

ÁP DỤNG THIẾT KẾ THỤ ĐỘNG CHO KIẾN TRÚC NHÀ Ở TẠI TP TRÀ VINH THEO HƯỚNG CÔNG TRÌNH SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ

THS.KTS **NGUYỄN PHÚ NHUẬN** | BỘ MÔN XÂY DỰNG, KHOA KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ, TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH

Tóm tắt

Bài viết trình bày về việc áp dụng thiết kế thụ động cho kiến trúc nhà ở tại Trà Vinh, với mục đích tạo ra những công trình sử dụng năng lượng hiệu quả. Thiết kế thụ động là một phương pháp tiết kiệm năng lượng trong xây dựng, bao gồm việc tận dụng các nguồn năng lượng tự nhiên như ánh sáng mặt trời, gió... để tạo ra môi trường sống thoải mái và tiết kiệm năng lượng. Bài viết đề cập đến các phương pháp thực hành và mô phỏng thiết kế thụ động cụ thể như chọn các vật liệu chống nắng, cách bố trí không gian, mô phỏng ánh sáng và thông gió tự nhiên ứng dụng vào công trình nhà ở cho điều kiện cụ thể tại Trà Vinh và các vùng lân cận.

Abstract

The article discusses the application of passive design to residential architecture in Trà Vinh city, with the aim of creating energy-efficient structures. Passive design is a method of energy conservation in construction, which involves utilizing natural sources of energy such as sunlight and wind to create a comfortable living environment while saving energy. The article covers specific methods of implementing and simulating passive design, such as selecting sun-shading materials, arranging spaces, simulating natural lighting and ventilation suitable for specific conditions in Trà Vinh city and its surrounding areas.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời đại nhu cầu sử dụng năng lượng ngày càng tăng và môi trường sống bị đe dọa, việc áp dụng các phương pháp nhằm sử dụng năng lượng một cách hiệu quả và bảo vệ môi trường trong xây dựng trở nên ngày càng cần thiết. Thiết kế thụ động (passive design) là một trong những phương pháp được ứng dụng phổ biến trong việc tiết kiệm năng lượng và tạo ra môi trường sống thoải mái, hiệu quả.

TP Trà Vinh là một trong những thành phố phát triển nhanh chóng ở miền Tây Nam Bộ, tuy nhiên, trong quá trình phát triển, các công trình xây dựng thường tập trung vào sự tiện nghi và tính thẩm mỹ hơn là hiệu quả sử dụng năng lượng và bảo vệ môi trường. Việc sử dụng các thiết bị và công nghệ tiêu tốn năng lượng cao như điều hòa, bóng đèn, tivi, máy tính... đang gây ra áp lực lớn lên nguồn năng lượng và đẩy chi phí điện lên cao. Nghiên cứu và áp dụng thiết kế thụ động cho kiến trúc nhà ở là một cách tiếp cận mới mang lại hiệu quả trong việc giảm thiểu lượng năng lượng tiêu thụ và tạo ra những công trình tiết kiệm năng lượng. Việc áp dụng thiết kế thụ động đòi hỏi sự hiểu biết sâu sắc về các yếu tố như: Sinh khí hậu tại địa phương, tiện nghi nhiệt con người, hướng nhà, vị trí, bố trí không gian, chiếu sáng, thông gió tự nhiên, vật liệu xây dựng và cấu tạo

lớp vỏ bao che... để đảm bảo rằng kiến trúc được thiết kế đạt được mục tiêu sử dụng năng lượng hiệu quả.

CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN THIẾT KẾ THỤ ĐỘNG CÔNG TRÌNH KIẾN TRÚC

Khí hậu

Bức xạ mặt trời

Tỉnh Trà Vinh nằm trong tọa độ địa lý giới hạn từ: 9°31'46"-10°04'05" vĩ độ Bắc và 105°57'16"-106°36'04" kinh độ Đông; tỉnh có chiều dài bờ biển hơn 65km. Do nằm ở vĩ độ thấp, quanh năm độ dài ban ngày lớn, hàng năm có cả một thời kỳ mùa khô kéo dài 5 tháng nên Trà Vinh là một trong những nơi có thời gian nắng nhiều. Tổng số giờ nắng trung bình hàng năm tại Trà Vinh là 2.490 giờ. Các tháng mùa khô từ tháng 12 đến cuối tháng 4, số giờ nắng trung bình từ 200-280 giờ là thời gian nắng nhiều nhất trong năm, mỗi ngày trung bình có tới 7-9 giờ. Các tháng mùa mưa, số giờ nắng trung bình hàng tháng trong khoảng trên dưới 160 giờ, trung bình mỗi ngày 5-6 giờ. Sự chênh lệch số giờ nắng này cũng phản ánh rõ nét sự tương phản giữa hai mùa: mùa khô và mùa mưa ẩm.

Đặc điểm nhiệt độ và độ ẩm

Nhiệt độ trung bình hàng năm tại Trà Vinh là 26,8°C. Trong đó tháng cao nhất là tháng 4 và tháng 5 với mức trung bình

là 29,3°C, tháng thấp nhất là tháng 01 với mức trung bình là 25,4°C.

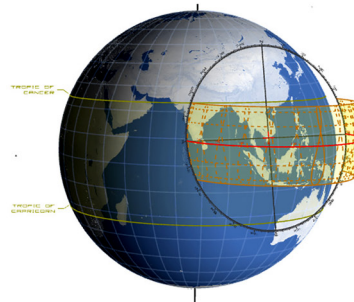
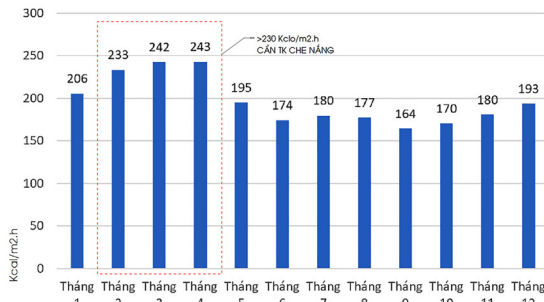
Do nằm giáp biển, chịu ảnh hưởng của gió mùa, độ ẩm trung bình năm vào khoảng 84%. Độ ẩm tăng cao vào thời kỳ mưa (từ tháng 5 đến tháng 11), trung bình trên 85%. Tháng ẩm nhất là tháng 9 và 10 với độ ẩm trung bình vào khoảng 87-88%. Vào mùa khô, độ ẩm trung bình tháng là 78-80%, tháng 2 và 3 có độ ẩm thấp nhất, dưới 80%.

Lượng mưa

Từ tháng 12 đến tháng 4 là mùa khô, với lượng mưa trung bình chỉ chiếm 6,64% tổng lượng mưa cả năm. Trong đó, thời kỳ chuyển tiếp từ mùa khô sang mùa mưa (tháng 4) và từ mùa mưa sang mùa khô (tháng 11) có lượng mưa chiếm 10,81%. Mùa mưa kéo dài từ đầu tháng 5 cho đến khoảng giữa tháng 11. Tháng có lượng mưa lớn nhất thường xuất hiện vào các tháng 8, 9, 10, lượng mưa trung bình khoảng 230-290mm.

Chế độ gió

Khí hậu tại Trà Vinh có đặc điểm chung của khí hậu nhiệt đới gió mùa, bị ảnh hưởng bởi gió mùa Đông Bắc và Tây Nam. Trong khoảng thời gian từ tháng 5 đến tháng 11, hướng gió chủ yếu là Tây-Tây Nam. Từ tháng 12 đến tháng 4 năm tiếp theo gió Đông-Đông Nam thường chiếm ưu thế. Tốc độ gió trung bình từ 3-4m/s, tốc độ gió cao nhất trung bình từ 6-10m/s.

