Karafan

Quarterly Scientific Journal of National University of Skill

Autumn 2025, Vol. 22, No. 3, p. 13-41

Journal Homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en

: 10.48301/kssa.2025.459993.2921

The Effect of Koppen – Geiger Climatic Conditions on the Design of Nearly Zero Energy Buildings

Vahid Rezaee[1*], Mojtaba Masoumnezhad[2]

[1,2] Department of Mechanical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Research

Received: 2024.06.02
Revised: 2024.11.03
Accepted:2024.12.13

Keyword:
Climate
Köppen-Geiger
zero energy consumption buildings
comfort
passive

***Corresponding Author:**

Vahid Rezaee
Email: *vrezaee@tvu.ac.ir*

ABSTRACT

Climate plays an role before building construction, which depends on geographical location of the building. Climatic parameters including sunlight, temperature, humidity, rainfall, and wind determine the general design and components of the building, which must be designed for each climate. In this article, different comfort conditions and architectural provisions were proposed for near-zero energy consumption buildings design in different climatic conditions of Iran according to the Köppen-Geiger method using passive methods. Based on Köppen-Geiger climate classification, the Iran climate is segmented to nine climates. BWh, BSk, BSh and CSa climates are important climatic groups of Iran, each one covers a large part of the country. Using the Köppen-Geiger method and some selected cities in BWh, BSk, BSh and CSa climates by Client Consult software with EPW format according to ASHRAE 55 standard method and PMV comfort model the effect of climatic conditions on near-zero energy consumption buildings design were proposed. By importing the climate parameters file of the selected cities in the Climate Consultant software, output results including psychrometric chart, sun shading chart, wind wheel and other results were obtained. BWh climate with 1800 hours provides the most comfort and BSk climate with 284 hours provides the least amount of comfort using passive solar energy. BWh climate is in the comfortable range in 23.4% of the year, while this value is 13.3% for BSh climate.

©2024 the authors. Published by National University of Skill, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The outdoor climate and indoor environment of a building are inextricably bound up with each other; so, a building's energy consumption is closely related to outdoor climate factors. The atmosphere is overloaded with carbon dioxide caused by fossil fuels being burned for energy. Almost 40 percent of total energy worldwide is used by the building sector, which comes from non-renewable sources and contributes up to 30% of annual greenhouse gas emissions globally. Today, world's energy resources are depleting fast and this issue has placed the world in the grip of energy crisis. In addition, increase in the amount of worldwide CO2 emissions is damaging the ozone layer. Commercial and residential buildings consume almost 40% of the primary energy in the United States or Europe, and nearly 30% in China. Energy use in buildings represents about 40% of the European Union final energy end-use, making building energy efficiency a top government priority. In Iran, buildings are responsible for 25 % of greenhouse gas emissions due to using natural gas and oil products. Also 36.25 % of energy usage belongs to the buildings. This is equal to consumption of 432.4 million barrels of crude oil and 85 % of this amount of energy is provided by natural gas and electricity. requirements and is the way of the future. Green and energy efficient buildings such as ZEBs have attracted the governments' attention.

Methodology

The work flow is that weather files for each region in EPW format are imported to software, and we can extract these formats on sites like Energy Plus for Iran cities and other parts of the world weather conditions. By importing the climate files of the selected cities in the climate consulting software, climate charts is drawing and their analyzing is done using the Climate Consultant software. In the weather consulting software, we have used the ASHRAE 55 standard and the PMV model. In this standard, thermal comfort is defined based on dry bulb temperature, clothing surface, metabolic activity, air velocity, humidity, and average radiant temperature. The area where most people are comfortable is calculated using the PMV (predicted mean vote) model. The most important effective parameters in the architectural design are: air temperature including the average annual temperature and average monthly temperature, relative humidity, sunlight, location and intensity of radiation, wind including direction, speed, temperature and humidity, annual average rainfall, soil and site vicinity. The architectural design process will be discuss in detail in the results section. Regarding the climatic classification of different parts of the world, various methods have been proposed, among which the method of the Austrian scientist Köppen has been favored. Kopen has introduced different types of climates in the world based on the growth of plants. Basically, in many regions of the world, climate is defined by latitude and altitude. Most of Iran is located in a temperate region with latitude between 25- and 40- degrees north latitude. Iran has a high plateau with a majority of its territory rising beyond 475 meters above sea level. Based on Köppen–Geiger climate classification, BWh, BSk, CSa and BSh are important climatic groups of Iran, each part

covers a large part of the country and other climatic groups comprise a very small part of the country area (Figure 1).

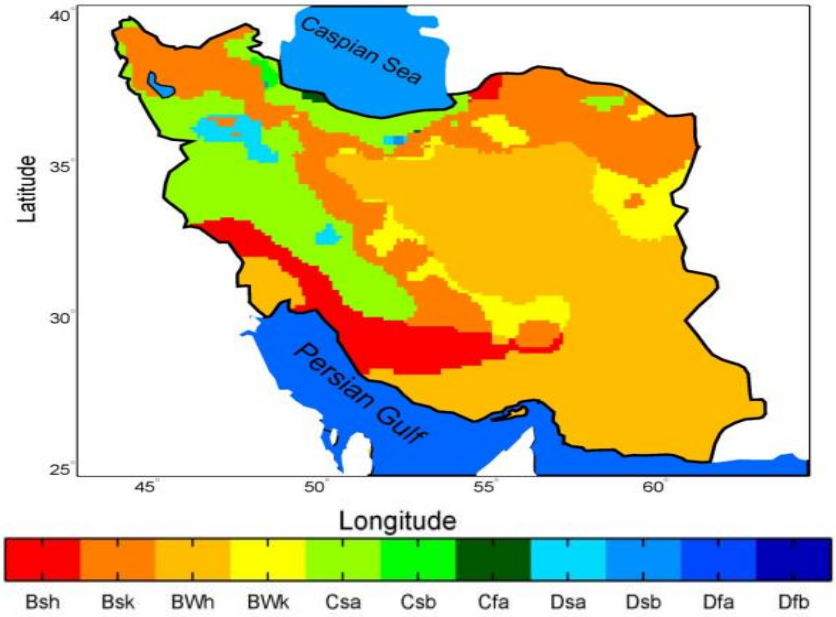


Figure 1. Köppen – Geiger climate classification of Iran.

Results and discussion

wind wheel: The wind wheel is unique to the Weather Advisor. For each wind direction, it displays the wind speed and occurrence frequency along with the average dry bubble temperature and relative humidity simultaneously. The following results were obtained from the wind wheel diagram: The direction of prevailing wind in Zahedan is from southwest to southeast with high speed, less than 30% humidity and temperature from 21 to 27 ℃. The prevailing wind direction in Khorramabad is from southwest with high speed, humidity from 30 to 70 percent and temperature from 0 to 21 ℃. The prevailing wind direction in Tabriz is from southwest with high speed and humidity from 30 to 70 percent and temperature from 0 to 21 ℃. The prevailing wind direction in Yasouj is from the south with high speed and humidity from 30 to 70 percent and temperature from 0 to 21 ℃.

Psychrometric chart or hygrometer chart: This chart is one of the most powerful design tools in Climate Consultant. Design strategies in different climates are presented in table1.

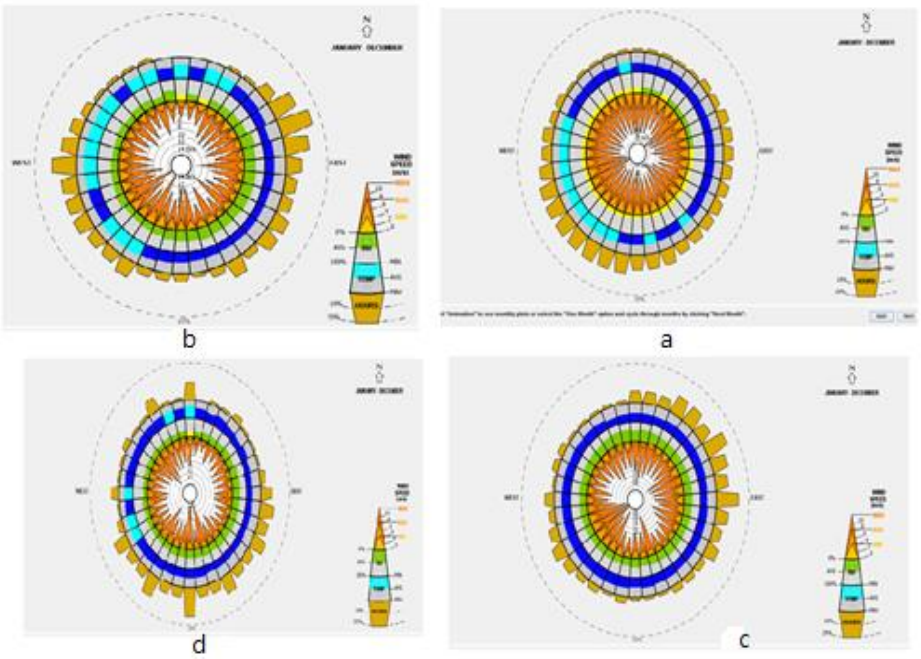


Figure 2. Wind wheel - prevailing wind direction in a) Zahedan b) Khorramabad c) Tabriz d) Yasuj.

Table1. Design strategies in different climates

Design strategy	The percentage of climate comfort				The number of hours of climate comfort			
	Bwh	CSa	BSk	BSh	Bwh	CSa	BSk	BSh
Comfort zone	23.4	13.7	17.8	13.3	2049	1198	1556	1169
Window shade	20.5	15.1	8	12.5	1799	1325	704	1099
evaporative cooling	25.9	17.1	8.4	12.2	2273	1495	739	1070
Internal heat increase	25.4	20.2	21.4	21.5	2226	1769	1871	1886
Use of passive solar energy	20.5	14.7	3.2	17.6	1800	1289	284	1543
Cooling with dehumidification	-	0.1	0.0	0.0	-	10	2	0
Heating with humidification	15	26.6	51.8	26.2	1318	2329	4535	2296

Conclusion

In this article, the effect of different climates BWh, BSk, BSh and CS on the passive architectural design of near zero energy consumption building was investigated using climate consulting software. For the BWh climate of the cities of Zahedan, Kerman, Yazd, etc., the following results were obtained: The combined use of night and natural ventilation, high thermal mass and evaporative cooling for summer and the use of passive solar heating and internal heat absorption are suitable. The results of the survey should be applied to other climates with dry hot weather, Trombe wall, roller shade and thermal mass as the main

passive strategies. In cold areas of the Mediterranean climate where heating dominates, insulation is generally more effective than in cooling dominated areas.

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه ملی مهارت
پاییز ۱۴۰۴، دوره ۲۲، شماره ۳، ۴۱-۱۳
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir
doi :10.48301/KSSA.2025.459993.2921

تأثیر شرایط اقلیمی کوپن - گایگر بر روی طراحی ساختمان‌های با مصرف انرژی نزدیک به صفر

وحید رضائی*[۱]، مجتبی معصوم‌نژاد[۲]

۱ و ۲ – گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳
بازنگری مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۱۷
پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

کلید واژگان:
اقلیم، کوپن گایگر، ساختمان انرژی صفر آسایش، معماری غیرفعال.

