بررسی تاثیر استفاده از آتریوم در کاهش مصرف انرژی برای ساختمانهای اداری در اقلیم سرد و نیمه خشک ایران (نمونه موردی: مشهد)[۱]

حانیه غلامی[۱]*، محمود فیض آبادی[۲]، حامد کامل نیا[۳]، مهدی علومی بایگی[۴]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] استادیار گروه معماری، دانشگاه فردوسی مشهد
[۳] دانشیار گروه معماری، دانشگاه فردوسی مشهد
[۴] دکترای تخصصی برق قدرت
*** Email: (hanieh.gholami@stu.um.ac.ir)***

چکیده
بخش ساختمان حداقل مسئول ۴۰٪ از مصرف انرژی در سطح جهان در کشورهای توسعه یافته و یا در حال توسعه مانند منطقه خاور میانه است که حدود ۳۳٪ از این انرژیها صرف استفاده از سیستمهای HVAC در ساختمانهای میشود. کشور ما نیز به عنوان یک کشور در حال توسعه از این امر مستثنی نبوده اما در مقایسه با کشورهای اروپایی، مصرف انرژی بخش ساختمان شش برابر بیشتر است. در این میان ساختمانهای اداری و دولتی یکی از بزرگترین مصرف کننده های انرژی بوده و به خاطر تعداد زیاد افراد ساکن در آن و زیر بنای بیشتر در مقایسه با سایر ساختمانها، به مراتب استفاده از سیستمهای تهویه مکانیکی در آنها بیشتر است. بنابراین در این مقاله به بررسی نقش آتریوم به عنوان یکی از راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمانهای اداری پرداخته شده است. شهر مشهد نیز به عنوان پایتخت فرهنگی جهان اسلام، در مسیر رشد و توسعه نیاز به توجه زیادی در بخش مصرف انرژی در حوزه ساختمانهای دولتی دارد. برای رسیدن به این هدف از روش مدلسازی و شبیه سازی انرژی در نرم افزار گرس هاپر(Grasshopper) و از پلاگینهای لیدی باگ (Ladybug) و هانی بی(Honeybee) برای انجام محاسبات انرژی ساختمان استفاده شده است. آنالیز انرژی ساختمان برای اقلیم سرد و نیمه خشک ایران و به طور دقیق شهر مشهد انجام شده است و نتایج انجام شده نشان میدهد که؛ الگوی آتریوم خطی (Linear) به عنوان بهینه ترین الگو و با کاهش ۵۵٪ مصرف انرژی برای استفاده در ساختمانهایی با ارتفاع متوسط در شهر مشهد معرفی شده است.

واژه های کلیدی: " آتریوم "" ساختمان اداری "" اقلیم سرد و نیمه خشک "" کاهش مصرف انرژی "

Investigating the effect of using atrium in reducing energy consumption for office buildings in cold and semi-arid climate of Iran (Case study: Mashhad)

Hanieh Gholami [1*], Mahmoud feizabadi [2], Hamed Kamelnia [3], Mahdi Olumi Baigi
[1] Student of Master Degree, Architecture & Urbanism Design Faculty, Ferdowsi University of Mashhad
[2] Asistance of Architecture & Urbanism Design Faculty, Ferdowsi University of Mashhad
[3] Associate Professor of Architecture & Urbanism Design Faculty, Ferdowsi University of Mashhad
4 PhD in Electrical Power
* Email: (hanieh.gholami@stu.um.ac.ir)

---

[۱] این مقاله برگرفته از رساله کارشناسی ارشد حانیه غلامی با موضوع" طراحی ساختمان چند عملکردی شرکت برق خراسان رضوی با تاکید بر مولفه های ساختمان انرژی کم در کاربست عناصر معماری اسلامی" با راهنمایی دکتر فیض آبادی و دکتر کامل نیا و مشاوره دکتر علومی بایگی می باشد.

Abstract

The building sector is responsible for at least 40% of global energy consumption in developed or developing countries, such as the Middle East, and about 33% of this energy is spent on the use of HVAC systems in buildings. Our country is no exception to this as a developing country, but compared to European countries, the energy consumption of buildings is six times higher. Among these, Office and government buildings are one of the largest energy consumers, and due to the large number of inhabitants and more infrastructure than other buildings, the use of mechanical ventilation systems is much higher. Therefore, this paper examines the role of atrium as one of the strategies for reducing energy consumption in office buildings. The city of Mashhad, as the cultural center of the Islamic world, needs much attention in the area of government buildings in the field of energy consumption in the direction of growth and development. To achieve this goal, energy modeling and simulation methods have been used in Grasshopper software and Ladybug and Honeybee plugins for building energy calculations. The energy analysis of the building for the cold and semi-arid climate of Iran and precisely the city of Mashhad has been done. Finally, the linear atrium pattern has been introduced as the most optimal model and with 55% energy consumption reduced for use in intermediate level buildings of Mashhad.

Keywords: "Atrium" "Office building" "Cold and semi-arid climate" "Reducing energy consumption"

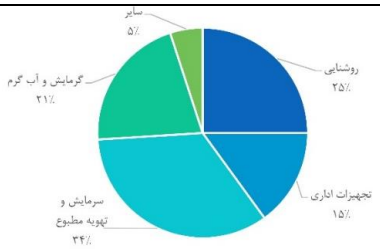
مقدمه

امروزه بخش ساختمان ۴۰٪ از مصرف انرژی را در بیشتر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به خود اختصاص میدهد، (Aflaki, et al., 2015:153) (Cuerda ,et al. 2014:119) که سهم مصرف انرژی در بخش سیستمهای تهویه مکانیکی (HVAC) چیزی حدود ۳۳٪ از این انرژیها را تشکیل میدهد. (Salib and Wood, 2013)

مصرف انرژی بخش ساختمان در کشور ما، شش برابر بیشتر از مصرف انرژی در کشورهای اروپاییست (Asgar, 2014: 1647) با در نظر گرفتن اهمیت مسئله توسعه پایدار در منطقه خاورمیانه و بالا بودن مصرف انرژی در بخش ساختمان در کشور ما به عنوان یکی از ممالک در حال توسعه، توجه به کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمانهای عمومی و دولتی میتواند تا حد زیادی به کاهش مصرف انرژی و بهبود شاخصه های توسعه پایدار در کشور کمک کند.

تعداد زیاد افراد ساکن و زیر بنای بالا در ساختمانهای اداری و دولتی باعث شده که مصرف انرژی و استفاده از سیستمهای مکانیکی در این بناها به مراتب بیشتر از سایر ساختمانها باشد. بر اساس مطالعات و برآورد های انجام شده، حدود ۴۸۰۰ میلیون کیلووات ساعت انرژی الکتریکی (معادل ۲,۵ درصد از کل انرژی مصرفی کشور) در ادارات دولتی مصرف می گردد. نتایج ممیزی های انجام شده نشان میدهد حداقل ۲۰ درصد از این انرژی قابل صرفه جویی است.(زربخش،۱۳۹۴: ۷)

(نمودار ۱) مصرف انرژی در بخشهای مختلف یک ساختمان اداری را نشان میدهد که بخش مربوط به سرمایش و سیستمهای تهویه، بعد از آن بخش روشنایی و استفاده از نور مصنوعی در فضا های اداری بیشترین مصرف را شامل میشود. بنابراین دو مسئله تهویه و روشنایی به ترتیب بزرگترین مصرف کننده های انرژی در ساختمانهای اداری کشور هستند.



