



توسعه معماری پایدار و نماهای دوپوسته:

کابرد نماهای دوپوسته در کاهش آلودگی‌های محیط زیست و جلوگیری از هدررفت انرژی

آناهید ساسان^۱، رضا بهبهانی^۲، حسن ابراهیمی اصل^۳

^۱ دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده معماری، واحد جلفا، دانشگاه آزاد اسلامی، جلفا، ایران، anahid.sasanii@gmail.com

^۲ استادیار، گروه معماری، دانشکده معماری، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، rezabehbehaneh@gmail.com

^۳ استادیار، گروه معماری، دانشکده معماری، واحد جلفا، دانشگاه آزاد اسلامی، جلفا، ایران، hassan.ebrahimi@gmail.com

چکیده

در مسکن معاصر آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی افزایش پیدا کرده است؛ از همین روی توسعه مبحث معماری پایدار با راه‌کارهایی به‌دنبال کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بوده است. در همین راستا، پیشنهادهای در معماری معاصر غرب ارائه شده و استانداردها و الزاماتی برای ساخت بهینه خانه‌های مسکونی هم‌سو با معماری سبز پیشنهاد شده است. لذا این پژوهش با هدف هموارسازی چنین زمینه‌ای به‌دنبال بررسی اثر نمای دوپوسته در کنترل آلودگی‌های محیطی و کاهش هدررفت انرژی در ساختمان‌های مسکونی عصر معاصر با بررسی نمونه موردی شهر اهواز می‌باشد. ابزار مورد استفاده در این پژوهش نرم‌افزار شبیه‌ساز آلودگی design builder & energy plus می‌باشد. در ابتدا با استفاده از داده‌های اقلیمی منطقه گرمسیری موردنظر و همچنین بررسی ساختمان مورد بحث کار شبیه‌سازی با انرژی پلاس صورت می‌گیرد و سپس با نرم‌افزار دیزاین بیلدر به کار شبیه‌سازی آلودگی و میزان حرکت مسیر باد در ساختمان پرداخته می‌شود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد اضافه کردن یک لایه به‌عنوان پوسته دوم در فاصله ۸۰ سانتی‌متری می‌تواند به کاهش مصرف انرژی گرمایشی در زمستان و افزایش مصرف انرژی سرمایشی در تابستان شود. و همچنین با شبیه‌سازی در ضلع جنوبی ساختمان مورد نظر در این فاصله می‌توان بار گرمایشی را ۱۴ درصد و بار سرمایشی را ۷ درصد و در آخر میزان کل مصرف انرژی در ساختمان را ۶ درصد کاهش داد که این امر باعث کاهش هزینه‌ها نیز می‌شود.

اهداف پژوهش:

۱. تبیین راهبردها و راه‌کارهای معمارانه کنترل آلودگی‌های محیطی برای ارتقای کیفیت محیط زندگی در ساختمان‌های مسکونی معاصر.

۲. کنترل آلودگی‌های محیطی حاصل از سوخت‌های فسیلی در ساختمان از طریق بهینه‌سازی تبادل انرژی پوسته ساختمان.

سوالات پژوهش:

۱. برای کنترل آلودگی‌های محیطی ساختمان‌های مسکونی معاصر در راستای ارتقای کیفیت محیط زندگی چه راه‌کارهای معمارانه‌ای وجود دارد؟

۲. میزان تبادل انرژی پوسته خارجی ساختمان (وضع موجود ساختمان‌ها) چه تأثیری بر میزان آلودگی‌های محیطی ساختمان دارد؟

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره ۵۰

دوره ۲۰

صفحه ۲۸۲ الی ۳۰۹

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۴

تاریخ داوری: ۱۴۰۰/۰۶/۲۲

تاریخ صدور پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

کلمات کلیدی

مصرف انرژی، آلودگی هوا، معماری هوشمند، معماری پایدار، ساختمان‌های مسکونی.

ارجاع به این مقاله

ساسان، آناهید، بهبهانی، رضا، ابراهیمی اصل، حسن. (۱۴۰۲). توسعه معماری پایدار و نماهای دو پوسته: کاربرد نماهای دو پوسته در کاهش آلودگی‌های محیط زیست و جلوگیری از هدر رفت انرژی. مطالعات هنر اسلامی، ۲۰(۵۰)، ۲۸۲-۳۰۹.



doi.org/10.22034/IAS.173570814022050234



dx.doi.org/10.22034/IAS.2021.304985.1725

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری/ پایان نامه "آناهید ساسان" با عنوان "عنوان رساله/ پایان نامه" است که به راهنمایی دکتر "نام و نام خانوادگی استاد راهنما" و مشاوره دکتر "نام و نام خانوادگی استاد مشاور" در سال ۱۳۹۹ در دانشگاه "آزاد اسلامی" واحد "جلفا" ارائه شده است.



مقدمه

مسکن به‌عنوان یکی از نیازهای اولیه و اساسی جوامع از یک طرف عامل ارتباط جوامع و محیط بوده و با بهره‌برداری زیاد از منابع طبیعی مثل زمین، انرژی و... تولید آلودگی همراه است. از طرف دیگر، مسکن از نظر اجتماعی و اقتصادی نیز در جامعه اثرات فوق‌العاده زیادی دارد؛ تاجایی که ریشه بسیاری از معضلات اجتماعی ناشی از شرایط مسکن فرض شده و از نظر اقتصادی نیز مسکن در همه جوامع بخش بزرگی از ثروت و دارایی افراد را تشکیل می‌دهد (Krstić-، ۲۰۱۹، ۴۳۷). Furundžić, A., ۲۰۱۹، ۴۳۷). مسکن در دومین اجلاس اسکان بشر، چنین تعریف شده است: «سرپناه مناسب تنها به معنای وجود یک سقف بالای سر هر شخص نیست، سرپناه مناسب یعنی آسایش مناسب، فضای مناسب، دسترسی فیزیکی و امنیت مناسب، امنیت مالکیت، پایداری و دوام سازه‌های، روشنایی، تهویه و سیستم گرمایی مناسب، زیرساخت‌های اولیه مناسب از قبیل آبرسانی، بهداشت و آموزش، دفع زباله، کیفیت مناسب زیست‌محیطی، عوامل بهداشتی مناسب، مکان مناسب و قابل دسترسی از نظر کار و تسهیلات اولیه است؛ همه این موارد باید با توجه به استطاعت مردم تأمین شود» (Graamans, L., ۲۰۲۰، ۲۶۲). بنابراین، نبود مسکن مناسب، به‌عنوان مسکنی که کم‌ترین ناسازگاری را با محیط طبیعی پیرامون خود و در پهنه وسیع‌تر با منطقه و جهان دارد؛ مشکلاتی را برای شهر و ساکنین به‌وجود می‌آورد. در واقع فضای کافی، دسترسی، امنیت، پایداری سازه، تداوم عمر مفید، بهره‌مندی از نور طبیعی، گرمایش، تهویه، زیرساخت‌ها و خدمات مسکونی، تسهیلات بهداشتی، کیفیت زیست‌محیطی مناسب، روابط اجتماعی همسایگی، نزدیکی به فضای سبز، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و همگی از نشانه‌ها و شاخص‌های مسکن پایدار و سالم هستند (Valitabar, M., ۲۰۱۸). رشد و توسعه شهر و شهرنشینی در کنار ایجاد امکانات و رفاه برای زندگی انسان‌ها، باعث افزایش هرچه بیشتر تخریب‌ها و آلودگی‌های زیست‌محیطی شده است. از این‌رو، نظریه‌های مرتبط با این مشکلات شهری در عصر معاصر، با توجه به اثرات منفی رشد شهرها مطرح شد و راه‌کارهایی را برای به حداقل رساندن مسائل شهری مطرح کرده است. از جمله این راه‌کارها، تلاش در جهت ایجاد پایداری در مسکن شهری است.

هدف کلی پژوهش حاضر، تبیین راهبردها و راه‌کارهای معمارانه کنترل هدررفت انرژی به‌منظور کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی جهت ارتقای کیفیت محیط زندگی در ساختمان‌های مسکونی معاصر با بررسی موردی در شهر اهواز می‌باشد.

در این پژوهش، هدف اصلی دستیابی به راه‌کارهایی است که ضمن هم‌سویی با معماری پایدار بتواند باری از روی دوش آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بردارد؛ در این زمینه می‌توان به ایده پوخته چندعملکردی با قابلیت‌های هم‌زمانی از جمله تغییر مشخصات فیزیکی، تابنده، بازتابنده و ابزار انتقال اشاره کرد. تمامی این قابلیت‌ها یا به‌واسطه نصب عناصر فیزیکی متصل به پوسته هوشمند و یا در سطح نانومتریک به‌وسیله استفاده از مصالحی که تا اندازه‌ای از

ویژگی تغییرپذیری برخوردارند، امکان‌پذیر می‌گردد. پوسته بیرونی بنا مهم‌ترین و تأثیرگذارترین بخش از بنا در کنترل آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی ساختمان است (Romano, R, ۲۰۱۸. ۶۵-۷۶).

ایده پوسته ساختمان با شخصیت‌های متنوع اولین بار توسط مایکل دیویس در ۱۹۸۱ مطرح شد. امروزه، پوسته هوشمند به پوششی با توانایی تغییر ویژگی‌های ترموفیزیکی تکامل گفته می‌شود که بین شفافیت و مات بودن عوض شده، رنگ و ویژگی‌های بصیرش تغییر می‌کند (Gelesz, A, ۲۰۲۰, ۲۲۰). این تغییرات می‌تواند با عناصر فیزیکی متصل به پوسته هوشمند و یا با مصالحی با ویژگی‌های متنوع نیز به‌وجود آید (Luna-Navarro, A, ۲۰۲۰). امروزه علاوه بر مصالح، استفاده از مکانیزم‌ها و سیستم‌های هوشمند نیز در هوشمندسازی نماها نقش عمده‌ای دارند که هدف این تحقیق کنترل آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در ارتباط و عجزین شدن با پوسته ساختمان‌های مسکونی است که ضمن بهره‌گیری از مشخصه‌های پوسته‌های چندعملکردی معمول با قابلیت‌های هم‌زمانی از جمله تغییر مشخصات فیزیکی، تابنده، بازتابنده و ابزار انتقال، بتواند سهمی هم در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در شهر نیز داشته باشد که ضمن کاستن از آلودگی‌ها بتواند هوای آلوده را با پوسته‌سازی به هوای تمیز تبدیل کرده و به داخل فضاهای سکونتی انتقال دهد.