***نویسنده مسئول:** وحید رضائی
پست الکترونیکی:
vrezaee@tvu.ac.ir

چکیده

اقلیم بحث مهمی قبل از احداث ساختمان می‌باشد که وابسته به موقعیت جغرافیایی بناست. پارامترهای اقلیمی شامل تابش آفتاب، دما، رطوبت، میزان بارندگی و وزش باد تعیین کننده طرح کلی و اجزاء ساختمان است که باید متناسب با هر اقلیمی طراحی شود. در این مقاله شرایط آسایش و تدابیر مختلف معماری جهت طراحی ساختمان‌های با مصرف انرژی نزدیک به صفر برای شرایط مختلف اقلیمی ایران برحسب روش کوپن - گایگر با استفاده از روش‌های غیرفعال پیشنهاد شد. محدوده اقلیم ایران بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن – گایگر، به ۹ اقلیم تقسیم می‌شود. اقلیم‌های BWh، BSk، BSh و CSa از گروه های مهم اقلیمی ایران هستند که هر کدام قسمت بزرگی از کشور را در بر می‌گیرند. با روش اقلیم‌شناسی کوپن - گایگر و انتخاب چند شهر در اقلیم‌های BWh، BSk، BSh و CSa با استفاده از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت با فرمت EPW به روش استاندارد اشری۵۵ و مدل آسایش PMV تاثیر شرایط اقلیمی روی طراحی ساختمان‌های با مصرف انرژی نزدیک به صفر پیشنهاد شد. با وارد کردن فایل پارامترهای آب و هوایی شهرهای منتخب در نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت نتایج خروجی شامل چارت سایکرومتریک، نمودار سایه خورشیدی، نمودار چرخ باد بدست آمد. اقلیم BWh با ۱۸۰۰ساعت بیشترین و اقلیم BSk با ۲۸۴ ساعت کمترین مقدار آسایش را با استفاده از انرژی غیرفعال خورشیدی تامین می کند. اقلیم BWh در ۲۳،۴ درصد اوقات سال در محدوده آسایش قرار دارد در صورتی که این مقدار برای اقلیم BSh ۱۳،۳ درصد می‌باشد.

شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

©2024 the authors. Published by National University of Skill, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقدمه

اقلیم و محیط داخلی یک ساختمان به طور جدایی‌ناپذیری به یکدیگر مرتبط هستند. بنابراین، مصرف انرژی یک ساختمان ارتباط نزدیکی با عوامل آب و هوای فضای بیرون دارد. جو کره زمین مملو از دی اکسید کربن ناشی از سوخت‌های فسیلی است که برای انرژی سوزانده می‌شوند. تخمین زده می‌شود که تغییرات آب و هوایی بر محیط زیست تأثیر می‌گذارد. یک ساختمان محیط داخلی راحت را فراهم می‌کند و تغییر آب و هوای بیرون بر مصرف انرژی ساختمان تأثیر می‌گذارد. تقریباً ۴۰ درصد از کل انرژی در سراسر جهان توسط بخش ساختمان استفاده می‌شود که از منابع تجدید ناپذیر تأمین می‌شود و تا ۳۰ درصد از انتشار سالانه گازهای گلخانه‌ای در سطح جهان را شامل می‌شود. امروزه منابع انرژی جهان به سرعت رو به اتمام است و این موضوع جهان را در چنگال بحران انرژی قرار داده است. علاوه بر این، افزایش میزان انتشار دی اکسید کربن در سراسر جهان به لایه ازون آسیب می‌رساند. ساختمان‌های تجاری و مسکونی تقریباً ۴۰ درصد از انرژی اولیه را در ایالات متحده و نزدیک به ۳۰ درصد را در چین مصرف می‌کنند. استفاده از انرژی در ساختمان‌ها حدود ۴۰ درصد از مصرف نهایی انرژی اتحادیه اروپا را تشکیل می‌دهد و بهره‌وری انرژی ساختمان را به اولویت اصلی دولت تبدیل می‌کند. در ایران ساختمان‌ها مسئول ۲۵ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استفاده از گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی هستند. همچنین ۳۶,۲۵ درصد از مصرف انرژی به ساختمان‌ها تعلق دارد. این مقدار معادل مصرف ۴۳۲,۴ میلیون بشکه نفت خام است و ۸۵ درصد این میزان انرژی از گاز طبیعی و برق تامین می‌شود. بنابراین، انجام اقداماتی در جهت یافتن منابع جایگزین انرژی و همچنین حفظ منابع انرژی تجدیدناپذیر ضروری است. ساختمان‌های سبز و انرژی صفر مانند ZEB[۱] توجه دولت‌ها را به خود جلب کرده‌اند[۱]. این تحقیق به پویایی‌های پیچیده تعامل انسان و هوش مصنوعی می‌پردازد؛ حوزه‌ای که در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای در حال رشد است؛ بنابراین درک ابعاد شناختی، اجتماعی و ارتباطی هوش مصنوعی ضرورت یافته است.

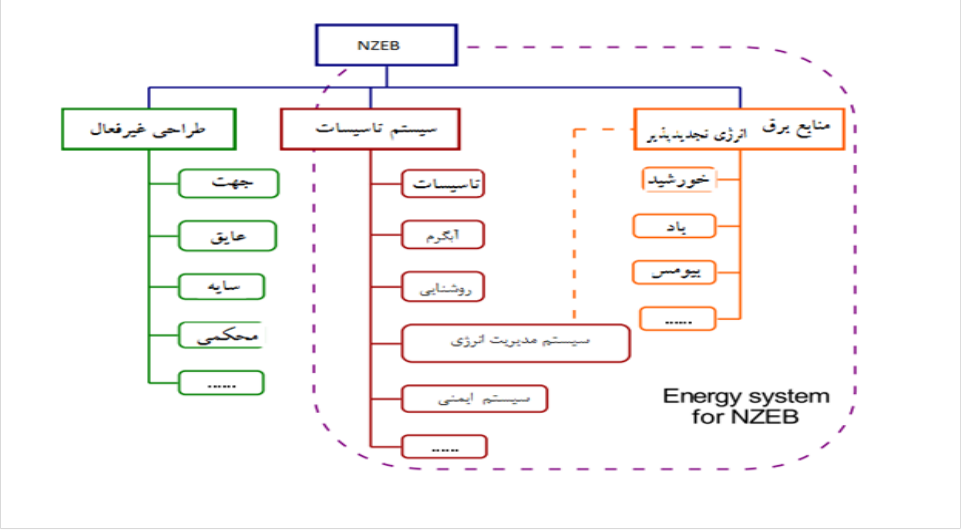
قبل از اینکه در مورد مفهوم انرژی صفر صحبت شود، باید بر روی تعریف رایج برای ساختمان های با انرژی نزدیک به صفر توافق کنیم، یک NZEB[۲] ٪۳۰ یا بیشتر از انرژی مورد نیاز خود را از طریق استفاده از سیستم روشنایی تولید می‌کند. تحقیقات در مورد ساختمان انرژی نزدیک به صفر NZEB در اوایل سال ۲۰۰۰ آغاز شد. در حال حاضر، بسیاری از تحقیقات تحلیلی و عددی عمدتاً برای تعیین چشم‌انداز ساختمان با انرژی تقریباً صفر انجام می‌شوند. در مرجع [۲] طراحی ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر برای یک ویلا در شهر کرمان برای منطقه آب و هوای گرم و خشک انجام شد. در این مقاله پارامترهای مورد بررسی مربوط به پوشش ساختمان، شامل سناریوهای عایق، نسبت پنجره به دیوار و انواع شیشه به عنوان استراتژی‌های غیرفعال، همراه با ترکیب با توربین بادی تجزیه تحلیل شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که در شرایط گرم و خشک در این منطقه، استراتژی‌های غیرفعال بهینه برای مطالعه موردی شامل نسبت پنجره به دیوار ۴۰ درصد، عایق پلی‌اورتان و شیشه سه‌لایه با آرگون است. در مرجع [۳] مطالعه تغییرات آب و هوایی برای ساختمان چهارطبقه برای شهر تهران با نرم‌افزار دیزاین بیلدر به منظور حداقل رساندن بار سرمایش و گرمایش و هزینه‌های سرمایه گذاری انجام شد. نتایج مطالعه کاهش ۱۴/۶۵ درصدی انرژی را نشان داد. همچنین با استفاده از پنل‌های PV این ساختمان می‌تواند به یک ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر تبدیل شود که حدود ۹۰ درصد انرژی موردنیاز را تامین کند. در مرجع [۴] اجرای طرح ساختمان با انرژی صفر (ZEB) برای یک منطقه آب و هوای گرم و خشک در یزد معرفی شد و با یک خانه معمولی در آن اقلیم مقایسه شده است [۵]. با استفاده از نرم‌افزار انرژی

---

[۱] Zero Energy Building

[۲] Nearly Zero energy Building

پلاس تحلیل انرژی و اقتصادی انجام گرفت. نتایج برای ساختمان با انرژی صفر دوره بازپرداخت ۵,۵ ساله و کاهش آلودگی دی اکسید کربن نسبت به ساختمان معمولی را نشان داد. در مرجع [۶] استراتژی‌های مختلف طراحی در معماری همساز با اقلیم یزد با نرم‌افزار مشاوره آب و هوایی با استاندارد اشری ۵۵ انجام شد. نتایج با توجه به دما و رطوبت نشان داد که نیاز به سایه در امر معماری اقلیم امری ضروری است. در مرجع [۷] عوامل موثر برکاهش انرژی در ساختمان های بلندمرتبه در شهر تهران بررسی شد. با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز انرژی تاثیر هفت شاخص موثر بر کاهش مصرف انرژی شامل فرم ساختمان، فرم و نسبت سطح بازشو، زاویه چرخش، عمق سایبان، نوع و ضخامت عایق حرارتی و جنس شیشه جدار خارجی را در حالت‌های مختلف بهینه سازی کردند. توسعه ساختمان‌های با انرژی نزدیک به صفر (NZEB) بر اساس سه مفهوم است [۸]. که در شکل ۱ سه مرحله اصلی برای دستیابی به هدف NZEB نشان داده شده است، که عبارتند از: استفاده از استراتژی طراحی غیرفعال (مانند پوشش ساختمان، جهت‌گیری، هندسی/ نسبت ها)، فناوری‌های بهره‌وری انرژی (مانند[۱]HVAC، آب گرم، روشنایی، لوازم و تجهیزات) و فناوری های تولید انرژی (به عنوان مثال: سرما، گرما و توان ترکیبی CCHP، پیل‌های سوختی، برق آبی، پنل فتوولتائیک، توربین بادی) [۹].



شکل ۱. سه مرحله اصلی برای دستیابی به هدف NZEB.