نمودار ۱: مصرف انرژی در ساختمانهای اداری کشور(زربخش،۱۳۹۴: ۷)

شهر مشهد نیز با توجه به چشم انداز تعریف شده در سند راهبردی کشور و معرفی به عنوان پایتخت فرهنگی جهان اسلام، به یکی از پر مصرفترین شهرهای کشور در حوزه ساختمان و بناهای دولتی تبدیل شده است، لذا توجه به مسئله انرژی در راستای توسعه مولفه های فرهنگی و اقتصادی این شهر حائز اهمیت و تاثیر گذار بوده است.

علاوه بر این توجه به انسان و خواسته و نیازهایش در طراحی فضاهای اداری یکی دیگر از مسائلیست که امروزه بسیار مورد توجه قرار میگیرد به طوری که می توان گفت در روند توسعه پایدار انسان در نقطه اصلی توجه واقع شده و طراحی پایدار و توسعه پایدار به خاطر ابعاد انسان مدارانه و انسان گرایانه ارزش و اعتباری خاص یافته اند. امروزه با مطرح شدن موضوع معماری فضاهای اداری آینده (Future Office builidngs)، مسائلی مانند سلامت محیط کار، استفاده حداکثری از نور طبیعی و رضایت شغلی افراد نیز جایگاه خاصی یافته است. پاسخگویی به تمامی این معیارها باعث شکلگیری فضاهای آتریومی در دل فضاهای اداری شده است که با رویکردهای کاهش مصرف انرژی و توجه به کاربران در فضاهای اداری طراحی میشود.

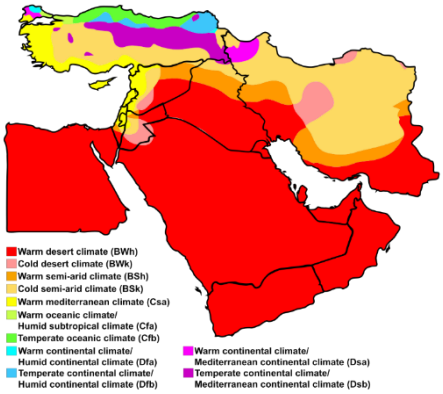
در این مقاله ضمن معرفی کاربرد و ویژگیهای استفاده از آتریوم در داخل فضاهای اداری، به بررسی بهینه ترین حالت استفاده از این راهکار برای ساختمانهای اداری در شهر مشهد به عنوان نماینده اقلیم سرد و نیمه خشک ایران پرداخته ایم.

روش تحقیق

این تحقیق در دسته مدلسازی و شبیه سازی طبقه بندی میشود. در پژوهش حاضر از گرس هاپر (Grasshopper) و پلاگین هانی بی (Honeybee) و لیدی باگ (Ladybug) به عنوان برنامه مدلسازی برای تخمین بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان اداری در مدلهای مختلف استفاده شده و سپس با وارد کردن اطلاعات خروجی به نرم افزار اکسل، مدل بهینه شده استخراج شده است. لیدی باگ و هانی بی؛ دو نرم افزار با محیط باز برای گرس هاپر هستند که لیدی باگ استانداردهای آب و هوایی را با فایل EPW وارد محیط میکند و هانی بی، گرسهاپر را به انرژی پلاس (EnergyPlus)، رادینس (Radiace)، دی سیم (Daysim) و اپن استودیو (OpenStudio) برای شبیه سازی نور روز و انرژی ساختمان متصل میکند. در این پژوهش از EPW مشهد به عنوان نمونه ای از اقلیم سرد و خشک ایران استفاده شده است.

۱-اقلیم سرد و خشک ایران

بر مبنای مدل پهنه بندی کوپن، آب و هوای مشهد در اقلیم سرد و نیمه خشک دنیا طبقه بندی میشود. جایی که میزان بارندگی سالانه بسیار پایین، هوای خشک و بدون رطوبت، زمستانهای سرد و تابستانهای گرمی دارد.



شکل۱: Middle East map of Koppen climate classification (wikipwdia)

۱-۱ ویژگیهای بافت شهری

بافت شهری در اقلیم سرد و نیمه خشک این منطقه برای مقابله با سرمای سخت زمستانهای و گرمای غیر قابل تحمل در تابستانها شکل گرفته است. ویژگیهای شهری و ساختار روستایی در این محدوده به شکل زیر است:

۱. بافت متراکم و فشرده
۲. فضاهای کوچک و بسته
۳.استفاده از نور خورشید و بهره گیری از مزایای آن
۴. معبرهای باریک در امتداد سطح زمین

اقلیم معماری دارای دو هدف عمده است که عبارت اند از: در فصل زمستان مقاومت در برابر اتلاف و خروج حرارت به بیرون از ساختمان و جذب هر چه بیشتر حرارت خورشیدی مانند پرتوی خورشیدی که از پنجر ه های جنوبی میتابد. در فصل تابستان (فصول گرم) که سرمایش مورد نیاز است، این اهداف عکس میگردند، یعنی مقاومت در برابر حرارت تابش خورشیدی با ایجاد سایه و اتلاف هر چه بیشتر حرارت داخل ساختمان موردنظر است.(Watson,1993:183)

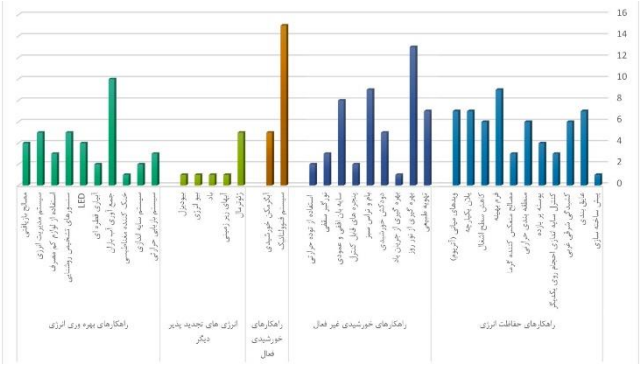
شهر مشهد، به عنوان نماینده اقلیم سرد و نیمه خشک ایران، در شمال شرقی کشور واقع شده است. این شهر بزرگترین، مهمترین و پر جمعیت ترین شهر در بخش شرقی ایران محسوب میشود و تا شعاع بسیار زیادی در خارج از مرزهای شمالی و شرقی، چنین شهری با چنین ویژگیهایی یافت نمیشود. این شهر که در بخش بزرگی از حوضه آبریز کشف رود واقع شده است از شمال شرق به کوه های هزار مسجد و از جنوب و غرب به کوههای بینالود محدود میشود مختصات این شهر نیز ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی است (فیضی و همکاران،۱۳۹۳: ۱۲۴ به نقل از مدیریت آمار و تحلیل اطلاعات شهرداری مشهد).

