BỘ XÂY DỰNG

HƯỚNG DẫN SỬ DỤNG CÔNG CỤ MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG CHO CÁC LOẠI HÌNH CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG MỚI, CÔNG TRÌNH CẢI TẠO PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

NHIỆM VỤ: "NGHIÊN CỨU HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG CÔNG CỤ MÔ PHỎNG NĂNG LƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN TỶ LỆ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG, CHI PHÍ ĐẦU TƯ VÀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG CHO CÔNG TRÌNH MỚI VÀ CÔNG TRÌNH CẢI TẠO"

Cơ quan chủ trì đề tài: Trường Điện – Điện tử, Đại học Bách Khoa Hà Nội Chủ nhiệm nhiệm vụ: TS. Hoàng Anh

Hà Nội – 2024

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC BẢNG	4
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ	5
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT	9
CHÚ GIẢI THUẬT NGỮ	11
MỞ ĐẦU	14
CHƯƠNG I. MÔ PHỎNG NĂNG LƯỢNG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG MỚI CÔNG TRÌNH CẢI TẠO	VÀ
1.1. Quy trình mô phỏng năng lượng	15
1.2. Mục tiêu của mô phỏng năng lượng	16
1.3. Sự khác biệt khi mô phỏng năng lượng cho công trình xây mới và cải tạo	16
CHƯƠNG II. CÁC CÔNG CỤ MÔ PHỎNG NĂNG LƯỢNG	20
2.1. Các nhân tính toán phổ biến	20
2.2. Các phần mềm mô phỏng năng lượng công trình phổ biến	21
CHƯƠNG III. THIẾT LẬP CÁC DỮ LIỆU ĐẦU VÀO CHO MÔ PHỎNG	24
3.1. Các hồ sơ và bản vẽ cần chuẩn bị	24
3.2. Dữ liệu thời tiết	26
3.2.1. Định dạng tệp dữ liệu thời tiết và các nguồn cung cấp	26
3.2.2. Ví dụ thiết lập dữ liệu thời tiết đầu vào	28
3.3. Hình khối công trình	30
3.3.1. Trích xuất dữ liệu hình khối công trình từ phần mềm 3D	30
3.3.2. Dựng hình khối công trình từ bản vẽ 2D	32
3.3.3. Ví dụ dựng hình khối công trình từ bản vẽ 2D trong phần mềm Autocad	35
3.4. Thông số vật liệu xây dựng	39

3.4.1. Mái, trần, tường, sàn	39
3.4.2. Kính	40
3.4.3. Ví dụ nhập các thông số truyền sáng và truyền nhiệt cho vật liệu	40
CHƯƠNG IV. LỊCH VẬN HÀNH VÀ CÁC THIẾT BỊ TIÊU THỤ ĐIỆN	46
4.1. Thiết lập lịch vận hành và thông số của các thiết bị tiêu thụ điện	46
4.2. Ví dụ thiết lập lịch vận hành và thông số của các thiết bị tiêu thụ điện	46
4.3. Ví dụ thiết lập điều khiển chiếu sáng	52
CHƯƠNG V. HỆ THỐNG SƯỞI, THÔNG GIÓ VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ	54
5.1. Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí sơ cấp	54
5.1.1. Máy sản xuất nước lạnh	54
5.1.2. Tháp giải nhiệt	56
5.1.3. Bom	58
5.1.4. Nồi hơi	59
5.2. Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí thứ cấp	61
5.2.1. Làm mát trực tiếp	61
5.2.2. Sưởi ấm	64
5.2.3. Quạt	65
5.3. Hệ thống HVAC phân vùng	68
5.4. Ví dụ áp dụng	71
CHƯƠNG VI. HỆ THỐNG SẢN XUẤT NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO	88
6.1. Năng lượng tái tạo	88
6.2. Ví dụ thiếp lập hệ thống năng lượng tái tạo	89
6.2.1. Năng lượng mặt trời	89
6.2.2. Năng lượng gió	93

CHƯƠNG VII. THỰC HIỆN MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢ	ÖNG
	95
7.1. Dữ liệu đầu vào cho mô hình thiết kế hiện trạng	95
7.2. Thực hiện mô phỏng và trích xuất kết quả	96
7.3. Ví dụ thực hiện mô phỏng và trích xuất kết quả	97
7.3.1. Thực hiện mô phỏng và chọn kết quả mô phỏng	97
7.3.2. Đọc và phân tích kết quả mô phỏng	.100
KẾT LUÂN VÀ KIẾN NGHI	.102

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1. Thông tin một số phần mềm mô phỏng năng lượng công trình	.22
Bảng 2. Các tài liệu và dữ liệu cần chuẩn bị trước khi mô phỏng	.24
Bảng 3. Yêu cầu chung thông số đầu vào của các phần mềm mô phỏng	.25
Bảng 4. Thông số thiết lập mô phỏng chiller	.54
Bảng 5. Thông số thiết lập mô phỏng tháp giải nhiệt	.56
Bảng 6. Thông số thiết lập mô phỏng bơm	.58
Bảng 7. Thông số thiết lập mô phỏng nồi hơi	.59
Bảng 8. Thông số thiết lập mô phỏng hệ thống làm mát sử dụng DX	.62
Bảng 9. Thông số thiết lập mô phỏng hệ thống làm mát sử dụng VRF	.63
Bảng 10. Thông số thiết lập mô phỏng hệ thống làm mát sử dụng nước lạnh	.64
Bảng 11. Thông số thiết lập mô phỏng cho hệ sưởi	.64
Bảng 12. Thông số thiết lập mô phỏng quạt	.66
Bảng 13. Thông số thiết lập mô phỏng phân phối không khí	.70
Bảng 14: Dữ liệu đầu vào cho mô hình thiết kế hiện trạng	.95

DANH MỤC CÁC HÌNH VĨ, ĐỒ THỊ

Hình 1. Quy trình mô phỏng năng lượng công trình	15
Hình 2. Tỷ lệ các phần mềm mô phỏng năng lượng công trình được sử dụng	ở Việt Nam
	22
Hình 3. Giao diện trang dữ liệu thời tiết Climate.OneBuilding	27
Hình 4. Vị trí trạm quan trắc trên Google Earth	27
Hình 5. Giao diện trang dữ liệu thời tiết EnergyPlus	
Hình 6. Giao diện chọn địa điểm công trình của DesignBuilder	29
Hình 7. Giao diện thêm mới khu vực mô phỏng	29
Hình 8. Thông số vị trí công trình	
Hình 9. Các định dạng dữ liệu có thể nhập vào phần mềm mô phỏng	31
Hình 10. Đơn giản hóa bản vẽ hình khối công trình	32
Hình 11. Dựng lớp vỏ công trình	
Hình 12. Tạo vách ngăn cho từng tầng và ghép thành công trình	
Hình 13. Thiết lập cửa sổ, cửa ra vào, và kết cấu che nắng	34
Hình 14. Phối cảnh công trình mô phỏng và các công trình lân cận	34
Hình 15. Chi tiết nét vẽ trong bản vẽ mặt bằng	35
Hình 16. Bản vẽ tầng 1 của công trình mô phỏng	35
Hình 17. Nhập tệp DXF vào DesignBuilder	36
Hình 18. Dựng hình khối tầng 1	
Hình 19. Phân vùng nhiệt cho tầng 1	
Hình 20. Khu vực thông tầng	
Hình 21. Lam dọc che mặt đứng công trình	
Hình 22. Dựng các tấm che nắng cho mặt đứng hướng Đông Nam	

Hình 23. Phối cảnh hành lang và cây xanh che nắng trong kiến trúc và mô phỏng	39
Hình 24. Các lớp cấu tạo của tường	41
Hình 25. Giao diện tạo mẫu tường mới	41
Hình 26. Các lớp tường	42
Hình 27. Khai báo thông số nhiệt cho vật liệu	43
Hình 28. Thông số nhiệt của tường	43
Hình 29. Giao diện các thông số cửa sổ	44
Hình 30. Giao diện nhập các thông số vật liệu kính	44
Hình 31. Giao diện tạo các mẫu lịch vận hành	47
Hình 32. Giao diện thiết lập thông tin chung của lịch vận hành	48
Hình 33. Giao diện thiết lập thông tin người sử dụng	48
Hình 34. Giao diện khai báo các nguồn nhiệt khác	49
Hình 35. Giao diện khai báo nước nóng sinh hoạt	50
Hình 36. Giao diện khai báo các thông số kiểm soát môi trường	50
Hình 37. Giao diện chỉnh sửa lịch vận hành	51
Hình 38. Giao diện thiết lập điều khiển chiếu sáng	52
Hình 39. Giao diện chung khi chỉnh sửa mẫu điều khiển chiếu sáng	52
Hình 40. Giao diện thiết lập kết quả chiếu sáng	53
Hình 41. Thiết lập điều khiển chiếu sáng	53
Hình 42. Mô hình và sơ đồ mô phỏng tháp giải nhiệt	58
Hình 43. Mô hình và sơ đồ mô phỏng nồi hơi	61
Hình 44. Giao diện DesignBuilder chọn thẻ HVAC	72
Hình 45. Giao diện chọn HVAC chi tiết	72
Hình 46. Giao diện thiết lập HVAC chi tiết	73

Hình 47. Giao diện tải mẫu HVAC	73
Hình 48. Danh sách lựa chọn các mẫu HVAC chi tiết	74
Hình 49. Cách chọn hệ thống chiller giải nhiệt nước	74
Hình 50. Các vùng nhiệt trong giao diện tải mẫu HVAC	75
Hình 51. Giao diện chính của DesignBuilder khi chọn chỉnh sửa chiller	76
Hình 52. Giao diện cửa sổ chỉnh sửa chiller	76
Hình 53. Giao diện chính của DesignBuilder khi chọn chỉnh sửa CHW Loo Pump	p Supply
Hình 54. Giao diện chỉnh sửa các thông số thiết lập nồi hơi	77
Hình 55. Giao diện chính của DesignBuilder khi chọn chỉnh sửa CHW Loop Manager	• Setpoint 77
Hình 56. Cửa sổ chỉnh sửa lịch vận hành của chiller với nhiệt độ mục tiêu	78
Hình 57. Sơ đồ tháp giải nhiệt trong DesignBuilder	78
Hình 58. Thiết lập các thông số mô phỏng tháp giải nhiệt	79
Hình 59. Giao diện DesignBuilder khi chọn chỉnh sửa Condenser Loop Sup	ply Pump 79
Hình 60. Các thông số thiết lập cho mô phỏng bơm cho tháp giải nhiệt	80
Hình 61. Sơ đồ nồi hơi trong DesignBuilder	80
Hình 62. Các thông số thiết lập cho mô phỏng nồi hơi	81
Hình 63. Giao diện chính của DesignBuilder khi chọn	81
Hình 64. Các thông số thiết lập cho mô phỏng bơm cho nồi hơi	82
Hình 65. Sơ đồ AHU trong DesignBuilder	82
Hình 66. Thiết lập thông số chung cho mô phỏng AHU	83
Hình 67. Thiết lập thông số hệ thống không khí ngoài nhà cho mô phỏng AHU	J83
Hình 68. Sơ đồ dàn ống làm mát của AHU trong DesignBuilder	84

Hình 69. Các thông số thiết lập cho mô phỏng dàn ống làm mát	84
Hình 70. Sơ đồ dàn ống sưởi của AHU trong DesignBuilder	85
Hình 71. Các thông số thiết lập cho mô phỏng dàn ống sưởi	85
Hình 72. Sơ đồ quạt hút của AHU trong DesignBuilder	86
Hình 73. Các thông số thiết lập cho mô phỏng quạt hút	86
Hình 74. Sơ đồ quạt cấp của AHU trong DesignBuilder	86
Hình 75. Các thông số thiết lập cho mô phỏng quạt cấp	87
Hình 76. Chọn công cụ vẽ bộ thu bức xạ mặt trời	89
Hình 77. 14 mô-đun PV lắp trên mái	90
Hình 78. 1 trong 14 mô-đun PV vẽ trên mái công trình	90
Hình 79. Giao diện thiết lập thông số mô-đun PV	91
Hình 80. Giao diện thiết lập thông số hiệu năng pin PV	91
Hình 81. Giao diện thiết lập số lượng biến tần điện mặt trời	92
Hình 82. Giao diện trung tâm tải điện	92
Hình 83. Giao diện thiết lập biến tần	93
Hình 84. Giao diện kết nối biến tần đến các mô-đun PV	93
Hình 85. Thiết lập thông số tua bin gió	94
Hình 86. Giao diện bắt đầu thiết lập mô phỏng	97
Hình 87. Thông số mô phỏng chung	98
Hình 88. Các lựa chọn thiết lập mô phỏng chi tiết	98
Hình 89. Các kết quả mô phỏng có thể chọn	99
Hình 90. Kết quả mô phỏng	99
Hình 91. Đồ thị thể hiện nhiên liệu tiêu thụ bởi mỗi thiết bị	100
Hình 92. Đồ thị năng lượng tiêu thụ theo từng tháng	101

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

HVAC	Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí	
BMS	Hệ thống quản lý tòa nhà	
FCU	Thiết bị xử lý không khí	
AHU	Thiết bị trao đổi nhiệt và xử lý nhiệt ẩm không khí	
СОР	Chỉ số hiệu quả máy lạnh, kW/kW	
R ₀ (R-value)	Tổng nhiệt trở của kết cấu bao che, m ² K/W	
U ₀ (U-value)	Hệ số tổng truyền nhiệt, W/(m ² K)	
VLT	Hệ số truyền sáng của kính, %	
SHGC	Hệ số hấp thụ nhiệt mặt trời của kính	
SC	Hệ số che nắng	
EER	Chỉ số hiệu quả năng lượng của máy lạnh – điều hòa không khí	
ARI/AHRI	Viện nghiên cứu điều hòa không khí và lạnh Hoa Kỳ	
VRV/VRF	Hệ thống điều hòa không khí có lưu lượng môi chất lạnh thay đổi	
CAV	Bộ điều khiển lưu lượng gió cố định	
VAV	Bộ điều khiển lưu lượng gió biến đổi	
PIU	Thiết bị được sử dụng trong hệ thống VAV để cung cấp không khí điều hòa tới các khu vực cụ thể.	
NLTT	Năng lượng tái tạo	
LPD	Mật độ công suất chiếu sáng, W/m ²	

MERV	Chỉ số đánh giá hiệu quả lọc bụi của bộ lọc không khí, với thang điểm từ 1 đến 16 (hoặc 20 tùy hệ thống)
VSD	Bộ điều chỉnh tốc độ quay bằng cách thay đổi tần số nguồn điện, gọi tắt là bộ biến tần
WWR	Tỷ lệ tường kính, %
GHX	Bộ trao đổi địa nhiệt
Inverter	Biến tần, thiết bị có khả năng chuyển đổi dòng điện một chiều (DC) thành dòng điện xoay chiều (AC)
FL	Fluorescent Lamp (Đèn huỳnh quang)
CFL	Compact Fluorescent Lamp (Đèn huỳnh quang compact)
LED	Light Emitting Diode (Đèn LED tiết kiệm năng lượng)

CHÚ GIẢI THUẬT NGỮ

- Mô phỏng năng Mô phỏng năng lượng công trình (building energy lượng công trình simulation) được sử dụng để dự đoán mức năng lượng dự kiến sử dụng của công trình. Kết quả này có thể được so sánh với mức cơ sở để tính toán mức tiết kiệm năng lượng tương ứng.
- Mô phỏng hiêu suất Mô phỏng hiệu suất công trình (building performance công trình simulation) là sự sao chép các khía cạnh của hiệu suất công trình bằng cách sử dụng một mô hình toán học dựa trên máy tính được tạo ra trên cơ sở các nguyên tắc vật lý cơ bản và thực hành kỹ thuật hợp lý. Mục tiêu của mô phỏng hiệu suất công trình là đinh lương các khía canh của hiệu suất công trình có liên quan đến thiết kế, xây dựng, vân hành và kiểm soát các công trình. Mô phỏng hiêu suất công trình có nhiều miền phụ khác nhau; nổi bật nhất là mô phỏng nhiệt, mô phỏng ánh sáng, mô phỏng âm thanh và mô phỏng luồng không khí. Hầu hết mô phỏng hiệu suất công trình đều dựa trên việc sử dụng phần mềm mô phỏng theo yêu cầu. Bản thân mô phỏng hiệu suất công trình là một lĩnh vực trong phạm vi rộng hơn của điện toán khoa học.
- Lớp vỏ công trình Lớp vỏ công trình hay còn gọi là kết cấu bao che công trình, bao gồm tường không trong suốt hoặc trong suốt, cửa sổ, cửa đi, mái, cửa mái... tạo thành các không gian khép kín bên trong công trình.
- Điều kiện biên
 Điều kiện biên là các yếu tố môi trường bên ngoài ảnh hưởng
 đến công trình, như nhiệt độ, độ ẩm, gió, và bức xạ mặt trời.
 Các điều kiện này được sử dụng để xây dựng mô hình mô
 phỏng.

Mô hình thiết kế hiện trạng	Mô hình thiết kế hiện trạng là mô hình sử dụng hình khối kiến trúc, phân chia không gian, công năng sử dụng và các giải pháp thông số kỹ thuật về vật liệu, trang thiết bị, lịch vận hànhtheo đúng bản vẽ thiết kế.
Mô hình thiết kế cơ sở	Mô hình cơ sở được sử dụng để thiết lập một mức hiệu suất tối thiểu về năng lượng mà mô hình thiết kế hiện trạng cần phải so sánh. Giá trị để so sánh sẽ là các giá trị tiêu thụ năng lượng hàng năm được biểu thị dưới dạng kWh/năm. Mô hình thiết kế cơ sở được thiết lập dựa trên QCVN 09:2017/BXD, hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS và tiêu chuẩn ASHRAE của Hoa Kỳ.
Tiện nghi nhiệt	Tiện nghi nhiệt được định nghĩa là điều kiện thoải mái về tinh thần của con người với môi trường nhiệt (là môi trường không khí xung quanh cơ thể con người có nhiệt độ nhất định).
Chỉ số hiệu quả máy lạnh COP	Tỷ số giữa năng suất lạnh thu được so với công suất tiêu thụ điện đầu vào trên cùng một đơn vị đo, được kiểm tra theo tiêu chuẩn quốc gia hoặc theo điều kiện làm việc thiết kế. Giá trị COP được xác định để đánh giá hiệu quả năng lượng của máy điều hoà không khí chạy điện, làm mát ngưng tụ bằng không khí, bao gồm máy nén, dàn bay hơi, dàn ngưng tụ. Giá trị COP cũng được xác định để đánh giá hiệu quả năng lượng của máy sản xuất nước lạnh hợp khối (không bao gồm các bơm nước lạnh, bơm nước giải nhiệt ngưng tụ và các quạt của tháp giải nhiệt).

Dữ liệu khí hậu điển	Bộ dữ liệu khí hậu tổng hợp từ nhiều năm, đại diện cho điều
hình (TMY)	kiện đặc trưng của khu vực, được sử dụng trong mô phỏng
	năng lượng để đảm bảo kết quả phản ánh thực tế.
Lịch vận hành	Lịch trình hoạt động của tòa nhà, hệ thống hoặc của người cư
	trú trong từng khoảng thời gian (giờ/ngày).
Tiết kiệm năng	Quá trình giảm mức tiêu thụ năng lượng trong công trình
lượng	thông qua các biện pháp thiết kế, sử dụng giải pháp hiệu quả,
	và áp dụng các chiến lược vận hành hợp lý.
Tỷ lệ tiết kiệm năng	Mức độ giảm thiểu năng lượng tiêu thụ trong một công trình
lượng	sau khi thực hiện các giải pháp thiết kế hoặc cải tạo nhằm tối
	ưu hóa hiệu quả năng lượng.
Kiểm toán năng	Kiểm toán năng lượng là hoạt động đo lường, phân tích, tính
lượng	toán, đánh giá để xác định mức tiêu thụ năng lượng, tiềm
	năng tiết kiệm năng lượng và đề xuất giải pháp sử dụng năng
	lượng tiết kiệm và hiệu quả đối với cơ sở sử dụng năng lượng
Thiết kế thụ động	Thiết kế thụ động trong kiến trúc là thiết kế tận dụng các điều
	kiện thuận lợi của khí hậu để duy trì phạm vi tiện nghi nhiệt
	trong nhà. Thiết kế thụ động sẽ làm giảm, loại bỏ sự cần thiết
	làm mát hoặc sưởi ấm, từ đó giảm tiêu thụ năng lượng và
	giảm phát thải khí CO2 trong suốt vòng đời công trình.

MỞ ĐẦU

Tài liệu này được xây dựng nhằm cung cấp hướng dẫn chi tiết và toàn diện về cách sử dụng các công cụ mô phỏng năng lượng cho cả công trình xây dựng mới và công trình cải tạo trong điều kiện thực tế tại Việt Nam. Đây là một nỗ lực nhằm đáp ứng nhu cầu cấp thiết của ngành xây dựng hiện nay trong việc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, giảm thiểu tác động đến môi trường và cải thiện chất lượng công trình. Qua đó, tài liệu không chỉ trang bị kiến thức mà còn giúp nâng cao nhận thức và khả năng ứng dụng của đội ngũ thiết kế, kỹ sư và chủ đầu tư vào thực tế, góp phần tối ưu hóa chi phí trong cả giai đoạn đầu tư và vận hành công trình.

Nội dung tài liệu tập trung vào những khía cạnh quan trọng nhất để đảm bảo hiệu quả khi triển khai mô phỏng năng lượng. Đầu tiên, tài liệu giới thiệu quy trình thiết lập mô hình mô phỏng từ dữ liệu đầu vào cho đến cách thức phân tích kết quả. Đồng thời, tài liệu cũng nhấn mạnh sự khác biệt giữa công trình xây mới và cải tạo, giúp người dùng nhận thức được những thách thức và yêu cầu riêng biệt của từng loại công trình. Thêm vào đó, các hướng dẫn thiết lập bao gồm lớp vỏ công trình, hệ thống HVAC, và năng lượng tái tạo. Đặc biệt, các ví dụ minh họa thực tế được đưa vào để người dùng có cái nhìn rõ ràng hơn, đồng thời dễ dàng áp dụng các kiến thức vào thực tế công trình.

