành.

Bảng 14. Chi phí đầu tư ban đầu cho hệ thống làm mát tại khu nhà ở xã hội và khu nhà liền kề

Biến số	Cơ sở	Kịch bản	Đầu tư bổ sung
1. Nhà ở xã hội	COP 3.5 (RAC)	COP 4.0 (VRF)	
Số đơn vị	1440 (120 căn hộ/block x 6 blocks; 02 ACs/căn hộ)	96 (16 cụm/block; 6 blocks)	
Giá đơn vị	29.70	654.12	
Tổng (triệu đồng)	42,768.00	62,795.04	20,027.04
2. Khu nhà liền kề	COP 3.5	COP 3.5	
Số đơn vị	207 (69 căn nhà với 03 điều hòa/nhà)	207 (69 căn nhà với 03 điều hòa/nhà)	
Giá đơn vị	29.70	29.70	
Tổng (triệu đồng)	6,147.90	6,147.90	0
Lưu ý: Giả định các chi phí đầu tư cho năm 1 (2025)			

Chi phí ước tính cho hệ thống làm mát theo COP 3.5 là **42,768 tỷ đồng** cho khu nhà ở xã hội và **6,1479 tỷ đồng** cho khu nhà liền kề, như được trình bày trong Bảng 14. Trong kịch bản nhà ở xã hội, chi phí đầu tư bổ sung để nâng cấp lên hệ thống VRF ước tính là **20,027 tỷ đồng**, với khoản chi phí này được giả định phát sinh trong **Năm 1 (2025)**.

5.2.4. Chi phí vận hành và bảo trì

Trong phần này, chi phí vận hành và bảo trì (O&M) được ước tính theo năm phát sinh. Trong phân tích tài chính và kinh tế chính, các chi phí này được giả định bắt đầu phát sinh từ Năm 2 và tiếp tục đến Năm 21. Tỷ lệ chiết khấu 5% được áp dụng trong cả phân tích tài chính và kinh tế để cho phép so sánh trực tiếp, theo hướng dẫn của các báo cáo của OECD và Ngân hàng Thế giới (Coleman, 2021; Nhóm Ngân hàng Thế giới, 2022).

Phí bảo trì công trình là 2% chi phí vốn ban đầu (CAPEX) cho kết cấu công trình trong cả trường hợp kịch bản cơ sở và kịch bản giải pháp đối với khu nhà ở xã hội và nhà liền kề. Mức phí này được xác định theo Điều 152 của Luật số 27/2023/QH15 (Luật Đất đai 2023), có hiệu lực từ ngày 01 tháng 01 năm 2025. Phí bảo trì công trình sẽ phát sinh trong Năm 2 của giai đoạn vận hành và bảo trì (O&M) đối với cả khu nhà ở xã hội và khu nhà liền kề.

Chi phí vận hành và bảo dưỡng mảng xanh trong cả khu nhà ở xã hội và nhà liền kề gồm: chi phí bảo dưỡng thảm cỏ, thay thảm cỏ định kỳ và chăm sóc cây mận Marian. Việc bảo dưỡng thảm cỏ được thực hiện hàng năm, bắt đầu từ Năm 2. Thảm cỏ được lên kế hoạch thay mới vào Năm 10 và Năm 20. Chăm sóc cây mận Marian là hoạt động duy trì hàng năm, chỉ áp dụng cho các trường hợp kịch bản giải pháp khi xây dựng nhà ở xã hội và nhà liền kề, cũng bắt đầu từ Năm 2. Chi phí bảo trì sàn và vỉa hè đá granite cũng phát sinh hàng năm trong các trường

hợp kịch bản giải pháp khi xây dựng nhà ở xã hội và nhà liền kề. Chi phí vận hành và bảo trì cây xanh, sàn và vỉa hè đá granite được tính dựa trên dữ liệu xây dựng nhà ở mới nhất do CADIF cung cấp và đã được điều chỉnh theo mức giá năm 2025. Chi phí bảo trì hệ thống điều hòa không khí được tính dựa trên báo giá do đối tác của CADIF cung cấp.

Chi phí tiêu thụ năng lượng được tính toán dựa trên mức tiêu thụ điện từ kết quả mô phỏng. Trong kịch bản cơ sở cho nhà ở xã hội, thiết kế tòa nhà tuân thủ quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD và giả định hệ thống làm mát có COP là 3,5. Trong trường hợp kịch bản giải pháp, nhà ở xã hội cũng tuân thủ quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD, có trang bị thêm thiết bị che nắng, kính phát xạ thấp (Low-E) và hệ thống làm mát cải tiến với COP 4,0. Mô phỏng năng lượng tích hợp các tác động của đầu tư cảnh quan, cụ thể là việc sử dụng cây mận Marian và lát đá granite (NOXH_L3). Do hiệu suất năng lượng, kịch bản nhà liền kề áp dụng COP 3,5 và QCVN 09:2017/BXD giống với kịch bản cơ sở. Chúng chỉ tích hợp các tác động của đầu tư cảnh quan (Bảng A.8 và Bảng A.9 trong Phụ lục A).

Chi phí xã hội của CO₂ phản ánh chi phí gián tiếp phát sinh khi tiêu thụ điện từ các giải pháp làm mát cải tiến. Hệ số phát thải của lưới điện là 0,6592 kg CO₂/kWh – số liệu mới nhất của Việt Nam vào năm 2023 – đã được dùng để ước tính các chi phí xã hội của CO₂ hoặc tiết kiệm chi phí xã hội của CO₂ - lợi ích trong phân tích kinh tế.

Bảng tóm tắt chi phí vận hành và bảo trì chưa chiết khấu đối với khu nhà ở xã hội được trình bày trong Bảng 15 và đối với khu nhà liền kề được trình bày trong Bảng 16. Phần giải thích chi tiết về các bảng này được trình bày trong Bảng C.1 và Bảng C.2 trong Phụ lục C.

Bảng 15. Chi phí vận hành và bảo trì chưa chiết khấu đối với khu vực nhà ở xã hội

Mục chi phí	Cơ sở (Triệu đồng)	Kịch bản (Triệu đồng)	Bổ sung (Triệu đồng)
1. Chi phí bảo trì tòa nhà (Năm 2)	9,813.83	9,882.16	68.32
2. Khoảng xanh			
2.1 Chi phí bảo dưỡng thảm cỏ (hàng năm)	294.40	294.40	0
2.2 Làm mới thảm cỏ (Năm 10 and Năm 20)	726.97	726.967	0
2.3 Chăm sóc cây thanh mai (Hàng năm)	0	28.00	28.00
3. Sàn và vỉa hè lát granite	0	1,158.40	1,158.40
4. Điều hòa không khí (Hàng năm)	1,440.00	426.24	-1,013.76
5. Tiêu thụ năng lượng (Hàng năm)	7,427.69	5,952.51	-1,475.18
6. Chi phí xã hội của CO ₂	257.43	206.30	-51.13
Lưu ý: Chi phí vận hành và bảo trì bảo dưỡng sẽ được ước tính cho 20 năm, từ năm thứ 2, chiết khấu 5% trong phân tích tài chính và kinh tế học. Chi phí xã hội của CO ₂ chỉ tính toán trong phân tích kinh tế học.			

Bảng 16. Chi phí vận hành và bảo trì chưa chiết khấu cho khu nhà liền kề

Mục chi phí	Cơ sở (Triệu đồng)	Kịch bản (Triệu đồng)	Bổ sung (Triệu đồng)
1. Chi phí bảo trì tòa nhà (Năm 2)	3,369.60	3,369.60	0
2. Khoảng xanh			
2.1 Chi phí bảo dưỡng thảm cỏ (hàng năm)	37.60	37.60	0
2.2 Làm mới thảm cỏ (Năm 10 and Năm 20)	92,85	92,85	0
2.3 Chăm sóc cây thanh mai (Hàng năm)	0	12,60	12,60
3. Sàn và vỉa hè lát granite	0	75,20	75.20
4. Điều hòa không khí (Hàng năm)	207.00	207.00	0
5. Tiêu thụ năng lượng (Hàng năm)	2,148.76	2,100.178	48.58
6. Chi phí xã hội của CO ₂	74,472	72,788	-1.69
Lưu ý: Chi phí vận hành và bảo trì bảo dưỡng sẽ được ước tính cho 20 năm, từ năm thứ 2, chiết khấu 5% trong phân tích tài chính và kinh tế học. Chi phí xã hội của CO ₂ chỉ tính toán trong phân tích kinh tế học.			

Tóm tắt chi phí

Bảng 17 và 18 tóm tắt chi phí chiết khấu cho nhà ở xã hội và nhà liền kề. Chi phí bổ sung thêm trong kịch bản giải pháp so với kịch bản cơ sở là âm, và những chi phí này sẽ được báo cáo trong phần tóm tắt lợi ích. Chúng bao gồm chi phí tiết kiệm được khi đầu tư điều hòa không khí, chi phí sử dụng năng lượng hoặc chi phí xã hội của CO₂. Chi phí và lợi ích bổ sung sẽ được dùng để ước lượng tính khả thi về mặt tài chính và kinh tế của khoản đầu tư làm mát.

Bảng 17. Tóm tắt chi phí chiết khấu cho nhà ở xã hội

Đơn vị: Triệu đồng

Biến số	Phân tài chính và kinh tế học		
	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
1. Chi phí đầu tư ban đầu	511,200.16	542,366.15	31,165.99
1.1 Khoảng xanh	692.35	2,561.63	1,869.28
1.2 Sàn ngoài trời	2,450.94	9,420.73	6,969.79
1.3 Kết cấu tòa nhà	467,325.45	470,578.99	3,253.54
1.4 Các hệ thống làm mát	40,731.43	59,804.80	19,073.37
2. Vận hành, bảo dưỡng và bảo trì	121,385.59	105,393.08	14,154.95
2.1 Chi phí bảo trì tòa nhà	8,901.44	8,963.41	61.97
2.2 Khoảng xanh	4,180.18	4,512.50	332.33
2.2.1 Thảm cỏ	3,494.17	3,494.17	-
2.2.2 Làm mới thảm cỏ	686.01	686.01	-
2.2.3 Cây thanh mai	-	332.33	332.33
2.3 Sàn và vỉa hè đá granite	-	13,760.65	13,760.65
2.4 Điều hòa không khí	17,091.03	5,058.95	-
2.5 Chi phí năng lượng	88,157.58	70,649.02	-
2.6 Chi phí xã hội của CO ₂	3,055.36	2,448.55	-
Tổng chi phí tài chính	629,530.39	645,310.68	45,320.94
Tổng chi phí kinh tế	632,585.76	647,759.23	45,320.94
Lưu ý: giá trị hiện của 21 năm, lãi suất chiết khấu 5% (VND), đầu tư năm 1 (2025), chi phí vận hành bảo dưỡng bảo hành ước tính cho 20 năm, bắt đầu từ năm thứ 2; Tổng chi phí tài chính không bao gồm chi phí xã hội của CO₂ (2.6). Tổng chi phí kinh tế bao gồm tất cả các chi phí đã nêu. Tiết kiệm tiêu thụ điện năng và chi phí xã hội của CO₂ được nêu tại các lợi ích bổ sung.			

Bảng 18. Tóm tắt chi phí chiết khấu cho nhà liền kề

(Đơn vị: Triệu đồng)

Nhà liền kề	Phân tài chính và kinh tế học		
Biến số	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
1. Chi phí đầu tư ban đầu	167,568.80	171,729.56	4,160.75
1.1 Khoảng xanh	88.43	927.94	839.51
1.2 Sàn ngoài trời	1,167.92	4,489.16	3,321.24
1.3 Kết cấu tòa nhà	160,457.32	160,457.32	-
1.4 Các hệ thống làm mát	5,855.14	5,855.14	-
2. Vận hành, bảo dưỡng và bảo trì	32,434.11	38,538.58	6,701.11
2.1 Chi phí bảo trì tòa nhà	3,056.33	3,056.33	-
2.2 Khoảng xanh	533.88	683.42	149.55
2.2.1 Thảm cỏ	446.27	446.27	-
2.2.2 Làm mới thảm cỏ	87.61	87.61	-
2.2.3 Cây thanh mai	-	149.55	149.55
2.3 Sàn và vỉa hè đá granite	-	6,551.56	6,551.56
2.4 Điều hòa không khí	2,456.84	2,456.84	-
2.5 Chi phí năng lượng	25,503.18	24,926.52	-
2.6 Chi phí xã hội của CO ₂	883.89	863.90	-
Tổng chi phí tài chính	199,119.03	209,404.23	10,861.86
Tổng chi phí kinh tế	200,002.91	210,268.13	10,861.86
Lưu ý: giá trị hiện của 21 năm, lãi suất chiết khấu 5% (VND), đầu tư năm 1 (2025), chi phí vận hành bảo dưỡng bảo hành ước tính cho 20 năm, bắt đầu từ năm thứ 2; Tổng chi phí tài chính không bao gồm chi phí xã hội của CO₂ (2.6). Tổng chi phí kinh tế bao gồm tất cả các chi phí đã nêu. Tiết kiệm tiêu thụ điện năng và chi phí xã hội của CO₂ được nêu tại các lợi ích bổ sung.			

5.2.5. Lợi ích trực tiếp và gián tiếp

Lợi ích trực tiếp trong phân tích tài chính và kinh tế gồm doanh thu từ việc bán diện tích nhà ở xã hội và nhà liền kề, tiết kiệm chi phí ban đầu và vận hành, bảo trì hệ thống làm mát, và tiết kiệm chi phí năng lượng do chuyển đổi từ kịch bản cơ sở sang kịch bản giải pháp có đầu tư vào hệ thống làm mát.

Lợi ích gián tiếp gồm chi phí xã hội của việc giảm carbon nhờ giảm tiêu thụ năng lượng, lợi ích sức khỏe từ việc tránh nguy cơ tử vong và bệnh tật liên quan đến nắng nóng khắc nghiệt, và cải thiện tiện nghi nhiệt cho cư dân. Ngoài ra, việc tăng giá trị bất động sản do đầu tư vào cảnh quan cũng được tính đến trong phần này. Những lợi ích gián tiếp này chỉ được ước tính trong phân tích kinh tế. Chi tiết về phương pháp ước tính được cung cấp trong Phụ lục D. Tất cả lợi ích bắt đầu được tạo ra và dồn tích từ Năm 2, sau khi bán các căn nhà ở xã hội và nhà liền kề.

Trong khu vực nhà ở xã hội, lợi ích trực tiếp bao gồm doanh thu từ việc bán các căn nhà ở xã hội, cũng như tiết kiệm chi phí từ việc giảm bảo trì hệ thống làm mát và giảm tiêu thụ năng

lượng. Chi phí tiết kiệm được về bảo trì hệ thống làm mát và sử dụng năng lượng là kết quả của việc đầu tư vào cảnh quan, hệ thống VRF và các cấu phần thiết kế tòa nhà như vật liệu che nắng và phát xạ thấp (Low-E). Lợi ích gián tiếp gồm các lợi ích xã hội từ việc giảm phát thải CO₂, giảm rủi ro tử vong và bệnh tật, cải thiện tiện nghi nhiệt và nâng cao giá trị cảnh quan. Những lợi ích gián tiếp này chủ yếu đến từ việc đầu tư vào cảnh quan.

Trong khu vực nhà liền kề, do việc đầu tư vào hệ thống làm mát và vật liệu xây dựng không hiệu quả từ góc độ kỹ thuật, tài chính và kinh tế, nên chỉ tiến hành đầu tư vào cảnh quan - cụ thể là cây mận Marian và đá granite. Do đó, khu vực nhà liền kề chỉ có lợi ích gián tiếp, bao gồm giảm rủi ro tử vong và bệnh tật, cải thiện tiện nghi nhiệt và tăng giá trị cảnh quan.

Lợi ích trực tiếp

Doanh thu từ bán nhà ở xã hội và nhà liền kề được tính theo giá bán do Ủy ban Nhân dân thành phố Cần Thơ phê duyệt. Đáng chú ý, trong phân tích chính, giá bán của cả nhà ở xã hội và nhà liền kề đều không tăng, mặc dù cả hai loại hình này đều đã tích hợp đầu tư vào các giải pháp làm mát. Doanh thu này được giả định là sẽ ghi nhận trong Năm 2. Phụ lục C trình bày chi tiết về ước tính doanh thu từ bán nhà ở xã hội và nhà liền kề.

Tiết kiệm chi phí hệ thống làm mát là việc giảm tổng chi phí trong kịch bản giải pháp so với kịch bản cơ sở. Số chi phí tiết kiệm này là kết quả của việc chuyển đổi từ hệ thống RAC (Điều hòa không khí trong phòng) sang hệ thống VRF (Lưu lượng môi chất lạnh biến thiên) trong khu nhà ở xã hội. Các cấu phần chi phí - bao gồm chi phí đầu tư ban đầu và chi phí vận hành & bảo trì (O&M) - được tính theo báo giá do đối tác của CADIF cung cấp. Đây là những khoản tiết kiệm hàng năm, bắt đầu từ Năm 2.

Tiết kiệm chi phí tiêu thụ năng lượng thể hiện việc giảm chi phí năng lượng trong kịch bản giải pháp so với kịch bản cơ sở. Tiêu thụ năng lượng được ước tính từ kết quả mô phỏng công trình và giá điện được xác định theo Quyết định số 07/QĐ-TTg ngày 31 tháng 3 năm 2025.

Lợi ích gián tiếp

Chi phí xã hội của CO₂ tiết kiệm được chính là lợi ích gián tiếp của việc giảm tiêu thụ điện nhờ các giải pháp làm mát cải thiện. Chi phí xã hội tiết kiệm của CO₂ được ước tính thông qua các chi phí bổ sung âm trong Bảng 15 và 16.

Việc tính toán nguy cơ tử vong và bệnh tật dựa trên các hàm phơi nhiễm - phản ứng đã thiết lập có liên hệ yếu tố môi trường (chẳng hạn như nhiệt độ hoặc mức ô nhiễm không khí) với kết quả sức khỏe. Nguy cơ tử vong thường được ước tính bằng cách áp dụng hệ số rủi ro

tương đối (ví dụ: phần trăm tăng tỷ lệ tử vong trên mỗi đơn vị thay đổi nhiệt độ hoặc nồng độ chất ô nhiễm) vào tỷ lệ tử vong ban đầu và dân số bị phơi nhiễm. Tương tự, nguy cơ bệnh tật được tính bằng cách sử dụng các hệ số rủi ro tương đối tương ứng cho các kết quả sức khỏe ngoài tử vong, chẳng hạn như nhập viện hoặc mất ngày làm việc, do phơi nhiễm. Các ước tính nguy cơ này sau đó được định giá bằng cách sử dụng giá trị tuổi thọ thống kê (VSL) đối với tử vong và ước tính chi phí bệnh tật (COI) hoặc mức sẵn lòng chi trả (WTP) cho bệnh tật. Những giá trị lợi ích này dựa trên các ấn phẩm gần đây của Amnuaylojaroen và cộng sự, 2024, Nguyễn và cộng sự, 2023 và (Ho và cộng sự, 2023), (Phụ lục E).

Vùng tiện nghi nhiệt là khoảng nhiệt độ mà con người cảm thấy thoải mái mà không cần sưởi ấm hoặc làm mát. Khi nhiệt độ vượt quá khoảng này, đặc biệt là trong các đợt nắng nóng, nguy cơ tử vong và bệnh tật tăng lên - đặc biệt là đối với các nhóm dễ bị tổn thương. Những rủi ro sức khỏe này được ước tính bằng cách sử dụng hàm phơi nhiễm - phản ứng và dữ liệu y tế địa phương, sau đó được chuyển đổi thành các giá trị kinh tế bằng cách sử dụng giá trị tuổi thọ thống kê (VSL) đối với tử vong, và chi phí bệnh tật (COI) hoặc mức sẵn lòng chi trả (WTP) cho bệnh tật. Các biện pháp làm mát đô thị giúp duy trì tiện nghi nhiệt có thể giảm các rủi ro này và mang lại lợi ích về sức khỏe. Lợi ích của vùng tiện nghi nhiệt được ước tính sau khi tham khảo (Borzino và cộng sự, 2020). Phụ lục E giải thích chi tiết nội dung này.

Các giá trị cảnh quan đến từ việc kết hợp trồng cây mận Marian, lát đá granite và các tòa nhà phủ xanh, giúp nâng cao tính thẩm mỹ, tiện nghi nhiệt và khả năng đi bộ. Các nghiên cứu đã báo cáo về nhiều mức độ tăng giá trị bất động sản liên quan đến cảnh quan (Faragalla & Ragheb, 2021; Bigger & Webber, 2020). Việc đưa giá trị cảnh quan vào lợi ích trực tiếp sẽ đòi hỏi phải tăng giá bán nhà ở xã hội và nhà liền kề, và điều này cần được Ủy ban Nhân dân thành phố Cần Thơ phê duyệt. Do đó, trong phân tích chính, giá trị cảnh quan không được ước tính. Các tác động khác của giá trị cảnh quan được xem xét trong Phân tích Độ nhạy 2 và Độ nhạy 3.

Bảng 19 và 20 trình bày các lợi ích trực tiếp và gián tiếp chưa chiết khấu của nhà ở xã hội và nhà liền kề phát sinh hàng năm, bắt đầu từ Năm 2.

Bảng 19. Lợi ích trực tiếp và gián tiếp chưa chiết khấu của nhà ở xã hội

Biến số	Nhà ở xã hội (triệu đồng/năm)		
	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
Lợi ích trực tiếp			
4.1 Doanh thu từ bán nhà ở xã hội Doanh thu bán nhà ở xã hội (năm 2)	748,743.84	748,743.84	

Biến số	Nhà ở xã hội (triệu đồng/năm)		
	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
4.2 Tiết kiệm chi phí vận hành, bảo dưỡng bảo trì của điều hòa không khí (năm 2, hàng năm)			1,013.76
4.3 Tiết kiệm chi phí năng lượng (năm 2, hàng năm)			1,475.18
Lợi ích gián tiếp			
5.1 Chi phí xã hội của carbon (năm 2, hàng năm)		51,13	51,13
5.2 Giảm tỷ lệ tử vong (năm 2, hàng năm)		3,342.90	3,342.90
5.3 Giảm tỷ lệ mắc bệnh (năm 2, hàng năm)		4.34	4.34
5.4 Lợi ích thoải mái nhiệt (năm 2, hàng năm)		487.95	487.95
5.5 Giá trị bất động sản tăng do đầu tư cảnh quan (năm 2)			
Lưu ý: Giải thích đầy đủ cách tính trợ cấp trực tiếp và gián tiếp được trình bày tại Phụ lục D Các lợi ích trực tiếp bổ sung của việc tiết kiệm chi phí bảo trì hệ thống làm mát và tiêu thụ năng lượng được rút ra từ Bảng 9.			

