ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2019.159288.1748

ارزیابی تأثیر حفره میانی در عملکرد مصرف انرژی سرمایشی نمای دوپوسته گسترده در اقلیم گرم و مرطوب (جزیره کیش)*

مرسا بیدلی[۱]- حسین مدی[۲]- جمال‌الدین سهیلی[۳]- کمال رهبری منش[۴]**

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
۲. استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران (نویسنده مسئول).
۳. استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
۴. استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۰۹ تاریخ اصلاحات: ۹۸/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۸/۰۷/۰۱ تاریخ انتشار: ۹۹/۰۳/۳۱

چکیده

عمده تبادلات انرژی در ساختمان وابسته یا حداقل مرتبط با پوسته خارجی بناست. پوسته‌های خارجی محل تبادل حرارت بنا با محیط اطراف، جذب انرژی‌های خورشیدی، تهویه، و نفوذ نور و صدا به محیط داخلی می‌باشند که نقش مهمی در صرفه‌جویی انرژی ساختمان‌ها خواهند داشت. در این میان نماهای دوپوسته به‌عنوان یک راهکار برای ایجاد شفافیت، کنترل تأثیر محیط بر ساختمان و عملکرد مفید آن از دیدگاه کاهش مصرف انرژی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. با توجه به مشکلات افزایش حرارت ناشی از اثر گلخانه‌ای موجود در حفره به‌ویژه در اقلیم گرم و مرطوب، لزوم پژوهش حاضر جهت دستیابی به فاصله بهینه دو پوسته در راستای کاهش مصرف انرژی دیده می‌شود. روش پژوهش حاضر بر اساس جمع‌آوری اطلاعات، شبیه‌سازی مطالعه موردی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر و تحلیل و بررسی داده‌های کمی حاصل از شبیه‌سازی ساختمان مورد نظر در اقلیم گرم‌ومرطوب جزیره کیش می‌باشد؛ که نمای دو پوسته گسترده در فواصل مختلف حفره میانی جهت بررسی میزان مصرف انرژی، شبیه‌سازی شده است. یافته‌های پژوهش میزان مصرف انرژی سرمایشی در فواصل حفره ۳۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر می‌باشد. چارچوب نظری تحقیق بر این اساس است که جبهه جنوبی نمای دوپوسته گسترده در مقایسه با انواع نماهای دو پوسته تأثیر به‌سزایی در میزان کاهش مصرف انرژی دارد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که عمق حفره در میزان کاهش انرژی سرمایشی نقش مؤثری ایفا می‌نماید و نمای دوپوسته با عمق بین ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر، بهینه‌ترین فاصله در کاهش مصرف انرژی سرمایشی در مقایسه با فواصل دیگر در ساختمان اداری کوتاه‌مرتبه در اقلیم گرم و مرطوب خواهد بود.

واژگان کلیدی: نمای دو پوسته، حفره میانی، انرژی سرمایشی مصرفی، اقلیم گرم و مرطوب.

* مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان «تبیین مبانی طراحی پوسته‌های دو جداره فضاهای اداری در اقلیم گرم و مرطوب» که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین تحت راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم و چهارم انجام شده است.

** E_mail: medi@arc.ikiu.ac.ir

۱. مقدمه

صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها و آلودگی محیط‌زیست دو نگرانی مهم در معماری است که توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. نما به عنوان بخشی از ساخت‌وساز در ارتباط با عوامل خارجی نقش مهمی در عملکرد انرژی و آسایش ساختمان ایفا می‌کند. در حقیقت، نما عنصر مشترکی است که فضای داخلی و خارجی ساختمان را تشکیل می‌دهد و از این رو مسئولیت نگرانی‌های مختلفی از جمله گرمازدایی، جذب گرمای خورشیدی، نور روز و کنترل خسارات را بر عهده دارد (Jafari, Khyrossadat, & Mirhosseini, 2017, p. 8). پوسته خارجی ساختمان می‌تواند برای پاسخگویی به نیازهای مختلفی مانند: نیازهای محیطی، فن‌آوری و ساختاری، فرهنگی- اجتماعی، عملکردی و ویژگی‌های زیبایی‌شناسی طراحی شود که مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی از جمله محیط خارجی و شرایط خرداقلیم، محیط داخلی و ویژگی‌های فضایی و نیازهای ساکنین؛ می‌باشند (Halawa, Ghaffarianhoseini, Ghaffarianhoseini, Trombley, Hassan, Baig, YusmahYusoff, & Ismaile, 2017, p. 3).

جداره خارجی در جهت تنظیم محیط داخلی ساختمان یک مسیر انتخابی را برای یک ساختمان در نظر می‌گیرد تا با آب‌وهوا کار کند، یعنی به حرارت، خنک کننده، تهویه و نیازهای نور طبیعی پاسخ دهد. این امر فرآیندهای فیزیکی را تعیین می‌کند و نقش کلیدی در عملکرد کلی انرژی ساختمان ایفا می‌نماید. انتقال حرارت، تابش خورشیدی و جریان هوا را کنترل نموده و باید شرایط مورد نیاز برای تهویه و نور روز را با توجه به حفاظت حرارتی مناسب با شرایط آب‌وهوایی متعادل کند (Haggag, 2007, p. 290).

با توجه به گرایش مدرنیسم به حذف جداره‌ها، استفاده از شیشه در جهت شفافیت بنا افزایش یافت. نظر به این‌که مقاومت حرارتی کم شیشه باعث افزایش اتلاف انرژی حرارتی می‌شود؛ در جهت افزایش کارایی جداره ساختمان که مطرح شد، به‌کارگیری نماهای دو پوسته ضمن بهره‌گیری شفافیت، راه‌حلی جهت صرفه جویی انرژی می‌باشد (Halawa, Ghaffarianhoseini, Ghaffarianhoseini, Trombley, Hassan, Baig, YusmahYusoff, & Ismaile,2017, p. 12) که امکان تنظیم گرما، سرما، نور و صدا را به طریقی که کمترین میزان انرژی مصرف شود، فراهم می‌نمایند (Klein, 2013, p. 37). همانطور که هندریکسن[1] تأکید می‌کند «شفافیت غالباً به‌عنوان مهم‌ترین دلیل معمارانه برای استفاده از نماهای دوپوسته مطرح است، زیرا امکان برخورد نزدیک با فضای پیرامون را فراهم می‌آورد» (Hendriksen, Sorensen, Svenson, & Aaqvist, 2000, p. 64).