در تحقیقات قبلی تمرکز پژوهش‌ها بر روی فقط یک شهر یا نهایت یک اقلیم بود که در این مقاله برای اولین بار با استفاده از روش اقلیم شناسی کوپن – گایگر برای شهرهای مختلف ایران تجزیه و تحلیل آب و هوایی با نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت انجام شد. در این نرم‌افزار از مدل استاندارد اشری ۵۵ به روش PMV[۲] استفاده شده است. با استفاده از مدل ریاضی PMV (شاخص متوسط نظرسنجی پیش بینی شده) اثرات ترکیبی کمیت‌های درجه حرارت، میانگین درجه حرارت تابشی، سرعت باد، مقاومت حرارتی لباس و سطوح رطوبت مدنظر است. این شاخص آسایش ابتدا در سال ۱۹۷۰ توسط فانگر مطرح شد. از جمله مهمترین شاخص‌های

[۱] Heating Ventilation and Air Conditioning

[۲] Predicted Mean Vote

فیزیولوژی دما محسوب می‌شود که علاوه بر مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای در مطالعات آب و هواشناسی کاربرد پیدا کرده است. این شاخص سطوح آسایش حرارتی انسان را در شرایط آب و هوایی بیرون از خانه یا محیط مورد بررسی قرار می‌دهد. همچنین تدابیر معماری غیرفعال برای طراحی ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر برای اقلیم‌های مختلف پیشنهاد شده است.

روش‌شناسی

روش تحقیق در این پژوهش شبیه‌سازی، مطالعه موردی و تحلیلی در نظر گرفته شده است. نحوه کار بدین صورت می‌باشد که در هر منطقه فایل های آب و هوایی با فرمت EPW[1] داده شده است که این فرمتها را می توان در سایتهایی همانند انرژی پلاس برای شرایط آب و هوایی شهرهای ایران و دیگر نقاط جهان استخراج کرد. با وارد کردن فایل های آب و هوایی شهرهای منتخب در نرم‌افزار مشاوره آب و هوایی[2]نمودارهای اقلیمی رسم و تحلیل آن با استفاده از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت[3][۱۰] انجام می‌شود. در نرم افزار مشاوره آب و هوایی از استاندارد اشری ۵۵ و مدل PMV استفاده شد. در این استاندارد آسایش حرارتی بر اساس دمای حباب خشک، سطح لباس، فعالیت متابولیک، سرعت هوا، رطوبت، و میانگین دمای تابشی است. منطقه‌ای که اکثر مردم در آن راحت هستند با استفاده از مدل PMV (شاخص متوسط نظرسنجی پیش بینی شده) محاسبه می‌شود. در محیط‌های مسکونی، افراد لباس‌ها را متناسب با فصل می‌پوشند و در سرعت‌های بالاتر هوا احساس راحتی می‌کنند و بنابراین دامنه راحتی بیشتری نسبت به ساختمان‌هایی با سیستم‌های HVAC تمرکز دارند. جدول ۱ ویژگی های شهرهای منتخب در اقلیم‌های مختلف را برای انجام آنالیز نشان می‌دهد. مهمترین پارامترهای موثر در فرایند طراحی معماری عبارتند از: دمای هوا شامل میانگین دمای سالانه و ماهانه – رطوبت نسبی – تابش آفتاب - مکان قرارگیری و شدت تابش – باد شامل جهت، سرعت، دما و رطوبت – میانگین سالانه بارش باران – خاک – مجاورتهای سایت می باشد که در بخش نتایج فرایندهای طراحی معماری ارائه می‌شود.

شرایط اقلیمی ایران برحسب روش کوپن – گایگر: وضعیت غالب آب و هوای یک منطقه که در یک دوره درازمدت وجود داشته و تابعی از پارامترهای هواشناسی نظیر دما، بارندگی، رطوبت، تشعشع، باد و غیره می باشد را اقلیم آن منطقه می‌نامند. اقلیم تا آنجا که به آسایش انسان مربوط می‌شود، نتیجه تاثیر متقابل عناصری چون تابش آفتاب، دما و رطوبت هوا، وزش باد و میزان بارندگی است. در مورد تقسیم بندی اقلیمی نقاط مختلف جهان، روشهای گوناگونی پیشنهاد شده که از میان آنها روش کوپن دانشمند اتریشی مورد قبول قرار گرفته است. کوپن براساس رشد و نمو نباتات، انواع مختلف اقلیم در جهان را معرفی کرده است. اصولا در بسیاری از مناطق جهان، اقلیم به وسیله عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا مشخص می‌شود. ایران با قرار گرفتن بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی، در منطقه گرم قرار دارد و از نظر ارتفاع نیز، فلات مرتفعی است که

---

[1] EnergyPlus Ewather

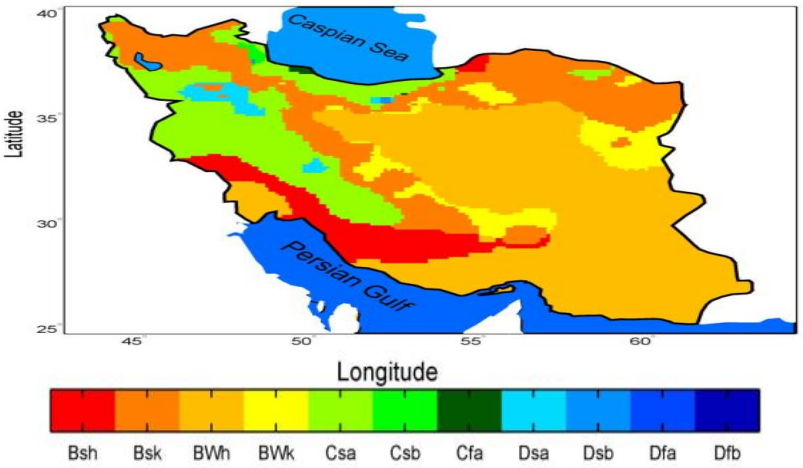
[2] Climate consultant

[3] این نرم‌افزار به منظور بررسی تاثیر شرایط آب و هوایی بر طراحی معماری توسعه داده شده است. این نرم‌افزار اطلاعات آب و هوایی را به صورت فایل EPW دریافت نموده و پس از تحلیل شرایط اقلیمی محل، توصیه‌هایی را برای هماهنگ‌سازی ساختمان با این شرایط پیشنهاد می‌دهد.

مجموع سطوحی از آن که ارتفاعشان از سطح دریا کمتر از ۴۷۵ متر است، درصد بسیار کمی از سطح کل کشور را تشکیل می‌دهد[۱۰].

جدول ۱. ویژگی‌های شهرهای منتخب در اقلیم کوپن – گایگر

شهر	اقلیم	طول جغرافیایی شرقی	عرض جغرافیایی شمالی	ارتفاع m	میانگین دمای خشک زمستانی °C	میانگین رطوبت نسبی زمستان ٪	میانگین دمای خشک تابستانی °C	میانگین رطوبت نسبی تابستان ٪
زاهدان	Bwh	۶۰،۸۸	۲۹،۴۶	۱۳۷۰	۱۲،۵	۳۴	۲۷	۱۹
خرم آباد	CSa	۴۸،۲۳	۳۳،۴۳	۱۱۸۴	۶،۵	۶۵،۵	۲۲،۵	۳۱،۶
تبریز	BSk	۴۶،۱۷	۳۸،۰۵	۱۳۶۱	۳،۸	۶۶،۱	۲۴	۴۱
یاسوج	BSh	۵۱،۵۵	۳۰،۶۹	۱۸۳۷	۴،۴	۶۲	۲۰،۵	۳۱



شکل ۲. طبقه‌بندی اقلیم کوپن – گایگر در ایران [۱۱]

بررسی‌های اخیر انجام‌شده بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۴ نشان می‌دهد که از ۳۱ گروه اقلیمی شناسایی‌شده توسط کوپن-گایگر، ایران ۹ گروه از آنها را در بر می‌گیرد (نگاه کنید به شکل ۲). بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن – گایگر، BWh، BSk،BSh و CSa از گروه‌های مهم اقلیمی ایران هستند که هر کدام قسمت بزرگی از مساحت کشور را در بر می‌گیرد و سایر گروه‌های اقلیمی بخش بسیار کوچکی از مساحت کشور را تشکیل می دهند (شکل ۲).

ویژگی‌های اقلیم کوپن – گایگر: هر منطقه آب و هوایی دارای ویژگی‌های متمایزی است که منعکس کننده شرایط خاص منطقه است. این موارد شامل مقدار بارندگی سالانه، میانگین سرعت باد و میانگین دمای ماهانه است. هر یک از این ویژگی‌ها جدول ۲ در رابطه با یک شهر خاص به عنوان نماینده منطقه اقلیمی در ایران بررسی خواهد شد [۱۱].

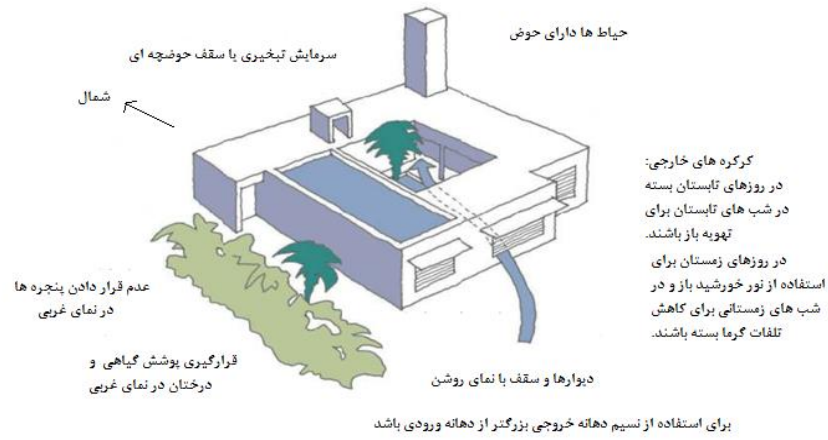
جدول ۲. ویژگی‌های گروه‌های اقلیمی کوپن – گایگر موجود در ایران

شماره	کد یا نام اقلیم کوپن - گایگر	ویژگی ها
۱	BWH	بیابان خشک و بسیار گرم
۲	BWK	بیابان خشک و سرد
۳	BSH	نیمه بیابانی خشک و بسیار گرم
۴	BSK	نیمه بیابانی خشک و سرد
۵	CSa	معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم
۶	CSb	معتدل با تابستان‌های خشک و گرم
۷	Cfa	معتدل پرباران با تابستان‌های گرم
۸	DSa	اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم
۹	DSb	اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و گرم

گروه B آب و هوای خشک Arid: اقلیم بیابانی یا خشک، یک زیرگروه آب و هوای خشک است که در آن تبخیر بیشتر از میزان بارندگی است. آب و هوای بیابانی اغلب دارای سطوح لخت، صخره‌ای یا شنی است که خشک می‌باشد و آب باران زیادی را در خود نگه نمی‌دارد، بنابراین مقدار کمی از باران که می‌بارد خیلی زود تبخیر می‌شود. آب و هوای خشک دارای برخی تغییرات و ریز اقلیم‌ها به صورت زیر است:

آب و هوای گرم بیابانی BWh: در این آب و هوا، آسمان صاف و فشار بالا منجر به شرایط گرم و خشک با نور شدید خورشید می‌شود. زمانی که خورشید در تابستان قوی‌ترین حالت خود را دارد، گرمای شدید حاکم می‌شود، میانگین دمای هوا در ماه‌های گرم اغلب بین ۲۹ تا ۳۵ درجه سلسیوس و در ظهر بین ۴۳ تا ۴۶ درجه سلسیوس متغیر است. شهرهای کرمان- سیستان – یزد- هرمزگان- بوشهر- قسمتهایی از استان سمنان – اصفهان- قم - اهواز- قسمت‌هایی از استان خراسان جنوبی- قسمت‌هایی از استان فارس- و غیره در منطقه BWH بیابان خشک و بسیار گرم قرار می‌گیرند. نکته کلیدی در طراحی معماری این اقلیم کاهش سرعت گرمایش داخلی در روزهای تابستان با استفاده از جرم حرارتی و سایبان است. گسترش سرمایش سریع را در عصرهای تابستان با برج‌های بادگیر و یا تهویه متقابل و همچنین استفاده از خنک کننده طبیعی در تابستان در

صورت وجود آب پیشنهاد می‌شود. از گرمایش طبیعی در زمستان استفاده می‌شود، بنابراین جهت‌گیری و طراحی دهانه برای بهره خورشیدی بسیار مهم است. در شکل ۳ تکنیک‌های معماری غیرفعال اقلیمی BWH برای طراحی ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر ارایه شده است. شیشه و پنجره در این اقلیم باید دارای ویژگی‌های زیر باشند: مقدار g بسیار کم[۱] Low-E (سطح ۲)[۲] مقدار U کم و همچنین سایبان ضروری است [۱۲].



