Shahid Beheshti University

Sustainable Development of Geographical Environment

Journal homepage: https://egsdejournal.sbu.ac.ir

# Analysis of Design of Atriums to Increase Energy Efficiency in Different Climates of Iran

**Omid lavafan[1], Fatemeh Alsadat Majidi[1*], Mohammad Baharvand[1]**

1. Department of Architecture, Isfahan(Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

**ARTICLE INFO**

**Keywords:**
- Koppen climate classification
- Atrium design indicators
- Atrium advantages
- Strium disadvantages

Review Article
**Article history:**
Received: 11/10/2023
Accepted: 16/11/2023

**ABSTRACT**

In the field of sustainable architecture, one of the most common techniques for reducing energy consumption and promoting sustainability that is known in the world is atriums. In addition to the positive features of atriums, if they are not designed correctly, they can cause many problems such as energy wastage, heat loss, increase in thermal or cooling load, etc. Considering the different behaviors of the atrium in different climates in Iran, this study sought to extract the most important atrium design indicators by reviewing sources and using a qualitative method, according to the Köppen climate classification .Due to the wide range of strategies in accordance with atrium design indicators in different climates, in addition to examining the theoretical foundations, through interviews with experts in the field of architecture, sustainable design and energy, data has been collected and analyzed through qualitative content analysis. The findings of the research show dry, temperate and continental climates as the dominant climates in Iran, and eight indicators of glass type, atrium type, atrium height, atrium direction, atrium size and shape, atrium roof shape, atrium geometry, condition the walls of the atrium have been extracted as the most important design indicators of the atrium; And finally, by presenting two-dimensional matrices, for each index and in each climate, it has provided design solutions to reduce the possible negative effects of the atrium. After presenting the design solutions, it is shown that for the design of an atrium in a certain climate, different indicators should be considered simultaneously, multi-dimensionally, and integrated according to the context.

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Citation:
lavafan, O., Majidi, F.A. and Baharvand, M., (2024). Analysis of Design of Atriums to Increase Energy Efficiency in Different Climates of Iran, *Sustainable Development of Geographical Environment*: Vol. 6, No. 10, (94-114).
DOI: 10.48308/sdge.2023.233413.1158

* Corresponding author E-mail address: (fs.majidi@khuisf.ac.ir)

## Extended abstract

**Background and purpose**

Today, atriums are known as one of the most common methods used to reduce energy consumption and promote sustainability, which can focus on various aspects of sustainability, including improving energy efficiency, strengthening social interactions, and improving economic aspects. Although the correct and intelligent design of these elements can help create healthier, more beautiful and more efficient environments, if they are not carefully planned and designed, they can lead to many problems such as energy loss, waste heat, increasing thermal or cooling loads, etc. This study was conducted with the aim of investigating and identifying important and key parameters for the design of atriums in buildings in different climates of Iran.

**Methodology**

The research method of this study is qualitative. The data have been collected through two methods: complete review of the theoretical literature and interviews. Considering the different behavior of atriums in different climates, climate is one of the most effective factors in the design of atriums to optimize energy consumption, which has been considered in this research. According to theoretical literature, 8 indicators have been obtained and solutions have been provided for optimal design according to these indicators. On the other hand, a set of different questions was prepared, in which the 8 indicators and the type of design of each indicator in each region of Iran were questioned. The number of interviewees were 25 experts related to the fields of architecture, urban design, sustainable and energy design, landscape design, environment, etc. Some of these interviews were conducted in person and some of them were conducted through social and online networks. All the data have been analyzed qualitatively and at the end, a wide range of strategies related to atrium design indicators in different climates have been investigated.

**Findings and discussion**

The findings of the research highlight the dry, temperate, and continental climate as the prevailing climatic conditions in Iran. Eight critical design indicators for atriums were identified, including glass type, atrium type, atrium height, atrium direction, atrium size and shape, atrium roof shape, atrium geometry, and the condition of the surrounding walls . Subsequently, using two-dimensional matrices, this study provides appropriate design solutions for each index in different climates to reduce any possible adverse consequences of atriums . Following the presentation of these design solutions for the construction of an atrium in a specific climate, it is necessary to consider different indicators simultaneously, in an integrated and multidimensional manner, appropriate to the specific context.

**Conclusion**

The results show that glasses with low emission but with high transmittance can increase energy efficiency. Also, for cold climates, low height of the atrium is recommended. On the other hand, it can be said that central and linear atriums have the greatest ability to reduce temperature fluctuations. Regarding the direction of the atriums, it can be said that in a hot climate, it is better for the atrium to be located in the north direction, and in a moderate and cold climate, the south direction of the building is better. It has also been shown that rectangular atriums perform better than square atriums in terms of light supply.


**Keywords:** Koppen climate classification, Atrium design indicators, Atrium advantages, Atrium disadvantages.

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

توسعه پایدار محیط جغرافیایی

Journal homepage: https://egsdejournal.sbu.ac.ir

Shahid Beheshti University

# تحلیل طراحی آتریوم‌ها برای افزایش بهره‌وری انرژی در اقلیم‌های مختلف ایران

**امید لوافان[1]، فاطمه السادات مجیدی[1*]، محمد بهاروند[1]**

۱. گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

**اطلاعات مقاله**

**واژه‌های کلیدی:**
- اقلیم‌بندی کوپن
- طراحی آتریوم
- معماری پایدار
- مصرف انرژی

مقاله: مروری

**تاریخچه مقاله:**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۵

**چکیده**

در حوزه معماری پایدار، یکی از رایج‌ترین تکنیک‌های کاهش مصرف انرژی و ارتقای پایداری، آتریوم‌ها هستند. آتریوم‌ها می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر ابعاد مختلف پایداری از جمله ارتقای عملکرد انرژی یک ساختمان، افزایش تعاملات اجتماعی و بهبود بعد اقتصادی تأثیر بگذارند. علاوه بر ویژگی‌های مثبت آتریوم‌ها، در صورت عدم طراحی صحیح، می‌توانند مشکلات فراوانی نظیر هدررفت انرژی، اتلاف حرارت، افزایش بار حرارتی یا سرمایشی و ... را به وجود آورند. با توجه به رفتارهای متفاوت آتریوم در اقلیم‌های مختلف در ایران، این مطالعه مطابق با سیستم اقلیم‌بندی کوپن، با مرور منابع و با روش کیفی به دنبال استخراج مهم‌ترین شاخص‌های طراحی آتریوم بوده است. به دلیل گسترده بودن راهبردها مطابق با شاخص‌های طراحی آتریوم در اقلیم‌های مختلف، بعد از بررسی مبانی نظری، از طریق مصاحبه با خبرگان در حوزه معماری، طراحی پایدار و انرژی، داده‌ها جمع‌آوری و تحلیل محتوای کیفی، شده‌اند. یافته‌های پژوهش نشان‌دهنده اقلیم‌های خشک، معتدل و قاره‌ای به‌عنوان اقلیم‌های غالب در ایران بوده و هشت شاخص نوع شیشه، نوع اتریوم، ارتفاع، جهت، اندازه و شکل، شکل سقف، هندسه و وضعیت دیواره‌های اتریوم به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های طراحی آن استخراج شده‌اند. در نهایت با ارائه ماتریس‌های دوبعدی، برای هر شاخص و در هر اقلیم به ارائه راهکارهای طراحی جهت کاهش اثرات منفی احتمالی آتریوم پرداخته است. با ارائه راهکارهای طراحی، نشان داده شد که برای طراحی یک آتریوم در اقلیم مشخص باید شاخص‌های مختلف به‌صورت هم‌زمان، چندبعدی و یکپارچه متناسب با زمینه، در نظر گرفته شوند.

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**استناد:**

لوافان، ا.، مجیدی، ف.ا. و بهاروند، م.، (۱۴۰۳). تحلیل طراحی آتریوم‌ها برای افزایش بهره‌وری انرژی در اقلیم‌های مختلف ایران، توسعه پایدار محیط جغرافیایی: سال ۶، شماره ۱۰، (۹۴-۱۱۴).

DOI: 10.48308/sdge.2023.233413.1158

* نویسنده مسئول:

E-mail: (fs.majidi@khuisf.ac.ir)

## مقدمه

در طول پنجاه سال گذشته، مصرف انرژی جهان به‌طور نامتناسبی نسبت به رشد جمعیت افزایش یافته که عمدتاً به دلیل توسعه اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته‌تر است، جایی که انرژی مصرف‌شده توسط هر فرد، در حال افزایش است (Vethanayagam and Abu-Hijleh, 2019). ویگینتون و هریس (Wigginton and Harris, 2002) معتقدند که انقلاب صنعتی به دلیل کشف مزایای قابل‌توجه نیروی الکتریکی منجر به افزایش مصرف انرژی توسط جوامع شد (Farhoudi, 2016). بهره‌وری انرژی ساختمان یکی از جنبه‌هایی است که سه موضوع مهم امروزه - حفاظت از محیط‌زیست، تغییرات آب‌وهوا و امنیت انرژی را در برمی‌گیرد. یکی از دلایل تغییرات آب‌وهوایی انتشار بیش از حد دی‌اکسید کربن در نتیجه احتراق سوخت‌های فسیلی است. مصرف انرژی در ساختمان‌ها، به شدت تحت تأثیر این واقعیت قرار دارد و برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ساختمان‌های کارآمد از نظر انرژی ضروری هستند (Vujosevic and Furundzic, 2017). لذا صرفه‌جویی در مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین عوامل در طراحی ساختمان‌ها محسوب می‌شود (Freewan et al, 2009)؛ این موضوع تبدیل به یک جنبش عمومی‌شده که به دنبال یافتن استراتژی‌های طراحی مؤثر برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها است (Ekkachi, 2003). راهکارهای فراوانی برای افزایش بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها پیشنهاد داده شده که یکی از آن‌ها، بکار بردن آتریوم در آن‌ها است. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که عملکردهای آتریوم می‌تواند در گرمایش، سرمایش، تأمین نور روز و تهویه در ساختمان کمک کند. این موارد می‌توانند به آسایش حرارتی کمک کرده و در نتیجه مصرف انرژی را کاهش دهند (Anca et al, 1997; Bajracharya, 1997; Aldawoud, 2006; Bendar, 1986; li et al, 2014; Hasting, 1994). به عبارتی آتریوم می‌تواند عناصر محیطی بیرونی مناسب مانند نور خورشید و هوای تازه را قابل استفاده کند (Laouadi et al, 2002; Bryn, 1993). در حقیقت آتریوم‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزار طراحی برای تطبیق ساختمان با شرایط اقلیمی و تعدیل شرایط محیط بیرونی به کار روند (Robinson-Gayle et al, 2001). این عنصر علاوه بر استفاده از نور طبیعی روز، سرمایش و گرمایش غیرفعال، کاهش گازهای گلخانه‌ای، فضای باز کنترل نشده را به فضای کنترل‌شده‌ی نیمه‌باز یا بسته تبدیل می‌کند (Bryn, 1993; Santamouris, 2013; Madani et al, 2013) طراحی مناسب این پتانسیل را دارند که مصرف انرژی ساختمان را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهند در مقابل، یک آتریوم با طراحی ضعیف می‌تواند منجر به دماهای ناخوشایند در طول روز و بارهای اضافی تهویه مطبوع شود (Tabesh and Sertyesilisik, 2016; Rong et al, 2012). همچنین به دلیل حجم زیاد، محیط ساخته‌شده فضای آتریوم به راحتی می‌تواند تحت‌تأثیر چندین محیط خارجی قرار گیرد و در نتیجه مصرف انرژی بسیار بالایی در تنظیم محیطی ایجاد شود (Zhengyu and Yihua, 2020)؛ بنابراین طراحی فضای آتریوم نیازمند طراحی دقیق و مناسب است که از بروز مشکلات مختلف جلوگیری شود. برای جلوگیری از اثرات منفی به وجود آمده توسط آتریوم در شرایط آب‌وهوایی مختلف، نیازمند تدقیق شاخص‌های طراحی آتریوم در ساختمان‌ها است. تاکنون مطالعاتی متعددی در مورد اتریوم انجام شده که در آن‌ها با اشاره به برخی از مزایای آتریوم‌ها، تعداد محدودی شاخص بررسی و مدل‌سازی شده و پیشنهادهایی برای طراحی اتریوم در یک اقلیم مشخص ارائه شده است. این پژوهش با مرور ادبیات نظری، تمرکز بر معایب احتمالی آتریوم در بناها و اقلیم‌های مختلف ایران (خشک، متعادل و قاره‌ای) به دنبال ارائه راهکارهای طراحی با توجه به مهم‌ترین شاخص‌های طراحی آتریوم است و می‌تواند به‌عنوان یک راهنما و استاندارد در طراحی آتریوم برای اقلیم‌های متنوع ایران بکار برده شود.