بنابراین با توجه به مباحث ذکر شده و نظر به اهمیت و عملکرد جداره ساختمانی و در میان آن، تأثیر نمای دوپوسته بر میزان مصرف انرژی، سؤال اصلی پژوهش بر آن است که با توجه به عملکرد بهینه نمای دو پوسته گسترده در اقلیم گرم و مرطوب، آیا فاصله حفره دو پوسته در میزان مصرف انرژی نقش مؤثری خواهد داشت؟

۲. ادبیات پژوهش

استفاده از نمای دوپوسته یک راه حل جالب برای کنترل افزایش گرمای خورشیدی است و از این رو طراحی انرژی کارآمد ساختمان‌های شیشه‌ای را علاوه بر این در جنبه‌های زیبایی‌شناسی افزایش می‌دهد (Qahtan, 2019, p. 2).

تعاریف مختلفی از سیستم نمای دو پوسته وجود دارد. استرل[2] و همکاران جامع‌ترین تعریف از نمای دوپوسته را ارائه داده‌اند. برای نویسنده، یک نمای دو پوسته از یک پوسته چند لایه تشکیل شده است که دارای یک لایه خارجی و داخلی است که شامل یک فضای بافر است که جهت کنترل تهویه و محافظت از تابش خورشیدی استفاده می‌شود (Ahmed, Abel-Rahman, Ali, & Su-zuki, 2016, p. 84).

سلنز[3] نمای دو پوسته را به‌عنوان «یک ساختار نما که شامل دو سطح شفاف است و به وسیله یک حفره که به‌عنوان کانال هوا استفاده می‌شود، جدا شده است» تعریف می‌کند.

مطالعات بسیاری در مورد نمای دو پوسته در مناطق مختلف آب‌وهوایی برای بررسی مناسب بودن سیستم در تقویت محیط داخلی ساختمان‌های لعاب انجام شده است. این مطالعه عملکرد انرژی نماهای دوپوسته را در دو آب و هوای متفاوت، منطقه معتدل و گرم‌تر بررسی کرده است. وجه غربی نمای دوپوسته مقایسه شده است. نتایج مطالعه حاکی از آن است که نمای دوپوسته برای آب‌وهوای معتدل نسبت به مناطق گرم مناسب‌تر هستند. همچنین مشخص شد که نماهای دوپوسته قادر به صرفه‌جویی انرژی تقریباً ۵۰ درصد در آب‌وهوای معتدل و ۱۶ درصد در آب‌وهوای نیمه گرمسیری می‌باشند (Qahtan, 2019, p. 2). با توجه به ویژگی‌های نمای دوپوسته و کاربرد آن در اقلیم‌های مختلف، استفاده از این نما به‌عنوان یک انتخاب منطقی برای آب‌وهوای گرم به نظر می‌رسد، زیرا هدف اصلی نگه داشتن حرارت در محیط خارجی است. با گرم شدن فضای بین پوسته‌ها و سپس تهویه هوای گرم، می‌توان از ورود انرژی خورشیدی زیادی به فضای سکونت جلوگیری کرد (Klein, 2013, p. 146). استفاده از نمای دوپوسته به جهت کاهش و یا هدر رفت ضریب جذب گرمای خورشیدی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Farrokhzad & Nayebi, 2014, p. 66).

عملکرد نمای دوپوسته به عنوان یک سیستم خورشیدی غیرفعال شامل عناصر شبیه به ترکیبات گلخانه‌ها می‌باشد

با این تفاوت که حفره میانی قابل سکونت نیست. نور خورشید که به پوسته بیرونی برخورد می‌کند تا حدی منعکس می‌شود، جذب می‌شود و از بین می‌رود. پرتوهای خورشیدی که از پوسته بیرونی عبور می‌کنند توسط پوسته داخلی جذب می‌شوند که در آن نقطه دما بالا می‌رود. سپس، در جهات مختلف ساطع می‌شود. پس از مدتی دمای جذب دیواره شیشه خارجی با جذب اشعه‌های حفره میانی و همچنین با جذب بخشی از نور خورشید افزایش می‌یابد. اکنون بخشی از این پرتوهای جذب شده در دو طرف شیشه ساطع می‌شود و بخشی از این تابش به این صورت محبوس می‌شود که در نتیجه دمای هوا فضای داخلی به‌دلیل هدایت انتقالی بین دیواره‌ها و هوای بین پوسته افزایش می‌یابد.

انواع متنوع نمای دوپوسته که در عمل رایج است، نشان‌دهنده نیاز به تعادل بین عملکرد حرارتی، آسایش بصری و شرایط مختلف آب‌وهوایی است. تفاوت‌های اصلی در پیکربندی مکانی دو پوسته، عمق حفره هوا (از ۲۰۰ میلی‌متر تا بیش از ۲۰۰ سانتی‌متر)، نحوه تهویه این حفره (تهویه طبیعی یا مکانیکی یا با ترکیب هر دو)، نوع شیشه مورد استفاده برای هر یک از پوسته‌ها و ادغام دستگاه‌های سایه‌انداز مورد استفاده در سیستم (Aleksandrowicz & Yezioro, 2018, p. 1).