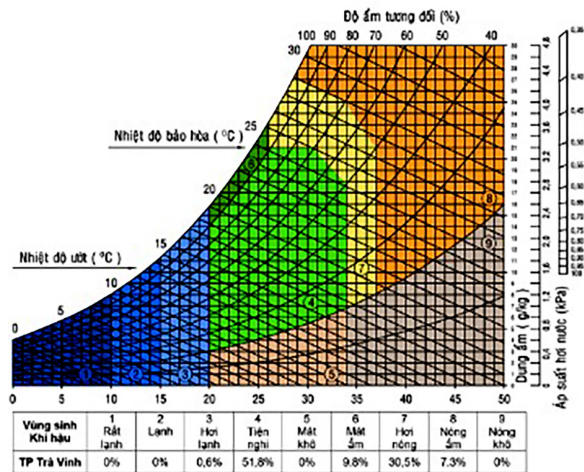


Lượng bức xạ mặt trời trung bình theo tháng và Biểu đồ biểu kiến mặt trời tại Trà Vinh

Vùng sinh khí hậu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Điểm tiêu chí
TP Trà Vinh (% giờ/năm)		0	0	0,6	52	0	9,8	31	7,3	0	
Các chiến lược thiết kế	1. Cách nhiệt cho vỏ bao che			●	●		●	●	●		5
	2. Giảm nhận BXMT			●	●		●	●	●		5
	3. Thông gió tự nhiên				●		●	●	●		4
	4. Làm mát bằng bay hơi nước						●	●	●		2
	5. Giảm nhận BXMT trực tiếp vào phòng				●		●	●	●		4
	6. Cải tạo vi khí hậu			●	●		●	●	●		5
	7. Giảm mất nhiệt qua khe hở, KC không kín			●			●	●	●		3
	8. Cách nhiệt bằng khối nhiệt			●	●		●	●	●		4



Bảng 1: Thứ tự ưu tiên các chiến lược thiết kế thụ động cho kiến trúc nhà ở tại Trà Vinh



Biểu đồ Sinh khí hậu xây dựng Việt Nam và Bảng Phân vùng sinh khí hậu tại Trà Vinh

Điều kiện tiện nghi khí hậu chiến lược thiết kế sinh khí hậu

Điều kiện tiện nghi khí hậu

Tiện nghi khí hậu liên quan đến những yếu tố như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, không khí và vận tốc gió. Các nhân tố trên rất quan trọng đối với sức khỏe và cảm giác thoải mái của con người. Khi môi trường không khí quá nóng, quá lạnh, quá khô hoặc quá ẩm thì sức khỏe và tinh thần của con người sẽ bị ảnh hưởng. Vai trò của kiến trúc là tạo ra không gian công năng thẩm mỹ, bên cạnh đó cần phải đảm bảo một môi trường nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng và không khí phù hợp để con người có thể sống và làm việc trong một môi trường thoải mái và an toàn cho sức khỏe.

Dựa vào biểu đồ Sinh khí hậu xây dựng Việt Nam thu thập dữ liệu các cặp nhiệt độ, độ ẩm theo từng giờ để xác định số % thời gian xuất hiện các dạng thời tiết theo 09 vùng sinh khí hậu tại Trà Vinh theo tháng trong vòng 3 năm gần nhất 2016-2019.

Từ phân tích các số liệu ta rút ra một số nhận xét về sinh khí hậu tại Trà Vinh như sau: Thời tiết hàng năm có 0,6% thời gian nằm trong vùng hơi lạnh tập trung vào các tháng 11, 12, 01. Có 51,8% thời gian nằm trong vùng tiềm nghi và 9,8% thời tiết mát nhưng ẩm ướt (nhiệt độ 20-28°C, độ ẩm trên 90% vào các tháng mùa mưa), tổng hai loại thời tiết này chiếm 61,6% thời gian trong năm. Có 30,5% thời gian trong năm nằm trong vùng hơi nóng và

7,3% thời gian nóng ẩm tổng hai loại thời tiết này chiếm 38,8%. Tại Trà Vinh không có xuất hiện dạng thời tiết ở Vùng 1, Vùng 2, Vùng 5 và Vùng 9.

