سال سیزدهم • شماره ۲۹ • زمستان ۱۳۹۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۲ | تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۹/۳۰
نوع مقاله: پژوهشی
شماره صفحه ۹۷-۱۱۱

بررسی تأثیر شکل سقف آتریوم بر دریافت روشنایی داخلی آتریوم در فضاهای آموزشی شهر تبریز*

الهام تقی‌پور میزانی
کارشناس ارشد معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
E-mail: elhamtaghipour92@gmail.com

حجت‌الله رشید کلویر
استادیار گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول مکاتبات)
E-mail: h_rashid@uma.ac.ir

حسن اکبری
استادیار گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
E-mail: h.akbari.arc@gmail.com

چکیده

تأمین روشنایی فضای آتریوم با بهره‌گیری مناسب از نور روز طبیعی از مواردی است که می‌بایست در طراحی این نوع از فضا مورد توجه قرار گیرد. نظر به اینکه فرم و ساختار سقف آتریوم می‌تواند بر نحوه دریافت روشنایی طبیعی فضا تأثیرگذار باشد، مقاله حاضر در پی بررسی تأثیر نوع و شکل سقف آتریوم بر میزان دریافت روشنایی داخلی آن در بناهای آموزشی اقلیم سرد شهر تبریز می‌باشد. جهت انجام پژوهش، آتریوم‌های دو طبقه با ابعاد ۴*۴، ۶*۶، ۸*۸ و ۱۰*۱۰ و پنج نوع سقف شامل سقف مسطح با نورگیری از بالا و جانبی، سقف دندانه‌ای، سقف شیب‌دار یک‌طرفه و دوطرفه با سطح شیشه‌خوری ۹۰-۵۰ درصد (با فاصله ۱۰ درصد) طراحی گردید. با استفاده از نرم‌افزارهای اکوتکت و ردینس مدل‌های تحقیق بهینه‌سازی و میزان نور روز دریافتی، فاکتور نور روز و آتونومی نور روز از اول مهر تا آخر خرداد اندازه‌گیری گردید. دستاورد تحقیق حاکی از آن است که کمترین میزان نور دریافتی در آتریوم با سقف مسطح با نورگیر جانبی و بیشترین مقدار در آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه ایجاد شده است. همچنین در آتریوم‌های با سقف مسطح (نورگیر از بالا)، سقف دندانه‌ای و سقف شیب‌دار یک‌طرفه، ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰ درصد و در آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه، ابعاد ۴*۴ با سطح شیشه‌خوری ۹۰ درصد امکان تأمین مناسب روشنایی طبیعی روز فراهم می‌گردد. البته می‌بایست خاطرنشان کرد که نتایج به‌دست‌آمده تنها تحت تأثیر تغییرات شکل سقف، ابعاد پلان آتریوم و سطح شیشه‌خور سقف بوده و تأثیر سایر عوامل مورد کنکاش قرار نگرفته است.

کلیدواژه‌ها: فضای آموزشی، نور روز، آتریوم مرکزی، شکل سقف، شهر تبریز

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد الهام تقی‌پور میزانی با عنوان «طراحی مرکز پرورش خلاقیت و استعداد کودکان با رویکرد مصرف انرژی بهینه با بهره‌گیری از نور خورشید» است که با راهنمایی دکتر حجت‌الله رشیدکلویر و مشاوره دکتر حسن اکبری در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است.

مقدمه

نور روز، به‌عنوان استراتژی در حال توسعه، مؤثر و پایدار جهت افزایش آسایش بصری، بهره‌وری انرژی و توسعه ساختمان‌های سبز از اهمیت بالایی برخوردار است (Chow *et al*., 2013, 1016). مؤلفه‌های واردکننده نور روز به ساختمان، به دو دسته تقسیم می‌شوند؛ مؤلفه‌های هدایت و مؤلفه‌های نورگذر. تمامی سیستم‌های نور روز، ترکیبی از این دو مؤلفه هستند. مؤلفه‌های هدایت، فضاهایی هستند که نور را از فضای بیرونی به درون ساختمان هدایت می‌کنند و بر اساس موقعیت قرارگیری در ساختمان، خود به دو نوع تقسیم می‌شوند؛ نوع اول، فضاهایی بین محیط بیرونی و محیط داخلی ساختمان هستند که فضاهای نوری واسطه[۱] نامیده می‌شوند، مانند گالری‌ها، رواق‌ها و گلخانه‌ها؛ نوع دوم، فضاهایی در بخش‌های داخلی ساختمان هستند که فضاهای نوری داخلی[۲] نامیده می‌شوند، مانند حیاط مرکزی‌ها، آتریوم‌ها، داکت‌های نوری و داکت‌های خورشیدی. مؤلفه‌های نورگذر، عناصری هستند که نور را از یک محیط نوری به محیط نوری مجاور انتقال می‌دهند. این عناصر بر اساس جهت ورود نور به فضا، به سه گروه تقسیم می‌شوند. گروه اول مؤلفه‌های نورگذر جانبی هستند که نور را به‌صورت جانبی وارد فضا می‌کنند و با دور شدن از آن‌ها شدت روشنایی فضا کاهش چشم‌گیری می‌یابد. از نمونه‌های معمول نورگذرهای جانبی می‌توان به پنجره‌ها، بالکن‌ها، دیوارهای شفاف و دیوارهای پرده‌ای اشاره کرد. گروه دوم، مؤلفه‌های نورگذر زنیتال[۳]، نور را به شکل عمودی وارد فضا می‌کنند، مانند پنجره‌های سقفی، گنبدها و سقف‌های نیمه شفاف. این عناصر توزیع یکنواختی از نور را در فضاها ایجاد می‌کنند. گروه سوم ،مؤلفه‌های نورگذر کلی، امکان ورود نور از بالا و جوانب را فراهم می‌کنند؛ بنابراین تراز روشنایی بالا و یکنواختی را ایجاد می‌کند. این عناصر به دلیل فراهم کردن تابش بیش‌ازحد، نیاز به کنترل‌کننده تابش دارند. غشاهای با سطوح نیمه شفاف و شفاف که تمامی یک محیط داخلی را احاطه می‌کنند، از نورگذرهای کلی هستند (Serra, 1998, 144–145؛ زارع و حیدری، ۱۳۹۴، ۵۸–۵۷).