حداقل ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۷۵۰ متر و حداکثر آن ۱۸۰۰ متر است و ارتفاع متوسط شهر مشهد از سطح دریا ۹۴۳ متر است .حداکثر ارتفاع کوهها در دو طرف این دره ۳۱۵۰ متر است؛ بدین ترتیب ارتفاع خط الرأس کوهها و خط القعر دره کشف رود ۲۴۰۰ متر است که این امر تأثیر فراوان در تنظیم شبکه آبهای سطح الارضی دارد(همان). طی پژوهشهای انجام شده اقلیم این شهر از ۴۰ سال گذشته تاکنون نیمه گرم و خشک است. حداکثر دمای سالانه این شهر به طور میانگین ۱۰ سال گذشته، در تیرماه ۴۳,۵ درجه سانتیگراد و حداقل دمای سالانه در دیماه و -۱۵درجه است. همچنین به طور میانگین شهر مشهد در ۷ ماه از سال دما زیر حد آسایش است و در ۳ ماه بالای حد آسایش و همچنین در ۲ ماه از سال در محدوده آسایش قرار دارد .باد محلی دیزباد یا تیزباد ازجمله بادهای مهم در استان است در قسمتهایی از شهرستانهای نیشابور و مشهد میوزد و با توجه به شرایط مناسبی که دارا میباشد، یک باد اقتصادی محسوب میگردد .این باد محلی با جهت شرقی–غربی می وزد (فیضی و همکاران،۱۳۹۳: ۱۲۴ به نقل از تارنمای اداره کل هواشناسی خراسان رضوی)

۲- راهکارهای کاهش مصرف انرژی

عوامل زیادی بر مصرف انرژی یک ساختمان تاثیرگذارند که با شناخت آنها و اعمال راهکارهای طراحی خاص در هر زمینه میتوان از هدر رفت انرژی در آن بخش جلوگیری کرد؛ استراتژیهای تعیین شده در پنج دسته: ۱. بهبود کارایی لفاف فضایی ساختمان۲. بهبود کارایی روشنایی ساختمان؛ ۳. بهبود کارایی سیستمهای مکانیکی ساختمان؛ ۴. مدیریت بار انرژی پلاگینها؛ و ۵. سیستمهای فعال و غیرفعال خورشیدی قرار میگیرند.

طبق تحقیق انجام شده بر روی ۱۷ نمونه موردی ساختمان کم مصرف، مشخص شد که استفاده از آتریوم در بخش راهکارهای طراحی غیر فعال یکی از پرکاربردترین راهکارها بوده؛ در این پژوهش که به بررسی راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ۵ حوزه؛ راهکارهای حفاظت خورشیدی، راهکارهای خورشیدی غیرفعال، راهکارهای خورشیدی فعال، استفاده از سایر انرژی های تجدید پذیر و راهکارهای بهره وری انرژی، پرداخته شده بود، میزان اهمیت به کارگیری آتریوم در فضاها مشخص شد.



نمودار ۲: فراوانی راهکارهای رسیدن به ساختمان کم مصرف (نگارنده،۱۳۹۶)

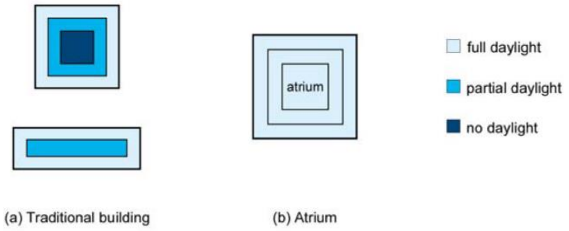
در این پژوهش به طور اختصاری به بررسی موضوع آتریوم، نقش آن و الگو بهینه این روش، برای ساختمانهای اداری میان مرتبه در شهر مشهد به عنوان یک نمونه موردی پرداخته شده است.

۳- آتریوم

آتریوم(ATRIUM) یک کلمه لاتین است که در اصل به یک فضای مرکزی به سوی آسمان و اتاق هایی در اطراف با دیوارهایی سیاه شده از دوده؛ در خانه ها قدیمی رومیان باستان، اشاره دارد. با این وجود، در دوران مدرن، طراحی آن به گونه ای تغییر کرده است که معمولا با دیوارها و سقف شیشه ای پوشیده می شود و یک فضای مشترک برای ارتباط بین گالری ها و طبقات مجاور در یک ساختمان ایجاد میکند. (Moosavi, L., et al, 2014: 655)

۳-۱ عملکرد آتریوم

آتریومها معمولا در ساختمانهایی با مقیاس بزرگ مانند، مراکز تجاری یا ساختمانهای اداری عظیم به کار برده میشوند. آتریومها نقش زیادی در تامین نور روز برای تمام فضاهای داخلی یک ساختمان دارد، همانطور که در دیاگرام زیر دیده میشود، استفاده از آتریوم میتواند بخش زیادی از فضای داخلی را روشن کند و مصرف انرژی را تا حد زیادی پایین بیاورد.



شکل ۲:دیاگرام نورگیری آتریوم(Hung, W.Y., 2003: 133)

ایجاد یک آتریوم در یک ساختمان ، به ویژه با کاربریهای عمومی و مختلط به چهار شکل میتواند باعث صرفه جوئی شود: آتریوم بعنوان یک فضای حائل، به شکل میانجی حرارتی بطور معمول دارای ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتیگراد دمای داخلی است. اما دمای خود آتریوم همراه با نوسانات دمای محیط پیرامون و با تاخیر زمانی در حال تغییر است. فضاهای مجاور آتریوم از تغییرات شدید محیط محافظت شده و از اتلاف حرارتی ناشی از سطوح شفاف آنها میکاهد. مقدار این صرفه جوئی بستگی به دمای داخلی آتریوم ، وضعیت هوابندی و تهویه آتریوم، ضرائب هدایت حرارتی عناصر سازنده آن و میزان عایقکاری سطوح آن دارد. با پیش گرم یا پیش سرد سازی هوای تازه، بار گرمایش و سرمایش ساختمان راکاهش میدهد. اگر آتریوم دارای سطوح ذخیره ساز حرارت بوده و به سمت جنوب نیز چرخیده باشد، بشکل غیر فعال از انرژی خورشیدی برای گرمایش در روز زمستان و سرمایش در شب تابستان استفاده کرده از انرژی مصرفی میکاهد .(مفیدی شمیرانی،م.، مدی،ح.، ۱۳۸۶: ۳)

اگر آتریوم دارای سطوح ذخیره ساز حرارت بوده و بسمت جنوب نیز چرخیده باشد، بشکل غیر فعال (Passive) از انرژی خورشیدی برای گرمایش در روز زمستان و سرمایش در شب تابستان استفاده کرده و از انرژی مصرفی میکاهد.

صرفه جوئی های انرژی در فضاهای مجاور آتریوم نیازهای گرمایشی آنرا کاهش میدهد و در مقابل نیز بعضی از آتریومها به واسطه خصلت میانجی بودن کل نیازهای گرمایش ساختمان را پائین می آورند. اما این توانائی به گرمای درونی آتریوم نیز بستگی دارد. این گرما با موارد زیر در ارتباط است:

۱. نسبت سطح خارجی پنجره های آتریوم به سطح دیوارها

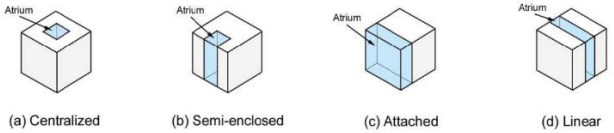
۲. میزان عبور حرارت از دیوار جداکننده آتریوم از سازه اصلی که معمولا با نسبت سطح پنجره های داخلی به کل سطح دیوار تعیین میشود.

۳. جهت گیری ، شیب وآهنگ عبور انتقال حرارت از پنجره های خارجی آتریوم.