## مبانی نظری و پیشینه

آتریوم به یک فضای داخلی باز اشاره دارد که می‌تواند به‌طور بالقوه با یک محیط بیرونی مرتبط باشد (Sekkei, 1989). جایگاه آتریویم‌ها عمدتاً بعد از ورودی اصلی ساختمان یا در لابی ورودی طراحی می‌شود که می‌تواند با القای نور و حس بودن در فضا به‌عنوان ناحیه گردش مرکزی نیز عمل کند و هم‌چنین می‌تواند ناحیه گذار بین فضای داخلی و خارجی

باشد که امکان بیشتر ماندن در فضا را فراهم کند (Wang, 2012; Taghipourmirzaie et al, 2019). قدیمی‌ترین استفاده از آتریوم به خانه‌های رومی برمی‌گردد که در آنها ساختمانی با ورودی بزرگ، حیاط مرکزی و فضای مسقف نیمه عمومی طراحی می‌شد. همراه با فضاهای بیرونی، عملکرد اصلی یک آتریوم، اجازه ورود نور کنترل شده و هوای تازه بود (Taghipourmirzaie et al, 2019; Jabr and Rezaie, 2021; Kutzer, 2004; Saxon, 1986) مطابق با برخی از منابع ساخت اولین آتریوم به خانه‌ای با حیاط مرکزی در اطراف بین‌النهرین به حدود ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح بازمی‌گردد. این سبک ساختمان بانام آتریوم، ادامه‌ی روند استفاده از حیاط‌های مرکزی در ساختمان‌های قدیمی رومی بود (Modirrousta and Boostani, 2016; Abtahi, 2015). امروزه آتریوم کنونی در تلاش است تا جایگاه خود را در میان تکنولوژی روز و طراحی ایده‌آل خود پیدا کند. گرچه آتریوم‌ها دارای پیشینه ۳۰۰۰ ساله هستند اما درواقع آتریوم امروزی در نیمه دوم قرن بیستم شروع به کار کرد. با ظهور مجدد در اواخر دهه ۱۹۶۰، آتریوم‌ها عمدتاً در آمریکای شمالی پوشش داده شدند و در مقیاس وسیع شرایطی را برای فضاهای عمومی و خصوصی فراهم کردند. در جریان تصور آتریوم مدرن در قرن ۱۹ و ۲۰، آتریوم‌ها به فضاهایی با کاربردهای مختلف و اشکال و اشکال مختلف در بین ساختمان‌های مختلف تبدیل شده‌اند. آتریوم‌ها شامل فضای چندطبقه بزرگی است که با استفاده از ارتباط بصری مانند پنجره‌ها، نورگیرها و درها می‌توان به بیرون ساختمان متصل کرد. در ابتدا، آتریوم‌ها قدرت جدیدی در ادارات، هتل‌ها و مراکز خرید پیدا کردند. با ترویج این ایده، آتریوم‌ها تقریباً در تمام بخش‌های معماری اعم از بهداشت، آموزش و ساختمان‌های مسکونی قرار گرفتند (Abtahi, 2015). در سال‌های اخیر، با گسترش نگرانی‌های مصرف انرژی و گرمایش جهانی، بهره‌وری انرژی برای طراحان ساختمان به اولویت بیشتری تبدیل شده است (Sudan et al, 2017; Freewan et al, 2009; Braham and Willis, 2013; Ekkachi, 2003) و یکی از موضوعات مهم و موردتوجه معماران و طراحان، فراهم نمودن شرایط آسایش بصری، آسایش حرارتی، آسایش صوتی، تأمین تهویه مطبوع و نور روز مناسب برای بهره‌وران فضا می‌باشد. این امر سبب استفاده مجدد از نور روز، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و در دسترس‌ترین منابع تجدید پذیر، گردیده است. برای ساختمان‌های اقامتی، خدماتی، تجاری و مسکونی به‌طور خاص، استفاده از روشنایی الکتریکی یک مشکل کلیدی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند منجر به مصرف بیش‌ازحد انرژی شود زیرا بر نیازهای بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان‌ها تأثیر می‌گذارد (Sudan et al, 2017). ازاین‌رو، امروزه فراهم نمودن آسایش ساکنین در فضای داخلی ساختمان همراه با بهینه‌سازی مصرف انرژی (Grobman et al, 2017)، یکی از موضوعات کلیدی طراحی فضا است. مصرف زیاد انرژی برای گرمایش و تهویه مطبوع ساختمان‌ها باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شود و این آلودگی سبب بروز تغییرات آب و هوا در منطقه می شود؛ به‌عبارت‌دیگر، طراحی ساختمان‌های پایدار در مصرف انرژی و کارآمد در آن امری ضروری و پراهمیت در فرآیند طراحی ساختمان است. مفهوم ساختمان غیرفعال راه خوبی برای کاهش نیاز به گرمایش و سرمایش و در نتیجه کاهش آلودگی و افزایش رفتار مسئولانه نسبت به محیط است. پیش‌بینی استفاده منطقی از انرژی در طراحی ساختمان‌ها می‌تواند استفاده از انرژی در ساختمان‌ها و همچنین استفاده از منابع انرژی آلاینده و درنتیجه انتشار $CO_2$ را کاهش دهد (Krstic-Furundzic and Kosoric, 2009). راه‌حل‌های فراوانی برای مصرف بهینه انرژی ساختمان‌ها ارائه شده است که یکی از آن‌ها بکار بردن آتریوم در ساختمان است. یک آتریوم، فضای کنترل‌شده‌ای از نظر محیطی فراهم می‌کند؛ به‌طور طبیعی روشن می‌شود و باران، برف و باد را دور نگه می‌دارد و چندین امکانات کاربردی و اجتماعی را ارائه می‌دهد (De Luca et al, 2018). متعادل کردن عملکرد نور روز و عملکرد حرارتی راندمان آتریوم را افزایش می‌دهد و در نتیجه آن را به یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های پایدار تبدیل می‌کند (Vethanayagam and Abu-Hijleh, 2019). آژانس بین‌المللی انرژی[1] (۱۹۹۵) چندین دلیل اساسی برای گنجاندن آتریوم در طراحی ساختمان پیشنهاد می‌کند. ایجاد یک ورودی یا فضای مرکزی چشمگیر، افزایش امکانات رفاهی برای کاربران ساختمان، فراهم کردن فضای محیطی بیشتر و تسهیل گردش ازجمله آن‌هاست. جدول ۱، مزایای آتریوم‌ها در ابعاد مختلف زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و کالبدی را تشریح می‌کند.

**جدول ۱: مزایای آتریوم‌ها**

| بُعد اثرگذاری | مزایای آتریوم‌ها | References |
|---|---|---|
| زیست محیطی | ارتقای نور طبیعی، بهبود تهویه، بهره‌وری انرژی و کاهش استفاده از نور مصنوعی | Atif, 1994; Goulding et al, 1994; Sharples and Bensalem, 2001; Yunus, 2004; Sharples and Lash, 2007; Ghasemi et al, 2013; Lan et al, 2017; Taghipourmirzaie et al, 2019; Jabr and Rezaie, 2021; Nasrollahi et al, 2017 |
| | به‌عنوان یک سرپناه، فضایی عمومی برای همه فصول و آب‌وهواها | Saxon, 1986; Aldawoud, 2006; Arslantaş and Ayçam, 2021; Jabr and Rezaie, 2021 |
| کالبدی | ایجاد نقطه کانونی بصری جذاب و فضای باز و جادار و ارتقای زیبایی | Hung, 2003 |
| | بهبود حرکت در ساختمان و دسترسی‌پذیری، حضور مردم با تمرکز، احساس همبستگی، تفکر و تعامل | Abtahi, 2015 |
| | افزایش کیفیت آکوستیک و کاهش آلودگی صوتی | Atif, 1994 |
| | محافظت از سرنشینان در برابر باران، باد، افزایش انرژی خورشیدی و دمای شدید | Saxon, 1986; Goulding et al, 1994; Brown and DeKay, 2001 |
| | ایجاد رابطه جدید بین فضای شهری یا فضای درون ساختمان | Goulding et al, 1994, Rezaie and Gholami Gowhareh, 2021 |
| اجتماعی | افزایش تعامل اجتماعی و ایجاد مکانی برای فعالیت‌های اجتماعی، شکل‌گیری احساسات و تجارب مختلف | Atif, 1994; Hung and Chow, 2001; Crane, 2005; Samant, 2011; Zhengyu and Yihua, 2020; Gowhareh and Taheri Tafti, 2022 |
| اقتصادی | آتریوم‌ها به‌عنوان منابع اقتصادی و یکی از عوامل مؤثر در بهبود اقتصاد پایدار شهری | Crane, 2005 |
| | کاهش هزینه‌های انرژی نسبت به شیشه‌های معمولی | Robinson-Gayle et al, 2001; Hung and chow, 2001; Hung, 2003 |
| | ایجاد مناطق چندمنظوره، امکان استفاده کارآمد از فضا و بهبود میزان ازدحام و درآمد زدایی به دلیل جذابیت بیشتر ساختمان‌های دارای آتریوم | Saxon, 1986; Ghadimi and Mahmoodizarandi, 2017 |

آتریوم‌ها، اگرچه اغلب به‌عنوان ویژگی‌های معماری جذاب بصری در نظر گرفته می‌شوند و مزایای فراوانی دارند اما طراحی ضعیف آن‌ها می‌تواند معایبی به همراه داشته باشد. این معایب می‌تواند بر اساس آب‌وهوای مختلف متفاوت باشد. جدول ۲، به بررسی معایب احتمالی آتریوم‌ها می‌پردازد.