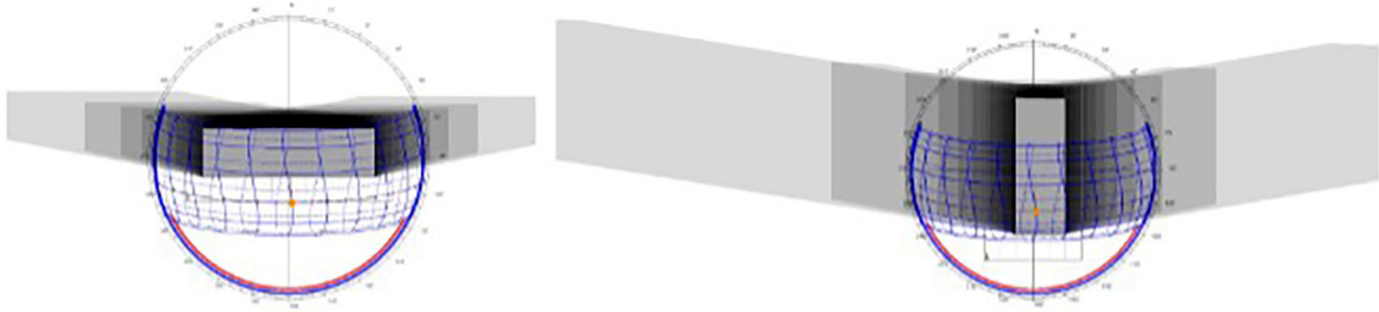
Chiến lược thiết kế

Từ Bảng 01 có thể nhận định rằng giải pháp thiết kế thụ động đối với công trình kiến trúc nhà ở tại Trà Vinh chủ yếu là chống nóng và làm mát cho công trình theo thứ tự ưu tiên như sau: Giảm nhận bức xạ mặt trời trực tiếp bằng thiết kế tối ưu hướng và hình khối công trình, thiết kế cách nhiệt cho lớp vỏ bao che, giảm nhận bức xạ mặt trời trực tiếp vào phòng bằng các kết cấu che nắng, cải tạo vi khí hậu (cây xanh, thảm thực vật, mặt nước và địa hình), thông gió tự nhiên, cách nhiệt bằng khối nhiệt (các không gian phụ, kho, WC, cầu thang, khu giặt phơi...); Giảm mất nhiệt qua khe hở, kết cấu không kín (dùng cho trường hợp làm mát bằng điều hòa nhiệt độ).

HƯỚNG DẪN THỰC HÀNH VÀ MÔ PHỎNG THIẾT KẾ THỤ ĐỘNG CÔNG TRÌNH NHÀ Ở TẠI TRÀ VINH

Hướng, hình khối và bố trí không gian công năng nhà ở

Hướng công trình và hình khối công trình: Chiều dài công trình theo hướng Đông Tây giúp giảm tối đa tiết diện bề mặt đón bức xạ mặt trời gây nóng cho công trình. Đối với quy hoạch nhóm nhà



Ảnh hưởng của hướng công trình đến bề mặt đón bức xạ mặt trời

ở liên kế hoặc khu dân cư mới, thiết kế cần đảm bảo phần lớn các dãy nhà có mặt tiền quay về hướng Bắc-Nam giúp đón gió tốt hơn (Đông Bắc-Tây Nam), hạn chế tối đa bố trí các dãy nhà phố có mặt hướng Tây tránh bức xạ mặt trời và nhằm hạn chế điều kiện bất lợi do mưa tạt gió lùa do đặc trưng gió mùa Tây-Tây-Nam kèm theo mưa kéo dài 6 tháng (tháng 5-11).