نمای دو پوسته از لایه‌های زیر تشکیل شده است:

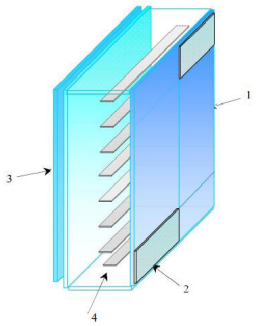
۱. شیشه بیرونی: معمولاً این شیشه‌ها یک جداره و سخت شده هستند و ضخامت آن‌ها نسبت به دیگر شیشه‌ها بیشتر است. نمای بیرونی می‌تواند کاملاً شیشه‌ای باشد (Afshin mehr, Aref, & Shanesaz, 2015, p. 79).

۲. شیشه دورنی: این لایه می‌تواند کاملاً شیشه‌ای نباشد و معمولاً از شیشه‌های دو جداره عایق و یا شیشه‌های لمینت و بازتاب‌کننده استفاده می‌شود. این شیشه‌ها می‌تواند توسط کاربر باز یا بسته شوند که امکان تهویه طبیعی فضای داخلی ساختمان را فراهم می‌کند (Ibid, p. 79).

۳. حفره هوای بین دو شیشه: حفره مابین دوپوسته می‌تواند کاملاً طبیعی یا مکانیکی تهویه شود. عرض فضای حائل معمولاً بین ۱۰ سانتی‌متر تا ۲ متر متغیر است و این پهنا زمانی که نما به‌عنوان نگهدارنده عمل می‌کند اثرگذار می‌باشد (Mulyadi, 2012, p. 25).

۴. تجهیزات سایه‌اندازهای خورشیدی: استفاده گسترده از شیشه در پوسته خارجی به این معناست که با دسترسی مستقیم به نور خورشید میزان بیشتری از نور خورشید وارد فضای داخلی می‌شود. این امر موجب سلب آسایش ساکنین و مختل شدن فعالیت‌های آنان در فصول گرم می‌شود. معمول‌ترین راه محافظت بنا در برابر تابش مستقیم خورشید نصب سایه‌اندازها در حفره بین دو لایه نماست (Ibid, p. 18).

شکل ۱: طرح کلی نمای دوپوسته: ۱. پوسته خارجی شیشه تک جداره سخت، ۲. بافل‌ها دستی یا مکانیکی، ۳. پوست داخلی آن معمولاً یک شیشه دوجداره (پوشش E کم) است. ۴. سیستم سایه‌انداز در حفره بین هر دو پوسته



(Lembo, Marino, & Lacava, 2009, p. 198)

۲-۱- عمق فضای بین دو پوسته (عمق حفره)

عمق نما در گستره متفاوتی قرار می‌گیرد. در ساختمان‌های موجود این گستره غالباً بین ۲۰۰ تا ۱۴۰۰ میلی‌متر به صورت رخ به رخ بین پوسته داخلی و خارجی است. سه سبک غالب برای این عمق وجود دارد. در سبک فشرده فاصله بین دو پوسته در گستره‌ای بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر منظور می‌شود. در سبک دوم غالباً فاصله چنان تنظیم می‌شود که امکان تمیز کردن سطوح میان شکاف‌نما وجود داشته باشد. سبک سوم یا سبک عریض حدود یک متر یا بیشتر پهنا دارد. در این سبک امکان استفاده از فضای شکاف به‌عنوان کریدور خروج از آتش وجود دارد. در واقع سبک سوم، سبک گستره‌ای است که فضایی آتریوم مانند به وجود می‌آورد (Afshin mehr, Aref, & Shanesaz, 2015, p. 79).

عملکرد اساسی نمای دوپوسته به دلیل اثر مکشی است که در حفره رخ می‌دهد. در داخل حفره، هوا توسط یک پدیده انتقال حرارت گرم می‌شود که باعث افزایش تفاوت در تراکم هوا در گردش می‌شود: هوای گرم شده از طریق دهانه فوقانی دستگاه بیرون می‌رود و هوای تازه از طریق پایین دست وارد حفره می‌شود. ورود و بیرون راندن هوا در حفره نما با استفاده از فن‌های اگزوز می‌تواند به‌صورت

طبیعی یا مکانیکی اتفاق بیفتد (Souza, Souza, & Rodrigues, 2018).

استرلی[۴] (۲۰۰۱) توضیح وسیعی از عملکرد و جریان هوای حفره در ارتباط با عوامل سازه‌ای را ارائه می‌دهد «تنها زمانی که حفره بین جداره‌های نما کم عمق است (کمتر از ۴۰ سانتی‌متر) افت فشار قابل توجهی اتفاق می‌افتد. در غیر این صورت، فضای میانی مقاومت چندانی در برابر جریان هوا ندارد» (Poirazis, 2004, p. 39).

از آنجا که تعاملات و تأثیرات عناصر مختلف بر روی یکدیگر بر عملکرد حفره تأثیر می‌گذارند؛ مدل‌سازی و شبیه‌سازی حفره نمای دوپوسته کار پیچیده‌ای است.

از نتایج مدل‌سازی‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات عمق، تأثیر چشمگیری بر چگونگی و سرعت جریان هوای داخل حفره دارد. درصورتی که ضریب انتقال حرارت شیشه‌ها کنترل شود و نمای دوجداره به‌صورت صحیح عایق‌بندی شود، تغییر عمق فضای داخل حفره می‌تواند تفاوتی در حدود ۶ تا ۱۰ درجه سلسیوس برای عمق‌های مختلف ایجاد کند. از طرف دیگر، در نماهای دوپوسته بدون تهویه هم هرچه عمق فضای حفره بیشتر باشد، تابش عبوری از جداره خارجی باید حجم بیشتری از هوا را (با استفاده از اثر گلخانه) گرم کند. این مسئله خود به پایین آمدن دمای داخل حفره می‌انجامد. اما این به معنای بهبود عملکرد نمای دوپوسته نیست؛ زیرا این کار، عملکرد گرمایشی پوسته در شرایط سرد را هم مختل می‌کند.