Bảng 20. Lợi ích trực tiếp và gián tiếp chưa chiết khấu của nhà liền kề

Biến số	Nhà liền kề (triệu đồng/năm)		
	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
Lợi ích trực tiếp			
4.1 Doanh thu bán nhà ở xã hội (năm 2)	277,284.00	277,284.00	-
4.2 Tiết kiệm chi phí vận hành, bảo dưỡng bảo trì của điều hòa không khí (năm 2, hàng năm)	-	-	-
4.3 Tiết kiệm chi phí năng lượng (năm 2, hàng năm)	-	-	48.59
Lợi ích gián tiếp	-	-	
5.1 Chi phí xã hội của carbon (năm 2, hàng năm)	-	1,68	1,68
5.2 Giảm tỷ lệ tử vong (năm 2, hàng năm)	-	363.57	363.57
5.3 Giảm tỷ lệ mắc bệnh (năm 2, hàng năm)	-	0.47	0.47
5.4 Lợi ích thoải mái nhiệt (năm 2, hàng năm)	-	53.00	53.00
5.5 Giá trị bất động sản tăng do đầu tư cảnh quan (năm 2)	-		
Lưu ý: Giải thích đầy đủ cách tính trợ cấp trực tiếp và gián tiếp được trình bày tại Phụ lục D Các lợi ích trực tiếp bổ sung của việc tiết kiệm chi phí bảo trì hệ thống làm mát và tiêu thụ năng lượng được rút ra từ Bảng 10.			

Tóm tắt lợi ích

Bảng 21 tóm tắt các lợi ích trực tiếp và gián tiếp đã chiết khấu của nhà ở xã hội và nhà liền kề, với tất cả các số liệu được chiết khấu theo giá trị hiện tại tại thời điểm năm 2025.

Bảng 21. Tóm tắt các lợi ích đã chiết khấu của nhà ở xã hội

Biến số	Phân tích tài chính và kinh tế (Triệu đồng)		
	Baseline	Kịch bản	Bổ sung
Lợi ích trực tiếp	679,132.73	679,132.73	29,540.65
4.1 Doanh thu bán nhà ở xã hội	679,132.73	679,132.73	-
4.2 Tiết kiệm chi phí vận hành, bảo dưỡng bảo trì của điều hòa không khí	-	-	12,032.09
4.3 Tiết kiệm chi phí năng lượng	-	-	17,508.57
Lợi ích gián tiếp	-	45,519.00	46,125.81
5.1 Chi phí xã hội của carbon	-	-	606.81
5.2 Giảm tỷ lệ tử vong	-	39,676.14	39,676.14
5.3 Giảm tỷ lệ mắc bệnh	-	51.55	51.55
5.4 Lợi ích thoải mái nhiệt	-	5,791.31	5,791.31
5.5 Giá trị bất động sản tăng nhờ đầu tư cảnh quan	-	-	-
Tổng lợi ích tài chính	679,132.73	679,132.73	29,540.65
Tổng lợi ích kinh tế	679,132.73	724,651.73	75,666.46

Lưu ý: Giải thích đầy đủ cách tính trợ cấp trực tiếp và gián tiếp được trình bày tại Phụ lục C và E

Tổng lợi ích tài chính là lợi ích trực tiếp, bao gồm tiết kiệm chi phí từ tiêu thụ năng lượng và tiết kiệm chi phí từ O&M điều hòa không khí (từ chi phí tiết kiệm bổ sung trong Bảng 17).

Tổng lợi ích kinh tế là tiết kiệm chi phí O&M của điều hòa không khí, tiêu thụ năng lượng (lợi ích trực tiếp) và chi phí xã hội của CO2 (từ chi phí tiết kiệm bổ sung trong Bảng 17 và lợi ích của ảnh hưởng sức khỏe (lợi ích gián tiếp).

Bảng 22. Tóm tắt các lợi ích đã chiết khấu cho nhà liền kề

Biến số	Phân tích tài chính và kinh tế (triệu đồng)		
	Baseline	Kịch bản	Bổ sung
Lợi ích trực tiếp	251,504.76	251,504.76	576.66
4.1 Doanh thu bán nhà ở xã hội	251,504.76	251,504.76	-
4.2 Tiết kiệm chi phí vận hành bảo dưỡng của điều hòa không khí	-	-	-
4.3 Tiết kiệm chi phí năng lượng	-	-	576.66
Lợi ích gián tiếp	-	4,949.70	4,969.68
5.1 Chi phí xã hội của carbon	-	-	19.99
5.2 Giảm tỷ lệ tử vong	-	4,315.10	4,315.10
5.3 Giảm tỷ lệ mắc bệnh	-	5.60	5.60
5.4 Lợi ích thoải mái nhiệt	-	629.00	629.00
5.5 Giá trị bất động sản tăng nhờ đầu tư cảnh quan	-	-	-
Tổng lợi ích tài chính	251,504.76	251,504.76	576.66
Tổng lợi ích kinh tế	251,504.76	256,454.46	5,546.34

Lưu ý: Giải thích đầy đủ cách tính trợ cấp trực tiếp và gián tiếp được trình bày tại Phụ lục C và E

Tổng lợi ích tài chính là lợi ích trực tiếp, bao gồm tiết kiệm chi phí từ tiêu thụ năng lượng (từ chi phí tiết kiệm bổ sung tại Bảng 18).

Tổng lợi ích kinh tế là tiết kiệm chi phí tiêu thụ năng lượng (lợi ích trực tiếp) và chi phí xã hội của CO₂ (từ chi phí tiết kiệm bổ sung trong Bảng 18 và lợi ích của ảnh hưởng sức khỏe (lợi ích gián tiếp).

5.2.6. Phân tích tài chính và kinh tế chính

Chi phí và lợi ích tăng thêm (bổ sung) của các kịch bản giải pháp so với kịch bản cơ sở là chi phí và lợi ích của các chiến lược đầu tư làm mát. Các số liệu trong Bảng 23 là giá trị hiện tại của 21 năm trong phân tích chính.

Tổng chi phí chiết khấu là **51,305 tỷ đồng**, với gần 90% được phân bổ cho cấu phần nhà ở xã hội. Về cơ cấu chi phí, 70% tổng chi phí dành cho đầu tư ban đầu, còn 30% dành cho vận hành và bảo trì (O&M). Đối với nhà ở xã hội, tiền đầu tư được phân bổ cho 3 hạng mục - cảnh quan, kết cấu công trình và hệ thống làm mát - trong khi đối với nhà liền kề, chỉ đầu tư vào cảnh quan.

Lợi ích trực tiếp đã chiết khấu chỉ bao gồm tiền tiết kiệm từ việc vận hành và bảo trì điều hòa không khí trong nhà ở xã hội, và tiết kiệm từ tiêu thụ năng lượng trong cả nhà ở xã hội và nhà liền kề. Tổng lợi ích trực tiếp đã chiết khấu là 30,117 tỷ đồng, thấp hơn tổng chi phí, tạo ra kết quả NPV âm trong phân tích tài chính. Trong tổng lợi ích này, 97,5% đến từ nhà ở xã hội.

Tổng lợi ích gián tiếp đã chiết khấu trong phân tích kinh tế ước đạt 156,782 tỷ đồng, bao gồm chi phí xã hội của carbon (8,45%), lợi ích sức khỏe (32,19%) và giá trị cảnh quan (59,36%). Trong tổng lợi ích này, 78,6% đến từ nhà ở xã hội.

Bảng 23. Chi phí và lợi ích đã chiết khấu bổ sung trong phân tích tài chính và kinh tế chính của nhà ở xã hội và nhà liền kề

Biến số	Tài chính (triệu đồng)			Kinh tế (triệu đồng)		
	Xã hội	Thành phố	Tất cả	Xã hội	Thành phố	Tất cả
1. Chi phí đầu tư ban đầu	31,166	4,161	35,327	31,166	4,161	35,327
1.1 Cây xanh	1,869	840	2,709	1,869	840	2,709
1.2 Sàn ngoài trời	6,970	3,321	10,291	6,970	3,321	10,291
1.3 Kết cấu tòa nhà	3,254	-	3,254	3,254	-	3,254
1.4 Hệ thống làm mát	19,073	-	19,073	19,073	-	19,073
2. Chi phí vận hành và bảo trì	14,155	6,701	20,856	14,155	6,701	20,856
2.1 Phí bảo trì tòa nhà	62	-	62	62	-	62
2.2 Cây xanh	332	150	482	332	150	482

Biến số	Tài chính (triệu đồng)			Kinh tế (triệu đồng)		
	Xã hội	Thành phố	Tất cả	Xã hội	Thành phố	Tất cả
2.3 Sàn và vỉa hè đá granit	13,761	-	20,312	13,761	-	20,312
Tổng chi phí (1 + 2)	45,321	10,862	56,183	45,321	10,862	56,183
4. Lợi ích trực tiếp	29,541	577	30,117	29,541	577	30,177
4.1 Tiết kiệm chi phí vận hành bảo trì của điều hòa không khí	12,032		12,032	12,032		12,032
4.2 Tiết kiệm chi phí năng lượng	17,509	577	18,085	17,509	577	18,085
5. Lợi ích gián tiếp	-	-		46,126	4,970	51,095
5.1 Chi phí xã hội của carbon	-	-		607	20	627
5.2 Giảm tỷ lệ tử vong	-	-		39,676	4,315	43,991
5.3 Giảm tỷ lệ mắc bệnh	-	-		52	6	57
5.4 Lợi ích thoải mái nhiệt	-	-		5,791	629	6,420
5.5 Giá trị bất động sản tăng nhờ đầu tư cảnh quan	-	-				
6. Tổng quyền lợi (4+5)	29,541	577	30,117	75,666	5,546	81,213
Lưu ý: PV 21 năm, chiết khấu 5% (đồng), đầu tư năm 1 (2025), chi phí O&M ước tính trong 20 năm, bắt đầu từ năm 2.						

NPV, B/C và IRR là 3 chỉ tiêu chính được sử dụng trong phân tích tài chính và kinh tế đối với nhà ở xã hội, nhà liền kề và đánh giá kết hợp cả 2 loại hình nhà (Bảng 24). Đầu tư vào các giải pháp làm mát dẫn đến NPV âm (-26,07 tỷ đồng với tỷ lệ chiết khấu 5%). Trong đó, 65% NPV đến từ nhà ở xã hội. Lợi ích trực tiếp đã chiết khấu chỉ chiếm 61% tổng chi phí được chiết khấu. Trong khi đó, tổng NPV kinh tế là 25,03 tỷ đồng, bao gồm 30,35 tỷ đồng từ nhà ở xã hội và -5,03 tỷ đồng từ nhà liền kề. Nhà liền kề không khả thi về cả mặt tài chính và kinh tế. Tổng B/C là 1,45 lần, điều đó có nghĩa là tổng lợi ích chiết khấu gấp 1,45 lần tổng chi phí chiết khấu. IRR tổng thể là 12,4%.

Bảng 24. Phân tích tài chính và kinh tế chính

Tòa nhà	NPV (tỷ đồng)		B/C (lần)		IRR (%)	
	Tài chính	Kinh tế	Tài chính	Kinh tế	Tài chính	Kinh tế
Nhà ở xã hội	-15.78	30.35	0.65	1,67	-	14.8
Nhà liền kề	-10.29	-5.23	0.05	0.51	-	
Tổng	-26.07	25.03	0.54	1.45	-	12.4
Lưu ý: IRR trong khu nhà liền kề không thể tính chính xác do dòng tiền âm trong hơn 21 năm.						

5.2.7 Phân tích độ nhạy

Phân tích độ nhạy được thể hiện trong 3 trường hợp dựa vào sự không chắc chắn về cả giá kỹ thuật và giá thị trường. Bên cạnh đó, do NPV âm trong phân tích tài chính chính, nên phần này đã ưu tiên thay đổi về đầu tư kỹ thuật ở cả ngoài trời và trong nhà để tìm cơ hội giảm chi phí tài chính và quan sát sự thay đổi trong cả phân tích tài chính và kinh tế.

Độ nhạy 1. Bỏ khoản đầu tư vào đá granit trong cảnh quan

Trong phân tích chính, chi phí đầu tư vào đá granit khá cao; do đó, trong Phân tích độ nhạy này, khoản đầu tư này được loại bỏ. Kết quả là, nhiệt độ ngoài trời xung quanh khu dân cư và mức tiêu thụ năng lượng cũng thay đổi, từ đó ảnh hưởng đến các lợi ích gián tiếp về việc giảm chi phí xã hội của CO₂ và các tác động đến sức khỏe - cụ thể là nguy cơ tử vong, bệnh tật và tiện nghi nhiệt. Khi bỏ đầu tư vào đá granit, mức giảm nhiệt độ giảm từ -0,75°C xuống -0,41°C ở khu nhà ở xã hội và từ -0,83°C xuống -0,39°C ở khu nhà liền kề.

Do sự không chắc chắn về tác động sức khỏe từ việc giảm nhiệt độ trong Phân tích độ nhạy 1, nên đã áp dụng trừ thêm 30% lợi ích sức khỏe ngoài mức giảm tương ứng với nhiệt độ giảm.

Để dễ so sánh, cả phân tích chính và phân tích độ nhạy 1 (không gồm khoản đầu tư vào đá granit) đều được đưa vào. Bảng 25 và 26 trình bày các phân tích tài chính và kinh tế theo phân tích độ nhạy 1. Việc bỏ khoản đầu tư vào đá granit làm giảm tổng giá trị hiện tại (PV) của chi phí xuống 54,45%, trong khi chỉ làm giảm 1,1% giá trị hiện tại của lợi ích (chủ yếu do giảm mức tiết kiệm từ tiêu thụ năng lượng). Do đó, tổng NPV của phân tích tài chính trong Độ nhạy 1 trở thành dương.

Bên cạnh đó, NPV tài chính trong Độ nhạy 1 vẫn âm, điều này cho thấy việc đầu tư vào cây mật Marian (đầu tư cảnh quan) không tạo ra đủ lượng điện tiết kiệm bên trong tòa nhà để trang trải chi phí trong nhà liền kề. Cần lưu ý rằng đầu tư vào cảnh quan chưa bao gồm bất kỳ lợi ích trực tiếp nào trong phân tích chính hoặc phân tích độ nhạy 1.

Bảng 25. Phân tích tài chính trong phân tích độ nhạy 1 đối với nhà ở xã hội và nhà liền kề

Biến số	Phân tích tài chính (Tỷ đồng)					
	PV chi phí		PV lợi ích		NPV	
	Chính	S1	Chính	S1	Chính	S1
Nhà xã hội	45.32	24.59	29.54	29.52	-15.78	4.93
Townhouse	10.86	0.99	0.58	0.27	-10.29	-0.72
Tất cả	56.18	25.58	30.12	29.79	-26.07	4.21

Cả NPV của nhà ở xã hội và nhà liền kề đều dương trong phân tích độ nhạy 1 (Bảng 26). Điều này cho thấy các giải pháp làm mát được đề xuất trong phân tích chính, khi bỏ đầu tư vào đá granit, đều khả thi về mặt kinh tế cho cả hai loại hình nhà ở. Cần lưu ý rằng tổng giá trị hiện tại (PV) trong phân tích kinh tế giảm 39,5% trong phân tích độ nhạy 1 so với phân tích chính. Ngay cả khi không tính đến mức giảm thêm 30% về lợi ích sức khỏe, tổng giá trị hiện tại (PV) trong phân tích kinh tế chỉ giảm 29,5% theo phân tích độ nhạy 1. Mức giảm chủ yếu của giá trị hiện tại (PV) bắt nguồn từ việc giảm lợi ích sức khỏe liên quan đến nhiệt độ ngoài trời thấp hơn.

Bảng 26. Phân tích kinh tế trong phân tích độ nhạy 1 đối với nhà ở xã hội và nhà liền kề

Biến số	Phân tích kinh tế (Tỷ đồng)					
	PV chi phí		PV lợi ích		NPV	
	Chính	S1	Chính	S1	Chính	S1
Nhà xã hội	45.32	24.59	75.67	47.25	30.35	22.66
Townhouse	10.86	0.99	5.55	1.87	-5.32	0.88
Tất cả	56.18	25.58	81.22	49.12	25.03	23.54

Độ nhạy 2. Kết hợp giá trị cảnh quan như lợi ích trực tiếp và gián tiếp

Phần này kết hợp giá trị cảnh quan – với cả lợi ích trực tiếp và gián tiếp, dựa trên nền tảng của phân tích chính. Theo các nghiên cứu gần đây, giá trị cảnh quan thường dao động trong khoảng 0–20% tổng lợi ích trực tiếp và gián tiếp (Faragalla & Ragheb, 2021; Bigger & Webber, 2020). Do đó, giá trị cảnh quan được cho là chiếm lần lượt 3% và 5% giá bán nhà ở xã hội và nhà liền kề. Những giả định này tạo cơ sở cho các khuyến nghị để các khoản đầu tư vào giải pháp làm mát có thể khả thi cả về mặt tài chính lẫn kinh tế.

Bảng 27. Kết quả của phân tích độ nhạy 2

Biến số	NPV (Tỷ đồng)		B / C (lần)		IRR (%)	
	Tài chính	Kinh tế	Tài chính	Tài chính	Kinh tế	Tài chính
Nhà xã hội	4.59	50.32	1.10	2.11	8.7	32.64
Townhouse	2.23	7.26	1.21	1.67		
Tất cả	6.83	57.98	1.12	2.03	13.8	43.2

Lưu ý: IRR trong khu nhà liền kề không thể tính chính xác do dòng tiền âm trong hơn 21 năm.

NPV trong cả phân tích tài chính và kinh tế theo phân tích độ nhạy 2 đều dương, đặc biệt là đối với nhà liền kề. Điều này cho thấy việc tăng giá bán nhà ở xã hội 3% và nhà liền kề 5% sẽ đủ để trang trải chi phí đầu tư cho các giải pháp làm mát đề xuất trong phân tích chính. Việc đưa giá trị cảnh quan vào cũng làm cho phân tích chi phí - lợi ích toàn diện hơn, cho phép đánh giá rõ hơn về tính khả thi của dự án.

Độ nhạy 3. Kết hợp chi phí và lợi ích chưa chắc chắn

Phân tích độ nhạy 3 tích hợp các yếu tố chưa chắc chắn về chi phí và lợi ích dựa trên nền tảng của phân tích chính. Những thay đổi quan sát được trong phân tích độ nhạy 3 được trình bày dưới đây.

- Chi phí xã hội của CO₂ từ 5 - 7 USD/tấn CO₂
- Giảm 10% lợi ích sức khỏe
- Kết hợp giá trị cảnh quan (tăng 3% giá bán nhà ở xã hội và 5% giá bán nhà liền kề)

- Tăng tỷ lệ chiết khấu từ 5% lên 7%

Bảng 28. Kết quả của phân tích độ nhạy 3

Biến số	Phân tích tài chính				Phân tích kinh tế			
	NPV (tỷ đồng)		B / C (lần)		NPV (tỷ đồng)		B / C (lần)	
	S2	S3	S2	S3	S2	S3	S2	S3
Nhà xã hội	4.59	1.86	1.10	1.04	50.32	36.36	2.11	1.86
Nhà liền kề	2.23	2.92	1.21	1.30	7.26	5.42	1.67	1.50
Tất cả	6.83	4.78	1.12	1.09	57.98	42.17	2.03	1.79
Lưu ý: S2: Độ nhạy 2 và S3: Độ nhạy 3								

Việc tăng chi phí xã hội của CO₂ dẫn đến tăng lợi ích gián tiếp của chi phí xã hội tiết kiệm được của CO₂, đồng thời, việc giảm lợi ích sức khỏe dẫn đến giảm lợi ích gián tiếp. Việc tăng tỷ lệ chiết khấu từ 5% lên 7% dẫn đến giảm giá trị của cả chi phí và lợi ích trong phân tích tài chính và kinh tế trong phân tích độ nhạy 3.

Các yếu tố khác cũng có thể được xem xét trong phân tích này. Ví dụ, giá điện tăng có thể khuyến khích người dân tiết kiệm năng lượng, do đó làm tăng giá trị tiền tệ của việc tiết kiệm năng lượng. Mặt khác, thu nhập hộ gia đình tăng có thể dẫn đến tăng tiêu thụ năng lượng trong 20 năm tới. Vì những yếu tố này khá là bất định, nên không được đưa vào phân tích độ nhạy, nhưng được ghi chú ở đây để các nhà đầu tư cân nhắc khi ra quyết định.

Tóm lại, khu vực nhà ở xã hội có thể đầu tư kết hợp các yếu tố cảnh quan, hệ thống VRF, thiết bị che nắng và kính Low-E để giảm nhiệt độ ngoài trời và giảm tiêu thụ năng lượng trong nhà. Tuy nhiên, các chiến lược này không bền vững về mặt tài chính theo các giả định hiện tại. Trong khu vực nhà liền kề, chỉ có đầu tư vào cảnh quan ngoài trời là khả thi về mặt kỹ thuật, nhưng cũng không khả thi về mặt tài chính. Một phương án cải thiện tính khả thi về mặt tài chính là bỏ khoản đầu tư vào lát đá granite. Một cách tiếp cận khác là cho phép tăng giá bán nhà ở xã hội và nhà liền kề, vì các giải pháp làm mát - đặc biệt là các khoản đầu tư ngoài trời - sẽ nâng cao giá trị cảnh quan, từ đó giúp bù đắp chi phí bổ sung cho các chiến lược làm mát.

Mặc dù còn có hạn chế về tài chính, nhưng những lợi ích gián tiếp - chẳng hạn như cải thiện tiện nghi nhiệt, giảm rủi ro sức khỏe và nâng cao giá trị cảnh quan - chứng minh rằng các khoản đầu tư này là hợp lý về mặt kinh tế. Do đó, các chiến lược làm mát đề xuất nên được các cơ quan chính phủ, nhà đầu tư tư nhân và người dân xem xét nghiêm túc, vì chúng mang lại giá trị lâu dài đáng kể và đã được đánh giá cẩn thận.

5.3. Đánh giá tác động môi trường và xã hội

Đánh giá tác động môi trường và xã hội sơ bộ là một đánh giá ban đầu về các tác động tiềm ẩn về môi trường và xã hội của dự án phát triển. Đánh giá này nhằm mục đích xác định và giải quyết các vấn đề chính ngay từ giai đoạn đầu của quá trình thiết kế. Đánh giá này bao quát cả các khía cạnh môi trường và xã hội của dự án, gồm sử dụng đất, hiệu suất sử dụng tài nguyên, quản lý ô nhiễm và sự tham gia của cộng đồng. Dự án này có hoạt động phát triển các khu phức hợp nhà ở xã hội và nhà liền kề, tích hợp các vật liệu xây dựng thay thế, bề mặt xanh ngoài trời (ví dụ: thảm cỏ, đá granite, cây xanh) và hệ thống làm mát tiết kiệm năng lượng (VRF).

5.3.1. Tác động môi trường

Sử dụng đất và không gian xanh: Dự án tích hợp diện tích không gian xanh đáng kể vào cả khu nhà ở xã hội và nhà liền kề. Việc sử dụng thảm cỏ và trồng cây mận Marian (*Khu nhà ở xã hội với tổng diện tích cây xanh 5.888 m², và 80 cây mận Marian; khu nhà liền kề với tổng diện tích cây xanh 752 m², và 36 cây mận Marian*) góp phần tăng cường đa dạng sinh học địa phương, cải thiện chất lượng không khí và thúc đẩy tác dụng làm mát cho các khu vực xung quanh.