Mô phỏng năng lượng hiện đang trở thành một công cụ thiết yếu trong ngành xây dựng, đặc biệt khi nhu cầu dự đoán mức tiêu thụ năng lượng ngày càng cao. Thông qua mô phỏng, đội ngũ thiết kế có thể đánh giá chi tiết hiệu quả của các giải pháp tiết kiệm năng lượng trước khi triển khai thực tế. Điều này không chỉ mang lại lợi ích trong việc giảm thiểu chi phí đầu tư và vận hành mà còn góp phần bảo vệ môi trường, giảm phát thải khí nhà kính, và đáp ứng các tiêu chuẩn xanh hiện hành. Với bối cảnh các tiêu chuẩn kỹ thuật ngày càng khắt khe và yêu cầu phát triển bền vững trở thành xu hướng tất yếu, tài liệu này hy vọng sẽ trở thành nguồn tham khảo hữu ích cho cả các chuyên gia trong ngành và những người mới bắt đầu tìm hiểu về mô phỏng năng lượng công trình.

CHƯƠNG I. MÔ PHỎNG NĂNG LƯỢNG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG MỚI VÀ CÔNG TRÌNH CẢI TẠO

1.1. Quy trình mô phỏng năng lượng

Mô phỏng năng lượng công trình (building energy simulation) được sử dụng để dự đoán mức năng lượng dự kiến sử dụng của công trình và mức tiết kiệm năng lượng tương ứng, so với mức cơ sở. Một khái niệm khác thường được sử dụng khi nhắc đến mô phỏng công trình và có thể gây nhầm lẫn là mô phỏng hiệu suất công trình (building performance simulation). Nó cung cấp thông tin cho các quyết định thiết kế bằng cách dự đoán hiệu suất công trình liên quan đến hiệu quả năng lượng, chiếu sáng ban ngày, kiểm soát độ chói, tiện nghi nhiệt, thông gió tự nhiên và các yếu tố tương tự. Mô phỏng hiệu suất công trình thường được chuẩn bị trong giai đoạn đầu của thiết kế, trước khi các hệ thống kỹ thuật được tích hợp. Do đó, việc phân tích mức độ sử dụng năng lượng này ít phức tạp và ít tốn thời gian hơn so với mô phỏng năng lượng công trình.



Hình 1. Quy trình mô phỏng năng lượng công trình

Quy trình thực hiện mô phỏng (Hình 1) có thể áp dụng cho công trình xây dựng mới và công trình cải tạo được chia thành ba phần: 1) thiết lập các dữ liệu đầu vào; 2) thực hiện tính toán năng lượng; và 3) trích xuất kết quả. Các dữ liệu đầu vào bao gồm: dữ liệu thời tiết, hình khối và vật liệu công trình, nguồn nhiệt trong công trình, thông số hệ

thống sưởi ấm, thông gió và điều hòa không khí, thông số hệ thống năng lượng tái tạo (nếu có), và lịch vận hành. Các kết quả mô phỏng có thể bao gồm năng lượng tiêu thụ hoặc tái tạo, tải đỉnh, hoặc quy mô hệ thống sưởi và làm mát.

1.2. Mục tiêu của mô phỏng năng lượng

Trong lĩnh vực mô phỏng năng lượng, mục tiêu quan trọng nhất của việc thực hiện các mô phỏng là đánh giá và so sánh hiệu suất sử dụng năng lượng của mô hình thiết kế hiện trạng, được xây dựng dựa trên các thông số kỹ thuật và đặc điểm thiết kế thực tế, với mô hình cơ sở, vốn được thiết lập để phản ánh mức hiệu suất năng lượng tối thiểu theo các tiêu chuẩn hoặc quy định đã được áp dụng. Để làm rõ hơn, dưới đây là định nghĩa chi tiết về hai loại mô hình này:

- Mô hình thiết kế hiện trạng là mô hình sử dụng hình khối kiến trúc, phân chia không gian, công năng sử dụng và các giải pháp thông số kỹ thuật về vật liệu, trang thiết bị, lịch vận hành...theo đúng bản vẽ thiết kế.

- Mô hình thiết kế cơ sở được sử dụng để thiết lập một mức hiệu suất tối thiểu về năng lượng mà mô hình thiết kế hiện trạng cần phải so sánh. Giá trị để so sánh sẽ là các giá trị tiêu thụ năng lượng hàng năm được biểu thị dưới dạng kWh/năm. Mô hình thiết kế cơ sở được thiết lập dựa trên QCVN 09:2017/BXD, hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS và tiêu chuẩn ASHRAE của Hoa Kỳ.

Bên cạnh việc so sánh hiệu suất năng lượng, mô phỏng còn được sử dụng để ước tính mức tiêu thụ năng lượng của công trình, từ đó giúp chủ đầu tư ước tính chi phí vận hành hàng năm. Ngoài ra, mô phỏng năng lượng hỗ trợ đánh giá và tối ưu hóa các giải pháp thiết kế, bao gồm cách nhiệt, hệ thống HVAC, chiếu sáng và năng lượng tái tạo, nhằm đáp ứng các yêu cầu pháp lý hoặc đạt được các mục tiêu bền vững.

1.3. Sự khác biệt khi mô phỏng năng lượng cho công trình xây mới và cải tạo

Quy trình mô phỏng năng lượng có thể được áp dụng cho các dự án xây mới hoặc cải tạo. Tuy nhiên, khi áp dụng sẽ gặp một số khó khăn khác nhau, đặc biệt trong việc thu thập và xử lý hồ sơ.

Mô phỏng năng lượng cho công trình xây mới

Công trình xây mới thường có bản vẽ kiến trúc và tài liệu kỹ thuật đầy đủ từ giai đoạn thiết kế, bao gồm các chi tiết về lớp vỏ (cửa sổ, tường, mái), hệ thống HVAC, chiếu sáng, thiết bị điện và các thông số kỹ thuật liên quan.

Thông số về vật liệu, độ dày, chỉ số cách nhiệt (U-value), và các yếu tố khác được xác định từ giai đoạn ban đầu. Điều này cho phép mô phỏng năng lượng có thể được thực hiện từ giai đoạn thiết kế ý tưởng đến giai đoạn thiết kế kỹ thuật.

Với công trình xây mới, mô phỏng năng lượng có thể thực hiện nhiều lần trong các giai đoạn thiết kế khác nhau để tối ưu hóa từng yếu tố ảnh hưởng, nhằm đảm bảo hiệu quả năng lượng tốt nhất.

Các yếu tố thiết kế như (lớp vỏ, hệ thống HVAC, chiếu sáng, bố trí không gian, thiết bị,...) có thể dễ dàng điều chỉnh thiết kế hoặc lựa chọn để đạt mức hiệu quả năng lượng mong muốn.

Mô phỏng năng lượng cho công trình cải tạo

Với công trình cải tạo, mô phỏng năng lượng dựa trên hiện trạng của tòa nhà hiện có. Điều này yêu cầu phải cập nhật dữ liệu theo dữ liệu hiện có của tòa nhà, gồm cả hệ thống cấu trúc, lớp vỏ, và các hệ thống cơ điện đang hoạt động. Khảo sát hiện trạng dự án là điều bắt buộc để đánh giá chính xác các yếu tố như lớp vỏ, tình trạng hệ thống HVAC và hệ thống điện đang hoạt động.

Mô phỏng công trình cải tạo thường gặp một số khó khăn đặc thù hơn so với công trình mới, bao gồm:

- Dữ liệu hiện trạng: Trong các công trình cải tạo, tài liệu hiện trạng có thể đã cũ hoặc không chính xác do quá trình sửa đổi, thay đổi kiến trúc mà không được cập nhật. Việc thiếu các bản vẽ chi tiết về lớp vỏ, hệ thống điện, HVAC, và các cấu trúc khác sẽ làm khó khăn trong việc xác định các thông số kỹ thuật chính xác để mô phỏng năng lượng.

- Thiết bị: Các hệ thống hiện tại như điện, HVAC, chiếu sáng,... có thể không đáp ứng yêu cầu về hiệu quả năng lượng hiện hành. Mô phỏng cần phải đánh giá khả

năng của các hệ thống này và đề xuất các phương án cải tiến, đồng thời cân nhắc tránh làm phát sinh chi phí lớn do thay đổi toàn bộ hệ thống.

- Thông số vật liệu: Việc đánh giá hoặc tìm hiểu chi tiết về các lớp vật liệu hiện tại của tường, cửa sổ, mái, và nền thường khó khăn, đặc biệt khi không có hồ sơ chính xác. Điều này gây trở ngại trong việc đưa thông tin vào phần mềm mô phỏng với các chỉ số như độ cách nhiệt, độ truyền nhiệt, độ phản xạ.

- Tác động của cải tạo: Các công trình cải tạo thường không chỉ thay đổi một phần, mà còn cần đảm bảo rằng những thay đổi này không ảnh hưởng xấu đến các thành phần còn lại của công trình. Điều này làm tăng độ phức tạp trong mô phỏng do cần phải tính toán tác động của các biện pháp cải tạo như nâng cấp lớp vỏ, thay đổi hệ thống HVAC, hoặc thêm hệ thống điều khiển mới.

- Mô phỏng năng lượng công trình cải tạo thường gặp nhiều khó khăn hơn về hồ sơ và thu thập dữ liệu thực tế, đòi hỏi khảo sát kỹ lưỡng và có thể phải đưa ra các giả định bổ sung để hoàn thành mô hình mô phỏng. Trong khi đó, mô phỏng năng lượng công trình mới dễ dàng tối ưu hóa hiệu quả năng lượng nhờ vào dữ liệu thiết kế đầy đủ và khả năng linh hoạt trong việc điều chỉnh các yếu tố thiết kế từ giai đoạn đầu.

Việc mô phỏng năng lượng trong công trình cải tạo cần được thực hiện đối với các phần cải tạo có tác động lớn đến nhu cầu năng lượng, chẳng hạn như việc nâng cấp vỏ bao che, hệ thống chiếu sáng và HVAC. Việc xác định phạm vi mô phỏng cụ thể phụ thuộc vào quy mô và loại hình cải tạo, và mục tiêu của việc cải tạo là cải thiện hiệu quả năng lượng của công trình.

- Vỏ bao che: Nếu công trình cải tạo liên quan đến việc thay đổi hoặc nâng cấp vỏ bao che (ví dụ: thay cửa sổ, cách nhiệt tường, nâng cấp mái ...), thì mô phỏng năng lượng là cần thiết để đánh giá tác động của những thay đổi này đối với hiệu quả năng lượng của công trình. Các thay đổi này có thể ảnh hưởng đến độ cách nhiệt, độ truyền nhiệt và khả năng giữ nhiệt của công trình, từ đó tác động đến nhu cầu năng lượng cho tải làm mát và sưởi ấm.

- Hệ thống chiếu sáng: Trong trường hợp cải tạo có liên quan đến hệ thống chiếu sáng (thay đổi loại đèn, bố trí chiếu sáng, hoặc nâng cấp hệ thống điều khiển chiếu sáng

thông minh), mô phỏng năng lượng sẽ giúp đánh giá việc tiết kiệm năng lượng từ các cải tiến này.

- Hệ thống HVAC: Nếu công trình cải tạo thay đổi hoặc nâng cấp hệ thống HVAC (ví dụ: thay điều hòa, hệ thống thông gió, hoặc thay đổi thiết kế hệ thống điều hòa không khí), thì mô phỏng năng lượng là rất quan trọng. Những thay đổi này có thể ảnh hưởng đến mức tiêu thụ năng lượng của công trình, do đó việc mô phỏng giúp đánh giá hiệu quả năng lượng và tối ưu hóa hệ thống HVAC cho phù hợp với yêu cầu sử dụng.

- Các hệ thống cơ điện khác: Nếu cải tạo bao gồm việc thay đổi các hệ thống cơ điện khác như hệ thống cấp nước, hệ thống năng lượng tái tạo (ví dụ: lắp đặt hệ thống năng lượng mặt trời), mô phỏng năng lượng sẽ cần được thực hiện để tính toán tác động của những thay đổi này đối với nhu cầu năng lượng của toàn bộ công trình.

CHƯƠNG II. CÁC CÔNG CỤ MÔ PHỎNG NĂNG LƯỢNG

Phần lớn các phần mềm mô phỏng năng lượng được cấu thành từ hai thành phần chính: nhân tính toán và giao diện đồ họa. Nhân tính toán có thể được sử dụng như một công cụ mô phỏng độc lập nhưng người dùng sẽ mất nhiều thời gian để học cách thiết lập và thực hiện các quy trình mô phỏng. Giao diện đồ họa là sự bổ sung tạo ra các dữ liệu đầu vào cho nhân tính toán và thể hiện các kết quả sau khi quá trình mô phỏng hoàn thành, giúp người dùng giảm đáng kể thời gian học cách mô phỏng. Nhân tính toán và giao diện đồ họa thường được phát triển bởi các tổ chức khác nhau. Trên thế giới, các cơ sở thí nghiệm quốc gia hoặc trường đại học thường phát triển nhân tính toán trong khi các nhà cung cấp thương mại phát triển giao diện đồ họa. Do đó, nhiều phần mềm mô phỏng có các giao diện đồ họa khác nhau sử dụng chung một nhân tính toán mô phỏng. Việc lựa chọn giao diện đồ họa phù hợp sẽ giúp người dùng dễ dàng sử dụng nhưng nhân tính toán quyết định độ chính xác của kết quả mô phỏng yếu không thể tạo ra các kết quả đáng tin cậy.

2.1. Các nhân tính toán phổ biến

• EnergyPlus

EnergyPlus là nhân tính toán miễn phí và mã nguồn mở, được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay trên toàn thế giới. Nhân tính toán này xuất hiện chính thức vào năm 2001 và là nhân tính toán mô phỏng năng lượng công trình động thế hệ thứ 3 được phát triển bởi Bộ Năng lượng Hoa Kỳ [1]. Độ chính xác của EnergyPlus đã được xác thực theo Tiêu chuẩn ANSI/ASHRAE 140 - Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn để đánh giá các chương trình phân tích năng lượng tòa nhà bằng máy tính [2].

• DOE-2

DOE-2 là một nhân tính toán được phát triển khoảng 35 năm trước nhằm giúp các nhà thiết kế và kỹ sư thực hiện các nghiên cứu thiết kế xây dựng liên quan đến năng lượng cho toàn bộ tòa nhà thông qua dữ liệu thời tiết thực tế [3]. DOE-2 được phát triển cho Bộ Năng lượng Hoa Kỳ bởi nhóm nghiên cứu mô phỏng của phòng thí nghiệm quốc gia Lawrence Berkeley. Mục đích của một công cụ như DOE-2 là ước tính hiệu suất nhiệt động lực học của các tòa nhà bằng cách giải quyết một cách tương đối các phương trình toán học. Tương tự như EnergyPlus, DOE-2 có độ chính xác cao và đã được xác thực theo Tiêu chuẩn ANSI/ASHRAE 140 - Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn để đánh giá các chương trình phân tích năng lượng tòa nhà bằng máy tính [2]. Phiên bản phổ biến nhất của DOE-2 là DOE-2.2 và một phiên bản ở dạng thô sơ hơn là DOE-2.1e.

• APACHE

APACHE là nhân tính toán có nguồn gốc từ công ty kỹ thuật dưới sự sở hữu của Oscar Faber. Khi đó nhân tính toán này có tên là FACET. Năm 1996, công ty phát triển phần mềm Integrated Environment Solutions (IES) Limited có trụ sở tại Châu Âu mua lại và đổi tên nhân tính toán thành APACHE (APplication for Air-Conditioning and Heating Engineers - Ứng dụng cho kỹ sư điều hòa không khí và sưởi ấm). Độ chính xác của APACHE cũng được xác thực theo Tiêu chuẩn ANSI/ASHRAE 140 - Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn để đánh giá các chương trình phân tích năng lượng tòa nhà bằng máy tính [4].

2.2. Các phần mềm mô phỏng năng lượng công trình phố biến

Hiện nay có rất nhiều phần mềm thu phí hoặc miễn phí được phát triển dựa trên ba nhân tính toán có độ chính xác cao: EnergyPlus, DOE-2 và APACHE. Bảng 1 thống kê các phần mềm phổ biến được phát triển từ ba nhân tính toán này, phù hợp sử dụng cho điều kiện Việt Nam. Các phần mềm này đều tích hợp khả năng thực hiện mô phỏng hiệu năng công trình và xuất báo cáo tuân thủ theo các tiêu chí trong các hệ thống đánh giá công trình xanh như LEED (Hoa Kỳ) và BREEAM (Vương Quốc Anh). Do đó, các phần mềm trong Bảng 1 cũng rất phù hợp khi sử dụng trong các giai đoạn thiết kế, xây dựng và vận hành của tòa nhà cho tính toán chiếu sáng tự nhiên, thông gió,...

Các phần mềm DesignBuilder [5], Simergy [6], e-Quest [7] và IES VE [8] đều tích hợp các công cụ dựng hình công trình 3D giúp nhập các thông số đầu mô phỏng trực quan. OpenStudio [9] và Ladybug [10] là hai công cụ miễn phí tuy nhiên đồ họa của chúng phụ thuộc vào các phần mềm dựng hình 3D có thu phí là SketchUp và Rhino. So với các phần mềm này, EnergyPro [11] có những hạn chế về đồ họa đầu vào và đồ họa đầu ra.

Hình 2 thể hiện kết quả khảo sát các phần mềm mô phỏng năng lượng công trình đang được sử dụng trong các công ty kiến trúc, xây dựng, tư vấn chứng nhận công trình xanh,... Kết quả cho thấy DesignBuilder được sử dụng phổ biến nhất, chiếm 45% tổng số phần mềm được trả lời khảo sát. Tiếp theo là Ladybug chạy trên nền Rhino, chiếm 15%. IESVE, EnergyPlus, và OpenStudio có độ phổ biến ngang nhau với 10% cho mỗi công cụ mô phỏng.

Phần mềm	Nhân tính toán	Đồ họa đầu vào	Đồ họa đầu ra	Chi phí
DesignBuilder	EnergyPlus	Có	Có	Thu phí
OpenStudio	EnergyPlus	SketchUp	Có	Miễn phí
Ladybug	EnergyPlus	Rhino	Có	Miễn phí
Simergy	EnergyPlus	Có	Có	Thu phí
EnergyPro	DOE-2.1e	Không	Không	Thu phí
e-Quest	DOE-2.2	Có	Không	Miễn phí
IES VE	APACHE	Có	Có	Thu phí

Bảng 1. Thông tin một số phần mềm mô phỏng năng lượng công trình



Hình 2. Tỷ lệ các phần mềm mô phỏng năng lượng công trình được sử dụng ở Việt Nam

Các phần mềm mô phỏng năng lượng công trình đều được thực hiện theo quy trình trong Hình 1. Các thành phần và các bước thực hiện được hướng dẫn chi tiết trong các

phần tiếp theo. Sau mỗi phần hướng dẫn, các ví dụ thực hiện mô phỏng sử dụng DesignBuilder được cung cấp để làm rõ do độ phổ biến của phần mềm này ở thị trường Việt Nam.

CHƯƠNG III. THIẾT LẬP CÁC DỮ LIỆU ĐẦU VÀO CHO MÔ PHỎNG

3.1. Các hồ sơ và bản vẽ cần chuẩn bị

Trước khi thiết lập các thông số đầu vào theo quy trình mô phỏng (Hình 1), các hồ sơ và bản vẽ thống kê trong Bảng 2 cần được chuẩn bị. Đối với công trình cải tạo, các hồ sơ cần được cập nhật nếu có thay đổi về không gian nội thất, vật liệu,... trong quá trình vận hành. Trong trường hợp thay đổi nhưng không có hồ sơ, công trình cần được đo đạc lấy dữ liệu.

Dữ liệu đầu vào	Hồ sơ và bản vẽ	
Hình khối công trình	Các bản vẽ kiến trúc thể hiện mặt bằng tổng thể, mặt bằng, mặt đứng, mặt cắt, phối cảnh.	
Các thiết bị tiêu thụ điện	Thuyết minh tính toán, bản vẽ sơ đồ nguyên lý và mặt bằng bố trí thiết bị hệ thống điện (đèn chiếu sáng, quạt, thang máy, các thiết bị văn phòng, các máy móc thiết bị nhà xưởng). Ngoài ra cần cung cấp thông số kỹ thuật về công suất tiêu thụ, hiệu suất năng lượng của từng thiết bị.	
Thông số vật liệu xây dựng	Các bản vẽ kiến trúc, kết cấu thể hiện mặt bằng, mặt cắt chi tiết, và đặc tính vật lý từ nhà cung cấp sản phẩm cho vật liệu tường ngoài nhà, tường trong nhà, mái, sàn, trần, kính.	
Lịch vận hành	Thuyết minh dự án (ví dụ: giờ hoạt động cho văn phòng, khu vực thương mại, khu dân cư). Ngoài ra, cần lưu ý đến ngày làm việc và nghỉ lễ.	
Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí	Các bản vẽ sơ đồ nguyên lý hệ thống HVAC và mặt bằng bố trí thiết bị chi tiết từng thành phần như chiller, cooling tower, heat exchanger, FCU, AHU. Thông số kỹ thuật bao gồm hiệu suất COP (Coefficient of Performance) và công suất thiết kế của hệ thống HVAC, cũng như các phương án vận hành (nhiệt độ cài đặt, chế độ vận hành tự động hay thủ công).	
Hệ thống năng lượng tái tạo	Thuyết minh tính toán, bản vẽ sơ đồ nguyên lý hệ thống năng lượng tái tạo, thông số kỹ thuật thiết bị cấp bởi nhà cung cấp sản phẩm (công suất định mức, hiệu suất).	

Bảng 2. Các tài liệu và dữ liệu cần chuẩn bị trước khi mô phỏng

Các yêu cầu chung về số liệu đầu vào cần chuẩn bị khi thực hiện mô phỏng được tóm tắt trong Bảng 3. Các yêu cầu này áp dụng chung cho nhiều phần mềm mô phỏng (DesignBuilder, EnergyPlus, OpenStudio, IES VE...).