ساختار کلی آتریومها به ۴ دسته تقسیم میشود از جمله: مرکزی، نیمه محصور، متصل و خطی. اشکال و جهت گیریهای مختلف عملکرد های حرارتی متفاوتی دارند. مثلا آتریومهای داخلی مانند متمرکز و خطی، به طور مداوم دما را ثابت نگه میدارند و نوسان دما را کاهش میدهند. بنابراین دو مزیت، آسایش حرارتی و نور روز همزمان شکل می گیرد. زمانی که فضاها در اطراف آتریوم قرار میگیرند، آتریوم مانند یک جمع کننده خورشیدی عمل میکند. (همان)

موقعیت قرار گیری آتریوم تابع شرایط آب و هوایی منطقه است. برای بدست آوردن حداکثر نور روز، باز بودن آتریوم به سمت آسمان یکی از موثرترین راهکارهای طراحی است. اگرچه که باید به گرمای بیش از حد تابستان در این فضا آگاه بود. برای این منظور استفاده از سقف با سایه اندازی برای پرتوهای تابشی با زاویه تابش بالا و اطمینان

از میزان پرتوهای بازتابیده شده برای اقلیمهای گرمتر توصیه میشود. (Hung, W.Y., 2003: 114)



شکل ۳: محل قرارگیری آتریوم در ساختمان (Hung, W.Y., 2003: 113)

ساختمانهایی که دارای آتریوم مرکزی یا خطی هستند، اثرمیانجی بهتری را بر فضاهای مجاور دارند و بر عکس، آتریومهای یکپارچه شده تنها برای قسمتی از بنا ایجاد میانجی کرده و بر زیبائی ساختمان میافزایند. قابلیت میانجیگری نوع متصل و یا نیمه محصور بطور بالقوه زیاد بوده اما این آتریوم ها باید هوای گرمتری نسبت به بقیه دریافت نمایند. زمانی که شیشه های آتریوم شیب دار باشند میزان اتلاف حرارتی از حالت عمودی بیشتر است و زمانی که سطح دیوارهای رو به خورشید درون آتریوم افزایش یابد، نیاز های گرمایشی آن تا ۲۵٪ کاهش می یابد و تغییری هم در وضعیت داخلی ساختمان ایجاد نمیکند. در این حالت جذب گرما در آتریوم تابعی از نحوه تهویه ساختمان خواهد بود. (رضایی،ن.، کامل نیا،ح. ۱۳۹۵: ۶۹)

آتریومها در تابستانها دچار افزایش دما میشوند و با روشهای مناسبی میتوان این افزایش دما را کاهش داد .این روشها برای مثال میتواند شامل استفاده از یک بادگیر، سایه اندازی سطوح با درختان یا صفحات معلق و یا سایه بانهای متصل به سازه آتریوم، تهویه و به کارگیری جرم حرارتی و برودتی تابشی باشد. بهره وری انرژی و سایر جنبه های آن تا اندازه زیادی به انتخاب میزان شیشه گذاری در آتریوم بستگی دارد زیرا که این عامل بر روی میزان دریافت نور تکمیلی روز، بارهای حرارتی و لایه بندی حرارتی تاثیر میگذارد. (همان)

در طول زمستان همه بازشوهای آتریوم بسته است و هوای درون آن از طریق تابش آفتاب بر سطوح کف و دیوارها گرم میشود به طوری که دما کف ۵ الی ۱۵ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای بیرون است. دما در شرایط معمولی زمستانی در طول روز در داخل آتریوم معمولاً ۲۰ تا ۲۵ درجه است که در طول شب به ۱۲ الی ۱۵ درجه سانتیگراد کاهش مییابد. اختلاف دمای بین پایین تا بالای آتریوم ۵ درجه است. آتریوم طبقات بالایی را بیشتر گرم میکند. یعنی اتاقی که به بالای آتریوم متصل بوده ۱۶ درجه دما دارد در حالیکه اتاق غیر مرتبط با نوسان دمای محیط از ۸ تا ۱۸ درجه تغییر دما داشته است. محاسبات نشان میدهد که تنها مقدار کمی انرژی برای ایجاد شرایط آسایش حرارتی در اتاقهای مجاور آتریوم مورد نیاز است. (Bandy, C., 2005)

شکل ۴: استفاده از فضاهای سبز در آتریومهای محیط اداری

گیاهان در آتریوم امکان رشد دارند زیرا که آنها به عنوان اشیای غیرفعال، تابش خورشید را صرف رشد خود کرده و آنرا انعکاس یا تابش نمیدهند. گیاهان با جذب دی اکسیدکربن از فضا و تولید اکسیژن جذب بخار آب و ذرات توسط برگهایشان و ایجاد سایه اندازی محیط مناسبی را برای حضور انسان ایجاد میکنند. زمانی که متوسط دمای تابشی MRT محیط بالا باشد دمای محیط مطابق معادله زیر بالا خواهد رفت:

$$T_{env}=1/3DBT+2/3MRT$$

که در آن DBT دمای خشک و envT دمای محیط است. درختان در آتریوم با ایجاد سایه این مقدار را کاهش میدهند. (Bandy, C., 2005)

۳-۲ نقش آتریوم در ساختمان

آتریوم علاوه بر اینکه مرکز تعاملات اجتماعی افراد است زمانیکه برای تامین نیازهای حرارتی به خوبی طراحی شود، به المان مهمی در سیستمهای غیر فعال ساختمانی نیز تبدیل میشود.

آتریومها معمولا گرمایش غیرفعال و استراتژیهای سرمایشی ساختمان را تامین میکنند و همچنین تهویه کلی و استفاده حداکثری از نور روز را برای فضاهای پیرامونشان به دنبال دارند.

طراحی مناسب آتریوم پتانسیلهای فراوانی برای کاهش مصرف انرژی به همراه دارند(Tabesh, T., Sertyesilisik, B., 2015:54)

آتریومها امروزه در ساختمانهای مختلف اداری، هتل، بیمارستان و مراکز تجاری در سراسر جهان دیده میشوند .آتریوم فضایی با محیط قابل کنترل ،روشنایی طبیعی، محافظت از باران، برف و باد و همچنین مزایای طراحی شهری و فرصتهای اجتماعی را ایجاد میکند.

آتریوم در ساختمان نقشهای زیادی ایفا میکند، از قبیل:

- نقش معماری(Architectural Function): آتریوم به تنهایی میتواند فضای مناسبی تامین کند و اغلب توسط معماران، طراحان و برنامه ریزان در ساختمان به منظور ایجاد فضاهای پیچیده و استفاده بهینه از زمین به کار میرود (R. Saxon, 1983)
- ارتباط با محیط بیرون (Connection to Outdoor Environment): آتریومهای شفاف معاصر تامین کننده دیدهای موجود به فضای بیرون هستند .حتی آتریومهای دارای فضای سبز بدون نمای شفاف احساسی از حضور در دنیای بیرون را به وجود می آورند (A. BarthakurA, 1996)
- عملکرد اقتصادی (Economic Function): بررسیها نشان میدهد که ساختمانهای دارای آتریوم جذابتر بوده و نرخ اشغال بیشتری دارند. آتریوم فضاهای اجتماعی برای گردهم آیی، رویدادها، اجراها و نمایشگاهها را به وجود می آورد که خود عاملی برای بالا رفتن میزان اشغال و در آمد است. (R. Saxon, 1983)
- صرفه جویی در انرژی (Energy conservation): ساختمانهای دارای آتریوم پتانسیل زیادی برای بهره وری انرژی دارند .با استفاده از نور طبیعی آتریوم باعث کاهش هزینه های

روشنایی شده، با استفاده حداکثری از انرژی های تجدیدپذیر، آتریوم میتواند آسایش محیطی با کمترین وابستگی به سیستمهای مکانیکی را فراهم کند. ساخت و نگهداری هر دو به طور قابل توجهی کاهش می یابند(A. BarthakurA, 1996)

تامین گرمایش و سرمایش طبیعی در ساختمان مزایای زیادی به دنبال دارد که از این میان میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. کاهش کمبود منابع

۲. کاهش اثرات مضر زیست محیطی ناشی از آلاینده های تولید انرژی

۳. کاهش هزینه ها

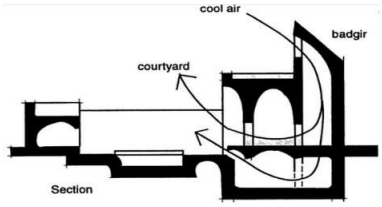
۴. کاهش سندرم ساختمان بیمار (SBS)

۵. بهبود کارایی افراد به دلیل حضور در محیط سالمتر (Jaberansari, M., Elkadi, H., 2016:1)

۴- کاربرد آتریوم در معماری معاصر

پس از پیدایش اولین اثرات استفاده از آتریوم در بقایای باستان شناسی خانه ای در اور (۳۰۰۰ ق.م) و خانه های روم و یونان باستان(Noor M. ,1986)، میتوان ردپای آن را در معماری خانه های ایرانی در فلات مرکزی ایران دنبال کرد.