در مدل مورد مطالعه هادیان پور و همکاران، عمق ۶۰۰ میلی‌متر عملکرد بهتری نسبت به بقیه موارد ایجاد می‌کرد. البته برای تعیین عمق بهینه باید به این نکته هم توجه داشت که درتعیین عمق حفره، ارتفاع و همچنین طول پوسته هم اهمیت زیادی دارد. ضمن این‌که ابعاد فضای مرتبط با نمای دوپوسته نیز بر عملکرد این نماها بسیار تأثیرگذار است. همچنین تصمیم‌گیری برای تعیین عمق حفره تحت تأثیر موارد دیگری نیز قرار می‌گیرد که شامل موارد زیر می‌باشد:

- فضای کافی برای تجهیزات سایه‌اندازی و عناصر سازه‌ای وجود داشته باشد.
- امکان دسترسی به داخل حفره برای شستشو و تعمیرات فراهم باشد.
- حفره به‌عنوان مجرایی برای انتشار آلودگی یا سرایت آتش به سایر طبقات عمل نکند.

بایستی توجه داشت که هر پروژه باتوجه به شرایط خود و ارتفاع و حجم هوای داخل حفره، عمق بهینه خود را دارد. بنابراین به منظور جلوگیری از برافروختگی، بایستی تعادل بهینه‌ای میان ارتفاع و عمق در نمای دوپوسته‌ای به وجود آید (Hadianpour, MahdaviNejad, & Bemanian, 2014, p. 36).

۲-۲- پیشینه تحقیق

مطالعات اندکی پیرامون طراحی نماهای دوپوسته در اقلیم گرم و مرطوب صورت گرفته است. با وجود مزایای استفاده این سیستم در کنترل نمای ساختمان‌ها در کشورهایی همچون چین، مالزی و کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس، مطالعات رو به رشدی در زمینه نماهای دوپوسته، در این کشورها در حال انجام است. با توجه به موقعیت مناسب و تشابه شرایط آب‌وهوایی در جزیره کیش، می‌توان از این مطالعات در طراحی نماهای ساختمان‌ها در این مناطق، بهره جست.

گراتیا و دهرد[۵] (۲۰۰۷) دمای حفره را در فواصل ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ سانتی متر با نرم افزار TAS در بلژیک بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که دما در حفره عمیق کمی کمتر از نمای دوپوسته با عمق کمتر است (Gratia & De Herde, 2007).

پکدمیر و همکاران[۶] (۲۰۱۲) در پژوهشی بیان می‌کند: عمق حفره نمای دوپوسته به طور قابل توجه، تحت تأثیر عملکرد گرمای بیش ازحد در حفره است. همچنین اقلیم، تأثیر بیشتری بر روی عملکرد عمق حفره و یا نوع طبقه‌بندی آن دارد (Spastri, Noble, Kensek, & Choi, 2015, p. 839).

«مالیادی[۷] ۲۰۱۲» در پژوهشی در راستای تهویه طبیعی نماهای دوپوسته در اقلیم گرم و مرطوب به این نتیجه رسیده است که نمای دوپوسته با تهویه طبیعی در به حداقل رساندن جذب گرما نسبت به وضعیت تک پوسته بسیار مؤثر است و فاصله بین دو پوسته داخلی و خارجی عامل مهم در کاهش انتقال حرارت می‌باشد که می‌تواند تا ۵۰ درصد جذب حرارت را کاهش دهد (Mulyadi, 2012, p. 119).

رحمانی و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی با استفاده از نرم‌افزار Fluent عمق نمای دوپوسته را در فواصل ۳۰، ۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ سانتی‌متر در مالزی به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش اندازه حفره تا یک متر دریافت خورشیدی را در ساختمان کاهش می‌دهد و باعث کاهش بازده نمای دوپوسته می‌شود (Rahmani, Kandar, & Rahmani, 2012).

رادهی و همکاران[۸] (۲۰۱۳) با نرم‌افزار دیزاین بیلدر و فلوئنت[۹] نمونه ای را در امارات با تهویه طبیعی با فواصل ۵۰، ۷۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر شبیه‌سازی می‌کند و بیان می‌نماید که حفره‌های باریک اثر دودکش را تقویت می‌کند و حرکت هوای قویتر منجر به استخراج بیشتر هوای گرم از طریق حفره می‌شود. از طرف دیگر، عمق حفره‌های بزرگ (بیشتر از یک متر) اثر دودکش را کاهش می‌دهد و انتقال حرارت نزدیک اتاق‌های داخلی افزایش می‌یابد، بنابراین عمق حفره بین۷۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر می‌تواند توازن بین هوای خروجی و انتقال حرارت در

فضای داخلی را ایجاد نماید (Radhi, Sharples, & Fikiry, 2013, p. 186).

از بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در اقلیم گرم و مرطوب به این نتیجه خواهیم رسید که پژوهشی در راستای تأثیر عمق‌های مختلف بر روی میزان مصرف انرژی (سرمایشی) در اقلیم گرم و مرطوب انجام نگرفته است؛ لذا با تکیه بر تحقیقات پیشین مبنی بر عملکرد بهینه جبهه جنوبی نمای دوپوسته گسترده، به نقش عمق دوپوسته در کاهش مصرف انرژی و بررسی فاصله بهینه می‌پردازیم.