Danh mục	Chi tiết thông tin yêu cầu					
1. Đặc điểm thiết kế						
Hình khối công trình	Số tầng, chiều cao tầng, diện tích và công năng các không gian					
Hướng công trình	Tọa độ địa lý (vĩ độ và kinh độ), hướng công trình					
Loại hình công trình	Loại công trình (văn phòng, nhà xưởng, trung tâm thương mại, trường học)					
2. Lớp vỏ công trình						
Mái, trần, tường, sàn	Khả năng cách nhiệt hoặc truyền nhiệt của các kế cấu không xuyên sáng được đặc trưng bởi tổng nhiệt trở R_0 hoặc hệ số tổng truyền nhiệt U_0					
Kính	Hệ số truyền sáng của kính (VLT), hệ số truyền nhiệt U và hệ số hấp thụ nhiệt của kính (SHGC)					
3. Trang thiết bị						
Hệ thống chiếu sáng	Loại đèn (LED, huỳnh quang), mật độ công suất (W/m ²), lịch vận hành thiết bị chiếu sáng, cảm biến ánh sáng.					
	Loại hệ thống (chiller, VRF, FCU), hiệu suất thiết bị (COP, EER), công suất hệ thống và lịch vận hành.					
Hẹ thống H VÁC	Loại hình thông gió (tự nhiên, cơ khí), lưu lượng gió (m ³ /h hoặc L/s), lịch vận hành và loại quạt sử dụng (công suất, hiệu suất, áp suất quạt)					
Các thiết bị điện khác	Mật độ công suất (W/m ²), lịch vận hành (máy tính, thiết bị nhà bếp, thiết bị văn phòng)					
Hệ thống năng lượng tái tạo	Loại hệ thống (năng lượng mặt trời, gió, địa nhiệt), công suất hệ thống, thông số thiết bị của hệ thống từ nhà sản xuất.					
4. Lịch vận hành						
Lịch vận hành cho người sử dụng	Số lượng người, mật độ (người/m²), phân bổ theo từng khu vực, lịch vận hành theo giờ/ngày.					
Lịch vận hành cho thiết bị	Thời gian hoạt động của các hệ thống HVAC, chiếu sáng, thiết bị điện					

Bảng 3. Yêu cầu chung thông số đầu vào của các phần mềm mô phỏng

3.2. Dữ liệu thời tiết

3.2.1. Định dạng tệp dữ liệu thời tiết và các nguồn cung cấp

Các công cụ mô phỏng sử dụng dữ liệu thời tiết mỗi giờ (nhiệt độ, độ ẩm, vận tốc gió, bức xạ mặt trời,...) tại khu vực xây dựng công trình để tính toán năng lượng công trình tiêu thụ. Tuy nhiên, thời tiết không cố định mà biến đổi từ năm này sang năm khác. Phương pháp Typical Meteorological Year (TMY) đã được phát triển để hợp nhất dữ liệu thời tiết đo được trong một khoảng thời gian đủ lâu (thường từ 20 đến 30 năm) để tạo nên một tệp dữ liệu thời tiết đặc trưng [12]. Dữ liệu TMY không chỉ trung bình giá trị các thông số thời tiết hàng năm mà còn tính đến các hiện tượng thời tiết khắc nghiệt đặc trưng xuất hiện ở một khu vực. Do đó, dữ liệu TMY phù hợp sử dụng để mô phỏng các công trình chuẩn bị cho việc xây mới và cải tạo hơn là dùng dữ liệu thời tiết đo được trong vòng một năm.

Dữ liệu TMY được tạo nên cho 8.760 giờ trong năm, thường phố biến với định dạng EnergyPlus Weather (EPW). Đây là định dạng được sử dụng trong các phần mềm mô phỏng năng lượng. Các tệp dữ liệu thời tiết còn bao gồm các thông số ảnh hưởng đến việc tính toán như kinh độ, vĩ độ, độ cao, múi giờ của khu vực, dữ liệu thời tiết theo giờ (nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, hướng gió, bức xạ mặt trời,...). Nếu dữ liệu thời tiết tại một khu vực không có, tệp dữ liệu tại các khu vực lân cận có đặc điểm khí hậu tương tự có thể dùng thay thế. Một số nguồn dữ liệu thời tiết được liệt kê dưới đây.

- Climate.OneBuilding [13] là kho dữ liệu thời tiết TMY bao gồm hơn 17.476 vị trí trên toàn cầu. Nó được phát triển và quản lý bởi Dru Crawly và Linda Lawrie, hai nhà phát triển đầu tiên của định dạng tệp thời tiết EPW. Dữ liệu từ trang web này cập nhật liên tục và truy cập miễn phí. Dữ liệu các tỉnh thành ở Việt Nam có thể được truy cập ở vùng Asia-Region 2 như Hình 3. Vị trí đặt trạm quan trắc khí tượng thủy văn được thể hiện như Hình 4.

- Dữ liệu thời tiết EnergyPlus [14] gồm 3.034 vị trí. Trong đó có 1.494 vị trí ở Mỹ, 80 vị trí ở Canada, và hơn 1.450 vị trí ở 98 nước trên thế giới. EnergyPlus được tài trợ bởi Văn phòng Công nghệ Công trình (BTO) thuộc Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE)

và quản lý bởi Phòng Thí nghiệm Năng lượng tái tạo Quốc gia (NREL). Hình 5 thể hiện giao diện của trang web EnergyPlus và hướng dẫn tìm tệp dữ liệu thời tiết.



Hình 3. Giao diện trang dữ liệu thời tiết Climate.OneBuilding



Hình 4. Vị trí trạm quan trắc trên Google Earth



Hình 5. Giao diện trang dữ liệu thời tiết EnergyPlus

- Hai nguồn dữ liệu trên của OneBuilding và Bộ Năng lượng Hoa Kỳ được tổng hợp bởi LadybugTools và có thể truy cập tại trang web của LadybugTools [15].

- Dữ liệu thời tiết CAMaRSEC [16] cung cấp cho 25 tỉnh thành của Việt Nam. Đây là một trong những kết quả của dự án CAMaRSEC "Nghiên cứu vật liệu thích ứng với khí hậu trong bối cảnh kinh tế xã hội của Việt Nam". Ngoài ra dự cán CAMAaRSEC còn thực hiện ở một số nước Đông Nam Á và Trung Quốc, với kết quả là các tệp dữ liệu thời tiết tại các nước này.

3.2.2. Ví dụ thiết lập dữ liệu thời tiết đầu vào

Trường họp khu vực mô phỏng có trong dữ liệu của DesignBuilder

Khi khởi tạo một dự án mô phỏng mới, DesignBuilder yêu cầu chọn khu vực đặt dự án như Hình 6. Sau khi tạo mới, tệp dữ liệu thời tiết địa phương có sẵn trong thư viện của DesignBuilder được tự động nhập vào.

Trường hợp khu vực mô phỏng không có trong dữ liệu của DesignBuilder

Bước 1: Tải tệp dữ liệu thời tiết

Khi khu vực đặt công trình mô phỏng không có trong thư viện này, người dùng có thể thêm mới khu vực và tải tệp dữ liệu thời tiết cho khu vực này ở các nguồn đã giới thiệu ở mục 2.1.1 hoặc nguồn khác để sử dụng. Tệp tải về sẽ là một tệp nén gồm không chỉ tệp định dạng EPW mà còn có các định dạng khác bổ trợ như DDY và STAT. Người dùng cần giải nén tệp tải về và chuyển tất cả các tệp đã giải nén vào đường dẫn "C:\ProgramData\DesignBuilder\Weather Data" của máy tính.

New file					
New project				Help	
Location Template				Info Data	
Title		×		Site Location	
Title	Untitled			Select the location template as a source of location	
Analysis		¥		The location defines the geographical location and	
Analysis type	1-EnergyPlus	•	ľ	weather data for all buildings on this site. You will be	
Location		×		able to load data from other location templates or	
*>Location	HA NOI			Site level.	
LEED/ASHRAE 90.1 Model		×			
ASHRAE 90.1 App G PRM					
□ Don't show this dialog next time				Help Cancel OK	

Hình 6. Giao diện chọn địa điểm công trình của DesignBuilder



Hình 7. Giao diện thêm mới khu vực mô phỏng

Bước 2: Tạo khu vực mới

Tại giao diện như Hình 6, người dùng chọn **Location** sẽ hiện ra danh mục các khu vực, và chọn **Add new item** ở mục **Data** để thêm khu vực mới.

Bước 3: Thêm tệp dữ liệu thời tiết cho khu vực mới

Cửa sổ **Edit location template** như Hình 7 xuất hiện và người dùng ấn chọn **Hourly weather data**. Tương tự như tạo mới **Location**, người dùng sẽ chọn **Add new item** ở mục **Data** để thêm tệp dữ liệu thời tiết mới. Thêm mới khu vực và dữ liệu thời tiết của khu vực hoàn thành và người dùng có thể chọn khu vực mới tại giao diện như Hình 6.

Việc nhập dữ liệu thời tiết trong DesignBuilder đã tự động nhận vị trí của công trình xây dựng như Hình 8, bao gồm vĩ độ, kinh độ, độ cao của công trình so với mực nước biển, vùng khí hậu,... Tất cả các dữ liệu này đều nằm trong tệp dữ liệu thời tiết. Đối với phần mềm không tự nhận các dữ liệu này, người dùng có thể mở tệp dữ liệu thời tiết với định dạng EPW để xem dữ liệu và nhập thủ công vào phần mềm. Người dùng cũng có thể dễ dàng tra dữ liệu kinh độ, vĩ độ, độ cao, múi giờ,... của một khu vực ở rất nhiều tài liệu khác.

Location Template	٤	
™ Template	HA NOI	
Site Location		\$
Latitude (")	21.03	
Longitude (")	105.80	
ASHRAE climate zone	1A	•
Site Details		*
Elevation above sea level (m)	6.0	
Exposure to wind	2-Normal	•
Site orientation (")	315.0	

Hình 8. Thông số vị trí công trình

3.3. Hình khối công trình

3.3.1. Trích xuất dữ liệu hình khối công trình từ phần mềm 3D

Các dự án đã có sẵn mô hình công trình trong một phần mềm 3D có thể xuất ra các định dạng gbXML, IDF, hoặc IFC và nhập vào phần mềm mô phỏng (Hình 9). Việc trích xuất dữ liệu từ phần mềm 3D có thể mang lại nhiều lợi ích như:

- Tiết kiệm thời gian: Trích xuất dữ liệu hình khối công trình từ phần mềm 3D vào phần mềm mô phỏng năng lượng giúp tiết kiệm thời gian và công sức cho việc vẽ lại hình khối công trình trong phần mềm mô phỏng.



Hình 9. Các định dạng dữ liệu có thể nhập vào phần mềm mô phỏng

- Chính xác: Dữ liệu từ phần mềm 3D thường được nhập một cách chính xác, loại bỏ nguy cơ sai sót khi vẽ lại thủ công. Điều này đảm bảo tính chính xác của mô hình và kết quả phân tích.

- Dễ dàng cập nhật: Thay đổi mô hình ở phần mềm 3D có thể được cập nhật vào mô hình mô phỏng năng lượng một cách nhanh chóng và dễ dàng thay vì phải tạo lại mô hình.

Tuy nhiên, trích xuất dữ liệu hình khối công trình từ phần mềm 3D tồn tại một số hạn chế:

- Định dạng tương thích: Cần phải đảm bảo rằng phần mềm 3D và phần mềm mô phỏng hỗ trợ các định dạng file tương thích với nhau. Không phải tất cả phần mềm 3D và mô phỏng năng lượng đều hỗ trợ cùng một định dạng, điều này có thể gây khó khăn khi thực hiện quá trình trích xuất hình khối công trình. - Mất thông tin chi tiết: Trong quá trình nhập dữ liệu vào phần mềm mô phỏng, có thể mất đi một số thông tin chi tiết phần mềm 3D. Điều này có thể ảnh hưởng đến sự chính xác của kết quả mô phỏng năng lượng.

 Ngoài ra, việc nhập hình khối công trình từ phần mềm 3D sang phần mềm mô phỏng cũng có thể gặp lỗi dẫn đến không thể nhập thành công.

3.3.2. Dựng hình khối công trình từ bản vẽ 2D

Đối với dự án chưa có mô hình 3D hoặc việc nhập hình khối công trình vào phần mềm mô phỏng không thành công thì có thể dựng mô hình dựa trên bản vẽ 2D (ví dụ trong phần mềm Autocad). Bước đầu tiên, ta cần tiến hành đơn giản hóa bản vẽ mặt bằng (Hình 10). Đây là bước quan trọng và rất cần thiết khi dựng hình công trình trong phần mềm mô phỏng. Bởi lẽ việc này sẽ lược bớt các chi tiết không cần thiết, tránh việc bắt điểm không chính xác khi dựng hình.



Hình 10. Đơn giản hóa bản vẽ hình khối công trình

Việc đơn giản hóa cũng có thể gộp các không gian (nằm cạnh nhau, có cùng chức năng, cùng hướng, cùng yêu cầu sưởi và làm mát) thành một không gian lớn (được gọi là vùng nhiệt) trước khi nhập bản vẽ vào phần mềm mô phỏng cũng sẽ làm giảm bớt dung lượng mô hình, tiết kiệm thời gian chạy mô phỏng. Bản vẽ sau khi đơn giản hóa cần lưu tệp định dạng DXF để nhập vào phần mềm mô phỏng năng lượng. Sau đó, lớp vỏ công trình được dựng lên dựa theo bản vẽ DXF đã nhập vào (Hình 11). Độ dày của các kết cấu trần, tường, và sàn được thể hiện trong các bản vẽ kiến trúc. Tuy nhiên, khi dựng hình khối công trình sử dụng cho mô phỏng, các kết cấu này chỉ thể hiện bằng một nét vẽ. Tác động của độ dày lên đặc tính truyền nhiệt của kết cấu sẽ được tính đến khi gán vật liệu cho hình khối công trình.



Hình 11. Dựng lớp vỏ công trình

Việc dựng trần, sàn, và lớp tường bao ngoài công trình cho mỗi tầng đã tạo nên một vùng nhiệt cho mỗi tầng. Các vách ngăn sẽ được dựng lên chia vùng nhiệt lớn này thành các vùng nhiệt nhỏ hơn, phù hợp các đặc điểm truyền nhiệt đã tính toán khi đơn giản hóa mặt bằng. Các khối tầng sau đó được ghép thành một khối công trình hoàn chỉnh như Hình 12.



Hình 12. Tạo vách ngăn cho từng tầng và ghép thành công trình



Hình 13. Thiết lập cửa sổ, cửa ra vào, và kết cấu che nắng

Khi tạo vùng nhiệt, các công cụ mô phỏng sẽ tự động tạo các ô cửa sổ. Người dùng có thể thay đổi hình dáng, kích thước và dựng thêm cửa ra vào và các kết cấu che nắng như Hình 13. Sau đó, các công trình lân cận nếu có sẽ được dựng lên với hình dạng đơn giản nhất như Hình 14. Hướng của công trình cần được kiểm tra lại và chỉnh sửa nếu chưa chính xác như trong bản vẽ thiết kế và thực tế. Đây là thông số rất quan trọng vì các hướng có liên quan đến các thông số môi trường bên ngoài như bức xạ mặt trời.



Hình 14. Phối cảnh công trình mô phỏng và các công trình lân cận

3.3.3. Ví dụ dựng hình khối công trình từ bản vẽ 2D trong phần mềm Autocad

Bước 1: Đơn giản hóa mặt bằng và xuất tệp DXF

Các nét vẽ mặt bằng như minh họa ở Hình 15 sẽ được đơn giản hóa thành một nét vẽ. Tường ngoài nhà sẽ được giữ lại nét theo mép ngoài của tường. Tường trong nhà (vách ngăn chia cách vùng nhiệt) sẽ được vẽ theo nét tim tường.

Tầng 1 gồm các không gian chính có chức năng triển lãm và trưng bày. Bản vẽ tầng 1 được tinh giản và tạo các vùng nhiệt như Hình 16 trong Autocad và xuất tệp định dạng DXF. Các phòng vệ sinh nam, nữ, khuyết tật phía dưới góc phải gộp thành một vùng nhiệt. Hai không gian kho phía trên góc trái gộp thành một vùng nhiệt và hai phòng vệ sinh nam và nữ ở giữa mặt bằng phía bên trái thành một vùng nhiệt.



Hình 15. Chi tiết nét vẽ trong bản vẽ mặt bằng



(a) Bản vẽ mặt bằng kiến trúc tầng 1

(b) Bản vẽ tinh gọn tầng 1

Hình 16. Bản vẽ tầng 1 của công trình mô phỏng
Bước 2: Nhập tệp DXF vào DesignBuilder

Tại giao diện của DesignBuilder sau khi tạo một dự án mới, chọn **Import Drawing File** sẽ xuất hiện cửa sổ như Hình 17. Chọn đường dẫn đến tệp ở **Filename** và chú ý đơn vị **Units** của DesignBuilder khớp với đơn vị thiết lập trong Autocad để giữ đúng tỉ lệ bản vẽ.

mported floor plan file		
Select the floor plan file to import		
DXF file		×
File type	1-DXF	•
Filename	D:\MB CAD.dxf	
Scale and Position		×
Units	2-Millimetres	•
	0.000	
Attach at height (m)		
Attach at height (m)		
Attach at height (m)		

Hình 17. Nhập tệp DXF vào DesignBuilder

Bước 3: Dụng tường, trần, sàn

Sử dụng công cụ **Add new block** bo viền mặt bằng tầng 1 để dựng hình khối tầng 1 như Hình 18. Độ cao của tầng được nhập ở phần **Height** (**m**). Ở ví dụ này độ cao là 3,9m.

Drawing Options Tools		*
Block type	1-Building block	•
Form	1-Extruded	-
Height (m)	3.9	
Auto-complete bl	ock	
Perimeter		×
Shape	1-Polygon	•
Line type	1-Straight line	•

Hình 18. Dựng hình khối tầng 1

Sau đó, sử dụng công cụ **Draw partitions** vẽ các vách ngăn để chia tầng 1 thành các vùng nhiệt phù hợp như Hình 19.



Hình 19. Phân vùng nhiệt cho tầng 1

Bước 4: Dựng cửa sổ, cửa đi, và lỗ thông tầng

Dựa vào bản vẽ mặt bằng, mặt đứng, bản vẽ định vị cửa để thiết lập cửa cho công trình. Các dạng cửa sổ được phân loại như sau:

 Các cửa sổ đặt ở vị trí có kích thước như nhau đặt liên tiếp nhau: sử dụng tính năng tạo cửa tự động nhằm giảm nhẹ dung lượng của mô hình, rút ngắn thời gian chạy mô phỏng.

Các cửa có vị trí và kích thước khác nhau thực hiện vẽ thủ công bằng công cụ
 Draw Window.

- Các cửa ra vào được vẽ tương tự như vẽ cửa sổ.

Sử dụng công cụ **Draw hole** để tạo lỗ thông tầng giữa các vùng nhiệt tại một số vị trí đặc biệt (theo bản vẽ) như không gian trưng bày và không gian vườn tầng 1 thông với các tầng bên trên như Hình 20. Sau khi dựng xong cửa sổ từng tầng, các tầng có thể xếp chồng lên nhau sử dụng công cụ **Move selected object(s)**.

Bước 5: Dựng các kết cấu che nắng

Mặt đứng công trình hướng Đông Nam sử dụng lam che nắng như Hình 21. Hệ lam này được đơn giản hóa bằng cách vẽ 19 khối **Component** (dùng **Add new block** tương tự như vẽ tường nhưng thay dạng **Building block** thành **Component**) có kích thước và hình dạng như Hình 22.



Hình 20. Khu vực thông tầng



Hình 21. Lam dọc che mặt đứng công trình



Hình 22. Dựng các tấm che nắng cho mặt đứng hướng Đông Nam

Mặt đứng hướng Đông Bắc và Tây Bắc có các hành lang và trồng cây trúc quân tử. Hình dáng cây thanh mảnh có thể được đơn giản hóa như Hình 23. Nếu vẽ chi tiết giống cây thật thì thời gian tính toán mô phỏng sẽ rất lâu hoặc không thể thực hiện tính toán. Hơn nữa, kết quả sẽ không khác nhiều so với kết quả tính bởi mô hình được đơn giản hóa.





3.4.1. Mái, trần, tường, sàn

Khả năng cách nhiệt hoặc truyền nhiệt của các kết cấu không xuyên sáng (mái, trần, tường, sàn) được đặc trưng bởi tổng nhiệt trở R_0 hoặc hệ số tổng truyền nhiệt U_0 . R_0 của một số loại tường và mái thông dụng có thể tham khảo ở Phụ lục 6 trong QCVN 09:2017/BXD [17]. Nếu không có giá trị R_0 của một kết cấu, hệ số dẫn nhiệt λ của từng lớp vật liệu trong kết cấu cần được xác định. Giá trị này có thể được cung cấp bởi đơn vị cung cấp vật liệu, đo bởi các đơn vị có thiết bị chuyên dụng, hoặc tham khảo ở một số tài liệu như Phụ lục 2 trong QCVN 09:2017/BXD. R_0 có thể được tính sử dụng công thức (m²K/W):

$$R_0 = \frac{1}{h_N} + \sum_{i=1}^{n} \frac{b_i}{\lambda_i} + R_a + \frac{1}{h_T}$$

Trong đó:

h_N, h_T – Lần lượt là hệ số trao đổi nhiệt bề mặt ngoài và bề mặt trong của kết cấu vỏ bao che (W/m²K) (Tham khảo Phụ lục 3, QCVN 09:2017/BXD);

 $b_i - B\hat{e}$ dày của lớp vật liệu thứ i (m);

 λ_i – Hệ số dẫn nhiệt của lớp vật liệu thứ i trong kết cấu bao che (W/mK) (Tham khảo Phụ lục 2, QCVN 09:2017/BXD);

n – Số lượng các lớp vật liệu của kết cấu vỏ bao che;

 R_a – Nhiệt trở của lớp không khí bên trong kết cấu vỏ bao che, nếu có (m²K/W) (Tham khảo Phụ lục 4, QCVN 09:2017/BXD).

 $R_0 (m^2 K/W)$ và $U_0 (W/m^2 K)$ có thể chuyển đổi cho nhau sử dụng công thức:

$$\mathbf{U}_0 = \frac{1}{\mathbf{R}_0}$$

Lựa chọn chỉ khai báo tổng nhiệt trở R_0 của vật liệu đã bỏ qua khả năng và thời gian lưu trữ nhiệt trong vật liệu. Do đó các công cụ mô phỏng thường đưa thêm một lựa chọn khai báo thông số chi tiết hơn, bao gồm: hệ số dẫn nhiệt λ_i (W/mK), nhiệt dung riêng (J/kgK), và khối lượng riêng (kg/m³). Tuy nhiên trong thực tế mô phỏng, các giá trị nhiệt dung riêng và khối lượng riêng của vật liệu rất khó tìm.