Tác động: Tác động môi trường tổng thể của việc tăng cường thảm thực vật là tích cực, vì nó đóng góp vào đa dạng sinh học, cải thiện chất lượng không khí và vi khí hậu, đồng thời giảm nhẹ hiệu ứng đảo nhiệt.

Quản lý nước: Các khu vực xanh cũng sẽ góp phần cải thiện quản lý nước mưa thông qua việc hấp thụ và lọc nước mưa tự nhiên, giảm áp lực lên hệ thống thoát nước mưa của thành phố. Tuy nhiên, việc lựa chọn vật liệu lát sàn (bê tông tối màu so với đá granite) trong không gian ngoài trời có tác động khác nhau đến dòng chảy nước:

- Bê tông tối màu (Kịch bản NOXH_L1): Mặc dù ít thấm hơn, có thể được thiết kế để thoát nước tốt hơn, nhưng có thể làm tăng dòng chảy, dẫn đến nguy cơ ngập lụt tiềm tàng nếu không được quản lý đúng cách.
- Lát sàn ngoài trời bằng đá granite (Kịch bản NOXH_L3): Bền hơn và thẩm mỹ hơn nhưng cũng ít thấm hơn so với các giải pháp xanh thay thế. Có thể sẽ cần các giải pháp thoát nước tăng cường, ví dụ như vỉa hè thấm nước hoặc thu nước mưa, để giải quyết các quan ngại về ngập lụt tiềm ẩn.

Tiêu thụ năng lượng và hiệu suất năng lượng: Việc tích hợp hệ thống VRF trong cả khu nhà ở xã hội và nhà liền kề là một bước tiến đáng kể hướng tới giảm tiêu thụ năng lượng và cải thiện hiệu suất làm mát so với hệ thống điều hòa không khí truyền thống trong phòng.

- Hệ thống VRF: Tiết kiệm năng lượng 10,32% so với các thiết bị điều hòa không khí trong phòng, giúp giảm nhu cầu năng lượng tổng thể của dự án.
- Hệ thống điều hòa không khí trong phòng: Tiêu thụ nhiều năng lượng hơn và góp phần làm tăng mức tiêu thụ điện, dẫn đến tăng phát thải khí nhà kính nếu nguồn cung điện không phải là năng lượng không tái tạo.

Bằng cách triển khai các hệ thống làm mát tiết kiệm năng lượng như VRF, dự án sẽ góp phần giảm phát thải carbon ở cả khu nhà ở xã hội và nhà liền kề.

Quản lý chất thải: Các hoạt động xây dựng sẽ tạo ra chất thải, bao gồm các vật liệu dư thừa như gỗ, bê tông và kim loại. Cần có kế hoạch quản lý chất thải để xử lý và tái chế chất thải xây dựng. Vật liệu cảnh quan, đặc biệt là đá granite và cỏ Carpetgrass, có lượng chất thải tương đối thấp, nhưng việc trồng thêm cây xanh có thể cần phải quản lý cẩn thận để đảm bảo chăm sóc đúng cách và giảm thiểu chất thải trong quá trình trồng.

Giảm nhẹ biến đổi khí hậu: Bằng cách kết hợp cơ sở hạ tầng xanh và các hệ thống tiết kiệm năng lượng, dự án sẽ có tác động tích cực đến các nỗ lực giảm nhẹ biến đổi khí hậu. Việc tăng diện tích cây xanh và áp dụng các công nghệ tiết kiệm năng lượng sẽ làm giảm phát thải carbon của quá trình phát triển, góp phần tăng cường khả năng chống chịu của thành phố trước biến đổi khí hậu.

5.3.2. Tác động xã hội

Chất lượng nhà ở và khả năng tiếp cận nhà ở: Việc đưa nhà ở xã hội vào dự án nhằm mục đích cung cấp không gian sống tiết kiệm năng lượng, giá cả phải chăng cho các gia đình có thu nhập thấp đến trung bình.

Sức khỏe và phúc lợi: Việc đưa không gian xanh và hệ thống làm mát tiết kiệm năng lượng vào dự án sẽ có tác động tích cực trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng. Giảm nhiệt độ và căng thẳng do nhiệt, cải thiện chất lượng không khí và cải thiện sức khỏe thể chất và tinh thần là những lợi ích chính của việc tích hợp thêm không gian xanh và cây xanh vào cảnh quan.

- Hiệu quả làm mát: Giảm đảo nhiệt đô thị và tăng cường không gian ngoài trời góp phần cải thiện chất lượng không khí, từ đó có thể làm giảm tỷ lệ mắc các bệnh liên quan đến nhiệt và các bệnh về đường hô hấp.

- Không gian xanh: Các không gian xanh cũng khuyến khích các hoạt động ngoài trời, mang lại lợi ích sức khỏe trực tiếp.

Thu hút về mặt thị giác: Việc sử dụng không gian xanh (thảm cỏ) và cây xanh làm tăng vẻ đẹp tự nhiên của khu vực, tạo sự thư giãn về thị giác và thúc đẩy kết nối với thiên nhiên. Việc tích hợp các khu vực thân thiện với người đi bộ với vỉa hè rộng, công viên và không gian xanh đảm bảo rằng dự án không chỉ mang lại lợi ích cho cư dân mà còn đóng góp vào không gian công cộng của thành phố. Những không gian này góp phần làm cảnh quan đô thị tổng thể thu hút hơn, khiến khu vực này trở nên hấp dẫn hơn với cả cư dân và du khách. Yếu tố mỹ quan cũng gắn liền với tác động xã hội của dự án, bởi vì những không gian đẹp có thể thúc đẩy niềm tự hào của cộng đồng, cải thiện sức khỏe tinh thần và thúc đẩy gắn kết xã hội.

Việc làm và phát triển kỹ năng: Dự án sẽ tạo cơ hội việc làm tại địa phương trong giai đoạn xây dựng, đặc biệt là trong các lĩnh vực như cảnh quan, xây dựng và lắp đặt hệ thống làm mát. Ngoài ra, các chương trình đào tạo cho cư dân địa phương về duy trì không gian xanh và hệ thống tiết kiệm năng lượng có thể giúp phát triển các kỹ năng lâu dài để hỗ trợ tăng trưởng đô thị bền vững.

Sự tham gia và gắn kết của cộng đồng: Điều quan trọng là phải có sự tham gia của cộng đồng địa phương và các bên liên quan vào quá trình lập kế hoạch và ra quyết định, đặc biệt liên quan đến việc sử dụng không gian xanh và các công nghệ tiết kiệm năng lượng. Việc đảm bảo cư dân hiểu được lợi ích của các cấu phần bền vững này sẽ thúc đẩy họ tham gia tích cực để duy trì thành công lâu dài của dự án.

Khả năng di dời hoặc loại trừ xã hội: Mặc dù dự án hướng đến mục tiêu cung cấp nhà ở giá rẻ, nhưng có thể có những quan ngại về việc di dời hoặc loại trừ xã hội nếu cư dân hiện tại không được tham gia đầy đủ vào quá trình quy hoạch. Các khu vực nhà ở xã hội nên ưu tiên các hộ gia đình có thu nhập thấp, trong khi khu nhà liền kề nên được xây dựng để đáp ứng các hộ có các điều kiện kinh tế đa dạng.

5.3.3. Tác động của giai đoạn xây dựng và vận hành

Giai đoạn xây dựng: Phần này trình bày các phương pháp thi công của các giải pháp làm mát đề xuất (xem Bảng 14) và các tác động môi trường tương ứng (xem Bảng 15). Các phương pháp thi công, tác động và biện pháp giảm nhẹ trong giai đoạn xây dựng được tóm tắt trong các bảng sau.

Bảng 29. Phương pháp thi công các giải pháp làm mát đề xuất

Hoạt động	Mô tả		
	Trồng cây	Lát đá granit	Cài đặt VRF
Giải phóng mặt bằng	Loại bỏ thảm thực vật, xây dựng còn sót lại để tạo phiến sạch cho việc trồng cây	Loại bỏ rác, cỏ dại và các vật liệu không cần thiết. San lấp mặt bằng, đảm bảo độ dốc thích hợp để thoát nước.	
Vận chuyển vật tư và thiết bị	Vận chuyển vật tư, dụng cụ đến địa điểm trồng cây hoặc điểm tập kết	Vận chuyển vật tư, dụng cụ đến điểm lắp ráp. Vật liệu bao gồm đá granit, cát, xi măng. Dụng cụ xây dựng bao gồm máy trộn bê tông, máy đầm, xẻng, cân bằng, găng tay, kính bảo hộ, v.v.	Vận chuyển vật tư, dụng cụ đến địa điểm trồng cây hoặc điểm tập kết
Xây dựng	- Xác định vị trí trồng bằng cọc gỗ. - Hố trồng được đào bằng tay hoặc bằng máy móc và dụng cụ được sử dụng để xới đất cho cây. Nạo vét, san phẳng và nén chặt đáy và hai bên hố. - Trộn hỗn hợp phân bón với đất từ hố đã đào, cho cây con vào hố và tiến hành lấp hố, cố định cây bằng cọc và tưới nước. - Vệ sinh khu vực trồng.	- Sử dụng máy xáo trộn để nén chặt mặt đất. Rải một lớp cát vàng lên bề mặt đã nén chặt, dày khoảng 3-5 cm. Sau đó, sử dụng máy xáo trộn một lần nữa để nén chặt lớp cát này. - Trộn vữa xi măng (xi măng, cát, nước). Rải đều vữa lên bề mặt đã đầm chặt, lớp vữa dày khoảng 2-3cm. - Trải vỉa hè. - Vữa và làm sạch bề mặt. - Vệ sinh khu vực thi công.	Lắp đặt ống đồng (ví dụ: cách nhiệt đường ống, bảo vệ đường ống bằng cách sơn tĩnh điện) Lắp đặt đường thoát nước Lắp đặt dàn nóng Lắp đặt dàn lạnh Kết nối hệ thống điều hòa trung tâm với nguồn điện chung của tòa nhà. Vệ sinh khu vực thi công.

Bảng 30. Tác động và biện pháp giảm nhẹ trong giai đoạn thi công

Hoạt động	Tác động tiềm ẩn	Đánh giá tác động sơ bộ	Các biện pháp giảm thiểu được khuyến nghị
Giải phóng mặt bằng	- Bụi phát sinh trong quá trình khai quật. - Chất thải rắn. - Sinh khối.	Tác động thấp	<u>Bụi phát sinh trong quá trình khai quật:</u> - Thiết lập lịch trình hoạt động phù hợp. - Phun nước để duy trì độ ẩm nhất định và ngăn chặn hoặc giảm thiểu sự phát tán của bụi. <u>Chất thải rắn:</u>

Hoạt động	Tác động tiềm ẩn	Đánh giá tác động sơ bộ	Các biện pháp giảm thiểu được khuyến nghị
			- Chuyển đến cơ sở có thẩm quyền theo quy định của pháp luật. <u>Sinh khối:</u> - Tái sử dụng. - Chuyển giao cho các cơ sở có thẩm quyền theo quy định của pháp luật.
Vận chuyển vật tư và thiết bị	- Bụi và khí thải từ hoạt động vận tải. - Bụi bám trên mặt đường. - Bụi từ quá trình thu thập vật liệu, dụng cụ.	Tác động thấp	<u>Bụi và khí thải từ hoạt động vận tải:</u> - Che các phương tiện trên; - Sắp xếp thời gian làm việc hợp lý; - Điều tiết tốc độ hợp lý cho xe (≤ 40 km/h); <u>Bụi từ quá trình thu gom nguyên liệu:</u> - Lắp đặt rào chắn kim loại (nếu cần). - Sắp xếp khu vực tập trung và che chắn cẩn thận. - Hạn chế tập hợp vật liệu cùng một lúc.
Xây dựng	- Bụi và khí thải phát sinh trong quá trình thi công các hạng mục dự án. - Khí thải phát sinh từ hoạt động của máy móc, thiết bị xây dựng. - Bụi từ việc cắt đá granit - Nước mưa tràn. - Nước thải xây dựng. - Chất thải rắn xây dựng. - Chất thải nguy hại.	Tác động thấp	<u>Bụi và khí thải phát sinh trong quá trình thi công các hạng mục dự án:</u> - Che bằng tường tạm (tôn, gỗ, ván, v.v.). - Có phương án thi công và cung cấp vật liệu phù hợp. - Không đốt nguyên liệu trong khu vực dự án. - Đội thi công phải có giải pháp cụ thể về bảo vệ môi trường trong quá trình thi công. <u>Khí thải phát sinh từ hoạt động của máy móc, thiết bị xây dựng:</u> - Không sử dụng máy móc, thiết bị không đạt tiêu chuẩn kiểm định. - Bố trí thời gian thi công hợp lý. - Phun nước ở những khu vực dễ phát sinh bụi. - Thường xuyên bảo dưỡng thiết bị thi công. - Sử dụng nhiên liệu phù hợp với thiết kế động cơ. - Thông gió tốt cho khu vực làm việc. <u>Bụi từ cắt đá granit:</u>

Hoạt động	Tác động tiềm ẩn	Đánh giá tác động sơ bộ	Các biện pháp giảm thiểu được khuyến nghị
			- Cung cấp đồ bảo hộ cho người lao động. - Đảm bảo khu vực cắt đá được thông thoáng. <u>Nước mưa tràn:</u> - Bố trí khu vực tập kết vật liệu xây dựng không gần hệ thống thoát nước; - Dọn dẹp trang web hàng ngày; - Dùng bạt che khu vực chứa xi măng; <u>Nước thải xây dựng:</u> - Tổ chức nguồn nhân lực và bố trí khu vực trộn xi măng hợp lý; - Bố trí các hố lắng xung quanh khu vực thi công. <u>Chất thải rắn xây dựng:</u> - Ván khuôn gỗ tái sử dụng; - Thu gom phế liệu đồng bán cho bãi phế liệu; - Các loại rác thải khác như túi xi măng, thùng nhựa,... được phân loại và bán cho các bãi tái chế. <u>Chất thải nguy hại:</u> - Đưa toàn bộ chất thải nguy hại đến các khu vực trên công trường theo hướng dẫn của Chủ đầu tư. - Ký hợp đồng với đơn vị thu gom, xử lý có thẩm quyền.
Hoạt động của công nhân xây dựng tại công trường	- Nước thải sinh hoạt của công nhân làm việc tại công trường. - Chất thải rắn sinh hoạt.	Tác động thấp	<u>Nước thải sinh hoạt của công nhân làm việc tại công trường:</u> - Thuê nhà vệ sinh di động 5.000 lít. - Thuê đơn vị địa phương thu gom và xử lý định kỳ mỗi ngày một lần. <u>Chất thải rắn sinh hoạt:</u> - Bố trí 02 thùng rác 120 lít trong khu vực chứa vật liệu xây dựng. - Bố trí 02 thùng rác 120 lít gần nhà vệ sinh di động. - Hợp đồng với đơn vị thu gom rác thải địa phương để thu gom và vận chuyển xử lý hàng ngày.

Giai đoạn vận hành: Các tác động tiềm ẩn của các giải pháp làm mát đề xuất được trình bày trong bảng sau.

Bảng 31. Tóm tắt tác động tiềm ẩn và các biện pháp giảm nhẹ đề xuất

Giải pháp làm mát	Tác động tiềm ẩn	Đánh giá tác động sơ bộ	Các biện pháp giảm thiểu được khuyến nghị
Giải pháp làm mát thụ động ở cấp độ cảnh quan (cây xanh làm bằng cây bóng cao 15m, mặt đường đá granit)	Tác động tiêu cực: Nguy cơ an toàn, đặc biệt là ở những khu vực dễ có mưa hoặc tích tụ hơi ẩm dưới bóng cây.	Tác động vừa phải	Sử dụng đá hoa cương chống trượt
	Tác động tích cực: + Giảm tính dễ bị tổn thương của cộng đồng thu nhập thấp, người lao động ngoài trời. + Giảm thiểu tình trạng nghèo năng lượng mùa hè.	Tác động đáng kể	
VRF	Tác động tiêu cực: Tác động trực tiếp thông qua sự rò rỉ của các chất làm lạnh có khả năng nóng lên toàn cầu cao. Tác động gián tiếp thông qua tiêu thụ năng lượng.	Tác động đáng kể	Sử dụng điều khiển làm mát thông minh chỉ cung cấp khả năng làm mát cơ học cho một không gian vào thời điểm cần thiết và thông gió tự nhiên và cơ hội làm mát miễn phí maximize Sử dụng chất làm lạnh thân thiện với môi trường
	Tác động tích cực: Bền vững hơn, với mức sử dụng năng lượng và lượng khí thải thấp hơn trong giai đoạn vận hành và bảo trì.	Tác động đáng kể	

5.4. Phân tích Rủi ro

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng Khung phân tích rủi ro của Quỹ Khí hậu Xanh (GCF) để đánh giá các rủi ro tiềm ẩn liên quan đến các giải pháp làm mát. Các loại rủi ro và cách đánh giá được trình bày trong bảng dưới đây.

Bảng 32. Phân tích rủi ro và các chiến lược giảm nhẹ

1	Đầu tư ban đầu cao vào hệ thống HVAC tiết kiệm năng lượng (tức là VRF) và cơ sở hạ tầng xanh	Trung bình	Cao	Tìm kiếm các ưu đãi tài chính, trợ cấp và quan hệ đối tác công tư để tài trợ
2	Lợi tức đầu tư không chắc chắn do chi phí bảo trì và tiết kiệm năng lượng thay đổi	Trung bình	Đau vừa	Tiến hành nghiên cứu khả thi và phân tích chi phí vòng đời trước khi triển khai
3	Sự phức tạp của việc lắp đặt và bảo trì hệ thống VRF	Trung bình	Cao	Cung cấp đào tạo cho kỹ thuật viên và đảm bảo nhà sản xuất hỗ trợ bảo trì, thiết lập giao thức bảo trì VRF.
4	Sự thay đổi hiệu suất của các giải pháp làm mát xanh do điều kiện khí hậu	Trung bình	Đau vừa	Tối ưu hóa thiết kế với dữ liệu khí hậu địa phương và triển khai các phương pháp làm mát kết hợp
5	Phát thải tiềm ẩn từ chất làm lạnh VRF nếu không được quản lý đúng cách	Thấp	Cao	Sử dụng chất làm lạnh có khả năng nóng lên toàn cầu (GWP) thấp và đảm bảo cơ chế xử lý thích hợp
6	Sự phản đối từ người dân do không quen thuộc với công nghệ mới	Trung bình	Đau vừa	Tiến hành các buổi đào tạo, chiến dịch nâng cao nhận thức và cung cấp hỗ trợ kỹ thuật sau cài đặt và hướng dẫn thân thiện với người dùng.

7	Mối quan tâm về công bằng — khả năng tiếp cận các giải pháp làm mát cho tất cả cư dân	Cao	Cao	Thực hiện các chính sách bao trùm để đảm bảo khả năng chi trả và khả năng tiếp cận; Ví dụ: cung cấp các chương trình hỗ trợ tài chính, chương trình thanh toán trả góp.
8	Nguy cơ cây bị hỏng (Hệ thống rễ yếu hoặc nông làm tăng nguy cơ bật gốc khi có gió mạnh)	Trung bình	Cao	Chọn loài chịu gió, thực hiện trồng rễ sâu và tiến hành kiểm tra thường xuyên
9	Cành cây hoặc cây đổ (Thiệt hại cho cư dân, phương tiện, công trình kiến trúc)	Trung bình	Cao	Cắt tỉa cây thường xuyên, sử dụng các kết cấu hỗ trợ và thực thi các quy định về an toàn cây
10	Các vấn đề liên quan đến cây ăn quả (Sâu bệnh, quả rụng hoặc thối làm tăng chi phí bảo trì)	Cao	Đau vừa	Chọn các loài ít bảo trì, giới thiệu quản lý dịch hại tổng hợp và lên lịch dọn dẹp thường xuyên
11	Nguy cơ trượt do lát đá granit (Đá granit trở nên trơn trượt khi ướt)	Trung bình	Cao	Sử dụng lớp phủ chống trượt, thoát nước thích hợp và định kỳ loại bỏ rêu trên sàn đá granit
12	Chi phí xây dựng và bảo trì cao cho lát đá granit	Trung bình	Đau vừa	Tối ưu hóa phân bổ ngân sách, tìm kiếm các tùy chọn chia sẻ chi phí và đánh giá các vật liệu bền thay thế

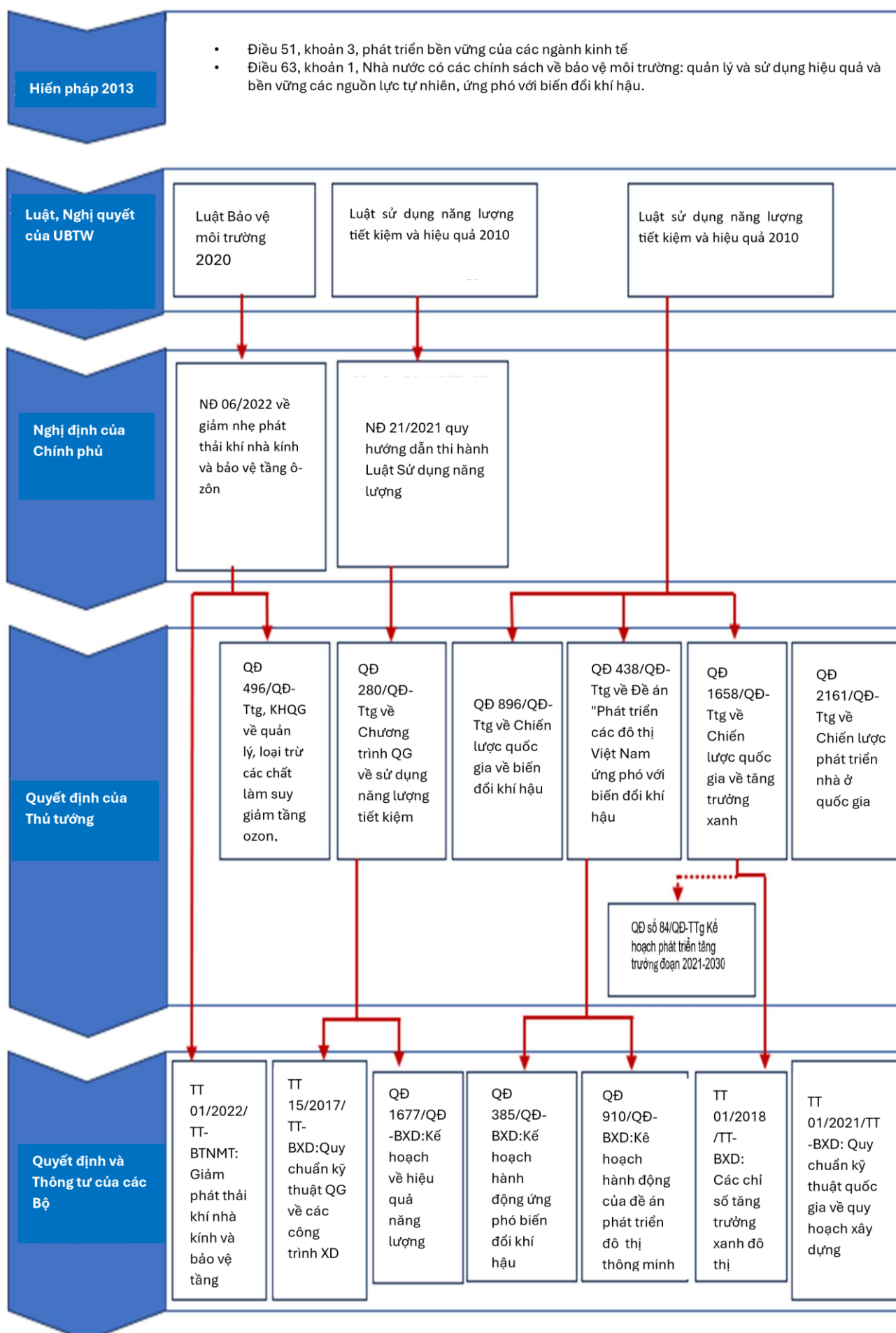
5.5. Đánh giá pháp lý

5.5.1. Nhiệm vụ làm mát trong các văn bản pháp lý tại Việt Nam

Việt Nam đã đề xuất nhiều nhiệm vụ và giải pháp làm mát bền vững tại Quyết định số 896/QĐ-TTg phê duyệt Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050 và Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC) cập nhật năm 2022, trong đó có đề cập làm mát bền vững, như chuyển đổi sang công nghệ hiệu suất năng lượng cao, sử dụng môi chất lạnh có ít khả năng gây nóng lên toàn cầu (GWP), áp dụng các giải pháp làm mát thụ động và làm mát dựa vào thiên nhiên. Việt Nam đã xây dựng các chính

sách và chương trình để thúc đẩy đáng kể tiến độ trong 2 lĩnh vực ưu tiên là ứng phó với biến đổi khí hậu và làm mát bền vững tại các khu vực đô thị Việt Nam.