شکل ۳. تکنیک‌های معماری غیرفعال در آب و هوای گرم و بیابانی اقلیم BWH [۶،۱۱]

درختان می‌توانند سایه‌های تابستانی را فراهم کنند و همچنین در زمستان اجازه استفاده از خورشید را می دهند. درختان می‌توانند ابزارهای سایه‌زنی مفیدی باشند. درختان برگریز می‌توانند تا ۸۵ درصد از تابش خورشید را در تابستان مسدود کنند. در زمستان، درختان بدون برگ، اجازه می‌دهند تا ۷۰٪ از انرژی خورشید از بین شاخه‌های برهنه آنها عبور کند. با این حال، یک درخت بسیار بزرگ نیاز است تا تقریباً به طور کامل نمای خورشیدی را در تابستان سایه بزند، و نزدیکی به درختان و ریشه درختان ممکن است مشکلات دیگری هم برای ساختمان و هم برای درخت ایجاد کند. یک قانون توافقی این است که درخت را طوری قرار دهید که سایبان خارج از خطی که در ۴۵ درجه از پایه ساختمان کشیده شده است، همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، قرار گیرد.

---

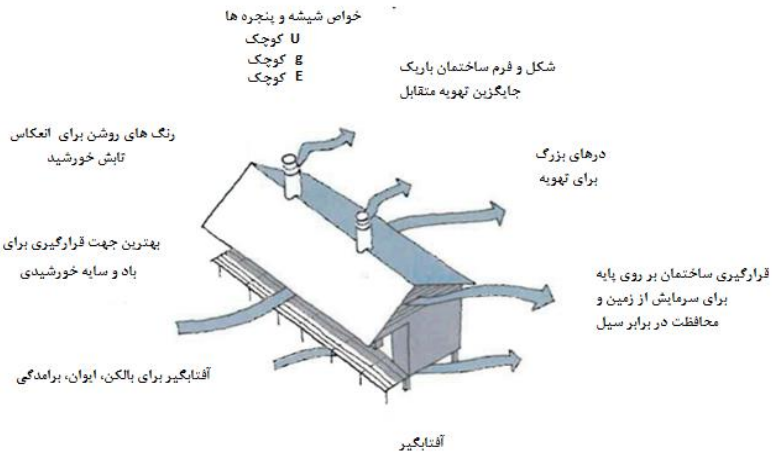
[۱] g-value یا ضریب افزایش حرارت خورشیدی (SHGC)، اندازه گیری توانایی پنجره برای بهره برداری از انرژی خورشیدی می باشد. هر چه مقدار g بیشتر باشد، بهره خورشیدی بیشتر خواهد بود. یک شیشه تک جداره بهترین g را دارد، اما مقدار U ضعیفی خواهد داشت.

[۲] شیشه کم گسیل

شکل ۴. زاویه قرارگیری درختان [۶،۱۱]

آب و هوای گرم نیمه خشک BSh : این آب و هواها معمولا دارای تابستان‌های معتدل تا خنک و گاهی زمستان‌های بسیار گرم با بارش کم یا بدون بارش هستند. آب و هوای گرم و نیمه خشک اغلب در اطراف لبه های بیابان‌های نیمه گرمسیری یافت می‌شود. آنها معمولاً الگوی بارش مدیترانه‌ای دارند، با زمستان های بارانی تر و تابستان‌های خشک. شهرهایی مانند یاسوج و بعضی از قسمتهای بوشهر و اهواز و ... در منطقه BSh قرار دارند. در این اقلیم استفاده از تهویه شبانه، جرم حرارتی بالا، و سرمایش تبخیری مناسب است. برای گرمایش این اقلیم جذب حرارت داخل و جلوگیری از اتلاف آن به همراه بهره‌گیری از گرمایش خورشیدی غیرفعال توصیه می‌شود [۱۳].

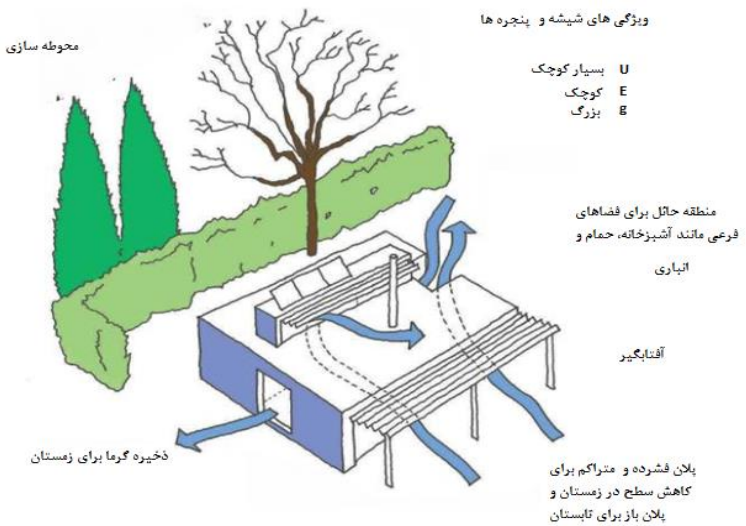
آب و هوای سرد نیمه خشک BSk : آب و هوای سرد نیمه خشک معمولاً دارای تابستان های گرم تا گرم خشک است، اگرچه تابستان‌های آنها معمولاً به اندازه آب و هوای نیمه خشک گرم نیست. مناطقی که دارای آب و هوای نیمه خشک سرد هستند، بر خلاف مناطق گرم نیمه خشک، معمولاً زمستان‌های سرد و شاید حتی یخبندان دارند. بارش برف زمستانی در این مناطق رایج است. با این حال، به طور قابل توجهی کمتر از مکان هایی با آب و هوای مرطوب‌تر در عرض های جغرافیایی مشابه است. در مناطقی با آب و هوای نیمه خشک سرد که معمولاً ارتفاعات بالاتری نسبت به مناطق با آب و هوای نیمه خشک گرم دارند، گاهی اوقات تفاوت دمای قابل توجهی بین روز و شب وجود دارد، گاهی اوقات تا ۲۰ درجه سلسیوس یا بیشتر. شهرهای خراسان رضوی و شمالی، آذربایجان شرقی و غربی - .. در منطقه BSk قرار می‌گیرند. اولویت آب و هوای گرم و مرطوب BSk در شبانه‌روز تهویه می‌باشد. کاهش گرمای خورشیدی پوشش ساختمان با سایبان انجام می‌شود. با استفاده از منافذ بزرگ و تهویه متقاطع سرعت خنک شدن در عصر زیاد می‌شود. در این اقلیم با استفاده از سایبان‌ها، خنک کننده تبخیری و باد تهویه طبیعی را می‌توان انجام داد. در شکل ۵ تکنیک‌های معماری غیرفعال اقلیمی BSk برای طراحی ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر ارایه شده است.



شکل ۵. تکنیک‌های معماری غیرفعال در اقلیم آب و هوای سرد نیمه خشک BSk [۶،۱۱]

آب و هوای معتدل Temperate گروه C: سردترین ماه در این نوع آب و هوا دارای دمای متوسط بین ۰ درجه سلسیوس تا ۱۸ درجه سلسیوس است و حداقل یک ماه دارای دمای متوسط بالای ۱۰ درجه سلسیوس است. آب و هوای مدیترانه‌ای تابستان گرم Csa رایج‌ترین شکل آب و هوای مدیترانه‌ای است [۱۴]. بنابراین، آن را به عنوان "آب و هوای معمولی مدیترانه‌ای" نیز می‌شناسند. مناطقی با این نوع آب و هوای مدیترانه‌ای دمای متوسط ماهانه بیش از ۲۲ درجه سلسیوس را در گرمترین ماه و میانگین بین ۱۸ تا ۳ درجه سلسیوس یا در موارد خاص بین ۰ تا ۱۸ درجه مشاهده می‌کنند.

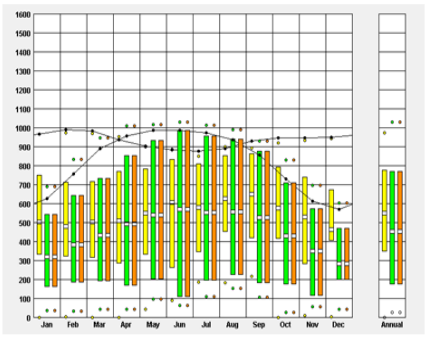
شهرهای ساری، خرم‌آباد، کرمانشاه و قسمت‌هایی از استان کردستان در اقلیم Csa قرار می‌گیرند. در اقلیم Csa هدف کاهش نیازهای انرژی گرمایشی با استفاده از مناطق بافر و عایق برای کاهش تلفات گرمای زمستان است. از گرمای بیش از حد در تابستان با جرم حرارتی (و تهویه شبانه) برای پایداری دما جلوگیری می‌شود و در صورت نیاز می‌توان از سایه استفاده کرد. از گرمایش طبیعی در زمستان استفاده می‌شود. کاهش نفوذ هوا با ورودی‌های سرپوشیده و لابی‌های باد ضروری است. شیشه و پنجره باید دارای ویژگی‌های مقدار g بالا (سایبان در تابستان ضروری است) و low-E (سطح ۳) و مقدار U کم باشند [۱۴]. در شکل ۶ تکنیک‌های معماری غیرفعال اقلیمی Csa برای طراحی ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر نشان داده شده است.