3.4.2. Kính

Các thông số vật lý của kính có thể dễ dàng cung cấp bởi các đơn vị phân phối, sản xuất vật liệu. Đó là hệ số truyền sáng của kính (VLT) và hai thông số liên quan đến khả năng trao đổi nhiệt: hệ số truyền nhiệt U và hệ số hấp thụ nhiệt của kính (SHGC). Trường hợp hệ số che nắng (SC) được cung cấp thay thế, SHGC có thể tính sử dụng công thức:

$SHGC = SC \times 0.86$

3.4.3. Ví dụ nhập các thông số truyền sáng và truyền nhiệt cho vật liệu

• Nhập vật liệu tường

Bức tường ngoài nhà như Hình 24 tạo thành từ ba lớp sau:

- Lớp ngoài cùng: Vữa nặng và vữa trát xi măng dày 15 mm.
- Lớp giữa: Bê tông cốt thép dày 222,8 mm.
- Lớp trong cùng: Vữa nặng và vữa trát xi măng dày 15 mm.



Hình 24. Các lớp cấu tạo của tường

Bước 1: Tạo một mẫu tường ngoài nhà mới

Tại giao diện của DesignBuilder, chọn **Construction** như Hình 25. Tại **External walls**, chọn **Project Wall** và chọn **Add new item** sẽ hiện ra cửa sổ **Edit construction** như Hình 26. Với tường gồm 3 lớp sẽ nhập 3 vào **Number of layers**.



Hình 25. Giao diện tạo mẫu tường mới

Edit construction - YT_External wall	
Constructions	
Layers Surface properties Image Calculated Cost Internal s	ource Condensation analysis
General	*
Name YT_External wall	
Source	
Category	Walls •
Region	VIET NAM
Colour	
Definition	×
Definition method	1-Layers
Calculation Settings	»
Layers	×
Number of layers	3 •
Outermost layer	ÿ
Material	EEBC09-2013/Vua nang va vua trat xi m
Thickness (m)	0.0150
Bridged?	
Layer 2	×
Material	EEBC09-2013/Be tong cot thep/Reinforc
Thickness (m)	0.2228
Bridged?	
Innermostlayer	×
SMaterial	EEBC09-2013/Vua nang va vua trat xi m
Thickness (m)	0.0150
Bridged?	

Hình 26. Các lớp tường

Bước 2: Tạo vật liệu và độ dày từng lớp tường

Độ dày của từ lớp vật liệu được điền vào **Thickness** (**m**) như Hình 26 và chọn **Material** để khai báo thông số vật liệu. Đầu tiên, tạo vật liệu cho lớp ngoài cùng và trong cùng. Bảng **Edit material** như Hình 27 xuất hiện.

Edit material - EE	BC09-2013/Vua nang	va vua trat xi mang/H	Heavy mortar and	I coating cement mo	ortar
Materials		200			
General Surfac	e properties Green roo	of Embodied carbon	Phase change	Cost	
General					*
Name	EEBC09-2013/V	ja nang va vua t	trat xi mang/H	leavy mortar an	d coating cemen
Description					
Source			EEB	C09-2013	
Category			Plas	ter	•
Region			VIE	E NAM	
Material Layer	rThickness				×
Force thic	kness				
Thermal Prop	erties				¥
⊙ Detailed p	roperties				
Thermal Bu	lk Properties				¥
Conductiv	ity (W/m-K)		0.930	00	
Specific H	leat (J/kq-K)		840.0	00	
Density (k	.q/m3)		1800	.00	
O Resistance	e (R-value)				

Hình 27. Khai báo thông số nhiệt cho vật liệu

Edit construction - YT_External wall	
Constructions	
Layers Surface properties Image Calculated Cos	st Internal source Condensation analysis
Inner surface	×
Convective heat transfer coefficient (W/m2-K)	3.383
Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K)	4.309
Surface resistance (m2-K/W)	0.130
Outer surface	×
Convective heat transfer coefficient (W/m2-K)	21.010
Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K)	3.990
Surface resistance (m2-K/W)	0.040
No Bridging	×
U-Value surface to surface (W/m2-K)	5.682
R-Value (m2-K/W)	0.346
U-Value (W/m2-K)	2.890
With Bridging (BS EN ISO 6946)	*
Thickness (m)	0.2528
Km - Internal heat capacity (KJ/m2-K)	194.0400
Upper resistance limit (m2-K/W)	0.346
Lower resistance limit (m2-K/W)	0.346
U-Value surface to surface (W/m2-K)	5.682
R-Value (m2-K/W)	0.346
U-Value (W/m2-K)	2.890

Hình 28. Thông số nhiệt của tường

Có hai lựa chọn để nhập vật liệu: Nhập nhiệt trở R hoặc nhập ba thông số nhiệt chi tiết. Trong ví dụ này, ba thông số nhiệt được nhập vào: hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 0.93$ W/mk nhập vào **Conductivity**, nhiệt dung riêng 840 J/kgK nhập vào **Specific Heat**, và khối lượng riêng 1800 kg/m³ được nhập vào **Density**. Tương tự, lớp giữa của tường được

nhập vào với các thông số: hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 0.14$ W/mk, nhiệt dung riêng 896 J/kgK, và khối lượng riêng 500 kg/m³. Kết quả tính toán tổng nhiệt trở R0 của tường này là 0.346 m²K/W như Hình 28.

Untitled	l, Buildi	idng 1								
Layout	Activity	Construction	Openings	Lighting	HVAC	Generation	Economics	Miscellaneous	s CFD	
						_	_			
			i 🕓 Git	azıng Ter	nplate					÷
			P	Templa	te				Project glazing template	
			👘 Ex	ternal Wir	ndows					*
			0	Glazing	type				Project external glazing	
				Layout					Preferred height 1.5m, 30% glazed	
			Di	mensions	;					¥
				Туре					3-Preferred height	•
				Window	to wall %	6			30.00	
				Window	heiaht (r	n)			1.50	
				Window	spacing	(m)			5.00	
				Sill heial	nt (m)	()			0.80	
				Outside	reveal d	epth (m)			0.000	
			Fr	ame and	Dividers					**
			Sh	nading						»
			Ai	rflow Cont	rol Winc	ows				**
			Fr	ee Aperti	ire					»
			🗊 Inte	ernal Win	dows					»
			💷 Slo	oped Roo	of Windo	ws/Skyligh	ts			»
			Do	ors						»
			■ Ve	ents						»

Hình 29. Giao diện các thông số cửa sổ

Edit glazing - Sol	ar Control Neutral 155_10m	n		
Glazing Layers Cost				
General				×
Name	Solar Control Neutral	T55_10mm		
Description				
Source		ASHRA	E 90.1-2010	
Category		Project		-
Region		VIET N/	AM	
Colour				
Definition meth	od			¥
Definition me	thod	2-Simple	Э	-
Simple Definiti	on			×
Total solar tr	ansmission (SHGC)	0.527		
Visible trans	mittance	0.560		
U-Value (W	//m2-K)	3.916		
Radiance Day	lighting			**

Hình 30. Giao diện nhập các thông số vật liệu kính

• Nhập vật liệu kính

Bước 1: Tạo một mẫu vật liệu kính mới

Tại giao diện chính của DesignBuilder, chọn **Openings** như Hình 29. Sau đó, ở **Glazing type** chọn **Add new item** để tạo vật liệu kính mới.

Bước 2: Nhập thông số vật liệu kính

Giao diện **Edit glazing** hiện ra như Hình 30. Tại **Simple Definition**, nhập các thông số SHGC, VLT, và hệ số truyền nhiệt U của vật liệu kính.

CHƯƠNG IV. LỊCH VẬN HÀNH VÀ CÁC THIẾT BỊ TIÊU THỤ ĐIỆN

4.1. Thiết lập lịch vận hành và thông số của các thiết bị tiêu thụ điện

Thiết lập lịch vận hành các thiết bị và lịch trình hoạt động của người sử dụng trong công trình thường đi kèm khai báo thông số của các thiết bị hay các đặc tính trao đổi nhiệt của con người. Các thông số cần khai báo như sau:

- Con người: Người sử dụng trong công trình là một nguồn nhiệt tác động lớn đến sự thay đổi nhiệt độ trong mỗi vùng nhiệt. Dựa vào hoạt động của con người, các bức xạ nhiệt, nhiệt ẩn, nhiệt hiện phát ra làm tăng nhiệt độ phòng. Các công cụ mô phỏng thường yêu cầu nhập số lượng người hoặc mật độ người, hoạt động của họ, và quần áo mặc.

- Chiếu sáng nhân tạo: Các đèn điện sử dụng sẽ tiêu thụ năng lượng và tỏa nhiệt vào không gian. Các công cụ mô phỏng thường yêu cầu nhập mật độ công suất chiếu sáng cho mỗi vùng nhiệt, được tính bằng công suất chiếu sáng của các thiết bị đèn tại một vùng chia cho tổng diện tích vùng đó.

- Các thiết bị sử dụng điện khác: Các thiết bị sử dụng ổ cắm có thể tỏa nhiệt như máy tính, máy chiếu, bếp,... Thông thường, chúng được khai báo thông tin chung là các thiết bị tiêu thụ điện ổ cắm. Ngoài ra thang máy và đun nước nóng cũng có thể được khai báo tại đây.

Lịch vận hành sẽ được khai báo thời gian và giá trị cho một hoạt động. Đối với người sử dụng trong công trình, lịch trình cần được khai báo số lượng người có mặt trong mỗi giờ và thời gian họ có mặt. Lịch vận hành của đèn và các thiết bị tiêu thụ điện cần được khai báo số lượng, công suất, thời gian bật tắt và thời điểm chỉ sử dụng một phần công suất (nếu có). Ngoài ra, lịch vận hành còn có thể thiết lập thời gian và ngưỡng nhiệt độ duy trì trong không gian hay thông gió, trao đổi khí tươi.

4.2. Ví dụ thiết lập lịch vận hành và thông số của các thiết bị tiêu thụ điện

- Tạo lịch vận hành mới: Tại giao diện chính của DesignBuilder, chọn Activity như Hình 31. Để tạo một mẫu lịch vận hành, chọn Add new item tại Template. Cửa số Edit activity như Hình 32 xuất hiện. - Thông tin chung: Khai báo các thông tin của lịch vận hành: nguồn lich vận hành, có bao gồm ngày nghỉ, và loại chiếu sáng.



Hình 31. Giao diện tạo các mẫu lịch vận hành

- Thông tin người sử dụng: Chuyển sang mục **Occupancy** như Hình 33, số lượng người sử dụng có thể được khai báo 0.083 người/m² tại **Occupancy density** (**people/m2**). Nhiệt sinh lý có thể được khai báo tại **Metabolic heat** và khả năng cách nhiệt của quần áo có thể được khai báo tại **Clothing**. Thời gian người sử dụng tại không gian mô phỏng từ 8 giờ sáng đến 6 giờ chiều trong 5 ngày một tuần được khai báo ở **Workday profile**.

Edit activity template - YT_General Office

Activity templa	lates	
General All Gair	ains Occupancy Other Gains DHW Environmental control	
General		×
Name	YT_General Office	
Description	Space by Space Definition for Lighting, Occupation, Gains a	nd Min. (
Source	ASHRAE 90.1 and ASHR	AE 62.1
눰 Category	y ASHRAE	-
Region	General	
Sector	General	
Holidays		×
🗹 Holiday	ys	
Colour Shad	iding in Model	×
Floor:	r shade colour	
ASHRAE 90	0.1 Lighting Category	×
₽ ASHRA	AE 90.1 lighting category Office - Open Plan	

Hình 32. Giao diện thiết lập thông tin chung của lịch vận hành

Edit activity template - YT_General Office

Activity templates	
General All Gains Occupancy Other Gains	DHW Environmental control
Occupancy details	¥
Occupancy density (people/m2)	0.0830
Number of people	0.00
Metabolic Heat	¥
👧 Metabolic rate	Typing
Metabolic factor (0.85 for women, 0.75	childr 0.70
CO2 generation rate (m3/s-W)	0.000000382
Latent fraction	0.3000
Clothing	»
Workday profile	×
On at 8:00 🜩	
Offat 18:00 ≑ 0 1 2 3 4 5 6 7 8	8 9 10 11 12 13 14 15 18 17 18 19 20 21 22 23 24
Days/week	5 🔹
Schedules	×
😭 Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Office

Hình 33. Giao diện thiết lập thông tin người sử dụng

- Thông số các tải: Chuyển sang mục **Other Gains** để khai báo mật độ công suất tải cho các thiết bị như máy tính (**Computers**), thiết bị văn phòng (**Office Equipment**), ổ cắm (**Miscellaneous**), bếp (**Catering**), thang máy (**Process**) như Hình 34. Tải nào không có không cần tích chọn. Lịch hoạt động của các loại tải cần được xác định.

 Nước nóng sinh hoạt: Thông tin về lượng nước tiêu thụ mỗi ngày theo m² sàn cần được khai báo kèm lịch hoạt động tại mục **DHW** như Hình 35.

Edit activity template - YT_General Office	
Activity templates	numeratal control
deneral Fardans occupancy other dans only e	inviormental control
Computers	¥
□ On	
Office Equipment	¥
⊻ On	
Power density (W/m2)	5.00
Absolute zone power (W)	0.00
Radiant fraction	0.000
workday profile	*
On at 8:00 ≑	
Offat 18:00 \$ 0 1 2 3 4 5 6 7 8	9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Schedules	*
Schedule Miscellancous	ASHRAE 90.1 Occupancy - School
Miscellaneous	÷
	5.00
Power density (W/m2)	5.00
Absolute zone power (VV)	1. Electricit de marid
Fuel	1-Electricity from grid
Fraction lost	0.000
Latent fraction	0.000
Radiant fraction	0.200
CO2 generation rate (m3/s-W)	0.00000000
End-use subcategory	1-General
workday profile	*
On at 8:00 ≑	
Offat 18:00 \$ 0 1 2 3 4 5 6 7 8	9 10 11 12 13 14 15 18 17 18 19 20 21 22 23 24
Schedules	×
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Office
Catering	÷
🗆 On	
Process	\$
🗆 On	
General Lighting	\$
☑ On	
Workday profile	\$
On at 7:00 💠	
Offat 18:00 \$ 0 1 2 3 4 5 6 7 8	9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Schedules	8
😭 Schedule	ASHRAE 90.1 Lighting Receptacle - Offic

Hình 34. Giao diện khai báo các nguồn nhiệt khác

Edit activity template - YT_General Office



Hình 35. Giao diện khai báo nước nóng sinh hoạt

Edit activity template - YT_General Office	
Activity templates	
General All Gains Occupancy Other Gains DHW Environmental co	ontrol
Heating	*
Set point temperature (*C)	23.000
Set back temperature (°C)	21.000
Workday profile	×
On at 8:00 🜲	
Offat 18:00	12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Schedules	×
😭 Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Office
Cooling	×
Set point temperature (*C)	25.000
Cooling set back ("C) Workday profile	27.000
Offat 18:00 € 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	12 13 14 15 18 17 18 19 20 21 22 23 24
Schedules	×
Coperation	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Office
Ventilation Set Point Temperatures	*
Net yort cot point (*C)	22 000
(1) Schedule	ASHBAE 90.1 Occupancy - Office
Mechanical Ventilation	*
Mech. vent. set point (*C)	10.000
A Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Office
Lighting	×
Target Illuminance (lux)	500
Default display lighting density (W/m2)	0.000
Ventilation Fresh Air	\$ 949
Minitreshair (l/s-person)	0.000
Mech vent per area (I/s-m2)	0.000

Hình 36. Giao diện khai báo các thông số kiểm soát môi trường

- Kiểm soát môi trường: Tại mục **Environmental control**, khai báo nhiệt độ mục tiêu khi có người sử dụng (**set point temperature**) và nhiệt độ khi người tạm vắng (**set**

back temperature) cho chiều sưởi và chiều làm mát của điều hòa, nhiệt độ mục tiêu cho phần thông gió tự nhiên, các thông số về độ rọi, lưu lượng gió tươi và lịch vận hành đi kèm như Hình 36. Với không gian không có sưởi, nhiệt độ mục tiêu khi có người sử dụng và khi tạm vắng khai báo là -50 °C. Với không gian không có làm mát, nhiệt độ mục tiêu khi có người sử dụng và khi tạm vắng khai báo là 99 °C.

Schedules			
General			
General			×
Name	ASHRAE 90.1 Occupancy - Office		
Description			
Source		ASHRAE 90.1-2007 User's Manual	
🖰 Category		ASHRAE 90.1-2007	-
Region		General	
Schedule tvr		2-Compact Schedule	-
Profiles			×
Schedule:Con	npact,		^
Occupancy	Office,		
Fraction,			
Through: 31 D)ec,		
For: Weekday	/s,		
Until: 06:00,	0, 10		
Until: 07.00,	0.20		
Until: 17:00	0.95		
Until: 18:00	0.30		
Until: 22:00.	0.10.		
Until: 24:00,	0.05		
For: Saturday,			
Until: 06:00,	0,		
Until: 08:00,	0.10,		
Until: 12:00,	0.30,		
Until: 17:00,	0.10,		
Until: 19:00,	0.05,		
Until: 24:00,	0,		
For: Sunday,	0		
Until: 06.00,	0,05		
Until: 24:00	0		
For: Summer	DesignDay		
Until: 08:00	0.		
Until: 23:00	1.		
Until: 24:00,	0,		
For: AllOtherD	Jays,		
Until: 24:00,	0 ;		

Edit schedule - ASHRAE 90.1 Occupancy - Office

Hình 37. Giao diện chỉnh sửa lịch vận hành

- Để chỉnh sửa lịch vận hành, trên cửa sổ của Hình 33 chọn **Schedules**. Chọn **Add new item** và cửa sổ **Edit schedules** sẽ hiển thị trên màn hình. - Khởi tạo và chỉnh sửa lịch vận hành: Bao gồm các thông tin như lịch vận hành trong tuần, cuối tuần, ngày. Giả sử, từ 6 giờ sáng đến 7 giờ sáng các ngày trong tuần, mật độ người của phòng chỉ khoảng 10%, ta khai báo như sau:

Until: 06:00,	0, (Phân vị 0 thể hiện chưa có người trước 6h)	
Until: 07:00,	0.10, (Phân vị 0.1 thể hiện có 10% số người xuất hiện ở thời	
	điểm từ 6h đến 7h)	

Làm tương tự cho các khoảng thời gian khác, ta có lịch vận hành như Hình 37.

4.3. Ví dụ thiết lập điều khiển chiếu sáng

• Bước 1: Tạo lịch điều khiển chiếu sáng mới

Tại giao diện chính của DesignBuilder, chọn mục **Lighting** như Hình 38. Tại **Lighting Template**, chọn **Add new item** và cửa sổ **Edit lighting template** hiện ra như Hình 39.



Hình 38. Giao diện thiết lập điều khiển chiếu sáng

Edit lighting template - YT_General Office

Lighting templates			
General Output	Control Cost		
General ×			×
Name	YT_General Office		
Description	Common Space Types, Table	9.6.1, ASHRAE 90.1-2010	
Source		ASHRAE 90.1-2010	
🔁 Category		ASHRAE 90.1-2010	•
Region		General	

Hình 39. Giao diện chung khi chỉnh sửa mẫu điều khiển chiếu sáng

• Bước 2: Khai báo thông tin mẫu dựa trên một mẫu gốc

Mật độ công suất chiếu sáng được khai báo ở Power density (W/m²).

Edit lighting template - YT_General Office		
Lighting templates		
General Output Control Cost		
General Lighting		×
🗹 On		
Power density (W/m2) 8.41		
Absolute zone power (W)	0.00	
Luminaire type	2-Surface mount	•
Return air fraction 0.00		
Radiant fraction	0.72	
Visible fraction 0.18		
Task and Display Lighting		×
🗋 On		

Hình 40. Giao diện thiết lập kết quả chiếu sáng

• Bước 3: Phương pháp điều khiển chiếu sáng

Chuyển sang mục **Control** như Hình 41, phương pháp điều khiển từng bước được chọn bằng cách thiết lập **3-Stepped** cho **Control type** và 3 bước tại **Number of steps**. Với thiết lập này cùng mục tiêu độ rọi của anh sáng tự nhiên là 600 lx, đèn được được khiển như sau:

- Khi độ rọi của ánh sáng tự nhiên nhỏ hơn 200 lx: đèn sử dụng 100% công suất.
- Khi độ rọi nhỏ hơn 400 lx: đèn sử dụng 2/3 công suất.
- Khi độ rọi nhỏ hơn 600 lx: đèn sử dụng 1/3 công suất.
- Khi độ rọi lớn hơn 600 lx: đèn tắt.

Edit lighting template - YT_General Office

Lighting templates			
General Output Control Cost			
Lighting Control			
🗹 On			
Control type	3-Stepped 🔹		
Number of steps	3		
Number of steps	3		

Hình 41. Thiết lập điều khiển chiếu sáng

CHƯƠNG V. HỆ THỐNG SƯỞI, THÔNG GIÓ VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

5.1. Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí sơ cấp

Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí sơ cấp là phần quan trọng và cốt lõi của hệ thống HVAC trong một tòa nhà lớn như tòa nhà thương mại, văn phòng, khách sạn, bệnh viện, trường học,... Hệ thống HVAC sơ cấp đảm bảo rằng nhiệt độ, độ ẩm, và chất lượng không khí trong tòa nhà được điều chỉnh để đáp ứng các yêu cầu thoải mái và sức kháng cho người dùng.

5.1.1. Máy sản xuất nước lạnh

Chiller là máy sản xuất nước lạnh để cung cấp tới tải của công trình, thường được lắp đặt cho nhà máy hoặc trung tâm thương mại. Hệ thống chiller hay còn được gọi là hệ thống điều hòa trung tâm chiller là máy sản xuất nước lạnh dùng trong hệ thống điều hòa không khí trung tâm, sử dụng nước là chất tải lạnh. Nước sẽ được làm lạnh qua bình bay hơi (thường nhiệt độ vào 12 °C và ra 7 °C). Chiller gồm 4 thiết bị chính của chu trình nhiệt cơ bản là máy nén, van tiết lưu, thiết bị ngưng tụ và thiết bị bay hơi. Ngoài ra có thêm 1 số thiết bị khác.