ایده استفاده از آتریوم، در واقع از ایده حیاطهای مرکزی قدیمی برای کنترل اقلیم، گرفته شده است. (Abel, 2000, Medi,2010) الگوی حیاطهای مرکزی در خانه های ایرانی در واقع نمود اولیه ایده آتریوم های امروزی بوده است. معماری ایرانی هنریست که با فعالیت های مردم در ارتباط است. معماران ایرانی تمایل به طراحی عناصر معماری سنتی با توجه به شرایط آب و هوایی و ملاحظات محیطی داشتند، این روند نتیجه معماری است که توسط بر گرفته از نبوغ و دانش فنی ست. (Feziabadi, et al., 2016: 508)



شکل ۵: مقطعی از یک حیاط مرکزی و بادگیر آن در خانه ای ایرانی (Jaberansari, M., Elkadi, H., 2016:2)

اما شروع به کار گیری آتریوم در طراحی ساختمانهای مدرن در جریان انقلاب صنعتی و با گسترش استفاده از مصالح جدید نظیر شیشه و عناصر ساختاری فولادی و آهنی، آغاز شد. با این حال آتریومهای مدرن، تا اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۶۰ رایج نبودند. (Atif M.,1993: 45)

با افزایش تعداد ساختمانهای دارای آتریوم به ویژه ساختمانهای لوکس غیر مسکونی، تقاضا برای سیستمهای تهویه برای ارائه کیفیت هوایی بالا و راحتی حرارتی برای ساکنان؛ نیز گسترش یافت. که این امر منجر به استفاده بیشتر از سیستمهای مکانیکی با تقاضای انرژی بالا میشد. بنابراین در دهه ۷۰ و اوایل ۸۰، مزایای زیست محیطی آتریوم به عنوان پاسخی جدید به بحرانهای نفتی و مصرف بالای انرژی، در طرحهای ساختمانی تبدیل شد. (Ahmad MH, Rasdi MTHM, 2000: 11)

امروزه استفاده از آتریوم در ساختمانهای اداری بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس با توجه به مزایای زیاد آن، به طور گسترده ای مورد استفاده قرار میگیرد. به عنوان مثال در جدول شماره (۱) به چند نمونه ساختمان اداری کم مصرف (Low energy office building) اشاره شده است که در آنها از آتریوم به صورتهای مختلفی استفاده شده است:

جدول ۱: نمونه های آتریوم در ساختمانهای معاصر کم مصرف (نگارندگان، ۱۳۹۶)

نام پروژه	معمار	رویکرد	نقش آتریوم	نوع آتریوم	مکان	تصویر
ساختمان اداری Energinet.dk	Henning Larsen architects	Low Energy	نورگیری طبیعی صرفه جویی در مصرف انرژی	مرکزی	بالروپ، دانمارک	
ساختمان اداری KPMG	3XN	Low Energy	نورگیری طبیعی عملکرد اقتصادی صرفه جویی در مصرف انرژی	مرکزی	کوپنهاگن، دانمارک	
ساختمان اداری امنیت عمومی سالت لیک	civitas	Zero energy Net	نورگیری طبیعی- ارتباط با محیط بیرون	متصل شده	سالت لیک، ایالت یوتا	

نام پروژه	معمار	رویکرد	نقش آتریوم	نوع آتریوم	مکان	تصویر
ساختمان شرکت مانیتوبا هیدرو	Bruce Kuwabara	Net zero energy	تهویه و نورگیری طبیعی صرفه جویی در مصرف انرژی ارتباط با محیط بیرون	نیمه محصور	مانیتوبا، کانادا	
ساختمان گروه One Angel Square	3DReid	Energy Plus	نورگیری و تهویه طبیعی صرفه جویی در مصرف انرژی عملکرد اقتصادی	مرکزی	منچستر، انگلیس	
ساختمانThe Edge	PLP Architecture	zero energy	نورگیری و تهویه طبیعی صرفه جویی انرژی ارتباط با محیط بیرون عملکرد اقتصادی پیچدگی فضایی (نقش معماری)	نیمه محصور	آمستردام، هلند	

۵- الگوی بهینه آتریوم برای ساختمان اداری در شهر مشهد

استفاده از آتریوم در طراحی فضاهای یک ساختمان اداری با رویکرد کاهش مصرف انرژی میتواند یکی از کلیدی ترین و تاثیرگذارترین راهکارهای طراحی غیر فعال باشد که علاوه بر کاهش میزان مصرف باعث ایجاد تنوع فضایی و دیدهای بصری متفاوت در داخل فضای آن ساختمان میشود. همانطور که در بخش مبانی نظری ذکر شد، ۴ الگو کلی برای جانمایی فضای آتریوم در حجم وجود دارد.

در این بخش ابتدا به آنالیز انرژی این ۴ الگو در یک حجم ساده پرداخته شده و بهترین حالت آن از نظر مصرف انرژی برای شهر مشهد مشخص شده است.

تمامی مدلها داری مساحت و ابعاد یکسان بوده و در محیط نرم افزار راینو (Rhinoceros) مدلسازی شده و به وسیله نرم افزار گرس هاپر (GrassHopper) و پلاگین لیدی باگ (Ladybug) و هانی بی (Honeybee)، آنالیز و شبیه سازی انرژی در آنها انجام گرفته است.

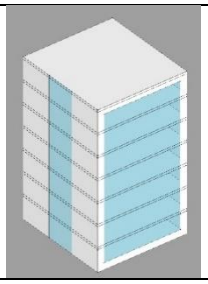
۵-۱ بررسی عملکرد الگوهای مختلف در کاهش مصرف انرژی

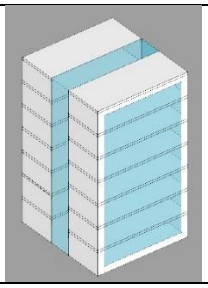
۵-۱-۱ آتریوم خطی (Linear)

در این بخش با انتخاب الگوی خطی آتریوم برای یک ساختمان اداری در اقلیم آب و هوایی شهر مشهد و مقایسه آن با یک ساختمان مشابه بدون آتریوم به نتایج قابل توجهی دست یافتیم.

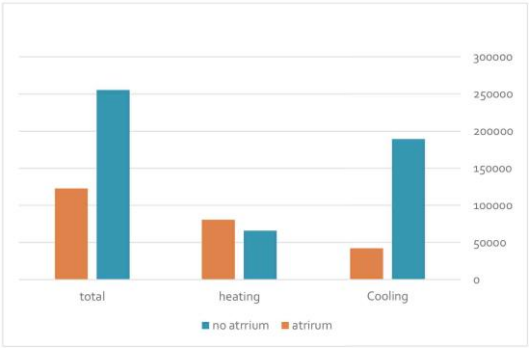
این آنالیز برای یک ساختمان ۷ طبقه با ابعاد ۱۲ در ۱۲ متر مربع انجام گرفت. مدل اول ساختمانی بدون آتریوم و با ۷۰٪ سطح بازشو در تمام جداره های پیرامونی بود برای دریافت کامل نور روز ؛ و مدل دوم ساختمانی با همان ابعاد و ۷۰٪ سطح بازشو در جداره های شمالی و جنوبی و آتریوم خطی با سطح اشغال ۳۴٪ در نظر گرفته شد. سطح بازشو مدل اول با احتساب سطح نورگیر سقفی در آتریوم در نمونه دوم به طور یکسان در نظر گرفته شده است.