۳. روش تحقیق

فاصله بین دو پوسته داخلی و خارجی و تعیین مناسب‌ترین فاصله در جهت بیشترین بهره‌وری مبتنی بر روش تحقیق کمی می‌باشد. در این پژوهش جهت بررسی فاصله بهینه دوپوسته از روش شبیه‌سازی و بررسی مورد مطالعاتی استفاده شده است. در این راستا به کمک ابزار شبیه‌سازی، تأثیر فواصل مختلف دو پوسته بر میزان مصرف انرژی ساختمان، درجه حرارت و آسایش حرارتی سنجیده می‌شود. نخستین گام در روند این تحقیق جمع‌آوری اطلاعات مورد مطالعه در تحقیق است. این اطلاعات شامل اطلاعات آب‌وهوایی جزیره کیش و اطلاعات مربوط به ساختمان مورد مطالعه می‌باشد. نرم‌افزار شبیه‌سازی به‌کار گرفته شده در این تحقیق، نرم‌افزار دیزاین بیلدر است. نرم‌افزار دیزاین بیلدر، نرم‌افزاری جهت تحلیل حرارتی ساختمان است که تأثیر عوامل محیطی بر ساختمان را اندازه‌گیری می‌کند و می‌تواند بر اساس اطلاعات آب و هوایی مقدار انرژی مصرفی را در ساعت، روز، ماه و سال محاسبه نماید که در آن با تکیه بر موتور آنالیز انرژی پلاس از روش عددی زونال برای حل معادلات انرژی بهره‌گیری شده است.

۳-۱- شبیه‌سازی

جهت بررسی فاصله بهینه دوپوسته، نمونه‌موردی با نمای تک پوسته شبیه‌سازی شده و سپس در فواصل ۳۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر در نمای دوپوسته گسترده [۱۰] مدل‌سازی می‌شود و از سه جهت میزان مصرف انرژی، درجه حرارت زون‌های مختلف و شرایط آسایش سالانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند؛ سپس فواصل مختلف بررسی شده به جهت انتخاب عمق بهینه از نظر مصرف انرژی و رفتار حرارتی مقایسه می‌گردند.

از شرایط و پیش‌فرض‌های مطرح شده در مدل‌سازی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

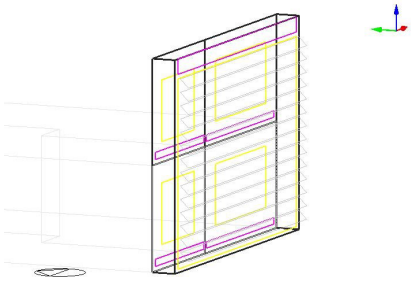
۱. نوع نمای دوپوسته مدل‌سازی شده، نمای گسترده می‌باشد که در جبهه جنوبی بررسی شده است.

۲. مشخصات شیشه و مصالح با توجه به وضع موجود ثابت در نظر گرفته شده است.

۳. بازشوها به صورت ثابت و بسته در نظر گرفته شده‌اند.

۴. تهویه حفره نمای دوپوسته به‌صورت طبیعی می‌باشد.

شکل ۲: دریچه‌های ورودی و خروجی هوا در شبیه‌سازی



همچنین جهت تسهیل در روند پژوهش و تحلیل مقایسه انواع فواصل، روش ورود و خروج جریان هوا به‌صورت حائل هوا [۱۱] در نظر گرفته شده است و نحوه تهویه به‌صورت طبیعی می‌باشد.

در پژوهش حاضر، فایل مطالعات اقلیمی با استفاده از نرم‌افزار متئونورم تنظیم شده است. بنابراین اطلاعات هواشناسی ساعتی به همراه طول و عرض جغرافیایی در قالب یک فایل مناسب آب‌وهوا، به‌عنوان ورودی به نرم‌افزار دیزاین بیلدر ارائه می‌شود. برای حل معادلات در مرحله زمانی مورد نظر، تحلیل‌های لازم را انجام دهید.

۳-۲- نمونه مورد مطالعه

ساختمان مورد مطالعه در منطقه شمالی جزیره کیش با کاربری اداری در جهت کشیدگی شمالی- جنوبی که در چهار جبهه دارای پنجره می‌باشد، انتخاب شده است. شبیه‌سازی در جبهه جنوبی صورت گرفته است که با توجه به مطالعات انجام شده بهترین عملکرد را خواهد داشت.

جدول ۱: ویژگی‌های سیستم تأسیساتی فضای اشغال شده

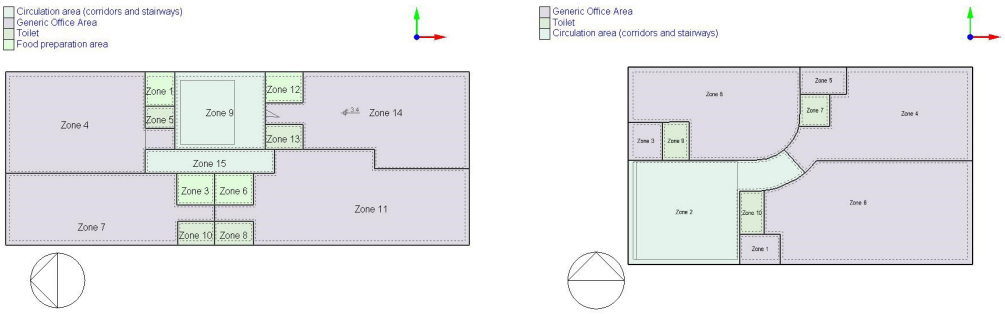
منابع انرژی	انرژی الکتریسته برای سرمایش و گاز طبیعی برای گرمایش
سیستم تاسیساتی[۱۲]	چیلر تراکمی برای سرمایش، کویل آب گرم برای گرمایش
روشنایی	به طور متوسط ۲۵۰ لوکس (برای راهروها ۱۵۰-۲۰۰/ اتاق کار ۳۰۰-۴۰۰ لوکس)
تهویه فضای داخلی	۰.۷ Ac/h
زمان استفاده	۷ تا ۱۶ در ایام شنبه الی چهارشنبه . ۷ تا ۱۳ در روز پنجشنبه

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکی و معماری نمونه‌های مورد مطالعه