۱. بررسی پیشینه پژوهش

نویسنده	سال	هدف	نتیجه
Abediniangerabi و همکاران [۱۳]	۲۰۱۸	راه‌کارهای صرفه‌جویی در آلودگی‌های محیطی کولر در اتاق‌هایی با جهت‌های مختلف در چین	سایبان و عایق‌بندی دیوارهای خارجی، بهترین راه‌کار برای کاهش مصرف برق است که صرفه‌جویی ۱۱/۳۱ و ۱۱/۵۵ درصدی را به‌دنبال دارد
Santos و همکاران [۱۴]	۲۰۲۰	ارزیابی بهترین جهت‌گیری ساختمان، اندازه پنجره، و ضخامت عایق‌کاری کاهش آلودگی برای یک ساختمان مسکونی در منطقه مدیترانه	عایق‌بندی دیوار باعث کاهش مصرف انرژی تا ۲۵ درصد می‌شود.
Kosorić و همکاران [۱۵]	۲۰۱۹	دستیابی به راه‌کارهای کاهش بیشینه دمای هوای داخلی بنا در اقلیم گرم و خشک	رفتار کاهش آلودگی سقف‌های گنبدی در مقایسه با سقف تخت در روزهای گرم به‌ویژه به هنگام استفاده از مصالحی نظیر کاشی بهتر است.
Danesh و همکاران [۱۶]	۲۰۱۹	شبیه‌سازی نمای دوپوسته شامل بررسی عواملی چون دما و نوسانات جریان هوا	با تحلیل مناسب دما و نوسانات جریان هوا و ارائه راه‌حل‌های مناسب با توجه به شرایط خاص پروژه، می‌توان بار سرمایش و گرمایش ساختمان را کاهش داد.
Graiz و همکاران [۱۷]	۲۰۱۹	شبیه‌سازی نمای دوپوسته	نمای دوپوسته می‌تواند ضمن ایجاد شرایط آسایش ساکنان، آلودگی‌های محیطی ساختمان را نیز کاهش دهد.

اگر نمای دوپوسته در جهت جنوبی بنا قرار گیرد و تهویه نشود، در صورتی که از لوور استفاده نشود، دمای حفره میانی ممکن است تا ۴۷ درجه سانتیگراد بالا رود که در صورت وجود لوورها این دما تا ۵۲ درجه سانتیگراد نیز بالا خواهد رفت.	شبیه‌سازی نمای دوپوسته و بررسی رفتار آن در یک روز آفتابی	۲۰۱۸	Kosukhin و همکاران [۱۸]
سایبان‌ها به‌عنوان یک تعدیل‌کننده کاهش آلودگی، معمولاً در فضای میانی (حفره) قرار می‌گیرند و بار سرمایی فضای داخلی را به مقدار قابل‌توجهی کاهش می‌دهند.	بررسی اثر DSF برای کاربرد در نمای خارجی، یک فضای میانی و یک نمای داخلی	۲۰۱۹	Du و همکاران [۱۹]
DSF : ساختاری چندلایه دارند، شامل یک پوسته خارجی، یک فضای میانی و یک پوسته داخلی. پوسته‌های خارجی و داخلی می‌توانند شیشه ساده و یا از پنل‌های شیشه‌ای دوجداره‌ای ساده یا نشکن تشکیل شده باشند.	مدل‌سازی ساختار DSF	۲۰۲۰	Sánchez و همکاران [۲۰]
پوسته خارجی معمولاً از یک شیشه ساده محکم و سخت شده و می‌تواند کاملاً شیشه‌ای باشد. پوسته داخلی نیز می‌تواند به وسیله شیشه دوجداره عایق گردد.	از DSF به‌عنوان یک پوسته چندلایه شیشه‌ای	۲۰۱۹	Ahmed و همکاران [۲۱]
درصد سطح سایه‌ای که با توجه به عمق سایبان‌های مختلف بر روی پنجره ایجاد می‌شود، قابلیت کنترل دارد.	سایبان‌های ثابت	۲۰۲۰	Nalcaci و همکاران [۲۲]
سایبان طبیعی می‌تواند میزان مصرف انرژی را تا ۱۶ درصد می‌شود.	بررسی اثر سایبان بر کاهش هم‌زمان تابش ورودی و انرژی الکتریکی مصرفی جهت تأمین روشنایی	۲۰۱۹	Hasheminasab و همکاران [۲۳]
حذف بالکن در برخی آپارتمان‌های مسکونی در کره جنوبی باعث افزایش تابش مستقیم آفتاب و در نتیجه منجر به مشکل تابش خیره‌کننده و نامطلوب اشعه ماوراء بنفش خورشید در فضای داخلی می‌شود.	بررسی اثر بالکن بر تابش خورشید	۲۰۲۰	Mifsud و همکاران [۲۴]

۲. نمای دوپوسته و تاریخچه آن

پوسته‌های ساختمانی به‌عنوان یک جداکننده بین فضای داخل و خارج نقش مؤثری در تأمین آسایش حرارتی ساکنان به عهده دارد. ایجاد یک‌جداره حرارتی در ساختمان با طراحی و تکنولوژی پایدار برای به حداقل رساندن دفع گرما در زمستان و جذب گرما در تابستان بسیار مؤثر می‌باشد. با شروع جنبش مدرن در معماری، نماهای شیشه‌ای در ساختمان‌ها (خصوصاً اداری) به‌صورت گسترده برای رسیدن به شفافیت مطلوب و مسائل زیبایی‌شناسی، استفاده شده

است. این بخش وسیع از سطح شیشه‌ای در ساختمان، بار سرمایشی و گرمایشی بنا را افزایش می‌دهد؛ درحالی که نیاز به ذخیره‌سازی انرژی و طراحی پایدار در ساختمان‌ها امری ضروری می‌باشد. نماهای دوپوسته DSF به‌عنوان یک پیشنهاد مناسب می‌تواند مؤثر باشند که علاوه بر تأمین شفافیت موردنیاز می‌تواند تشعشع خورشیدی جذب‌شده توسط نمای شیشه‌ای خارجی را ذخیره (زمستان) و یا به کمک تهویه مناسب آن را کاهش دهد (تابستان). بدین ترتیب مسئله آسایش حرارتی و کیفیت هوای داخلی درحالی که بارهای سرمایشی و گرمایشی را کاهش می‌دهد، بهبود می‌یابد. اما استفاده مناسب از این نما، مستلزم شناخت رفتار و عملکرد این سیستم می‌باشد (Mifsud, L, ۱۴۹).

نمونه‌های اولیه DSF در پنجره‌های جعبه‌ای مشاهده می‌شود که شامل یک قاب با پنجره‌های داخلی باز شو می‌باشد.

۲،۱. تعریف سیستم نمای دوپوسته (DSF)

نمای دوپوسته با دارا بودن حداقل دو غشا بین فضای زندگی و محیط بیرون از سایر نماها متمایز می‌شود. در حد فاصل این دو غشا مسیری برای حرکت هوا تعبیه شده است که حرکت هوا از میان نما تمایز عمده آن از پنجره‌هایی با شیشه دوجداره است. همچنین در فاصله دو غشا نما غالباً از وسایل سایه‌انداز استفاده می‌شود.

۲،۲. انواع نماهای دوپوسته از لحاظ پوسته

تمام عناصر نمای دوپوسته را می‌توان به‌صورت متفاوت با چندین جای گشت و ترکیب از غشاهای توپروشفاف، مرتب و منظم کرد. بر این اساس، چهارگونه اصلی نماهای دوپوسته عبارت‌اند از:

نمای محافظ یا حائل: نمای محافظ یا حائل از دولایه شیشه تشکیل می‌گردد. دولایه شیشه تقریباً به فاصله ۲۵۰ تا ۷۵۰ میلی متر از هم قرار دارند. بین دولایه با فضایی از هوا درزگیری شده است. (Ahmed, M, ۲۰۱۹, ۵۸(۳))

نمای استخراج کننده هوا: این نما از دو پوسته عایق شیشه‌ای و یک پوسته تک‌لغابی ثانویه که در داخل آن قرار دارد تشکیل شده است. فضای استخراج کننده هوا با قشر هوای می‌شود.

نمای دو قلو: نمای دو قلو از یک سیستم جداره معمولی یا دیوار محکم با یک پوسته بیرونی تشکیل شده است. از پوسته بیرونی تک‌لغابی در اصل برای محافظت از محتویات حفره هوای دستگاه‌های سایبان استفاده می‌کنند (Hasheminasab, H, ۲۰۱۹, ۱۱۹)

۲،۳. مزایای نمای دوپوسته

از جمله دلایل جذابیت نمای دوپوسته که موجب رشد سریع استفاده از آن بوده، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ساختمان‌هایی با این نما آلودگی‌های محیطی کمتری دارند.
- یکی از مهم‌ترین دلایل جذابیت این نما را می‌توان قابلیت گشودن پنجره در پوسته داخلی نما دانست. این امر حتی در ساختمان‌های بلندمرتبه که در آن بدنه‌ها در معرض فشار زیاد باد قرار دارد، به راحتی امکان‌پذیر است.

- در این سیستم امکان استفاده از سایبان در نما حتی در شرایط نامساعد جوی وجود دارد.
- از نظر زیبایی‌شناسی استفاده از این فن‌آوری سبب افزایش کیفیات معمارانه می‌شود. در بسیاری موارد از جمله ساختمان ماکس پلانک و استادتور در آلمان با استفاده از شیشه و آلومینیوم سبب ماده‌زدایی از نما شده‌اند (Pugsley, ۲۰۱۹, ۱۷۹).

۲.۴. اهداف نماهای دوپوسته

- تهویه طبیعی DSF: مکان باز شدن پنجره‌های پوسته داخلی را در اقلیم‌های بادخیز فراهم می‌کند.
- صرفه‌جویی انرژی و طراحی اقلیمی: صرفه‌جویی انرژی با به حداقل رساندن نیاز ساختمان به انرژی و با کاهش کنترل آلودگی‌های محیطی در طول دوره بهره‌برداری از ساختمان، سبب ذخیره‌سازی منابع طبیعی می‌گردد.
- بررسی هزینه: هزینه سرمایه‌گذاری DSF نسبت به نماهای مرسوم، میزان بالاتری دارد، که این مقدار بین ۲۰ تا ۳۰۰ درصد می‌باشد.
- کاهش سر و صدا: پوشش دوم نما، در کاهش سر و صدای محیط بسیار تأثیرگذار می‌باشد. مقدار این کاهش با استفاده از شیشه‌های بازتاب صدا و با اجرای صحیح جزئیات، افزایش می‌یابد.
- امکان کنترل شخصی و آسایش کاربران در بسیاری از ساختمان‌های اداری بلند: به دلیل استفاده مداوم از سیستم‌های تهویه مکانیکی کاربران آن‌ها احساس نارضایتی و بیماری دارند.
- امنیت: پوسته اضافی DSF به‌عنوان یک حصار فیزیکی از نظر روانشناسی میزان امنیت کاربران را افزایش می‌دهد.
- زیبایی‌شناسی DSF: در مقایسه با نماهای معمولی که حجیم و سنگین به نظر می‌رسند، مجال بیشتری را برای طراحان جهت بالابردن یک فیت، شفافیت، عمق، لایه‌بندی و حرکت در ساختمان ایجاد می‌کند (Santos, R. ۲۰۲۰).