جدول ۲: مقایسه مصرف انرژی در نمونه دارای آتریوم خطی و فاقد آتریوم

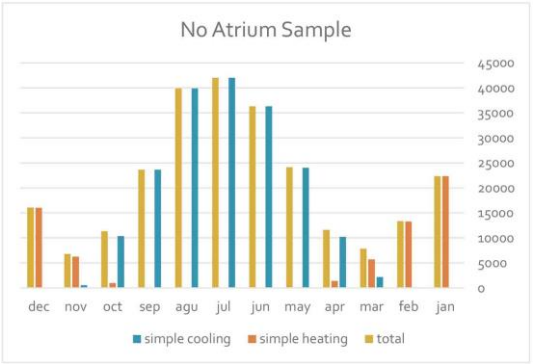
نوع آتریوم	تصویر
بدون آتریوم	
بار سرمایشی	۱۸۹۲۴۱/۱۵۲۲
بار گرمایشی	۶۶۰۳۰/۹۷۷۹۹
مصرف انرژی کلی	۲۵۵۲۷۲/۱۳

دارای آتریوم خطی (Linear)	
بار سرمایشی	۴۲۰۸۰/۲۳۴۷
بار گرمایشی	۸۰۶۶۰/۰۱۲۹۸
مصرف انرژی کلی	۱۲۲۷۴۰/۲۵

استفاده از الگوی آتریوم خطی در ساختمان باعث کاهش بار سرمایشی تا **۷۷/۷۶**٪ میشود اما مصرف بار گرمایشی را به میزان **۲۲/۱۵**٪ افزایش میدهد و در مجموع مصرف انرژی کلی ساختمان را به میزان **۵۵/۶۱**٪ کاهش میدهد.

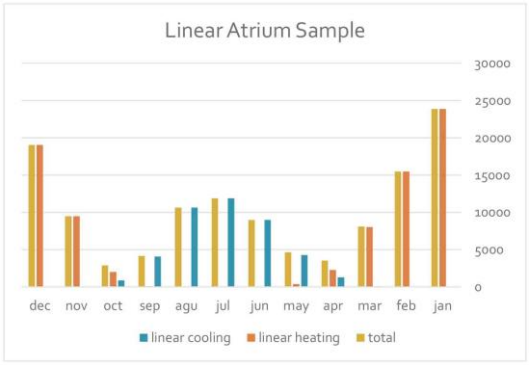


نمودار ۳: مقایسه ساختمان دارای آتریوم خطی و ساختمان بدون آتریوم در مصرف انرژی



total	simple heating	simple cooling	month
22347/78	22340/33727	7/444048	jan
13329/47	13252/97129	76/498839	feb
7847/37	5687/744198	2159/621662	mar
11589/21	1381/650202	10207/5646	apr
24144/15	127/730439	24016/42132	may
36307/99	0	36307/99327	jun
42013/27	0	42013/26796	jul
39889/21	0	39889/21024	agu
23643/19	4/11963	23639/0732	sep
11326/81	957/682573	10369/12918	oct
6788/14	6240/758132	547/377327	nov
16045/53	16037/98425	7/550562	dec

جدول ۳: میزان مصرف انرژی در ساختمان بدون آتریوم



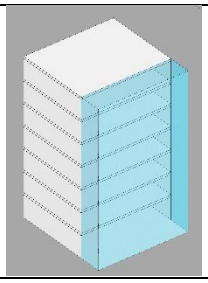
total	linear heating	linear cooling	month
23880/66	23880/66334	0	jan
15484/75	15484/75207	0	feb
8113/75	8038/124133	75/622531	mar
3532/29	2259/834819	1272/459736	apr
4650/80	374/985166	4275/816581	may
8984/10	0	8984/096213	jun
11880/24	0	11880/24127	jul
10646/23	0	10646/23192	agu
4163/80	87/423639	4076/380516	sep
2882/63	2013/24331	869/386005	oct
9488/47	9488/474454	0	nov
19032/51	19032/51205	0	dec

جدول ۴: میزان مصرف انرژی در ساختمان دارای آتریوم خطی

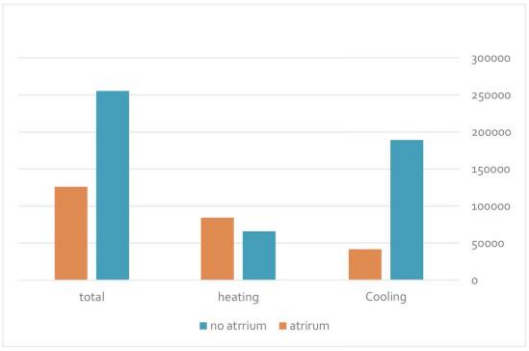
۳-۳-۲ آتریوم متصل شده (Attached)

در این بخش با انتخاب الگوی آتریوم متصل شده به مقایسه مصرف انرژی این نمونه با نمونه مشابه قبلی پرداختیم.

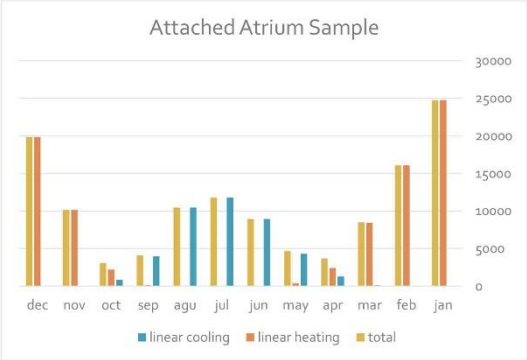
جدول ۵: مصرف انرژی در نمونه دارای آتریوم متصل شده

نوع آتریوم	تصویر
دارای آتریوم متصل شده (Attached)	
بار سرمایشی	۴۱۶۶۸/۷۰۴۵
بار گرمایشی	۸۴۳۶۴/۸۹۹
مصرف انرژی کلی	۱۲۶۰۳۳/۵۴

استفاده از الگوی آتریوم متصل شده در ساختمان باعث کاهش بار سرمایشی تا **۷۷/۹۸**٪ میشود اما مصرف بار گرمایشی را به میزان **۲۷/۷۷**٪ افزایش میدهد و در مجموع مصرف انرژی کلی ساختمان را به میزان **۵۰/۲۲**٪ کاهش میدهد.