**جدول ۲: معایب احتمالی آتریوم‌ها**

| معایب احتمالی آتریوم‌ها | References |
|---|---|
| برافروختگی، بالا رفتن دما و آزار ساکنین به دلیل ورود مقدار زیاد نور روز در برخی موارد | Goulding et a, 1994 Aizlewood, 1995; Kleiven, 2003 |
| روشنایی کامل اتاق‌ها در طبقه‌های بالا و گاها ایجاد نارضایتی بصری از تابش خیره‌کننده، درحالی‌که سطوح نور روز بیشتر در آتریوم‌های بلند/عمیق، برای طبقات پایین‌تر می‌تواند کم باشد. | Goulding et al; 1994; Samant, 2011; Santamouris, 2013; Ghasemi et al, 2015 |
| عدم آسایش حرارتی در ارتباط با مناطق با درجه حرارت بالا و ایجاد لایه‌بندی حرارتی ناشی از گرمایش خورشیدی | Kent, 1989; Abdullah et al, 2009; Yang et al, 2014 |
| یک آتریوم با طراحی ضعیف منجر به مصرف بیش‌ازحد انرژی به دلیل نور کافی در روز و/یا مدیریت تابش خورشیدی می‌شود. | Ghasemi et al, 2013; Grams, 2014; Yang et al, 2014 |

## معیارهای طراحی آتریوم

آنچه برای کاهش اثرات منفی وجود آتریوم‌ها مهم به نظر می‌رسد، طراحی صحیح آن‌ها است، در غیر این صورت، آتریوم‌ها می‌توانند مشکلاتی را به وجود آورند یا آن‌ها را تشدید کنند. طراحی‌های آتریومی شامل مؤلفه‌های زیادی می‌شوند که می‌بایست به‌خوبی باهم تلفیق شوند تا مصرف کلی انرژی ساختمان را کاهش دهند (Saxon, 1994). فقدان ابزار تعیین

فواید و ضررهای طرح در فازهای اولیه‌ی طراحی تلاش برای کاهش مصرف انرژی ساختمان را سخت‌تر می‌کند و تأثیرات بر محیط‌زیست را کاهش می‌دهد (Ekkachi, 2003). به‌طور کلی آتریوم‌ها در اقلیم‌ها و شرایط مختلف می‌توانند استراتژی‌های مختلفی را داشته باشند که به واسطه این استراتژی‌ها می‌توان به صرفه‌جویی در انرژی دست یافت. در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

**استراتژی‌های گرمایش و نورگیری**

بندر (Bendar, 1986) بیان می‌کند که یک آتریوم می‌تواند عملکرد گرمایش یک ساختمان را در صورت نیاز با استفاده از گرمایش غیرفعال خورشیدی، با افزایش کارایی سیستم‌های مکانیکی و بهره‌برداری و حفظ حرارت ساختمان، افزایش دهد. در حقیقت آتریوم می‌تواند هدررفتگی‌های انتقالی را در فضاهای مجاور هم کاهش داده و گرمای اضافی برای آن‌ها فراهم آورد. آتریوم گرمای کمکی را از طریق انتقال انرژی خورشیدی از آتریوم به فضاهای داخلی جابجا می‌کند (Hastings, 1994). در آب‌وهوای سرد، به لطف آتریوم، گرمایش غیرفعال امکان‌پذیر است تا مقدار زیادی نور خورشید را وارد کرده و این انرژی را در توده حرارتی در روزهای زمستان ذخیره کند. به همین ترتیب، این ظرفیت گرمایشی خودکفا ممکن است به گرم کردن مکان‌های مجاور نیز کمک کند. در فصل زمستان، کنترل اتلاف حرارت مهم است، به‌ویژه در جایی که خدمات شبانه مانند هتل‌ها در دسترس است (Gemi, 2006). به گفته ساکسون (Saxon, 1986) در آتریوم بافر گرمایش که برای اجازه ورود آفتاب گرم زمستانی طراحی شده است، دمای داخل خانه حداقل ۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از هوای محیط خواهد بود. گلدینگ و همکاران (Goulding et al, 1994) معتقدند که افزایش دما به سه عامل بستگی دارد: ابتدا نسبت سطح شیشه بیرونی آتریوم به سطح دیوار ساختمان که توسط آتریوم محافظت می‌شود؛ دوم، انتقال حرارتی دیوار جداکننده و سوم، جهت‌گیری و شیب شیشه فضای خورشید آتریوم.

**استراتژی‌های خنک‌سازی و تهویه**

سرمایش غیرفعال، به هوای بیرون، تفاوت بین دمای داخل و خارج، وضعیت حرارتی ساختمان، رسانایی بین جرم حرارتی و تهویه، میزان تهویه شبانه و استراتژی کنترل بستگی دارد. در فصل تابستان، سیستم فعال نیاز به خنک‌سازی در آتریوم‌هایی دارد که مطابق با شرایط زمستانی با افزایش گرمای خورشیدی زیاد طراحی شده‌اند. به همین دلیل است که اولویت اساسی در خنک‌سازی باید به محدود کردن افزایش گرمای بیش از حد داده شود (Arslantaş and Ayçam, 2021). جدا از کنترل افزایش گرمای خورشیدی، بندر (Bendar, 1986)، سه تکنیک خنک‌کننده غیرفعال را ارائه می‌کند که برای اجرا در ساختمان‌های آتریوم دار کافی است. استفاده از جرم حرارتی که به‌عنوان خنک‌کننده تهویه شبانه نیز شناخته می‌شود، خنک‌کننده تابشی و تهویه طبیعی که به‌عنوان خنک‌کننده همرفتی نیز شناخته می‌شود. تهویه طبیعی به‌عنوان یک راه‌حل مؤثر است تا به صورت گسترده در ساختمان‌ها جهت سرمایش فضا و محیط داخلی سالم استفاده شود. آتریوم به‌عنوان یک عنصر ساختمانی که پتانسیل زیادی برای افزایش تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی دارد در نظر گرفته شده است (Li et al, 2014). حتی زمانی که هیچ بادی در خارج وجود ندارد، فضاهای آتریوم توسط اثر دودکشی می‌توانند تهویه طبیعی ایجاد کنند (Rong, 2007). طبق نظر وود و سالیب (Wood and Salib, 2013) اختلاف فشار ایجاد شده در سراسر پوشش یک ساختمان می‌تواند باعث تهویه طبیعی در داخل ساختمان شود. این فشار می‌تواند توسط باد یا اختلاف دما یا ترکیبی از هر دو ایجاد شود. ازاین‌رو، تهویه طبیعی را می‌توان به تهویه ناشی از باد و تهویه ناشی از شناوری طبقه‌بندی کرد. به گفته موسوی و همکاران (Moosavi et al, 2014) اثر پشته (شناوری) زمانی رخ می‌دهد که دمای داخل خانه بالاتر از دمای بیرون باشد. سه عامل برای تأمین تهویه طبیعی لازم است. دهانه ورودی سطح پایین، دهانه خروجی سطح بالاتر و منبع گرما باعث ایجاد اختلاف دما بین محیط داخلی و خارجی می‌شود. مرور ادبیات موضوعی نشان داده است عوامل مختلفی می‌تواند بر میزان کمیت و کیفیت گرمایش، سرمایش، نور روز، تهویه و ... در آتریوم‌ها تأثیر بگذارد و میزان بهره‌وری انرژی را در ساختمان‌های آتریوم‌دار کاهش یا افزایش دهند که مهم‌ترین آن‌ها در جدول ۳، آمده است.

**جدول ۳: مهم‌ترین شاخص‌های طراحی آتریوم**

| شاخص طراحی | References |
|---|---|
| نوع شیشه آتریوم | Bendar, 1986; Ahmad and Rasdi, 2000; Samant, 2011; Ghasemi et al, 2013; Aldawoud, 2013; Vethanayagam and Abu-Hijleh, 2019; Taghipourmirzaie et al, 2019; Mahmoodizarandi, 2017 |
| نوع آتریوم و شکل آن | Ahmad and Rasdi, 2000; Du and Sharples, 2009; Samant, 2011; Aldawoud, 2013; Ghasemi et al, 2013 |
| ارتفاع آتریوم | Bendar, 1986; Kleiven, 2003; Gemi, 2006; Göçer, 2006; Du and Sharples, 2009; Aldawoud, 2013; Farhoudi, 2016; Vethanayagam and Abu-Hijleh, 2019 |
| جهت آتریوم | Bendar, 1986; Goulding et al, 1994; Ahmad and Rasdi, 2000; Samant, 2011; Ghasemi et al, 2013; Aldawoud, 2013, VUJOŠEVIĆ and FURUNDŽIĆ, 2017; Lan et al, 2017 |
| هندسه آتریوم | Al-Turki and Schiler, 1997; Calcagni and Paroncini, 2004; Yi et al, 2009; Du and Sharples, 2009; Samant, 2011; Aldawoud, 2013; Ghasemi et al, 2015 |
| شکل سقف | Bendar, 1986; Ahmad and Rasdi, 2000; Samant, 2011; Lan et al, 2017; Taghipourmirzaie et al, 2019; Mahmoodizarandi, 2017; Ghiabakloo, 2013 |
| اندازه آتریوم | Goulding et al, 1994; Hastings, 1994; Ahmad and Rasdi, 2000; Samant, 2011; Aldawoud, 2013; Kazemzadeh et al, 2014 |
| دیوارهای آتریوم | Bendar, 1986; Goulding et al, 1994; Hastings, 1994; Ahmad and Rasdi, 2000; Samant, 2011; Ghasemi et al, 2013; Aldawoud, 2013; Arslantaş and Ayçam, 2021; Mahmoodizarandi, 2017; Ghiabakloo, 2013 |

## روش‌شناسی

### محدوده مورد مطالعه

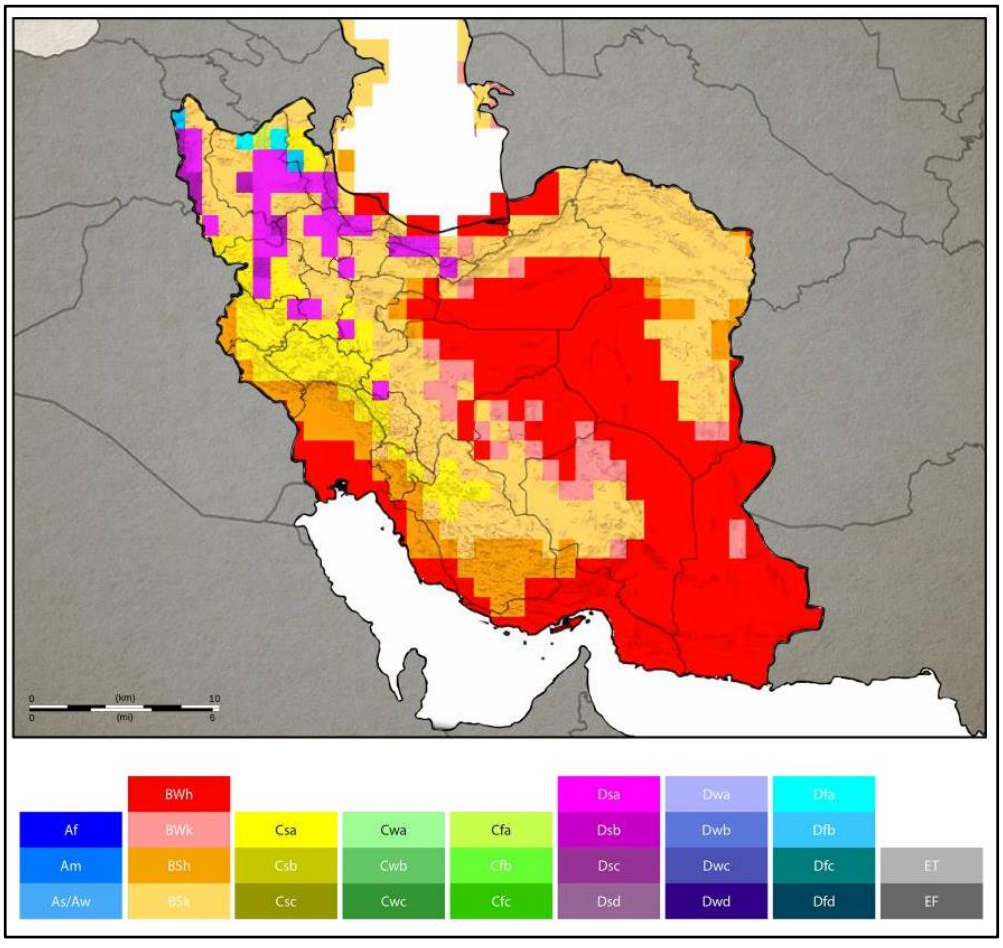
محدوده موردمطالعه در این پژوهش، آب و هوای کل ایران است. اقلیم عمومی ایران نمایانگر یک ویژگی خشک و نیمه‌خشک در موقعیت عرض جغرافیایی میانی است. به‌جز بخش‌های غربی و نواحی ساحلی شمالی، اقلیم ایران عمدتاً خشک و نیمه‌خشک است (Sodoudi et al, 2010; Fallah et al, 2017). طبقه‌بندی‌هایی برای اقلیم‌های مختلف ارائه شده و در این پژوهش سامانه طبقه‌بندی کوپن استفاده شده است. طبقه‌بندی اقلیمی کوپن یکی از پرکاربردترین سامانه‌های طبقه‌بندی اقلیمی است. این ساختار اقلیم‌های مختلف را به ۵ دسته گروه (A) اقلیم‌های استوایی-گرمسیری، گروه (B) اقلیم‌های خشک، گروه (C) اقلیم معتدل، گروه (D) اقلیم‌های قاره‌ای و گروه (E) اقلیم‌های قطبی و آلپی تقسیم‌بندی می‌کند (Tom, 2000). جدول ۴، گروه‌های اقلیمی کوپن و زیرگروه‌های مختلف آن را نشان می‌دهد.