۳. روش انجام تحقیق

در این تحقیق باتوجه به موضوع و اهداف از روش تحقیق کتابخانه‌ای و شبیه‌سازی استفاده می‌شود. جامعه آماری این تحقیق، ساختمان ابوذر در اهواز (شکل ۱) که دلایل انتخاب این ساختمان: سطح مبنای زیاد نما، نورگیری زیاد ساختمان که به‌واسطه آن مصرف انرژی افزایش پیدا می‌کند، قرارگرفتن در نقطه‌ای از شهر که میزان آلودگی زیاد است، می‌باشد که از سال ۱۳۹۰ شروع به ساختن کرده. پلان ساختمان دارای کشیدگی شرقی-غربی است. زیربنای کل پروژه ۲۲۰۰۰ متر مربع در ۱۱ طبقه. طراحی معماری خاص به‌صورت پلکانی با سیمای شهری زیبا و پیش‌بینی فضای مشاعی زیاد به‌منظور دسترسی آسان و بدون ترافیک می‌باشد. در ساختمان موردنظر شبیه‌سازی نمای دوپوسته در ضلع جنوبی انجام می‌شود، به دلیل در معرض تابش خورشید قرارگرفتن در بیشترین ساعت‌های شبانه روز. در ابتدا

با استفاده از داده‌های اقلیمی منطقه گرمسیری موردنظر و همچنین بررسی ساختمان مورد بحث، کار شبیه‌سازی با انرژی پلاس صورت می‌گیرد و سپس با نرم‌افزار دیزاین بیلدر به کار شبیه‌سازی حرارتی و میزان حرکت مسیر باد در ساختمان می‌پردازیم.

با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی Energy plus تغییر رفتار حرارتی ساختمان باتوجه‌به جداره‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. با در نظر گرفتن میزان آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی در ماه‌های مختلف سال و دمای آسایش آن منطقه و باتوجه‌به ضریب انتقال حرارتی شیشه‌ها و سقف و کف دیوارها میزان انتقال انرژی متفاوتی به داخل بنا وجود خواهد داشت که متغیر وابسته را شامل می‌شود را به‌دست آورد؛ بنابراین می‌توان محاسبه کرد که چه تغییراتی در بار سرمایش و گرمایش ساختمان رخ خواهد داد. در انتها باتوجه‌به نمودارهای استخراج شده از این نرم‌افزار، به تحلیل داده‌ها پرداخته می‌شود و در آخر باتوجه‌به تحلیل داده‌ها نتیجه‌گیری می‌شود که لایه‌ها در چه فاصله‌ای در کاهش هرچه بیشتر انتقال انرژی مؤثرتر است.

با استفاده از نرم‌افزار Design builder و باتوجه‌به داده‌های اقلیمی جهت وزش باد و سرعت باد در ارتفاع‌های مختلف را با شبیه‌سازی حرارتی CFD به‌دست آورد و در آخر الگوی حرکت باد در ساختمان را مشخص کرد. باتوجه‌به مدل‌های مختلف نمای دوپوسته و ساختمان موردنظر نمای دوپوسته به‌صورت ترکیبی در این ساختمان شبیه‌سازی می‌گردد.



شکل ۱: ساختمان مورد بررسی (مأخذ: نگارنده)

لایه‌های سقف: شامل تیرچه/بلوک/پلی استایرن/میلگرد حرارتی قطر ۸/ بتن به عرض ۵ سانتی‌متر/پوکه معدنی سبک برای لوله/مالات ماسه سیمان/سرامیک می‌باشد و ضخامت سقف ۴۵ سانتی‌متر است.

لایه‌های دیوار: آجر و سیمان، دیوار خارجی ۲۰ سانتی متر، دیوار داخلی ۱۵ سانتی‌متر

جنس پنجره‌ها: دوجداره فوم لس هوای پر شده از آرگون با ضخامت ۱۰ میلیمتر می‌باشد.

سیستم سرمایش و گرمایش: سرمایش ← کولر آبی/اسپیلت، گرمایش ← پکیج هوا

جنس مصالح نما: سنگ آنتیک

جدول ۱: عناصر به کاررفته در مدل سازی

کف	سقف	دیوار خارجی	
بتن مگر ۱۰cm	پوشش نهایی بام ۲cm	سنگ آنتیک ۳cm	لایه ۱ (لایه خارجی)
عایق آلودگی ۵cm	عایق رطوبتی ۱cm	ملات ماسه سیمان ۲cm	لایه ۲
بخار بند (محافظ شیره بتن)	عایق آلودگی ۵cm	بلوک سفالی ۱۰cm	لایه ۳
بتن کف ۱۵cm	بتن سقف ۵cm	اندود داخلی ۲cm	لایه ۴
پوشش نهایی کف ۳cm	نازک کاری داخلی ۲cm		لایه ۵ (لایه داخلی)
۰,۵۰۹	۰,۴۲۳	۴,۲	ضریب انتقال حرارتی (Kw/M ² K) (

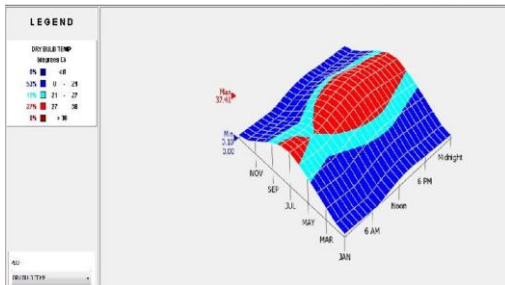
جدول ۲: عناصر به کاررفته در مدل سازی

ضخامت (mm)	شیشه داخلی	فاصله بین دو جدار	شیشه خارجی
۶	۶	۱۳	۶
ضریب هدایت آلودگی (W/m ² K)	۵,۸	۰,۰۱۷۷	۵,۸
ظرفیت گرمای ویژه (j/kg.k)	۸۵۰	۵۱۷	۸۵۰
جرم حجمی (۲Kg/m)	۲۵۰۰	۱,۶۲۴	۲۵۰۰

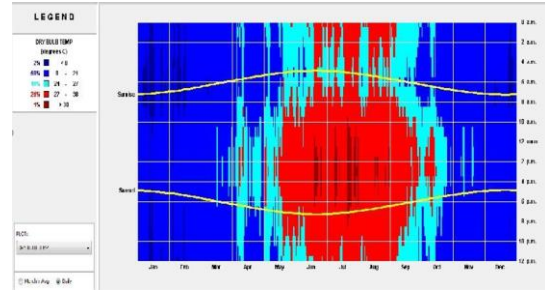
جدول ۳: عناصر به کاررفته در مدل سازی

زمنستان		تابستان		
شب	روز	شب	روز	
۴	۱۱	۲۸	۴۲	معدل دمای خارج C°
۲۲		۲۶		معدل دمای داخل C°
۴		۳		سرعت متوسط باد (m/s)

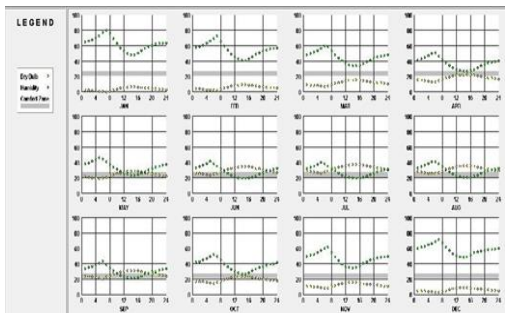
باتوجه به اطلاعات به دست آمده از ساختمان مورد بررسی اینک زمان کار با نرم افزار انرژی پلاس می باشد. در ابتدا فایل های EPW که برای استان اهواز می باشد را از سایت انرژی پلاس استخراج می کنیم که شامل نمودارهای زیر می باشند (شکل های ۲-۱۱).



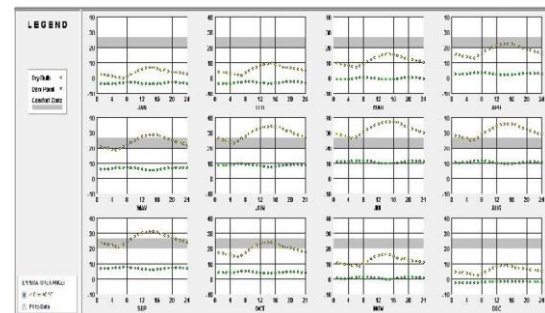
شکل ۳: طرح ۳ بعدی دما برای ماه و ساعت مختلف (مأخذ: نگارنده)



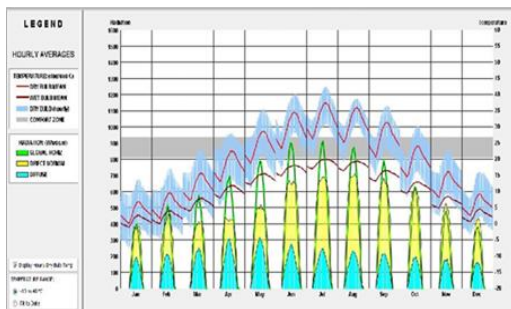
شکل ۲: جدول زمانی دما برای ماه‌های مختلف (مأخذ: نگارنده)



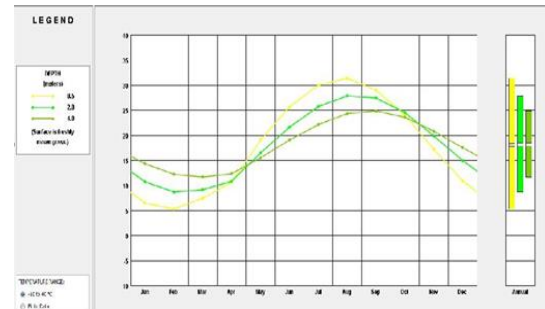
شکل ۵: میزان رطوبت نسبی (مأخذ: نگارنده)



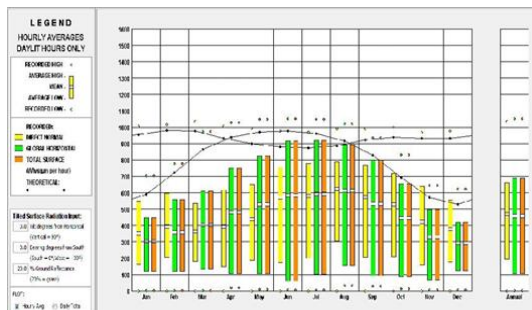
شکل ۴: نقطه شبنم (مأخذ: نگارنده)



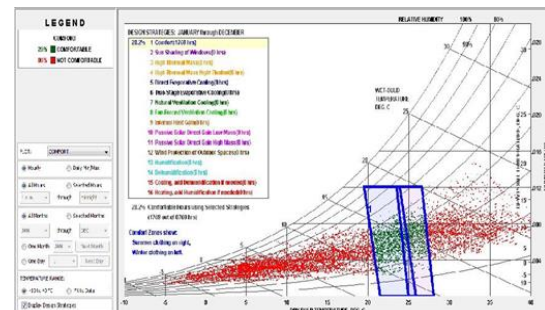
شکل ۷: میانگین ماهانه و روزانه دمای خشک، تر، آسایش (مأخذ: نگارنده)



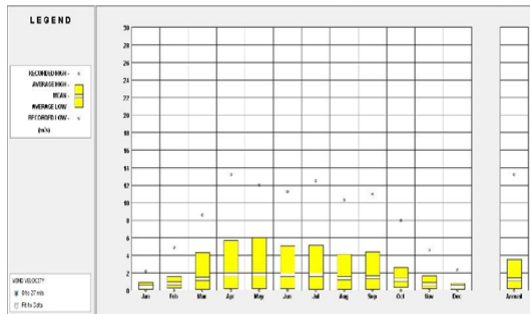
شکل ۶: میانگین ماهیانه دما در اهواز (مأخذ: نگارنده)