Để đánh giá khả năng giảm nhận bức xạ mặt trời có thể căn cứ vào hệ số V/S với V là thể tích công trình, S là diện tích bề mặt. Hệ số V/S càng cao nhiệt lượng hấp thụ từ bức xạ mặt trời càng thấp và ngược lại. Tại Trà Vinh tháng có nhiệt độ cực đại là tháng 3 tháng 4, mặt trời tại vị trí thiên đỉnh vào ngày 15/4 hàng năm. Đối với nhà ở thấp tầng, diện tích mặt bằng mái càng lớn nhiệt lượng hấp thụ vào công trình càng lớn, tường Đông-Tây nhận nhiệt bức xạ mặt trời nhiều hơn ở tường vị trí Bắc và Nam.

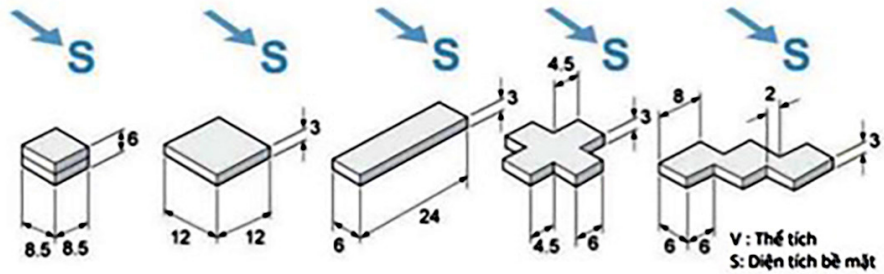
Ngoài ra, để tạo khoảng không cách ly nhiệt, các không gian như kho, vệ sinh, phòng giặt phơi, cầu thang, hành lang... cần bố trí tại các hướng Tây, Tây Nam, Tây Bắc tạo thành không gian đệm ngăn nhiệt bức xạ qua tường trước khi đi xuyên qua các không gian chính.

Thiết kế lớp vỏ công trình

Tường bao và mái nhà

Đối với điều kiện khí hậu tại Trà Vinh, theo chiến lược thiết kế cần tính toán cách nhiệt cho tường, mái. Theo TCVN 4605:1988 Kỹ thuật nhiệt - kết cấu ngăn che - tiêu chuẩn thiết kế, tổng nhiệt trở R_o^{yc} của lớp cấu tạo tường phải lớn hơn giá trị nhiệt trở yêu cầu R_o^{yc} (tính toán cho trường hợp mùa nóng tại Trà Vinh).

Trường hợp tính toán tương tự ta được $R_o^{yc}=0,68$ (m².h.°C)/Kcal cho kết cấu mái (lấy thông số mặt mái tole sáng màu làm



$$\frac{V}{S} = \frac{432}{348} = 1.24$$

$$\frac{V}{S} = \frac{432}{432} = 1$$

$$\frac{V}{S} = \frac{432}{468} = 0.92$$

$$\frac{V}{S} = \frac{432}{468} = 0.92$$

$$\frac{V}{S} = \frac{432}{526} = 0.84$$

Chọn hình khối công trình có tính đến hệ số V/S

$$R_o^{yc} = (1 - K_v) \frac{(t_{ig.tb} - t_i)}{[\Delta t]} \cdot R_i \quad ; \quad R_i = \frac{l}{\alpha_i}$$

Trong đó:

R_i - Nhiệt trở mặt trong kết cấu ngăn che tính bằng (m².h.°C)/kcal;

t_i - Nhiệt độ trung bình của không khí trong nhà lấy theo điều kiện tiện nghi là 27°C;

$[\Delta t]$ - Trị số chênh lệch nhiệt độ phòng và nhiệt độ không khí trong phòng lấy $[\Delta t] = 1,5^\circ\text{C}$;

α_i - Hệ số trao đổi nhiệt mặt trong kết cấu ngăn che tính bằng kcal/(m².h.°C) Đối với phòng mở cửa thông thoáng theo công thức: $\alpha_i = 4,3 + 3,3 V_i^{0,8}$ (lấy $V_i = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$);