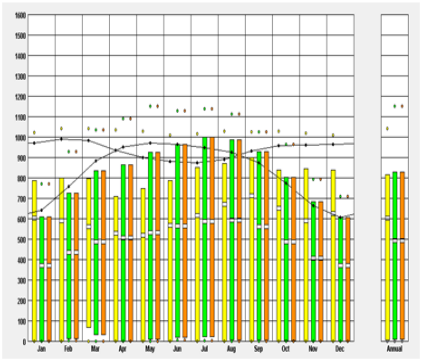
شکل ۶. تکنیک های معماری غیرفعال در اقلیم آب و هوای Csa [۶،۱۱]

نتایج و بحث

تابش آفتاب: تابش آفتاب از دو جهت در طراحی اقلیم مهم است. میزان دریافت انرژی خورشیدی و استفاده از نور طبیعی روز برای روشنایی فضاهاست. این دو عامل به شاخص‌هایی نظیر میزان ابری یا صاف بودن آسمان بستگی دارد. شکل ۷ میزان دریافت تابش خورشیدی اقلیم‌های مختلف را در سال نشان می‌دهد. به ترتیب میله‌های زرد رنگ، رنگ سبز و نارنجی تابش نرمال مستقیم خورشید, تابش افقی جهانی یا کل خورشید و تابش سطح منحرف شده یا پخش می‌باشد. میانگین تابش عمودی سالانه زاهدان، خرم‌آباد، تبریز و یاسوج به ترتیب ۵۰۰ ، ۴۵۰، ۳۰۰ و ۴۸۰ وات بر مترمربع بر ساعت است.

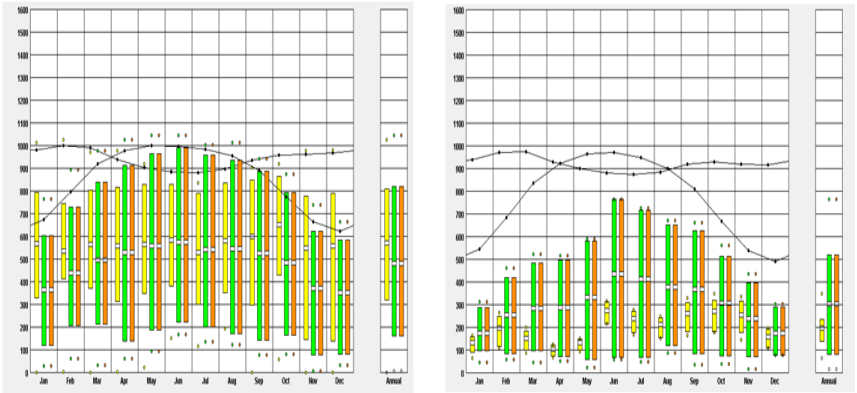


ب



الف

شکل ۷. میزان دریافت تابش خورشیدی الف) شهر زاهدان ب) شهر خرم آباد

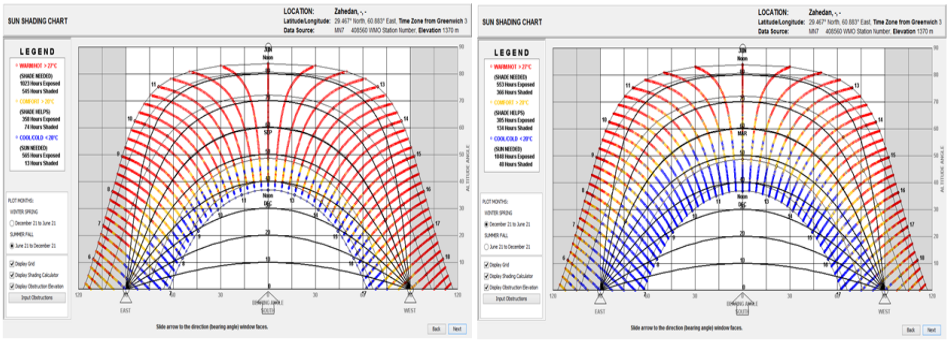


ج

د

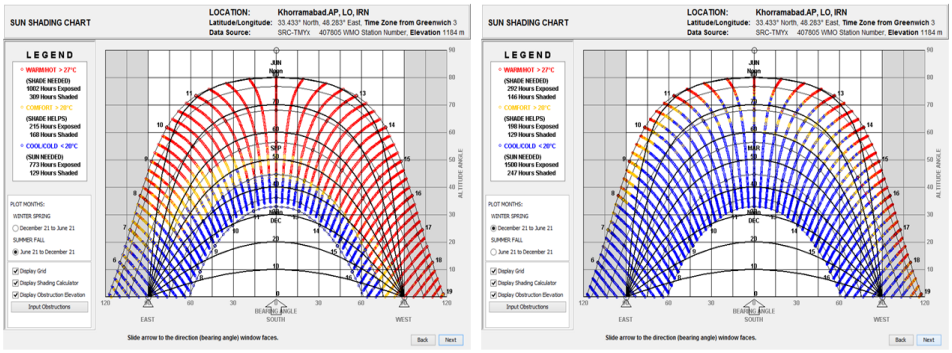
ادامه شکل ۷. میزان دریافت تابش خورشیدی ج) شهر تبریز د) شهر یاسوج [منبع نگارندگان، از نرم افزار کلایمت کانسالتنت]

نمودار سایه خورشید: در شکل‌های ۸ نمودار سایه خورشید نقطه‌های آبی دمای کمتر از ۲۰ درجه سانتی گراد نشان‌دهنده شرایط کم‌گرمایی زمانی هستند که دمای حباب‌های خشک پایین‌تر از ناحیه آسایش هستند. در حالت ایده‌آل برای گرمایش غیرفعال، پنجره‌ها باید در هر جایی که نقاط آبی وجود دارد کاملاً در معرض دید قرار گیرند و برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد پنجره‌ها باید در جایی که نقاط قرمز (گرم و داغ دمای بیشتر از ۲۷ درجه سانتی‌گراد) یا زرد (منطقه آسایش دمای بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) وجود دارد، کاملاً سایه داشته باشند. بررسی نمودارهای مسیر عمودی خورشید برای شهر زاهدان از تابستان به پاییز نشان می‌دهد در منطقه قرمز رنگ که میزان ۱۰۲۳ ساعت آفتاب به درون ساختمان نفوذ کرده و نیازمند دریافت سایه است. رنگ زرد منطقه آسایش بالای ۲۰ درجه را نشان می‌دهد که فقط ۳۵۸ ساعت سایه دارد. بنابراین پیش بینی سایبان‌های عمودی و افقی برای پنجره‌ها امری ضروری می‌باشد. اما در فصل زمستان و بهار هم ۱۰۴۸ ساعت نیاز به تابش آفتاب برای گرم کردن فضای داخلی دارد در نتیجه سایبان‌ها باید طوری طراحی شوند که مانع ورود آفتاب به داخل ساختمان نشوند. برای شهر خرم‌آباد بررسی نمودارهای مسیر عمودی خورشید از تابستان به پاییز نشان می‌دهد که ۱۰۰۲ ساعت آفتاب به درون ساختمان نفوذ کرده و نیازمند دریافت سایه می‌باشد و در فصول سرد ۱۵۰۰ ساعت نیاز به دریافت تابش آفتاب دارد.



ب الف

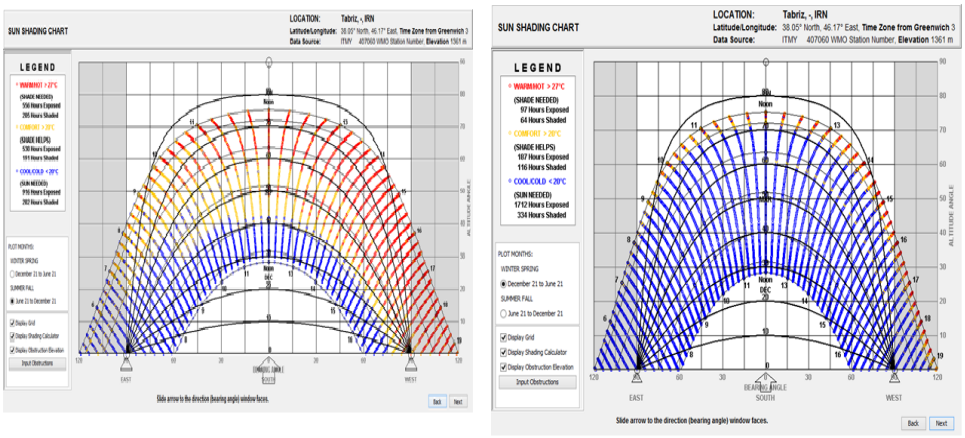
شکل ۸. الف) نمودار سایه خورشیدی زمستان و بهار (۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن) شهر زاهدان و ب) نمودار خورشیدی تابستان و پاییز (۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر) شهر زاهدان



ب الف

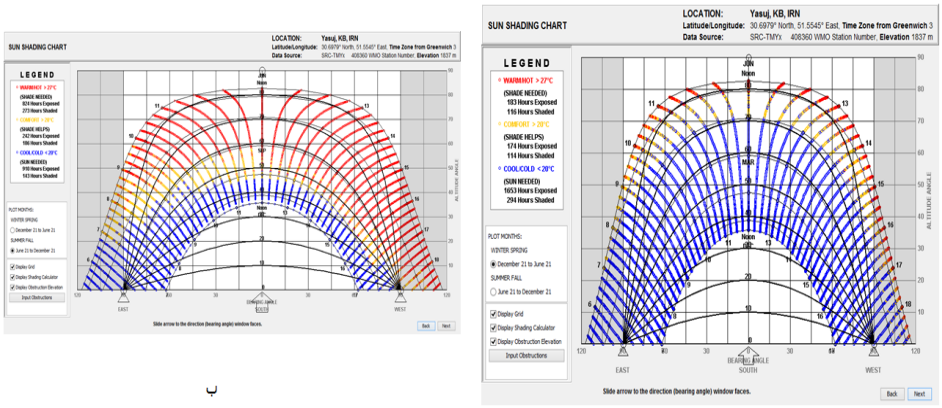
ادامه شکل۸. الف) نمودار سایه خورشیدی زمستان و بهار (۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن) خرم‌آباد ب) نمودار خورشیدی تابستان و پاییز (۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر) خرم‌آباد [منبع نگارندگان، از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت]

برای شهر تبریز در فصول گرم و دمای بالای ۲۷ درجه سانتی‌گراد ۵۵۶ ساعت نیازمند سایه و در فصول سرد ۱۷۱۲ ساعت نیازمند تابش آفتاب می‌باشد. برای شهر یاسوج در تابستان و ماه‌های گرم ۸۲۴ ساعت در معرض تابش آفتاب و نیازمند سایبان است. برای فصول زمستان شهر یاسوج ۱۶۵۳ ساعت نیاز به دریافت تابش آفتاب دارد.