**جدول ۴: گروه‌های اقلیمی کوپن و نوع اقلیم آن‌ها**

| گروه‌های اقلیمی | نوع اقلیم | توضیح |
|---|---|---|
| گروه A اقلیم استوایی | Af | اقلیم استوایی جنگلی بسیار مرطوب |
| | Am | اقلیم استوایی موسمی |
| | As | اقلیم استوایی ساوانا با تابستان‌های خشک |
| | Aw | اقلیم استوایی ساوانا با زمستان‌های خشک |
| گروه B اقلیم‌های خشک | BS | اقلیم استپ یا نیمه‌خشک |
| | BW | اقلیم بیابانی |
| گروه C اقلیم‌های گرم معتدل | Cs | اقلیم گرم معتدل با تابستان خشک |

| | | |
|---|---|---|
| | Cw | اقلیم گرم معتدل با زمستان خشک |
| | Cf | اقلیم گرم معتدل بسیار مرطوب |
| گروه D اقلیم‌های برفی | Ds | اقلیم برفی با تابستان‌های خشک |
| | Dw | اقلیم برفی با زمستان‌های خشک |
| | Df | اقلیم برفی بسیار مرطوب |
| گروه E اقلیم‌های قطبی | ET | اقلیم تندرا |
| | EF | اقلیم یخبندان |

نقشه ۱، وضعیت اقلیم‌های مختلف ایران را مطابق با طبقه‌بندی مناطق آب‌وهوایی برگرفته از سیستم طبقه‌بندی اقلیمی کوپن نشان می‌دهد.




**نقشه ۱: طبقه‌بندی اقلیمی ایران، منبع:** https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/iran-islamic-rep

مطابق با نقشه ۱، به غیر از اقلیم قاره‌ای و اقلیم قطبی، می‌توان گفت که سایر اقلیم‌ها در مناطق مختلف ایران مشاهده می‌شود. لذا در این پژوهش شاخص‌های آتریوم در اقلیم‌های خشک (B)، معتدل (C) و قاره‌ای (D) مورد بررسی قرار گرفته و راهبردهای آن‌ها ارائه شده است. در این پژوهش با مرور ادبیات نظری به بررسی کیفی آتریوم‌ها از منظر شاخص‌های مختلف و استراتژی‌های آتریوم‌ها برای کاهش مصرف انرژی پرداخته شده است. این پژوهش، به هشت شاخص: نوع شیشه، ارتفاع، جهت، اندازه و شکل، شکل سقف، هندسه و وضعیت دیواره‌های اتریوم دست‌یافته و سپس به ارائه راهکارهایی برای طراحی بهینه مطابق با این شاخص‌ها پرداخته شده است. با توجه به اینکه آتریوم‌ها ممکن است در حفظ سطوح یکنواخت دما و رطوبت در سرتاسر فضا، به‌ویژه در مناطقی با اقلیم‌های متفاوت، مشکلاتی ایجاد کنند

که به انرژی اضافی برای کنترل آب‌وهوا نیاز دارند لذا آب و هوا یکی از مؤثرترین شاخص‌ها در طراحی اتریوم برای بهینه‌سازی مصرف انرژی است که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است. به علت گسترده بودن موضوع و کمبود منابع در تدوین راهبردهای جامع برای شاخص‌های ۸ گانه در اقلیم‌های ایران، این مقاله با ترکیبی از بررسی مبانی نظری و مصاحبه با کارشناسان، استراتژی‌های طراحی آتریوم را ارائه می‌کند. در ابتدا مروری جامع بر ادبیات موجود، مقالات پژوهشی و انتشارات دانشگاهی مرتبط با طراحی آتریوم و عملکرد آن‌ها در اقلیم‌های مختلف انجام شده است. بخش دیگری از این راهبردها از طریق انجام مصاحبه با کارشناسان در زمینه معماری، طراحی شهری و طراحی پایدار و به‌صورت تصادفی مشخص شده‌اند. مجموعه‌ای از سؤالات آماده شد که در آنها شاخص‌های ۸ گانه و نوع طراحی هر شاخص در هر اقلیم ایران، مورد پرسش قرار گرفته است. تعداد مصاحبه‌شوندگان ۲۵ نفر بوده که ۱۴ نفر مرد و ۱۱ نفر زن بودند. برخی از این مصاحبه‌ها به‌صورت حضوری و برخی از آن‌ها از طریق شبکه‌های اجتماعی و آنلاین انجام شده است. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل مصاحبه‌های انجام شده با کارشناسان، ابتدا مصاحبه‌ها رونویسی شده است و سپس متن مصاحبه‌ها برای آشنایی کامل با محتوا چندین بار خوانده شد و نکات کلیدی، ایده‌ها و راهکارهای ذکرشده توسط کارشناسان استخراج و در مرحله بعد راهبردهای کلیدی برای هر اقلیم مشخص شد. با تلفیق راهبردهای به دست آمده از مصاحبه با خبرگان و مبانی نظری در تحقیقات قبلی، جداولی برای هر شاخص استخراج شده است که راهبردهای هر اقلیم در آن جداول ترسیم شده است. درنهایت تمامی استراتژی‌ها در جداول برای اقلیم‌های مختلف توضیح داده شده است.

## یافته‌ها

طراحی بر مبنای اقلیم و ارائه شاخص‌های طراحی جامع می‌تواند بهره‌وری آتریوم را از منظر انرژی و آسایش افزایش دهد. در این بخش برای بهینه‌سازی طراحی آتریوم برای دستیابی به اثرات مثبت و کاهش اثرات منفی احتمالی آتریوم در اقلیم‌های مختلف سه‌گانه در ایران به ارائه راهکارهایی پرداخته شده است. این راهکارها به‌صورت مجزا برای شاخص‌های نوع شیشه، اندازه و شکل، ارتفاع، جهت، هندسه، شکل سقف و دیوارهای آتریوم ارائه شده‌اند.

**نوع شیشه:** انتخاب انواع شیشه آتریوم به عوامل مختلفی ازجمله ملاحظات آب‌وهوایی، اهداف بهره‌وری انرژی و ترجیحات طراحی بستگی دارد. در بسیاری از منابع شیشه عایق برای کاهش اتلاف حرارت از طریق همرفت از شیشه آتریوم، پیشنهاد شده است (Farhoudi, 2016). در یک مطالعه که توسط رانگ (Rong, 2007) انجام شد، در اقلیم سرد به‌واسطه وجود آتریوم، کاهش مصرف انرژی ساختمان اصلی بیش از ۵۰ درصد بوده که یکی از عوامل مهم جلوگیری از انتقال همرفتی (جابجایی) هوای داخل به خارج به‌واسطه استفاده از مصالح عایق شفاف بوده است (Rong, 2007). طبق برخی دیگر از مطالعات شیشه‌های الکتروکرومیک[۲]، شیشه‌های کم تابش (Low-E)، شیشه‌های کنترل خورشیدی[۳]، سیستم‌های ETFE، مواد نیمه مات[۴]، شیشه‌های ایروژل[۵] و نماهای نیمه شفاف[۶] گزینه‌های مربوط به شیشه برای کنترل تابش خورشیدی با مواد هستند باید توجه داشت که ضرایب انتقال حرارت این مواد باید مطابق با مقادیر U برای حفظ انرژی در پوشش آتریوم در استاندارد باشد (Tavil, 2006; Ulusoy, 2012).) لائودی و همکاران (Laouadi et al, 2002) نسبت بار اوج خنک‌کننده[۷] یک آتریوم بسته را با انواع مختلف شیشه فنستراسیون و نورگیر ۱۰۰٪ مسطح بررسی کرده‌اند. بر اساس این تحقیق، نسبت پیک بار خنک‌کننده آتریوم با کاهش SHGC (ضریب افزایش حرارت خورشیدی) شیشه کاهش می‌یابد. در مقایسه با طراحی کیس پایه، شیشه دوجداره خاکستری یا سه جداره شفاف[۸] نسبت اوج بار خنک‌کننده را حدود ۳۰٪ به ۳۹٪ کاهش می‌دهد و شیشه شفاف دوجداره Low-E، شیشه سه جداره شفاف، نسبت پیک بار خنک‌کننده را به ترتیب ۱۷ تا ۲۰ درصد و ۱۰ تا ۱۳ درصد کاهش می‌دهد. جدول ۵، راهنمایی کلی برای انتخاب انواع شیشه‌های آتریوم بر اساس ملاحظات آب‌وهوایی ارائه می‌دهد. با این حال، در نظر گرفتن الزامات پروژه خاص، مقررات محلی، محدودیت‌های بودجه و اهداف طراحی معماری هنگام تصمیم‌گیری نهایی در مورد انتخاب شیشه آتریوم در مناطق مختلف آب‌وهوایی ضروری است.

**جدول ۵: طراحی شاخص نوع شیشه آتریوم**

| شاخص | اقلیم | سیاست‌های طراحی | دلایل و توضیحات |
|---|---|---|---|
| **نوع شیشه** | خشک | شیشه بازتابنده یا رنگی[۹] | - منجر به کنترل تابش خورشید می‌شوند.<br>- به کاهش نفوذ مستقیم نور خورشید و محدود کردن افزایش گرمای خورشیدی کمک می‌کند.<br>- تقاضای خنک‌کننده در فضای آتریوم را کاهش می‌دهند.<br>- کاهش تابش خیره‌کننده را فراهم می‌کنند. |
| | معتدل | واحدهای شیشه‌ای عایق[۱۰] | - از چندین لایه شیشه تشکیل‌شده‌اند که توسط یک شکاف هوا یا حفره پر از گاز جدا شده‌اند که خواص عایق را بهبود می‌بخشد.<br>- عملکرد حرارتی را با کاهش اتلاف گرما در ماه‌های سردتر افزایش می‌دهد.<br>- مزایای طبیعی نور روز را نیز فراهم می‌کند. |
| | قاره‌ای | واحدهای سه جداره با کارایی بالا[۱۱] | - با سه لایه شیشه و دو شکاف هوای عایق، انتقال حرارت را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.<br>- از دست دادن گرما در زمستان و افزایش گرما در تابستان را به حداقل می‌رساند.<br>- به حفظ محیط داخلی راحت و درعین‌حال کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند. |

**نوع آتریوم:** نوع طراحی آتریوم تأثیر بسزایی در بناهای آتریوم دار در اقلیم‌های مختلف دارد. انتخاب طراحی آتریوم به‌طور مستقیم بر عواملی مانند تنظیم دما، بهره‌وری انرژی، آسایش حرارتی و در دسترس بودن نور طبیعی تأثیر می‌گذارد. با گنجاندن آتریوم‌ها به‌عنوان بخشی از سیستم تهویه، انرژی بیشتری می‌تواند ذخیره شود. با پیش گرم و یا پیش سردسازی هوای تازه، بار گرمایش و سرمایش ساختمان کاهش می‌یابد. ساختمان‌هایی که دارای آتریوم مرکزی هستند، اثر میانجی بهتری را بر فضاهای مجاور دارند (Madani et al, 2013). لائودی و همکاران (Laouadi et al, 2014) تأثیر چندین ویژگی یک آتریوم را بر عملکرد انرژی آن‌ها بررسی کرده‌اند. با توجه به تحقیقات انجام شده، در آتریوم‌های بسته نسبت افزایش حرارت خورشیدی در فصول سرمایش و گرمایش در مقایسه با طراحی کیس پایه با شیشه شفاف دوبل با نسبت انتقال خورشیدی افزایش می‌یابد. همچنین نشان داده شده که آتریوم‌های مرکزی و خطی بیشترین توانایی را در کاهش نوسانات دما داشته است و عملکرد کلی دما در این دو نوع آتریوم نزدیک به دمای خنثی می‌باشد (Hung and Chow, 2001). در جدول ۶، به ارائه ایده‌های کلی در رابطه با نوع آتریوم در اقلیم‌های مختلف پرداخته شده است.