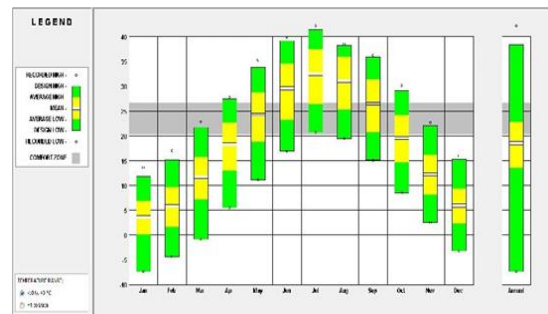
شکل ۹: میزان تابش در ماه‌های مختلف (مأخذ: نگارنده)



شکل ۸: دمای آسایش طبق استاندارد اشری (مأخذ: نگارنده)

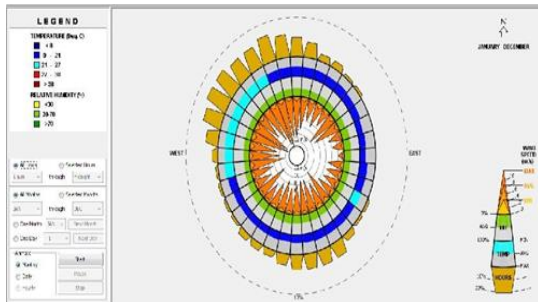


شکل ۱۱: محدوده سرعت باد (مأخذ: نگارنده)

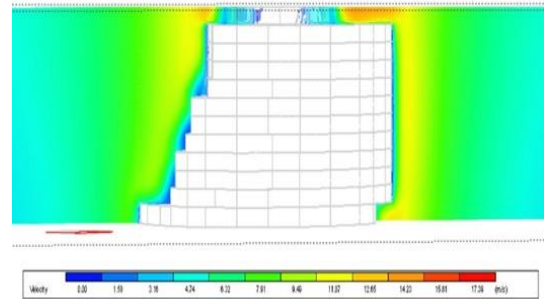


شکل ۱۰: محدوده دما در ماه های مختلف (مأخذ: نگارنده)

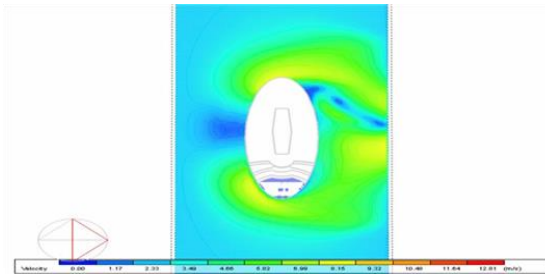
باتوجه به داده های مربوطه برای الگوی چرخه باد در اطراف و در ارتفاعات مختلف ساختمان بررسی می شود (شکل های ۱۲-۱۹).



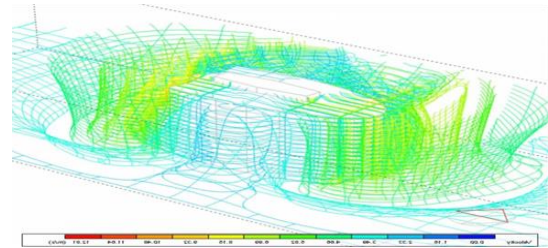
شکل ۱۳: الگوی حرکت باد در اطراف ساختمان (مقطع) (مأخذ: نگارنده)



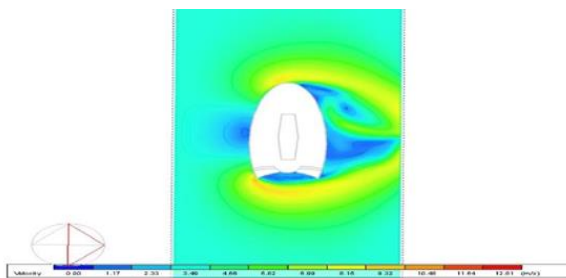
شکل ۱۲: چرخه باد (مأخذ: نگارنده)



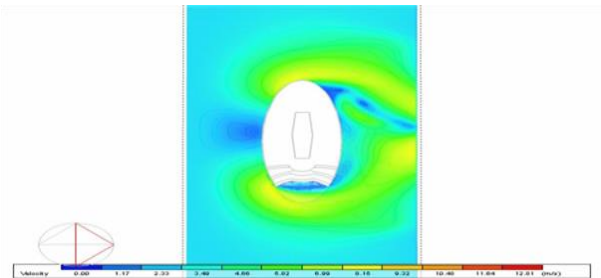
شکل ۱۵: الگوی حرکت باد در ارتفاع ۳ متری (مأخذ: نگارنده)



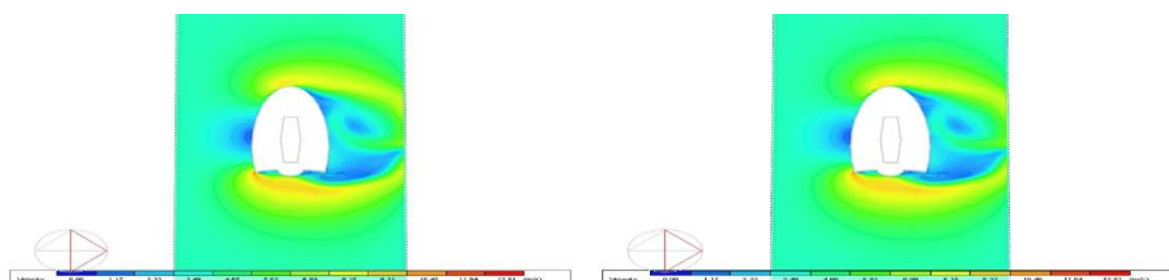
شکل ۱۴: الگوی حرکت باد در اطراف ساختمان (مأخذ: نگارنده)



شکل ۱۷: باد اطراف ساختمان در ارتفاع ۶ متری (مأخذ: نگارنده)



شکل ۱۶: الگوی حرکت (مأخذ: نگارنده)



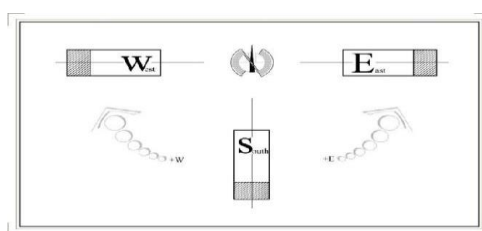
شکل ۱۸: الگوی حرکت باد اطراف ساختمان در ارتفاع ۱۰ متری شکل ۱۹: الگوی حرکت باد اطراف ساختمان در ارتفاع ۲۲ متری

(مأخذ: نگارنده)

(مأخذ: نگارنده)

با بررسی الگوی حرکت باد اطراف ساختمان در ارتفاعات مختلف این نتیجه حاصل می‌شود که در نقاطی که رنگ آبی است باتوجه به ارتفاعات مختلف محدوده خوبی برای ساختن ساختمان جدیدی نیست؛ زیرا در زمستان نور کافی برای گرمایش را دریافت نمی‌کنند.

اینک زمان بررسی جهت مناسب برای ساختمان می‌باشد. برای بررسی جهت‌گیری مناسب برای شبیه‌سازی این ساختمان که هدف از جهت‌گیری مناسب پنجره در گلخانه به حداکثر رساندن میزان انرژی عبوری از طریق سطح موجود شیشه می‌باشد. یک شیشه بیشترین تشعشعات را در زاویه برخورد نرمال عبور می‌دهد، که این امر به دلیل حداکثر بودن تعداد پرتو برخوردی در یک محدوده شیشه‌کاری معین در زاویه نرمال و هم به دلیل حداکثر بودن میزان عبور در این زاویه می‌باشد. بنابراین در هر زمان معین جهت‌گیری بهینه به صورت عمود بر جهت تابش می‌باشد. در نیمکره شمالی، در طول زمستان خورشید از جنوب شرقی طلوع کرده و بعد از عبور از قسمت جنوبی در جنوب غربی غروب می‌کند. بنابراین یکی از بهترین نقاط برای ایجاد سامانه‌های خورشیدی، قسمت جنوبی ساختمان می‌باشد به این علت که نور خورشید را می‌توان به راحتی در طول زمستان برای کمک به گرم کردن ساختمان استفاده کرد.

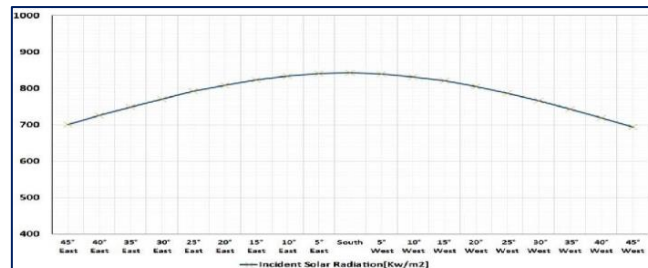


شکل ۲۰: چرخش مدل‌های شبیه‌سازی شده نسبت به شمال (مأخذ: نگارنده)

به منظور بررسی عملکرد گرمایشی ساختمان و یافتن زاویه مناسب با شمال به گونه‌ای که حداکثر انرژی خورشید را دریافت کنیم، شبیه‌سازی در زوایای مختلف انجام شده است. (شکل ۲۰)

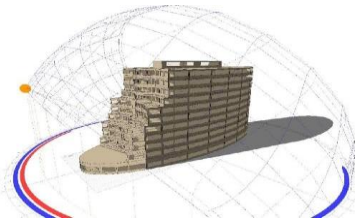
مدل شبیه‌سازی شده در بازه‌های پنج درجه‌ای به سمت غرب و شرق چرخیده است تا زاویه‌ای که بیشترین دریافت انرژی خورشید را دارد تعیین شود. (نمودار شکل ۲۱) در این نمودار مشخص است که زوایای نزدیک‌تر به جنوب انرژی

بیشتری را دریافت می‌کنند و این میزان در آزیموت صفر درجه (جنوب) به بیشترین میزان خود می‌رسد که با توجه به هدف ما در استفاده از نمای دوپوسته که همانا کمک به کاهش بار گرمایشی در طول فصول سرد سال می‌باشد، جهت‌گیری رو به جنوب برای ما مناسب‌تر خواهد بود.

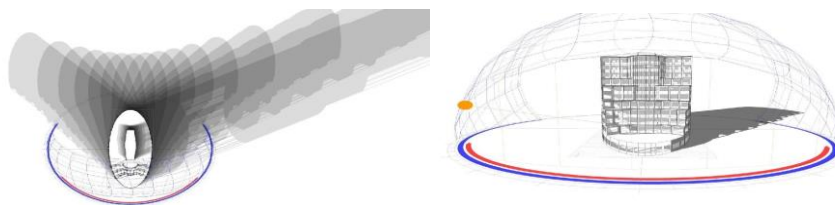


شکل ۲۱: میزان دریافت انرژی خورشید در جهات مختلف در طول سال (مأخذ: نگارنده)

شکل ۲۲ و ۲۳ مدل شبیه‌سازی شده از این ساختمان در ساعت ۳ بعد از ظهر اول دی ماه را برای محاسبه در نرم‌افزار انرژی پلاس نشان می‌دهد.