آتریوم به‌عنوان فضای مرکزی وسیع، درخشان و رایج در مراکز غیرمسکونی در طول قرن‌ها و از زمان باستان تاکنون استفاده‌شده است (قدیمی و محمودی زرندی، ۱۳۹۶). آتریوم اغلب بعد از ورودی اصلی یا جهت بسط لابی ورودی طراحی‌شده که می‌توان آن را به‌عنوان ناحیه گردش مرکزی، با القای احساس فضا و نور درک نمود یا ناحیه گذار بین فضای خارجی و داخلی بوده که می‌تواند امکان بیشتر ماندن در فضا را فراهم کند (Abdullah & Wang, 2012, 8). ایجاد فضایی مؤثر، گیرا و زیبا، نور رسانی به فضاهای مجاور، به حداکثر رساندن منافع و مزایای استفاده از نور طبیعی و تعاملی بین کارکنان، تأمین جریان هوا، ارتباط بصری توأم طبقات مختلف ساختمان و افزایش ارزش مالی بنا، از تأثیرات آتریوم بر بنا است (قدیمی و محمودی زرندی، ۱۳۹۶). آتریوم به نور طبیعی اجازه می‌دهد به مرکز مناطق تاریک اتاق‌های مجاور نفوذ کند و نیاز به انرژی نورانی مصنوعی را کاهش و باعث حداکثری مزایای دریافت مستقیم انرژی خورشید شود (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۶، ۱۲۶). در این پژوهش سعی شده است تا تأثیر انواع پوشش سقف و ابعاد پلان آتریوم بر میزان هدایت نور طبیعی به داخل فضای آن در کاربری‌های آموزشی با ارتفاع دوطبقه در شهر تبریز با اقلیم سرد بررسی گردد. آتریوم در این پژوهش به‌عنوان فضایی برای ایجاد مکث و تعامل اجتماعی بین دانش‌آموزان و گاه انجام فعالیت‌های خاص مانند ارائه کار دانش‌آموزان در نظر گرفته‌شده است که نیازمند داشتن نور متناسب با این نوع از فعالیت‌ها بوده و صرفاً به‌عنوان محلی برای گذر در نظر گرفته نشده است. هدف اصلی پژوهش تعیین ویژگی‌های کالبدی مناسب آتریم ازنظر ابعاد و پوشش سقف به‌منظور بهره‌مندی بهینه از نور روز و توزیع یکنواخت آن در فضای داخلی می‌باشد.

پیشینه تحقیق

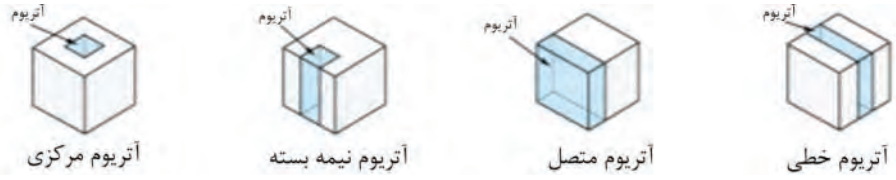
ساخت اولین آتریوم به خانه‌ای با حیاط مرکزی، در اطراف بین‌النهرین به حدود ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می‌رسد که دنباله‌رو حیاط‌های مرکزی ساختمان‌های قدیمی رومی، به نام آتریوم بود (Modirrousta & Boostani, 2016, 1551). در معماری مدرن، آتریوم به فضای وسیع و گشوده‌ای اطلاق می‌شود که اغلب چندین طبقه ارتفاع داشته و با سقف شیشه‌ای یا پنجره‌های بزرگ، یا با هر دو پوشانده می‌شود. از آتریوم‌های بسته، در ساختمان‌ها با زیربنای بسیار زیاد و یا در اماکن تجاری، اداری، آموزشی و غیره که امکان استفاده محدود از جبهه جنوبی بنا وجود داشته باشد، استفاده می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۱، ۱۷۴).

در رابطه با موضوع آتریوم، نورگیری و مصرف انرژی بهینه در ساختمان‌ها، مطالعاتی صورت‌گرفته است که اغلب به طراحی ابعاد و شکل و هندسه آتریوم تأکید داشته‌اند اما متأسفانه در خصوص سایر پارامترهای طراحی آتریوم مانند نوع پوشش سقف، مصالح، شیشه‌ها و فضاهای مجاور آتریوم، تحقیقات چندانی در دنیا صورت نگرفته است. در پژوهشی که توسط عبدلی و موسوی (۱۳۹۶) انجام‌گرفته است، سه آتریوم با سقف‌هایی به شکل مکعب مستطیل (ترکیب نورگیر عمودی و افقی)، تخت و گنبدی شبیه‌سازی شد که به مقایسه میزان تأمین آسایش حرارتی و میزان شدت نور در اقلیم سرد و کوهستانی پرداخته‌اند. کاظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود پس از مطالعه بر روی خانه‌های سنتی شهر کرمان و به دست آوردن تناسبات حیاط مرکزی، تناسب آتریوم مدل را به دست آوردند و از طریق نرم‌افزار ردینس تأثیر شکل سقف سه نمونه متداول آتریوم و همچنین تغییر ارتفاع ساختمان را به‌عنوان متغیرهای اصلی در دریافت روشنایی داخلی بررسی کردند. الداوود (2013)، عملکرد حرارتی اشکال و هندسه‌های مختلف آتریوم‌ها را تحت شرایط مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. در پژوهشی دیگر که توسط مرضیه کاظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، انجام شد سه نوع سقف مسطح، دندانه‌ای و هرمی در اقلیم گرم و خشک شهر کرمان بررسی شده است. تغییر ارتفاع آتریوم و سطوح شیشه‌خور از دیگر متغیرهای پژوهش است. در مطالعه صورت‌گرفته، نوع پلان و ابعاد آن، ضریب انعکاس سطوح و سایر موارد با مقادیر ثابت انتخاب‌شده‌اند. نتایج حاصل از تحقیقات نشان داد که سقف دندانه‌ای با ارتفاع چهار طبقه و سطح شیشه‌خور ۴۲/۵ درصد، مناسب ساختمان‌های اداری با اقلیم گرم و خشک در شهر کرمان است.

چارچوب نظری

آتریوم و انواع آن

آتریوم‌ها را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد، آتریوم‌هایی که تنها از سقف نور می‌گیرند و در مرکز پلان واقع می‌شوند و یا از سقف و بدنه نور دریافت می‌کنند (محمودی زرندی، ۱۳۹۴، ۹۱). در شکل ۱ انواع فرم آتریوم نشان داده شده است. آتریوم مرکزی، نیمه‌بسته، متصل و خطی به‌عنوان پیکربندی انواع اولیه آتریوم شناخته شده است. از بین چهار نوع آتریوم عنوان‌شده (شکل ۱)، آتریوم‌های مرکزی و خطی بیشترین توانایی را در کاهش نوسانات دما داشته است و عملکرد کلی دما در این آتریوم‌ها نزدیک به دمای خنثی می‌باشد (Hung & Chow, 2001, 288).



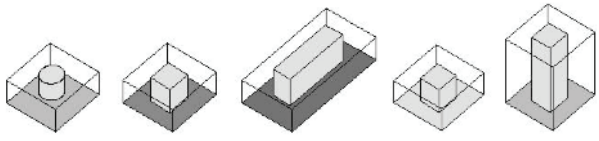
شکل ۱. انواع فرم آتریوم

منبع: Hung & Chow, 2001, 288

نحوه قرارگیری آتریوم در بنا، عامل اصلی تعیین‌کننده مزایای زیست‌محیطی آتریوم در ساختمان است. به‌عنوان‌مثال، در آب‌وهوای معتدل، جهت دستیابی به گرمایش خورشیدی بیشتر، در فصل زمستان و جذابیت در طول فصل‌های مختلف، آتریوم به‌عنوان یک نمای شیشه‌ای (آتریوم متصل) به ساختمان وصل می‌شود. به‌طور مثال، با توجه به شکل ۱ و همچنین نظر به تحقیقات صورت‌گرفته توسط الداوود (2013) در آب‌وهوای گرم و مرطوب از چهار نوع عمومی آتریوم، آتریوم مرکزی با پلان مربع و خطی در به حداقل رساندن نوسانات دمایی در فصول گرم و معتدل مؤثر هستند. علاوه بر این، عملکرد دمای کلی این نوع از آتریوم‌ها نزدیک به درجه حرارت خنثی است؛ ازاین‌رو، آتریوم‌های مرکزی و خطی، شایع‌ترین انواع فرم استفاده در مناطق گرم است (Moosavi, 2014, 656). همچنین آتریوم‌ها با پلان مربع در مقایسه با آتریوم‌های مستطیلی با نسبت بیش از ۳ به ۱ با مساحت و ارتفاع یکسان ۷ تا ۱۰ درصد بیشتر روشنایی دریافت می‌کنند (محمودی زرندی، ۱۳۹۴، ۹۴).