**جدول ۶: طراحی شاخص نوع آتریوم**

| شاخص | اقلیم | سیاست‌های طراحی | دلایل و توضیحات |
|---|---|---|---|
| **نوع آتریوم** | **خشک** | آتریوم کاملاً محصور[۱۲] | - با جدا شدن کامل از شرایط خارجی، کنترل بهتری بر دمای داخل خانه امکان‌پذیر می‌کند و افزایش گرما از خارج را کاهش می‌دهد.<br>- این نوع آتریوم خنک‌سازی کارآمد را از طریق سیستم‌های مکانیکی تسهیل می‌کند.<br>- از از دست دادن رطوبت بیش‌ازحد به دلیل خشکی شدید جلوگیری می‌کند. |
| | **معتدل** | آتریوم‌های نیمه محصور و کاملاً محصور[۱۳] | - طرح‌های نیمه بسته منجر به تهویه طبیعی در شرایط آب‌وهوایی مطلوب می‌شوند درحالی‌که گزینه‌هایی برای کنترل مکانیکی در صورت نیاز ارائه می‌دهند.<br>- طرح‌های نیمه بسته انعطاف‌پذیری را فراهم می‌کنند.<br>- طرح‌های کاملاً بسته، محیط‌های کنترل‌شده را در تمام طول سال در مناطقی که نوسانات دما می‌تواند قابل‌توجه باشد، اولویت‌بندی می‌کنند. |
| | **قاره‌ای** | آتریوم‌های کاملاً محصور یا نیمه محصور[۱۴] | - کنترل بهتری بر دمای داخل خانه ارائه می‌دهند و یک بافر در برابر شرایط آب‌وهوایی شدید ایجاد می‌کنند. |

- آن‌ها با کاهش اتلاف گرما در زمستان‌های سرد و به حداقل رساندن افزایش گرما در تابستان‌های گرم به حفظ آسایش حرارتی در طول سال کمک می‌کنند.

**ارتفاع آتریوم:** بار روشنایی داخلی ساختمان آتریوم با افزایش تعداد طبقات ساختمان افزایش می‌یابد. تأثیر افزایش ارتفاع ساختمان آتریوم (تعداد طبقات) بر بار گرمایشی و سرمایشی تا حد زیادی به اقلیمی که ساختمان در آن قرار دارد بستگی دارد. در آب‌وهوای سرد و معتدل افزایش ارتفاع ساختمان آتریوم باعث کاهش بار گرمایشی می‌شود. در آب‌وهوای گرم و گرمسیری بار خنک‌کننده با افزایش نسبت ابعاد آتریوم کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر آتریوم‌های باریک‌تر بار خنک‌کننده کمتری را القا می‌کنند (Farhoudi, 2016). بندر (Bendar, 1986) برای اقلیم‌های سرد، ارتفاع کم آتریوم را به دلیل اینکه راحت‌تر گرم می‌شود، پیشنهاد می‌کند. در اقلیم گرم و خشک با تابستان‌های معتدل، آتریوم‌های کم‌عمق به ارتفاع یک طبقه، در شب هوای خنک را در خود ذخیره می‌کنند و در روز سایه ایجاد می‌کنند. در مناطقی که دارای تابستان‌های گرم‌ترند؛ آتریوم‌های عمیق‌تر با بازدهی بیشتر برای همان کاربردهای مذکور در اقلیم گرم و خشک بکار می‌روند. در اقلیم‌های معتدل با زمستان‌های معتدل تا سرد، آتریوم‌های کم‌عمق هم به‌عنوان کلکتورهای غیرفعال خورشیدی و هم برای ایجاد پناه در برابر باد عمل می‌کنند. در اقلیم‌های گرم و مرطوب، آتریوم‌های کم‌عمق با ایجاد تهویه به کمک نیروی محرک باد موجب کاهش بار سرمایشی ساختمان می‌شوند (Bendar, 1986, Leung et al, 1981). توجه به این نکته مهم است که در حالی که می‌توان دستورالعمل‌های خاصی را بر اساس ملاحظات آب‌وهوایی ارائه کرد، تصمیم نهایی در مورد ارتفاع یک آتریوم نیز باید هدف طراحی معماری، امکان‌سنجی سازه و سایر عوامل منحصربه‌فرد برای هر پروژه را در نظر بگیرد. ارتفاع آتریوم در ساختمان‌ها می‌تواند جنبه‌های مختلفی مانند تهویه، نفوذ نور طبیعی و زیبایی کلی را تحت‌تأثیر قرار دهد. در جدول ۷، به برخی از ملاحظات برای ارتفاع آتریوم مناسب در مناطق مختلف آب‌وهوایی اشاره شده است.

**جدول ۷: طراحی شاخص ارتفاع آتریوم**

| شاخص | اقلیم | سیاست‌های طراحی | دلایل و توضیحات |
|---|---|---|---|
| **ارتفاع آتریوم** | خشک | آتریوم‌های متوسط تا بلند | - این ارتفاعات فضای کافی را برای تکنیک‌های خنک‌کننده طبقه‌بندی‌شده فراهم می‌کند که از اثرات خنک‌کننده تبخیری استفاده می‌کند.<br>- فضاهای بلندتر وقتی با قرارگیری مناسب دریچه ترکیب می‌شوند، پتانسیل تهویه اثر پشته بیشتری را ممکن می‌سازند. |
| | معتدل | انتخاب ارتفاع بر اساس هدف طراحی | - ارتفاع‌های متغیر را می‌توان برای افزایش جذابیت بصری طراحی کرد و در عین‌حال اجازه نفوذ نور طبیعی کافی را در ماه‌های سردتر که نور روز ممکن است محدود باشد را می‌دهد. |
| | قاره‌ای | ارتفاع آتریوم‌های متوسط تا بلند | - افزایش فضای عمودی امکان خنک‌سازی طبقه‌بندی شده را در طول تابستان‌های گرم فراهم می‌کند.<br>- تهویه طبیعی را تسهیل می‌کند و جریان هوا را در آتریوم افزایش می‌دهد.<br>- به دفع گرما در ماه‌های گرم‌تر کمک می‌کند. |

**شکل سقف اتریوم:** شکل سقف آتریوم می‌تواند در افزایش آسایش و توجه به ملاحظات آب‌وهوایی خاص نقش داشته باشد. (Piriaie et al, 2022). به گفته بندر (Bendar, 1986) سقف صاف برای استفاده بیشتر از انرژی خورشید در اقلیم‌های سرد مناسب‌تر است (Bendar, 1986). انتخاب شکل سقف آتریوم باید در کنار سایر عناصر طراحی در نظر گرفته شود تا آسایش حرارتی و بهره‌وری انرژی در مناطق مختلف آب‌وهوایی بهینه شود. در جدول ۸، اشکال مناسب سقف آتریوم برای آب‌وهوای مختلف ارائه شده است.

**جدول ۸: طراحی شاخص شکل سقف آتریوم**

| شاخص | اقلیم | سیاست‌های طراحی | دلایل و توضیحات |
|---|---|---|---|
| **شکل سقف آتریوم** | خشک | سقف‌های مسطح یا کاذب با عایق‌بندی | - مانعی ایجاد می‌کنند که انتقال حرارت از سقف به فضای داخلی را به حداقل می‌رساند.<br>- مواد عایق به کاهش رسانایی حرارتی کمک می‌کنند.<br>- در عین‌حال دمای داخلی خنک‌تر را حفظ می‌کنند. |
| | معتدل | سقف گنبدی یا کلیسایی[۱۵] | - این اشکال به جذابیت معماری می‌افزایند.<br>- فضایی عمومی ایجاد کرده که امکان توزیع بهتر نور طبیعی را ایجاد می‌کند.<br>- ماه‌های سردتر که نور روز محدود است را فراهم می‌کند. |
| | قاره‌ای | سقف‌های مسطح یا معلق با عایق[۱۶] | - به کاهش تلفات گرما در ماه‌های زمستان کمک می‌کنند.<br>- درعین‌حال انعطاف‌پذیری را برای نصب مواد عایق فراهم می‌کنند.<br>- از افزایش گرمای بیش‌ازحد در ماه‌های تابستان جلوگیری می‌کند. |

**جهت آتریوم:** جهت‌دهی آتریوم نقش مهمی در بهینه‌سازی نور طبیعی روز، افزایش گرمای خورشیدی و بهره‌وری کلی انرژی ایفا می‌کند. مطابق با ارسلانتاش و آیچام (Arslantaş and Ayçam, 2021)، در آب‌وهوای گرم بهتر است که آتریوم در جهت شمال قرار بگیرد و در آب‌وهوای معتدل و سرد آتریوم باید در جهت جنوب قرار گیرد اما در مواقعی که نیاز به سرمایش وجود دارد از عناصر سایه بان استفاده شود (Arslantaş and Ayçam, 2021; Bendar, 1986). برای معماران و طراحان مهم است که شرایط خاص سایت، داده‌های آب‌وهوای محلی، احتمال سایه‌زنی و سایر عوامل خاص پروژه را هنگام تعیین جهت‌دهی ایده‌آل برای ساختمان‌ها در مناطق مختلف آب‌وهوایی ارزیابی کنند. جدول ۹، برخی از ملاحظات برای جهت‌دهی مناسب در مناطق مختلف آب‌وهوایی را ارائه می‌دهد.