نمودار ۴: مقایسه ساختمان دارای آتریوم متصل شده و ساختمان بدون آتریوم در مصرف انرژی



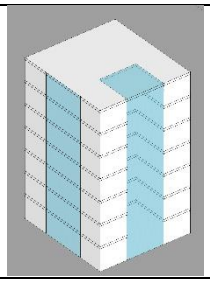
total	linear heating	linear cooling	month
24751/24	24751/23949	0	jan
16072/02	16072/0209	0	feb
8504/53	8417/420862	87/106821	mar
3698/04	2416/676752	1281/364798	apr
4675/30	376/796634	4298/500123	may
8940/92	0	8940/923023	jun
11777/41	0	11777/41134	jul
10457/40	0	10457/40176	agu
4102/23	119/030559	3983/201081	sep
3060/18	2217/383585	842/795554	oct
10144/23	10144/23256	0	nov
19850/04	19850/03837	0	dec

جدول ۶: میزان مصرف انرژی در ساختمان دارای آتریوم متصل شده

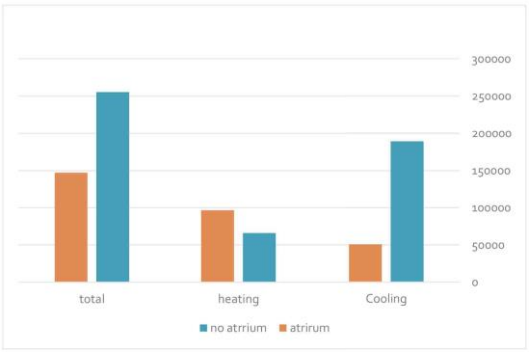
۳-۳-۳ آتریوم نیمه محصور (Semi-enclosed)

در این بخش با انتخاب الگوی آتریوم نیمه محصـــور به مقایســـه مصرف انرژی این نمونه با نمونه مشابه قبلی پرداختیم.

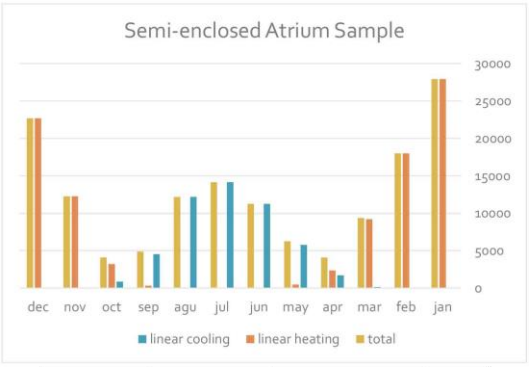
جدول ۷: مصرف انرژی در نمونه دارای آتریوم نیمه محصور

نوع آتریوم	تصویر
دارای آتریوم نیمه محصور (Semi-enclosed)	
بار سرمایشی	۵۰۶۶۳/۶۸۳۴
بار گرمایشی	۹۶۵۳۵/۲۶۸۹
مصرف انرژی کلی	۱۴۷۱۹۸/۹۵

استفاده از الگوی آتریوم متصل شده در ساختمان باعث کاهش بار سرمایشی تا**۷۳/۲۳**٪ میشود اما مصرف بار گرمایشی را به میزان **۴۶/۲۰**٪ افزایش میدهد و در مجموع مصرف انرژی کلی ساختمان را به میزان **۲۷**٪ کاهش میدهد.



نمودار ۵: مقایسه ساختمان دارای آتریوم نیمه محصور و ساختمان بدون آتریوم در مصرف انرژی



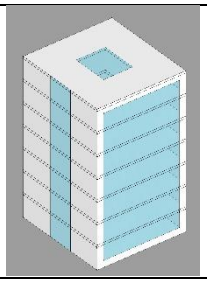
total	linear heating	linear cooling	month
27939/84	27939/84433	0	jan
18006/14	18006/13997	0	feb
9363/12	9217/511537	145/603825	mar
4102/36	2371/825224	1730/536302	apr
6261/61	473/808473	5787/802811	may
11255/43	1/677603	11253/75167	jun
14165/42	0	14165/42103	jul
12186/14	0	12186/1423	agu
4865/88	336/089203	4529/795034	sep
4090/30	3225/672227	864/630477	oct
12268/74	12268/74351	0	nov
22693/96	22693/95685	0	dec

جدول ۸: میزان مصرف انرژی در ساختمان دارای آتریوم نیمه محصور

۳-۳-۴ آتریوم مرکزی (Centralized)

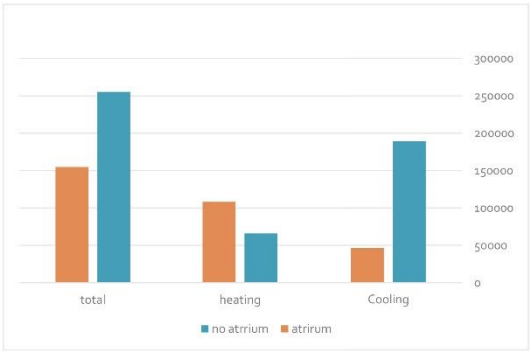
در این بخش با انتخاب الگوی آتریوم مرکزی به مقایســه مصــرف انرژی این نمونه با نمونه مشابه قبلی پرداختیم.

جدول ۹: مصرف انرژی در نمونه دارای آتریوم مرکزی

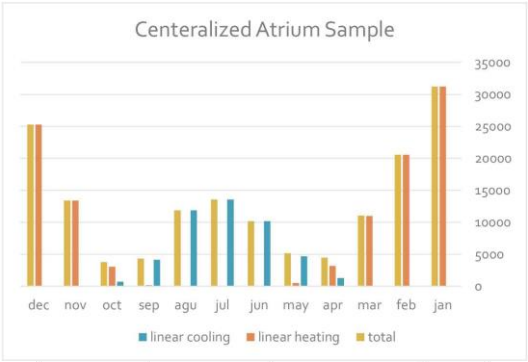
نوع آتریوم	تصویر
دارای آتریوم مرکزی (Centralized)	

بار سرمایشی	۴۶۵۲۸/۵۷۷۵
بار گرمایشی	۱۰۸۳۸۷/۵۳۰۸
مصرف انرژی کلی	۱۵۴۹۱۶/۱۱

استفاده از الگوی آتریوم متصل شده در ساختمان باعث کاهش بار سرمایشی تا **۷۵/۴۱٪** میشود اما مصرف بار گرمایشی را به میزان **۶۴/۱۵٪** افزایش میدهد و در مجموع مصرف انرژی کلی ساختمان را به میزان **۱۱٪** کاهش میدهد.



نمودار ۶: مقایسه ساختمان دارای آتریوم مرکزی و ساختمان بدون آتریوم در مصرف انرژی



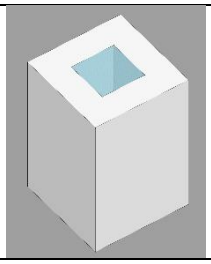
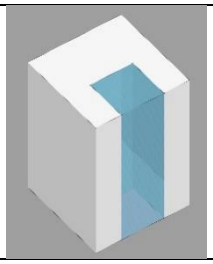
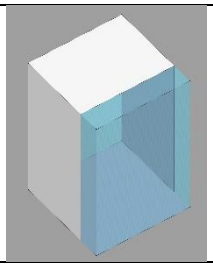
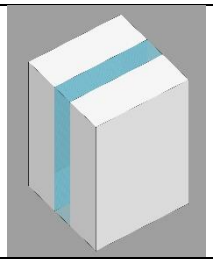
total	linear heating	linear cooling	month
31219/85	31219/84524	0	jan
20546/19	20546/19112	0	feb
11056/96	11006/46325	50/495928	mar
4485/01	3191/003214	1294/003209	apr
5189/48	503/206562	4686/270967	may
10186/22	0	10186/21537	jun
13571/31	0	13571/30826	jul
11855/53	0	11855/52719	agu
4331/16	172/192295	4158/963134	sep
3789/96	3064/164585	725/793758	oct
13393/09	13393/08692	0	nov
25291/38	25291/37766	0	dec