K_v - Hệ số kể đến ảnh hưởng của tốc độ chuyển động không khí trong phòng theo bảng 6 TCVN 4605:1988 trường hợp $V = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với $K_v = 0,67$;

$t_{ig.tb}$ - Nhiệt độ tổng trung bình ngoài nhà mùa hè dùng cho tính toán °C;

$$t_{ig.tb} = t_{n.tb} + \frac{\phi I_{tb}}{\alpha_n}$$

Trong đó:

α_n - Hệ số trao đổi nhiệt mặt ngoài kết cấu ngăn che tính bằng kcal/(m².h.°C) với bề mặt tường thẳng đứng $\alpha_n = 5 + 10 \sqrt{V_n}$ (7,9+2,2 x V_n cho mái nhà) với $V_n = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ là vận tốc gió ngoài nhà nhỏ nhất tháng nóng nhất tại Trà Vinh;

ϕ - Hệ số hấp thụ bức xạ mặt trời của mặt ngoài kết cấu ngăn che xác định từ phụ lục 4 TCVN 4605:1988 chọn $\phi = 0,4$ (Mặt ngoài tường ngoài trát vữa, sơn màu trắng), chọn $\phi = 0,86$ (với mặt Mái tole sáng màu);

I_{tb} - Trị số trung bình của tổng xạ mặt trời chiếu lên bề mặt kết cấu tính bằng Kcal (m².h) lấy theo số liệu của đài trạm khí tượng $I_{tb} = 242 \text{ Kcal (m}^2\text{.h)}$ lấy thông số trung bình tháng 4 tại Trà Vinh;

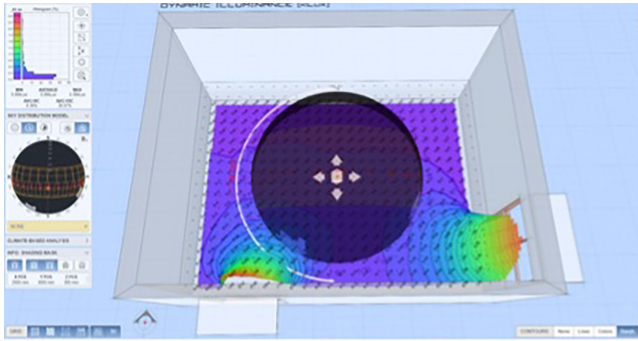
$t_{n.tb}$ - Trị số trung bình của nhiệt độ không khí ngoài nhà với $t_{n.tb} = 32^\circ\text{C}$;

$$R_o^{yc} = (1 - K_v) \frac{(t_{ig.tb} - t_i)}{[\Delta t]} \cdot R_i \quad ; \quad R_i = \frac{l}{\alpha_i} = \frac{l}{4,3 + 3,3 \times V_i^{0,8}}$$

$$\text{Với: } t_{ig.tb} = t_{n.tb} + \frac{\phi I_{tb}}{\alpha_n} = 32 + \frac{0,4 \times 242}{5 + 10 \sqrt{1}} = 38,45^\circ\text{C} ;$$

$$\rightarrow R_o^{yc} = (1 - K_v) \frac{(t_{ig.tb} - t_i)}{[\Delta t]} \cdot \frac{l}{\alpha_i} = (1 - 0,67) \times \frac{(38,45 - 27)}{1,5} \times \frac{l}{4,3 + 3,3 \times 0,2^{0,8}} = 0,45 \text{ (m}^2\text{.h.°C)/Kcal}$$