شکل ۲۲: مدل شبیه‌سازی شده (مأخذ: نگارنده)



شکل ۲۳: مدل اولیه شبیه‌سازی شده (مأخذ: نگارنده)

۴. تجزیه و تحلیل

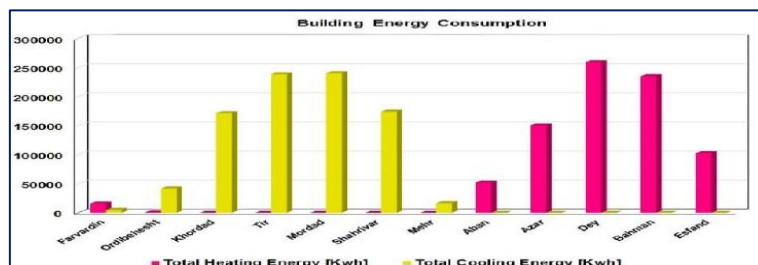
ابتدا داده‌های اقلیمی منطقه و ساختمان موردنظر مورد تحلیل و بررسی با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس قرار می‌گیرد. حال برای محاسبه بار آلودگی ساختمان با استفاده از این نرم‌افزار انرژی محاسبه می‌شود. سپس شبیه‌سازی پوسته دوم ساختمان در سه حالت ۸۰ cm، ۶۰ cm، ۴۰ cm انجام و اندازه‌گیری می‌شود و میزان سرمایش، گرمایش و بار آلودگی ساختمان در حالت ساده و با نمای دوپوسته در این حالت‌ها بررسی و مقایسه می‌شود. در انتها میزان بار

سرمایش و گرمایش کل ساختمان مورد بررسی قرار می‌گیرد. در انتها شبیه‌سازی CFD و میزان حرکت باد در ارتفاعات مختلف و مسیر حرکت باد با نرم‌افزار دیزاین بیلدر مورد محاسبه و بررسی قرار می‌گیرد.

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، با توجه به فرم ساختمان مورد نظر و با در نظر گرفتن اینکه ضلع رو به جنوب این ساختمان به صورت پلکانی می‌باشد، لذا استفاده از نمای دوپوسته چند طبقه مقدور نمی‌باشد؛ بنابراین بدین منظور از نمای ترکیبی استفاده شده است. اکنون زمان شبیه‌سازی و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس است.

۴.۱. محتوا (نتایج حاصل از پژوهش، جداول، نمودارها)

نمودار شکل ۲۴ و جدول ۴ میزان مصرف انرژی این ساختمان را در طول سال و در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۲۴: میزان مصرف انرژی در ساختمان (مأخذ: نگارنده)

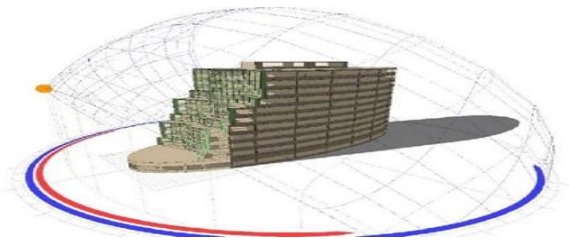
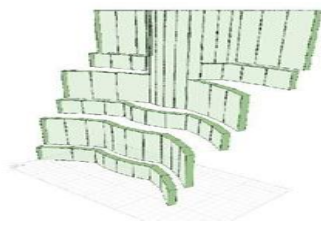
جدول ۴: میزان مصرف انرژی در ساختمان

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
Thermostat Settings: ۲۶,۰ - ۲۲,۰ C			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(kWh)	(kWh)	(kWh)
-----	-----	-----	-----
Farvardin	۱۰۹۱۳	۴۴۰۹	۷۲۳۲۰
Ordibehesht	۸۶	۴۱۷۹۴	۴۲۶۰۴
Khordad	۰	۱۶۶۲۴۴	۱۶۶۲۴۴
Tir	۰	۲۳۱۲۱۶	۲۳۱۲۱۶
Mordad	۰	۲۳۲۹۷۲	۲۳۲۹۷۲
Shahrivar	۰	۱۷۳۸۴۰	۱۷۳۸۴۰
Mehr	۰	۳۰۹۳۲	۳۰۹۳۲
Aban	۵۱۸۵۰	۰	۵۱۸۵۰
Azar	۱۵۰۲۷۱	۰	۱۵۰۲۷۱

Dey	۲۵۸۹۶۶	۰	۲۵۸۹۶۶
Bahman	۲۳۴۹۶۳	۰	۲۳۴۹۶۳
Esfand	۱۰۲۶۴۱	۰	۱۰۲۶۴۱
-----	-----	-----	-----
TOTAL	۸۱۵۴۶۷	۸۸۶۴۵۷	۱۷۰۱۹۲۵
-----	-----	-----	-----
PER M ²	۴۵	۴۸	۹۳
Floor Area:	۱۸۱۲۵,۰۰ m ^۲		

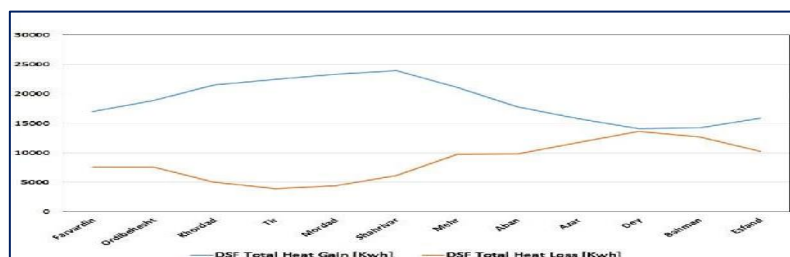
باتوجه به نتایج به دست آمده از این شبیه سازی، میزان مصرف انرژی گرمایشی در این ساختمان در طول سال برابر ۸۱۵۴۶۷ کیلو وات ساعت و یا به عبارتی ۴۵ کیلو وات ساعت به ازای هر متر مربع از سطح ساختمان می باشد. این مقدار برای انرژی سرمایشی برابر ۸۸۶۴۵۷ کیلو وات ساعت و یا ۴۸ کیلو وات ساعت به ازای هر متر مربع می باشد.

به منظور کاهش مصرف انرژی گرمایشی ساختمان در طول فصل زمستان از یک لایه شیشه به عنوان پوسته دوم نما با فواصل ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ سانتی متر از نمای ساختمان در ضلع جنوبی استفاده کرده ایم. شکل ۲۵ و ۲۶ به ترتیب نمای طراحی شده به عنوان پوسته دوم و ساختمان با وجود نمای دو پوسته را نشان می دهد.



شکل ۲۵: ساختمان با نمای دو پوسته (مأخذ: نگارنده) شکل ۲۶: نمای طراحی شده برای پوسته دوم (مأخذ: نگارنده)

نمودار شکل ۲۷ میزان دریافت و اتلاف انرژی توسط این پوسته طراحی شده را نشان می دهد.



شکل ۲۷: دریافت و اتلاف انرژی توسط پوسته طراحی شده (مأخذ: نگارنده)

با بررسی نمودار فوق (شکل ۲۷) می‌توان دریافت که میزان دریافت انرژی توسط نمای دوم همواره بیشتر اتلاف انرژی در آن خواهد بود بنابراین اضافه کردن یک لایه به‌عنوان پوسته دوم می‌تواند به کاهش مصرف انرژی گرمایشی در ساختمان بیانجامد؛ هرچند که باید به این نکته توجه داشته باشیم که این لایه اضافی می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی سرمایشی در طول تابستان شود. جدول‌های ۵ الی ۸ میزان مصرف انرژی در ساختمان با نمای دوپوسته در فاصله‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متری را نشان می‌دهند.

جدول ۵: میزان مصرف انرژی در ساختمان با نمای دوپوسته در فاصله ۲۰ سانتی‌متری

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
Thermostat Settings: ۲۲,۰ - ۲۶,۰ C			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(kWh)	(kWh)	(kWh)
-----	-----	-----	-----
Farvardin	۱۳۹۸۹	۴۹۸۹	۱۸۹۷۸
Ordibehesht	۵۲۴	۴۶۹۰۶	۴۷۴۳۰
Khordad	۰	۱۸۳۱۶۰	۱۸۳۱۶۰
Tir	۰	۲۴۶۰۹۲	۲۴۶۰۹۲
Mordad	۰	۲۴۹۱۰۴	۲۴۹۱۰۴
Shahrivar	۰	۱۸۴۰۷۸	۱۸۴۰۷۸
Mehr	۰	۵۱۶۵۴	۵۱۶۵۴
Aban	۳۴۱۱۰	۰	۳۴۱۱۰
Azar	۱۱۶۹۴۰	۰	۱۱۶۹۴۰
Dey	۱۸۳۰۲۱	۰	۱۸۳۰۲۱
Bahman	۱۷۶۰۹۰	۰	۱۷۶۰۹۰
Esfand	۹۰۹۱۱	۰	۹۰۹۱۱
-----	-----	-----	-----
TOTAL	۶۱۵۸۵۱	۹۶۵۹۸۳	۱۵۸۱۵۶۸
-----	-----	-----	-----
PER M ²	۳۴	۵۳,۳	۸۷,۲۵
Floor Area:	۱۸۱۲۵,۰۰ m ^۲		

جدول ۵: میزان مصرف انرژی در ساختمان با نمای دوپوسته در فاصله ۲۰ سانتی‌متری

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Thermostat Settings: ۲۲,۰ - ۲۶,۰ C			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(kWh)	(kWh)	(kWh)
-----	-----	-----	-----
Farvardin	۱۴۲۴۹	۴۷۹۲	۰.۴۱۱۹
Ordibehesht	۶۳۶	۴۳۵۸۵	۴۲۲۱۴
Khordad	۰	۱۷۸۸۸۰	۱۷۸۸۸۰
Tir	۰	۲۴۰.۸۵۱	۲۴۰.۸۵۱
Mordad	۰	۲۴۳۶۴۶	۲۴۳۶۴۶
Shahrivar	۰	۱۷۷۵۳۴	۱۷۷۵۳۴
Mehr	۰	۴۷۸۴۳	۴۷۸۴۳
Aban	۳۵۵۷۰	۰	۳۵۵۷۰
Azar	۱۱۸۴۸۰	۰	۱۱۸۴۸۰
Dey	۱۸۴۷۳۵	۰	۱۸۴۷۳۵
Bahman	۱۷۸۴۴۶	۰	۱۷۸۴۴۶
Esfand	۹۱۳۵۲	۰	۹۱۳۵۲
-----	-----	-----	-----
TOTAL	۶۲۳۴۶۹	۹۳۷۱۳۰	۱۵۶۰۵۹۹
-----	-----	-----	-----
PER M ²	۳۴,۴	,۷۵۱	۸۶,۱
Floor Area:	۱۸۱۲۵,۰۰ m ^۲		

جدول ۶: میزان مصرف انرژی در ساختمان با نمای دوپوسته در فاصله ۴۰ سانتی متری

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
Thermostat Settings: ۲۲,۰ - ۲۶,۰ C			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(kWh)	(kWh)	(kWh)
-----	-----	-----	-----
Farvardin	۱۴۶۱۵	۴۶۹۸	۳۱۳۱۹
Ordibehesht	۶۶۳	۴۳۱۵۳	۳۸۱۶۴
Khordad	۰	۱۷۳۶۷۰	۱۷۳۶۷۰
Tir	۰	۲۳۶۱۲۸	۲۳۶۱۲۸
Mordad	۰	۲۴۰۰۴۵	۲۴۰۰۴۵