**جدول ۹: طراحی شاخص جهت آتریوم**

| شاخص | اقلیم | سیاست‌های طراحی | دلایل و توضیحات |
|---|---|---|---|
| **جهت آتریوم** | خشک | جهت شمال یا شرق به غرب | - اجازه حداکثر استفاده از خورشید در اوایل صبح و اواخر بعدازظهر زمانی که درجه حرارت ملایم‌تر است را می‌دهد.<br>- قرار گرفتن در معرض آفتاب شدید ظهر را به حداقل می‌رساند.<br>- به کاهش افزایش گرمای خورشیدی در دوره‌های اوج گرمایش کمک می‌کند. |
| | معتدل | جهت‌گیری‌های متغیر بر اساس هدف طراحی | - در اقلیم‌های معتدل با دمای معتدل در طول سال اما فصول مختلف، در انتخاب جهت آتریوم بر اساس هدف طراحی انعطاف‌پذیری وجود دارد.<br>- تمرکز باید روی به حداکثر رساندن نفوذ نور طبیعی در ماه‌های سردتر باشد، زمانی که نور روز ممکن است محدود باشد. |
| | قاره‌ای | جهت آتریوم رو به جنوب | - افزایش گرمای غیرفعال خورشیدی را در طول ماه‌های زمستان که زاویه نور خورشید کمتر است به حداکثر می‌رساند.<br>- به جبران نیازهای گرمایشی و بهبود بهره‌وری انرژی کمک می‌کند. |

**هندسه آتریوم:** کار تحقیقاتی انجام شده توسط آل‌داوود (Aldawoud, 2013) بر تأثیر شکل آتریوم بر مصرف کل انرژی ساختمان (گرمایش و سرمایش) متمرکز است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که هندسه آتریوم یک فاکتور مهم از نظر طراحی و بهره‌وری انرژی است. در تمام مناطق آب‌وهوایی، تأثیر هندسه آتریوم در شکل‌های کشیده آتریوم مشهودتر است و این به دلیل اندازه نورگیر در معرض شرایط محیطی است. به‌عبارت‌دیگر، کل انرژی مصرفی آتریوم باریک، کشیده یا آتریوم مستطیل شکل با نسبت طول به عرض بالا به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از آتریوم مربع شکل است (Piriaie et al, 2022). همچنین بارانگ (Borong et al, 2015) نشان داده‌اند که آتریوم‌های مستطیلی عملکرد بهتری نسبت به آتریوم های مربعی ازنظر تأمین نور طبیعی دارند؛ اما به‌صورت کلی می‌توان گفت که انتخاب فرم‌های آتریوم می‌تواند بر اساس عواملی، متفاوت باشد (جدول ۱۰).

**جدول ۱۰: طراحی شاخص هندسه آتریوم**

| شاخص | اقلیم | سیاست‌های طراحی | دلایل و توضیحات |
|---|---|---|---|
| **هندسه آتریوم** | خشک | آتریوم‌های مربع یا مستطیل سایه‌دار | - این اشکال را می‌توان به‌راحتی پوشاند تا تابش مستقیم خورشید را به حداقل برساند.<br>- لبه‌های مستقیم اشکال مربع یا مستطیل، استراتژی‌های سایه‌زنی را برای کاهش افزایش گرما تسهیل می‌کنند.<br>- در عین‌حال انعطاف‌پذیری در عناصر طراحی را فراهم می‌کنند. |
| | معتدل | آتریوم‌های نورگیر چند سطحی که با فرم‌های مستطیل یا مربع | - این ترکیب جذابیت بصری را ارائه می‌کند.<br>- اجازه می‌دهد نور طبیعی در ماه‌های سردتر که ممکن است نور روز<br>- محدود باشد، نفوذ کافی داشته باشد.<br>- هندسه‌های لبه مستقیم مکمل معماری مستطیلی هستند که اغلب در مناطق معتدل یافت می‌شوند. |
| | قاره‌ای | فرم‌های آتریوم مستطیلی یا مربعی | - این اشکال با به حداقل رساندن اتلاف گرما در طول ماه‌های زمستان و کاهش افزایش گرما در تابستان، کنترل بهتری بر شرایط داخل خانه ارائه می‌دهند.<br>- لبه‌های مستقیم این امکان را برای استراتژی‌های عایق کارآمد برای حفظ آسایش حرارتی در داخل ساختمان فراهم می‌کند. |

**اندازه و نسبت آتریوم:** تعیین نسبت و اندازه مناسب آتریوم‌ها در بناهای مختلف برای مناطق مختلف آب‌وهوایی شامل در نظر گرفتن عوامل متعددی از جمله شرایط آب‌وهوایی، اهداف بهره‌وری انرژی، هدف طراحی معماری و الزامات عملکردی است. اندازه دهانه‌ها تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد آتریوم دارد. به‌طورکلی، برای رسیدن به جریان هوای قوی و خوب توزیع شده در ساختمان، نسبت اندازه دهانه‌های ورودی و خروجی نقش بسزایی دارد (Moosavi et al, 2014). ساکسون (Saxon, 1986) نیز بیان می‌کند، نسبت بخش آتریوم، عاملی است که مستقیماً بر میزان نور طبیعی که به کف آتریوم و فضاهای اطراف آن می‌رسد تأثیر می‌گذارد. هیچ تناسب بهینه‌ای برای بخش آتریوم وجود ندارد زیرا چندین عامل طراحی دیگر در عملکرد کلی آتریوم از نظر نور طبیعی دخیل هستند. با این‌حال، واضح است که نسبت بخش آتریوم کمتر، یعنی نسبت ارتفاع کمتر به عرض، نورپردازی طبیعی کف آتریوم را آسان‌تر می‌کند (Farhoudi, 2016). توجه به این نکته مهم است که این پیشنهادات دستورالعمل‌های کلی را بر اساس ملاحظات آب‌وهوایی ارائه می‌دهند. الزامات پروژه خاص، اهداف طراحی معماری و سایر عوامل ممکن است بر نسبت و اندازه نهایی یک آتریوم در مناطق مختلف آب‌وهوایی تأثیر بگذارد. جدول ۱۱، برخی از ملاحظات کلی برای شاخص اندازه و نسبت آتریوم در اقلیم‌های مختلف ایران را نشان می‌دهد.

**جدول ۱۱: طراحی شاخص اندازه و نسبت آتریوم**

| شاخص | اقلیم | سیاست‌های طراحی | دلایل و توضیحات |
|---|---|---|---|
| اندازه و نسبت آتریوم | خشک | آتریوم با اندازه متوسط | - منجر به ایجاد فضایی جذاب می‌شود.<br>- به حداقل رساندن قرار گرفتن در معرض بیش‌ازحد خورشید را ایجاد می‌کند.<br>- کنترل مقیاس به مدیریت تنظیم دما و هزینه‌های نگهداری مرتبط با فضاهای بزرگ کمک می‌کند. |
| | معتدل | آتریوم‌های با اندازه متوسط تا بزرگ | - این اندازه‌ها به انعطاف‌پذیری در عناصر طراحی و درعین‌حال حفظ آسایش حرارتی از طریق استراتژی‌های عایق مناسب اجازه می‌دهد.<br>- این نسبت باید اهداف بهره‌وری انرژی را بدون به خطر انداختن جذابیت یا عملکرد زیبایی‌شناختی در نظر بگیرد. |
| | قاره‌ای | آتریوم با اندازه متوسط تا بزرگ | - این اندازه‌ها فضای کافی را برای اقدامات عایق‌بندی لازم فراهم می‌کنند.<br>- نوسانات فصلی در سطوح اشغال را در نظر می‌گیرند.<br>- آن‌ها فرصت‌هایی را برای نفوذ نور روز در ماه‌های سردتر که دسترسی به نور خورشید ممکن است محدود باشد، ارائه می‌کنند. |

**دیواره‌های آتریوم:** نماهای داخلی تولید شده برای متعادل کردن توزیع نور روز در داخل طراحی شده اند (Yunus et al, 2010). ساکسون (Saxon, 1986) انعکاس دیواره‌های آتریوم را عامل مهمی در عملکرد نور طبیعی در ساختمان آتریوم می‌داند. در واقع، برای طبقات پایین، منبع نور، سطح بازتابنده دیوار مقابل است. بندر (Bendar, 1986) سطوحی با رنگ روشن، مات، صاف و بازتابنده برای نمای آتریوم پیشنهاد می‌کند تا عملکرد نور طبیعی آتریوم را افزایش دهد. ساکسون (Saxon, 1986) تکنیکی را برای کنترل نور وارد شده توسط دیواره‌های آتریوم پیشنهاد و نسبت‌های مختلف شیشه به سطح مات را برای طبقات مختلف توصیه می‌کند. با در نظر گرفتن سطح شیشه کوچک‌تر برای طبقات بالاتر با نور طبیعی فراوان در دسترس، درحالی که سطح شیشه را از طبقات بالا به پایین به تدریج افزایش می‌دهد تا حداکثر نور ممکن باشد. همچنین می‌توان این مفهوم را با استفاده از انواع مختلف شیشه با انعکاس‌پذیری‌های مختلف برای هر طبقه بدون تغییر سطح شیشه اجرا کرد. انتخاب دیوارهای آتریوم در ساختمان‌های مختلف برای اقلیم‌های مختلف شامل در نظر گرفتن عواملی مانند شرایط آب‌وهوایی، اهداف بهره‌وری انرژی، کدهای ساختمان و هدف طراحی معماری است (IEA, 1995). جدول ۱۲، چند پیشنهاد بر اساس مناطق مختلف آب‌وهوایی برای شاخص دیوارهای آتریوم ارائه می‌کند.

**جدول ۱۲: طراحی شاخص دیوارهای آتریوم**

| شاخص | اقلیم | سیاست‌های طراحی | دلایل و توضیحات |
|---|---|---|---|
| دیواره‌های آتریوم | خشک | استفاده از مواد با جرم حرارتی بالا مانند سنگ یا بتن همراه با عایق مناسب | - این مواد توانایی جذب گرما را در طول روز دارند و آن را به‌آرامی در شب آزاد می‌کنند.<br>- به تنظیم نوسانات دما در داخل آتریوم کمک می‌کنند.<br>- پانل‌های عایق ادغام‌شده در سیستم دیوار می‌توانند بهره‌وری انرژی را با کاهش انتقال حرارت افزایش دهند. |
| | معتدل | سیستم‌های نمای دوپوسته | - این سیستم شامل یک‌لایه بیرونی است که معمولاً از شیشه یا مواد شفاف ساخته شده است که حفاظت از آب‌وهوا را فراهم می‌کند، همراه با یک‌لایه داخلی که مزایای عایق را ارائه می‌دهد.<br>- شکاف هوا بین این لایه‌ها به‌عنوان یک منطقه بافر عمل می‌کند.<br>- عملکرد حرارتی را بهبود می‌بخشد.<br>- نیازهای گرمایشی/سرمایشی را کاهش می‌دهد. |

| | | |
|---|---|---|
| قاره‌ای | بتن عایق یا دیوارهای بنایی[۱۷] | - این مواد خواص عایق حرارتی عالی را ارائه می‌دهند.<br>- به حفظ دمای پایدار داخل خانه کمک می‌کنند.<br>- با کاهش اتلاف گرما در زمستان و افزایش گرما در تابستان، به بهره‌وری انرژی و آسایش ساکنین کمک می‌کنند. |

همه جداول تنظیم شده برای ارائه راهکارهای جامعی در اقلیم‌های مختلف ایران، برای شاخص‌های مختلف نوع شیشه، نوع، ارتفاع، جهت، اندازه و شکل، شکل سقف، هندسه و وضعیت دیواره‌های اتریوم ارائه شده است. جدول ۱۳ جمع‌بندی کلی از شاخص‌های طراحی آتریوم در اقلیم‌های مختلف ایران را تشریح می‌کند.

**جدول ۱۳: جمع‌بندی شاخص‌های طراحی آتریوم در اقلیم‌های مختلف**

| شاخص‌های طراحی آتریوم | اقلیم خشک | اقلیم معتدل | اقلیم قاره‌ای |
|---|---|---|---|
| **نوع شیشه** | شیشه بازتابنده یا رنگی | واحدهای شیشه‌ای عایق | واحدهای سه جداره با کارایی بالا |
| **نوع آتریوم** | آتریوم کاملاً محصور | آتریوم‌های نیمه محصور و کاملاً محصور | آتریوم‌های کاملاً محصور یا نیمه محصور |
| **ارتفاع آتریوم** | آتریوم‌های متوسط تا بلند | انتخاب ارتفاع بر اساس هدف طراحی | ارتفاع آتریوم‌های متوسط تا بلند |
| **شکل سقف اتریوم** | سقف‌های مسطح یا کاذب با عایق‌بندی | سقف گنبدی یا کلیسایی | سقف‌های مسطح یا معلق با عایق |
| **جهت آتریوم** | جهت شمال یا شرق به غرب | جهت‌گیری‌های متغیر بر اساس هدف طراحی | جهت آتریوم رو به جنوب |
| **هندسه آتریوم** | آتریوم‌های مربع یا مستطیل سایه‌دار | آتریوم‌های نورگیر چند سطحی که با برگه‌های مستطیل یا مربع | فرم‌های آتریوم مستطیلی یا مربعی |
| **اندازه و نسبت آتریوم** | آتریوم با اندازه متوسط | آتریوم‌های با اندازه متوسط تا بزرگ | آتریوم با اندازه متوسط تا بزرگ |
| **دیواره‌های آتریوم** | استفاده از مواد با جرم حرارتی بالا مانند سنگ یا بتن همراه با عایق مناسب | سیستم‌های نمای دوپوسته | بتن عایق یا دیوارهای بنایی |

این نکته مهم است که در طراحی یک آتریوم، این شاخص‌ها به تنهایی موثر نیستند بلکه باید در کنار سایر شاخص‌ها و به‌صورت چندبعدی به آن‌ها توجه شود. به عبارتی، در استفاده از یک شاخص از جداول، باید بقیه شاخص‌ها نیز به‌صورت یکپارچه بررسی شوند که بهره‌وری در طراحی آتریوم و مصرف انرژی به حداکثر برسد.