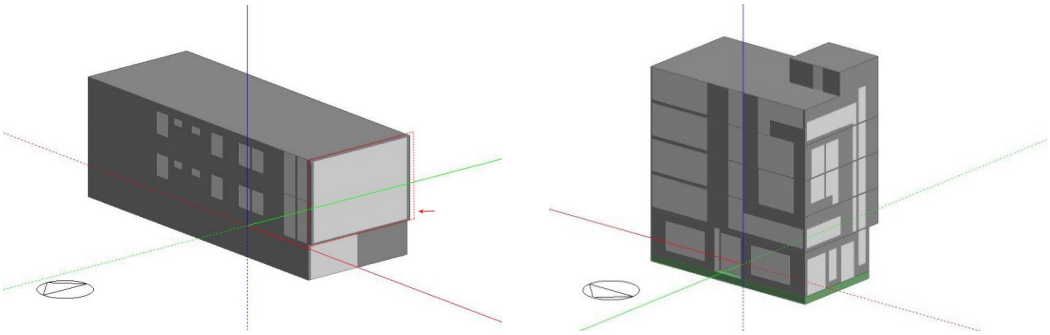
ویژگی‌های معماری	ساختمان ۱	ساختمان ۲
هندسه پلان	مستطیل	مستطیل
تناسبات پلان	۲.۷	۱.۷
ابعاد پلان	۳۱.۲×۱۱.۶متر	۱۱.۵× ۲۰ متر
چیدمان فضایی پلان	آزاد	آزاد
ارتفاع طبقات	۳.۵ متر	۳.۵ متر
تعداد طبقات	همکف +۲	همکف +۴
مساحت طبقات	۳۶۰.۷ مترمربع	۲۳۰ مترمربع
جهت چرخش	شمال- جنوبی	شرقی- غربی
نوع اسکلت و هسته	بتنی	بتنی
تعداد کاربران	۱۰۰	۱۱۰
سطح اشغال کاربران	۹۱۸ مترمربع	۹۹۳.۷ مترمربع
ضریب سطح اشغال ساکنین	۰.۱۱	۰.۱۱
گرمای تولید شده تجهیزات زون اداری (پرینتر)	۱۱.۷ وات بر مترمربع	۱۱.۷ وات بر مترمربع
سطح اشغال کاربران	۰.۷ بار در ساعت	۰.۷ بار در ساعت

شکل ۳: نمای جنوبی نمونه مورد مطالعه

شکل ۴: پلان‌های ساختمان، زون‌های حرارتی مدل شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر



شکل ۵: ترسیم شماتیک فضای دو پوسته در محیط نرم‌افزار بر روی نمای جنوبی بنا



۴. تجزیه وتحلیل

با توجه به سوابق نمونه‌های مدل‌سازی شده، نمای دوپوسته گسترده به‌صورت ثابت در نظر گرفته شده است که در این پژوهش، نمای دوپوسته گسترده مورد مطالعه با تغییر فاصله حفره در بازه ۳۰ الی ۲۰۰ سانتی‌متر از سه جهت میزان مصرف انرژی، دمای حوزه پوسته و محدوده آسایش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۴-۱- میزان مصرف انرژی سرمایشی

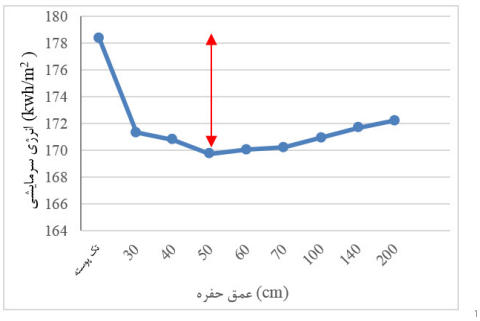
همان‌طور که از جدول ۳ مشاهده می‌شود؛ میزان مصرف انرژی سرمایشی در نمای دوپوسته گسترده با عمق ۵۰ سانتی‌متر در ساختمان اول ۱۶۹.۷۳ کیلووات بر مترمربع و مصرف انرژی سرمایشی در نمای دوپوسته گسترده با عمق ۷۰ سانتی‌متر است در ساختمان دوم ۲۲۷.۶۲ کیلووات ساعت در مترمربع که کم‌ترین انرژی خنک‌کننده برای فواصل مورد بررسی در هر دو ساختمان است. همچنین با توجه به میزان مصرف انرژی در نمای تک پوسته، بیشترین کاهش مصرف انرژی خنک کننده برای ساختمان اول در عمق ۵۰ سانتی‌متر و ساختمان دوم با عمق ۶۰ سانتی‌متر است.

جدول ۳: میزان انرژی سرمایشی در فواصل ۳۰ تا ۲۰۰ سانتی مترحفره میانی دوپوسته

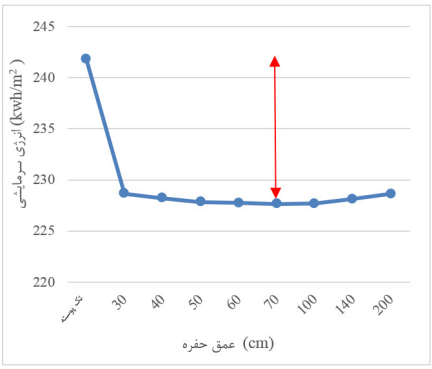
عمق (cm)	انرژی سرمایشی ساختمان ۱ (kwh/m2)	انرژی سرمایشی ساختمان ۲ (kwh/m2)
تک پوسته	۱۷۸.۳۵	۲۴۱.۸۱
۳۰	۱۷۱.۳	۲۲۸.۶۷
۴۰	۱۷۰.۸	۲۲۸.۲۱
۵۰	۱۶۹.۷۳	۲۲۷.۸۴
۶۰	۱۷۰.۰۵	۲۲۷.۷۳
۷۰	۱۷۰.۲۱	۲۲۷.۶۲
۱۰۰	۱۷۰.۹۶	۲۲۷.۷۱
۱۴۰	۱۷۱.۶۸	۲۲۸.۱۲
۲۰۰	۱۷۲.۲۴	۲۲۸.۶۵

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، تفاوت در مصرف انرژی سرمایشی در یک نمای پوسته و دو پوسته با فاصله ۵۰ سانتی‌متر در ساختمان اول ۸.۶ کیلووات ساعت در مترمربع و در ساختمان دوم ۱۴.۲ کیلووات ساعت در ساعت است.