Shahrivar	۰	۱۷۶۶۵۱	۱۷۶۶۵۱
Mehr	۰	۴۷۳۶۹	۴۷۳۶۹
Aban	۳۷۰۵۲	۰	۳۷۰۵۲
Azar	۱۲۷۳۹۸	۰	۱۲۷۳۹۸
Dey	۱۹۸۶۴۰	۰	۱۹۸۶۴۰
Bahman	۱۸۵۸۸۲	۰	۱۸۵۸۸۲
Esfand	۹۴۱۷۸	۰	۹۴۱۷۸
-----	-----	-----	-----
TOTAL	۶۵۸۴۲۶	۹۲۱۷۱۴	۱۵۸۰۱۴۰
-----	-----	-----	-----
PER M ²	۶,۳۳	۵۰,۸	۸۷,۱
Floor Area:	۱۸۱۲۵,۰۰ m ^۲		

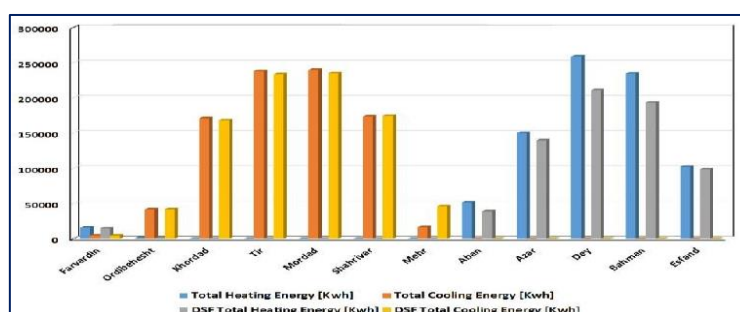
جدول ۷: میزان مصرف انرژی در ساختمان با نمای دوپوسته در فاصله ۶۰ سانتی‌متری

Thermostat S ettings: ۲۲,۰ - ۲۶,۰ C			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(kWh)	(kWh)	(kWh)
-----	-----	-----	-----
Farvardin	۱۴۹۱۳	۴۷۷۴	۳۹۰۱۹
Ordibehesht	۶۸۳	۶۱۴۱۸	۴۹۹۴۲
Khordad	۰	۱۲۷۰۱۶	۱۲۷۰۱۲
Tir	۰	۷۹۱۳۱۲	۲۳۱۷۹۱
Mordad	۰	۳۹۳۳۱۲	۲۳۳۱۳۹
Shahrivar	۰	۰,۲۰۱۷۴	۱۷۴۰۰۲
Mehr	۰	۶۴۴۰۳	۳۶۴۴۰
Aban	۳۹۰۰۲	۰	۳۹۰۰۲
Azar	۱۳۹۹۹۸	۰	۱۳۹۹۹۸
Dey	۲۱۱۳۱۹	۰	۲۱۱۳۱۹
Bahman	۱۹۳۶۲۷	۰	۱۹۳۶۲۷
Esfand	۹۹۱۳۵	۰	۹۹۱۳۵
-----	-----	-----	-----

TOTAL	۶۹۸۶۷۶	۸۸۸۶۷۷	۵۸۷۳۵۳۱
-----	-----	-----	-----
PER M ²	۳۸	۴۹	۷۸
Floor Area:	۱۸۱۲۵,۰۰ m ^۲		

جدول ۸: میزان مصرف انرژی در ساختمان با نمای دوپوسته در فاصله ۸۰ سانتیمتری

نمودار شکل ۲۸ میزان مصرف انرژی ساختمان را در حالت وجود نمای دوپوسته در فاصله ۸۰ سانتیمتری ساختمان نشان می‌دهد.



شکل ۲۸: مقایسه مصرف انرژی در حالت ساده و با نمای دوپوسته ۸۰ سانتی متری (مأخذ: نگارنده)

همان گونه که در نمودار فوق قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۲۸) با اضافه شدن نمای دوپوسته به ساختمان میزان مصرف انرژی گرمایشی در تمام ماه‌هایی که به گرمایش نیاز است کاهش یافته است اما همان طور که پیشتر اشاره شد دوپوسته کردن نما، موجب افزایش بار سرمایه‌ی ساختمان می‌شود که در این ساختمان نیز این اتفاق رخ می‌دهد.

جدول ۹: میزان مصرف انرژی در ساختمان با نمای دوپوسته ۱۰۰ سانتی متری

Thermostat Settings: ۲۲,۰ - ۲۶,۰ C			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(kWh)	(kWh)	(kWh)
-----	-----	-----	-----
Farvardin	۵۰۴۲۱	۴۵۸۲	۱۹۶۲۴
Ordibehesht	۶۹۸	۲۴۱۸۶	۴۲۵۶۰
Khordad	۰	۰۱۶۷۷۶	۱۶۷۷۶۰
Tir	۰	۲۶۱۴۳۲	۲۳۲۶۱۴
Mordad	۰	۴۰۹۲۳۲	۲۳۴۰۹۲
Shahrivar	۰	۱۲۱۷۴۶	۱۷۴۶۲۱
Mehr	۰	۲۱۲۴۰	۴۰۲۲۱
Aban	۴۱۱۸۸	۰	۴۱۱۸۸

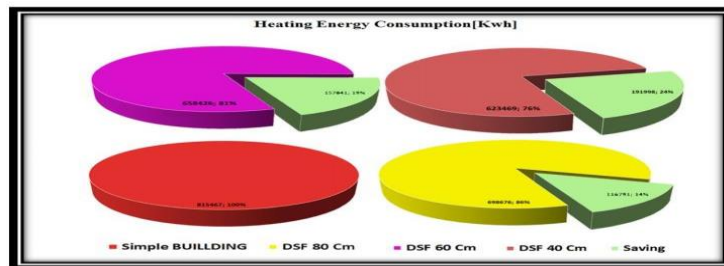
Azar	۱۴۲۱۰۹	۰	۱۴۲۱۰۹
Dey	۲۱۶۷۶۰	۰	۲۱۶۷۶۰
Bahman	۱۹۸۵۱۶	۰	۱۹۸۵۱۶
Esfand	۱۰۱۲۰۴	۰	۱۰۱۲۰۴
-----	-----	-----	-----
TOTAL	۷۱۵۵۱۷	۸۹۵۷۵۲	۱۶۱۱۲۶۹
-----	-----	-----	-----
PER M ²	,۴۹۳	,۵۴۹	۸۸,۹
Floor Area:	۱۸۱۲۵,۰۰ m ^۲		

جدول ۱۰: میزان مصرف انرژی در ساختمان با نمای دوپوسته ۱۲۰ سانتی‌متری

Thermostat Settings: ۲۲,۰ - ۲۶,۰ C			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(kWh)	(kWh)	(kWh)
-----	-----	-----	-----
Farvardin	۱۵۱۱۳	۴۵۰,۳	۱۹۶۷۰
Ordibehesht	۷۰,۲	۴۱۸۱,۴	۴۲۵۰,۷
Khordad	۰	۱۶۷۰,۰	۱۶۶۶,۸۴
Tir	۰	۲۳۱۹,۷۷	۲۳۱۶,۱۱
Mordad	۰	۲۳۳۸,۰۹	۲۳۲۹,۷۷
Shahrivar	۰	۱۷۴۰,۰۴	۱۷۳۹,۰۶
Mehr	۰	۳۸۵,۰۶	۳۶۹,۰۶
Aban	۴۱۸,۴۵	۰	۴۱۸,۴۵
Azar	۱۴۳۰,۲۲	۰	۱۴۳۰,۲۲
Dey	۲۱۷۶,۹۳	۰	۲۱۷۶,۹۳
Bahman	۲۰۰۷,۶۰	۰	۲۰۰۷,۶۰
Esfand	۱۰۲۸,۰۰	۰	۱۰۲۸,۰۰
-----	-----	-----	-----
TOTAL	۷۲۱۹۳۵	۸۹۱۶۱۳	۱۶۱۰۳۸۱
-----	-----	-----	-----
PER M ²	۳۹,۸۳	۴۹,۲	۸۹,۰۳
Floor Area:	۱۸۱۲۵,۰۰ m ^۲		

با بررسی نتایج شبیه‌سازی‌ها که در جداول فوق به آن‌ها اشاره شده است (جدول‌های ۹ و ۱۰) می‌توان گفت که با اضافه شدن نمای دوپوسته میزان مصرف انرژی گرمایشی کاهش می‌یابد اما به تبع آن میزان نیاز به انرژی سرمایشی در فصل گرم سال افزایش می‌یابد که این افزایش و کاهش با فاصله نمای دوپوسته از ساختمان رابطه مستقیم دارد.

شکل ۲۹ به ترتیب میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی گرمایشی و نیز کل انرژی مصرفی ساختمان را در طول سال و برای حالت‌های مختلف شبیه‌سازی شامل ساختمان با فرم ساده اولیه و بدون اضافه‌شدن نمای دوپوسته (Simple)، با نمای دوپوسته در فاصله ۸۰ سانتی‌متری (DSF ۸۰ Cm)، نمای دوپوسته در فاصله ۶۰ سانتی‌متری (DSF ۶۰ Cm) و با نمای دوپوسته در فاصله ۴۰ سانتی‌متری (DSF ۴۰ Cm) و نیز میزان صرفه‌جویی انجام‌شده در مصرف انرژی را در هر یک از حالت‌ها نشان می‌دهند.



شکل ۲۹: میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی گرمایشی (مأخذ: نگارنده)

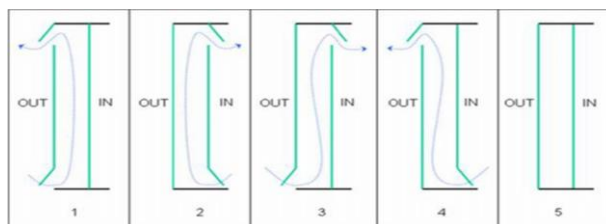
طبق نمودار شکل ۲۹، استفاده از نمای دوپوسته برای ساختمان در فاصله ۸۰ سانتی‌متری می‌توان مصرف انرژی گرمایشی را به میزان ۱۴ درصد کاهش داد. این میزان به ترتیب برای نمای دوپوسته در فاصله ۶۰ و ۴۰ سانتی‌متری برابر ۱۹ و ۲۴ درصد می‌باشد. بنابراین هرچه فاصله نمای دوپوسته به ساختمان نزدیک‌تر باشد میزان کارایی آن در کاهش بار گرمایشی ساختمان افزایش می‌یابد. اما باید توجه داشت که کم شدن فاصله نمای دوپوسته می‌تواند مصرف انرژی سرمایشی را در طول فصل گرم سال افزایش دهد و با توجه به این امر که هزینه تأمین سرمایش همواره به مراتب بیشتر از تأمین گرمایش می‌باشد لذا باید در انتخاب نوع سیستم نمای دوپوسته کمی محتاطانه عمل کنیم.

۴.۲. الگوی تهویه حفره میانی

تفاوت‌های بین فشار ایجاد شده توسط خاصیت دودکش و جریان باد دو نیروی محرک اصلی در ایجاد تهویه طبیعی می‌باشند. در تهویه طبیعی جریان هوا بر اساس استفاده از اختلاف فشار ایجاد شده توسط این دو عامل و یا اختلاف دمای داخل و خارج و یا ترکیبی از هر دو در داخل فضا جریان می‌یابد.