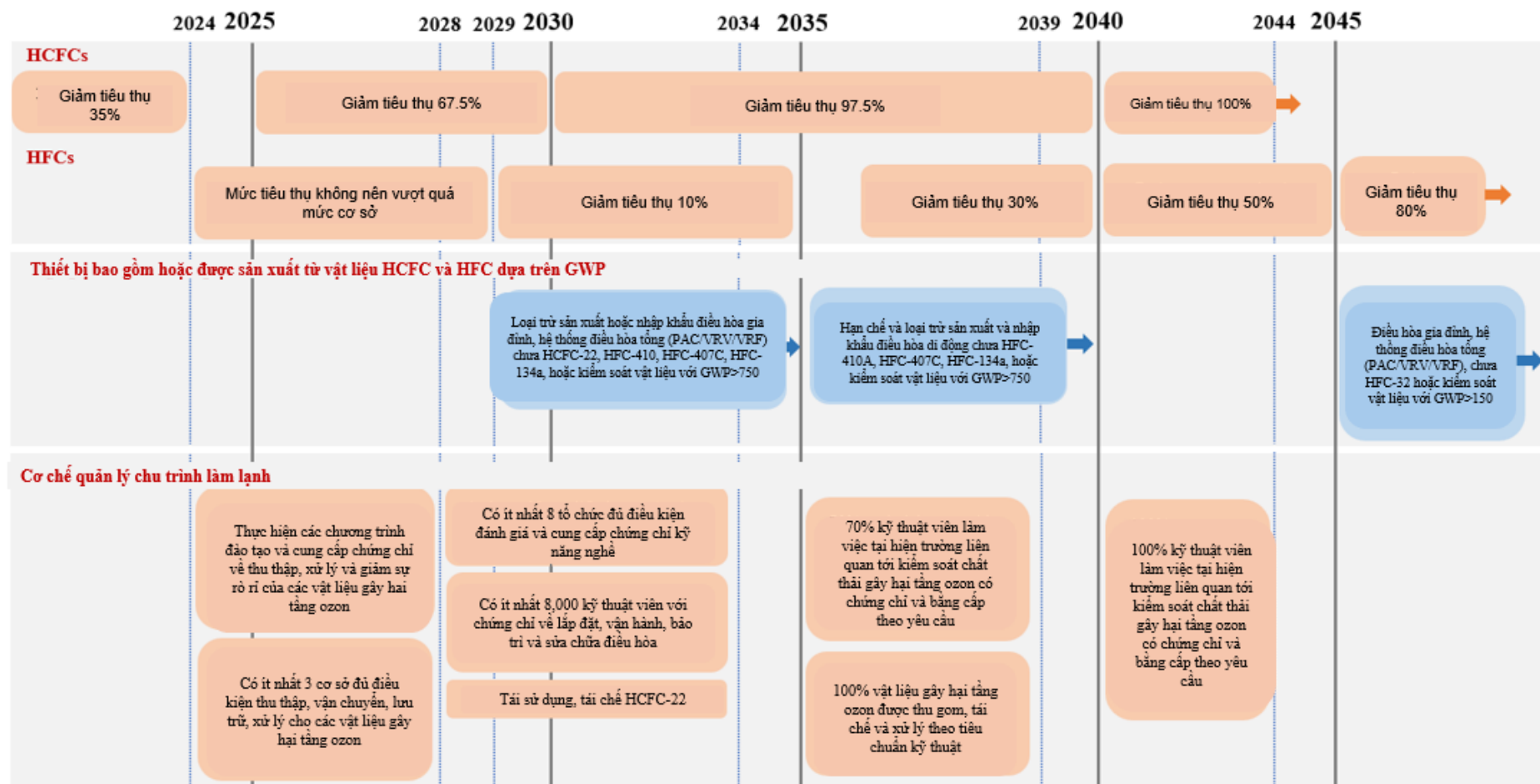
Hệ thống văn bản pháp luật hiện hành liên quan trực tiếp hoặc gián tiếp đến làm mát bền vững và giảm nhẹ hiệu ứng đảo nhiệt đô thị (UHI), từ Hiến pháp đến các Luật do Quốc hội ban hành, các Nghị định do Thủ tướng Chính phủ ban hành và các Thông tư do các Bộ ban hành, được thể hiện trong Hình 30.

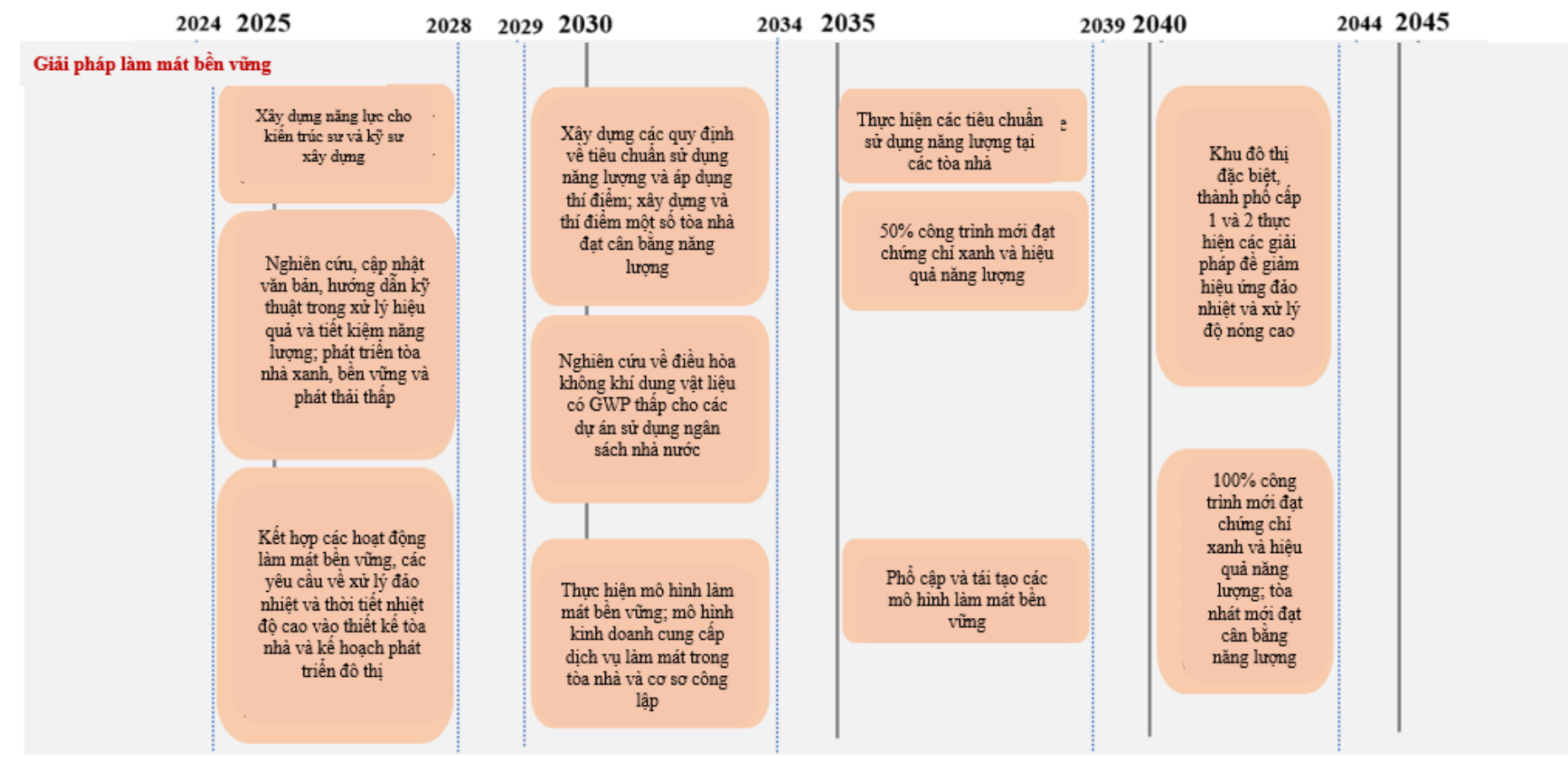


Hình 30. Sơ đồ hệ thống văn bản pháp luật hiện hành liên quan đến làm mát đô thị bền vững để ứng phó với nắng nóng cực đoan

Là văn bản có hiệu lực pháp lý cao nhất trong hệ thống pháp luật Việt Nam, Hiến pháp năm 2013 là Hiến pháp đầu tiên của Việt Nam quy định rõ nội dung ứng phó với biến đổi khí hậu. Đây cũng là khung pháp lý cơ bản, đặt nền móng cho việc xây dựng hệ thống văn bản quy phạm pháp luật để cụ thể hóa các chủ trương, chính sách về biến đổi khí hậu. Đến nay, khung pháp lý về biến đổi khí hậu và ứng phó với biến đổi khí hậu, gồm cả tăng trưởng xanh và thành phố thông minh với khí hậu, sử dụng năng lượng hiệu quả, quản lý và loại trừ các chất làm suy giảm tầng ôzôn và khí nhà kính được kiểm soát đã ngày càng được củng cố.

Khi so sánh các nhiệm vụ và giải pháp cụ thể về làm mát đô thị bền vững đã đề cập, nhóm các biện pháp về “sử dụng năng lượng hiệu quả trong lĩnh vực làm mát”, “giảm nhu cầu làm mát thông qua các giải pháp làm mát thụ động” được chú trọng hơn trong tất cả 6 văn bản với các mức độ chi tiết khác nhau. Ngoài ra, nhiệm vụ về chất làm lạnh được kiểm soát (các chất làm suy giảm tầng ôzôn) đã được chú trọng kể từ khi Việt Nam trình bản NDC 2022 cập nhật và tham gia "Cam kết làm mát toàn cầu" (Global Cooling Pledge). Rõ ràng, Quyết định số 496/QĐ-TTg đã đề cập các nhiệm vụ chi tiết nhất với lộ trình cụ thể. Chi tiết lộ trình thực hiện được trình bày trong Hình 31.





Hình 31. Lộ trình các giải pháp làm mát bền vững - Quyết định số 496

5.5.2. Hoạt động làm mát tại thành phố Cần Thơ

Ở địa phương, Cần Thơ đã triển khai hành động và đang xây dựng, thí điểm các biện pháp tiếp theo trong Kế hoạch hành động làm mát đô thị (UCAP) đối với một loạt các vấn đề bền vững, đặc biệt là vận động giảm tiêu thụ năng lượng và tăng trưởng xanh để ứng phó với biến đổi khí hậu.

1. Quy hoạch thành phố Cần Thơ thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt vào tháng 12 năm 2023, đã đề ra một số mục tiêu phát triển bền vững đến năm 2030, tóm tắt như sau:
 - Mục tiêu tổng quát: Xây dựng Cần Thơ theo hướng thành phố sinh thái, văn minh, hiện đại; có hệ thống kết cấu hạ tầng đồng bộ thích ứng với biến đổi khí hậu.
 - Tốc độ tăng trưởng tổng sản phẩm trên địa bàn (GRDP) bình quân từ 7,5% đến 8%; GRDP bình quân đầu người (giá hiện hành) đạt trên 220 triệu đồng.
 - Về phát triển kết cấu hạ tầng: Tỷ lệ đô thị hóa khoảng 80%.
2. Theo Kế hoạch số 200/KH-UBND (năm 2022) về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050, UBND thành phố Cần Thơ đã đặt ra mục tiêu hướng tới kinh tế xanh và trung hòa carbon, với một số điểm đáng chú ý bao gồm:
 - Đến năm 2030 và 2050: Giảm cường độ phát thải khí nhà kính trên GRDP ít nhất lần lượt 15% và 30% (so với năm 2014).
 - Tiêu hao năng lượng sơ cấp trên GRDP: giai đoạn 2021-2030 giảm 1,0-1,5%/năm, đến năm 2050, bình quân mỗi giai đoạn (10 năm) giảm 1,0%/năm.
3. Về sử dụng năng lượng hiệu quả, theo Kế hoạch số 66/KH-UBND (năm 2021) về việc triển khai Chương trình quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả trên địa bàn thành phố Cần Thơ giai đoạn 2021-2030, Ủy ban Nhân dân thành phố Cần Thơ đã đặt ra các mục tiêu cụ thể như sau:
 - Giai đoạn 2021-2025: Tiết kiệm tối thiểu 4,50 - 6,0% tổng điện năng tiêu thụ so với nhu cầu năng lượng dự báo và giảm thất thoát điện năng toàn thành phố xuống dưới 3,0% (năm 2020 khoảng 3,12%).
 - Giai đoạn 2026-2030: Tiết kiệm tối thiểu 6,0 - 7,0% tổng điện năng tiêu thụ so với nhu cầu năng lượng dự báo và giảm thất thoát điện năng toàn thành phố xuống còn 2,5%.

4. Theo Kế hoạch số 160/KH-UBND (2022) thực hiện chương trình hành động quốc gia về sản xuất và tiêu dùng bền vững năm 2022 và giai đoạn 2022-2025, thành phố Cần Thơ đã đặt ra các mục tiêu về sản xuất và tiêu dùng bền vững, tập trung vào:
 - Giảm tiêu thụ vật liệu tự nhiên của các ngành công nghiệp sản xuất, cụ thể là dệt may, thép, nhựa, hóa chất, xi măng, bia, nước giải khát, giấy và chế biến thủy sản.
 - Phấn đấu tuyên truyền, nâng cao nhận thức về sản xuất và tiêu dùng bền vững cho 80% các khu, cụm công nghiệp, làng nghề.
 - Xây dựng và triển khai các mô hình sản xuất và tiêu dùng bền vững; phổ biến và nhân rộng các mô hình sản xuất sạch hơn, các thực hành sản xuất và tiêu dùng bền vững.
5. Theo Kế hoạch số 183/KH-UBND ngày 31 tháng 8 năm 2021, thành phố Cần Thơ đặt mục tiêu trồng 6,838 triệu cây xanh phân tán ở cả khu vực đô thị và nông thôn trong giai đoạn này.
6. Quyết định số 1160/QĐ-UBND, do Ủy ban Nhân dân thành phố Cần Thơ ban hành (năm 2022) đề cập đến Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 của thành phố Cần Thơ, bao gồm các nhiệm vụ sau:
 - Tăng cường khả năng ứng phó với BĐKH của toàn hệ thống chính quyền thành phố, với chỉ tiêu ít nhất 80% xã, phường, thị trấn tại các địa bàn dễ bị ảnh hưởng do tác động của BĐKH có đủ năng lực và cơ sở vật chất đảm bảo đáp ứng 1 cách hiệu quả với các tình huống thiên tai và thời tiết cực đoan.
 - Từng bước định hướng thị trường sản xuất công – nông nghiệp và dịch vụ trong điều kiện biến đổi khí hậu.
 - Giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông, công nghiệp, nông nghiệp, xây dựng, chất thải rắn nhằm góp phần thực hiện “Đóng góp do quốc gia tự quyết định của Việt Nam” (cập nhật năm 2020).
 - Khuyến khích, thu hút sự tham gia của các nhà đầu tư trong và ngoài nước, khu vực tư nhân trong ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng tránh thiên tai, sạt lở bờ sông.
7. Chương trình số 27-CTr/TU của Thành ủy Cần Thơ (năm 2021) về bảo vệ môi trường "Cần Thơ xanh sạch đẹp" đã đề ra một số giải pháp liên quan đến làm mát đô thị:

- Quy hoạch đô thị: Chương trình hướng đến phát triển các khu đô thị sinh thái, thể hiện rõ nét đặc trưng đô thị sông nước, thích ứng với biến đổi khí hậu, đồng thời bảo tồn không gian xanh và các nguồn nước tự nhiên.
 - Cơ sở hạ tầng xanh: Chiến lược bao gồm việc tăng tỷ lệ cây xanh và mặt nước, đồng thời dành nhiều quỹ đất hơn cho các công trình phúc lợi công cộng nhằm nâng cao đời sống cộng đồng.
 - Thiết kế đô thị: Chương trình hướng đến một cảnh quan đô thị hiện đại, hòa quyện với môi trường tự nhiên, nhấn mạnh tiềm năng của hệ sinh thái sông ngòi.
 - Tích hợp phòng ngừa ô nhiễm và phủ xanh: Chương trình cam kết tích hợp các chiến lược phòng ngừa ô nhiễm và phủ xanh đô thị một cách hợp lý và khả thi.
 - Kinh tế và công nghiệp xanh: Chương trình tập trung thực hiện các dự án thúc đẩy kinh tế và công nghiệp xanh.
8. Kế hoạch số 04/KH-UBND của Ủy ban Nhân dân Thành phố Cần Thơ (năm 2022) triển khai Đề án "phát triển các đô thị Việt Nam ứng phó với biến đổi khí hậu giai đoạn 2021-2030" trên địa bàn thành phố Cần Thơ. Kế hoạch này nêu rõ nội dung nghiên cứu và triển khai thí điểm một số dự án quy hoạch và các chương trình ưu tiên trọng điểm để phát triển đô thị xanh, thông minh.

Rõ ràng đã có những chính sách tập trung vào vấn đề biến đổi khí hậu, tăng trưởng xanh, cải thiện cơ sở hạ tầng và tiết kiệm năng lượng, mặc dù vấn đề làm mát đô thị bền vững và tác động của hiệu ứng đảo nhiệt đô thị chưa được giải quyết một cách toàn diện. Ví dụ, Quyết định số 3184/QĐ-UBND (năm 2018) của Ủy ban Nhân dân Thành phố Cần Thơ phê duyệt Quy hoạch tổng thể hệ thống cây xanh tại thành phố Cần Thơ đến năm 2030. Tuy nhiên, chưa có hướng dẫn cụ thể về việc xác định vị trí các không gian xanh này nhằm giảm nhẹ hiệu ứng đảo nhiệt đô thị (UHI) một cách hiệu quả. Nhìn chung, các không gian xanh này được phân bố dựa trên quỹ đất bảo tồn hiện có, điều này có thể không phù hợp với UHI tiềm ẩn phát sinh từ quá trình phát triển. Việc thiếu các chính sách cụ thể có thể tạo ra sự bất định, khiến các cá nhân, doanh nghiệp và tổ chức gặp khó khăn trong việc biến các giải pháp làm mát đô thị bền vững thành hành động. Hiện tại, các giải pháp này nằm rải rác trong các văn kiện thuộc nhiều lĩnh vực khác nhau.

Xác định các bên liên quan chính trong làm mát đô thị

Bảng dưới đây trình bày một danh sách các bên liên quan chính có ảnh hưởng hoặc chịu tác động của việc thực hiện các hành động làm mát đô thị tại Cần Thơ, cùng với vai trò và trách nhiệm của họ - bao gồm các cơ quan ra quyết định, chủ đầu tư/đơn vị phát triển, tổ chức tài chính. Các bên liên quan này đã được tham vấn ở nhiều giai đoạn khác nhau của dự án để thảo luận về những thách thức và cơ hội liên quan đến làm mát đô thị.

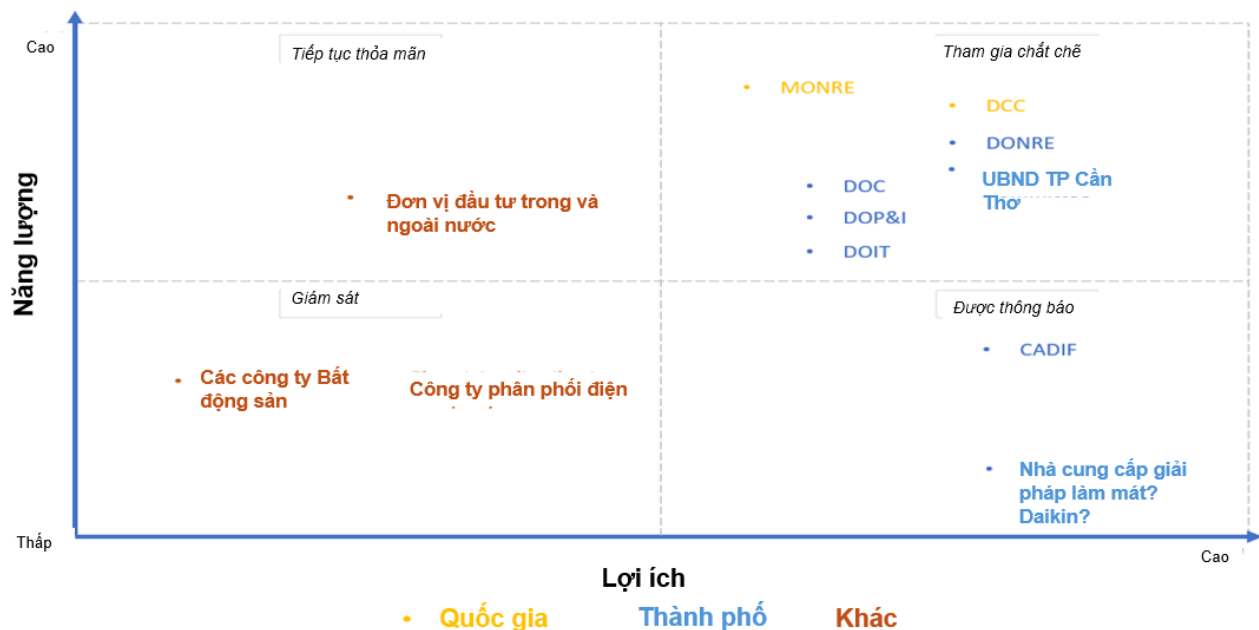
Bảng 33. Các bên liên quan trong làm mát đô thị

Tổ chức	Cơ quan	Vai trò và trách nhiệm (Liên quan đến làm mát đô thị)
Chính phủ	Bộ Nông nghiệp và Môi trường	Chịu trách nhiệm thiết lập các chính sách môi trường và nông nghiệp quốc gia hướng dẫn quản lý đất, nước và khí hậu bền vững, ảnh hưởng trực tiếp đến các chiến lược làm mát đô thị.
	Cục Biến đổi khí hậu (DCC)	Xây dựng và giám sát các chính sách khí hậu và các cam kết quốc tế (ví dụ: Nghị định thư Montreal) hỗ trợ các sáng kiến quốc gia về các giải pháp làm mát đô thị bền vững.
Chính quyền thành phố	UBND TP. Cần Thơ	Giám sát việc thực hiện quy hoạch đô thị và các sáng kiến môi trường tại Cần Thơ, bao gồm các chương trình và dự án thúc đẩy làm mát đô thị bền vững.
	Sở Nông nghiệp và Môi trường	Hỗ trợ thực hiện các hoạt động nông nghiệp và môi trường thích ứng với khí hậu trong thành phố, góp phần làm mát lâu dài và bảo tồn không gian xanh.
	Sở Xây dựng	Quản lý quy hoạch xây dựng, kiến trúc đô thị và phát triển cơ sở hạ tầng, đảm bảo tích hợp các tiêu chuẩn công trình xanh và công nghệ làm mát thụ động trong các dự án đô thị.
	Bộ Tài chính (sáp nhập với Kế hoạch & Đầu tư)	Điều phối phân bổ ngân sách và tài trợ cho các dự án phát triển đô thị, bao gồm cả những dự án tập trung vào cải thiện khả năng chống chịu khí hậu đô thị và cơ sở hạ tầng làm mát.