ب الف

ادامه شکل۸. الف) نمودار سایه خورشیدی زمستان و بهار (۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن) تبریز ب) نمودار خورشیدی تابستان و پاییز (۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر) تبریز



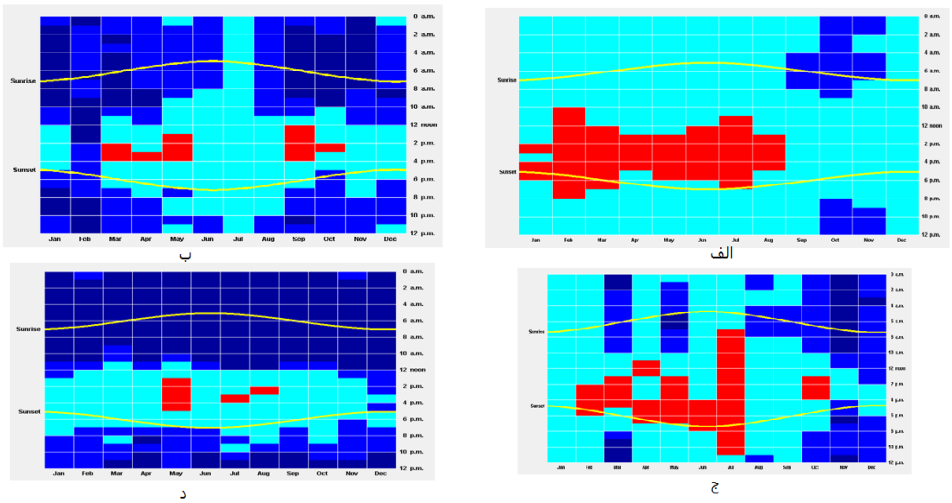
ب الف

ادامه شکل۸. الف) نمودار سایه خورشیدی زمستان و بهار (۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن) یاسوج ب) نمودار خورشیدی تابستان و پاییز (۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر) یاسوج

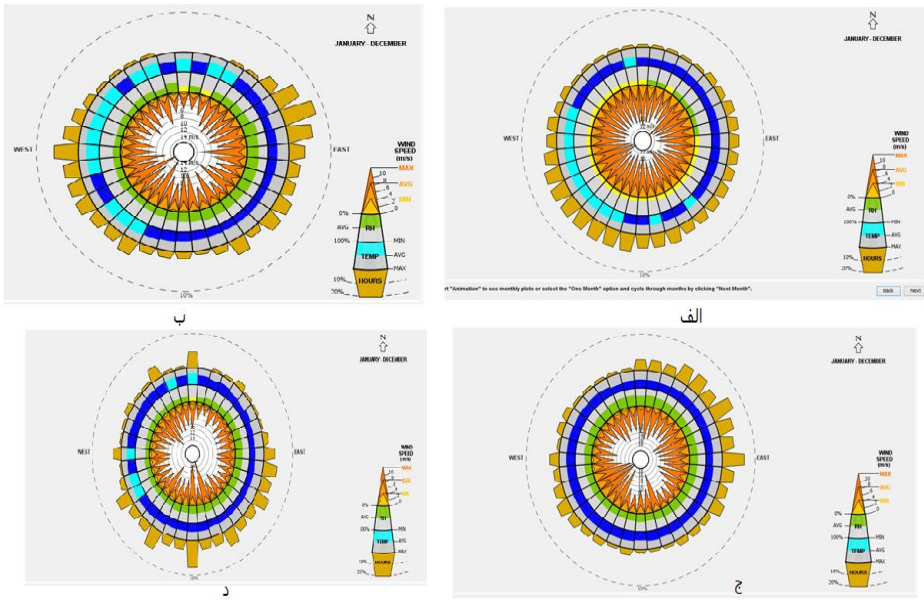
نتایج باد: در شکل ۹ مشخص است که سرعت باد در شهر زاهدان در ۷۵ درصد اوقات سال بین ۳ تا ۵ متر بر ثانیه و ۱۶ درصد اوقات سال بین ۵ تا ۹ متر بر ثانیه می‌باشد. برای شهر خرم اباد سرعت باد در ۷۶ درصد اوقات سال بین ۳ تا ۵ متر بر ثانیه می‌باشد. برای شهر تبریز سرعت باد در ۵۵ درصد اوقات سال بین ۳ تا ۵ متر بر ثانیه و ۱۵ درصد اوقات سال بین ۵ تا ۹ متر بر ثانیه می‌باشد. در شهر یاسوج سرعت باد در ۵۱ درصد اوقات سال کمتر از۲ متر بر ثانیه، ۲۸ درصد اوقات سال بین ۳ تا ۵ متر بر ثانیه و ۲ درصد اوقات سال بین ۵ تا ۹ متر بر ثانیه می‌باشد.

چرخ باد: چرخ باد برای مشاور آب و هوا منحصر به فرد است. برای هر جهت باد، سرعت باد و فراوانی وقوع را به همراه میانگین دمای حباب خشک و رطوبت‌نسبی همزمان نمایش می‌دهد. حلقه بیرونی درصد ساعات وزش باد از هر جهت را نشان می‌دهد. در حلقه بعدی ارتفاع و رنگ میله‌ها میانگین دمای باد را نشان می‌دهد که از آن جهت می‌آید (آبی روشن در منطقه آسایش، آبی پر منطقه سرد یا خنک، و قرمز منطقه گرم یا خشک است). حلقه کوچکتر بعدی رطوبت متوسط را نشان می‌دهد (سبز روشن منطقه آسایش است، زرد منطقه خشک و سبز منطقه مرطوب است). درونی‌ترین دایره سرعت باد را نشان می‌دهد که از جهت‌های مختلف می‌آید. بلندترین مثلث قهوه‌ای حداکثر سرعت برای آن دوره، قهوه‌ای سرعت متوسط و کوچکترین مثلث قهوه‌ای روشن حداقل سرعت است. ساعت‌هایی که سرعت باد صفر است در این نمودار ظاهر نمی‌شوند. از نمودار چرخ باد شکل ۱۰ نتایج زیر بدست آمد: جهت وزش باد غالب در زاهدان از جنوب غربی به جنوب شرقی با سرعت زیاد و رطوبت کمتر از ۳۰ درصد و دما ۲۱ تا ۲۷ درجه می‌باشد. جهت وزش باد غالب در خرم‌آباد از جنوب غربی با سرعت زیاد و رطوبت از ۳۰ تا ۷۰ درصد و دما ۰ تا ۲۱ درجه می‌باشد. جهت وزش باد غالب در تبریز از جنوب غربی با سرعت زیاد و رطوبت از ۳۰ تا ۷۰ درصد و دما ۰ تا ۲۱ درجه می‌باشد. جهت وزش باد غالب در یاسوج از جنوب با سرعت زیاد و رطوبت از ۳۰ تا ۷۰ درصد و دما ۰ تا ۲۱ درجه می‌باشد.

چارت سایکرومتریک یا نمودار رطوبت‌سنجی : شکل ۱۱ نمودار سایکرومتریک شهرهای مختلف را نشان می‌دهد. این نمودار یکی از قدرتمندترین ابزارهای طراحی در نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت است. دمای حباب خشک را در قسمت پایین و میزان رطوبت هوا را در سمت بالا نشان می‌دهد. این مقیاس عمودی رطوبت مطلق نیز نامیده می‌شود و می‌تواند به عنوان نسبت رطوبت بر حسب پوند آب در هر پوند هوای خشک (یا گرم آب به ازای هر کیلوگرم هوای خشک) یا به عنوان فشار بخار نشان داده شود. خط منحنی در سمت چپ، خط اشباع (خط رطوبت نسبی ۱۰۰درصد) است که نشان‌دهنده این واقعیت است که در دماهای پایین‌تر هوا می‌تواند رطوبت کمتری نسبت به دماهای بالاتر نگه دارد. عبارت حرارت تولید شده داخلی یک تخمین تقریبی از مقدار گرمایی است که توسط بارهای داخلی مانند چراغ‌ها، افراد و تجهیزات به ساختمان اضافه می‌شود. بسیار به نوع ساختمان و طراحی آن بستگی دارد. این دمای نقطه تعادل دمای هوای بیرون است که در آن بارهای داخلی به تنهایی ساختمان را در منطقه آسایش نگه می‌دارد. ساختمان‌های خوب طراحی و عایق‌بندی شده دمای نقطه تعادل بسیار پایین‌تری دارند، بنابراین انرژی گرمایشی بسیار کمتری مصرف می‌کنند. برخی از انواع ساختمان‌ها (مانند خانه‌ها و انبارها) بار داخلی نسبتاً کمی دارند و به گرمایش اضافی بیشتری نیاز دارند، بنابراین نقطه تعادل ممکن است ۶۰ درجه فارنهایت باشد. سایر ساختمان‌ها با بارهای داخلی زیاد (مانند کارخانه‌ها) تقریباً به گرمایش اضافی نیاز ندارند و بنابراین ممکن است نقطه تعادل نزدیک به ۲۰ درجه فارنهایت داشته باشند.



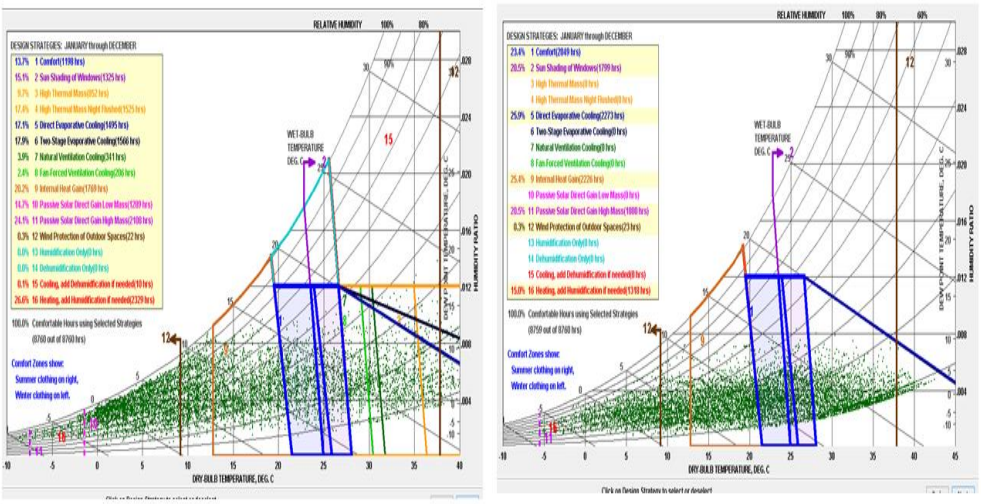
شکل ۹. میزان سرعت و درصد ورزش باد در ماه‌های مختلف الف) شهر زاهدان ب) خرم‌آباد ج) تبریز د) یاسوج [منبع نگارندگان، از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت]



شکل ۱۰. چرخ باد – جهت وزش باد غالب در سال الف) زاهدان ب)خرم‌آباد ج) تبریز د) یاسوج