عملکرد آتریوم

جهت عملکرد بهینه نور روز، تناسبات آتریوم را می‌توان به دو نوع اساسی با طرح سقف مشابه تقسیم‌بندی کرد (شکل ۲)؛ آتریوم کم ارتفاع با شکل دایره‌ای، روشن‌تر از یک آتریوم مرتفع با شکل مستطیلی است و یا آتریوم با دیوارهای محیطی کوچک‌تر، سطح کف همکف را روشن می‌کند (Yunus *et al*., 2010, 537).



شکل ۲. تناسبات آتریوم بر اساس دو اصل اساسی با طرح سقف مشابه

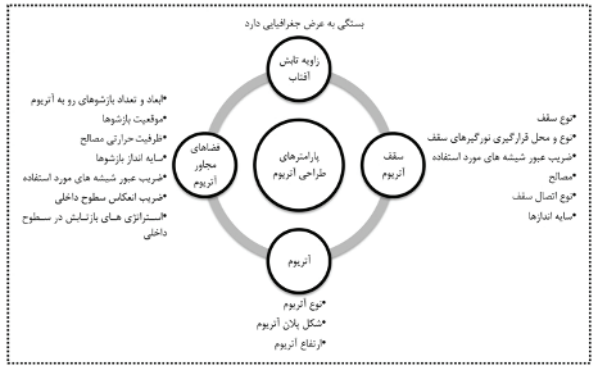
منبع: Yunus *et al*., 2010, 537

مطالعات در مورد آتریوم ساختمان‌های مسکونی نشان داده است که نوع آتریوم، هندسه و اندازه آن، جهت بهره‌وری کلی انرژی ساختمان‌ها بااهمیت است؛ بنابراین ساختمان‌هایی که مقدار شاخص «فاکتور شکل[۵]» در آن‌ها کم‌تر است، سطح پوسته حرارتی کمتری نسبت به حجم داشته، ازاین‌رو تلفات حرارتی پایین‌تری در طول فصل گرمایشی دارند (Danielski *et al*., 2016, 353).

پارامترهای طراحی آتریوم

آتریوم، به‌عنوان نورگیر مرکزی با توجه به ریز فاکتورهایی که مرتبط با بستر قرارگیری آن و مشخصات کالبدی بدنه آتریوم است، می‌تواند کارایی متفاوتی ازنظر انتقال نور روز به فضاهای پیرامونی داشته

باشد. مهم‌ترین عواملی که بر سطح روشنایی فضاهای پیرامون آتریوم مؤثرند، عبارت‌اند از: ۱) زاویه تابش آفتاب؛ ۲) تناسبات آتریوم؛ ۳) ضریب انعکاس سطوح داخلی؛ ۴) ابعاد و موقعیت پنجره‌های رو به آتریوم؛ ۵) طراحی سقف آتریوم؛ ۶) شکل پلان آتریوم؛ ۷) مقطع آتریوم؛ ۸) ضریب عبور شیشه‌های مورداستفاده و ۹) استراتژی‌های بازتابش در سطوح داخلی آتریوم (محمودی زرندی، ۱۳۹۴، ۹۴-۹۳). قیابکلو (۱۳۹۲)، مقدار نور روز واردشده به فضاهای مجاور آتریوم را وابسته به شکل روزن سقف آتریوم، اندازه بازشوهای مجاور آتریوم و ضریب انعکاس سطوح داخلی آتریوم معرفی می‌کند. لن و همکاران (2017) نیز نوع پنجره‌بندی شیشه‌ها، شبکه‌بندی سطح فضا، شکل پنجره سقفی، نوع آتریوم و تعاملات آتریوم با فضاهای مجاورش را مؤثر می‌دانند. موسوی و همکاران (2014) پارامترهای طراحی آتریوم را ۱) ابعاد، موقعیت، تعداد و حالت بازشوها؛ ۲) ارتفاع، اندازه و فرم آتریوم؛ ۳) فرم، نوع اتصال و مصالح سقف؛ ۴) ظرفیت حرارتی مصالح؛ و ۵) ابعاد، مصالح و ابزارهای سایه‌اندازی روزنه‌ها معرفی می‌کنند. شکل۳ پارامترهای طراحی آتریوم را به‌طورکلی نشان می‌دهد.



شکل ۳. پارامترهای طراحی آتریوم

مراحل و روش تحقیق

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر انواع سقف آتریوم و ابعاد پلان آتریوم بر میزان هدایت نور طبیعی به داخل فضای آتریوم در کاربری‌های آموزشی با ارتفاع دو طبقه (هر طبقه ۴ متر) در شهر تبریز با اقلیم سرد است. در این پژوهش، آتریوم مرکزی با پلان مربع و با ارتفاع دو طبقه (۸ متر) به‌عنوان مدل اصلی در نظر گرفته‌شده که تغییرات ابعاد پلان آتریوم در جدول ۱ مشخص شده است. در جستار حاضر، تأثیر پنج نوع سقف آتریوم شامل سقف مسطح با نورگیری از بالا و جانبی، سقف دندانه‌ای (زاویه ۲۹ درجه)، سقف شیب‌دار یک‌طرفه و دوطرفه (شکل ۵، از راست به چپ) موردبررسی قرار می‌گیرد. ارتفاع تمامی سقف‌ها ثابت و یک متر (از مرکز) در نظر گرفته شده است. متغیر دیگر در این پژوهش سطح شیشه‌خور سقف می‌باشد که سطوح شیشه‌خور ۵۰٪، ۶۰٪، ۷۰٪، ۸۰٪ و ۹۰٪ بررسی می‌شود. همچنین نوع و رنگ شیشه در تمام سقف‌ها یکسان و ثابت در نظر گرفته شده است و میزان عبور نور شیشه[۶] برای شیشه دوجداره با قاب آلومینیومی به قطر cm ۱۰، معادل ۰/۷۳۹ در نظر گرفته شد. در طبقه اول و اطراف آتریوم، راهرویی با عرض ۳ متر با جان‌پناهی به ارتفاع ۰/۸ متر، متناسب با ابعاد کودکان، در نظر گرفته شده است. در کف تمامی طبقات از (کاشی‌های سرامیکی با رنگ یکسان و انعکاس سطحی ۰/۷۲۶) استفاده شد. تمام مدل‌های طراحی‌شده توسط نرم‌افزار اکوتکت ۲۰۱۱[۷] مدل‌سازی و به کمک نرم‌افزار ردینس ۱/۰۲[۸] (جهت آنالیز روشنایی) با یکدیگر مقایسه می‌گردد. پس از انتخاب ابعاد، تناسبات و