تهویه دوگانه یک ترازوی کنترل‌شده بین تهویه طبیعی و مکانیکی می‌باشد. در تهویه دوگانه، تهویه طبیعی معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد. تهویه مکانیکی فقط زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نیروهای محرکه تهویه طبیعی به میزان کافی قوی نباشد که بتوانند دسترسی به دمای آسایش را امکان‌پذیر کنند.

خاصیت دودکش یک پدیده مربوط به صعود و بالا رفتن هوای گرم می‌باشد. باتوجه‌به این نکته در نمای دوپوسته مفهوم خاصیت دودکش بیانگر این حقیقت است که هوای گرم سبک‌تر از هوای سرد می‌باشد و از آنجایی که هوای داخل حفره همواره گرم‌تر از هوای بیرون می‌باشد، هوای داخل حفره تمایل دارد که از بالای حفره خارج شود.



شکل ۳۰: پنج شیوه تهویه، پرده‌های خارجی، پرده‌های داخلی، هوای ورودی، هوای خروجی و هوای میانگیر (مأخذ: نگارنده)

۴.۳. مفهوم جریان هوا

طبق شیوه‌های تهویه، نماهای دوپوسته در پنج گروه طبقه‌بندی می‌شوند. شیوه‌های تهویه مستقل از گونه‌های به کار برده شده عمل می‌کنند. همه انواع نماها قادر نیستند خود را با شیوه‌های تهویه‌ای که در این بخش ذکر شد هماهنگ کنند؛ یک نما با یک حالت تهویه خاص طراحی می‌شود؛ با این وجود، یک نما می‌تواند با چندین شیوه تهویه در اوقات مختلف هماهنگ شود. که این موضوع بستگی به عضو پرده‌ای متصل شده به نما دارد (دارای پنجره باز شوند هست یا خیر). یک طراح باید بین پنج شیوه اصلی تهویه که در زیر آمده است، تمیز قائل شود.

پرده‌های خارجی: در این شیوه تهویه هوایی که از خارج وارد حفره میانی می‌شود بلافاصله به محیط خارج بازگردانده می‌شود. تهویه حفره به موجب آن پرده‌های هوایی را شکل می‌دهد که نمای خارجی را در بر می‌گیرد.

پرده‌های داخلی: در این شیوه هوای اتاق به داخل حفره وارد می‌شود و به همان فضا و یا سیستم تهویه برمی‌گردد. تهویه حفره یک پرده‌های هوایی را شکل می‌دهد که نمای داخلی را در بر می‌گیرد.

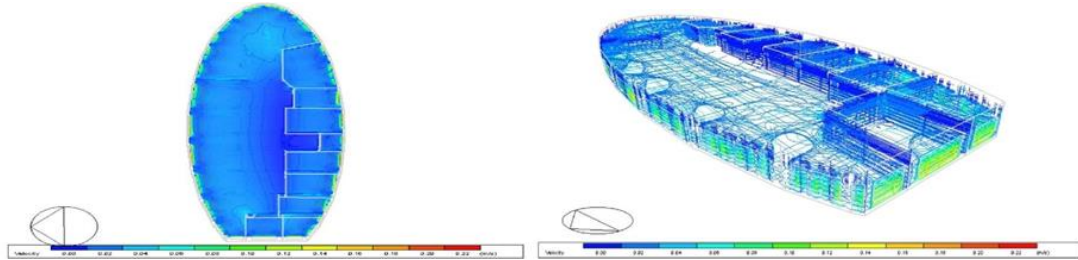
ورود هوا: تهویه نما از طریق هوای داخل انجام می‌شود. سپس هوا به داخل فضا و یا سیستم تهویه وارد می‌شود که این امر موجب می‌شود تا بتوان هوای موردنیاز بنا را نیز از تأمین کرد.

خروج هوا: هوای داخل اتاق به سمت فضای خارج تخلیه می‌شود. بنابراین تهویه نما را به قادر می‌سازد تا هوای کهنه را از داخل فضا خارج کنیم.

فضای میانگیر: این نوع تهویه با انواع دیگر تهویه نمای دوپوسته متفاوت می‌باشد؛ چراکه هوا بند می‌باشد. بنابراین یک فضای حائل بین فضای داخل و خارج ایجاد می‌کند که امکان تهویه حفره در آن وجود ندارد.

از موارد ذکر شده، الگوی مورد اول غالباً در زمستان و الگوی مورد دوم معمولاً در تابستان مورد استفاده قرار می‌گیرند.

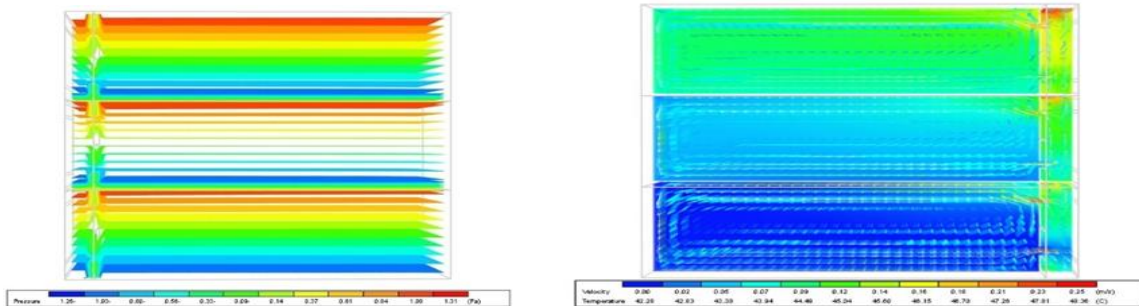
شکل ۳۱ میزان سرعت باد در داخل ساختمان در فصل تابستان را نشان می‌دهد.



شکل ۳۱: میزان تغییر سرعت باد در داخل ساختمان با نمای دوپوسته در تابستان (مأخذ: نگارنده)

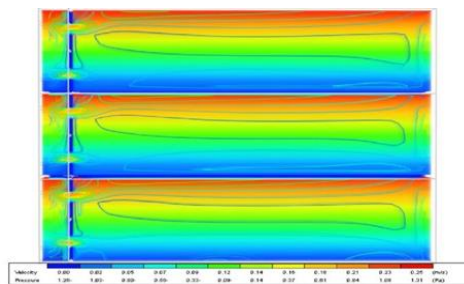
شکل ۳۲ تغییرات فشار هوا در یک اتاق ساختمان را در تابستان با وجود نمای دوپوسته نشان می‌دهد.

شکل ۳۳ میزان سرعت و دمای باد را در زمستان با نمای دوپوسته نشان می‌دهد.



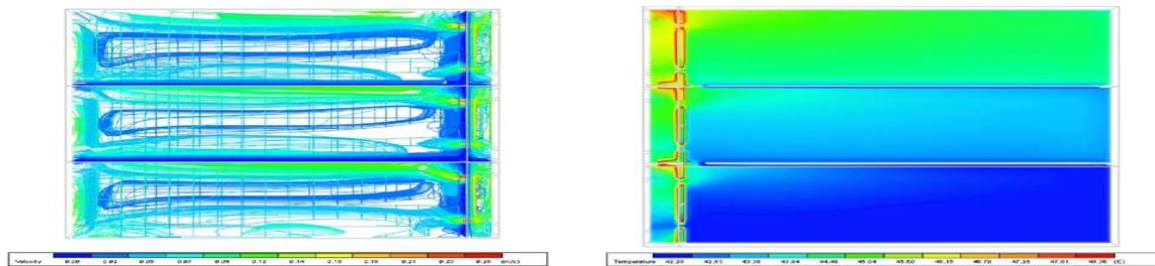
شکل ۳۲: تغییرات فشار هوا (مأخذ: نگارنده) شکل ۳۳: میزان سرعت و دمای باد در زمستان با نمای دوپوسته (مأخذ: نگارنده)

شکل ۳۴ میزان سرعت و فشار باد را در زمستان با نمای دوپوسته نشان می‌دهد.



شکل ۳۴: میزان سرعت و فشار باد در زمستان با نمای دوپوسته (مأخذ: نگارنده)

در کل در نمای دوپوسته اساس کار به این صورت است که در زمستان هوای گرم‌شده داخل حفره از هر طریق وارد ساختمان شود و از خروج هوای گرم‌شده جلوگیری شود. به همین دلیل در زمستان دریچه‌های رو به خارج بسته و دریچه‌های رو به داخل باز می‌شود. در تابستان قضیه برعکس، و هوای گرم‌شده نباید وارد ساختمان شود پس دریچه‌های خارجی باز و دریچه‌های داخلی بسته می‌شوند. (اشکال ۳۵ و ۳۶ چگونگی جریان هوا در الگوی زمستان)



شکل ۳۵: الگوی تغییر سرعت هوا در نمای دوپوسته در زمستان

(مأخذ: نگارنده)

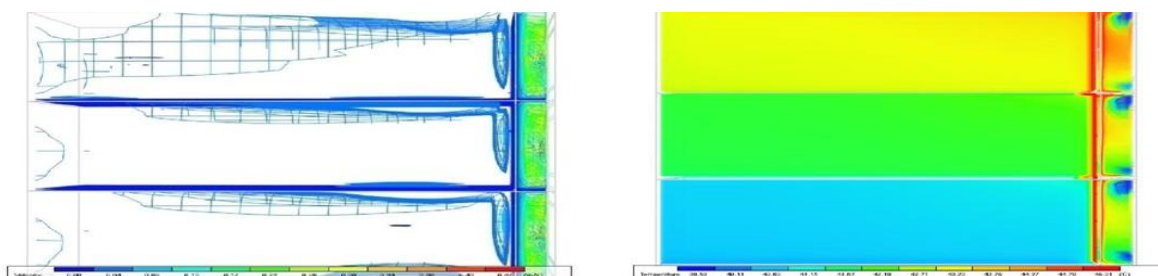
(مأخذ: نگارنده)

در فصل زمستان عموماً به دلیل حفظ گرمای تولیدشده در نمای دوپوسته، دریچه‌های رو به فضای خارج بسته می‌باشند و دریچه‌های رو به فضای داخل باز می‌شوند تا هوای گرم شده را به داخل انتقال دهند.

باتوجه به تصاویر فوق قابل مشاهده است که هوا در قسمت پایین نمای دوپوسته دمای کمتری دارد و به تدریج با صعود به سمت بالا گرم می‌شود و از دریچه بالا وارد فضای داخلی می‌شود. هوای ورودی با بیشترین دما و سرعت داخل فضا می‌شود و هرچه به عمق فضا نفوذ می‌کند دما و به تبع آن سرعتش کم می‌شود و باتوجه به سنگین‌تر بودن هوای سردتر به سمت پایین فضا حرکت می‌کند.

در نزدیکی دریچه پایینی در نمای دوپوسته باتوجه به اختلاف دمای موجود بین هوای سردتر در پایین فضا و هوای گرم داخل نمای دوپوسته و نیز مکش ایجاد شده از طریق ورود هوا از دریچه بالایی به فضای مورد نظر، هوای سردتر از دریچه پایینی وارد نمای دوپوسته می‌شود تا با گرم‌شدن مجدد، دوباره در این فرایند انتقال همرفتی آلودگی شرکت کند.