## بحث و نتیجه‌گیری

در دنیای همیشه در حال تحول طراحی و پایداری، معماران و مهندسان دائماً به دنبال راه‌های نوآورانه برای کاهش مصرف انرژی هستند و در عین حال محیطی راحت و جذاب برای ساکنان ایجاد می‌کنند. یکی از ویژگی‌های معماری که در سال‌های اخیر به دلیل تأثیر مثبت آن بر بهره‌وری انرژی مورد توجه قرار گرفته است، آتریوم است. درحالی‌که آتریوم‌ها عمدتاً به دلیل جذابیت زیبایی‌شناختی و مزایای بالقوه صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد ستایش قرار گرفته‌اند، مهم است که اذعان شود که آن‌ها همچنین دارای معایب خاصی هستند و می‌توانند تأثیرات منفی بر کارایی انرژی داشته باشند. با پرداختن به اشکالات به‌طور فعال، طراحان و معماران می‌توانند تعادلی بین جذابیت بصری یک آتریوم و نیاز به شیوه‌های انرژی پایدار ایجاد کنند. لذا با توجه به اهمیت طراحی آتریوم‌ها در کاهش اثرات احتمالی منفی در زمینه انرژی، این مقاله با استخراج شاخص‌های مختلف طراحی آتریوم‌ها به دنبال ارائه راهکارهایی برای ساختمان‌های دارای آتریوم در ایران بوده است. ازجمله مهم‌ترین شاخص‌های طراحی آتریوم‌ها می‌توان به جنس شیشه آتریوم اشاره کرد که در اقلیم‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. شیشه‌هایی با تابش کم اما با قابلیت عبور بالا برای بهره‌وری انرژی می‌توانند

بهتر عمل کنند. همچنین نشان داده شده که در اقلیم سرد به‌واسطه استفاده از مصالح عایق شفاف (یکی از عوامل مهم جلوگیری از انتقال همرفتی (جابجایی) هوای داخل به خارج) در آتریوم، مصرف انرژی ساختمان بیش از ۵۰ درصد کاهش یافته است. ارتفاع یا عمق آتریوم به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌ها طراحی آتریوم‌ها، بسته به اقلیمی که ساختمان در آن قرار دارد، ممکن است کل مصرف انرژی را افزایش یا کاهش دهد. برای اقلیم‌های سرد، ارتفاع کم آتریوم را به دلیل اینکه راحت‌تر گرم می‌شود، پیشنهاد می‌شود. در اقلیم گرم و خشک با تابستان‌های معتدل، آتریوم‌های کم‌عمق به ارتفاع یک طبقه، در شب هوای خنک را در خود ذخیره می‌کنند و در روز سایه ایجاد می‌کنند. در رابطه با نوع آتریوم هم می‌توان گفت که آتریوم‌های مرکزی و خطی بیشترین توانایی را در کاهش نوسانات دما داشته است و عملکرد کلی دما در این دو نوع آتریوم نزدیک به دمای خنثی می‌باشد. نحوه جهت‌گیری آتریوم نیز یکی از شاخص‌هایی بوده که برای بهره‌وری بیشتر انرژی در اقلیم‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. در آب‌وهوای گرم بهتر است که آتریوم در جهت شمال قرار بگیرد و در آب‌وهوای معتدل و سرد آتریوم باید در جهت جنوب قرار گیرد. همچنین از نظر هندسه آتریوم نشان داده شده که آتریوم‌های مستطیلی عملکرد بهتری نسبت به آتریوم‌های مربعی از نظر تأمین نور طبیعی دارند. در رابطه با شاخص نسبت ابعاد آتریوم، اگرچه می‌توان گفت که هیچ تناسب بهینه‌ای برای نسبت طول به عرض آتریوم وجود ندارد چراکه چندین عامل طراحی دیگر در عملکرد کلی آتریوم از نظر نور طبیعی دخیل هستند. با این حال، واضح است که نسبت بخش آتریوم کمتر، یعنی نسبت ارتفاع کمتر به عرض، نورپردازی طبیعی کف آتریوم را آسان‌تر می‌کند. انعکاس دیواره‌های آتریوم عامل مهمی در عملکرد نور طبیعی در ساختمان آتریوم است و به‌واسطه این انعکاس می‌توان نور روز را افزایش داد و انرژی کمتری هدر داد. پیشنهادات نشان می‌دهد که بهتر است برای طبقات پایین، منبع نور، سطح بازتابنده دیوار مقابل باشد و سطوحی با رنگ روشن، مات، صاف و بازتابنده برای نمای آتریوم پیشنهاد می‌شود تا عملکرد نور طبیعی آتریوم را افزایش دهد. این پژوهش، راهکارهایی برای طراحی آتریوم‌ها ارائه کرده است که می‌توانند به‌عنوان استانداردها و راهنماهایی برای اقلیم‌های مختلف در طراحی آتریوم در بناها به کار آیند. در نهایت می‌توان گفت که در پژوهش‌های آتی می‌توان با استفاده از نرم افزارهای شبیه‌سازی به طراحی آتریوم‌های مختلف و بکارگیری شاخص‌های ذکر شده (به عنوان مهمترین شاخص‌های طراحی آتریوم) پرداخت و متغیر اقلیم، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرها در این شبیه‌سازی‌ها مورد توجه قرار گیرد.

## سپاسگزاری

از همه کسانی که در این تحقیق نگارندگان را یاری کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

## پی نوشت

1. International Energy Agency
2. Electrochromic
3. Solar control glasses
4. Semi-opaque materials
5. Aerogel glases
6. Translucent facades
7. Cooling peak load ratio
8. The double gray or triple clear low-e glazing
9. Reflective or Tinted Glass
10. Insulated Glazing Units
11. High-Performance Triple Glazed Units
12. Fully Enclosed Atrium
13. Partially Enclosed or Fully Enclosed Atrium
14. Fully Enclosed or Partially Enclosed Atrium
15. Domed or Cathedral Ceilings
16. Flat or Suspended Ceilings with Insulation

17. Insulated concrete or masonry walls

**حامی مالی**

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

**سهم نویسندگان در پژوهش**

همه نویسندگان، در بخش‌های نگارش و تنظیم مقاله حاضر نقش و سهم برابر دارند.

**تضاد منافع**

نویسنده (نویسندگان) اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

## منابع

Abdullah, A.H., Wang F., Meng, Q.L. and Zhao, L. H., 2009. Field study on indoor thermal environment in an atrium in tropical climate. Building and Environment, 44, 431-436. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.02.011

Abtahi, E.S., 2015. The Role of Modern Atriums in a Framework of Sustainable Architecture. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 5(12S), 521-525, https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=cf1c92959918ac5a35d003503d222f0a57b6a6be

Ahmad, M.H. and Rasdi, M.T.H.M., 2000. Design principles of atrium buildings for the tropics. Penerbit UTM.

Aizlewood, M., 1995. The daylighting of atria: a critical review. ASHRAE Transactions, 101, 841-857.

Aldawoud, A., 2013. The influence of the atrium geometry on the building energy performance. Energy and Buildings, 1-5. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.10.038

Aldawoud, A.S., 2006. Comparative Analysis of Energy Performance Between Courtyard And Atrium In Buildings. Energy and Buildings, 40(3), 209-214, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.02.017

Al-Turki, I. and Schiler, M., 1997. Predicting natural light in atria and adjacent spaces using physical models. Solar energy, 59(4-6), 241-245. https://doi.org/10.1016/S0038-092X(97)00004-2

Anca, D., Galasi, U. and Atif, M.R., 1997. Atrium Skylights Practice in Canada: Survey on Thermal and Daylight Design Choices. Ontario, Canada: National Research Council Canada Ottawa, K1A 0R6.

Arslantaş, Ş. and Ayçam, İ.D.İ.L., 2021. Energy efficient atrium design for different climate zones. Contemporary Issues in Architecture: Development, Memory, Environment, ISBN: 978-625-7034-11-1,https://avesis.gazi.edu.tr/yayin/4d9c08dc-95de-4386-b498-84947f902ad0/contemporary-issues-in-architecture-and-urban-planning-development-memory-environment-energy-efficient-atrium-design-for-different-climate-zones/document.pdf

Atif, M.R., 1994. Top-glazed public spaces: Amenities, energy costs and indoor environment. Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.

Bajracharya, S., 1997. Computer Simulation of Thermal Behavior of Atriums, MSc Thesis, Department of Mechanical Engineering, Calgary, Alberta. https://library-archives.canada.ca/eng/services/services-libraries/theses/Pages/item.aspx?idNumber=46559163

Bendar, M., 1986. The new atrium. New York: McGraw-Hill.

Borong, L., Yingxin, Z., Yao, N. and Huanga, Y., 2015. Functional Relationship between Lighting Energy Consumption and the Main Parameters for Double Atrium Offices. Procedia Engineering, 1869-1879. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.169

Braham, W. and Willis, D., 2013. Architecture and energy: Performance and style. London: Routledge. https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9780203630105&type=googlepdf

Brown, G.Z. and DeKay, M., 2001. Sun, wind, and light: Architectural design strategies. (2nd edition). John Wiley, New York.

Bryn, I., 1993. Atrium Buildings Environment al Design and Energy Use. aivc.org, https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_6530.pdf

Calcagni, B. and Paroncini, M., 2004. Daylight factor prediction in atria building designs. Solar Energy, 76(6), 669-682. https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.01.009

Crane, J.F., 2005. An indoor public space for a winter city (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology). https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/31197

De Luca, F., Simson, R., Voll, H. and Kurnitski, J., 2018. Daylighting and energy performance design for single floor commercial hall buildings. Management of Environmental Quality: An International Journal, 29(4), 722-739. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MEQ-10-2017-0110/full/html

Du, J. and Sharples, S., 2009. Computational simulations for predicting vertical daylight levels in atrium buildings, in Proceedings of the Eleventh InternationalI BPSA Conference on Building simulation, UK, Glasgow. https://www.aivc.org/resource/computational-simulations-predicting-vertical-daylight-levels-atrium-buildings

Ekkachi, M., 2003. Solar Effective Envelop Design Advisor (SEEDA). Department of Architecture. ProQuest Dissertations Andand Theses; Thesis (Ph.D.). Illinois Institute of Technology,

Fallah, B., Sodoudi, S., Russo, E., Kirchner, I. and Cubasch, U., 2017. Towards modeling the regional rainfall changes over Iran due to the climate forcing of the past 6000 years. Quatern Int: 429,119-128. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.061

Farhoudi, M., 2016. Evaluating the impact of different atria configurations on the energy performance of buildings in different climates, Middle East Technical University. https://open.metu.edu.tr/handle/11511/26074

Freewan, A.A., Shao, L. and Riffat, S., 2009. Interactions between louvers and ceiling geometry for maximum daylighting performance: 34, 223-232. https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.03.019

Gemi, A.M., 2006. An Estimation Approach For Thermal Performance Of Atrium Buildings Through A Case Study, Master Thesis, İstanbul Teknik University, İstanbul.