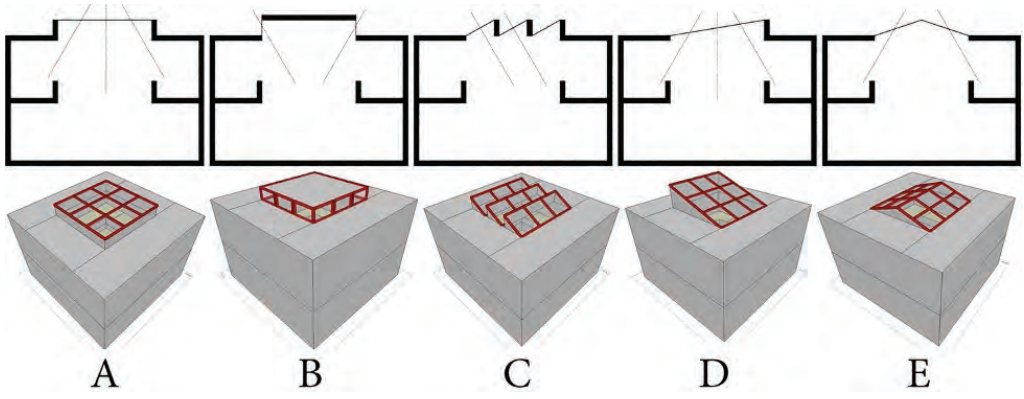
نمونه‌های مورد بررسی، جهت شبیه‌سازی مدل‌ها، شرایط آب‌وهوایی و تابش خورشید در شهر تبریز (۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی) در نرم‌افزار اکوتکت اعمال می‌گردد. شرایط آسمان مورد بررسی، آسمان ابری استاندارد است که در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه شهر تبریز، دارای روشنایی خارجی ۷۰۰۰ لوکس می‌باشد.

مشخصات هندسی آتریوم‌ها

در جدول ۱ مشخصات هندسی آتریوم‌های مورد بررسی ارائه شده است. ارتفاع سقف تمامی آتریوم‌ها، ۱ متر از کف بام در نظر گرفته شده است. حداقل عرض و طول آتریوم جهت قابل‌استفاده بودن فضا برای کاربران بجز راهروهای کناری، ۴ متر پیش‌بینی شده است. شکل ۴ فرم کلی مدل‌ها را مشخص می‌کند.

جدول ۱. مشخصات هندسی آتریوم‌های مورد مطالعه

ردیف	عرض (m)	طول (m)	ارتفاع (m)	شاخص عمق چاه (WI)	نسبت مقطع آتریوم (SAR)
۱	۴	۴	۹	۲/۲۵	۲/۲۵
۲	۶	۶	۹	۱/۵	۱/۵
۳	۸	۸	۹	۱/۱۲۵	۱/۱۲۵
۴	۱۰	۱۰	۹	۰/۹	۰/۹



شکل ۴. مقطع آتریوم‌های مورد مطالعه (A: سقف مسطح با نورگیری از بالا، B: سقف مسطح با نورگیری از جوانب، C: سقف دندانه‌ای، D: سقف شیب‌دار یک‌طرفه و E: سقف شیب‌دار دوطرفه)

شاخص‌های سنجش ابعاد آتریوم

از شاخص‌های سنجش ابعاد آتریوم، نسبت پلانی یعنی نسبت عرض به طول آتریوم (PAR[۹]) می‌باشد که در تقسیم‌بندی فضای آتریوم و تناسبات داخلی آن استفاده می‌شود که از رابطه ۱ به دست می‌آید. بر اساس رابطه ۱، نسبت‌ها آتریوم‌ها را می‌توان به سه نوع زیر تقسیم‌بندی نمود (کاظم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴، ۵۵):

۱. خطی: دارای $PAR < ۰/۴$

۲. مربعی: دارای $PAR = ۱$

۳. مستطیلی: دارای $۰/۴ \leq PAR < ۰/۹$

رابطه ۱ $PAR=W/L$

در رابطه ۱،L برابر طول آتریوم و W برابر با عرض آتریوم می‌باشد.

میزان نور دریافتی در آتریوم به ابعاد و هندسه آن بستگی دارد و شاخص عمق چاه آتریوم (WI [۱۰]) بیانگر ارتباط بین مساحت روشنایی واردشده و سطوح آتریوم است که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود (کاظم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴، ۵۴-۵۵):

رابطه ۲ $WI=(h(w+l))/2wl$

در رابطه ۲، h برابر ارتفاع آتریوم، L برابر طول آتریوم و w برابر عرض آتریوم می‌باشد.

از دیگر شاخص‌هایی که توسط بدنار[۱۱] جهت سنجش ابعاد آتریوم ارائه‌شده، نسبت مقطعی آتریوم (SAR) است که از رابطه زیر به دست می‌آید (همان):

رابطه ۳ $SAR= h/w$

در رابطه ۳، h برابر ارتفاع آتریوم و w برابر عرض آتریوم می‌باشد.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش، مقادیر متوسط ضریب نور روز[۱۳] و روشنایی برحسب لوکس در طول سال و از طریق نرم‌افزار اکوتکت به‌دست‌آمده است. تأثیرات ساختار و شکل سقف بر روشنایی آتریوم با استفاده از نمودارهای مقدار روشنایی به تصویر کشیده شد. همچنین آتونومی نور روز[۱۴] نیز برای مقایسه دقیق‌تر بررسی گردید.

یکی از رایج‌ترین روش‌های محاسبات روشنایی نور روز، استفاده از روش ضریب نور روز به‌عنوان مقیاس اندازه‌گیری شدت روشنایی روز در یک نقطه معینی از سطح یک صفحه افقی در اتاق است. بدان معنا که فارغ از جهت تابش، چه مقدار پتانسیل روشن نمودن فضای داخلی را دارا بوده و چه درصدی از نور روز وارد نقطه معینی از اتاق می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۲، ۵۰). جدول ۲ ضرایب نور روز مناسب برای فعالیت‌های مختلف در شرایط آسمان کاملاً ابری را نشان می‌دهد.

جدول ۲. ضرایب نور روز مناسب برای فعالیت‌های مختلف در شرایط آسمان کاملاً ابری

DF	توصیف
کمتر از ۱ درصد	تاریک، مناسب فضای انباری
۱ الی ۲ درصد	نسبتاً تاریک، مناسب فضای عبوری
۲ الی ۴ درصد	ملایم، مناسب فضای زندگی
۴ الی ۷ درصد	متوسط، مناسب امور اداری و آموزشی
۷ الی ۱۲ درصد	روشن، مناسب کارهای خیلی دقیق
بیش از ۱۲ درصد	خیلی روشن، مناسب فعالیت‌های خاص

منبع: قیابکلو، ۱۳۹۲، ۵۳

در این پژوهش، ملاک بررسی و مقایسه، ضریب نور روز ۴ الی ۷ درصد (۲۸۰ الی ۴۹۰ لوکس)، مناسب امور اداری و آموزشی در نظر گرفته شد؛ چراکه فضای آتریوم مورد اشاره صرفاً محلی برای گذر تعیین نشده است. جدول شماره ۳، متوسط ضریب نور روز را در طول سال نشان می‌دهند. مقادیر ضریب نور روز در ارتفاع ۱/۱ متر از کف همکف و راهروی طبقه اول محاسبه شده است. نمودارهای شکل ۵ و ۶ نیز متوسط روشنایی برحسب لوکس را نشان می‌دهند.