Hệ chiller đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa sử dụng năng lượng trong các công trình bằng cách cung cấp làm mát hiệu quả, tận dụng nhiệt thải, và điều khiển tải nhiệt một cách hiệu quả. Điều này giúp giảm tiêu thụ năng lượng và chi phí vận hành, đồng thời giúp bảo vệ môi trường. Chính vì vậy việc mô phỏng hệ thống chiller là hết sức quan trọng và cần thiết. Thông số cơ bản để thiết lập mô phỏng cho hệ thống sử dụng chiller được tóm tắt trong Bảng 4.

Thông số	Mô tả
	Một số kiểu chiller như sau:
Loại chiller	- Dịch chuyển tích cực (positive displacement): Bao gồm máy nén đẩy (kiểu piston), máy nén xoắn ốc (scroll) và máy nén trục vít (screw). Chúng tạo áp lực bằng cách đẩy một lượng cố định của chất làm lạnh vào không gian nhỏ và sau đó nén chúng.

Bảng 4. Thông số thiết lập mô phỏng chiller

	- Ly tâm (centrifugal): Sử dụng cánh quạt quay để nén chất làm lạnh và tạo động lực. Máy nén trung tâm hoạt động bằng cách tạo ra vận tốc chất làm lạnh thông qua cánh quạt quay và sau đó nén chúng.
	 Hấp thụ hiệu ứng đơn (single effect absorption): Sử dụng một bộ bay hơi và một bộ ngưng tụ đơn.
	- Hấp thụ hiệu ứng kép (double effect absorption): Sử dụng hai bộ bay hơi và hai bộ ngưng tụ, một ở nhiệt độ thấp và một ở nhiệt độ cao. Loại này hiệu quả hơn so với hiệu suất đơn, nhưng phải sử dụng nguồn nhiệt ở nhiệt độ cao hơn.
	- Hấp thụ hiệu ứng kép, không đốt trực tiếp (double effect absorption, indirect-fired): Tương tự như hấp thụ hiệu ứng kép, nhưng nguồn nhiệt ở nhiệt độ cao gián tiếp.
	 Chiller dùng động cơ khí nén (Gas engine driven chiller): Sử dụng động cơ chạy bằng khí nén để nén chất làm lạnh và làm lạnh không gian.
Số lượng	Chiller giống nhau (đơn vị)
	- Điện (cho tất cả chiller nén hơi)
	- Khí đốt (cho các máy lạnh hấp thụ,nguồn trực tiếp)
Nhiên liệu/năng	- Dầu (cho các máy lạnh hấp thụ, nguồn trực tiếp)
Iuçing	- Nước nóng (cho các máy lạnh hấp thụ, nguồn gián tiếp)
	- Hơi nước (cho các máy lạnh hấp thụ, nguồn gián tiếp)
Công suất nhiệt	Công suất làm lạnh ở điều kiện thiết kế (kW)
Hiệu suất	Hiệu suất của chiller: Chỉ số hiệu suất năng lượng (EER) cho chiller làm lạnh không khí, cho chiller làm lạnh nước và chiller nén dương tích, và chỉ số hiệu suất (COP) cho chiller chạy bằng nhiên liệu và nhiệt động ở điều kiện đánh giá ARI 550/590 khi đầy tải.
Giá trị vận hành non tải tích hợp (IPLV)	Hiệu suất non tải của một chiller được tính bằng cách lấy trung bình trọng số của hiệu suất của chiller trong bốn điều kiện đánh giá khác nhau, theo tiêu chuẩn AHRI 550. Điều này giúp đánh giá hiệu suất của chiller trong nhiều tình huống khác nhau, bao gồm cả khi hệ thống hoạt động ở mức tải thấp. Hiệu suất này có thể được biểu thị bằng giá trị vận hành non tải tích hợp (integrated part load value) để cho biết hiệu suất trung bình của chiller trong nhiều tình huống khác nhau.
Tỷ lệ không tải tối thiểu	Tỷ lệ không tải tối thiểu (chiller minimum unloading ratio) đo lường tỷ lệ tối thiểu mà một chiller có thể giảm công suất xuống

	mà không cần tắt nguồn hoặc đạt mức công suất tải nhỏ hơn. Thông số này thường được biểu thị dưới dạng một tỷ lệ hoặc phần trăm so với công suất được đánh giá của chiller. Dưới ngưỡng tối thiểu này, chiller phải tắt nguồn hoặc hoạt động ở công suất tối thiểu để đáp ứng mức tải thấp hơn.
Đường cong đặc tính công suất lạnh	Đường cong hoặc nhóm đường cong hoặc các hàm khác biểu thị tổng công suất lạnh có sẵn dưới dạng một hàm số điều kiện của bộ phận bay hơi và bộ phận ngưng tụ, và có thể bao gồm các điều kiện vận hành khác.
Đường cong đặc tính hiệu suất	Một đường cong hoặc nhóm đường cong biến thiên hiệu suất làm lạnh của một chiller điện theo hàm số của điều kiện bộ phận bốc hơi, điều kiện bộ phận ngưng tụ và tỷ lệ non tải.
Lưu lượng nước	Lưu lượng nước thiết bị ngưng tụ và thiết bị nén theo điều kiện thiết kế đầy tải.
Nhiệt độ nước	Nhiệt độ của nước được sản xuất bởi nồi hơi và cung cấp vào vòng nước lạnh và nước trở lại chiller từ vòng nước lạnh (°C).
Điều khiển nhiệt độ nước cấp	Phương pháp và lịch điều chỉnh nhiệt độ đặt điểm của nước lạnh dựa trên nhu cầu hoặc nhiệt độ ngoại trời.

5.1.2. Tháp giải nhiệt

Tháp giải nhiệt là một thiết bị được sử dụng trong các hệ thống làm lạnh công nghiệp và hệ thống điều hoà không khí để làm mát bằng cách loại bỏ nhiệt từ nước hoặc các chất làm mát khác. Chúng giúp duy trì nhiệt độ ổn định trong các quy trình công nghiệp và làm mát hệ thống khi cần thiết để đảm bảo hoạt động hiệu quả và an toàn của các thiết bị và hệ thống. Mô hình tháp giải nhiệt có thể được thiết lập như Hình 42 và Bảng 5.

Thông số	Mô tả
Loại tháp giải nhiệt	Loại tháp làm mát được sử dụng. Có những lựa chọn sau đây:
	- Dạng hở, quạt ly tâm.
	- Dạng hở, quạt hướng trục.
	- Dạng kín, quạt ly tâm.
	- Dạng kín, quạt hướng trục.

Bảng 5. Thông số thiết lập mô phỏng tháp giải nhiệt

	Các tháp làm mát kiểu hở thu thập nước đã được làm mát từ tháp và bơm trực tiếp trở lại hệ thống làm mát. Còn tháp làm mát kiểu kín tuần hoàn nước đã được làm mát qua bộ trao đổi nhiệt để làm mát gián tiếp chất lỏng trong hệ thống.	
Công suất	Công suất nhiệt của mỗi tháp giải nhiệt	
Số lượng	Số lượng các thiết bị đơn vị trong tháp làm mát. Mỗi thiết bị đơn vị sẽ được mô phỏng với kích thước bằng nhau.	
Công suất quạt	Tổng của công suất của tất cả các động cơ quạt trên tháp làm mát. Không bao gồm các động cơ quạt loại "pony motors".	
Nhiệt độ bầu ướt	Nhiệt độ bầu ướt trong điều kiện thiết kế.	
Nhiệt độ nước	Nhiệt độ nước cấp vào và ra từ tháp giải nhiệt.	
Đường cong đặc tính hiệu suất	Một đường cong hoặc nhóm đường cong biến thiên công suất làm lạnh của một tháp giải nhiệt theo hàm số của nhiệt độ bầu ướt, nhiệt độ nước cấp và nước hồi.	
Điều khiển điểm	Loại kiểm soát cho việc cung cấp nước. Có những lựa chọn sau đây:	
dật	- Co dinn	
	- Dieu chinn theo nniệt độ bàu ướt (wet-buib reset)	
	Mô tả kiêm soát độ biên thiên được sử dụng trong tháp làm mát. Các lựa chọn bao gồm:	
Điều khiển quạt	 Điều khiển đường ống dẫn: Cung cấp một đường dẫn song song để chuyển hướng một phần nước bể ngưng tụ xung quanh tháp làm mát ở điều kiện tải thấp. 	
	- Điều khiển quạt theo chu kỳ: Một phương pháp đơn giản để kiểm soát công suất, trong đó quạt của tháp làm mát được bật và tắt theo chu kỳ. Thường được sử dụng trong cài đặt với nhiều ô tháp.	
	 - Quạt hai tốc độ: Sử dụng công tắc cho phép điều chỉnh quạt tốc độ cao hoặc thấp. 	
	 Quạt biến tốc: Một biến tần được lắp đặt cho quạt tháp để điều chỉnh tốc độ quạt. 	
Hoạt động ở tốc độ thấp	Công suất quạt, lưu lượng không khí khi hoạt động ở chế độ tốc độ thấp (áp dụng cho loại tháp giải nhiệt biến tốc, hai tốc độ)	



Hình 42. Mô hình và sơ đồ mô phỏng tháp giải nhiệt

5.1.3. Bom

Bơm là thành phần có vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước và quy trình chuyển động chất lỏng cần thiết trong hệ thống HVAC. Bơm trong hệ thống HVAC tiêu thụ khá nhiều năng lượng, và hiệu suất năng lượng của bơm có thể ảnh hưởng đáng kể đến sự tiết kiệm năng lượng của toàn hệ thống. Bảng 6 tóm tắt các thông số cơ bản của hệ thống bơm có thể thiết lập trong phần mềm mô phỏng năng lượng.

Bång 6.	Thông số	thiết lập	mô phỏn	g bom
---------	----------	-----------	---------	-------

Thông số	Mô tả	
Loại bơm	Dịch vụ cho mỗi bơm. Các lựa chọn bao gồm:	
	- Nước lạnh.	
	- Nước lạnh (hệ thống sơ cấp).	
	- Nước lạnh (hệ thống thứ cấp).	
	- Nước nóng.	
	- Nước nóng (hệ thống sơ cấp).	
	- Nước nóng (hệ thống thứ cấp).	
	- Nước nóng dùng cho dịch vụ.	
	- Nước cấp cho thiết bị ngưng tụ.	
	- Nước trong vòng lặp (dành cho máy bơm nhiệt hydronic)	
Số lượng	Số lượng bơm giống nhau đang hoạt động trong một vòng lặp cụ thể.	

Công suất động cơ/lưu lượng	Công suất điện của bơm chia cho lưu lượng ở điều kiện thiết kế.	
Công suất động cơ	Công suất danh định của bơm	
Cột áp	Cột áp bơm trong điều kiện lưu lượng thiết kế của bơm	
Hiệu suất	Hiệu suất đầy tải của động cơ	
Hiệu suất tối thiểu	Tốc độ tối thiểu của bơm cho bơm hai tốc độ hoặc bơm biến tốc. Đối với bơm hai tốc độ, giá trị này thường là 0,67 hoặc 0,5.	
Lưu lượng	Lưu lượng của bơm ở điều kiện thiết kế	
	Loại kiểm soát cho bơm. Các lựa chọn bao gồm:	
	- Tốc độ cố định, lưu lượng cố định.	
Loại điều khiển bơm	- Tốc độ cố định, lưu lượng biến đổi (kiểm soát lưu lượng thông qua van).	
	- Hai tốc độ.	
	- Biến tốc, lưu lượng thay đổi.	
Lịch trình	Loại hoạt động của bơm có thể là theo yêu cầu (on-demand), chế độ dự phòng (standby) hoặc theo lịch vận hành (scheduled).	
Đường cong đặc tuyến	Đường cong đặc tuyến từ catalog của nhà sản xuất.	

5.1.4. Nồi hơi

Hệ thống nồi hơi là một thiết bị sử dụng trong nhiều ứng dụng công nghiệp và thương mại để sản xuất hơi nước. Hơi nước được tạo ra bằng cách đun nước dưới áp lực cao hoặc áp lực áp dụng cho nước, sau đó được dùng để cung cấp nhiệt độ cho mục đích sưởi ấm. Mô hình nồi hơi có thể được thiết lập như Hình 43 và Bảng 7.

Bảng 7. Thông số thiết lập mô phỏng nồi hơi

Thông số	Mô tả
Nhiên liệu	Nguồn nhiên liệu cho thiết bị sưởi ấm trung tâm. Các lựa chọn bao gồm: - Khí đốt (Gas) - Dầu (Oil)

	- Điện (Electricity)
Loại nồi hơi	- Nồi hơi (Steam boiler)
	- Nồi hơi nước nóng (Hot water boiler)
	- Máy nước nóng bơm nhiệt (Heat-pump water heater)
	Cách hút luồng không khí đốt cháy vào bên trong nồi hơi. Các lựa chọn bao gồm:
	 Tự nhiên (đôi khi gọi là khí quyển): Nồi hơi hút luồng không khí tự nhiên, sử dụng hiện tượng tuần hoàn tự nhiên hút không khí qua nồi hơi để đốt cháy.
Loại quạt cấp	 Cơ học: Nồi hơi hút luồng không khí bằng cơ học cung cấp lưu lượng không khí theo một trong ba cách sau:
không khí cho nồi hơi	- Luồng hút (induced draft), sử dụng không khí xung quanh, tia hơi nước hoặc dùng quạt để tạo ra áp suất âm hút luồng không khí qua ống khói.
	 Luồng đẩy (forced draft), sử dụng quạt và hệ thống đường ống để tạo ra áp suất dương đẩy không khí vào lò đốt.
	 Luồng cân bằng (balanced draft), sử dụng cả cách hút và đẩy để đưa không khí qua lò đốt, thường duy trì áp suất thấp hơn áp suất không khí.
Thất thoát nhiệt	Sự thất thoát nhiệt của nồi hơi hoặc bộ trao đổi nhiệt được biểu thị dưới dạng phần trăm so với công suất đầu ra tối đa.
Công suất nhiệt	Năng suất nhiệt ở điều kiện thiết kế (kW).
Loại hiệu suất	Hiệu suất khi hoạt động đầy tải của một nồi hơi được biểu thị bằng một trong các thông số sau:
	 Hiệu suất sử dụng nhiên liệu hàng năm (AFUE): Đây là một cách tính về hiệu suất của nồi hơi qua một mùa sưởi ấm được xác định trước.
	 Hiệu suất nhiệt (E_t): Đây là tỷ lệ giữa nhiệt được truyền sang cho nước so với lượng nhiệt đầu vào từ nhiên liệu.
	- Hiệu suất đốt cháy (E_c): Đây là cách tính khả năng trích xuất bao nhiêu năng lượng từ nhiên liệu và là tỷ lệ giữa nhiệt được truyền cho không khí đốt cháy so với lượng nhiệt đầu vào từ nhiên liệu.
Hiệu suất	Hiệu suất đầy tải của một nồi hơi ở điều kiện đánh giá (xem loại hiệu suất ở trên) được biểu thị dưới dạng tỷ số của công suất điện chia cho công suất nhiệt. Phần mềm mô phỏng phải hỗ trợ đầu vào

	dưới dạng hiệu suất nhiệt (E_t), hiệu suất đốt cháy (E_c), hoặc hiệu suất sử dụng nhiên liệu hàng năm (AFUE).
Đường cong hiệu suất non tải	Một hệ số điều chỉnh biểu thị tỷ lệ tiêu thụ nhiên liệu so với công suất đầy đủ dưới dạng hàm số của tỷ lệ công suất đầy đủ. Đường cong này sẽ có trong catalog.
Lưu lượng nước tối thiểu	Lưu lượng dòng tối thiểu được đề nghị bởi nhà sản xuất nồi hơi để đảm bảo hoạt động ổn định và đáng tin cậy của nồi hơi.
Nhiệt độ nước cấp	Nhiệt độ của nước được sản xuất bởi nồi hơi và cung cấp vào vòng nước nóng (°C)
Nhiệt độ nước hồi	Nhiệt độ của nước trở lại nồi hơi từ vòng nước nóng (°C)
Điều chỉnh nhiệt độ nước cấp	Sự biến đổi của nhiệt độ cung cấp nước nóng với nhiệt độ ngoài trời (°C)



Hình 43. Mô hình và sơ đồ mô phỏng nồi hơi

5.2. Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí thứ cấp

Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí thứ cấp đề cập đến những phần mở rộng và bổ sung của hệ thống HVAC sơ cấp trong một tòa nhà lớn hoặc áp dụng cho các công trình nhỏ, chúng có mục tiêu cụ thể để đảm bảo rằng môi trường trong tòa nhà là thoải mái và đáp ứng các yêu cầu cụ thể, như kiểm soát độ ẩm hoặc lọc không khí.

5.2.1. Làm mát trực tiếp

Các hệ thống làm mát thứ cấp phổ biến ở Việt Nam gồm:

- DX (Direct Expansion)
- VRF
- Nước lạnh (Chilled water)
- Khác (Other)

Các thông số cơ bản cho hệ thống làm mát sử dụng DX được liệt kê trong Bảng 8.

Bảng 8. Thông số thiết lập mô phỏng hệ thống làm mát sử dụng DX

Thông số	Mô tả
Tổng công suất lạnh	Tổng công suất làm lạnh (bao gồm cả nhiệt ẩn và nhiệt hiện) của một coil lạnh, hệ thống DX tại điều kiện AHRI
SHR	Tỷ lệ nhiệt hiện (SHR) được sử dụng bởi một số công cụ mô phỏng năng lượng có thể tính từ khả năng làm lạnh hợp lý (nhiệt hiện) và tổng khả năng làm lạnh:
	SHR = Công suất lạnh hợp lý/ Tổng công suất làm lạnh.
Hệ số hiệu quả năng lượng	Hệ số hiệu quả năng lượng: COP = công suất điện / công suất nhiệt
Lưu lượng	Lưu lượng gió đi qua dàn lạnh (m ³ /s)
	Các đường cong hiệu suất (được cấp bởi catalog của nhà sản xuất):
	 Đường cong tổng công suất lạnh dưới dạng một hàm số nhiệt độ.
Đường cong hiệu suất	 Đường cong tổng công suất lạnh dưới dạng một hàm số lưu lượng.
	- Đường cong hiệu suất (EIR) dưới dạng một hàm số nhiệt độ.
	 Đường cong hiệu suất (EIR) dưới dạng một hàm số lưu lượng.
Phương pháp mô hình hóa nhiệt ẩn	Phương pháp mô hình hóa nhiệt ẩn của dàn lạnh trong điều kiện hoạt động ở mức non tải.
Lịch trình	Lịch hoạt động theo giờ.

Hệ thống điều hòa không khí VRF thường được sử dụng trong các tòa nhà thương mại trung bình hoặc các khu vực cần kiểm soát nhiệt độ riêng lẻ. Hệ thống VRF là công

nghệ sử dụng môi chất lạnh giãn nở trực tiếp, trong đó máy nén điều chỉnh lưu lượng môi chất lạnh cung cấp tới nơi cần làm lạnh khác nhau, tùy thuộc vào nhu cầu cụ thể của từng khu vực. Hệ thống VRF rất linh hoạt, hiệu quả năng lượng cao và cho phép điều khiển riêng lẻ từng khu vực, giúp tiết kiệm năng lượng so với các hệ thống truyền thống. Giải pháp này trở thành một lựa chọn phổ biến trong các công trình thương mại và công nghiệp. Bảng 9 tóm tắt các thông số cơ bản cho các hệ thống VRF.

Thông số	Mô tả
Mẫu VRF	Một số phần mềm có thể tích hợp sẵn một số loại VRF có sẵn trên thị trường để người dùng có thể lựa chọn nhanh, rút gọn thời gian thiết lập mô hình.
Lịch vận hành	Lịch vận hành cho đơn vị ngoài nhà.
	Các loại nhiên liệu bao gồm:
	- Khí tự nhiên
Loại nhiên liệu	- Điện
	- Propane
	- Diesel
Tỷ lệ tải tối thiểu	Tỷ số tải tối thiểu của máy bơm nhiệt (Minimum heat pump part load ratio).
Máy nén	Công suất mỗi máy nén và số lượng các máy nén.
Bình ngưng	- Làm mát bằng không khí.
	- Làm mát bằng nước.
	- Làm mát bằng bay hơi.
Tổng công suất lạnh	Tổng công suất lạnh của VRF trong điều kiện AHRI.
Hệ số hiệu quả năng lượng	Hệ số hiệu quả năng lượng (COP) làm mát của VRF
Đường cong hiệu suất	Các đường cong hiệu suất: - Đường cong tổng công suất lạnh dưới dạng một hàm số nhiệt độ.

Bảng 9. Thông số thiết lập mô phỏng hệ thống làm mát sử dụng VRF

- Đường cong tổng công suất lạnh dưới dạng một hàm số lưu lượng.
- Đường cong hiệu suất (EIR) dưới dạng một hàm số nhiệt độ.
- Đường cong hiệu suất (EIR) dưới dạng một hàm số lưu lượng.

Các hệ thống làm mát thứ cấp như PAU, AHU,... dùng nước lạnh từ chiller cấp đến dàn ống (coil), để làm mát cho gió cấp vào phòng, có các thông số thiết lập như Bảng 10. Chúng thực hiện các công việc quan trọng để điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm và làm sạch không khí được cung cấp đến các khu vực cụ thể.

Bảng 10. Thông số thiết lập mô phỏng hệ thống làm mát sử dụng nước lạnh

Thông số	Mô tả
Lưu lượng nước cấp	Lưu lượng nước cấp đến dàn ống lạnh (m ³ /s).
Lưu lượng gió cấp	Lưu lượng gió cấp đi qua dàn ống lạnh (m ³ /s)
Nhiệt độ nước vào/ra	Nhiệt độ nước vào/ra theo điều kiện thiết kế
Nhiệt độ gió vào/ra	Nhiệt độ gió vào/ra theo điều kiện thiết kế
Độ ẩm vào/ra	Độ ẩm vào/ra theo điều kiện thiết kế
Lịch vận hành	Lịch vận hành bật/tắt cho dàn ống
	Loại điều khiển, các lựa chọn bao gồm:
	- Nhiệt độ
Dieu knien	- Độ ẩm
	- Nhiệt độ và độ ẩm

5.2.2. Sưởi ấm

Thông tin thiết lập chung cơ bản cho hệ sưởi thứ cấp được tóm tắt trong Bảng 11.