	Sở Công Thương (DOIT)	Thúc đẩy và điều chỉnh các công nghệ tiết kiệm năng lượng và thực hành công nghiệp bền vững giúp giảm nhiệt đô thị, khuyến khích các giải pháp làm mát xanh và hậu cần đô thị thông minh.
Tổ chức tài chính	Quỹ Đầu tư Phát triển Cần Thơ (CADIF)	Hỗ trợ tài chính và đầu tư cho cơ sở hạ tầng và các dự án công cộng nhằm tăng cường tính bền vững của đô thị và khả năng làm mát tại Cần Thơ.
	Quỹ Bảo vệ Môi trường Việt Nam (VEPF)	Tài trợ cho các dự án bảo vệ môi trường quốc gia và địa phương, bao gồm cả những dự án tập trung vào giảm thiểu nhiệt đô thị, chất lượng không khí bền vững và phát triển không gian xanh.
Nhà cung cấp giải pháp làm mát	Daikin, Gree, Panasonic, Toshiba, Mitsubishi Electric	Cung cấp các thiết bị và hệ thống làm mát kỹ thuật. Vai trò của họ rất quan trọng trong việc cung cấp các giải pháp điều hòa không khí tiết kiệm năng lượng, phát thải thấp phù hợp với các chiến lược làm mát đô thị bền vững.

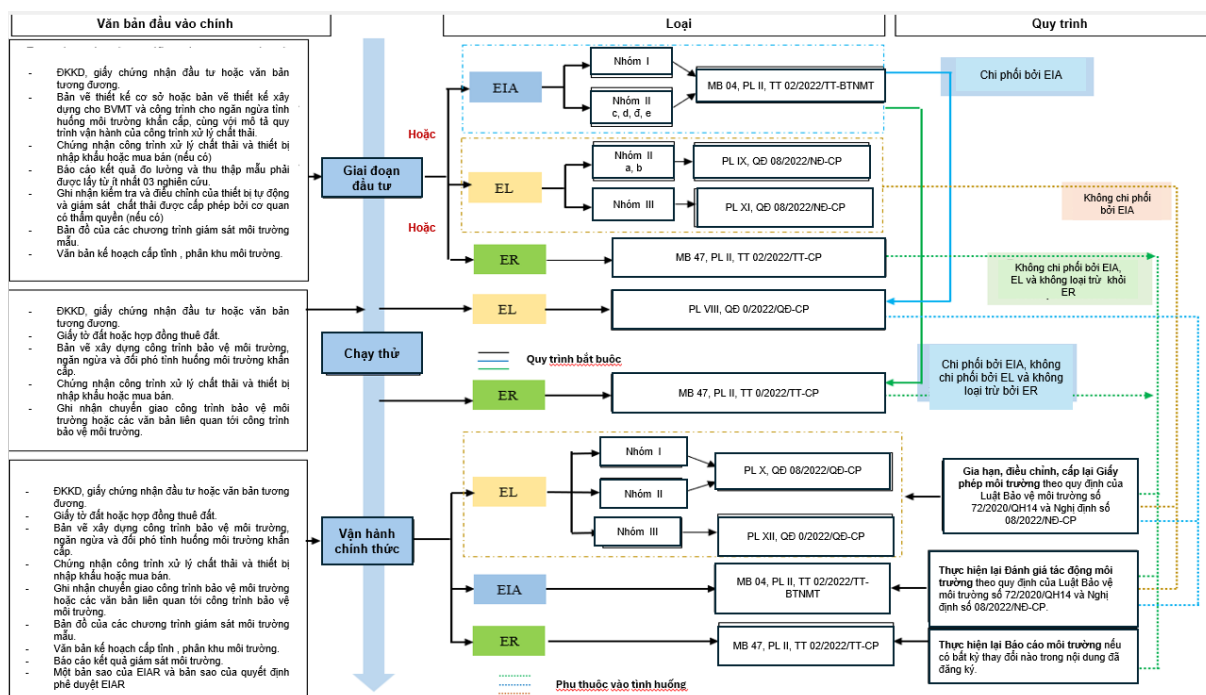
Các bên liên quan được ưu tiên dựa trên mức độ quan tâm (interest) và ảnh hưởng (influence) của họ đối với dự án. Ma trận ảnh hưởng – quan tâm được sử dụng để phân loại các bên liên quan thành 4 nhóm:

- Ảnh hưởng cao & quan tâm cao: Đây là những bên thiết yếu để dự án có thể thành công. Cần đặc biệt có sự tham gia và đóng góp đầu vào thường xuyên của họ. Bao gồm Bộ Nông nghiệp và Môi trường, Sở Xây dựng, các Sở ngành của Cần Thơ (Sở Nông nghiệp và Môi trường, Xây dựng, Tài chính, Công thương), UBND xã/phường và CADIF.
- Ảnh hưởng cao & quan tâm thấp: Các bên liên quan này có ảnh hưởng cao nhưng ít quan tâm. Ý kiến của họ vẫn cần được xem xét vì chúng có thể tác động đến dự án.
- Ảnh hưởng thấp & quan tâm cao: Họ có thể không nắm quyền ra quyết định nhưng cần được thông tin đầy đủ và được tham gia.
- Ảnh hưởng thấp & quan tâm thấp: Đây không phải là các bên liên quan ưu tiên, nhưng cần được tham gia để nâng cao nhận thức và năng lực.



Hình 32. Ảnh hưởng và quan tâm của các bên liên quan về hoạt động làm mát đô thị

5.5.3. Giấy phép và phê duyệt môi trường cần thiết để lắp đặt công nghệ làm mát bền vững



Hình 33. Tóm tắt các thủ tục liên quan đến ĐTM, EL, ER

Giải pháp làm mát thụ động được coi là một can thiệp thiết kế kiến trúc và được đưa vào các hạng mục công trình của dự án đầu tư. Theo quy định tại Luật Bảo vệ Môi trường (BVMT) số 72/2020/QH14 và Nghị định số 08/2022/NĐ-CP quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT,

đánh giá tác động môi trường (ĐTM), giấy phép môi trường (EL), đăng ký môi trường (ER) sẽ được thực hiện bởi chủ dự án đầu tư hoặc tư vấn đủ điều kiện. Các dự án thuộc diện phải lập ĐTM, EL, ER được quy định lần lượt tại Điều 30, 39, 49 Luật BVMT. Đáng chú ý, các dự án đầu tư công khẩn cấp theo quy định của Luật Đầu tư công hoặc các dự án được miễn đăng ký môi trường (ER) theo quy định của Nghị định số 08/2022/NĐ-CP thì không phải lập ĐTM, EL, ER. Quy trình lập hồ sơ đầu vào cơ bản được tóm tắt và minh họa tại Hình 30.

Quyết định phê duyệt kết quả thẩm định báo cáo ĐTM là cơ sở để cơ quan có thẩm quyền thực hiện các nhiệm vụ sau (*Khoản 1 Điều 36 Luật BVMT số 72/2020/QH14*):

- Phê duyệt báo cáo nghiên cứu khả thi của dự án đầu tư theo hình thức hợp tác công - tư;
- Kết luận thẩm định báo cáo nghiên cứu khả thi của dự án xây dựng;
- Cấp giấy phép môi trường;
- Ban hành quyết định đầu tư đối với các dự án đầu tư.

Đối với dự án đầu tư không phải lập ĐTM, thì EL là cơ sở để cơ quan có thẩm quyền thực hiện các nhiệm vụ sau (*Điểm b Khoản 2 Điều 42 Luật BVMT số 72/2020/QH14*):

- Phê duyệt báo cáo nghiên cứu khả thi của dự án đầu tư theo hình thức hợp tác công - tư;
- Kết luận thẩm định báo cáo nghiên cứu khả thi của dự án xây dựng;
- Cấp hoặc điều chỉnh giấy phép xây dựng
- Ban hành quyết định đầu tư đối với các dự án đầu tư.

Đối với các dự án đầu tư có phát sinh chất thải không thuộc đối tượng phải thực hiện đánh giá tác động môi trường (ĐTM), thì giấy phép môi trường (EL), đăng ký môi trường (ER) là cơ sở để cơ quan có thẩm quyền cấp phép xây dựng (*Điểm b Khoản 6 Điều 49 Luật Bảo vệ Môi trường số 72/2020/QH14*).

6. ĐIỂM CHÍNH CẦN LƯU Ý VÀ KHUYẾN NGHỊ

6.1. Điểm chính cần lưu ý

- Lợi ích làm mát đáng kể từ các chiến lược kết hợp cảnh quan và sử dụng vật liệu: Kết quả mô phỏng cho thấy rằng Kịch bản NOXH_L3 (cây xanh cao 15m + lát sàn bằng đá granite) trong khu nhà ở xã hội có thể làm giảm đỉnh nhiệt ban ngày 0,75°C so với kịch

bản cơ sở. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc giảm căng thẳng nhiệt, tiết kiệm năng lượng và tăng cường tiện nghi nhiệt cho cư dân.

- Lợi ích kinh tế và xã hội lớn: Phân tích chi phí - lợi ích xã hội (SCBA) cho thấy giá trị hiện tại ròng (NPV) là 25,03 tỷ đồng đối với cả nhà ở xã hội và nhà liền kề, và tỷ suất lợi ích - chi phí (BCR) là 1,54. Tuy nhiên, việc đầu tư hệ thống làm mát ngoài trời tại khu vực nhà liền kề sẽ tốn chi phí để giảm nhiệt độ ngoài trời (-5,31 tỷ đồng theo NPV). Lợi ích chính mang lại gồm: giảm nguy cơ tử vong, cải thiện tiện nghi nhiệt và giảm khí nhà kính.
- Phân tích tài chính cho kết quả NPV âm đối với cả nhà ở xã hội và nhà liền kề. Lợi ích trực tiếp của các giải pháp làm mát chỉ là tiết kiệm chi phí bảo trì điều hòa không khí và tiêu thụ năng lượng. Không ghi nhận tăng doanh số bán nhà ở xã hội và nhà liền kề trong phân tích tài chính chính. Do đó, cần đề xuất tăng giá bán nhà ở xã hội và nhà liền kề, vì giá trị cảnh quan và cư dân sẽ là đối tượng trả tiền khi tăng đầu tư vào các giải pháp làm mát. Khó có thể tăng giá bán nhà ở xã hội do chính phủ quy định trần giá để đảm bảo các nhóm ưu tiên có đủ khả năng mua nhà ở. Nếu không thì nên sử dụng chương trình tài trợ từ chính phủ hoặc các tổ chức phi chính phủ để đẩy nhanh thu hút đầu tư vào các giải pháp làm mát tại các khu dân cư đô thị.
- Hiệu quả năng lượng thông qua hệ thống làm mát tập trung: Mặc dù hệ thống VRF tập trung đòi hỏi vốn đầu tư ban đầu cao hơn, nhưng các mô phỏng cho thấy các hệ thống này có mức tiêu thụ năng lượng để làm mát thấp hơn và tuổi thọ hệ thống dài hơn so với các thiết bị điều hòa không khí trong phòng, đặc biệt là trong các dự án quy mô lớn, đa mục đích sử dụng.
- Tuân thủ quy định và công trình xanh: Thiết kế tuân thủ quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD và Quyết định số 816/QĐ-BXD của Việt Nam, thúc đẩy áp dụng vật liệu và bố cục xây dựng bền vững và theo tiêu chuẩn quốc gia về cách nhiệt và hiệu suất năng lượng.
- Hỗ trợ mạnh về pháp lý và chính sách: Kết quả rà soát, hồi cứu văn kiện pháp lý khẳng định rằng các giải pháp làm mát được ủng hộ, đề cập nhiều trong các quy hoạch đô thị, quy định về môi trường và xây dựng hiện hành của Việt Nam. Việc thành phố Cần Thơ tham gia vào chương trình thí điểm này giúp tăng khả năng nhân rộng áp dụng sang các vùng đô thị khác.
- Xác định khoảng trống đầu tư: Các biện pháp làm mát tăng cường (ví dụ: trồng cây, lát đá granite và vật liệu cải tiến) ước tính làm tăng thêm 16,74 tỷ đồng chi phí vốn cho

nhà ở xã hội. Tuy nhiên, chi phí này không đáng kể so với số tiền có thể tiết kiệm trong dài hạn và lợi ích xã hội.

- Lợi ích lâu dài về sức khỏe cộng đồng và năng suất: Can thiệp này mang lại lợi ích xã hội gián tiếp nhưng quan trọng như nâng cao sức khỏe cộng đồng, năng suất lao động và khả năng chống chịu tốt hơn trước các đợt nắng nóng, những lợi ích này không được định giá thành tiền, nhưng đóng góp đáng kể vào khả năng đáng sống của đô thị.

6.2. Khuyến nghị

- Áp dụng Kịch bản NOXH_L3 làm tiêu chuẩn cho nhà ở xã hội trong tương lai: Tích hợp cảnh quan xanh và vật liệu có độ phản xạ cao vào hướng dẫn thiết kế cho các dự án nhà ở xã hội để tối ưu hóa việc giảm nhiệt độ và nâng cao kết quả sức khỏe.
- Thúc đẩy hệ thống VRF tập trung trong các dự án quy mô lớn: Với những lợi thế trên toàn vòng đời về hiệu suất năng lượng và tần suất sửa chữa, hệ thống VRF nên được cân nhắc ứng dụng trong công trình nhà công cộng, được hỗ trợ bởi tài chính xanh hoặc quan hệ đối tác công - tư.
- Thể chế hóa các chiến lược làm mát vào quy hoạch đô thị của Cần Thơ: Đưa các biện pháp làm mát bền vững trong các quy hoạch tổng thể đô thị và hướng dẫn cơ sở hạ tầng, đặc biệt tập trung vào các khu vực có mật độ dân số cao và các nhóm dễ bị tổn thương.
- Dùng Phân tích chi phí – lợi ích xã hội (SCBA) để vận động chính sách và huy động tài chính: Sử dụng kết quả của SCBA này để tìm kiếm nguồn tài trợ thích ứng với khí hậu (ví dụ: GCF, GEF hoặc viện trợ song phương) và tác động đến các quyết định cấp quốc gia về đầu tư cơ sở hạ tầng đô thị.
- Để đảm bảo tính khả thi về mặt tài chính của các giải pháp làm mát, giá bán của nhà ở xã hội và nhà liền kề nên tăng 5-10%. Hoặc, nên hoãn hoặc bỏ đầu tư lát đá granite ngoài trời. Hoặc có thể lát vỉa hè bằng một vật liệu chi phí rẻ hơn khác.
- Giám sát và đánh giá kết quả làm mát: Kết hợp các cơ chế giám sát theo thời gian (ví dụ: cập nhật ENVI-met và Open Studio, cảm biến năng lượng và khí hậu) để xác thực các dự báo và cải thiện các can thiệp làm mát đô thị trong tương lai.
- Mở rộng Nghiên cứu tiền khả thi sang các khu vực mục tiêu khác: Cân nhắc áp dụng phương pháp luận tương tự cho các loại hình đô thị khác như khu vực sử dụng đa mục đích và khu CNTT tập trung trong NUZ&CITP để đảm bảo tính nhất quán và khả năng mở rộng.

6.3. Hạn chế

Mặc dù phân tích SCBA cung cấp những thông tin chi tiết hữu ích về giá trị xã hội, môi trường và kinh tế của dự án nhà ở xã hội được đề xuất, nhưng cần lưu ý một số hạn chế.

- Giả định trong định giá: Các ước tính lợi ích chính như giảm tỷ lệ tử vong và bệnh tật, tiện nghi nhiệt được đưa ra dựa trên các tài liệu, báo cáo quốc tế và các giá trị tương đương do không có nghiên cứu địa phương dành riêng cho Việt Nam. Khả năng sẵn sàng chi trả (WTP) về tiện nghi nhiệt được ngoại suy từ các nghiên cứu trong khu vực, do đó có thể không phản ánh đầy đủ các ưu tiên kinh tế - xã hội của địa phương.
- Các lợi ích phi thị trường chưa được ghi nhận đầy đủ: Sự gắn kết xã hội, giá trị mỹ quan của hạ tầng xanh, lợi ích sức khỏe tâm thần và khả năng chống chịu trước các hiện tượng khí hậu cực đoan chưa được quy ra giá trị tiền tệ đầy đủ do hạn chế về dữ liệu. Điều này có thể dẫn đến việc đánh giá thấp giá trị xã hội của dự án.

Tuy nhiên, để giải quyết những hạn chế của phân tích chi phí - lợi ích xã hội hoặc phân tích kinh tế, một phần của Phân tích độ nhạy trình bày ở phần trên đã ghi nhận một số điểm không chắc chắn và các hạn chế liên quan.

Tham chiếu

- Amnuaylojaroen, T., Parasin, N., & Limsakul, A. (2024). Projections and patterns of heat-related mortality impacts from climate change in Southeast Asia. *Environmental Research Communications*, 6(3), 035019. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/AD3128>
- Bigger, P., & Webber, S. (2020). Green Structural Adjustment in the World Bank's Resilient City. *Annals of the American Association of Geographers*, 111(1), 36–51. <https://doi.org/10.1080/24694452.2020.1749023>
- Borzino, N., Chng, S., Mughal, M. O., & Schubert, R. (2020). Willingness to Pay for Urban Heat Island Mitigation: A Case Study of Singapore. *Climate*, 8(7), 82. <https://doi.org/10.3390/CLI8070082>
- CADIF. (2024). *Document on the overall adjustment of the detailed 1/500 planning of the New Urban Zone and Concentrated IT Park*.
- Can Tho Statistics Office. (2024). *Can Tho City Statistical Yearbook 2023*.
- City of Melbourne. (2011). *Urban forest strategy: Making a great city greener 2012-2032* (Draft). City of Melbourne. <https://mvga-prod-files.s3.ap-southeast-4.amazonaws.com/public/2024-07/urban-forest-strategy.pdf>
- City of New York. (n.d.). *Brooklyn-Queens greenway guide*. https://www.nycgovparks.org/sub_things_to_do/facilities/images/Brooklyn_Queens_GreenwayGuide.pdf
- Coleman, B. (2021). Assessment of a Social Discount Rate and Financial Hurdle Rates for Energy System modelling in Viet Nam. OECD Environment Working Paper No. 181. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/09/assessment-of-a-social-discount-rate-and-financial-hurdle-rates-for-energy-system-modelling-in-viet-nam_3a05a13b/a4f9aff3-en.pdf,
- Cugurullo, F., & Ponzini, D. (2018). The transnational smart city as urban eco-modernisation: The case of masdar city in Abu Dhabi. *Inside Smart Cities: Place, Politics and Urban Innovation*, 149–162. <https://doi.org/10.4324/9781351166201-10/TRANSNATIONAL-SMART-CITY-URBAN-ECO-MODERNISATION-FEDERICO-CUGURULLO-DAVIDE-PONZINI>
- Doub, S., Hanford, J., Sprug, M., Hellstern, C., & Misel, K. (2019). *Living Buildings : The Bullitt*

- Center. *Architecture and Health*, 260–279. <https://doi.org/10.4324/9780429021169-19>
- Eggimann, S. (2022). The potential of implementing superblocks for Reducing temperature by 0.75oC, reduction in heat-related deathsmultifunctional street use in cities. *Nature Sustainability*, 5(5), 406–414. <https://doi.org/10.1038/S41893-022-00855-2>
- EPA. (2023). *Report on the Social Cost of Greenhouse Gases: Estimates Incorporating Recent Scientific Advances*. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-12/epa_scghg_2023_report_final.pdf
- European Environment Agency. (2024). *Refreshing the city of Toulouse, France: Agile experimentation based on 30 Actions to adapt to extreme heat (summer 2023)*. Climate-ADAPT. Modified March 17, 2025. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/mission/solutions/mission-stories/refreshing-toulouse-story3>
- Faragallah, R. N., & Ragheb, R. A. (2022). Evaluation of thermal comfort and urban heat island through cool paving materials using ENVI-Met. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(3), 101609.VI-Met. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.10.004>.
- Hajat, S., & Kosatky, T. (2010). Heat-related mortality: a review and exploration of heterogeneity. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 64(9), 753–760. <https://doi.org/10.1136/JECH.2009.087999>
- He, B. J., Zhu, J., Zhao, D. X., Gou, Z. H., Qi, J. Da, & Wang, J. (2019). Co-benefits approach: Opportunities for implementing sponge city and urban heat island mitigation. *Land Use Policy*, 86, 147–157. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2019.05.003>
- Ho, B. Q., Nguyen, K. D., Vu, K. H. N., Nguyen, T. T., Nguyen, H. T. T., Ngo, D. D. N., Tran, H. T. H., Le, P. H., Nguyen, Q. H., Ngo, Q. X., Huynh, N. T. T., & Nguyen, H. D. (2022). Apply MIKE 11 model to study impacts of climate change on water resources and develop adaptation plan in the Mekong Delta, Vietnam: a case of Can Tho city. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(2), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S10661-022-10185-7/METRICS>
- Ho, T. H., Van Dang, C., Pham, T. T. B., & Wangwongwatana, S. (2023). Assessment of health and economic benefits of reducing fine particulate matter (PM2.5) concentration in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Hygiene and Environmental Health Advances*, 6, 100045. <https://doi.org/10.1016/J.HEHA.2023.100045>
- Honda, Y., Kondo, M., McGregor, G., Kim, H., Guo, Y. L., Hijioka, Y., Yoshikawa, M., Oka, K.,