جدول ۳. میزان متوسط ضریب نور روز در آتریوم‌ها

آتریوم با سقف مسطح و نورگیری از بالا

۴*۴						۶*۶					
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۲/۲۱	۲/۶۱	۳/۰۹	۳/۴۰	۳/۷۴	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۵/۳۳	۶/۵۰	۷/۴۲	۸/۰۷	۸/۸۰
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۳/۷۴	۴/۴۷	۵/۱۹	۵/۶۱	۵/۹۹	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۵/۴۹	۶/۵۸	۷/۹۲	۸/۶۶	۹/۲۸
۸*۸						۱۰*۱۰					
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۸/۶۵	۱۰/۲۳	۱۱/۶۱	۱۲/۸۱	۱۳/۹۱	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۱۱/۷۳	۱۳/۹۲	۱۵/۸۲	۱۷/۲۸	۱۸/۷۲
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۶/۹۷	۸/۷۰	۱۱/۳۱	۱۱/۷۲	۱۲/۷۳	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۷/۸۸	۱۰/۲۵	۱۲/۴۸	۱۴/۰۶	۱۵/۴۰

آتریوم با سقف مسطح و نورگیری از کناره‌ها

۴*۴						۶*۶					
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۰/۷۱	۰/۸۶	۰/۹۹	۱/۱۶	–	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۰/۸۷	۱/۰۸	۱/۲۹	۱/۵۲	–
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۱/۳۶	۱/۶۳	۱/۸۷	۲/۱۴	–	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۱/۲۰	۱/۴۷	۱/۷۴	۲	–
۸*۸						۱۰*۱۰					
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۱/۰۵	۱/۳۰	۱/۵۶	۱/۸۴	–	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۱/۱۸	۱/۴۰	۱/۷۴	۲/۰۴	–
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۱/۱۷	۱/۴۳	۱/۷۱	۱/۹۹	–	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۱/۰۶	۱/۲۸	۱/۵۶	۱/۸۱	–

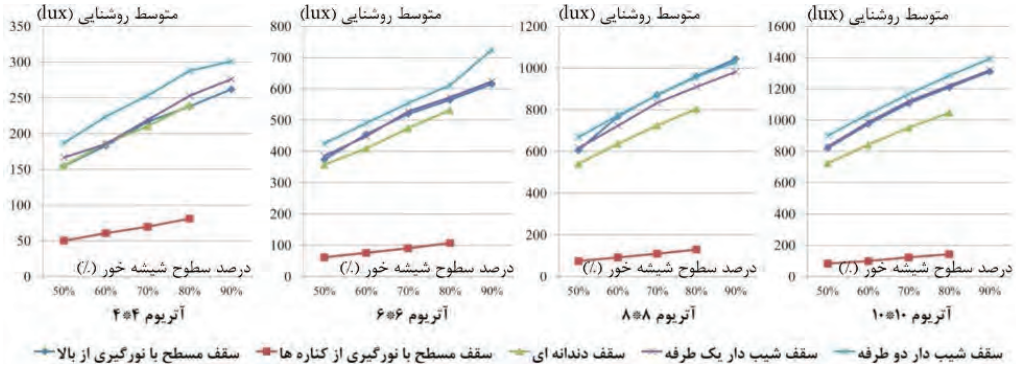
آتریوم با سقف دندانه‌ای

۴*۴						۶*۶					
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۲/۲۱	۲/۶۶	۳/۰۰	۳/۴۳	–	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۵/۱۱	۵/۸۵	۶/۷۷	۷/۶۰	–
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۳/۲۴	۳/۹۷	۴/۵۵	۵/۲۲		در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۴/۵۰	۵/۳۱	۶/۴۵	۷/۴۷	–
۸*۸						۱۰*۱۰					
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۷/۷۲	۹/۰۹	۱۰/۳۴	۱۱/۴۸	–	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۱۰/۳۳	۱۲/۰۴	۱۳/۶۰	۱۴/۹۶	–
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۵/۴۱	۶/۷۳	۸/۲۰	۹/۶۱	–	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۶/۱۹	۷/۶۵	۹/۳۴	۱۱/۰۳	–

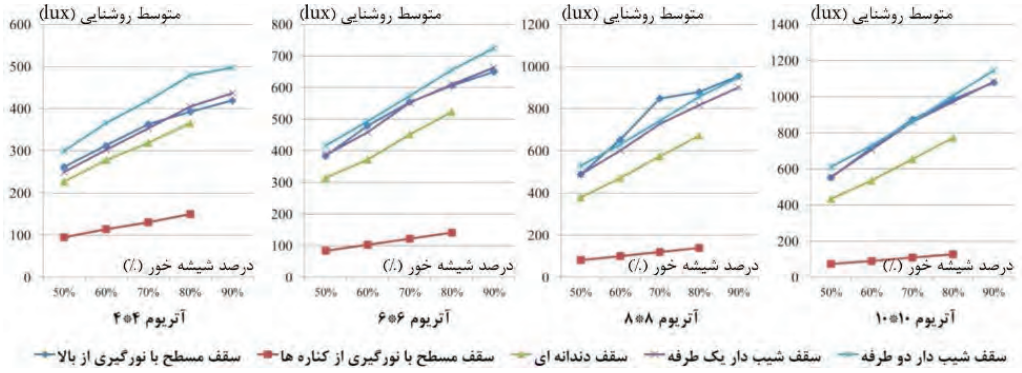
آتریوم با سقف مسطح و نورگیری از بالا												
آتریوم با سقف شیب‌دار یک‌طرفه												
۴*۴						۶*۶						
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۲/۳۸	۲/۶۵	۳/۱۳	۳/۶۱	۳/۹۴	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۵/۵۰	۶/۴۰	۷/۵۴	۸/۱۸	۸/۹۱
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۳/۸۵	۴/۳۲	۵/۰۵	۵/۷۹	۶/۲۴	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۵/۵۲	۶/۵۶	۷/۸۹	۸/۷۱	۹/۴۸
۸*۸						۱۰*۱۰					
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۸/۸۰	۱۰/۳۳	۱۱/۹۰	۱۳	۱۴/۰۳	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۱۱/۸۶	۱۴/۰۸	۱۶/۰۱	۱۷/۴۲	۱۸/۸۵
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۶/۹۸	۸/۵۹	۱۰/۳۹	۱۱/۶۸	۱۲/۸۷	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۷/۹۲	۱۰/۱۰	۱۲/۲۹	۱۳/۸۹	۱۵/۴۶

آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه												
۴*۴						۶*۶						
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۲/۶۶	۳/۱۹	۳/۶۱	۴/۱۱	۴/۳۰	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۶/۰۷	۷/۰۱	۷/۹۲	۸/۷۴	۹/۵۳
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۴/۲۸	۵/۲۳	۵/۹۸	۶/۸۴	۷/۱۰	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۵/۹۵	۷/۰۵	۸/۲۰	۹/۳۷	۱۰/۳۶
۸*۸						۱۰*۱۰						
نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰	نسبت سطح شیشه‌خور	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۹۰
در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۹/۵۵	۱۱/۰۳	۱۲/۴۲	۱۳/۶۷	۱۴/۶۹	در ارتفاع ۱/۱ متر از همکف	۱۲/۸۶	۱۴/۸۲	۱۶/۶۷	۱۸/۳۴	۱۹/۸۹
در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۷/۵۵	۹	۱۰/۶۰	۱۲/۲۴	۱۳/۵۶	در ارتفاع ۱/۱ از راهروها	۸/۷۲	۱۰/۴۲	۱۲/۳۲	۱۴/۳۷	۱۶/۳۵

شکل ۵ و ۶ میزان متوسط روشنایی دریافتی آتریوم‌ها را در ارتفاع ۱/۱ متر از کف همکف و راهروی طبقه اول نشان می‌دهند.