Bång 11. Thông	số thiết lập	mô phỏng	cho hệ sưởi
----------------	--------------	----------	-------------

Thông số	Mô tả
Nguồn nhiệt	Nguồn nhiệt cho sưởi ấm và sưởi ấm sơ bộ. Các lựa chọn bao gồm:
	- Nước nóng (từ hệ sơ cấp)
	- Hơi nước (từ hệ sơ cấp)

	- Điện trở
	- Máy bom nhiệt dùng điện (Electric heat pump)
	- Lò đốt khí/dầu (Gas/oil furnace)
Tổng công suất sưởi	Công suất sưởi ấm của dàn ống nóng ở điều kiện ARI. Áp dụng cho tất cả các hệ thống sưởi thứ cấp.
Hiệu suất	Hiệu suất của dàn ống nóng theo điều kiện thiết kế tại thời điểm đầy tải. Áp dụng cho tất cả các hệ thống sưởi thứ cấp.
Hiệu suất non tải	Thường áp dụng với những hệ thống dùng nhiên liệu khí tự nhiên/diesel/propane. Thiết lập đường cong đặc tính theo catalog cung cấp từ nhà sản xuất
Lịch vận hành	Lịch vận hành bật/tắt cho dàn ống nóng
Nhiệt độ nước vào/ra	Áp dụng cho dàn ống sưởi nước nóng. Nhiệt độ nước vào/ra theo điều kiện thiết kế.
Nhiệt độ gió vào/ra	Áp dụng cho dàn ống sưởi nước nóng. Nhiệt độ gió vào/ra theo điều kiện thiết kế.
Điều khiển	Áp dụng cho dàn ống sưởi nước nóng. Thường điều khiển nhiệt độ theo lưu lượng nước nóng đi qua dàn ống và giá trị lưu lượng tối thiểu, tối đa.

5.2.3. Quạt

Quạt trong hệ thống HVAC đóng vai trò quan trọng trong việc tạo dòng không khí cần thiết để duy trì điều kiện thoải mái và sạch trong một không gian. Có một số loại quạt thường được sử dụng trong hệ thống HVAC:

- Quạt cấp (supply fan): đưa không khí các khu vực trong tòa nhà để duy trì điều kiện thoải mái.

- Quạt hồi (return fan): hút không khí từ không gian trong tòa nhà và đưa trở lại hệ thống.

Trong nhiều trường hợp, quạt cấp và quạt hồi có thể được tích hợp trong AHU. Quạt cấp đẩy không khí đã được xử lý (làm lạnh hoặc sưởi ấm, lọc) ra khỏi AHU và đưa nó đến các khu vực trong tòa nhà. Quạt hồi thu không khí từ không gian trong tòa nhà và đưa nó trở lại AHU để xử lý lại, một phần khí hồi có thể được thu hồi và trộn với khí tươi nhằm tiết kiệm năng lượng. - Quạt thải (exhaust fan): được sử dụng để loại bỏ không khí, khói, mùi, hoặc hơi từ hầm để xe, nhà bếp, nhà vệ sinh, hoặc các khu vực khác và đẩy chúng ra ngoài.

Năng lượng tải quạt khá lớn trong các tòa nhà nên việc mô phỏng tải này là việc làm cần thiết và quan trọng. Các thông số trong Bảng 12 là những thông số cơ bản nên được thiết lập.

Thông số	Mô tả	
Phương pháp mô hình hóa	- Phương pháp đơn giản (simple method): Người dùng nhập công suất điện theo đơn vị lưu lượng không khí (W/cfm hoặc m ³ /h). Phương pháp này thường được sử dụng cho thiết bị đơn và các hệ thống quạt nhỏ khác.	
	- Phương pháp chi tiết hơn là mô hình quạt như một hệ thống, trong đó áp suất tĩnh, hiệu suất quạt và hiệu suất động cơ được xác định tại điều kiện thiết kế.	
	- Phương pháp thứ ba là xác định công suất hãm (brake horsepower) tại điều kiện thiết kế thay vì hiệu suất quạt và áp suất tĩnh. Đây là biến thể của phương pháp thứ hai, trong đó công suất hãm được xác định thay vì áp suất tĩnh và hiệu suất quạt.	
Lưu lượng định mức	Lưu lượng không khí thiết kế của quạt ở điều kiện thiết kế.	
Phương pháp điều khiển	- Lưu lượng cố định (constant volume): quạt hoạt động ở lưu lượng không khí không thay đổi.	
	- Lưu lượng biến thiên, van điều tiết đầu vào hoặc đầu ra (variable- flow, inlet or discharge dampers): quạt thay đổi lưu lượng không khí bằng cách điều chỉnh van điều tiết ở đầu vào hoặc đầu ra để kiểm soát lưu lượng không khí.	
	- Lưu lượng biến thiên, cánh hướng vào (variable-flow, inlet guide vanes): quạt thay đổi lưu lượng không khí bằng cách sử dụng cánh hướng vào tại đầu vào để điều chỉnh dòng không khí.	
	- Lưu lượng biến thiên, động cơ tốc độ biến đổi (variable-flow, variable speed drive - VSD): quạt thay đổi lưu lượng không khí bằng cách điều chỉnh tốc độ quạt thông qua biến tần.	
	- Lưu lượng biến thiên, lá cánh có khả năng thay đổi (variable- flow, variable pitch blades): quạt thay đổi lưu lượng không khí bằng cách điều chỉnh góc cánh của quạt.	

Bảng 12. Thông số thiết lập mô phỏng quạt

	- Hai tốc độ (Two-speed): quạt có thể hoạt động ở hai tốc độ khác nhau, thường là tốc độ cao và tốc độ thấp.
	 Lưu lượng cố định, tuần hoàn (Constant volume, cycling - quạt hoạt động tuần hoàn theo sự kích hoạt của hệ thống sưởi ấm và làm mát).
Công suất hãm	Công suất hãm trục thiết kế của quạt. Việc cung cấp thông số này không cần thiết nếu công suất kW của quạt đã được cung cấp.
Áp suất tĩnh	Áp suất tĩnh thiết kế cho quạt. Điều này quan trọng cho cả việc tính toán năng lượng điện của quạt và tính toán mất nhiệt trong ống dẫn không khí.
Hiệu suất quạt	Hiệu suất của quạt ở điều kiện thiết kế; đây là hiệu suất tĩnh và không bao gồm các tổn thất từ động cơ.
Hiệu suất động cơ	Hiệu suất đầy tải của động cơ phục vụ cho quạt.
Hiệu suất non tải	Thường áp dụng với những hệ thống dùng nhiên liệu khí tự nhiên/diesel/propane. Thiết lập đường cong đặc tính theo catalog cung cấp từ nhà sản xuất
	Vị trí của quạt cung cấp liên quan đến cuộn làm lạnh. Cấu hình có thể là:
Vị trí quạt	- Hút qua (draw-through): quạt đặt ở phía sau của dàn lạnh.
	- Thổi qua (blow-through): quạt đặt ở phía trước của dàn lạnh.
	Vị trí của động cơ quạt cung cấp liên quan đến dòng không khí làm lạnh. Các lựa chọn bao gồm:
Vị trí động cơ	 Trong dòng khí (in the air stream): động cơ quạt được đặt bên trong dòng khí làm lạnh, tiếp xúc trực tiếp với không khí đi qua.
	 Ngoài dòng khí (out of the air stream): động cơ quạt được đặt bên ngoài dòng khí làm lạnh, không tiếp xúc trực tiếp với không khí đi qua.
Đường cong đặc tuyến	Đường cong công suất một phần (part-load power curve) biểu thị phần trăm công suất tiêu thụ so với công suất đầy tải của quạt dưới dạng một hàm số phụ thuộc vào phần trăm lưu lượng không khí đầy tải. Thường thì đường cong này được biểu diễn dưới dạng một đường cong bậc ba với công suất tối thiểu tuyệt đối được xác định.
Lịch vận hành	Lịch vận hành có sẵn của quạt.

5.3. Hệ thống HVAC phân vùng

• Thông tin thiết bị đầu cuối (terminal device)

Một khối đầu cuối bao gồm bất kỳ thiết bị nào phục vụ một khu vực (hoặc nhóm các khu vực có cùng nhiệt độ) có khả năng sưởi hoặc làm mát phản ánh theo bảng điều khiển nhiệt độ của khu vực.

- Không có (trường hợp single zone units)
- CAV không sưởi
- CAV có sưởi
- VAV không sưởi
- VAV có sưởi
- VAV có sưởi, tốc độ quạt biến thiên
- PIU
- Dual CAV
- Dual VAV
- Chilled beams

• Kiểm soát nhiệt độ của không gian

Kiểm soát nhiệt độ không gian đề cập đến việc điều chỉnh và duy trì nhiệt độ bên trong một khu vực, phòng, hoặc không gian cụ thể. Thông thường, quá trình này được thực hiện thông qua việc sử dụng các hệ thống sưởi ấm, thông gió, và điều hòa không khí (HVAC), cùng với các thiết bị điều khiển nhiệt độ như bảng điều khiển nhiệt độ. Trong phần mềm mô phỏng, ta cần cung cấp lịch trình điều khiển nhiệt độ (setpoint) của không gian hàng giờ (hourly space thermostat schedule) từ thông tin có trong hồ sơ thiết kế.

Phạm vi kiểm soát nhiệt độ đề cập đến khoảng hoặc phạm vi mà một bảng điều khiển nhiệt độ có thể điều chỉnh và kiểm soát nhiệt độ trong một không gian của tòa nhà. Nó đại diện cho sự chênh lệch giữa giới hạn nhiệt độ thấp nhất và cao nhất được đặt bởi bảng điều khiển trước khi kích hoạt hệ thống sưởi ấm hoặc làm mát. Ví dụ, nếu một bảng điều khiển nhiệt độ có phạm vi kiểm soát là 2°C, điều này có nghĩa là nhiệt độ có thể dao động lên đến 2°C trên hoặc dưới nhiệt độ được đặt trước khi bảng điều khiển thông báo cho hệ thống HVAC kích hoạt. Phạm vi này cho phép một mức độ linh hoạt nhất định để điều chỉnh theo biến động tự nhiên của nhiệt độ mà không kích hoạt các chu kỳ sưởi ấm hoặc làm mát không cần thiết.

Lịch trình thiết lập điểm tiện nghi sử dụng chỉ số dự đoán trung bình theo phiếu đánh giá (PMV)

Lịch trình thiết lập điểm tiện nghi sử dụng PMV liên quan đến việc quản lý nhiệt độ và các yếu tố khác trong một không gian để đảm bảo sự thoải mái của người sử dụng dựa trên mô hình PMV.

PMV được sử dụng để đánh giá cảm giác nhiệt của con người, và lịch trình thiết lập điểm tiện nghi nhằm điều chỉnh nhiệt độ để đạt được mức thoải mái mong muốn. Lịch trình này có thể bao gồm các thiết lập nhiệt độ cụ thể tại các thời điểm khác nhau trong ngày hoặc tùy thuộc vào các điều kiện cụ thể như mức độ ánh sáng, độ ẩm, hoặc các yếu tố khác ảnh hưởng đến thoải mái.

• Hiệu quả phân phối không khí theo vùng (ZADE)

ZADE đánh giá khả năng của hệ thống thông gió và điều hòa không khí để phân phối không khí một cách hiệu quả đến từng phần trong một vùng. Nó thường được tính bằng cách so sánh lượng không khí thực tế đạt được trong vùng đến một mức độ đặc biệt với lượng không khí mà hệ thống cung cấp.

Chất lượng không khí và tiện nghi nhiệt có thể biến đổi trong các khu vực khác nhau của một tòa nhà. ZADE giúp đánh giá khả năng của hệ thống HVAC để cân bằng sự phân phối không khí trong các khu vực khác nhau, đồng thời cung cấp thông tin để cải thiện hiệu suất nếu cần thiết.

Một ZADE tốt thường đồng nghĩa với việc hệ thống HVAC đang hoạt động hiệu quả trong việc cung cấp không khí tới từng khu vực, giúp tối ưu hóa thoải mái và hiệu

suất năng lượng của toàn bộ tòa nhà. Các thiết lập mô phỏng ZADE được tóm tắt trong Bảng 13.

Cấu hình phân phối không khí	$\mathbf{E}_{\mathbf{z}}$
Cấp không khí làm mát từ trần	1.0
Cấp không khí sưởi ấm từ trần và hồi không khí từ sàn	1.0
Cấp không khí sưởi ấm từ trần, nhiệt độ cao hơn 8°C (15°F) so với nhiệt độ không gian và hồi không khí từ trần	0.8
Cấp không khí sưởi ấm từ trần, nhiệt độ thấp hơn 8°C (15°F) so với nhiệt độ không gian, và hồi không khí từ trần, với điều kiện rằng tốc độ dòng khí cung cấp 0,8 m/s (150 fpm) đạt đến gần mức sàn trong khoảng 1,4 m (4.5 ft). Chú ý: Áp dụng cho dòng khí cung cấp tốc độ thấp.	1.0
Cấp không khí làm mát từ sàn và hồi không khí từ trần, với điều kiện rằng tốc độ dòng khí cung cấp 0,8 m/s (150 fpm) đạt đến 1,4 m (4.5 ft) hoặc cao hơn so với mặt sàn. Chú ý: Hầu hết các hệ thống phân phối không khí dưới sàn (UFADs) tuân theo điều này.	1.0
Cấp không khí làm mát từ sàn và hồi không khí từ trần, với điều kiện là hệ thống thông gió chất lượng thấp (DV) đạt được dòng chảy một chiều và hiệu ứng stratification nhiệt độ.	1.2
Cấp không khí sưởi ấm từ sàn và hồi không khí từ sàn	1.0
Cấp không khí sưởi ấm từ sàn và hồi không khí từ trần	0.7
Nguồn không khí mới được hút từ phía đối diện so với vị trí xả và/hoặc hồi không khí	0.8

Bảng 13. Thông số thiết lập mô phỏng phân phối không khí

• Định cỡ tải làm mát/sưởi ấm

Phương pháp thiết lập nhiệt độ:

- Nhiệt độ khí cấp: Đây là giá trị nhiệt độ của không khí được cung cấp từ hệ thống HVAC vào không gian cụ thể. Nhiệt độ này được xác định để đảm bảo thoải mái cho người sử dụng và đáp ứng yêu cầu của khu vực hoặc hệ thống.

- Chênh lệch nhiệt độ: Chênh lệch nhiệt độ thường đề cập đến sự chênh lệch giữa nhiệt độ đặt lịch trình (setpoint) và nhiệt độ thực tế trong không gian. Được kiểm soát để duy trì một mức độ thoải mái nhất định và để tiết kiệm năng lượng.

Hệ số định cỡ tải làm mát/sưởi ấm vùng nhiệt (Zone cooling/heating sizing factor): Hệ số này dùng để định cỡ tải làm mát/sưởi ấm của từng khu vực từ đó định cỡ cho các thiết bị điều hòa trung tâm. Đối với tòa nhà cơ sở, hệ số này với làm mát và sưởi ấm lần lượt là 1,15 và 1,25.

Gió tươi tối thiểu

Tổng lượng không khí tối thiểu cần thiết đưa vào một khu vực, được ký hiệu là V_{bc-min} . Công thức này tính toán dựa trên các giá trị đầu vào của người dùng như bội số thông hơi R_p .

Phương pháp được sử dụng để tính toán tổng lượng không khí thông hơi tối thiểu cho một khu vực được mô tả như sau:

$$V_{bc-min} = V_m \times \frac{R_p \times P_z + R_a \times A_z}{E_z}$$

Trong đó:

 $V_{\mbox{\tiny bc-min}}$ là tổng lượng không khí cấp cho một không gian hoặc phòng.

 V_m là hệ số thông gió.

 R_{p} là lưu lượng gió cấp trên người (m³/người).

 \mathbf{R}_{a} là lưu lượng gió cấp trên đơn vị diện tích (m³/m²).

P_z là số người trong không gian hoặc phòng.

A_z là diện tích sàn.

 E_z là hiệu quả phân phối không khí.

Các hệ số trong công thức tham chiếu theo tiêu chuẩn TCVN 5687:2024 hoặc theo ASHRAE 62.1-2019.

5.4. Ví dụ áp dụng

Bước 1: Chọn thẻ HVAC như Hình 44.
Untitle	d, Buildi	ng 1			_					
Layout	Activity	Construction	Openings	Lighting	HVAC	Generation	Economics	Miscellaneous	CFD	

Hình 44. Giao diện DesignBuilder chọn thẻ HVAC

Bước 2: Chọn Detailed trong cửa sổ Info, Help bên phải màn hình như Hình 45.

Info, Help
Help Data
HVAC Data
A Detailed HVAC detail
When using Detailed HVAC the HVAC system is defined using components and the data on the HVAC tab is used for:
To access HVAC data click on the <hvac system=""> navigator node</hvac>
Detailed HVAC Activity Data The Detailed HVAC Activity data model option set to "1-Simple HVAC", so the data on the HVAC tab is used as follows:
Heating and Cooling design calculations
 Heating, Cooling and DHW schedules, Natural ventilation and Temperatute distribution data are used for Simulations
Data shown with a green background is only used in Heating and/or Cooling design calculations and is NOT used in Simulations.
Load HVAC data from template
Save HVAC data to new template

Hình 45. Giao diện chọn HVAC chi tiết

Bước 3: Chọn **Detailed** ở thanh trượt HVAC như Hình 46. Chọn **Detailed HVAC Data** cho ô **Detailed HVAC**. Chọn **OK**.

Model Options - Building and Block					
Model Options				Help	
Data Advanced Heating Design Cooling Des	ign Simulation Display D	Project details Carbon		Info Data	
Construction and Glazing Data			»	Data Detail (Building Data)	
Gains Data			×	Use this dialog to configure the model detail to your	
Gains data		Early gains Internal gains are separated into various categories (e.g. occupancy, lighting,		requirements. The descriptions to the right of the sliders, taken together, provide a summary of the current model	
Lumped Early	Detailed	computing etc.)	_	detail	
Gain definition level		1-Globally in model options	•	Construction and glazing	
Occupancy method		2-Area per person	•	The 'Construction and glazing' model option controls	
Occupancy latent gains		1-Dynamic calculation	Data. When the option is set to 'Pre-design' you can		
Equipment gain units		1-Power density	•	select the construction template using the Insulation	
Lighting gain units		1-Power density	•	and mermai mass sider controls.	
Timing			>>	Gains Data There are three levels of gains model detail:	
HVAC	T	Detailed HVAC EnergyPlus HVAC systems are defined graphically using components	×	Lumped - all internal gains are lumped together into a single value. Software and the defined constantly under	
Simple	Detailed			 Early - gains can be defined separately under various categories (computers, equipment, process 	
Detailed HVAC activity data		2-Detailed HVAC Data	•	etc).	
Run free (disable detailed HVAC syste		 Detailed - gains are specified by defining each 			
Natural Ventilation and Infiltration			×	indvidual item of equipment in each zone.	
Natural ventilation		Scheduled ventilation Ventilation is defined as an air-change rate modified by an operation schedule a controlled using a set-point temperature.	nd	Timing You can specify schedules in DesignBuilder using two approaches:	
Scheduled	Calculated		- 11	Typical workday - where the schedule is defined by	
Infiltration units CFD		I-ac/h	• >>	a start time, end time and seasonal variation. This approach is easy to setup but less flexible.	
BIM Surfaces			>>	Cochedules - where schedules can be either be defined for each day of the week and each month of the year using daily Profiles or by using EnergyPlus Compact Schedule format. Schedules are more flexible but take longer to set up. You can request all internal gains operation to follow occupancy. HVAC can be defined in DesignBuilder using.	
				Simple - the heating/cooling system is modelled using ideal loads and the corresponding energy	
				Help Cancel OK	

Hình 46. Giao diện thiết lập HVAC chi tiết

Bước 4: Tại giao diện chính của DesignBuilder chọn **<HVAC System>** như Hình 47. Cửa sổ **Load HVAC template** sẽ hiển thị trên màn hình.



Hình 47. Giao diện tải mẫu HVAC

Bước 5: Chọn **Detailed HVAC template**. Chọn **Add new item**. Cửa số **Select the Detailed HVAC Template** như Hình 48 sẽ hiển thị trên màn hình.



Hình 48. Danh sách lựa chọn các mẫu HVAC chi tiết



Hình 49. Cách chọn hệ thống chiller giải nhiệt nước

Bước 6: Thiết lập cho hệ thống chiller giải nhiệt nước.

Chọn VAV Reheat, Water-cooled Chiller từ Detailed HVAC template (Hình 49) và chọn Next.

Bước 7: Tích chọn vào các khu vực sử dụng điều hòa trên cửa sổ **Load HVAC template** (Hình 50) và chọn **Finish.**

Load HVAC template

VAV Reheat, Water-cooled Chiller: Select the zones served by this HVAC System

Use the check boxes to select the zones to be served by this HVAC system.

Point Building 1 Point Tang 1 Point Cau thang trung tam Point Hanh lang Point Hanh lang 1 Point KG trung bay Point Point Point Point			*
Replace all existing HVAC systems Override template defaults			
Cancel Help	Back	Next	Finish

Hình 50. Các vùng nhiệt trong giao diện tải mẫu HVAC

• Thiết lập thông số cho hệ thống chiller

Bước 8: Tại cửa sổ chính của DesignBuilder **Navigate, Site** chọn chiller và chọn **Edit** component (Hình 51).



Hình 51. Giao diện chính của DesignBuilder khi chọn chỉnh sửa chiller

Bước 9: Cửa sổ **Edit Chiller** xuất hiện như Hình 52. Khai báo thông tin về các chỉ số sau vào phần mềm: công suất lạnh, chỉ số COP, nhiệt độ nước vào và nước ra, lưu lượng nước.

Chiller			
Chiller			
General			
Name	Chiller 1		
₩ Chiller template	DOE-2 Centrifugal/5.50COP		
Chillertype	2-Electric EIB		
Reference capacity (W)	322000.000		
Reference COP (-)	5.520		
Compressor motor efficiency	1.000		
Chiller flow mode	3-Not modulated		
Sizing factor	1.000		
Condenser			
Condenser type	2-Water cooled		
Temperatures			
Reference leaving chilled water temperature (*C)	7.000		
Reference entering condenser fluid temperature (*C)	14.000		
Leaving chilled water temperature limit (*C)	2.000		
Flow Rates			
Reference chilled water flow rate (m3/s)	0.012100		
Reference condenser water flow rate (m3/s)	0.018820		
Pertormance Curves			

Hình 52. Giao diện cửa sổ chỉnh sửa chiller

Bước 10: Tại cửa sổ Navigate, Site, chọn CHW Loop Supply Pump (Hình 53). Sau đó chọn Edit component.