Công thức tính tổng nhiệt trở yêu cầu theo TCVN 4605:1988



Mô phỏng Ánh sáng xác định độ rọi(Lux) trong không gian phòng

ví dụ). So sánh với QCVN 09:2017/BXD, giá trị $R_{0.5} > 0,56$ ($m^2.h.^{\circ}C$)/Kcal cho tường và $R_{0.5} > 0,85$ ($m^2.h.^{\circ}C$)/Kcal cho mái dốc trên 15° áp dụng chung cho toàn quốc đối với nhóm các công trình quy mô $>2.500m^2$. Hai giá trị $R_{0.5} > 0,45$ ($m^2.h.^{\circ}C$)/Kcal cho tường và $R_{0.5} > 0,68$ ($m^2.h.^{\circ}C$)/Kcal cho mái (thấp hơn $R_{0.5}$ theo QCVN 09:2017/BXD) là cơ sở dùng tham chiếu tính toán cấu tạo lớp vỏ bao che giúp giảm bớt chi phí vật liệu nhưng vẫn đảm bảo được hiệu quả cách nhiệt cho nhà ở tại Trà Vinh.

Thiết kế kết cấu che nắng

Thiết kế che nắng khi đồng thời xảy ra hai điều kiện: Nhiệt độ hiệu quả tương đương tác động lên mặt nhà: $t=27^{\circ}C$ và Bức xạ mặt trời chiếu lên mặt nhà $I>230Kcal/m^2$. Tại Trà Vinh, lượng bức xạ trên bề mặt nằm ngang $I>230Kcal/m^2$ thuộc vào đầu tháng 3 đến hết tháng 4. Kết cấu che nắng có thể được tính toán tại thời điểm từ ngày 01/3 hàng năm, thời gian che nắng chọn lúc 10h30-13h30 giá trị góc tới của mặt trời trong khoảng $60^{\circ}<\alpha<72^{\circ}$. Thiết kế che nắng cần kết hợp kết cấu che nắng ngang và đứng, tùy vào hướng nhà, khi cần che nắng cụ thể cho từng không gian có thể tra cứu giá trị α theo hình bên dưới. Việc thiết kế che nắng cần chú ý sự hài hòa hai yếu tố thẩm mỹ và hiệu quả.

Chiếu sáng và thông gió tự nhiên

Đối với từng không gian nhà ở, giá trị chiếu sáng tự nhiên cần được khai thác sử dụng tối đa vào trong không gian, thông qua việc sắp xếp cửa sổ, vách kính và các hệ thống chiếu sáng phù hợp. Mỗi không gian trong nhà độ rọi trung bình trong khoảng 75-300lux tại mặt ngang 0,8m. Thông số độ rọi theo mô phỏng chiếu sáng tự nhiên trường hợp phòng 60m², có 2 cửa 1,2x1,6m hướng Đông và hướng Nam, khi có kết cấu che nắng ngang độ rọi trung bình 0,26Klux và khi không có tấm

che nắng ngang là 0,36Klux mô phỏng tại thời điểm tháng 3 tại Trà Vinh, khảo sát tại mặt ngang cao 0,8m.

Thông gió tự nhiên chủ yếu dựa vào 02 hình thức: Thông gió dựa vào áp lực khí động và thông gió đối lưu (áp lực nhiệt). Trà Vinh có 02 hướng gió chính Đông và Tây Nam phương pháp thông gió tự nhiên phổ biến có thể được áp dụng như sau: Sử dụng cửa sổ thông gió để tạo ra luồng gió tự nhiên xuyên phòng. Cửa sổ cần bố trí đón các hướng gió chủ đạo và cần đảm bảo luồng không khí đi vào và đi ra một cách hợp lý; Hệ thống thông gió trên trần nhà: Thiết kế hệ thống trần có các cửa sổ thông gió hoặc cửa sổ mái cho phép luồng không khí lưu thông qua giữa phần mái và trần thoát ra công trình; Hốc thông gió: tạo hốc thông gió ở một số điểm trong công trình để hướng luồng gió tự nhiên. Hốc thông gió có thể được thiết kế với hình dạng và kích thước phù hợp để tạo hiệu ứng hút gió và lưu thông không khí trong công trình.