شکل ۶: نمودار انرژی سرمایشی در محدوده ۳۰ تا ۲۰۰سانتی‌متر در ساختمان ۱



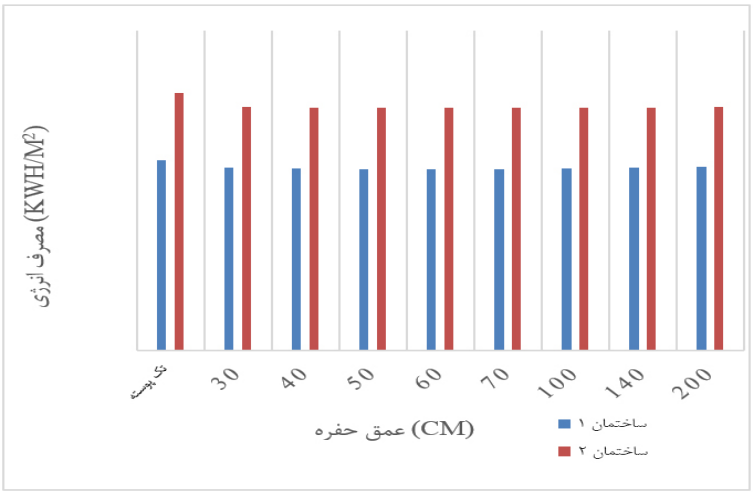
شکل ۷: نمودار انرژی سرمایشی در محدوده ۳۰ تا ۲۰۰سانتی‌متر در ساختمان ۲



همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، میزان انرژی سرمایش در ساختمان اول از ۳۰ به ۵۰ سانتی‌متر کاهش می‌یابد و مصرف انرژی خنک‌کننده بیش از ۵۰ سانتی‌متر افزایش می‌یابد. در ساختمان دوم مقدار انرژی سرمایش از ۳۰ به ۷۰ سانتی‌متر کاهش یافته و بیش از ۷۰ سانتی‌متر افزایش یافته است. بدیهی است تفاوت بین فواصل ۳۰-۲۰۰ سانتی‌متر در ساختمان دوم بسیار ناچیز است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با تغییر عمق پوسته، مصرف انرژی سرمایش در هر دو مورد تغییر می‌کند، اگرچه میزان تغییرات بسیار ناچیز است. مقدار این تغییرات برای دستیابی به فاصله مطلوب نسبت به عمق ۵۰ سانتی متر در ساختمان اول ۱.۵۷ کیلووات بر مترمربع و برای ساختمان دوم (۷۰ سانتی‌متر) ۱.۰۵ کیلووات بر مترمربع است.

شکل ۸: میزان مصرف انرژی سرمایشی در ساختمان‌های ۱ و ۲



مطابق تحقیقات رادی و همکاران ۲۰۱۳؛ در بررسی عمق حفره در امارات و نتایج به‌دست‌آمده از این واقعیت که در فواصل ۷۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر انتقال حرارت کاهش می‌یابد، و با توجه به شبیه‌سازی مطالعات موردی جزیره کیش می‌توان نتیجه گرفت که نتایج شبیه‌سازی درست می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به مدل‌سازی که برای مطالعات موردی انجام شده است، نتایج در بخش مصرف انرژی در جبهه جنوبی نمای دوپوسته گسترده بر اساس نمودار سایکرومتریک و فایل اقلیمی جزیره کیش و تحلیل‌های اقلیمی جزیره کیش حکم داده شده است.

میزان مصرف انرژی در ساختمان اول مورد مطالعه برای نمای تک پوسته در جبهه جنوبی ۱۷۸.۳۵ کیلووات ساعت در مترمربع است و با استفاده از نمای دوپوسته در ساختمان‌های چند طبقه با عمق حفره متوسط ۵۰

سانتی‌متر با ۸.۶ کیلووات ساعت در مترمکعب کاهش می‌یابد و این مقدار برای نمای تک پوسته در ساختمان دوم ۲۴۱.۸۱ کیلووات بر مترمربع است که با اضافه کردن پوسته دوم با حفره ۷۰ سانتی‌متر در نمای جنوبی، مصرف انرژی سرمایشی با ۱۴.۲ کیلووات ساعت در مترمربع کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی با ایجاد نمای دوپوسته ، میزان انرژی سرمایشی در آب و هوای گرم و مرطوب کاهش می‌یابد. این کاهش با حفره ۵۰ سانتی‌متر در ساختمان اول ۶.۵۵ کیلووات ساعت در مترمربع (۳.۷ درصد) و در ساختمان دوم ۱۳.۱ کیلووات بر مترمربع (۵.۴ درصد) است. به نظر می‌رسد میزان مصرف انرژی سرمایشی به ارتفاع نمای دوپوسته و تعداد طبقات ساختمان بستگی دارد و استفاده از نمای دوپوسته در ساختمان‌های بیش از ۱۱ متر مقرون به صرفه است.

بنابراین، با توجه به مطالعات انجام شده در این رابطه، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نمای دو پوسته در یک ساختمان اداری گسترده می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر میزان مصرف انرژی بدون نیاز به نصب و راه‌اندازی گرمایش و سرمایش در اقلیم گرم و مرطوب داشته باشد. در این میان، می‌توان در بررسی محدوده عمق ۳۰ سانتی‌متر تا ۲۰۰ سانتی‌متر حفره میانی نمای دو پوسته در جبهه جنوبی با توجه به کاهش مصرف انرژی که عمق حفره ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر است، نسبت به فواصل دیگر نقش مؤثرتری در کاهش انرژی سرمایشی ایفا می‌کند. مقدار دقیق این فاصله بستگی به ارتفاع ساختمان، مکش هوا و اثر دودکش دارد.