- Takano, S., Hales, S., & Kovats, R. S. (2014). Heat-related mortality risk model for climate change impact projection. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 19(1), 56–63. <https://doi.org/10.1007/S12199-013-0354-6/TABLES/4>
- Kostina, E. K., Dudchenko, M. Y., & Myronenko, O. V. (2019). Modern trends in architecture. Green architecture as a form of efficient architecture energy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 698(3), 033048. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/3/033048>
- Li, H., Zhao, Y., Wang, C., Ürge-Vorsatz, D., Carmeliet, J., & Bardhan, R. (2024). Cooling efficacy of trees across cities is determined by background climate, urban morphology, and tree trait. *Communications Earth & Environment* 2024 5:1, 5(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01908-4>
- Li, X. X., & Norford, L. K. (2016). Evaluation of cool roof and vegetations in mitigating urban heat island in a tropical city, Singapore. *Urban Climate*, 16, 59–74. <https://doi.org/10.1016/J.UCLIM.2015.12.002>
- McNeill, D. (2022). Botanic urbanism: The Technopolitics of Controlled Environments in Singapore’s Gardens by the Bay. *International Journal of Urban and Regional Research*, 46(2), 220–234. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.13075>
- Nguyen, C. V., Nguyen, M. H., & Nguyen, T. T. (2023). The impact of cold waves and heat waves on mortality: Evidence from a lower middle-income country. *Health Economics*, 32(6), 1220–1243. <https://doi.org/10.1002/HEC.4663>
- Pandita, A., Pradeep, A., Anjukandan, R., & Vignesh, T. (2024). Exploring Masdar City: Smart Innovations and Future Eco-City Model in Urban Sustainability. *Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET*. <https://doi.org/10.1109/ASET60340.2024.10708691>
- Peng, Y., & Reilly, K. (2021). *Using nature to reshape cities and live with water: an overview of the Chinese Sponge City Programme and its implementation in Wuhan*. <https://growgreenproject.eu/using-nature-to-reshape-cities-and-live-with-water-an-overview-of-the-chinese-sponge-city-programme-and-its-implementation-in-wuhan/>
- Russo, A., & Cirella, G. T. (2018). Modern Compact Cities: How Much Greenery Do We Need? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2180. <https://doi.org/10.3390/IJERPH15102180>

- Slesinski, S. C., Matthies-Wiesler, F., Breitner, S., Gussmann, G., & Schneider, A. (2025). Social inequalities in exposure to heat stress and related adaptive capacity: A systematic review. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ADB509>
- UN Environment. (2018). Emerging Sponge Cities. *Foresight Brief - Early Warning, Emerging Issues and Futures*, 005, 4. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22710/Foresight_Brief_005_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UNEP. (2018). 'A city in a garden': Singapore's journey to becoming a biodiversity model. Environment under Review. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/city-garden-singapores-journey-becoming-biodiversity-model>
- Vietnam S.R. (2012). *National standard TCVN 9258:2012 on Heat protection for residential buildings - Design guidelines*. https://vanbanphapluat.co/data/2017/08/286382_tcvn9258-2012.pdf
- Nguyen, T. A., et al. (2021). *Assessing urban heat island intensity in Ho Chi Minh City using remote sensing and GIS techniques*. *Urban Climate*, 35, 100763.
- Leung, A., Tan, J., & Pongpanich, S. (2023). *Heat risks and urban vulnerability in Bangkok: a review*. *Journal of Environmental Health Research*, 32(2), 45–57.
- World Bank (2022). Vietnam Country Climate and Development Report. CCDR Series. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37966>.
- World Bank (2020). *Vietnam Urban Resilience Program: Heat Risk Assessment for Ho Chi Minh City*.
- WeatherSpark. (2024). *Average weather in Cần Thơ, Vietnam year-round*. Retrieved July 29, 2025, from <https://weatherspark.com/y/115861/Average-Weather-in-C%E1%BA%A7n-Th%C6%A1-Vietnam-Year-Round>
- UN-Habitat. (2022). *Cooling Cities: A Policy Outlook for Southeast Asia*. United Nations Human Settlements Programme.

PHỤ LỤC A – Chi phí đầu tư ban đầu

* Yếu tố lạm phát (hoặc yếu tố leo thang giá):

Để tính giá trị vào năm 2025 từ năm 2018, chúng tôi đã sử dụng công thức:

$$\text{Giá trị tương lai (FV)}_{(2025)} = \text{Giá trị cơ sở (PV)}_{(2018)} \times \prod_{i=2018}^{2024} \left(1 + \frac{CPI_i}{100}\right)$$

Trong đó: Giá trị cơ sở là giá trị năm 2018, CPI_i là tỷ lệ lạm phát cho từng năm (từ năm 2018 đến năm 2024), tích ($\prod$) cho biết bạn nhân các yếu tố cho từng năm từ 2018 đến 2024). Như vậy, để quy đổi giá trị cơ sở (PV) từ năm 2018 sang giá trị tương đương năm 2025 (FV), hãy sử dụng công thức: $FV = PV \times 1.2582$

Bảng A. 1 CPI và yếu tố lạm phát của Việt Nam giai đoạn 2018-2024

Năm	Giá trị CPI	Hệ số lạm phát	
2018	3.54%	2018 đến 2019	1.0354
2019	2.79%	2019 đến 2020	1.0279
2020	5.15%	2020 đến 2021	1.0515
2021	1.84%	2021 đến 2022	1.0184
2022	3.15%	2022 đến 2023	1.0315
2023	3.25%	2023 đến 2024	1.0325
2024	3.66%	2024 đến 2025	1.0366
Hệ số lạm phát tích lũy từ năm 2018 đến năm 2025			1.2582

Đối với chi phí nhân công, máy móc, chúng tôi áp dụng hệ số điều chỉnh sử dụng cho thành phố Cần Thơ, do UBND thành phố Cần Thơ quy định thông qua Công văn số 1484/SXD-QLXD ngày 25/5/2016. Cụ thể, hệ số điều chỉnh của nhân công và máy lần lượt là 0,985 và 0,821.

Bảng A. 2. Chi phí đầu tư ban đầu cây xanh khu nhà ở xã hội

(Đơn vị: Đồng Việt Nam)

TT	Loại	Công thức	Viết tắt	Tổng số tiền Kịch bản NOXH_L1 (5.888 m2 thảm cỏ)	Tổng số tiền Kịch bản NOXH_L3 (5.888 m2 cỏ thảm và 80 cây thanh trà)
I	CHI PHÍ TRỰC TIẾP	MC + LC + MaC	D	474,165,942	1,754,373,887
1	Chi phí nguyên vật liệu	MC	MC	376,832,000	1,635,174,672
2	Chi phí nhân công	LC * 0,985	LC	97,333,942	117,497,818
3	Chi phí máy móc	MaC * 0.821	Mac	-	1,701,397
II	CHI PHÍ CHUNG	D * 5%	O	23,708,297	87,718,694
III	THU NHẬP TRƯỚC THUẾ	5,5%*(D+O)	PTI	27,383,083	101,315,092
	<i>Chi phí xây dựng trước thuế</i>	D + O + PTI	CCPre	525,257,322	1,943,407,673
IV	VAT	10% * CC _{trước}	VAT	52,525,732	194,340,767
	<i>Chi phí xây dựng sau thuế</i>	CCPre + VAT	CCAft	577,783,054	2,137,748,441
		Giá trị điều chỉnh năm 2025		726,966,638	2,689,715,088

Trong kịch bản cơ sở (NOXH_L1), nghiên cứu sử dụng giả định lớp bê tông MAC#200 có độ dày 10 cm, khối lượng bê tông cần thiết cho 11.584 m2 là 1.158,4 m3. Trong tính toán này, chúng tôi sử dụng tỷ lệ trộn tiêu chuẩn cho bê tông MAC # 200 (bê tông xi măng PCB40 350 kg / m3; bê tông cát 0,45 m3 / m3; đá nghiền 1x2 0,899 m3 / m3 bê tông; và nước 189,6 lít / m3 bê tông).

Bảng A. 3. Chi phí đầu tư ban đầu sàn ngoài trời trong khu nhà ở xã hội

(Đơn vị: Đồng Việt Nam)

TT	Loại	Công thức	Viết tắt	Tổng số tiền Kịch bản NOXH_L1 (bê tông sẫm màu)	Tổng số tiền Kịch bản NOXH_L3 (sàn ngoài trời bằng đá granit và vỉa hè)
I	CHI PHÍ TRỰC TIẾP	MC + LC + MaC	D	1,678,560,801	6,451,929,290
1	Chi phí nguyên vật liệu	MC	MC	1,302,117,313	3,547,560,614
2	Chi phí nhân công	LC * 0,985	LC	332,941,675	2,358,667,762
3	Chi phí máy móc	MaC * 0.821	Mac	43,501,813	545,700,914
II	CHI PHÍ CHUNG	D * 5%	O	83,928,040	322,596,464
III	THU NHẬP TRƯỚC THUẾ	5,5%*(D+O)	PTI	96,936,886	372,598,916
	<i>Chi phí xây dựng trước thuế</i>	D + O + PTI	CCPre	1,859,425,728	7,147,124,671
IV	VAT	10% * CC _{trước}	VAT	185,942,573	714,712,467
	<i>Chi phí xây dựng sau thuế</i>	CCPre + VAT	CCAft	2,045,368,301	7,861,837,138
		Giá trị điều chỉnh năm 2025		2,573,482,396	9,891,763,487

Bảng A. 4. Chi phí đầu tư ban đầu cây xanh khu nhà liền kề

(Đơn vị: Đồng Việt Nam)

TT	Loại	Công thức	Viết tắt	Tổng số tiền Kịch bản NOLK_L1 (752 m2 thảm cỏ)	Tổng số tiền Tình huống NOLK_L3 (752 m2 Cỏ thảm và 36 cây thanh trà)
I	CHI PHÍ TRỰC TIẾP	MC + LC + MaC	D	60,559,237	635,513,228
1	Chi phí nguyên vật liệu	MC	MC	48,128,000	613,242,618
2	Chi phí nhân công	LC * 0,985	LC	12,431,237	21,504,982
3	Chi phí máy móc	MaC * 0.821	Mac	-	765,629
II	CHI PHÍ CHUNG	D * 5%	O	3,027,962	31,775,661
III	THU NHẬP TRƯỚC THUẾ	5,5%*(D+O)	PTI	3,497,296	36,700,889
	<i>Chi phí xây dựng trước thuế</i>	D + O + PTI	CCPre	67,084,495	703,989,778
IV	VAT	10% * CC _{trước}	VAT	6,708,449	70,398,978
	<i>Chi phí xây dựng sau thuế</i>	CCPre + VAT	CCAft	73,792,944	774,388,756
		Giá trị điều chỉnh năm 2025		92,846,283	974,335,933

Trong kịch bản cơ sở (NOLK_L1), nghiên cứu sử dụng giả định lớp bê tông MAC # 200 với độ dày 10 cm, khối lượng bê tông cần thiết cho 5.520 m2 là 552 m3. Trong tính toán này, chúng tôi sử dụng tỷ lệ trộn tiêu chuẩn cho bê tông MAC # 200 (bê tông xi măng PCB40 350 kg / m3; bê tông cát 0,45 m3 / m3; đá nghiền 1x2 0,899 m3 / m3 bê tông; và nước 189,6 lít / m3 bê tông).

Bảng A. 5. Chi phí đầu tư ban đầu sàn ngoài trời khu nhà liền kề

(Đơn vị: Đồng Việt Nam)

TT	Loại	Công thức	Viết tắt	Tổng số tiền Kịch bản NOLK_L1 (bê tông sẫm màu)	Tổng số tiền Kịch bản NOLK_L3 (sàn ngoài trời và vỉa hè bằng đá granit)
I	CHI PHÍ TRỰC TIẾP	MC + LC + MaC	D	799,866,680	3,074,469,068
1	Chi phí nguyên vật liệu	MC	MC	620,484,079	1,690,481,232
2	Chi phí nhân công	LC * 0,985	LC	158,653,146	1,123,950,798
3	Chi phí máy móc	MaC * 0.821	Mac	20,729,455	260,037,038
II	CHI PHÍ CHUNG	D * 5%	O	39,993,334	153,723,453
III	THU NHẬP TRƯỚC THUẾ	5,5%*(D+O)	PTI	46,192,301	177,550,589
	<i>Chi phí xây dựng trước thuế</i>	D + O + PTI	CCPre	886,052,315	3,405,743,110
IV	VAT	10% * CC _{trước}	VAT	88,605,232	340,574,311
	<i>Chi phí xây dựng sau thuế</i>	CCPre + VAT	CCAft	974,657,547	3,746,317,421
		Giá trị điều chỉnh năm 2025		1,226,314,125	4,713,616,579

Bảng A. 6. Một phần chi phí xây dựng nhà ở xã hội

(Đơn vị: Đồng Việt Nam)

TT	Loại	Công thức	Viết tắt	Tổng số tiền (QCVN-09)
I	CHI PHÍ TRỰC TIẾP	MC + LC + MaC	D	66,449,672,576
1	Chi phí nguyên vật liệu	MC	MC	43,952,094,139
2	Chi phí nhân công	LC * 0,985	LC	22,480,209,613
3	Chi phí máy móc	MaC * 0.821	Mac	17,368,824
II	CHI PHÍ CHUNG	D*6,5%	O	4,319,228,717
III	THU NHẬP TRƯỚC THUẾ	5,5%*(D+O)	PTI	3,892,289,571
	<i>Chi phí xây dựng trước thuế</i>	D + O + PTI	CCPre	74,661,190,864
IV	VAT	10% * CC _{trước}	VAT	7,466,119,086
	<i>Chi phí xây dựng sau thuế</i>	CCPre + VAT	CCAft	82,127,309,951
		Giá trị điều chỉnh năm 2025		103,332,581,380

Bảng A. 7. Một phần chi phí xây dựng diện tích nhà liền kề

(Đơn vị: Đồng Việt Nam)

TT	Loại	Công thức	Viết tắt	Tổng số tiền (QCVN-09)
I	CHI PHÍ TRỰC TIẾP	MC + LC + MaC	D	24,889,688,878
1	Chi phí nguyên vật liệu	MC	MC	17,744,822,979
2	Chi phí nhân công	LC * 0,985	LC	7,140,290,697
3	Chi phí máy móc	MaC * 0.821	Mac	4,575,202
II	CHI PHÍ CHUNG	D*6,5%	O	1,617,829,777
III	THU NHẬP TRƯỚC THUẾ	5,5%*(D+O)	PTI	1,457,913,526
	<i>Chi phí xây dựng trước thuế</i>	D + O + PTI	CCPre	27,965,432,181
IV	VAT	10% * CC _{trước}	VAT	2,796,543,218
	<i>Chi phí xây dựng sau thuế</i>	CCPre + VAT	CCAft	30,761,975,399
		Giá trị điều chỉnh năm 2025		38,704,717,447

Bảng A. 8. Chi phí đầu tư xây dựng nhà ở xã hội

Cơ sở dựa trên QCVN 09:2017/BXD			
1. Chi phí đầu tư (Quyết định số 816)	Chi phí đầu tư - nhà ở xã hội = Tổng diện tích x giá trị điều chỉnh năm 2025	44.368m ² x 10.817 triệu đồng/m ²	479.928,656 triệu đồng
1.1 Xây dựng chuyên môn (20%)	[1.1]= [1] x 20% = Chi phí đầu tư (Quyết định số 816) x 20%	479.928,656 triệu đồng x 20%	95.985,713 triệu đồng
2. Xây dựng chuyên môn (20%) đối với Chi phí đầu tư (QCVN 09:2017/BXD)	Một phần chi phí xây dựng (Bảng A6) + Nhôm che nắng x tổng diện tích + E thấp x tổng diện tích	103.332.581.380 VND + 715.000 x 1.166+2.522.000 x 1.024	106.748,799 triệu đồng
3. Chi phí đầu tư (QCVN 09:2017/BXD)	3 = 1 + 2 - 1,1	479,928.656 + 106,748.799 - 95,985.713)	490.691,724 triệu đồng
Kịch bản dựa trên QCVN 09:2017/BXD + bóng mờ + E thấp			
1. Chi phí xây dựng ban đầu	Nhôm che nắng x tổng là + E thấp x tổng diện tích + Chi phí xây dựng ban đầu VRF COP4	715000*1166+252200*1024	3.416,22 triệu đồng
2. Chi phí đầu tư (QCVN 09:2017/BXD)	Chi phí đầu tư (QCVN	490,691.724 + 3,416	494.107,94 triệu đồng

+ che nắng + E thấp	09:2017/BXD) + Chi phí xây dựng ban đầu		
---------------------	---	--	--

Bảng A. 9. Chi phí đầu tư xây dựng nhà liền kề

1. Chi phí đầu tư (Quyết định số 816)	Chi phí đầu tư - nhà ở xã hội = Tổng diện tích x giá trị điều chỉnh năm 2025	21.311m ² x 7.612.000VND/m ²	162.219,332 triệu đồng
1.1 Xây dựng chuyên môn (20%)	1.1 = 1 x 20% = Chi phí đầu tư (Quyết định số 816) x 20%	162.219,332 triệu. VND x 20%	32.443.866 triệu đồng
2. Xây dựng chuyên môn (20%) đối với Chi phí đầu tư (QCVN 09:2017/BXD)	Một phần chi phí xây dựng diện tích nhà liền kề (Bảng A7)		38.704.717 triệu đồng
3. Chi phí đầu tư (QCVN 09:2017/BXD)	3 = 1 + 2 - 1,1	162,219.332 + (38,704.717 - 32,443.866)	168,480.183 triệu đồng

Bảng A. 10. Báo giá 1: Hệ thống điều hòa trung tâm (loại VRF/Cassette)

(Đơn vị: Đồng Việt Nam)

TT	Mô tả công việc	Thương hiệu / Tương đương	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Tổng giá (đồng)
1	Đơn vị phân phối khí	DAIKIN hoặc tương đương	Máy tính	20	2,212,500	44,250,000
2	Dàn lạnh Cassette 4 chiều (CSL 5.6W)	DAIKIN hoặc tương đương	đơn vị	5	31,200,000	156,000,000
3	Dàn nóng CSL 33.5kW	DAIKIN hoặc tương đương	đơn vị	1	187,200,000	187,200,000
4	Bộ điều khiển trung tâm ITC + Bộ chuyển đổi trung tâm Itouch + bộ chuyển đổi bộ khuếch đại tín hiệu (Tùy chọn)	DAIKIN hoặc tương đương	Máy tính	1	123,200,000	123,200,000
5	Bộ điều khiển từ xa cố định	DAIKIN hoặc tương đương	cài	5	1,200,000	6,000,000
6	Tủ phân phối HVAC	LS, HYUNDAI/HQ (lắp ráp tại Việt Nam)	tủ	1	28,000,000	28,000,000
7	Đường ống đồng + nhân công lắp đặt + phụ kiện	Gói chìa khóa trao tay	gói	1	50,000,000	50,000,000
	Tổng phụ (Trước VAT)					594,650,000
	Thuế GTGT 10%					59,465,000
	Tổng (Sau VAT)					654,115,000

Bảng A. 11. Hệ thống điều hòa không khí trong phòng (Split-type)

(Đơn vị: Đồng Việt Nam)

TT	Mô tả công việc	Thương hiệu / Tương đương	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Tổng giá (đồng)
1	Máy lạnh Daikin Inverter 2 HP	DAIKIN hoặc tương đương	cài	5	25,000,000	125,000,000
2	Đường ống đồng + nhân công lắp đặt + phụ kiện	DAIKIN hoặc tương đương	cài	5	2,000,000	10,000,000
	Tổng phụ (Trước VAT)					135,000,000
	Thuế GTGT 10%					13,500,000
	Tổng (Sau VAT)					148,500,000

PHỤ LỤC B – Kết quả mô phỏng mức tiêu thụ năng lượng và chi phí đầu tư tòa nhà cho các kịch bản làm mát

1. Kết quả mô phỏng tòa nhà

1.1. Nhà ở xã hội

L3 (Granite)		
Nhà ở xã hội	Tiêu thụ năng lượng (kWh/năm)	Tiêu thụ năng lượng cho làm mát (kWh/năm)
RAC	3,009,834	1,413,863
VRF	2,680,956	1,059,263
VRF+Low-E+ Bóng râm	2,435,472	835,447
VRF+Low-E+ Mái xanh + Khu vực xanh	2,437,729	839,472

Hình B. 1. Hiển thị kết quả mô phỏng nhà ở xã hội với kịch bản cảnh quan L3

Model Summary

Building Summary	
Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	3,009,834 kWh
Total Building Area	44,368 m^2
Total Site EUI	67.37 kWh/m^2
OpenStudio Standards Building Type	n/a

Model Summary

Building Summary	
Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	2,680,956 kWh
Total Building Area	44,368 m^2
Total Site EUI	60.42 kWh/m^2
OpenStudio Standards Building Type	n/a

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	2,435,472 kWh
Total Building Area	44,368 m ²
Total Site EUI	54.89 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	2,437,729 kWh
Total Building Area	44,368 m ²
Total Site EUI	54.94 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

L2 (Không dùng granite)		
Nhà ở xã hội	Tiêu thụ năng lượng (kWh/năm)	Tiêu thụ năng lượng cho làm mát (kWh/năm)
RAC	3,031,942	1,435,971
VRF	2,697,537	1,075,844
VRF+Low-E+ Bóng râm	2,443,652	843,627
VRF+Low-E+ Mái xanh + Khu vực xanh	2,446,773	848,516

Hình B. 2. Hiển thị kết quả mô phỏng nhà ở xã hội với kịch bản cảnh quan L2

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	3,031,942 kWh
Total Building Area	44,368 m ²
Total Site EUI	68.33 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	2,697,537 kWh
Total Building Area	44,368 m ²
Total Site EUI	60.79 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	2,443,652 kWh
Total Building Area	44,368 m ²
Total Site EUI	55.07 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	2,446,773 kWh
Total Building Area	44,368 m ²
Total Site EUI	55.14 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

	Năng lượng hàng năm (kWh/năm)	Năng lượng làm mát hàng năm (kWh/năm)
1. RAC (COP = 3.5)	3,039,042	1,443,071
2. VRF (COP = 4)	2,702,856	1,081,163
3. VRF + Low-E + Đồ bóng	2,447,823	847,798
4. VRF + Low-E + Mái xanh + khu vực cây xanh	2,450,968	852,711

Hình B. 3. Hiển thị kết quả mô phỏng nhà ở xã hội với kịch bản cảnh quan L1 (bê tông tối)