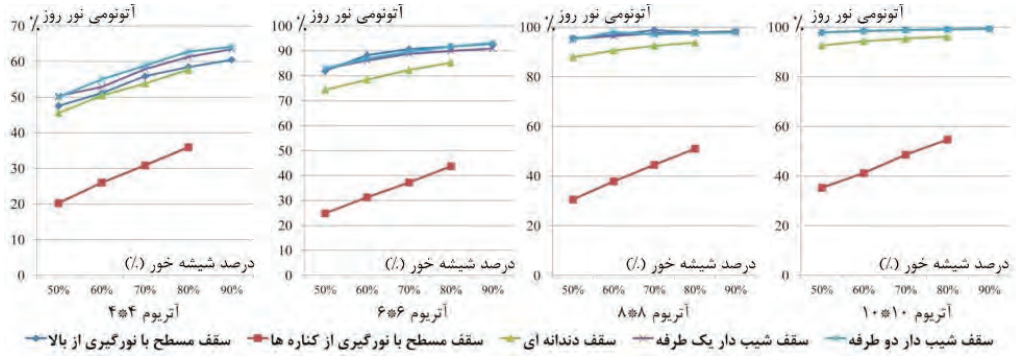


شکل ۵. میزان متوسط روشنایی برحسب لوکس در ارتفاع ۱/۱۰ متر از کف همکف

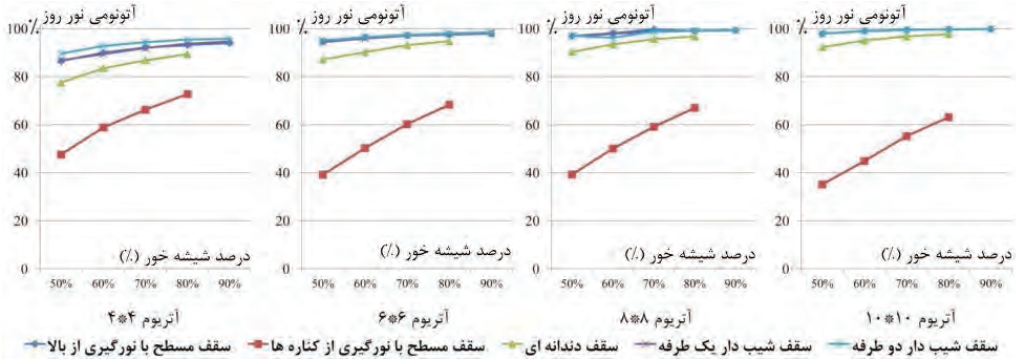


شکل ۶. میزان متوسط روشنایی برحسب لوکس در ارتفاع ۱/۱۰ متر از کف راهروی دور آتریوم‌ها

نتایج حاصله از جدول ۳ نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان متوسط ضریب نور روز (کم‌تر از ۲ درصد) در تمامی آتریوم با شکل سقف مسطح با نورگیری از جوانب ثبت شده است. جهت نورگیری مناسب این آتریوم‌ها، افزایش ارتفاع سقف و نورگیری جانبی ضروری به نظر می‌رسد. به‌منظور تأمین همزمان روشنایی مناسب برای طبقه همکف و راهروهای طبقه اول و بر اساس فاکتور نور روز بین ۴ الی ۷ درصد، در آتریوم با سقف مسطح و نورگیری از بالا، ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌بندی ۵۰ و ۶۰ درصد، در آتریوم با سقف دندانه‌ای، ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد، در آتریوم با سقف شیب‌دار یک‌طرفه، ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰ و ۶۰ درصد، در آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه ابعادهای ۴*۴ با سطح شیشه‌خوری ۸۰ درصد و ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰ درصد مناسب می‌باشد. نتایج نمودار شکل‌های ۵ و ۶ نشان می‌دهد که کمترین میزان نور دریافتی در طبقه همکف و راهروی طبقه اول در تمامی آتریم های مورد مطالعه مربوط به آتریوم سقف مسطح با نورگیری از جوانب و بیشترین مقدار مربوط به آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه است. میزان نور دریافتی آتریوم سقف مسطح با نورگیری از بالا و سقف شیب‌دار یک‌طرفه رو به جنوب در بیشتر ابعاد مورد مطالعه نزدیک به یکدیگر است. به منظور تأمین همزمان حداقل تراز روشنایی ۳۰۰ لوکس در طبقات همکف و اول و کاهش خیرگی، در آتریوم‌های با سقف مسطح و نورگیری از بالا، آتریوم با سقف دندانه‌ای و آتریوم با سقف شیب‌دار یک‌طرفه، ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰ درصد و در آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه، ابعادهای ۴*۴ با سطح شیشه‌خوری ۹۰ درصد و ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰ درصد مناسب می‌باشد. شکل ۷ و ۸ مقادیر آتونومی نور روز در آتریوم‌ها را نشان می‌دهد. آتونومی نور روز جزو شاخص‌های ارزیابی نور روز پویا بوده و برای یک نقطه معین در فضای داخلی معادل است با درصدی از زمان‌های مورداستفاده ساختمان در سال که در آن سطح روشنایی موردنیاز فضا بر اساس نوع آن کاربری تعیین می‌گردد که به‌تنهایی توسط روشنایی طبیعی قابل‌دسترس باشد (میری و کمپانی سعید، ۱۳۹۴). مقادیر آتونومی نور روز با توجه به نوع کاربری و زمان استفاده از فضا (اول مهر تا آخر خرداد، از ساعت ۸ صبح تا ۱۷ عصر) بررسی‌شده است. در محاسبات حداقل سطح روشنایی موردنیاز برای این فضا ۳۰۰ لوکس در نظر گرفته‌شده است.