Hình 53. Giao diện chính của DesignBuilder khi chọn chỉnh sửa CHW Loop Supply Pump

Bước 11: Cửa sổ **Edit Pump** xuất hiện (Hình 54). Khai báo thông tin về các thông số cột áp, công suất bơm, lưu lượng, hiệu suất bơm biến tần.

Edit Pump -		
Pump		
General		
General		×
Name	CHW Loop Supply Pump	
Туре	2-Variable speed	•
Pump Settlings		×
Hard set pump flow rate		
Design pump head (Pa)	196127.60	
Design power consumption (W)	11000.00	
Design minimum flow rate (m3/s)	0.012100	
Motor efficiency	0.91	
Fraction of motor inefficiencies to fluid stream	0.00	
Pump control type	2-Intermittent	•

Hình 54. Giao diện chỉnh sửa các thông số thiết lập nồi hơi



Hình 55. Giao diện chính của DesignBuilder khi chọn chỉnh sửa CHW Loop Setpoint Manager

Bước 12: Trường hợp nếu hệ thống chiller có nhiệt độ đầu ra luôn giữ ở mức 6 °C, chọn **Setpoint manager** và thiết lập luôn giữ mức 6 °C. Tại giao diện **Navigate, Site**, chọn **CHW Loop Setpoint Manager**, và chọn **Edit component** như Hình 55.

Bước 13: Cửa sổ **Edit Setpoint Manager** xuất hiện (Hình 56). Chọn **Setpoint variable** schedule và sửa lịch vận hành theo nhiệt độ mong muốn.

Edit Setpoint manager -		
Setpoint manager		Help
Setpoint Manager		Info Data
General	*	
Name	CHW Loop Setpoint Manager	Schodulos
Туре	1-Scheduled ·	Charoing Chiller Setpoint Temp Schedule
Schedule	×	Chilled water flow set point temperature: Always 6 C
Control variable	1-Temperature •	Chilled water flow setpoint temperature: Always 8.5 C
😭 Setpoint variable schedule	Chilled water flow set point temperature:	Chilled water storage charge schedule
1.2		Chilled water storage charge schedule 19:00-07:00

Hình 56. Cửa sổ chỉnh sửa lịch vận hành của chiller với nhiệt độ mục tiêu

• Thiết lập thông số cho hệ thống tháp giải nhiệt

Bước 14: Chọn **Cooling Tower** bên dưới **Condenser Loop Supply Side**. Chọn **Edit component** và cửa sổ **Edit Cooling Tower** xuất hiện. Sơ đồ tháp giải nhiệt trong DesignBuilder được thể hiện như Hình 57.



Hình 57. Sơ đồ tháp giải nhiệt trong DesignBuilder

Bước 15: Cửa sổ **Edit Cooling tower** xuất hiện (Hình 58). Khai báo thông tin về loại tháp giải nhiệt sử dụng, công suất điện, lưu lượng nước.

Edit Cooling tower -	
Cooling tower	
Cooling Tower	
General	×
Name	Cooling Tower
Cooling tower type	4-Variable Speed
Evaporation loss mode	1-Saturated exit
Drift loss percent (%)	0.0080
Sizing factor	1.0000
Air Flow	*
Design air flow rate (m3/s)	Autosize
Minimum air flow rate ratio	0.2000
Design fan power (W)	15000.000
Model Type	×
Model type	1-Cool tools cross-flow
Water Flow	×
Design water flow rate (m3/s)	0.018821
Fan Power	×
Fan power modifier function of air flow rate ratio curve	VS tower fan power mod func air flow ratio
Temperature	¥
Design inlet air wet-bulb temperature (°C)	25.60
Design approach temperature (deltaC)	3.400
Design range temperature (deltaC)	5.000
Free Convection Regime	×
Fraction of tower capacity in free convection regime	0.125

Hình 58. Thiết lập các thông số mô phỏng tháp giải nhiệt

Bước 16: Tại giao diện **Navigate, Site**, chọn **Condenser Loop Supply Pump** và chọn **Edit component** như Hình 59.



Hình 59. Giao diện DesignBuilder khi chọn chỉnh sửa Condenser Loop Supply Pump

Bước 17: Cửa sổ **Edit Pump** xuất hiện (Hình 60). Khai báo thông tin về các thông số cột áp, công suất bơm, lưu lượng, hiệu suất bơm biến tần.

Edit Pump -

Pump		
General		
General		×
Name	Condenser Loop Supply Pump	
Туре	2-Variable speed	•
Pump Settlings		×
Hard set pump flow rate		
Design pump head (Pa)	11000.00	
Design power consumption (W)	196127.60	
Design minimum flow rate (m3/s)	0.018820	
Motor efficiency	0.90	
Fraction of motor inefficiencies to fluid stream	0.00	
Pump control type	2-Intermittent	•

Hình 60. Các thông số thiết lập cho mô phỏng bơm cho tháp giải nhiệt

• Thiết lập thông số cho hệ thống nồi hơi

Bước 18: Tại giao diện **Navigate, Site** chọn **Boilers** và chọn **Edit component** (Hình 61).



Hình 61. Sơ đồ nồi hơi trong DesignBuilder

Bước 19: Cửa sổ **Edit Hot Water Boiler** xuất hiện. Khai báo thông tin về các thông số: loại nhiên liệu sử dụng, công suất, chế độ dòng chảy, tải điện phụ của nồi hơi (các thiết bị tiêu thụ điện liên quan đến nồi hơi), hiệu suất, lưu lượng nước.

Lưu ý: **Autosize** là chế độ phần mềm tự tính toán và điều chỉnh dựa trên nhu cầu tải nhiệt của dự án để đảm bảo hệ thống HVAC hoạt động hiệu quả.

Edit Hot Water Boiler -

Boiler		
Hot Water Boiler		
General		×
Name	Boiler	
boiler template	Gas-fired condensing	boiler
Fuel type	1-Natural gas	•
Nominal capacity (W)	Autosize	
Boiler flow mode	3-Not modulated	•
Parasitic electric load (W)	25.000	
Sizing factor	1.000	
Efficiency		×
Nominal thermal efficiency	0.890	
Efficiency curve temperature evaluation variable	1-Leaving boiler	•
Normalized boiler efficiency curve	CondensingBoilerEff	
Water Outlet		×
Design water flow rate (m3/s)	Autosize	
Part Load Ratios		×
Minimum part load ratio	0.000	
Maximum part load ratio	1.000	
Optimum part load ratio	1.000	

Hình 62. Các thông số thiết lập cho mô phỏng nồi hơi

Bước 20: Tại giao diện **Navigate, Site**, chọn **HW Loop Supply Pump** và chọn **Edit component** như Hình 63.



Hình 63. Giao diện chính của DesignBuilder khi chọn

chỉnh sửa HW Loop Supply Pump

Bước 21: Cửa sổ **Edit Pump** xuất hiện (Hình 64). Khai báo thông tin về các thông số cột áp, công suất bơm, lưu lượng, hiệu suất bơm biến tần.

Edit Pump -

Pump		
General		
General		×
Name	HW Loop Supply Pump	
Туре	2-Variable speed	•
Pump Settlings		¥
Hard set pump flow rate		
Design pump head (Pa)	20000.00	
Design power consumption (W)	Autosize	
Design minimum flow rate (m3/s)	0.000000	
Motor efficiency	0.90	
Fraction of motor inefficiencies to fluid stream	0.00	
Pump control type	2-Intermittent	•

Hình 64. Các thông số thiết lập cho mô phỏng bơm cho nồi hơi

Với hệ thống HVAC sử dụng cả hệ AHU để làm lạnh không khí trong nhà, dàn ống lạnh của AHU sẽ được kết nối với chiller để nhận nguồn lạnh từ chiller. Dàn ống nóng của AHU sẽ được kết nối với nồi hơi để nhận nguồn sưởi từ nồi hơi.

Bước 22: Tại giao diện **Navigate, Site**, chọn **Air Loop AHU** và chọn **Edit component** (Hình 65).



Hình 65. Sơ đồ AHU trong DesignBuilder

Bước 23: Cửa sổ **Edit Air handling unit** xuất hiện (Hình 66). Tại thẻ **General**, khai báo thông tin về lưu lượng quạt cấp gió tươi của AHU, lịch vận hành, tích chọn AHU có quạt hút thải hay không.

Edit Air handling unit -	
Air handling unit	
General Outdoor Air System	
General	
Name	Air Loop AHU
Fan type	2-Variable volume
Design supply air flow rate (m3/s)	0.47200
Operation	
Availability schedule	On 24/7
Night Cycle	
On	
Extract Fan	
Include extract fan	
Mixed Mode Zone Equipment	
Mixed mode on	

Hình 66. Thiết lập thông số chung cho mô phỏng AHU

Bước 24: Chọn thẻ **Outdoor Air System** (Hình 67), tích chọn có hệ thống tiết kiệm năng lượng (Economizer) hay hệ thống thu hồi nhiệt (Heat Recovery) hay không và thiết lập thông số kỹ thuật.

Edit Air handling unit -		
Air handling unit		
General Outdoor Air System		
Becirculation		×
Minimum outdoor air flow rate (m3/s)	Autosize	
Maximum outdoor air flow rate (m3/s)	Autosize	
Minimum limithing	2-Fixed minimum	
Economiser (Free Cooling)		×
Economiser control type	1-No economizer	•
Outdoor Air Schedules		»
Demand Controlled Ventilation		»
Heat Recovery		×
🗹 On		
General		×
Nominal supply air flow rate (m3/s)	Autosize	
Nominal electric power (W)	0.000	
Supply air outlet temperature control	1-No	•
Heat exchanger type	1-Plate	•
Economiser lockout	1-Yes	•
Effectiveness		×
Sensible		×
at 75% Heating air flow	0.750	
at 75% Cooling air flow	0.750	
at 100% Heating air flow	0.700	
at 100% Cooling air flow	0.700	
Latent		×
at 75% Heating air flow	0.000	
at 75% Cooling air flow	0.000	
at 100% Heating air flow	0.000	
at 100% Cooling air flow	0.000	
Frost Control		×
Frost control type	1-None	•
Threshold temperature (*C)	1.70	
Heat Recovery Operation		×
Availability schedule	On 24/7	

Hình 67. Thiết lập thông số hệ thống không khí ngoài nhà cho mô phỏng AHU Bước 25: Tại giao diện Navigate, Site, chọn Air Loop AHU Cooling Coil và chọn Edit component như Hình 68.



Hình 68. Sơ đồ dàn ống làm mát của AHU trong DesignBuilder

Bước 26: Cửa sổ **Edit Water cooling coil** xuất hiện (Hình 69). Khai báo thông tin về lưu lượng, nhiệt độ, độ ẩm, lịch vận hành.

Water Cooling Coil		
Cooling Coil		
General		×
Name	Air Loop AHU Cooling Coil	
Туре	1-Water	•
Design water flow rate (m3/s)	Autosize	
Design air flow rate (m3/s)	Autosize	
Design inlet water temperature (*C)	Autosize	
Design inlet air temperature (*C)	Autosize	_
Design outlet air temperature (°C)	Autosize	_
Design inlet air humidity ratio	Autosize	_
Design outlet air humidity ratio	Autosize	_
Type of analysis	1-Simple analysis	•
Heat exchanger configuration	1-Cross flow	•
Operation		¥
😭 Availability schedule	On 24/7	
Controller		¥
Control variable	1-Temperature	•
Control action	2-Reverse	•
Actuator variable	1-Flow	•
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize	_
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize	
Minimum actuated flow (m3/s)	0	_

Hình 69. Các thông số thiết lập cho mô phỏng dàn ống làm mát

Bước 27: Tại giao diện **Navigate, Site**, chọn **Air Loop AHU Heating Coil** và chọn **Edit component** (Hình 70).



Hình 70. Sơ đồ dàn ống sưởi của AHU trong DesignBuilder

Bước 28: Cửa sổ **Edit Heating coil** xuất hiện (Hình 71). Khai báo thông tin về công suất sưởi, nhiệt độ, lịch vận hành.

Edit Heating Coil -

zant neuting con		
Heating Coil		
Heating Coil		
General		×
Name	Air Loop AHU Heating Coil	
Туре	1-Water	•
Performance input method	1-Nominal capacity	•
Heating design capacity (W)	Autosize	
Water Temperatures		¥
Rated inlet water temperature (°C)	80.000	
Rated outlet water temperature (*C)	70.000	
Air Temperatures		×
Rated inlet air temperature (°C)	16.000	
Rated outlet air temperature (°C)	35.000	_
Operation		×
😭 Availability schedule	On 24/7	
Controller		¥
Control variable	1-Temperature	•
Control action	1-Normal	•
Actuator variable	1-Flow	•
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize	
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize	
Minimum actuated flow (m3/s)	0.000000	
Rated ratio for air and water convection	0.500	

Hình 71. Các thông số thiết lập cho mô phỏng dàn ống sưởi

Bước 29: Tại giao diện **Navigate, Site**, chọn **Air Loop AHU Extract Fan** và chọn **Edit component** như Hình 72.



Hình 72. Sơ đồ quạt hút của AHU trong DesignBuilder

Bước 30: Cửa sổ **Edit Fan** xuất hiện (Hình 73). Khai báo thông tin về hiệu suất quạt, áp suất quạt, hiệu suất động cơ cho quạt hút thải.

Edit Fan -	
Fan	
Fan	
General	*
Name	Air Loop AHU Extract Fan
Туре	2-Variable volume 🔹
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	×
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction 🔹
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.472000
Motor	*
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000

Hình 73. Các thông số thiết lập cho mô phỏng quạt hút

Bước 31: Tại cửa sổ Navigate, Site. Chọn Air Loop AHU Supply Fan và chọn Edit component như Hình 74.



Hình 74. Sơ đồ quạt cấp của AHU trong DesignBuilder

Bước 32: Cửa sổ Edit Fan xuất hiện (Hình 75). Khai báo thông tin về hiệu suất quạt, áp suất quạt, hiệu suất động cơ cho quạt cấp gió tươi.



Hình 75. Các thông số thiết lập cho mô phỏng quạt cấp

CHƯƠNG VI. HỆ THỐNG SẢN XUẤT NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO

6.1. Năng lượng tái tạo

Mô phỏng năng lượng cho hệ thống năng lượng tái tạo là quá trình sử dụng các công cụ phần mềm để mô hình hóa, phân tích và dự đoán hiệu suất của các hệ thống năng lượng tái tạo (NLTT). Hệ thống năng lượng tái tạo bao gồm nhiều nguồn khác nhau như năng lượng mặt trời, gió, địa nhiệt... Mục tiêu của mô phỏng là giúp tối ưu hóa hiệu suất hệ thống, dự đoán sản lượng điện, đánh giá tác động môi trường và phân tích hiệu quả kinh tế của dự án.

Mô phỏng các hệ thống năng lượng tái tạo bao gồm nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất và sản lượng điện:

- Điều kiện thời tiết và khí hậu: Tốc độ gió, cường độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ đất,... đều là những yếu tố chính ảnh hưởng đến sản lượng năng lượng tái tạo. Ví dụ, tốc độ gió thay đổi theo mùa có thể tác động lớn đến sản lượng điện từ tua-bin gió.

- Vị trí địa lý: Địa điểm lắp đặt hệ thống rất quan trọng. Ví dụ, hệ thống PV sẽ hoạt động hiệu quả hơn ở những nơi có nhiều ánh nắng mặt trời, còn tua-bin gió cần vị trí có tốc độ gió ổn định.

- Thiết kế và công nghệ hệ thống: Công suất, hiệu suất, và đặc điểm kỹ thuật của các thiết bị như tấm pin mặt trời, tua-bin gió, và hệ thống thu nhiệt đều ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của hệ thống. Việc lựa chọn thiết bị chất lượng và thiết lập các thông số kỹ thuật phù hợp là yếu tố quan trọng để đạt hiệu suất cao.

Các bước chính trong mô phỏng hệ thống năng lượng tái tạo:

Bước 1: Thiết lập mô hình vật lý

Trước khi bắt đầu mô phỏng, cần xây dựng mô hình vật lý của hệ thống và môi trường xung quanh. Ví dụ:

 Đối với năng lượng mặt trời: mô hình hóa vị trí lắp đặt tấm PV, hướng mái, và điều kiện bức xạ mặt trời.

 Đối với năng lượng gió: mô hình hóa tua-bin gió và tính toán dựa trên dữ liệu gió khu vực. Các phần mềm mô phỏng như DesignBuilder đều tích hợp các mô hình vật lý và dữ liệu thời tiết từ các cơ sở dữ liệu khí hậu toàn cầu.

Bước 2: Nhập liệu thông số kỹ thuật của thiết bị

Người dùng cần cung cấp các thông số kỹ thuật của hệ thống, chẳng hạn như:

- Thông số kỹ thuật của hệ tua-bin gió, tấm pin PV (công suất, hiệu suất, kích thước) và sắp xếp chúng thành các mô-đun.

- Hiệu suất của biến tần (inverter).

Bước 3: Mô phỏng điều kiện vận hành thực tế

Dữ liệu về điều kiện thời tiết thực tế, bao gồm cường độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ môi trường, độ ẩm và tốc độ gió, sẽ được đưa vào mô phỏng. Phần mềm sẽ dựa trên các dữ liệu này để tính toán sản lượng điện của hệ thống theo các khoảng thời gian cụ thể (giờ, ngày, tháng, năm).

Kết quả mô phỏng giúp người dùng đánh giá khả thi của dự án, điều chỉnh thiết kế, và tối ưu hóa hiệu suất trước khi triển khai thực tế.

6.2. Ví dụ thiếp lập hệ thống năng lượng tái tạo

6.2.1. Năng lượng mặt trời

• Bước 1: Chọn công cụ vẽ các tấm pin quang điện (PV)

Tại giao diện chính của DesignBuilder, chọn công cụ **Draw Solar Collectors** như Hình 76 và chọn **Add Solar Collector – Photovoltaic**.



Hình 76. Chọn công cụ vẽ bộ thu bức xạ mặt trời

• Bước 2: Tiến hành vẽ các tấm PV

Công trình mô phỏng được lắp 280 tấm pin PV ghép thành 14 mô-đun như Hình 77. Kích thước 1 tấm pin là 2384 × 1303 × 33mm.



Hình 77. 14 mô-đun PV lắp trên mái

Tiến hành vẽ 14 mô-đun PV vào mô hình công trình trong DesignBuilder như Hình 78. Kích thước mỗi mô-đun là 62.127m².



Hình 78. 1 trong 14 mô-đun PV vẽ trên mái công trình

• Bước 3: Thiết lập thông số kỹ thuật cho tấm pin PV

Chọn 1 mô-đun PV như Hình 78. Sau đó chọn mục **Construction** ở giao diện chính của DesignBuilder. Tại **Performance type**, thiết lập **1-Simple** như Hình 79. Sau đó, tại **Performance model**, chọn **Add new item**.

Untitled, Building 1, Solar collector 1 Layout Construction			
	Solar Collector		*
	Solar collector type	2-Photovoltaic	•
	Cost (GBP/m2)	600.000	
	Level	1-Building	•
	Material	Bitumen Felt	
	Flat surface position	1-Lippor curfeco	•
	Photovoltaic Options		×
	Performance type	1-Simple	•
	Performance model	PV Constant Efficiency = 0.225	
	Heat transfer integration mode	1-Decoupled	•

Hình 79. Giao diện thiết lập thông số mô-đun PV

Chọn Edit Selected Data, cửa sổ Edit Photovoltaic sẽ xuất hiện như Hình 80. Dự án sử dụng tấm pin PV có công suất 700 Wp nên 1 mô-đun PV gồm 20 tấm pin sẽ có công suất 14.000 W. Ngoài ra hiệu suất của pin là 22,5%. Các thông số này sẽ được nhập lần lượt ở ô Rated electric power output (W) và Cell efficiency value.

Edit Photovolta	ic Generator - Simple - PV Constant Effici	iency = 0.225	
Photovoltaic	Generator - Simple		
Performance Mo	odel		
General			×
Name	PV Constant Efficiency = 0.22	5	
Fraction of	surface with active solar cells	0.9	
Conversior	n efficiency input mode	1-Fixed	•
Cell efficier	ncy value	0.225	
Rated elec	tric power output (W)	14000.00	
😭 Availabi	ility schedule	On 24/7	

Hình 80. Giao diện thiết lập thông số hiệu năng pin PV

• Bước 4: Tạo số lượng biến tần điện mặt trời

Dự án dùng 14 mô-đun PV được kết nối với 2 biến tần điện mặt trời. Mỗi biến tần sẽ chịu trách nhiệm chuyển đổi dòng điện trực tiếp tạo ra bởi 7 mô-đun PV thành điện xoay chiều. Tại giao diện chính của DesignBuilder, chọn **Generation** như Hình 81 để

bắt đầu tạo 2 biến tần. Đánh dấu chọn Include electric load centres và nhập 2 cho Number of electric load centres.

Untitled, Building 1		
Layout Activity Construction Openings Lighting	HVAC Generation Economics Miscellaneous CFD	
	n Site Electricity Generation	*
	Include electric load centres	
	Number of electric load centres	2
	💯 Load centre 1	Inverter 1
	😥 Load centre 2	Inverter 2

Hình 81. Giao diện thiết lập số lượng biến tần điện mặt trời

 Edit Electric load centre 1

 Electric load centre

 General
 General

 General
 Inverter 1

 Operation scheme
 1-Base load

 Electrical buss type
 3-Direct Current With Inverter

 Year
 Inverter 1

 Cost
 V

 Distribution and electrical cost (GBP)
 600.00

Hình 82. Giao diện trung tâm tải điện

• Bước 5: Thiết lập thông số biến tần

Tại Load centre 1, chọn Add new item và cửa sổ Edit Electric load centre sẽ xuất hiện như Hình 82. Chọn 3-Direct Current With Inverter cho Electrical buss type và tại Inverter chọn Edit Inverter 1 sẽ xuất hiện giao diện Edit Inverters như Hình 83. Dự án sử dụng biến tần có thông số hiệu quả lớn nhất là 98.6% nên sẽ nhập 0.986 vào ô Inverter efficiency.