1.2. Khu nhà liền kề

Diện tích nhà liền kề	Tiêu thụ năng lượng (kwh/năm)	Tiêu thụ năng lượng để làm mát (kwh / năm)
	L3 (15m cây + đá granit)	
RAC COP 3.5 cây bóng mát + đá granit	859,288	239,593
Cây bóng mát VRF COP 4.0 + đá granit	1,138,890	329,398
	L2 (15m cây)	
RAC COP 3.5 cây bóng mát + bê tông tối màu	870,055	250,360
RAC COP 4.0 cây bóng mát + bê tông tối màu	1,153,642	344,150
	L1 (bê tông sẫm màu)	
Bê tông tối RAC COP 3.5	879,167	259,472
Bê tông tối RAC COP 4.0	1,165,142	356,650

L3 Granite		
Nhà liền kề	Tiêu thụ năng lượng (kWh/năm)	Tiêu thụ năng lượng cho làm mát (kWh/năm)
RAC	859,288	239,593
VRF	1,138,890	329,398

Hình B. 4. Hiển thị kết quả mô phỏng nhà liền kề với kịch bản cảnh quan L3 (đá granit)

1. Kết quả mô phỏng RAC COP 3.5_L3 (RAC COP 3.5 + cây bóng mát + đá granit)

OpenStudio Results

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	859,288 kWh
Total Building Area	21,311 m ²
Total Site EUI	40.32 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

2. Kết quả mô phỏng VRF COP 4.0_L3 (VRF COP 4.0 + cây bóng mát + đá granit)

OpenStudio Results

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	1,138,890 kWh
Total Building Area	21,311 m ²
Total Site EUI	53.44 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

L2 (Không dùng granite)		
Nhà liền kề	Tiêu thụ năng lượng (kWh/năm)	Tiêu thụ năng lượng cho làm mát (kWh/năm)
RAC	870,055	250,36
VRF	1,153,642	344,15

Hình B. 5. Hiển thị kết quả mô phỏng cho nhà liền kề với kịch bản Landscape L2

3. Kết quả mô phỏng COP 3.5_L2 (RAC COP 3.5 + cây bóng mát + bê tông tối)

OpenStudio Results

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	870,055 kWh
Total Building Area	21,311 m ²
Total Site EUI	40.82 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

4. Kết quả mô phỏng VRF COP 4.0_L2 (VRF COP 4.0 + cây bóng mát + bê tông tối)

OpenStudio Results

Model Summary

Building Summary

Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	1,153,642 kWh
Total Building Area	21,311 m ²
Total Site EUI	54.13 kWh/m ²
OpenStudio Standards Building Type	n/a

Hình B.. Hiển thị kết quả mô phỏng cho nhà liền kề với kịch bản Landscape L2 6

2. Chi phí vốn làm mát bên trong tòa nhà

- Chi phí đầu tư cho kịch bản (4): ban công xanh, mái xanh, Low-E

Bảng B. 1. Đầu tư ban công cây xanh trong nhà xã hội Kịch bản (4)

Ban công cây xanh (480m ²)			
Loại	Vật liệu / Loại thực vật	Đơn giá (VND/m ²)	Tổng cộng (VND/m ²)
Cấu trúc khung	Ống thép hình chữ nhật 30x60mm, độ dày 1.4mm, mạ kẽm nhúng nóng	135,000	250,000
	Sơn chống gỉ + 2 lớp sơn Epoxy	55,000	
	Lắp ráp + bu lông vào bê tông	60,000	

Mô-đun trồng cây	Mô-đun trồng nhựa PP, kích thước 40x40x20cm, nhựa PP hình chữ U	110,000	185,000
	Vải địa kỹ thuật PET 300gsm	45,000	
	Công việc lắp ráp mô-đun	30,000	
Phương tiện trồng	Đất sạch nhẹ	35,000	72,000
	Than trấu	15,000	
	Xơ dừa phân hủy	12,000	
	Phân bón vi sinh hữu cơ	10,000	
Thực vật	Cây leo + dây leo (cây thường xuân, râu mèo, đậu bướm, v.v.)	90,000	120,000
	Chi phí trồng + cây cố định	30,000	
Chi phí bảo trì: 100.000 đồng/m ² /năm			627,000

- + Giá phủ xanh ban công được tham khảo từ báo giá thực tế của các nhà cung cấp hệ thống trồng cây dạng vườn thẳng đứng và mô-đun tại Cần Thơ và Thành phố Hồ Chí Minh (2025). Giá vật liệu, bao gồm khung thép, tưới nhỏ giọt và các loại nhà máy, đã được điều chỉnh để sử dụng thực tế.

Bảng B. 2. Đầu tư mái xanh nhà ở xã hội trong kịch bản (4)

Mái xanh (1292m ²)			
Loại	Vật liệu / Loại thực vật	Đơn giá (VND/m ²)	Tổng cộng (VND/m ²)
Lớp chống thấm nước	Màng chống thấm chịu nhiệt (Bitum 3mm)	120,000	150,000
	Keo bitum cho các mối nối	30,000	
Lớp lọc	Vải Geotextile PET 300gsm	45,000	60,000
	May vải lọc	15,000	
Lớp thoát nước	Tấm thoát nước HDPE dày 3cm	45,000	90,000
	Khớp, keo, viền	25,000	

	Nhân công lắp đặt phụ kiện HDPE +	20,000	
Phương tiện trồng	Đất sạch	35,000	97,000
	Xơ dừa	12,000	
	Than trấu	15,000	
	Phân bón vi sinh hữu cơ	10,000	
	Lao động trộn và rải đất	25,000	
Thực vật	Cỏ / rau răm / rau muống / cói	100,000	325,000
	Dây buộc cố định cây / cọc cây trang trí	15,000	
	Lao động trồng trọt và tạo hình	30,000	
	Bảo dưỡng và chăm sóc trong 6 tháng đầu	60,000	
	Lao động và vận chuyển	120,000	
Chi phí bảo trì: 370.000 đồng/m ² /năm			722,000

- + Giá mái xanh được tổng hợp từ các gói lắp đặt mái xanh điển hình tại TP. Hồ Chí Minh và Cần Thơ, điều chỉnh phù hợp với điều kiện địa phương. Một số số liệu được lấy từ các nhà thầu cảnh quan và nhà cung cấp vật liệu khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (2025)

Bảng B. 3. Đầu tư thấp – Cỏ E trong kịch bản (4) trong nhà ở xã hội

Kính Low-E (1024 m ²)	
Vật liệu / Hạng mục công việc	Đơn giá (VND/m ²)
Kính AGC Stopray Vision-50T (chứa đầy không khí)	1,550,000
Khung nhôm, hệ Xingfa 55/65, sơn tĩnh điện	550,000
Phụ kiện lắp đặt (keo silicone, miếng đệm, miếng đệm cao su, vít thép không gỉ)	100,000
Lao động lắp đặt	300,000

Bảo trì & vệ sinh (1–2 lần/năm)	22,000
Tất cả	2,522,000

- + Giá kính và khung nhôm Low-E có nguồn gốc từ các nhà cung cấp kính như AGC Glass và Saint-Gobain, và hệ thống nhôm sơn tĩnh điện từ các nhà cung cấp địa phương. Chi phí lắp đặt được ước tính dựa trên tham khảo ý kiến của các nhà thầu tại Cần Thơ (2025).
- + Tổng chi phí của ba bảng trên cho thấy, chi phí đầu tư cho kịch bản (4) mái xanh, ban công xanh, kính Low-E là 3.816.312 đồng.
- **Chi phí đầu tư cho kịch bản (3): che nắng, Low-E**

Bảng B. 4. Đầu tư thấp – Cỏ E trong kịch bản (3) nhà ở xã hội

Kính Low-E (1024 m ²)	
Vật liệu / Hạng mục công việc	Đơn giá (VND/m ²)
Kính AGC Stopray Vision-50T (chứa đầy không khí)	1,550,000
Khung nhôm, hệ Xingfa 55/65, sơn tĩnh điện	550,000
Phụ kiện lắp đặt (keo silicone, miếng đệm, miếng đệm cao su, vít thép không gỉ)	100,000
Lao động lắp đặt	300,000
Bảo trì & vệ sinh (1–2 lần/năm)	22,000
Tất cả	2,522,000

Bảng B. 5. Đầu tư bóng râm trong kịch bản (3) trong nhà ở xã hội

Cửa gió che nắng bằng nhôm (1,166 m ²)			
Loại	Vật liệu	Đơn giá (VND/m ²)	Tổng cộng (VND/m ²)
Cửa gió nhôm	Ống nhôm vuông, 50×100 mm, dày 1,2 mm, hợp kim 6063	360,000	430,000
	Sơn tĩnh điện ngoài trời	70,000	
Khung hỗ trợ cửa gió	Ống thép mạ kẽm, 30×60 mm, dày 1,5 mm, mạ kẽm nhúng nóng	110,000	160,000
	Sơn epoxy ngoài trời hai lớp	50,000	
Phụ kiện cài đặt	Bu lông nở thép M8	10,000	35,000
	Kẹp cố định nhôm / thép không gỉ	10,000	
	Vít tự khoan bằng thép không gỉ 304	7,000	
	Giá đỡ kết nối (hình chữ L, hình chữ T)	8,000	
Lao động xây dựng		90,000	90,000
Tuổi thọ: 15–20 năm			715,000

- + Tổng chi phí của hai bảng trên cho thấy, chi phí đầu tư cho kịch bản (3) che nắng và kính Low-E là 3.416.218 đồng.
- + Đơn giá vật liệu và lắp đặt (bao gồm 50×100 cửa gió hộp nhôm, khung thép mạ kẽm, bu lông và phụ kiện) được ước tính dựa trên tham vấn trực tiếp với công nhân xây dựng địa phương tại TP Cần Thơ vào tháng 8/2025.

PHỤ LỤC C - Chi phí tiêu thụ năng lượng, chi phí xã hội của CO2 và giá trị cảnh quan

Bảng C. 1. Thay đổi mức tiêu thụ năng lượng thành chi phí tiêu thụ năng lượng, chi phí xã hội của CO2 và cảnh quan trong phân tích chính Độ nhạy 1, 2 và 3 trong nhà xã hội

Nhà xã hội	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung	Ghi chú
Phân tích chính	L1, RAC	L3, VRF + low E + đồ bóng		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	3,039,042	2,435,472	603,570	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	7,427,692,162	5,952,512,760	1,475,179,401	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	257,428,739	206,302,014	51,126,725	Tiết kiệm
4. Doanh thu nhà liền kề (đồng)	748,743,840,000	748,743,840,000	0	
5. Giá trị cảnh quan (đồng)	0	0	0	
S1	L1, RAC	L2, VRF + thấp E + đồ bóng		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	3,039,042	2,443,652	595,390	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	7,427,692,162	5,972,505,417	1,455,186,745	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	257,428,739	206,994,919	50,433,820	Tiết kiệm
4. Giá trị cảnh quan (VND)		0	0	
S2	L1, RAC	L3, giá trị ngang 3%		
1. Giá trị cảnh quan (VND)		22,462,315,200	22,462,315,200	Lợi
S3	L1, RAC	L3, VRF + low E + che nắng, 7 USD/tấn CO2, 3% giá trị cảnh quan		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	3,039,042	2,435,472	603,570	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	7,427,692,162	5,952,512,760	1,475,179,401	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	360,400,234	288,822,819	64,419,673	Tiết kiệm
4. Giá trị cảnh quan (VND)		22,462,315,200	22,462,315,200	

Bảng C. 2. Thay đổi trong tiêu thụ năng lượng đến chi phí tiêu thụ năng lượng, chi phí xã hội của CO2 và cảnh quan trong phân tích chính Độ nhạy 1, 2 và 3 trong nhà liền kề

Nhà liền kề	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung	Ghi chú
Phân tích chính	L1, RAC	L3, RAC		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	859,288	19,879	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,100,177,208	48,586,065	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	74,471,775	72,787,880	1,683,894	Tiết kiệm
4. Doanh thu nhà liền kề (đồng)	277,284,000,000	277,284,000,000	0	
5. Giá trị cảnh quan (đồng)	0	0	0	
S1	L1, RAC	L2, RAC		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	870,055	9,112	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,126,492,725	22,270,548	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	74,471,775	73,699,923	771,852	Tiết kiệm
4. Giá trị cảnh quan		0	0	
S2	L1, RAC	L3, giá trị ngang 5%		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	859,288	19,879	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,100,177,208	48,586,065	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	74,471,775	72,787,880	1,683,894	Tiết kiệm
4. Doanh thu nhà liền kề (đồng)	277,284,000,000	277,284,000,000	0	
5. Giá trị cảnh quan (đồng)		13,864,200,000	13,864,200,000	
S3	L1, RAC	L3, RAC, 7 USD/tấn CO2, 5% giá trị cảnh quan		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	859,288	19,879	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,100,177,208	48,586,065	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	104,260,485	101,903,033	2,357,452	Tiết kiệm
4. Doanh thu nhà liền kề (đồng)	277,284,000,000	277,284,000,000	0	
5. Giá trị cảnh quan (đồng)	0	13,864,200,000	13,864,200,000	

Nhà liền kề	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung	Ghi chú
Phân tích chính	L1, RAC	L3, RAC		

Nhà liền kề	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung	Ghi chú
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	859,288	19,879	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,100,177,208	48,586,065	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)		291,151,522	291,151,522	Lợi ích
4. Doanh thu nhà liền kề	277,284,000,000	277,284,000,000	0	
5. Giá trị cảnh quan	0	27,728,400,000	27,728,400,000	
S1.1	L1, RAC	L2, RAC		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	870,055	9,112	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,126,492,725	22,270,548	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)		294,799,692	294,799,692	Lợi ích
4. Giá trị cảnh quan		27,728,400,000	27,728,400,000	
S1.2	L1, RAC	S1.1 + 5% giá trị ngang		
1. Giá trị cảnh quan		13,864,200,000	13,864,200,000	
S1.3, S1.4, S1.5	L1, RAC	S1.1 + 0% giá trị cảnh quan + 5 USD/tấn CO2		
1. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm) (S1.5)		73,699,923	73,699,923	Lợi ích
2. Giá trị cảnh quan		0	0	
S2.1	L1, RAC	L3, RAC + 5 USD/tấn CO2 + không cảnh quan		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	859,288	19,879	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,100,177,208	48,586,065	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)		72,787,880	72,787,880	Lợi ích
4. Doanh thu nhà ở xã hội	277,284,000,000	277,284,000,000	0	
5. Giá trị cảnh quan	0	0	0	
S2.2	L1, RAC	L3, RAC + 10 USD/tấn CO2 + không cảnh quan		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	859,288	19,879	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,100,177,208	48,586,065	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)		145,575,761	145,575,761	Lợi ích
4. Doanh thu nhà liền kề	277,284,000,000	277,284,000,000	0	
5. Giá trị cảnh quan	0	0	0	

Nhà liền kề	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung	Ghi chú
S4	L1, RAC	L2, RAC +10% chi phí tăng và giảm - 10% lợi ích + 5 USD/tấn CO ₂ + không có cảnh quan		
1. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	879,167	859,288	19,879	Tiết kiệm
2. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	2,148,763,273	2,100,177,208	43,727,459	Tiết kiệm
3. Chi phí xã hội của CO ₂ (đồng/năm)		72,787,880	65,509,092	Lợi ích
4. Doanh thu nhà ở xã hội	748,743,840,000	748,743,840,000	0	
5. Giá trị cảnh quan	0	0	0	

Ghi:

Giá điện là 2.444,09 đồng/kWh (theo Quyết định số 07/QĐ-TTg ngày 31/03/2025),

Tỷ giá 25.780 đồng/USD; 0,6592 kg CO₂/kWh là hệ số phát thải lưới điện mới nhất của Việt Nam trong năm 2023;

Báo cáo kỹ thuật của EPA (2023) cung cấp các ước tính cập nhật về **chi phí xã hội của khí nhà kính**, bao gồm cả CO₂, là 191 USD/tCO₂. Tuy nhiên, chi phí xã hội ở Việt Nam không được trình bày phổ biến. Một báo cáo của ngân hàng thế giới và một số tài liệu công khai khác trình bày rằng nó dao động từ 0 - 50 USD. Trong ước tính chính, 20 USD được áp dụng trong phân tích chính và 10 và 5 USD tấn CO₂ trong phân tích độ nhạy.

Tổng doanh thu bán căn nhà ở xã hội:

- Tổng diện tích sàn: 40.848 m² (720 căn).
- Giá mỗi m²: 18.330.000 đồng/m².
- Tổng doanh thu bán 720 căn: 748.743.840.000 đồng

Tổng doanh thu bán các đơn vị nhà ở thị trấn:

- Tổng diện tích sàn: 9.303 m² (69 căn hoặc căn).
- Giá mỗi m²: 28.000.000 đồng/m².
- Tổng doanh thu bán 69 căn: 27.728.400.000 đồng

Bảng C. 3. Thay đổi mức tiêu thụ năng lượng thành chi phí tiêu thụ năng lượng và chi phí xã hội của CO₂ trong số ba lựa chọn xây dựng tòa nhà trong Độ nhạy 4

Nhà xã hội	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung	Ghi chú
Phân tích chính - Đầu tư xây dựng và làm mát	QC09 / BXD + RAC, L1	QC09 + VRF + low-E + đồ bóng, L3		

1. Đầu tư ban đầu xây dựng (năm 1)	490,691,723,800	494,107,941,800	3,416,218,000	
2. Đầu tư ban đầu cho hệ thống làm mát (y1)	42,768,000,00	62,795,040,00	20,027,040,00	
3. Phí bảo trì tòa nhà (năm 2)	9,813,834,476	9,882,158,836	68,324,360	
4. Chi phí vận hành bảo trì khác của chi phí xây dựng (hàng năm)	0	0	0	Không
5. Chi phí bảo trì làm mát (hàng năm, y2)	1,440,000,000	426,240,000	- 1,013,760,000	Tiết kiệm
6. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm) (hàng năm, y2)	3,039,042	2,435,472	603,570	Tiết kiệm
7. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm) (năm, y2)	7,427,692,162	5,952,512,760	1,475,179,402	Tiết kiệm
8. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm) (hàng năm, y2)	257,428,739	206,302,014	51,126,725	Tiết kiệm
S4.1	QC09 / BXD + RAC, L1	QC09 / BXD + VRF, L3		
1. Đầu tư ban đầu của tòa nhà	490,691,720,000	490,691,720,000	0	
2. Đầu tư ban đầu cho việc làm mát	42,768,000,00	62,795,040,00	20,027,040,00	
3. Phí bảo trì tòa nhà (năm 2)	9,813,834,400	9,813,834,400	0	
4. Chi phí O&M khác của chi phí xây dựng (hàng năm)	0	0	0	
5. Chi phí bảo trì làm mát (hàng năm)	1,440,000,000	426,240,000	- 1,013,760,000	Tiết kiệm
6. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	3,039,042	2,447,823	591,219	Tiết kiệm
7. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	7,427,692,162	5,982,699,716	1,444,992,446	Tiết kiệm
8. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	257,428,739	207,348,232	50,080,506	Tiết kiệm
S4.2	QC09 / BXD + RAC, L1	QC09/BXD + VRF + tường xanh low-E+, mái xanh, L3		
1. Đầu tư ban đầu của tòa nhà	490,691,720,000	494,508,032,000	3,816,312,000	

2. Đầu tư làm mát ban đầu	42,768,000,000	62,795,040,000	20,027,040,000	
3. Phí bảo trì tòa nhà (năm 2)	9,813,834,400	9,890,160,640	76,326,240	
4. Chi phí O&M khác của chi phí xây dựng (hàng năm)	0	526,040,000	526,040,000	
5. Chi phí bảo trì làm mát (hàng năm)	1,440,000,000	426,240,000	- 1,013,760,000	
6. Tiêu thụ năng lượng (kwh / năm)	3,039,042	2,437,729	601,313	Tiết kiệm
7. Chi phí tiêu thụ năng lượng (đồng/năm)	7,427,692,162	5,958,029,072	1,469,663,090	Tiết kiệm
8. Chi phí xã hội của CO2 (đồng/năm)	257,428,739	206,493,198	50,935,541	Tiết kiệm

Lưu ý: Sự thay đổi từ phân tích chính sang Sen 4.1 và Sen 4.2 có cả hiệu quả kỹ thuật và tài chính. Chúng không được trình bày trong văn bản chính của báo cáo này.

PHỤ LỤC D – Chi phí vận hành và bảo trì

Bảng D. 1. Giải trình chi phí vận hành, bảo trì khu nhà ở xã hội

Cơ sở (triệu đồng)	Kịch bản (triệu đồng)	Đầu tư bổ sung (Triệu đồng)
1. Phí bảo trì tòa nhà		
2,0% CAPEX = 490.691,72 triệu. x 2.0% = 9,813.834 triệu đồng. (đóng năm 2)	2,0% CAPEX = 494,107,94 triệu. x 2.0% = 9,882.158 triệu đồng. (đóng năm 2)	
9,813.834	9,882.158	68.324
2. Cây xanh		
2.1 Bảo dưỡng thảm cỏ hàng năm: 5.888 m ² x 50.000 đồng/m ² = 294.400.000 đồng/năm = 294.400 triệu đồng/năm (Định mức chi phí: khoảng 50.000 đồng/m ² /năm, bao gồm cắt cỏ, tưới nước, làm cỏ)		
294.400	294.400	0
2.2 Chu kỳ đổi mới cỏ thảm: 10 năm một lần; (Lớp 10 & 20) Chi phí gia hạn cho mỗi sự kiện: 726.996.638 VND/lần gia hạn = 726,996 triệu đồng		
726.966	726.966	0
2.3 Chăm sóc cây mận Marian: Không		
	2.3 Chăm sóc cây mận Marian: 80 cây x 350.000 đồng/cây/năm = 28.000.000 đồng/năm = 28 triệu đồng. (Định mức chi phí: khoảng 350.000 đồng/cây/năm, Bao gồm cắt tỉa, phòng trừ sâu bệnh và bảo dưỡng chung)	
0	28.000	28.000
3. Sàn đá granit và vỉa hè		
Bê tông sẫm màu, không tốn chi phí bảo trì	Bảo trì sàn và mặt đường bằng đá granite: 11.584 m ² x 100.000 đồng/m ² = 1.158.400 triệu đồng/năm (Định mức chi phí: khoảng 100.000 đồng/m ² /năm, bao gồm thời tiết, làm sạch, lấp lại mối nối, bảo dưỡng chống trơn trượt)	
0	1,159.400	1,159.400
4. Điều hòa không khí		
Trong nhà 500.000 đồng R&M 6 tháng một lần cho 1440 máy điều hòa không khí x 2 lần/năm. R&M hàng năm: 1440 x 500.000 x 2 = 1.400.000.000	Chi phí mỗi đơn vị mỗi chu kỳ R&M: 2.220.000 đồng/chu kỳ (Định mức chi phí: Trong nhà 500.000 đồng; ngoài trời 1.600.000 đồng; Lỗ thông gió 50.000 đồng; Bộ điều khiển 70.000 đồng) R&M 6 tháng một lần cho 96 cụm VRF: 96 cụm x 2 lần/năm.	