شکل ۷. میزان آتونومی نور روز برحسب درصد در ارتفاع ۱/۱۰ متر از همکف در ساعات ۱۷-۸ اول مهر تا آخر خرداد

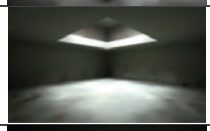
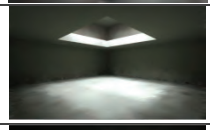
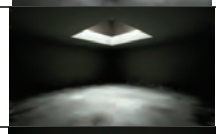
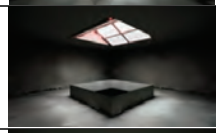
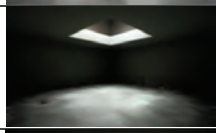
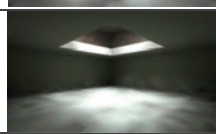
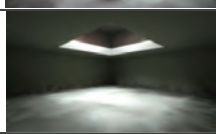
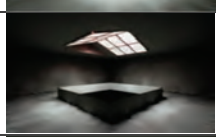
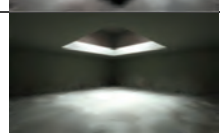
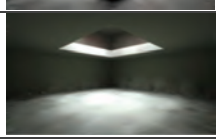
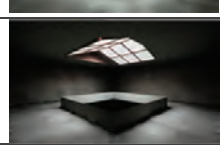
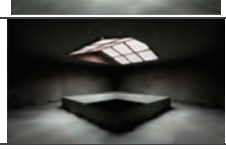


شکل ۸. میزان آتونومی نور روز برحسب درصد در ارتفاع ۱/۱۰ متر از کف راهروی دور آتریوم‌ها در ساعات ۱۷-۸ اول مهر تا آخر خرداد

بر اساس استاندارد جامعه مهندسان، روشنایی(IES)، به‌منظور تأمین روشنایی کافی در هر نقطه از سطح فضای کار بر اساس، حداقل آتونومی نور روز، ۵۰ درصد با حداقل روشنایی طبیعی موردنیاز ۳۰۰ لوکس می‌باشد. درصورتی‌که حداقل ۷۵ درصد از سطح کاری فضای مورد نظر واجد $DA_{300}\geq 50\%$ باشد از نظر روشنایی مطلوب و اگر ۵۵ درصد از سطح کاری فضای مورد نظر واجد $DA_{300}\geq 50\%$ باشد از نظر روشنایی قابل قبول می‌باشد (میری و کمپانی سعید، ۱۳۹۴). نتایج نمودار شکل‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهد که کمترین میزان آتونومی نور روز در طبقه همکف و راهروی طبقه اول در تمامی آتریم های مورد مطالعه مربوط به آتریوم سقف مسطح با نورگیری از جوانب و بیشترین مقدار مربوط به آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه و مسطح با نورگیر از بالا است. به منظور تأمین همزمان روشنایی طبیعی قابل قبول و مطلوب از نظر درصد زمانی و فضایی در هر نقطه از سطح کاری فضای طبقات همکف و اول و بر اساس شاخص $sDA_{300}/50\%\geq 55-75\%$، در آتریم سقف مسطح با نورگیری از جوانب، ابعاد ۱۰*۱۰ با سطح شیشه‌خوری ۹۰-۸۰ درصد، در آتریوم‌های با سقف مسطح و نورگیری از بالا، آتریوم با سقف دندانه‌ای و آتریوم با سقف شیب‌دار یک‌طرفه، ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰ درصد و در آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه، ابعادهای ۴*۴ با سطح شیشه‌خوری ۹۰-۸۰ درصد و ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰ درصد مناسب می‌باشد. در ادامه تأثیر ساختار سقف بر کیفیت روشنایی نور روزِ داخل فضای آتریوم با استفاده از تصاویر دریافتی از ردینس برای ساعات ۹، ۱۲ و ۱۵ اول دی‌ماه جهت بررسی بیشتر مقایسه گردیده که در جدول ۴ قابل‌رؤیت است.

جدول ۴. تصاویر سه‌بعدی آتریوم‌های منتخب در روز ۲۲ دسامبر

		ساعت ۹ صبح	ساعت ۱۲ ظهر	ساعت ۱۵ بعدازظهر
اتریوم ۶*۶ با سقف مسطح (۵۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۶*۶ با سقف مسطح (۶۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۶*۶ با سقف دندانه‌ای (۵۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۶*۶ با سقف دندانه‌ای (۶۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۶*۶ با سقف دندانه‌ای (۷۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۴*۴ با سقف شیب‌دار یک‌طرفه (۹۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۶*۶ با سقف شیب‌دار یک‌طرفه (۵۰٪)	همکف			

		ساعت ۹ صبح	ساعت ۱۲ ظهر	ساعت ۱۵ بعدازظهر
	طبقه اول			
اتریوم ۶*۶ با سقف شیب‌دار یک‌طرفه (۶۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۴*۴ با سقف شیب‌دار دوطرفه (۸۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۴*۴ با سقف شیب‌دار دوطرفه (۹۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۶*۶ با سقف شیب‌دار دوطرفه (۵۰٪)	همکف			
	طبقه اول			
اتریوم ۶*۶ با سقف شیب‌دار دوطرفه (۶۰٪)	همکف			
	طبقه اول			

نتیجه‌گیری

با توجه به تأثیر شکل و درصد پنجره‌بندی سقف آتریوم بر میزان نور دریافتی فضای داخلی، این تحقیق در پی تعیین شکل و میزان درصد بهینه سطوح شیشه‌خور سقف آتریوم در فضای آموزشی کم طبقه شهر تبریز می‌باشد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که با توجه به ارتفاع کم آتریوم، در آتریم‌های مرکزی با ابعاد بزرگ‌تر، نور بیشتری دریافت شده و امکان خیرگی در فضای داخلی نیز افزایش می‌یابد. کم‌ترین

میزان نور دریافتی مربوط به آتریوم با سقف مسطح با نورگیری از کناره‌ها است. بیشترین میزان نور دریافتی نیز مربوط به آتریوم با سقف شیبدار دوطرفه می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از شاخص‌های فاکتور نور روز، میزان روشنایی دریافتی و آتونومی نور روز می‌توان بیان نمود که در آتریوم‌های با سقف مسطح و نورگیری از بالا، سقف دندانه‌ای و سقف شیب‌دار یک‌طرفه، ابعاد ۶*۶ با سطح شیشه‌خوری ۵۰ درصد و در آتریوم با سقف شیب‌دار دوطرفه، ابعاد ۴*۴ با سطح شیشه‌خوری ۹۰ درصد امکان تأمین روشنایی مناسب طبیعی فراهم می‌گردد. البته باید متذکر شد که نتایج به‌دست‌آمده تنها تحت تأثیر تغییرات شکل سقف، ابعاد پلان آتریوم و سطح شیشه‌خور سقف بوده است و از عواملی نظیر انعکاس سطوح، ضریب عبور سطوح شیشه‌خور، سایه‌اندازها، ارتفاع و شکل آتریوم و تأثیر شرایط دیگر آسمان در نظر گرفته نشده‌اند که این موارد می‌توانند موضوعات پژوهش‌های بعدی باشند. همچنین پیشنهاد می‌شود در صورت نیاز فضا به آتریوم‌های با ابعاد بزرگتر، حتماً از تمهیداتی مانند سایه‌بان داخلی در زیر نورگیرها و کاهش ضریب انعکاس سطوح داخلی استفاده شود تا ضمن کاهش خیرگی و نور دریافتی مانع بیش از حد گرم شدن فضا گردد.