Edit Inverters - In	verter 1		
Inverters			
General			
General			×
Name	Inverter 1		
冾 Category		Simple	•
😭 Availabilit	y schedule	On 24/7	
Simple			×
Inverter effici	ency	0.986	

Edit Electric load centre - Inverter 1			
Electric load centre		Help	
General Generator List		Info Data	
Generator List		Senerator List	
Number of generators	7	 Up to 30 generators can be added to each Electric load centre. 	ad
Generator 1		A Direct Current buss type is selected on the Ceneral	
DC generator type	1-Photovoltaic	tab so only DC type generators such as photovoltaic	
♥PV solar collector	Solar collector 1	panels can be selected here.	
Generator 2		*	
DC generator type	1-Photovoltaic	•	
≫PV solar collector	Solar collector 2		
Generator 3		*	
DC generator type	1-Photovoltaic	•	
♥PV solar collector	Solar collector 3		
Generator 4		*	
DC generator type	1-Photovoltaic	•	
PV solar collector	Solar collector 4		
Generator 5		× –	
DC generator type	1-Photovoltaic	•	
PV solar collector	Solar collector 5		
Generator 6		*	
DC generator type	1-Photovoltaic	•	
PV solar collector	Solar collector 6		
Generator 7		*	
DC generator type	1-Photovoltaic	•	
≫PV solar collector	Solar collector 7		
Model data		Help Cancel OK	

Hình 83. Giao diện thiết lập biến tần

Hình 84. Giao diện kết nối biến tần đến các mô-đun PV

• Bước 6: Kết nối biến tần tới các mô-đun PV

Chuyển sang mục Generator List và nhập 7 cho Number of generators (1 biến tần kết nối với 7 mô-đun PV). Chọn Solar collector 1 cho PV solar collector trong Generator 1. Làm tương tự cho Solar collector 2 đến 7.

Lặp lại Bước 5 và Bước 6 cho **Inverter 2** để thiết lập biến tần thứ 2 cho 7 mô-đun PV còn lại.

6.2.2. Năng lượng gió

• Bước 1: Tạo mới tua bin gió

Thực hiện vào giao diện **Edit Electric load centre** như Hình 82. Chọn **1-Alternating Current** cho **Electrical buss type**.

Edit Wind Turbines - YT_Wind Turbine - Medium Sized		
Wind Turbines		
General		
General		×
Name Wind Turbine - Medium Sized		
😭 Availability schedule	On 24/7	
Rotor type	1-Horizontal Axis Wind Turbine	•
Power control	3-Variable Speed Fixed Pitch	•
Rotor speed (rev/min)	200	
Rotor diameter (m)	3	
Overall height (m)	22	
Number of blades	3	
Rated power output (W)	1000	
Rated wind speed (m/s)	14	
Cut in wind speed (m/s)	3.00	
Cut out wind speed (m/s)	20.00	
Overall wind turbine system efficiency	0.970	
Maximum tip speed ratio	8	
Power calculation method	1-Simple	•
Maximum power coefficient	0.45	
Annual local average wind speed (m/s)	6.4	
Height of local meteorological station (m)	50	

Hình 85. Thiết lập thông số tua bin gió

• Bước 2: Thiết lập thông số tua bin gió

Chọn Generation list và Wind turbine. Sau đó chọn Add new item và cửa sổ Edit load centre sẽ hiện ra. Tạo bảo sao Wind Turbine – Medium Sized và Edit Copy of Wind Turbine – Medium Sized. Giao diện Edit Wind Turbines xuất hiện vào thiết lập các thông số như Hình 85.

CHƯƠNG VII. THỰC HIỆN MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG

7.1. Dữ liệu đầu vào cho mô hình thiết kế hiện trạng

Dữ liệu đầu vào cho mô hình thiết kế hiện trạng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo tính chính xác và hiệu quả của quá trình mô phỏng năng lượng. Việc thu thập và xử lý dữ liệu đầu vào một cách đầy đủ và chính xác không chỉ giúp mô phỏng phản ánh đúng thực trạng thiết kế mà còn hỗ trợ tối ưu hóa các giải pháp nhằm cải thiện hiệu suất năng lượng của công trình.

Các thông số	Mô hình thiết kế hiện trạng	
1. Lớp vỏ công trình		
Tường bao ngoài	Cột bê tông cốt thép: U = $2,89 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Mái	3 loại mái: $U10 = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U11 = 1,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U13 = 0,43 \text{ W/m}^2$	
Kính	Kính solar SHGC = 0,27 VLT = 0,56 U = 3,917 W/m ² K	
Che nắng	Với hệ thống che nắng bao gồm lam che nắng bên ngoài, dầm, tấm pin mặt trời trên mái, lối đi kỹ thuật.	
2. Tải tiêu thụ điện trong công trình		
Mật độ công suất chiếu sáng	Trung bình = $4,72 \text{ W/m}^2$	
Độ rọi chiếu sáng	300 lux	
Tải ổ cắm	Thiết lập chi tiết cho từng không gian	

Bảng 14: Dữ liệu đầu vào cho mô hình thiết kế hiện trạng

Điều hòa không khí (Cho các không gian chính)	Chiller giải nhiệt nước, COP = 5,52 Làm lạnh thông qua AHU Làm lạnh, sưởi ấm thông qua sàn (địa nhiệt)
Hệ thống năng lượng tái tạo	Năng lượng mặt trời: 102,16 kWp Năng lượng gió: 1 kW
Mật độ người	Thiết lập chi tiết cho từng không gian
Thời gian hoạt động	Cao điểm từ 7h đến 19h hàng ngày

7.2. Thực hiện mô phỏng và trích xuất kết quả

Mô phỏng năng lượng cho công trình là một quá trình nhằm đánh giá, dự đoán và tối ưu hóa hiệu suất tiêu thụ năng lượng của toàn bộ hệ thống trong công trình. Quá trình này cho phép người thiết kế và vận hành hệ thống đánh giá mức độ hiệu quả của các hệ thống, thiết bị, cũng như khả năng ứng dụng năng lượng tái tạo cho công trình. Các bước thực hiện mô phỏng và trích xuất kết quả thường được tiến hành qua các giai đoạn chính như sau:

Thiết lập các thông số thực hiện tính toán

Người sử dùng phần mềm cần xác định các thông số đầu vào cho mô phỏng, bao gồm:

- Thời gian mô phỏng: Thời gian có thể được thiết lập từ một ngày, một tháng hoặc một năm. Việc chọn khoảng thời gian mô phỏng phù hợp sẽ giúp người dùng có được cái nhìn tổng quan về hiệu suất năng lượng của công trình.

- Báo cáo: Tùy thuộc vào mục tiêu của phân tích, kết quả mô phỏng có thể được báo cáo theo giờ, ngày hoặc tháng. Điều này giúp người dùng nắm bắt được sự thay đổi năng lượng theo từng thời điểm chi tiết.

- Bước nhảy thời gian: Người dùng có thể thiết lập bước nhảy thời gian cho mỗi giờ mô phỏng. Bước nhảy nhỏ hơn sẽ giúp thời gian thực hiện mô phỏng nhanh hơn, bước nhảy lớn hơn sẽ cung cấp dữ liệu chính xác và chi tiết hơn tuy nhiên sẽ làm tăng thời gian tính toán của quá trình mô phỏng.

• Trích xuất kết quả mô phỏng

Sau khi hoàn thành quá trình mô phỏng, phần mềm sẽ cung cấp các báo cáo chi tiết về tiêu thụ năng lượng của tòa nhà, bao gồm:

- Tổng mức tiêu thụ năng lượng: Kết quả này cho biết lượng điện năng tiêu thụ của các hệ thống trong tòa nhà (như hệ thống HVAC, chiếu sáng, thiết bị điện,...)

- Hiệu suất của hệ thống năng lượng tái tạo: Báo cáo cũng cho biết lượng năng lượng tái tạo được tạo ra từ các hệ thống như pin mặt trời hoặc turbine gió, cũng như mức độ tiết kiệm năng lượng mà hệ thống này đóng góp.

- Tỷ lệ sử dụng năng lượng: Phần mềm cung cấp tỷ lệ tiêu thụ của từng hạng mục trong công trình như hệ thống HVAC, chiếu sáng, và các thiết bị điện,... Thông qua đó, người dùng có thể dễ dàng đánh giá được hiệu qảu sử dụng năng lượng của từng hệ thống.

7.3. Ví dụ thực hiện mô phỏng và trích xuất kết quả

7.3.1. Thực hiện mô phỏng và chọn kết quả mô phỏng

• Bước 1: Vào giao diện thiết lập mô phỏng

Tại giao diện chính của DesignBuilder, chọn **Simulation** tại thanh công cụ bên dưới. Sau đó chọn **Summary** và **Update data** như Hình 86. Cửa sổ **Edit Calculation Option** xuất hiện.



Hình 86. Giao diện bắt đầu thiết lập mô phỏng

• Bước 2: Thiết lập thông số mô phỏng

Chọn khoảng thời gian thực hiện mô phỏng tại **Simulation Period**. Chọn cấp độ chi tiết của kết quả (tháng/ngày/giờ/phút) tại **Output Intervals for Reporting**.

Calculation Options		
General Options Output Simulation	Manager	
Calculation Description		×
Test proposed with tree		
Simulation Period 🗧		
From		×
Start day	1	•
Start month	Jan	•
🗖 Specify year		
То		×
End day	31	•
End month	Dec	•
Run simulation for multiple yea	urs	
Output Intervals for Reporting		×
Monthly and Run period		
🗹 Daily		
✓ Hourly		
Sub-hourly		
	-	

Hình 87. Thông số mô phỏng chung

Chuyển sang **Options** như Hình 88. Chọn **Time steps per hour** để lựa chọ bước nhảy thời gian trong một giờ. Ví dụ, giá trị 6 nhập vào mô phỏng sẽ sử dụng bước thời gian là 10 phút và giá trị 60 nghĩa là bước thời gian là 1 phút.

Chọn **Include shading from excluded zones in simulation** để tính toán đến đổ bóng các công trình lân cận ảnh hưởng đến hệ thống năng lượng tái tạo.

Edit Calculation Options			
Calculation Options			
General Options Output Simulation Manager			
Calculation Options ¥			
Simulation method	1-EnergyPlus	•	
Time steps per hour	6	•	
Temperature control	1-Air temperature	•	
Solar		×	
Include shading from excluded zones in simulation			
Model all external reflections and shading of ground reflected solar			
Solar distribution	2-Full exterior	•	
Shadow calculation method	1-Average over days in frequency	•	
Shadowing interval (days)	20		
Shading calculation method	1-Polygon clipping	•	
Sky diffuse modelling algorithm	1-Simple sky diffuse modelling	•	
Detailed HVAC Autosizing		»	
Advanced		»	

Hình 88. Các lựa chọn thiết lập mô phỏng chi tiết

	Edit Calculation Options	
	Calculation Options	
ļ	General Options Output Simulation Manager	
	Output Data	×
	Building and block output of zone data	
	Include unoccupied zones in block and building totals and averages	
	Allow custom outputs	
	Graphable Outputs	*
	Energy	>>
	Comfort and Environmental	>>
	Building Surface and Opening Outputs	>>
	Detailed Daylight Outputs	»
	Summary Lables	Ŷ
	Summary output units (SI) 1-KWh	•
	Summary Annual Reports	Ŷ
	All Summary	
	Annual Building Utility Performance Summary (ABUPS)	
	Demand End Use Components Summary	
	Sensible heat gain summary	
	Input Verification and Results Summary	
	Source Energy End Use Components Summary	
	Adaptive Comfort Summary	

Hình 89. Các kết quả mô phỏng có thể chọn

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	581700.21	175.46	247.44
Net Site Energy	526467.15	158.80	223.94
Total Source Energy	1842244.58	555.69	783.63
Net Source Energy	1667321.46	502.93	709.23

End Uses

	Electricity [kWh]
Heating	28736.12
Cooling	123112.11
Interior Lighting	33572.16
Exterior Lighting	0.00
Interior Equipment	180637.66
Exterior Equipment	0.00
Fans	29558.05
Pumps	162530.25
Heat Rejection	23553.87
Humidification	0.00
Heat Recovery	0.00
Water Systems	0.00
Refrigeration	0.00
Generators	0.00
Total End Uses	581700.21

Hình 90. Kết quả mô phỏng

• Bước 3: Chọn kết quả mô phỏng

Chuyển sang mục **Output** như Hình 89. Tích chọn các kết quả muốn xem trong báo cáo mô phỏng. Sau đó ấn **OK** để phần mềm thực hiện mô phỏng.

• Bước 4: Kết quả mô phỏng

Sau khi DesignBuilder hoàn thành tính toán, kết quả sẽ được hiển thị như Hình 90.

7.3.2. Đọc và phân tích kết quả mô phỏng

Chọn mục Analysis. Tại Display options chọn 6-Fuel breakdown tại ô Data. Chọn 1-Run period tại ô Interval, chọn 3-Graph and table tại ô Show as và kết quả thể hiện như Hình 91.



Hình 91. Đồ thị thể hiện nhiên liệu tiêu thụ bởi mỗi thiết bị

Đây là kết quả sau khi chạy mô phỏng năng lượng cho dự án công trình có chức năng hỗn hợp: văn phòng và trường học. Mức tiêu thụ năng lượng hàng năm khá lớn (581,7 MWh). Tòa nhà này được đặt tại khu vực có đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa (Hà Nội) nên năng lượng tiêu tốn cho mục đích làm mát chiếm ưu thế với 123,11 MWh/năm, quạt thông gió - điều hòa không khí tiêu thụ 29,56 MWh/năm. Vì công năng tòa nhà là Văn phòng kết hợp trường học chính vì vậy tải thiết bị điện sử dụng cũng tương đối lớn lên đến 180,64 MWh/năm. Ngoài ra, năng lượng cho tháp giải nhiệt của

hệ thống HVAC dạng Chiller là 23,55 MWh/năm và cho hệ thống bơm là 162,53 MWh/năm. Như vậy, năng lượng tiêu thụ cho hệ thống HVAC trong 1 năm là khá lớn.

Đây là công trình được thiết kế tận dụng ánh sáng tự nhiên khá tốt, sử dụng nhiều cửa sổ và có khu vực thông tầng làm tăng lượng ánh sáng ban ngày vào công trình. Ở bên mặt ngoài công trình được bố trí thêm các tấm lam che và hành lang cây xanh để giảm bớt tác động từ ánh sáng mặt trời. Nhìn vào biểu đồ có thể thấy mức tiêu thụ năng lượng cho hệ thống chiếu sáng nhân tạo (cả trong và ngoài công trình) chỉ chiếm 33,57 MWh/năm. Ngoài ra, công trình sử dụng hệ thống năng lượng tái tạo là pin mặt trời lắp trên mái và các turbine gió giúp tiết kiệm khoảng 9,5% tổng tiêu thụ trong 1 năm.

Tại **Display options** chọn **6-Fuel breakdown** tại ô **Data**, chọn **2-Monthly** tại ô **Interval**, chọn **3-Graph and table** tại ô **Show as** và kết quả thể hiện như Hình 92. Quan sát hình biểu thị nhu cầu sử dụng năng lượng của mỗi loại tải theo từng tháng trong năm. Về cơ bản, điện năng tiêu thụ vào những tháng mùa hè sẽ tăng cao do đặc điểm khí hậu của miền Bắc nước ta. Do đó, tải HVAC hoạt động nhiều để điều hòa làm mát không khí vào thời điểm từ tháng 5 đến tháng 10 hàng năm, đỉnh điểm là vào tháng 7 và 8.



Hình 92. Đồ thị năng lượng tiêu thụ theo từng tháng

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

• Kết luận

Tài liệu đã cung cấp một nền tảng kiến thức toàn diện, bao gồm các khái niệm cơ bản và các hướng dẫn chi tiết, cũng như cách sử dụng các công cụ mô phỏng năng lượng trong lĩnh vực xây dựng. Những nội dung được trình bày không chỉ giới hạn trong lý thuyết mà còn mang tính thực tiễn cao, giúp người đọc hiểu rõ quy trình từ việc thiết lập mô hình, thu thập và xử lý dữ liệu đầu vào, cho đến phân tích kết quả để đưa ra các giải pháp tối ưu hóa năng lượng trong công trình.

Một điểm nổi bật của tài liệu là khả năng ứng dụng cao, được thiết kế phù hợp với các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành và điều kiện thực tiễn tại Việt Nam. Điều này đặc biệt quan trọng khi ngành xây dựng đang đối mặt với những thách thức lớn về tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường.

Đặc biệt, tài liệu này đóng vai trò quan trọng như một nguồn học liệu giá trị dành cho sinh viên, kỹ sư và các nhà thiết kế. Với nội dung được biên soạn phù hợp với thực tiễn, tài liệu giúp người đọc có được cái nhìn toàn diện và đủ năng lực để ứng dụng công cụ mô phỏng năng lượng vào thực tế. Điều này không chỉ giúp đáp ứng được các yêu cầu ngày càng cao của ngành xây dựng hiện đại mà còn đóng góp vào việc nâng cao chất lượng công trình và hiệu quả năng lượng của quốc gia.

Kiến nghị

Để thúc đẩy việc sử dụng công cụ mô phỏng năng lượng trong công trình xây dựng, cần tập trung triển khai đồng bộ các giải pháp quan trọng sau đây.

Trước tiên, việc đẩy mạnh các chương trình đào tạo và tập huấn chuyên sâu về mô phỏng năng lượng là yếu tố nền tảng. Các khóa học này nên được thiết kế để phục vụ cho nhiều đối tượng, từ sinh viên ngành kỹ thuật, kiến trúc đến các kỹ sư và nhà thiết kế có kinh nghiệm. Nội dung đào tạo cần bao gồm cả lý thuyết và thực hành, giúp học viên làm quen với cách thiết lập mô hình mô phỏng, xử lý dữ liệu đầu vào, phân tích kết quả, và đưa ra các giải pháp tối ưu hóa năng lượng. Các chương trình này nên được tổ chức thường xuyên tại các trường đại học, viện nghiên cứu, và các tổ chức chuyên ngành, đồng thời tích hợp nội dung giảng dạy vào chương trình học chính thức để sinh viên có thể tiếp cận ngay từ giai đoạn đào tạo cơ bản.

Thứ hai, cần khuyến khích mạnh mẽ việc áp dụng công cụ mô phỏng năng lượng trong tất cả các giai đoạn thiết kế đến vận hành của công trình. Việc ứng dụng mô phỏng năng lượng trong giai đoạn thiết kế sẽ giúp tối ưu hóa hiệu quả sử dụng năng lượng, thông qua việc đánh giá và lựa chọn các giải pháp kỹ thuật như lớp vỏ công trình, hệ thống HVAC, và chiếu sáng. Trong giai đoạn vận hành, mô phỏng năng lượng hỗ trợ việc điều chỉnh hoạt động của các hệ thống kỹ thuật sao cho tiết kiệm năng lượng nhất. Bên cạnh đó, việc áp dụng công cụ này trong các dự án cải tạo giúp đánh giá chính xác hiệu quả của các giải pháp cải tiến, đồng thời giảm thiểu lãng phí tài nguyên và chi phí vận hành.

Thứ ba, vai trò của các cơ quan chức năng là rất quan trọng trong việc xây dựng và ban hành các chính sách hỗ trợ áp dụng mô phỏng năng lượng. Chính sách này có thể bao gồm việc đưa ra các tiêu chuẩn bắt buộc về mô phỏng năng lượng trong các dự án xây dựng, đặc biệt là các dự án lớn và công trình công cộng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- D.B. Crawley, L.K. Lawrie, F.C. Winkelmann, W.F. Buhl, Y.J. Huang, C.O. Pedersen, R.K. Strand, R.J. Liesen, D.E. Fisher, M.J. Witte, and J. Glazer. *EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program*. Energy and Buildings. 2001. 33(4): 319-331. <u>https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00114-6</u>.
- 2. P. Haves, B. Ravache, and M. Yazdanian. *Accuracy of HVAC Load Predictions: Validation of EnergyPlus and DOE-2 using FLEXLAB Measurements*. Lawrence Berkeley National Laboratory. 2020. 10.20357/B7H88D.
- 3. J.J. Hirsch. *DOE-2 Building Energy Use and Cost Analysis Tool*. Accessed 15/10, 2024. <u>https://doe2.com/DOE2/</u>.
- 4. Integrated Environmental Solutions Limited. APACHE The beating heart of Building Performance Simulation. Accessed 15/10, 2024. https://www.iesve.com/software/apache.
- 5. DesignBuilder Software Ltd. *DesignBuilder*. Accessed 1/7, 2023. <u>https://designbuilder.co.uk/software/product-overview</u>.
- 6. Digital Alchemy. *Simergy*. Accessed 15/10, 2024.
- 7. James J. Hirsch & Associates (JJH). *eQUEST*. Accessed September 29, 2023. <u>https://www.doe2.com/equest/</u>.
- 8. IES. IES VE. 2023 Accessed September 29, 2023. <u>https://www.iesve.com/</u>.
- 9. OpenStudio. *OpenStudio*. Accessed 27/7, 2023. <u>https://openstudio.net/</u>.
- 10. M.S. Roudsari. *Ladybug Tools*. Accessed July 1, 2023. <u>https://www.grasshopper3d.com/group/ladybug</u>.
- 11. EnergySoft. EnergyPro. Accessed 15/10, 2024.
- 12. U.S. Department of Energy. Users Manual for TMY3 Data Sets (Revised). Accessed 3/8, 2024. <u>https://www.osti.gov/biblio/928611</u>.
- 13. Climate.OneBuilding. *Climate Data Files*. Accessed 3/8, 2024. <u>https://climate.onebuilding.org/</u>.
- 14. EnergyPlus. Weather data. Accessed 15/7, 2023. <u>https://energyplus.net/weather</u>.
- 15. LadybugTools. *EPW Map*. Accessed 4/8, 2024. <u>https://www.ladybug.tools/epwmap/</u>.
- 16. CAMaRSEC. Dữ liệu thời tiết Việt Nam. Accessed 4/8, 2024. https://camarsec.de/vietnam/.
- Bộ Xây Dựng. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả. 2017 Accessed 12/8, 2024. <u>http://moc.gov.vn/vn/tin-tuc/1304/63593/danh-muc-quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-do-bo-xay-dung-ban-hanh.aspx</u>.