Ghadimi, H. and Mahmoudi Zarandi, M., 2017. Investigating the effect of the shape of the atrium roof on the thermal performance and daylight supply in wide-plan medical centers, the 7th International Conference on Sustainable Development and Urban Development, Isfahan https://civilica.com/doc/701648/ (In Persian)

Ghasemi, M., Kandar, M.Z., Noroozi, M., Taghizadeh, A. and Namazian, S., 2013. Review the effective factors on daylight performance in the atrium buildings. In Proceedings of the 4th International Graduate Conference on Engineering Science & Humanity (IGCESH), UTM, Johor Bahru, Malaysia.

Ghasemi, M., Norooz, M., Kazemzadeh, M. and Roshan, M., 2015. The influence of well geometry on the daylight performance of atrium adjoining spaces: A parametric study. Journal of Building Engineering: 3, 39-47. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2015.06.002

Ghiabakloo, Z., 2012. Fundamentals of building physics (Tehran: Jihad University Press, Amirkabir Industrial Unit (In Persian).

Göçer, Ö., 2006. Model of an Appropriate Glazing and Controlling System for Reducing Energy Consumption and Providing User Comfort In Atrium Buildings, Phd Thesis, İstanbul Technical University, İstanbul.

Goulding, J., Lewis, O. and Steemers, T., 1994. Energy in architecture. London: Batsford.

Gowhareh, M.R.G. and Taheri Tafti, M., 2022. Multiscalar Mechanisms of Shrinking Small-Size Cities: The Case of Kermanshah Province. Journal of Urban Planning and Development, 148(1), 05021057. https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000779

Grams, G., 2014. Policies and strategies for Ecological Building Design, ebook, Accessed OCT,

Grobman, Y.J., Capeluto, I.G. and Austern, G., 2017. External shading in buildings: comparative analysis of daylighting performance in static and kinetic operation scenarios. Architectural Science Review: 60(2), 126-136. https://doi.org/10.1080/00038628.2016.1266991

Hastings, R., 1994. Passive solar commercial and institutional buildings–a sourcebook of examples and design insights. Earthscan, London.

Hung, W.Y. and Chow, W.K., 2001. A Review on Architectural Aspects of Atrium Buildings. Architectural Science Review: 44, 285-296. https://doi.org/10.1080/00038628.2001.9697484

Hung, W.Y., 2003. Architectural Aspects of Atrium. International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, 5(4), 131-37.

International Energy Agency., 1995. Passive solar commercial and institutional buildings. (R. Hasting, Ed.) Chichester: Wiley. https://lccn.loc.gov/93005246

Jabr, H. and Rezaei, S., 2021. Combination of atrium and central courtyard in different geometries and its effects on reducing energy consumption in educational buildings, Green Architecture, https://shij.ir/greenarchitecture/upload/greenarchitecture/Content/001209_16/06-GAr-No27-Vol01-72456.pdf (In Persian)

Kazemzadeh, M., Qobadian, V. and Tahbaz, M., 2014. Atrium and interior lighting of office buildings, investigating the effect of atrium roof form on receiving interior lighting. Armanshahr Architecture and Urban Development: 8, 53-61, https://www.armanshahrjournal.com/article_39334.html (In Persian)

Kent, C., 1989. Inside the livable city: The atrium. Inland Architect: 33, 36-43.

Kleiven, T., 2003. Natural Ventilation in Buildings; Architectural concepts, consequences and possibilities. Phd thesis, Norwegian University of Science and Technology, https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/231090

Krstić-Furundžić, A. and Kosorić, V., 2009. Improvement of energy performances of existing buildings by application of solar thermal systems. Spatium: (20), 19-22. https://doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1450-569X0920019K

Kutzer, B., 2004. Sustainability as a Design Tool (Master of architecture dissertation, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University). Retrieved from http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-09172004-174006/unrestricted/bkutzer_thesisbook.pdf

Lan, W., Qiong, H., Qi, Z., Hong, X. and Yuen, K.R., 2017. Role of atrium geometry in building energy consumption: the case of a fully air-conditioned enclosed atrium in Cold Climates, China. Energy and Buildings: 151, 228-241. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.064

Laouadi, A., Atif, M.R. and Galasiu, A., 2002.Towards Developing Skylight Design Tools for Thermal and Energy Performance of Atriums in Cold Climates. Building and Environment: 37, 1289-1316. https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00008-2

Leung, S.K., Kazama, D.B., Pierson, R.E., Sobin, H., Tam, T.M., Trenschel, D. and Young, M.F., 1981. Thermally induced ventilation applications in aria-State-of the art report. California, Eureka Labs. Inc, Sacramento, CA. https://www.osti.gov/biblio/6255381

Li, D.H., Cheung, A.C., Chow, S.K. and Lee, E.W., 2014. Study of daylight data and lighting energy savings for atrium corridors with lighting dimming controls. Energy and buildings: 72, 457-464. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.027

Madani, R., Mokhtari, M. and Qaraeti, M., 2013. The role of the atrium in optimizing fuel consumption in office buildings, the second conference on environmental planning and management, Tehran, https://civilica.com/doc/147946/ (In Persian).

Mahmoodi Zarandi, M., 2017. Atriums and problems of central skylights in modern Iranian architecture, Tehran: Tehran University Press. (In Persian).

Modirrousta, S. and Boostani, H., 2016. Analysis of Atrium Pattern, Trombe Wall and Solar Greenhouse on Energy Efficiency. Procedia Engineering: 145, 1549-1556. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.195

Moosavi, L., Mahyuddin, N., Ab Ghafar, N. and Ismail, M.A., 2014. Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs. Renewable and Sustainable Energy Reviews: 34, 654-670, https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.035

Nasrollahi, N., Abdollahzadeh, S. and Litkohi, S., 2017. The Effect of Atrium on Indoor Environment, Occupant's Thermal Comfort and Energy Consumption in Office Buildings, Case Study: Tehran, Armanshahr Architecture & Urban Development journal, https://www.armanshahrjournal.com/article_58595.html (In Persian).

Piriaei, M., Mofidi Shemirani, S. and Sabernejad, J., 2022. Analysis of atrium design parameters with emphasis on functional similarities with the central courtyard of the central plateau of Iran, a case study of traditional houses in Yazd. Islamic Art Studies: 19(45), 80-95 https://doi.org/10.22034/ias.2021.311415.1777 (In Persian).

Rezaei, N. and Gholami Gowhareh, M., 2021. Individual Investors as Drivers of Urban Change: The Case of Historic District of Kashan, Iran. Heritage & Society: 14(2-3), 304-326. https://doi.org/10.1080/2159032X.2022.2126212

Robinson-Gayle, S., Kolokotroni, M., Cripps, A. and Tanno, S., 2001. ETFE foil cushions in roofs and atria. Construction and Building Materials: 15(7), 323-327. https://doi.org/10.1016/S0950-0618(01)00013-7

Rong Li, B.A., 2007. Natural ventilation of atrium spaces. Ph.D. thesis, School of Architecture, the University of Sheffield, UK. September.

Rong, Q., Yan, D., Zhou, X. and Jiang, Y., 2012. Research on a dynamic simulation method of atrium thermal environment based on neural network. Building and Environment: 50, 214-220. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.11.001

Samant, S.R., 2011. A parametric investigation of the influence of atrium facades on the daylight performance of atrium buildings (Doctoral dissertation, University of Nottingham). http://eprints.nottingham.ac.uk/12303

Santamouris, M., 2013. Environmental design of urban buildings: an integrated approach, Routledge.
Saxon, R., 1986. Atrium buildings: Development and design. London: The Architectural Press.
Saxon, R., 1994. The Atrium Comes Ofof Age, Longman.
Sekkei, Y., 1989. Amenity space for interaction: Yamashita Sekkei, recent works. Process Architecture, Tokyo: 16-37.
Sharples, S. and Bensalem, R., 2001. Airflow in courtyard and atrium buildings in the urban environment: A wind tunnel study. Solar Energy: 70(3), 237-244. https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00092-X
Sharples, S. and Lash, D., 2007. Daylight in atrium buildings: a critical review. Architectural Science Review: 50(4), 301-312. https://doi.org/10.3763/asre.2007.5037
Sodoudi, S., Noorian, A., Geb, M. and Reimer, E., 2010. Daily precipitation forecast of ECMWF verified over Iran. Theoret Appl Climatol: 99, 39-51. https://doi.org/10.1007/s00704-009-0118-9
Sudan, M., Mistrick, R.G. and Tiwari, G., 2017. Climate-Based Daylight Modeling (CBDM) for an atrium: An experimentally validated novel daylight performance. Solar Energy: 158, 559-571. https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.09.067
Tabesh, T. and Sertyesilisik, B., 2016. An Investigation into energy performance with the integrated usage of a courtyard and atrium. Buildings: 6(2), 21. https://doi.org/10.3390/buildings6020021
TaghipourMirzaei, A., Rashid Kalor, H. and Akbari, H., 2019. Investigating the effect of the shape of the atrium ceiling on the reception of the interior lighting of the atrium in the educational spaces of Tabriz city, Journal of Architecture and Urban Planning, Year 13, Number 29. https://doi.org/10.30480/aup.2020.836 (In Persian).
Tavil, A., 2006. Effects of Overhangs on the Performance of Electrochromic Windows, Architectural Science Review: 49(4), 349-356. https://www.academia.edu/download/31886012/Untitled.pdf
Tom, L., 2000. McKnight Climate Zones and Types: The Köppen System/McKnight L. Tom, Hess Darrel. Physical Geography: A Landscape Appreciation.–Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 200-201.
Uslusoy, S., 2012. Examinatıon of energy efficient buildings that use renewable energy resources from the viewpoint of building components. Master Thesis. Dokuz Eylül University. İzmir.
Vethanayagam, V. and Abu-Hijleh, B., 2019. Increasing efficiency of atriums in hot, arid zones. Frontiers of Architectural Research: 8(3), 284-302. https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.05.001
Vujošević, M. and Krstić-Furundžić, A., 2017. The influence of atrium on energy performance of hotel building. Energy and buildings: 156, 140-150. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.068
Wang, F., 2012. Design and low energy ventilation solutions for atria in the tropics. Sustainable Cities and Society: 2(1), 8-28. https://doi.org/10.1016/j.scs.2011.09.002
Wood, A. and Salib, R., 2013. Natural ventilation in high-rise office buildings. New York: Routledge.
Yang, L., Yan, H. and Lam, J.C., 2014. Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs. Renewable and Sustainable Energy Reviews: 34, 654-670. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.035
Yi, R., Shao, L., Su, Y. and Riffat, S., 2009. Daylighting performance of atriums in subtropical climate. International Journal of Low-Carbon Technologies: 4(4), 230-237. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctp027
Yunus, j., 2004. Atrium roof design impacts of modern construction techniques minimize daylight levels in atrium buildings. MSc thesis, Heriot-Watt University, School of the Built Environment, September.
Yunus, J., Ahmad, S.S. and Zain-Ahmed, A., 2010. Analysis of atrium's architectural aspects in office buildings under tropical sky conditions. In 2010 International Conference on Science and Social Research (CSSR 2010), 536-541. IEEE. DOI: https://doi.org/10.1109/CSSR.2010.5773836
Zhengyu, F. and Yihua, Z., 2020. Numerical Investigation of key design parameters impact on energy consumption of commercial complex distributed atrium in cold area of China, p. 012024, IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/531/1/012024