جدول ۱۰: میزان مصرف انرژی در ساختمان دارای آتریوم مرکزی

تحلیل یافته ها

با توجه به اقلیم سرد و خشک مشهد، تابستانهای بسیار گرم و زمستانهای سرد و خشک؛ و طولانی بودن دوره گرما و نیاز سرمایشی بالا در این شهر اولیت اول انتخاب را به بار سرمایشی کمتر اختصاص میدهیم. که گزینه آتریوم متصل شده بهترین گزینه خواهد بود اما با نگاه کردن به بار گرمایشی و انرژی کلی مصرفی متوجه ناکارآمدی این الگو برای اقلیم مشهد میشویم. بعد از آن به الگوی خطی در بار سرمایشی کمتر میرسیم که مصرف انرژی کلی و گرمایشی قابل قبولی نیز نسبت به سایر گزینه های دارد. **بنابراین بهترین الگو برای شهر مشهد الگو خطی (Linear) با کاهش ۵۵/۶۱٪ مصرف انرژی کلی، ۷۷/۷۶٪ انرژی سرمایشی و ۲۲/۱۵٪ انرژی گرمایشی میباشد.**

جدول ۱۱: مصرف انرژی در الگوهای فضایی مختلف آتریوم ها

نوع آتریوم	تصویر
مرکزی (Centeralized)	
بار سرمایشی	۴۶۵۲۸/۵۷۷۵
بار گرمایشی	۱۰۸۳۸۷/۵۳۰۸
مصرف انرژی کلی	۱۵۴۹۱۶/۱۱
نیمه محصور (semi-enclosed)	
بار سرمایشی	۵۰۶۶۳/۶۸۳۴
بار گرمایشی	۹۶۵۳۵/۲۶۸۹
مصرف انرژی کلی	۱۴۷۱۹۸/۹۵
نوع آتریوم	تصویر
متصل شده (attached)	
بار سرمایشی	۴۱۶۶۸/۷۰۴۵
بار گرمایشی	۸۴۳۶۴/۸۹۹
مصرف انرژی کلی	۱۲۶۰۳۳/۵۴
خطی (linear)	
بار سرمایشی	۴۲۰۸۰/۲۳۴۷
بار گرمایشی	۸۰۶۶۰/۰۱۲۹۸
مصرف انرژی کلی	۱۲۲۷۴۰/۲۵

بنابر اطلاعات و ارقام استخراج شده، میتوان نتیجه گرفت بعد از الگوی آتریوم خطی آتریوم متصل شده با کاهش ۵۰ درصدی مصرف انرژی، الگوی نیمه محصور با ۲۷٪ و الگوی مرکزی با ۱۱٪ کاهش مصرف به ترتیب در جایگاههای بعدی قرار می گیرند.

نمودار ۷: مقایسه بار سرمایشی، گرمایشی و انرژی مصرفی کلی در الگوهای مختلف آتریوم

نتیجه گیری

شهر مشهد به عنوان نماینده اقلیم سرد و خشک ایران دارای زمستانهای سرد و تابستانهای سرد و طاقت فرساییست. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق؛ استفاده از الگوهای مختلف آتریوم میتواند تا حد زیادی مصرف انرژی را به شکل غیر فعال در ساختمانهای اداری موجود در این اقلیم کاهش دهد.

توجه به پارامترهای دیگر از قبیل کنترل میزان دریافت نور خورشید در تابستانها، استفاده از تهویه طبیعی، توجه به اثر دود کش خورشیدی، عناصر گیاهی موجود در آتریوم و... از دیگر پارامترهای تاثیر گذار بر مصرف انرژی در آتریوم خواهد بود که علاوه بر الگو و شکل کلی آن بر مصرف انرژی تاثیر میگذارد و به دقت و بررسی بیشتری نیاز دارد.

فهرست منابع

- مفیدی شمیرانی، م.، مدی، ح. (۱۳۸۶) ، *آتریوم نماد یک معماری پایدار*، ششمین همایش ملی انرژی، تهران.

- فیضی،م. ، مهدیزاده سراج، ف. ، ثابتی اشجعی، ش. ، (۱۳۹۳)، *ارائه راهکارهای موردنیاز در معماری همساز با اقلیم در شهر مشهد در جهت نیل به آسایش حرارتی*، خراسان بزرگ: سال پنجم، شماره (۱۵)، صص:۱۲۱-۱۳۱.

- زربخش، م. ح. ،۱۳۹۴، *طرح مدیریت مصرف انرژی در ساختمانهای دولتی با همکاری دفاتر مدیریت مصرف و بسیج ادارات*، دفتر آموزش سازمان بهره وری انرژی ایران، سابا. Available: aupa.ir/wpcontent/uploads/2016/12/saba.pdf

- Feizabadi, M., Rezaei, N., F., Raisianzadeh, (2016), *Investigation of Cultural Eco-Technology in Iranian Traditional Architecture: The way of Achieving a Comprehensive Viewpoint Regarding Contemporary Architecture of Iran*, Current World Environment, Vol. 11(2), pp. 500-516.

- Hung, W.Y., (2003). *ARCHITECTURAL ASPECTS OF ATRIUM. International Journal on Engineering* Performance-Based Fire Codes.Volume 5, Number 4, pp.131-137.

- Bandy, C., (2005). *Architecture that Embodies the symbolic Nature of Good Leadership and Promotes Productive Collaboraion Between Women's International ORgaznitaions*. WILL: Women's International Leadership League.

- Cuerda E, Pérez M, Neila J. (2014). *Facade typologies as a tool for selecting refurbishment measures for the Spanish residential building stock*. Energy Build;76:119–29.

- Aflaki A, Mahyuddin N, Mahmoud ZA-C, Baharum MR. (2015). *A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates*. Energy Build;101:153–162

- D. Watson, *Climatic Design*, Tehran University Publications, Tehran, Iran: 1994.

- Moosavi, L., Mahyuddin,N., Ghafar, N.A., Ismail,M.A., (2014) *Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective design,*

Environmental Engineering (CCEE-2015) June 5-6, Istanbul (Turkey).
- Jaberansari, M., Elkadi, H., (2016), Influence of different atria types on energy efficiency and thermal comfort of square plan high-rise buildings in semi-arid climate, International conference on Energy, Environment and Economics, pp.1-7.
- Medi, H. (2010) Field Study on Passive Performance of Atrium Offices: case study in semi arid climate. 1st International graduate research symposium in the built enviroment, Ankara, Turkey. METU (Middle East Technical University), 1-7.
- ABEL, C. 2000. *Prime Objects. Archietctural Design, Building Case study*. 2ed.: Archietcture & Identity.
- Salib, R. & Wood, A. 2013. *Natural ventilation in high-rise office buildings,New york,* Routledge.
ASGAR, M. G. 2014. *Reviewing challenges and techniques of using energy in iran health system*. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences 4, 1646-1650.
Renewable and Sustainable Energy Reviews (34), pp. 654-670.
- Ahmad MH, Rasdi MTHM. Design principles of atrium buildings for the tropics. Malaysia: Penerbit UTM; 2000.
- Noor M., *The function and form of the courtyard house, The Arab House*. Proceedings of the colloquium. Centre for Architectural Research and Devel- opment Overseas, School of Architecture, University of New Castle Upon Tyne; 1986.
- Atif M., Atrium buildings: amenities, energy costs and environment. Constr Canada 1993; 36:43–47.
- A. BarthakurA, (1996), *Behavior of Atria: A Comparative Study Between Measured Data And A Computational Fluid Dynamics Model*, Thesis (Master of Building Science), University of Southern California.
- R. Saxon, (1983) , *Atrium Buildings: Development and Design*, Architectural Press, 2nd edition, London.
- Tabesh, T., Sertyesilisik, B., (2015), *Focus on Atrium Spaces Aspects on the Energy Performance*, International Conference on Chemical, Civil and