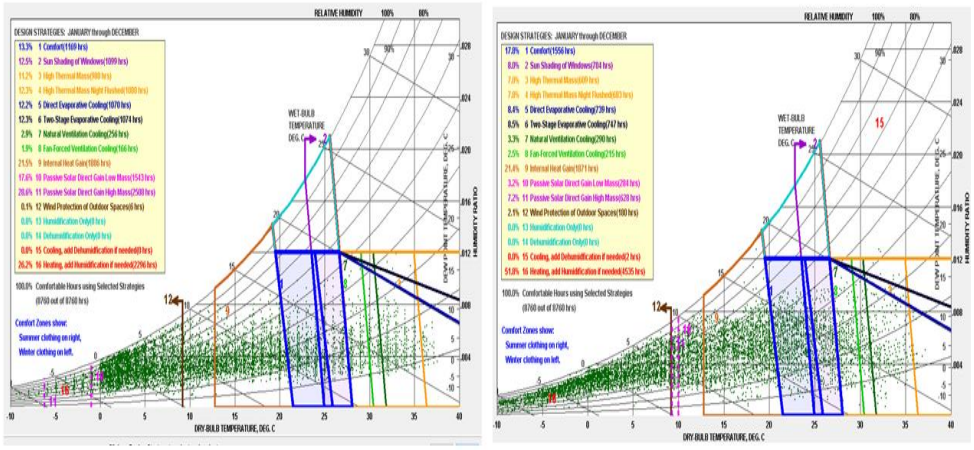
از جدول ۳ اقلیم Bwh شهر زاهدان مشخص می‌شود که ۲۳,۴ درصد از مواقع سال یا ۱۷۹۹ ساعت، در محدوده آسایش قرار دارد و می‌توانیم با سایه‌اندازی بر پنجره‌ها ۲۰,۵ درصد، سرمایش تبخیری ۲۵,۹ درصد و استفاده از انرژی غیرفعال خورشیدی ۲۰,۵ درصد این محدوده آسایش را گسترش دهیم. به ترتیب در چارت

سایکرومتریک شهرهای خرم‌آباد اقلیم CSa، شهر تبریز اقلیم BSk و شهر یاسوج اقلیم BSh محدوده آسایش۱۳,۷، ۱۷,۸ و ۱۳,۳ درصد و ساعات آسایش به ترتیب ۱۱۹۸، ۱۵۵۶ و ۱۱۶۹ ساعت در سال می‌باشد. در اقلیم CSa با سایه‌اندازی بر پنجره‌ها ۱۵,۱ درصد، سرمایش تبخیری ۱۷,۱ درصد و استفاده از انرژی غیرفعال خورشیدی ۲۴,۱ درصد این محدوده آسایش را گسترش دهیم. در جدول ۳ استراتژی‌های طراحی در اقلیم‌های مختلف ارایه شده است.



ب الف

شکل ۱۱. نمودار سایکرومتریک الف) زاهدان ب) خرم‌آباد [منبع نگارندگان، از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت]



د ج

ادامه شکل ۱۱. نمودار سایکرومتریک ج) تبریز د) یاسوج

جدول ۳. استراتژی طراحی برای اقلیم‌های مختلف[منبع نگارندگان، از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت]

استراتژی طراحی	درصد ایجاد آسایش اقلیم‌ها				تعداد ساعات ایجاد آسایش اقلیم‌ها			
	Bwh	CSa	BSk	BSh	Bwh	CSa	BSk	BSh
محدوده آسایش	۲۳,۴	۱۳,۷	۱۷,۸	۱۳,۳	۲۰۴۹	۱۱۹۸	۱۵۵۶	۱۱۶۹
سایه‌انداز پنجره	۲۰,۵	۱۵,۱	۸	۱۲,۵	۱۷۹۹	۱۳۲۵	۷۰۴	۱۰۹۹
سرمایش تبخیری	۲۵,۹	۱۷,۱	۸,۴	۱۲,۲	۲۲۷۳	۱۴۹۵	۷۳۹	۱۰۷۰
افزایش حرارت داخلی	۲۵,۴	۲۰,۲	۲۱,۴	۲۱,۵	۲۲۲۶	۱۷۶۹	۱۸۷۱	۱۸۸۶
استفاده از انرژی غیرفعال خورشیدی	۲۰,۵	۱۴,۷	۳,۲	۱۷,۶	۱۸۰۰	۱۲۸۹	۲۸۴	۱۵۴۳
سرمایش با رطوبت گیری	-	۰,۱	۰,۰	۰,۰	-	۱۰	۲	۰
گرمایش با رطوبت زنی	۱۵	۲۶,۶	۵۱,۸	۲۶,۲	۱۳۱۸	۲۳۲۹	۴۵۳۵	۲۲۹۶
محافظت در برابر باد مزاحم	۰,۳	۰,۳	۲,۱	۰,۱	۲۳	۲۳	۱۸۰	۶

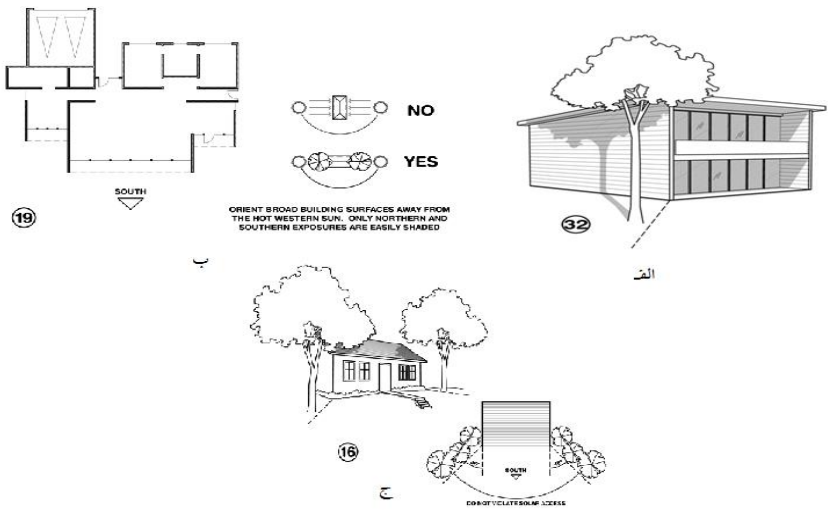
استراتژی‌های مناسب معماری برای اقلیم‌های مختلف: در جدول ۳ استراتژی‌های طراحی برای اقلیم های مختلف نشان داده شده است. در اقلیم Bwh محدوده آسایش در بازه ۲۳,۴ درصد در طول سال قرار دارد. با سایه‌اندازی پنجره ها، افزایش حرارت داخلی و استفاده از انرژی غیرفعال خورشیدی محدوده آسایش به ۸۹,۴ درصد در سال می‌رسد. مشخصات دیگر اقلیم‌ها به طور کامل در جدول ۳ ارائه شده است. اعتبارسنجی داده‌های بدست آمده با نتایج مراجع [۴] و [۵] به طور کامل تصدیق می‌شود. نمودارها و شکل‌های بدست آمده با مرجع [۴] که استراتژی‌های طراحی معماری شهر یزد (اقلیم Bwh) را بررسی کرده است، هماهنگی کامل دارد. همچنین نتایج بدست آمده و ارائه شده در جدول ۳ با نتایج مرجع [۵] عوامل موثر بر کاهش مصرف انرژی ساختمان در شهر تهران که در جدول ۴ ارایه گردیده است کاملا تصدیق می‌شود.

برای اقلیم زاهدان در شکل ۱۲ الف، در راستای کاهش گرمای بعد از ظهر تابستان و پاییز، نورگیرهای رو به غرب را می‌توان به حداقل رسانید یا حذف نمود. برای اقلیم خرم‌آباد شکل ۱۲ب، در راستای گرمایش خورشیدی غیرفعال، برای به حداکثر رساندن قرارگیری در معرض خورشید در زمستان، بیشتر پنجره‌ها رو به سمت جنوب

قرار گرفته و در تابستان از سایبان استفاده می‌شود. برای اقلیم یاسوج شکل ۱۲ج درختان (بجز مخروطی یا برگریز) نباید در مقابل پنجره‌های خورشیدی غیرفعال کاشته شوند، اما بیش از ۴۵ درجه از هر گوشه مشکلی ندارند.

جدول ۴. استراتژی طراحی برای شهر تهران[۵]

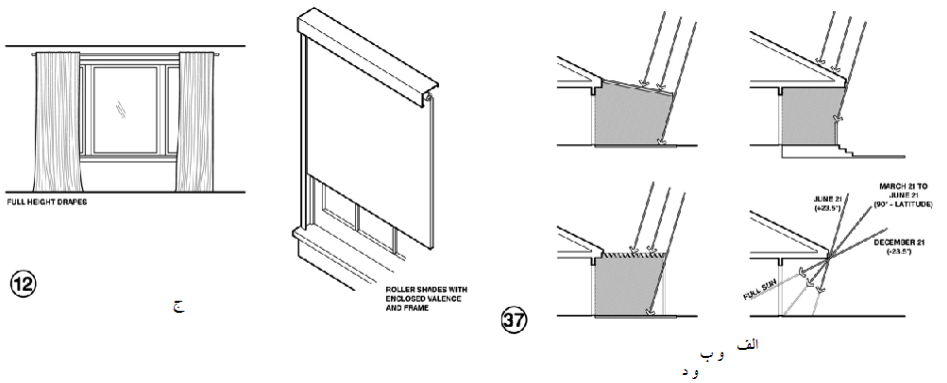
محدوده آسایش درصد	سایه‌انداز پنجره درصد	سرمایش تبخیری	افزایش حرارت داخلی	استفاده از انرژی غیرفعال خورشیدی درصد	گرمایش با رطوبت زنی درصد
۱۲,۴	۱۶,۵	۲۸,۲	۲۰,۲	۱۱,۹	۳۲,۹



شکل ۱۲. تدبیر معماری الف) زاهدان ب) خرم‌آباد ج)یاسوج [منبع نگارندگان، از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت]

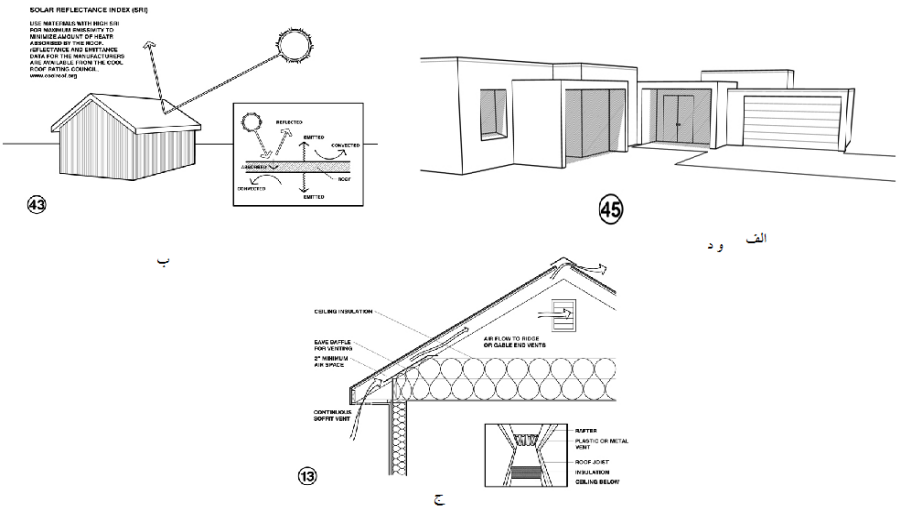
استفاده از انرژی به دلیل از دست دادن گرمای ناشی از پنجره تقریباً ۲۴ درصد از انرژی مورد نیاز کلی یک خانه است. عوامل کلیدی موثر بر مصرف انرژی پنجره ها ضریب انتقال حرارت، موقعیت و همچنین نسبت پنجره به دیوار است. دو پارامتر مهم دیگر که بر مصرف انرژی سازه تأثیر می‌گذارند، موقعیت پنجره و همچنین نسبت پنجره به دیوار (WWR) است. استفاده از نور خورشید، گردش هوای طبیعی و همچنین بهره‌برداری از انرژی خورشید در سازه ها عمدتاً توسط پنجره‌ها انجام می شود. بنابراین مهم است که نسبت بهینه پنجره به دیوار بر اساس آب و هوای محلی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی تصمیم‌گیری شود. معیار طراحی برای بهره‌وری انرژی سازه‌های خانگی در مناطق گرم تابستان و زمستان سرد الزام می‌کند که نسبت پنجره به دیوار نباید از ۰,۴۰، ۰,۳۵ و ۰,۴۵ فراتر رود [۱۲]. شکل ۱۳ الف، ب و د به ترتیب برای اقلیم زاهدان، خرم‌آباد و یاسوج: برآمدگی‌های پنجره (طراحی شده برای این عرض جغرافیایی) یا سایبان‌های قابل اجرا (سایبان‌هایی که در

تابستان امتداد می‌یابند) می‌توانند تهویه مطبوع را کاهش یا حذف کنند. شکل ۱۳ج اقلیم تبریز عایق‌بندی پرده‌ها، پارچه‌های سنگین، یا دریچه‌های پنجره قابل اجرا به کاهش تلفات گرما در شب‌های زمستانی کمک می کند.