پی‌نوشت

1. Hendriksen
2. Oesterle
3. Slenz
4. Sterly
5. Gratia & De Herde
6. Pekdemir et al.
7. Mulyadi
8. Radhi et al.
9. Fluent
10. Multi-Story Double-Skin Facade
11. Static Air Buffer
12. HVAC

REFERENCES

- Afshin mehr,V., Aref, F., & Shanesaz, M. (2015). Double Skin Facade Numerical Analysis for the Summer Season. *NaqsheJahan*, 5(2), 77-85. https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-10843-en.html
- Ahmed, M.S., Abel-Rahman, A.K., Ali, A.H., & Suzuki, M. (2016). Double Skin Façade: The State of Art on Building Energy Efficiency. *Journal of Clean Energy Technologies*, 4(1), 84-89. https://pdfs.semanticscholar.org/e75a/21a63c93bd9af4dbcc4ccce1d56f5a2e3a3d.pdf
- Aleksandrowicz, O., & Yezioro, A. (2018). Mechanically Ventilated Double-Skin Facade in a Hot and Humid Climate: Summer Monitoring in an Office Tower in Tel Aviv. *Journal Architectural Science Review*, 61(3), 171-188. https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1450726
- Farrokhzad, M., & Nayebi, Z. (2014). Double Skin Glass Façade and Its Effect on Saving Energy. *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning*, 24(2), 65-74. http://ijaup.iust.ac.ir/browse.php?a_code=A-11-363-1&slc_lang=en&sid=1
- Gratia, E., & De Herde, A. (2007). Greenhouse Effect in Double-Skin Façade. *Energy and Buildings*, 39(2), 199–211. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.06.004
- Hadian pour, M., Mahdavi Nejad, M.J., & Bemanian, M.R. (2014). Capacitance Measurement of Double Skin Facade in Iran's Dry and Warm Climate Design to Reduce Energy Consumption (Case Study of Yazd), *Fine Arts Magazine*, 19(3), 29-38.
- Haggag, M.A. (2007). Building Skin and Energy Efficiency in a Hot Climate with Particular Reference to Dubai, Energy and Sustainability. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 105, 287-297. DOI: 10.2495/ESUS070291
- Halawa, E., Ghaffarianhoseini, A.H., Ghaffarianhoseini, A., Trombley, J., Hassan, N., Baig, M., YusmahYusoff, S., & Ismaile, M.A. (2017). A Review on Energy Conscious Designs of Building Façades in Hot and Humid Climates: Lessons For (And From) Kuala Lumpur and Darwin. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(3), 2147-2161. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.061
- Hendriksen, O.J., Sorensen, H., Svenson, A., & Aaqvist, P. (2000). Double Skin Façades – Fashion or a Step towards Sustainable Buildings. Proceedings of ISES, Eurosun. https://pdfs.semanticscholar.org/aee4/307bf-972c53165606f5195f2f81bd7ad011a.pdf
- Jafari, L., Khyrossadat, A.S., & Mirhosseini, S.M. (2017). Performance Assessment of Double Skin Façade in Optimizing Building Energy Consumption (Case Study in Shiraz). *International Journal of Applied Arts Studies*, 2(3), 7-20. http://ijapas.org/index.php/ijapas/article/view/149
- Klein, T. (2013). Integral Facade Construction towards a New Product Architecture for Curtain Walls, Delft University of Technology, Faculty of Architecture, Architectural Engineering, Technology Department.
- Lembo, F., Marino, F., & Lacava, G. (2009). DSF Performance Exchanging Skins, Sbeidco – SBEIDCO: 1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries ENSET Oran (Algeria), 197-204.
- Mulyadi, R. (2012). Study on Naturally Ventilated Double-skin Façade in Hot and Humid Climate, a Dissertation for the Degree of Doctor of Engineering, Department of Enviro Mental Engineering and Architecture, Graduate School of Enviromental Studies, Nagoya University.
- Poirazis, H. (2004). Double Skin Façades for Office Buildings, Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology, Sweden.
- Qahtan, A.M. (2019). Thermal Performance of a Double-skin Façade Exposed to Direct Solar Radiation in the Tropical Climate of Malaysia: A Case Study. *Case Studies in Thermal Engineering*, 14, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100419
- Radhi, H., Sharples, S., & Fikiry, F. (2013). Will Multi-Facade Systems Reduce Cooling Energy in Fully Glazed Buildings? a Scoping Study of UAE Buildings. *Energy and Buildings*, 56, 179–188. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.030
- Rahmani, B., Kandar, M.Z., & Rahmani, P. (2012). How Double Skin Facade's Air-Gap Sizes Effect on Lowering Solar Heat Gain in Tropical Climate? *World Applied Sciences Journal*, 18(6), 774–778. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2012.18.06.3184
- Souza, L.C.O., Souza, H.A., & Rodrigues, E.F. (2018). Experimental and Numerical Analysis of a Naturally Ventilated Double-skin Façade. *Energy & Buildings*, 165, 328-339. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.048
- Spastri, M., Noble, D., Kensek, K., & Choi, J. (2015). The Use of Dynamic Environmental Control Systems (DECS) in Cavities of Double Skin Facades for Energy Savings. *Procedia Engineering*, 118, 833–841. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.521

نحوه ارجاع به این مقاله

بیدلی، مرسا؛ مدی، حسین ؛ سهیلی، جمال‌الدین و رهبری منش، کمال. (۱۳۹۹). ارزیابی تأثیر حفره میانی در عملکرد مصرف انرژی سرمایشی نمای دوپوسته گسترده در اقلیم گرم و مرطوب (جزیره کیش). نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۳(۳۰)، ۱۹-۲۹.

DOI: 10.22034/AAUD.2019.159288.1748

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_108570.html