پی‌نوشت‌ها

1. Intermediate light space
2. Interior light space
3. Zenithal
4. Radiance
5. Shape factor: فاکتور شکل واحد اندازه‌گیری فشردگی ساختمان‌ها است و رابطه هندسه، اندازه ساختمان و عملکرد انرژی یک ساختمان را می‌توان با آن بیان کرد.
6. Visible transmittance
7. Ecotect analysis 2011
8. Radiance 1.02
9. Plan aspect ratio
10. Well index
11. Bednar
12. Section aspect ratio
13. Daylight Factor (DF)
14. Daylight autonomy

فهرست منابع

- زارع، فائزه، حیدری، شاهین (۱۳۹۴). طراحی معماری با بهره‌گیری از روشنایی طبیعی رویکردی در طراحی کتابخانه برای شهر تهران. *هویت شهر*، ۹(۲۴)، ۵۵-۶۴.
- عبدلی، سید سجاد، و موسوی، روح‌الله (۱۳۹۶). بررسی تأثیر تناسبات و شکل آتریوم‌ها بر بهینه‌سازی انرژی در اقلیم سرد و کوهستانی. *مجله مهندسی مکانیک*، ۸۱، ۲۰۷-۲۱۳.
- قدیمی، هانیه، و محمودی زرندی، مهناز (۱۳۹۶). بررسی تأثیر شکل سقف آتریوم بر عملکرد حرارتی و تأمین نور روز در مراکز درمانی با پلان گسترده. *هفتمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری*، اصفهان.
- قیابکلو، زهرا (۱۳۹۱)، *مبانی فیزیک ساختمان ۲ (تنظیم شرایط محیطی)*. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر.

- قیابکلو، زهرا (۱۳۹۲)، *مبانی فیزیک ساختمان ۵ (نور روز)*، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر.
- کاظم‌زاده، مرضیه، قبادیان، وحید، و طاهباز، منصوره (۱۳۹۴). آتریوم و روشنایی فضای داخلی ساختمان‌های اداری، بررسی تأثیر فرم سقف آتریوم بر دریافت روشنایی داخلی. *معماری و شهرسازی آرمان‌شهر*، ۸، ۵۳-۶۱.
- محمودی زرندی، مهناز (۱۳۹۴). آتریوم‌ها و معضلات نورگیرهای مرکزی در معماری امروز ایران. در محمودی، محمد مهدی، آراکلیان، روبن، اسلامی، لیدا، بهداد، پیام، و نوروزی، رضا (ویراستاران)، نور در هنر، *معماری و شهرسازی ایران* (۹۰-۹۹). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- میری، مجید، و کمپانی سعید، محسن (۱۳۹۴). طراحی فرایندی جهت نیل به روشنایی طبیعی مناسب برای یک فضای کاری اداری در شهر تهران از طریق محاسبه ابعاد بهینه پنجره، سایبان و عمق مفید اتاق. *معماری و شهرسازی آرمان‌شهر*، ۸، ۷۳-۸۹.
- نصراللهی، نازنین، عبدالله‌زاده، صفورا، و لیتکوهی، ساناز (۱۳۹۶). بررسی تأثیر آتریوم بر شرایط محیط داخلی، آسایش حرارتی ساکنان و میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری، نمونه موردی: شهر تهران. *معماری و شهرسازی آرمان‌شهر*، ۱۰(۲۱)، ۲۱، ۱۲۵-۱۳۸.

- Abdullah, A., & Wang, F. (2012). Design and low energy ventilation solutions for atria in the tropics. *Sustainable Cities and Society,* 2, 8– 28.
- Aldawoud, A. (2013). The influence of the atrium geometry on the building energy performance. *Energy and Buildings,* 57, 1–5.
- Chow, S., Li, D., Lee, E., & Lam, J. (2013). Analysis and prediction of daylighting and energy performance in atrium spaces using daylight–linked lighting controls. *Applied Energy,* 112, 1016–1024.
- Danielski, I., Nair, G., Joelsson, A. & Froling, M. (2016). Heated atrium in multi–storey apartment buildings, a design with potential to enhance energy efficiency and to facilitate social interactions. *Building and Environment,* 106, 352–364.
- Hung, W. Y., & Chow, W. K. (2001). A Review on Architectural Aspects of Atrium Buildings. *Architectural Science Review,* 44, 285–296.
- Lan, W., Qiong, H., Qi, Z., Hong, X., & K.K. Yuen, 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.
- Modirrousta, S., & Boostani, H. (2016). Analysis of Atrium Pattern, Trombe Wall and Solar Greenhouse on Energy Efficiency. *Procedia Engineering,* 145, 1549 – 1556.
- Moosavi, L., Mahyuddin, N., Ab Ghafar, N., & Azzam Ismail, M. (2014). Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 34, 654–670.

  Serra, R. (1998). Chapter 6– Daylighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 2, 115–155.
- Yunus, j., S. h. Ahmad, S., & Zain Ahmed, A. (2010). Analysis of atrium's architectural aspects in office buildings under tropical sky conditions. *International Conference on Science and Social Research (CSSR 2010),* December 5 – 7. Kuala Lumpur, Malaysia.

Vol. 13 • No. 29 • Winter 2020

Received: 03 July, 2019 | Accepted: 21 December, 2019

Document Type: Research Paper

Effect of Atrium Skylight Type on Atrium Interior Lighting in Educational Buildings in Tabriz, Iran

Elham Taghipour Mizani
MA in Architecture, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Hojjatollah Rashid Kolvir
Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(Corresponding Author)

Hassan Akbari
Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Abstract

Atrium is referred to a wide-open space, which often has several floors and is covered with glass ceilings or large windows, or both. Atria are often used when the built-up area of the building is too high or the building's southern facades are inaccessible or limited for lighting, so using sunlight should be the main consideration of their design. There are four types of atrium: centralized, semi-enclosed, attached, and linear. In this research centralized type is reviewed and a square plan atrium is chosen according to the studies. The dimensions of the selected plans for atriums are 4*4, 6*6, 8*8, and 10*10 meters and the height of the atrium is constant (9 meters). Since the form and structure of the skylight can affect how the atrium receives sunlight, this paper seeks to study the effect of the type and shape of the skylight on the amount of light received in the inner space of the atrium. This research has been carried out in the cold climate of Tabriz in Iran so the conditions of cloudy skies according to the climate of Tabriz are considered for simulation. In order to fulfill the objective of this study, first, the atrium and components which affect the design and the theoretical reviews were investigated and then the proportions of the model were obtained. In order to perform more detailed analysis, the effect of five different atrium skylights (1. flat roof with lighting from the top, 2. flat roof with lighting from sides, 3. roof with light scoops, 4. single-sided sloped roof, and 5. double-sided sloped roofs) on the interior lighting of the atrium have been compared. Also changing the amount of glazing surface of these skylights is another main variable of this research. Daylight Factor, Autonomy, Brightness (lux), and Sky Component are the factors that were measured by Ecotect Analysis and Radiance software. The results are compared and analyzed and have been illustrated in tables and graphs. The results demostrate that the shape of the skylight has a significant effect on the amount of light received inside the atrium. Suitable daylight factor and brightness for the atrium are achieved by a single-sided sloped roof with 90 percent of glazing and a double-sided sloped roof with 80-90 percent of glazing while the dimensions of the atrium are 4m. For the atrium with dimensions of 6m, it is achieved by flat roof with lighting from the top, single-sided and double-sided sloped roof with 50-60 percent of glazing and finally roof with light scoops with 50-70 percent of glazing. There is a very high possibility of glare in larger atriums with this low, two-story height. It should be noted, however, that the results achieved are only affected by the changes in the roof shape, the proportions of the atrium and the amount of glass in the skylight, and factors such as the reflection of surfaces, the transmission of the surfaces, shading, height, and shape of the atrium and the effect of other conditions of the sky have not been considered.

Keywords: Educational building, daylight, Atrium, skylight, Tabriz