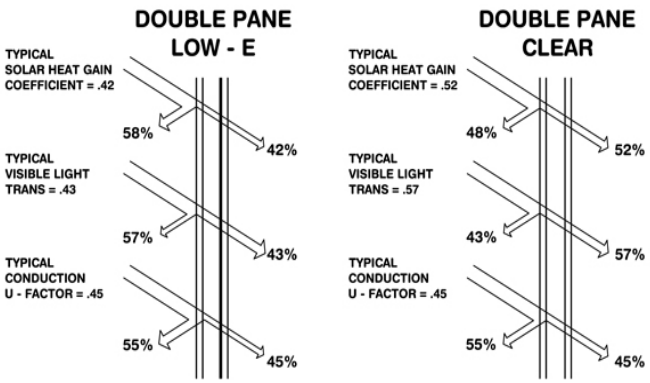
شکل۱۳. تدبیر پنجره الف)، ب) و د) برای شهرهای زاهدان، خرم‌آباد و یاسوج ج) تبریز [منبع نگارندگان، از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت]

مصرف انرژی در نتیجه اتلاف حرارت از طریق سقف تقریباً ۸ تا ۱۰ درصد از مصرف انرژی کلی سازه‌های چند طبقه را به عهده دارد. عناصر متعددی مانند نوع ساختمان، عایق، رنگ، ضخامت و همچنین مقاومت حرارتی بر بازده حرارتی سقف تأثیر می‌گذارند. شکل ۱۴ الف و د به ترتیب برای اقلیم زاهدان و یاسوج: سقف های مسطح در آب و هوای گرم و خشک به خوبی کار می‌کنند (مخصوصاً اگر رنگ روشن باشد) شکل ۱۴ب برای اقلیم خرم‌آباد از مصالح ساختمانی رنگ روشن و سقف‌های خنک (با انتشار بالا) برای به حداقل رساندن افزایش حرارت هدایت شده استفاده کنید. شکل ۱۴ج سقف شیب دار، با یک اتاق زیر شیروانی با تهویه روی سقفی که به خوبی عایق‌بندی شده است، در آب و هوای سرد به خوبی کار می‌کند (باران و برف را می‌ریزد و به جلوگیری از سدهای یخی کمک می‌کند)



شکل ۱۴. تدبیر تأثیر سقف الف) و د) شهرهای زاهدان و یاسوج ب) خرم‌آباد و ج) تبریز [منبع نگارندگان، از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت]

هوابندی یک سازه صرفاً مخالفت با نفوذ یا خروج تصادفی هوا از طریق پوشش سازه است. به دلیل تضاد بین آنتالپی هوای بیرون و داخل خانه، هوابندی به میزان قابل توجهی به مصرف انرژی خانه می‌افزاید. شکل ۱۵ از پنجره‌های دوجداره با استفاده از لعاب ضریب تابش حرارتی پایین low-e در ضلع‌های غربی، شمالی، شرقی و پنچره‌های شفاف در ضلع جنوبی برای دریافت بهتر انرژی خورشیدی استفاده شود.



شکل ۱۵. تدبیر عایق برای کلیه اقلیم‌ها [منبع نگارندگان، از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت]

در شکل ۱۶ نتایج مقایسه‌ای پارامترهای مهم سایه‌اندازی پنجره، سرمایش تبخیری، افزایش حرارت داخل و تابش غیرفعال خورشیدی اقلیم‌های مختلف نشان داده شده است.

شکل ۱۶. نتایج مقایسه‌ای اقلیم‌های مختلف ایران [منبع نگارندگان]

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار مشاوره آب و هوایی کلایمت کانسالتنت تاثیر اقلیم‌های مختلف BWh، BSk، BSh و CSa بر روی طراحی معماری غیرفعال ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر NZEB بررسی شد. برای اقلیم BWh، BSk، BSh و CSa نتایج زیر بدست آمد:

- در اقلیم بیابانی و گرم BWh که ایستگاه زاهدان به عنوان معرف و نماینده در نظر گرفته شد و نتایج در این اقلیم نشان داد که در ۸۹,۴ درصد اوقات سال یعنی ۷۸۷۴ ساعت از ۸۷۶۰ ساعت سال با استراتژی های غیرفعال در شرایط آسایش قرار دارد. در ماه‌های سرد سال ۱۵ درصد یا ۱۳۱۸ ساعت نیاز به گرمایش و رطوبت‌زنی فعال دارد. در ماه‌های گرم سال با سیستم سرمایش تبخیری ۲۵,۹ درصد یا ۲۲۷۳ ساعت به شرایط آسایش می‌رسد.
- نتایج اقلیم نیمه بیابانی سرد BSk یا ایستگاه تبریز نشان داد که در ۵۰,۴ درصد اوقات سال یعنی ۴۴۱۵ ساعت با استراتژی‌های غیرفعال در شرایط آسایش قرار می‌گیرد و در ماه‌های سرد ۵۱,۸ درصد یا ۴۵۳۵ ساعت نیاز به گرمایش و در ماه‌های گرم سال ۸,۴ درصد یا ۷۳۹ ساعت با سرمایش تبخیری در شرایط آسایش قرار می‌گیرد.
- ایستگاه خرم‌آباد معرف اقلیم معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم CSa است که بخش زیادی از زاگرس، البرز و ناحیه خزری را در بر می‌گیرد. این اقلیم اگرچه از یک دوره خشک تابستانه برخوردار است ولی در اغلب ماه‌های سال بارش تقریبا خوبی دریافت می‌کند و تابستان‌های آن نیز خنک است. نتایج در این اقلیم نشان داد که ۵۲,۲ درصد اوقات سال یعنی ۴۵۷۶ ساعت با استراتژی‌های غیرفعال در شرایط آسایش قرار می

گیرد و در ماه‌های سرد ۵۱,۸ درصد یا ۴۵۳۵ ساعت نیاز به گرمایش و در ماه‌های گرم سال ۱۷,۱ درصد یا ۱۴۹۵ ساعت با سرمایش تبخیری در شرایط آسایش قرار می‌گیرد.

- نتایج اقلیم نیمه بیابانی گرم BSh ایستگاه یاسوج نشان داد که ۶۴,۹ درصد اوقات سال یعنی ۵۶۹۷ ساعت با استراتژی‌های غیرفعال در شرایط آسایش قرار می‌گیرد و در ماه‌های سرد ۲۶,۲ درصد یا ۲۲۹۶ ساعت نیاز به گرمایش فعال و در ماه‌های گرم سال ۱۲,۲ درصد یا ۱۰۷۰ ساعت با سرمایش تبخیری در شرایط آسایش قرار می‌گیرد.

References

[1] Aram, K., Taherkhani, R., & Simelyte, A. (2020). *Multistage optimization toward a nearly net-zero energy building due to climate change*. Energies, 15(983), 1–21. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en15030983

[2] Mirlohi, S. M., Sadeghzadeh, M., Kumar, R., & Ghassemieh, M. (2020). *Implementation of a zero-energy building scheme for a hot and dry climate region in Iran (Case study: Yazd)*. Renewable Energy Research and Application, 1(1), 65–74. https://doi.org/ https://doi.org/10.22044/rera.2020.9133.1018

[3] Sarir, P., & Sharifzade, M. (2024). *Application of passive and active scenarios to residential building in a dry and hot climate to achieve a positive energy building (PEB)*. Heliyon, 10(10), e30694. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30694

[4] Entezari, A., Mayvaneh, F., & Khazaeenejad, F. (2020). *Sun, wind and light (Design strategies in consistent architecture with climate): Case study: Yazd city*. Journal of Geographical Sciences, 20(56), 223–240. https://doi.org/http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3026-fa.html

[5] Varmagani, H., & Kasmaei, A. (2021). *Factors affecting energy conservation in high-rise buildings: Case of 22nd District of Tehran*. Iranian Journal of Energy (IJE), 24(1), 67–100. https://doi.org/http://necjournals.ir/article-1-1677-fa.html

[6] Omar, O. (2020). *Near zero-energy buildings in Lebanon: The use of emerging technologies and passive architecture*. Sustainability, 12(2667), 1–13. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12062267

[7] Taherahmadi, J., Noorollahi, Y., & Panahi, M. (2020). *Toward comprehensive zero-energy building definitions: A literature review and recommendations*. International Journal of Sustainable Energy, 40(2), 120–148. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14786451.2020.1796664

[8] Deng, S., Wang, R., & Dai, Y. (2014). *How to evaluate performance of net-zero energy buildings: Literature research*. Energy, 71, 1–16. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.007

[9] Raziei, T. (2017). *Köppen–Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during the 20th century*. Journal of the Earth and Space Physics, 43(2), 419–439. https://doi.org/https://doi.org/10.22059/jesphys.2017.58916

[10] Chai, J., Huang, P., & Sun, Y. (2019). *Investigations of climate change impacts on net-zero energy building lifecycle performance in typical Chinese climate regions*. Energy, 185, 176–189. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.055

[11] Heywood, H. (2019). *101 Rules of Thumb for Low Energy Architecture*. RIBA Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780429347610

[12] Wilberforce, T., Olabi, A. J., Taha, E., & Abdelkareem, M. A. (2023). *A review on zero-energy buildings: Pros and cons*. Energy and Built Environment, 4(1), 25–38. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.06.002

[13] Saljoughi, N., & Teimourtash, S. H. (2021). *Placement patterns of sash rooms in the structure of historical houses of hot and dry climates (Case study: Yazd City)*. Karafan Quarterly Research Journal, 20(4), 59–85. https://doi.org/https://doi.org/10.48301/KSSA.2023.375849.2373

[14] Koulivand, T. (2023). *Comparison of thermal performance of broadleaf and coniferous trees in urban canyons (Case study: City of Isfahan).* Karafan Quarterly Research Journal, 19(4), 373–404. https://doi.org/https://doi.org/10.48301/KSSA.2022.298183.1650