Cơ sở (triệu đồng)	Kịch bản (triệu đồng)	Đầu tư bổ sung (Triệu đồng)
VND/năm = 1.140 triệu đồng/năm	R&M hàng năm: $96 \times 2.220.000 \times 2 = 426.240.000$ VND/năm = 426.240 triệu đồng/năm	
1,440.000	426.240	-1,013.760
5. Chi phí năng lượng		
Chi phí năng lượng sử dụng AC 3.039.042 kwh x 2444,09 đồng/kwh = 7.427.692.162 đồng	Chi phí năng lượng sử dụng VRF + bóng mờ E+ thấp 2.435.472 kwh x 2444,09 VND/kwh = 5.952.512.760 VND	
7,427.69	5,952.51	-1,475.179

Bảng D. 2. Giải thích chi phí vận hành và bảo trì (O&M) cho khu nhà ở đô thị

Cơ sở (triệu đồng)	Kịch bản (triệu đồng)	Đầu tư bổ sung (Triệu đồng)
1. Phí bảo trì tòa nhà		
2,0% CAPEX = 168.480,18 triệu. x 2,0% = 3,396.603 triệu. VND/năm (đóng năm 2)	2,0% CAPEX = 168.480,18 triệu. x 2,0% = 3,396.603 triệu. VND/năm (thanh toán năm 2)	
3,369.603	3,369.603	0
2. Cây xanh		
2.1 Cơ sở và kịch bản: Bảo dưỡng thảm cỏ hàng năm: 752 m ² x 50.000 đồng/m ² = 37.600.000 đồng/năm = 37.600 triệu. VND/năm (Định mức chi phí: khoảng 50.000 đồng/m ² /năm, bao gồm cắt cỏ, tưới nước, làm cỏ)		
37.600	37.600	0
2.2 Chu kỳ đổi mới của cỏ thảm: 10 năm một lần; (Lớp 10 & 20) Chi phí gia hạn cho mỗi sự kiện: 92.846.283 đồng/lần đổi mới = 92.846 triệu. VND		
92.846	92.846	0
2.3 Chăm sóc cây mận Marian: Không		
	2.3 Chăm sóc cây mận Marian: 36 cây x 350.000 đồng/cây/năm = 12.600.000 đồng/năm = 12,6 triệu. VND (Định mức chi phí: khoảng 350.000 đồng/cây/năm, Bao gồm cắt tỉa, phòng trừ sâu bệnh và bảo dưỡng chung)	
0	12.600	12.600
3. Sàn đá granit và vỉa hè		

Cơ sở (triệu đồng)	Kịch bản (triệu đồng)	Đầu tư bổ sung (Triệu đồng)
Bê tông sẫm màu, không tốn chi phí bảo trì	Bảo trì sàn và vỉa hè đá granite: $752 \text{ m}^2 \times 100.000 \text{ đồng/m}^2 = 75.200.000 \text{ đồng/năm} = 75,2 \text{ triệu đồng}$ (Định mức chi phí: khoảng 100.000 đồng/m ² /năm, bao gồm thời tiết, làm sạch, lấp lại mỗi nối, bảo dưỡng chống trơn trượt)	
0	75.200	75.200
4. Điều hòa không khí		
Trong nhà 500.000 VND R&M 6 tháng một lần cho 1440 máy điều hòa không khí x 2 lần/năm. R&M hàng năm: $207 \times 500.000 \times 2 = 207.000.000 \text{ VND/năm}$ $= 207,00 \text{ triệu đồng/năm}$	Trong nhà 500.000 VND R&M 6 tháng một lần cho 1440 máy điều hòa không khí x 2 lần/năm. R&M hàng năm: $207 \times 500.000 \times 2 = 207.000.000 \text{ VND/năm}$ $= 207,00 \text{ triệu đồng/năm}$	
207.00	207.00	0
5. Chi phí năng lượng		
Chi phí năng lượng sử dụng AC $879.167 \times 2444,09 = 2.148.763.273$	Chi phí năng lượng sử dụng AC $859.288 \times 2444,09 = 2.100.177.208$	
2,148.76	2,100.18	0
Lưu ý: Chi phí O&M sẽ được ước tính trong 20 năm, bắt đầu từ năm thứ 2, chiết khấu ở mức 5% trong phân tích tài chính và kinh tế		

PHỤ LỤC E – Lợi ích của ảnh hưởng đến sức khỏe

Bảng E. 1. Tính toán tỷ lệ tử vong và giảm bệnh tật, thoải mái nhiệt và trong phân tích chính của nhà ở xã hội

Nhà ở xã hội _ L3			
Giải thích	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
1. Phong cảnh	Thảm cỏ, bê tông sẫm màu	Cây mận Marian + đá granit	
2. Hệ thống làm mát	COP 3.5	COP 4 (VRF)	
3. Kết cấu tòa nhà	QC09 / BXD	QC09 / BXD + bóng + E thấp	
4. Thay đổi nhiệt độ	0	- 0,75oC	- 0,75oC
5. Giảm tỷ lệ tử vong (Y2, VND/năm)	0	3,342,901,866	3,342,901,866
- Giảm % tử vong liên quan đến nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ: $(1,0273^{0,75}-1) \times 100 = 2,04\%$		2.04%	
Tử vong do nhiệt: 0,25% tỷ lệ tử vong do nhiệt trong dân số x dân số: $0,25\% \times 2880 = 7,2$ ca tử vong/năm		7.20	
- Giảm nguy cơ tử vong: Tử vong do nhiệt x % tử vong liên quan đến nhiệt = $7,2$ ca tử vong x $2,04\% = 0,15$ ca tử vong/năm		0.15	
- Chi phí tử vong: $VSL \times$ giảm nguy cơ tử vong = $647.050 \text{ USD/ca tử vong} \times 1.364 \times 0,15 \text{ ca tử vong/năm} \times 25.780 \text{ USD/VND} = 3.342.901.865,52 \text{ VND/năm}$		3,342,901,866	
6. Giảm tỷ lệ mắc bệnh (Y2, VND/năm)	0	4,343,414	4,343,414
- Giảm % tỷ lệ mắc bệnh liên quan đến nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ: $2\% \times 0,75 = 1,5\%$		1.5%	
- Tỷ lệ mắc do nhiệt: 30% tỷ lệ mắc do nhiệt trong dân số x dân số x số ca nhập viện/1.000: $30\% \text{ tỷ lệ mắc bệnh trên dân số} \times 2880 \text{ người} \times 10/1.000 = 8,64$ ca/năm		8.64	
- Giảm nguy cơ mắc bệnh: Tỷ lệ mắc bệnh do nhiệt x % tỷ lệ mắc bệnh liên quan đến nhiệt = $8,64 \text{ trường hợp} \times 1,5\% = 0,13 \text{ trường hợp/năm}$		0.13	
- Chi phí vô hiệu về tỷ lệ mắc bệnh: Chi phí tránh được khi nhập viện x giảm nguy cơ tử vong = $1.300 \text{ USD/ca bệnh} \times 25.780 \text{ USD/đồng} \times 0,13 \text{ ca/năm} \times 4.343.414 \text{ đồng/năm}$		4,343,414	
7. Quyền lợi tiện nghi nhiệt (Y2, VND/năm)	0	266,743,310	266,743,310
- Nước thải 903.602 đồng/hộ/năm giảm 1oC		903,602	
- Nước thải giảm 0,75oC: $903.602 \times 0,75 = 677.701$ đồng/hộ/năm		677,701	
Quyền lợi tiện nghi nhiệt = $677.701,50 \text{ đồng/hộ/năm} \times 720 \text{ hộ} = 487.945.080 \text{ đồng/năm}$		487,945,080	

Giảm nguy cơ tử vong:

- Trong ước tính này, nghiên cứu này đã sử dụng nguy cơ tử vong tương đối (RR), là 1,0273 trên 1°C nhiệt độ cao hơn, tức là tăng 2,73% nguy cơ tử vong trên 1°C tăng trong thời gian nắng nóng khắc nghiệt (Nguyen và cộng sự, 2023). Để giảm 0,75°C, RR sẽ là: $RR_{1,79} = 1,0273^{0,75} = 1,020$. Điều này có nghĩa là nguy cơ tử vong cao hơn 2,04% trong điều kiện nắng nóng khắc nghiệt. Vì vậy, áp dụng các giải pháp làm mát (giảm nhiệt độ 0,75°C) giúp giảm 2,04% số ca tử vong liên quan đến nhiệt.
- Định giá kinh tế (giảm tỷ lệ tử vong): Nghiên cứu sử dụng các giả định sau:
 - + Dân số nhà ở xã hội: 2.880 cư dân.
 - + Các giao dịch do nhiệt gây ra ở khu vực Đông Nam Á: Theo Amnuaylojaroen et al. (2024), các giao dịch do nhiệt gây ra trung bình hàng năm ở khu vực Đông Nam Á là khoảng 2,5 giao dịch/1.000 người. Điều này tương ứng với tỷ lệ tử vong do nhiệt gây ra là 0,25% trong dân số. Áp dụng cho nhà ở xã hội với 2.880 cư dân; Số ca tử vong do nhiệt hàng năm = $(2.880 \times 2,5) / 1.000 = 7,2$ ca tử vong/năm.
 - + Áp dụng các giải pháp làm mát – Giảm 10,4% số ca tử vong do nhiệt: Với tỷ lệ tử vong do nắng nóng giảm 10,4%, số ca tử vong tránh được hàng năm là $7,2 \times 2,04\% = 0,15$ ca tử vong/năm.
 - + Giá trị cuộc sống thống kê (VSL) tại Việt Nam: VSL dựa trên OECD là 647.050 USD (Ho et al., 2023). Vì VSL được biểu thị bằng đô la Mỹ năm 2011, được điều chỉnh theo PPP, chúng tôi đã sử dụng tỷ lệ lạm phát CPI tích lũy của Hoa Kỳ từ năm 2011 đến năm 2025 để cập nhật VSL, khoảng 36,4% (Nguồn: Dữ liệu CPI của Cục Thống kê Lao động Hoa Kỳ); $VSL_{2025} \text{ dựa trên OECD} = 647.050 \times 1,364 = 882.576 \text{ USD}$.
- Chi phí tránh được/năm (quyền lợi tử vong): $0,36 \times 882.576 = 129.670,36 \text{ USD/năm}$, hoặc khoảng **3.342.901.865,52 đồng/năm** (sử dụng tỷ giá 25.780 đồng/USD).

Giảm nguy cơ mắc bệnh

- Các nghiên cứu đã tìm thấy mối liên hệ giữa nhiệt độ khắc nghiệt và tăng nguy cơ mắc bệnh ở khu vực châu Á, đặc biệt là các bệnh tim mạch và hô hấp. Theo Hajat & Kosatky (2010) và Honda et al. (2014), cứ 1°C nhiệt độ môi trường giảm 1,5 - 2,5% số ca nhập viện liên quan đến nhiệt.
- Nghiên cứu này giả định giảm 2% trên mỗi °C, vì vậy để giảm 0,75°C, nó dẫn đến giảm 1,5% tỷ lệ mắc bệnh. Với 2.880 cư dân, chúng tôi giả định rằng 30% cư dân sẽ bị ảnh hưởng - > 864 cư dân bị ảnh hưởng.
- Tỷ lệ mắc bệnh cơ bản: Giả sử tỷ lệ nhập viện cơ bản do bệnh liên quan đến nhiệt; 10 trường hợp nhập viện / 1.000 người / năm $\approx$ 8,64 trường hợp dự kiến / năm trong số 864 cư dân.
- Các trường hợp tránh: giảm 1,5% tỷ lệ mắc bệnh $\times 8,64 = 0,13$ ca nhập viện tránh được mỗi năm.

- Ngân hàng Thế giới/WHO ước tính: Chi phí nhập viện liên quan đến nắng nóng vào khoảng 300–500 USD/ca ở châu Á. Chi phí xã hội (mất năng suất, thuốc men, vận chuyển, v.v.) ở mức 1.000 USD/hộp. Sử dụng chi phí xã hội bảo thủ: 1.300 USD/trường hợp (có tỷ giá = 25.780 đồng/USD) -> 33.514 triệu đồng/trường hợp tránh.
- Trợ cấp bệnh tật hàng năm: 33.514 triệu. VND x 0,13 trường hợp tránh được/năm = **4.343.414,40 đồng/năm.**

Lợi ích thoải mái nhiệt:

- Giảm nhiệt độ: 0,75oC.
- Theo Borzino et al. (2020), người Singapore sẵn sàng trả trung bình 0,43% thu nhập hàng năm của họ để giảm thiểu tác động của UHI. Điều chỉnh theo thu nhập của cư dân thành phố Cần Thơ, với thu nhập bình quân hàng năm khoảng 105,07 triệu đồng/người/năm, nghĩa là giá trị sản xuất nước thải khoảng 451.801 đồng/người/năm. Giả sử mỗi hộ gia đình có 2 người trong độ tuổi lao động $\Rightarrow$ WTP/hộ/°C/năm: 903.602 đồng.
- WTP/hộ/năm (đối với 0,75°C): **677.701,50 đồng/hộ/năm.**
- Tổng số hộ gia đình: 720.
- Quyền lợi tiện nghi nhiệt hàng năm: 487.945.080,00 VNĐ/năm.
- Điều này có nghĩa là cư dân trong dự án nhà ở xã hội sẽ định giá chung việc cải thiện nhiệt độ thoải mái vào khoảng 487,945 triệu đồng/năm.

Bảng E. 2. Tính toán tỷ lệ tử vong và giảm bệnh, thoải mái nhiệt và độ nhạy 1 của nhà ở xã hội

Nhà ở xã hội _ L2			
Giải thích	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
1. Phong cảnh	Thảm cỏ, bê tông sẫm màu	Cây mật Marian	
2. Hệ thống làm mát	COP 3.5	COP 4 (VRF)	
3. Kết cấu tòa nhà	QC09 / BXD	QC09 / BXD + bóng + E thấp	
4. Thay đổi nhiệt độ	0	- 0,41oC	- 0,41oC
5. Giảm tỷ lệ tử vong (Y2, VND/năm)	0	1,819,082,955	1,819,082,955
- Giảm % tử vong liên quan đến nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ: $(1,0273^{0,41}-1) \times 100 = 1,11\%$		1.11%	
Tử vong do nhiệt: 0,25% tỷ lệ tử vong do nhiệt trong dân số x dân số: $0,25\% \times 2880 = 7,2$ ca tử vong/năm		7.20	
- Giảm nguy cơ tử vong: Tử vong do nhiệt x % tử vong do nắng nóng = $7,2$ ca tử vong x $1,11\% = 0,08$ ca tử vong/năm		0.08	
- Chi phí tử vong: $VSL \times$ giảm nguy cơ tử vong = $647.050 \text{ USD/ca tử vong} \times 1.364 \times 0,08 \text{ ca tử vong/năm} \times 25.780 \text{ USD/VND} = 1.819.082.955$ đồng/năm		1,819,082,955	

Nhà ở xã hội _ L2			
Giải thích	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
6. Giảm tỷ lệ mắc bệnh (Y2, VND/năm)	0	2,374,400	2,374,400
- Giảm % tỷ lệ mắc bệnh liên quan đến nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ: $2\% \times 0,41 = 0,8\%$		0.8%	
- Tỷ lệ mắc do nhiệt: 30% tỷ lệ mắc do nhiệt trong dân số x dân số x số ca nhập viện/1.000: $30\% \text{ tỷ lệ mắc bệnh trên dân số} \times 2880 \text{ người} \times 10/1.000 = 8,64 \text{ ca/năm}$		8.64	
- Giảm nguy cơ mắc bệnh: Tỷ lệ mắc bệnh do nhiệt x % tỷ lệ mắc bệnh liên quan đến nhiệt = $8,64 \text{ trường hợp} \times 0,8\% = 0,07 \text{ trường hợp/năm}$		0.07	
- Chi phí vô hiệu hóa bệnh tật: Chi phí tránh được khi nhập viện x giảm nguy cơ tử vong = $1.300 \text{ USD/ca bệnh} \times 25.780 \text{ USD/đồng} \times 0,07 \text{ ca/năm} \times 2.374.400 \text{ đồng/năm}$		2,374,400	
7. Quyền lợi tiện nghi nhiệt (Y2, VND/năm)	0	266,743,310	266,743,310
- Nước thải 903.602 đồng/hộ/năm giảm 1oC		903,602	
- Nước thải giảm 0,41oC: $903.602 \times 0,41 = 370.477 \text{ đồng/hộ/năm}$		370,477	
Quyền lợi tiện nghi nhiệt = $370.477 \text{ đồng/hộ/năm} \times 720 \text{ hộ} = 487.945.080 \text{ đồng/năm}$		266,743,310	

Bảng E. 3. Tính toán tỷ lệ tử vong và giảm bệnh tật, thoải mái nhiệt và trong phân tích chính của nhà liền kề

Nhà liền kề _ L3			
Lời giải thích	Baseline	Kịch bản	Bổ sung
1. Phong cảnh	Thảm cỏ, bê tông sẫm màu	Cây mật Marian + đá granit	
2. Hệ thống làm mát	COP 3.5	COP 3.5	
3. Kết cấu tòa nhà	QC09 / BXD	QC09 / BXD	
4. Thay đổi nhiệt độ	0	- 0,85oC	- 0,85oC
5. Giảm tỷ lệ tử vong (Y2, VND/năm)	0	363,567,328	363,567,328
- Giảm % tử vong liên quan đến nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ: $(1,0273^{0,85}-1) \times 100 = 2\%$		2%	
Tử vong do nhiệt: 0,25% tỷ lệ tử vong do nhiệt trong dân số x dân số: $0,25\% \times 276 = 0,69 \text{ ca tử vong/năm}$		0.69	
- Giảm nguy cơ tử vong: Tử vong do nhiệt x 0,69% tử vong do nhiệt = $0,69 \text{ ca tử vong} \times 2\% = 0,02 \text{ ca tử vong/năm}$		0.02	

Nhà liên kè _ L3			
Lời giải thích	Baseline	Kịch bản	Bổ sung
- Chi phí tử vong: $VSL \times \text{giảm nguy cơ tử vong} = 647.050 \text{ USD/ca tử vong} \times 1.364 \times 0,02 \text{ ca tử vong/năm} \times 25.780 \text{ USD/VND} = 363.567.328 \text{ VND/năm}$		363,567,328	
6. Giảm tỷ lệ mắc bệnh (Y2, VND/năm)	0	471,743	471,743
- Giảm % tỷ lệ mắc bệnh liên quan đến nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ: $2\% \times 0,85 = 1,7\%$		1.70%	
- Tỷ lệ mắc do nhiệt: $30\% \text{ tỷ lệ mắc do nhiệt trong dân số} \times \text{dân số} \times \text{số ca nhập viện}/1.000 : 30\% \text{ tỷ lệ mắc bệnh trên dân số} \times 276 \text{ người} \times 10/1.000 = 0,83 \text{ ca/năm}$		0.83	
- Giảm nguy cơ mắc bệnh: $\text{Tỷ lệ mắc bệnh do nhiệt} \times \% \text{ tỷ lệ mắc bệnh liên quan đến nhiệt} = 8,64 \text{ trường hợp} \times 2\% = 0,014 \text{ trường hợp/năm}$		0.014	
- Chi phí vô hiệu hóa bệnh tật: $\text{Chi phí tránh được khi nhập viện} \times \text{giảm nguy cơ tử vong} = 1.300 \text{ USD/ca bệnh} \times 25.780 \text{ USD/đồng} \times 0,01 \text{ ca/năm} \times = 471.743.064 \text{ đồng/năm}$		471,743	
7. Quyền lợi tiện nghi nhiệt (Y2, VND/năm)	0	52,996,257	52,996,257
- Nước thải 903.602 đồng/hộ/năm giảm 1oC		903,602	
- Nước thải giảm 0,85oC: $903.602 \times 0,85 = 768.062 \text{ đồng/hộ/năm}$		768,062	
Quyền lợi tiện nghi nhiệt = $768.062 \text{ đồng/hộ/năm} \times 69 \text{ hộ} = 52.996.257 \text{ đồng/năm}$		52,996,257	

Bảng E. 4. Tính toán tỷ lệ tử vong và giảm tỷ lệ mắc bệnh, tiện nghi nhiệt và trong nhà liên kè
- Độ nhạy 1

Nhà liên kè _ L2			
Giải thích	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
1. Phong cảnh	Thảm cỏ, bê tông sẫm màu	Cây mận Marian	
2. Hệ thống làm mát	COP 3.5	COP 3.5	
3. Kết cấu tòa nhà	QC09 / BXD	QC09 / BXD	
4. Thay đổi nhiệt độ	0	- 0,39oC	- 0,39oC
5. Giảm tỷ lệ tử vong (Y2, VND/năm)	0	167,582,161	167,582,161
- Giảm % tử vong liên quan đến nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ: $(1,0273^{0,39-1}) \times 100 = 1,06\%$		1.06%	
Tử vong do nhiệt: $0,25\% \text{ tỷ lệ tử vong do nhiệt trong dân số} \times \text{dân số} : (2,5 \times 279)/1000 = 0,7 \text{ tử vong/năm}$		0.70	
- Giảm nguy cơ tử vong: $\text{Tử vong do nhiệt} \times \% \text{ tử vong liên quan đến nhiệt} = 0,7 \text{ ca tử vong} \times 1,06\% = 0,01 \text{ ca}$		0.01	

Nhà liền kề _ L2			
Giải thích	Cơ sở	Kịch bản	Bổ sung
tử vong/năm			
- Chi phí tử vong: VSL x giảm nguy cơ tử vong = 647.050 USD/ca tử vong x 1.364 x 0,01 ca tử vong/năm x 25.780 USD/VND = 167.582.161 đồng/năm		167,582,161	
6. Giảm tỷ lệ mắc bệnh (Y2, VND/năm)	0	216,446.82	216,447
- Giảm % tỷ lệ mắc bệnh liên quan đến nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ: 2% x 0,39 = 0,8%		0.8%	
- Tỷ lệ mắc do nhiệt: 30% tỷ lệ mắc do nhiệt ở dân số x dân số x số ca nhập viện/1.000: 30% tỷ lệ mắc bệnh trên dân số x 276 người 0,83 ca/năm		0.83	
- Giảm nguy cơ mắc bệnh: Tỷ lệ mắc bệnh do nhiệt x % tỷ lệ mắc bệnh liên quan đến nhiệt = 0,83 ca x 0,8% = 0,01 ca/năm		0.01	
- Chi phí vô hiệu hóa bệnh tật: Chi phí tránh được khi nhập viện x giảm nguy cơ tử vong = 1.300 USD/ca bệnh x 25.780 USD/VND x 0,01 ca/năm x =216.447VND/năm		216,447	
7. Quyền lợi tiện nghi nhiệt (Y2, VND/năm)	0	24,315,930	24,315,930
- Nước thải 903.602 đồng/hộ/năm giảm 1oC		903,602	
- Nước thải giảm 0,39oC: 903.602 x 0,39 = 352.405 đồng/hộ/năm		352,405	
Quyền lợi tiện nghi nhiệt = 252.405 đồng/hộ/năm x 69 hộ = 24.315.930 đồng/năm		24,315,930	