Thiết kế hướng, hình dạng và khoảng cách công trình: đảm bảo rằng công trình được thiết kế hợp lý với hướng và hình dạng, khoảng cách phù hợp để tận dụng luồng gió tự nhiên.

Yếu tố vi khí hậu

Giải pháp thiết kế vi khí hậu bao gồm tận dụng cây xanh, thảm thực vật, địa hình, mặt nước. Cây xanh cung cấp bóng mát, giảm nhiệt độ, bố trí cây xanh hướng dòng không khí làm mát công trình, giảm tiếng ồn, làm tăng tính thẩm mỹ cho công trình. Thảm thực vật như thảm cỏ hoặc các loại cây bụi, có thể tạo ra không gian xanh bố trí thảm thực vật giúp giảm hấp thụ bức xạ mặt trời đồng thời hạn chế sử dụng các bề mặt không thấm nước.

Tận dụng địa hình đa dạng hoặc bố trí sân vườn cảnh quan với cao độ khác nhau kết

hợp yếu tố mặt nước như hồ, ao, sông, kênh rạch... giúp làm giảm nhiệt độ xung quanh công trình.

Các chiến lược thiết kế thụ động tương ứng với các giải pháp nêu trên có thể đạt hiệu quả khác nhau tùy thuộc vào loại hình nhà ở.

KẾT LUẬN

Thiết kế thụ động là một phương pháp tiếp cận nhằm tận dụng các yếu tố tự nhiên, trong đó khí hậu địa phương đóng vai trò quan trọng trong việc xác định các chiến lược thiết kế. Thiết kế thụ động nhằm tạo ra môi trường sống và làm việc tiện nghi hài hòa với môi trường tự nhiên mà không cần sử dụng nhiều công nghệ và năng lượng. Bài viết trình bày các kết quả nghiên cứu từ việc phân tích điều kiện tự nhiên tại Trà Vinh, từ đó lựa chọn các chiến lược thiết kế thụ động cho công trình nhà ở đồng thời phân tích tính hiệu quả của từng phương án khi áp dụng vào các loại hình nhà ở khác nhau./.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. <https://andrewmarsh.com/software/web-earthsun/>.
2. Đặng Thanh Tâm, Nguyễn Thị Phương Chi(2020), Nghiên cứu đặc điểm khí hậu tỉnh Trà Vinh, Tạp chí Khí tượng thủy văn, Hà Nội.
3. Autodesk Vasari Beta 3, Wind roses_Tra Vinh City, 2023.
4. N. Al-Azri, Y. Zurigat, N. Al-Rawahi(2012), Development of Bioclimatic Chart for Passive Building Design in Muscat-Oman, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREQP'12), Santiago de Compostela (Spain).
5. https://www.researchgate.net/figure/1-Bioclimatic-chart-for-men-at-sedentary-work-wearing-1-clo-clothing-in-warm-climates_fig1_334959726.
6. Phạm Đức Nguyên (2008), Kiến trúc sinh khí hậu, NXB Xây dựng, Hà Nội.
7. Mai Quốc Bửu(2016), Thiết lập chiến lược về hướng và hình dáng công trình hiệu quả năng lượng, Tài liệu tập huấn QC 09: 2013/BXD. Cần Thơ.

STT	Loại hình nhà ở	Hướng hình khối	Lớp vỏ công trình	Chiếu sáng Thông gió Tự nhiên	Tiện nghi vi khí hậu
1	Nhà ở Nông thôn	*****	****	****	*****
2	Biệt thự	*****	*****	****	*****
3	Nhà ở vùng ven	***	*****	****	***
4	Nhà ở riêng lẻ	**	*****	***	**
5	Nhà phố liền kề	*****	***	***	**
6	Chung cư	*****	*****	***	***

Mức độ áp dụng hiệu quả các giải pháp thiết kế thụ động tăng dần theo *

Bảng 2: Tiêu chí các giải pháp thiết kế thụ động cho nhà ở áp dụng tại Trà Vinh