اما در فصل تابستان این فرایند بین نمای دوپوسته و فضای خارج اتفاق می‌افتد تا از ورود گرما به داخل ساختمان جلوگیری شود. بدین صورت که با قراردادن دو دریچه در پایین و بالای لایه بیرونی نمای دوپوسته سعی در تسهیل این امر می‌کنند. در این حالت هوا از دریچه پایین وارد نما می‌شود با گرم شدن در این قسمت به طرف بالا صعود می‌کند و در نهایت از دریچه بالایی وارد فضای خارج می‌شود. شکل‌های ۳۷ و ۳۸ الگوی تغییر سرعت و دمای هوا را در نمای دوپوسته در فصل تابستان نمایش می‌دهند.



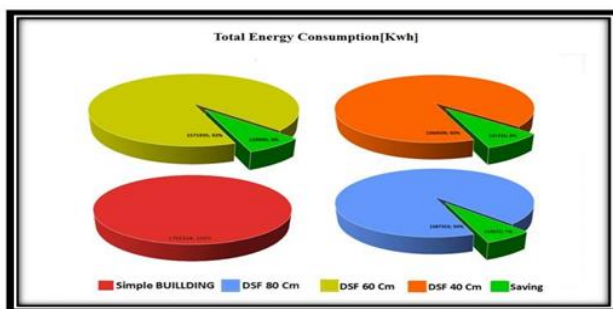
شکل ۳۷: الگوی تغییر دمای هوا در نمای دوپوسته در تابستان

(مأخذ: نگارنده)

شکل ۳۸: الگوی تغییر سرعت هوا در نمای دوپوسته در تابستان

(مأخذ: نگارنده)

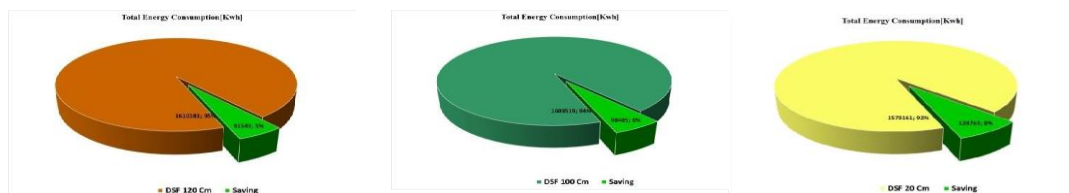
باتوجه به تصویر ۳۸ مشخص است که متناسب با بسته بودن دریچه‌های رو به فضای داخل باز هم مقداری از انرژی گرمایی نمای دوپوسته از طریق رسانش وارد فضای داخل می‌شود که این امر هر چند به میزان کم، اما باعث افزایش بار سرمایشی داخل ساختمان می‌شود.



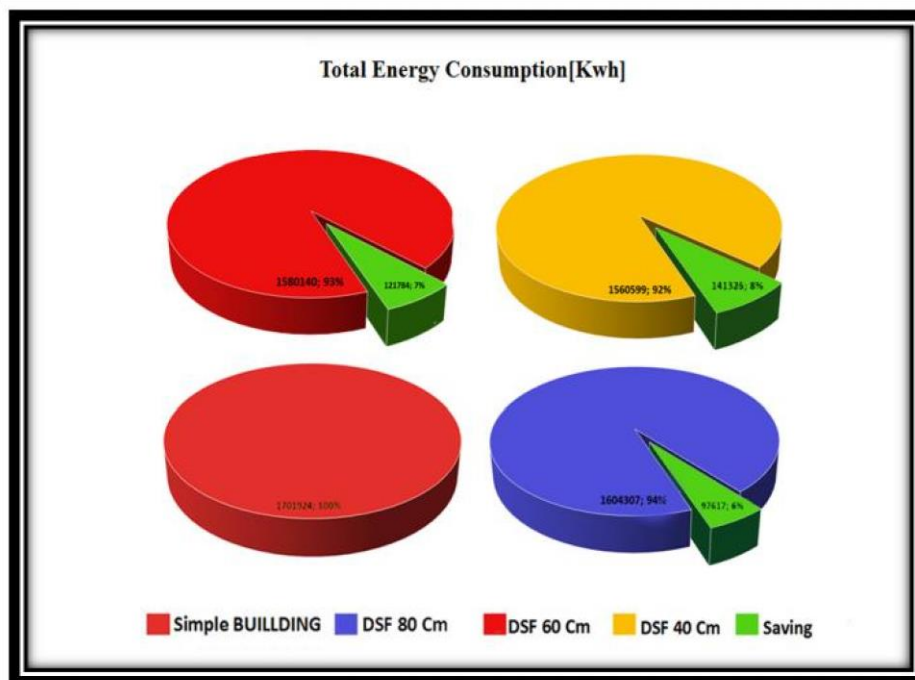
شکل ۳۹: میزان صرفه‌جویی در کل انرژی مصرفی ساختمان با نمای دوپوسته بازشو در تابستان (مأخذ: نگارنده)

نمودار شکل ۳۹ میزان صرفه‌جویی انجام شده در انرژی مصرفی کل ساختمان در حالت‌های مختلف نمای دوپوسته ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ سانتی‌متری را نشان می‌دهد. باتوجه به اینکه هرچه عمق نمای دوپوسته کم‌تر باشد میزان انرژی مصرفی شده برای سرمایش ساختمان در فصل گرم افزایش می‌یابد، میزان صرفه‌جویی در کل انرژی مصرفی را تا حدودی کاهش می‌دهد. میزان صرفه‌جویی برای نمای دوپوسته ۲۰ سانتی‌متری برابر ۹ درصد، ۸۰ سانتی‌متری به میزان ۷ درصد، برای نماهای ۶۰ و ۴۰ سانتی‌متری برابر ۸ درصد، برای ۱۰۰ سانتی‌متری برابر ۷ درصد و ۱۲۰ سانتی‌متری ۶ درصد می‌باشد. باتوجه به این نتایج می‌توان استنباط کرد که وجود نمای دوپوسته در ساختمان به میزان نسبتاً قابل توجهی مصرف انرژی را کاهش می‌دهد، اما تفاوت در عمق نما با وجود تأثیرگذاری در مصرف انرژی نمی‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای در صرفه‌جویی انجام شده گذارد. بنابراین شاید برای معماران و طراحان جذاب‌تر باشد تا از فاکتورهای دیگری برای انتخاب نوع نمای دوپوسته استفاده کنند که یکی از این عوامل می‌تواند فضای قابل استفاده در نمای دوپوسته باشد که با افزایش عمق این فضا نیز افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری



شکل ۴۰: میزان صرفه‌جویی در کل انرژی مصرفی ساختمان (مأخذ: نگارنده)



شکل ۴۱: میزان صرفه جویی در کل انرژی مصرفی ساختمان (مأخذ: نگارنده)

نمودار شکل‌های ۴۰ و ۴۱ میزان مصرف کل انرژی سرمایش و گرمایش را در ساختمان و در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد. باتوجه‌به این نمودار مشخص است که میزان صرفه‌جویی انجام شده در کل مصرف انرژی در حالت‌های مختلف نمای دوپوسته چندان با یکدیگر تفاوت نمی‌کند و این میزان برای نمای ۸۰ سانتی‌متری برابر ۶ درصد و برای نماهای ۶۰ و ۴۰ و ۲۰ سانتی‌متری به ترتیب برابر ۷ و ۸ و ۸ درصد می‌باشد. و برای نمای ۱۰۰ سانتی‌متری برابر ۶ درصد و ۱۲۰ سانتی‌متری برابر ۵ درصد می‌باشد.

باتوجه‌به اینکه میزان صرفه‌جویی در کل مصرف انرژی در حالت‌های مختلف تفاوت چندان با هم ندارند، به‌طور معمول طراحان نمایی را انتخاب می‌کنند که قابلیت‌های دیگری را نیز برایشان ایجاد کند. این اتفاق می‌تواند با انتخاب نمای ۸۰ سانتی‌متری تا اندازه قابل‌قبولی انجام شود؛ چراکه در این حالت ما با یک فضا با عرض ۸۰ سانتی‌متر روبه‌رو هستیم که امکان استفاده از آن برای ساکنین بسیار آسان خواهد بود. همچنین تمیز کردن فضای حفره میانی با عرض بیشتر بسیار ساده‌تر خواهد بود و در نتیجه از تبدیل شدن این فضا به یک فضای مرده جلوگیری می‌کند. همچنین باید توجه داشت که در صورت تمیز نکردن سطح شیشه به مرور زمان از کارایی نمای دوپوسته کاسته خواهد شد. بنابراین اضافه کردن یک لایه به‌عنوان پوسته دوم در فاصله ۸۰ سانتی‌متری می‌تواند به کاهش مصرف انرژی گرمایشی در زمستان و افزایش مصرف انرژی سرمایشی در تابستان شود. و همچنین با شبیه‌سازی در ضلع جنوبی ساختمان مورد نظر در این فاصله می‌توان بار گرمایشی را ۱۴ و بار سرمایشی را ۷ درصد و در آخر میزان کل مصرف انرژی در ساختمان را ۶ درصد کاهش داد که این امر باعث کاهش هزینه‌ها نیز می‌شود.

منابع و مآخذ

- Abediniangerabi, B., Shahandashti, S. M., Bell, B., Chao, S. H., & Makhmalbaf, A. (۲۰۱۸). Building energy performance analysis of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete (UHP-FRC) façade systems. *Energy and Buildings*, ۱۷۴, ۲۶۲-۲۷۰.
- Ahmed, M. A. A. E. D., & Fikry, M. A. (۲۰۱۹). Impact of glass facades on internal environment of buildings in hot arid zone. *Alexandria Engineering Journal*, ۵۸(۳), ۱۰۶۳-۱۰۷۰.
- Chen, X., Yang, H., & Peng, J. (۲۰۱۹). Energy optimization of high-rise commercial buildings integrated with photovoltaic facades in urban context. *Energy*, ۱۷۲, ۱-۱۷.
- Danesh, M., Escamilla, E., Pariafsai, F., & Ostadalimakhmalbaf, M. (۲۰۱۹). Characteristics of Glazing Layers of Double-Skin Facades and Energy Consumption: A Case Study in Arid Climate of Tehran. In *AEI ۲۰۱۹: Integrated Building Solutions—The National Agenda* (pp. ۲۰۴-۲۱۰). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Du, H., Huang, P., & Jones, P. (۲۰۱۹). Modular facade retrofit with renewable energy technologies: The definition and current status in Europe. *Energy and Buildings*, ۲۰۰, ۱۰۹۰-۱۰۹۳.
- Gelesz, A., Lucchino, E. C., Goia, F., Serra, V., & Reith, A. (۲۰۲۰). Characteristics that matter in a climate façade: A sensitivity analysis with building energy simulation tools. *Energy and Buildings*, ۲۲۹, ۱۱۰۴۶۷.
- Graamans, L., Tenpierik, M., van den Dobbelsteen, A., & Stanghellini, C. (۲۰۲۰). Plant factories: Reducing energy demand at high internal heat loads through façade design. *Applied Energy*, ۲۶۲, ۱۱۴۰۴۴.
- Graiz, E., & Al Azhari, W. (۲۰۱۹). Energy efficient glass: A way to reduce energy consumption in office buildings in Amman (October ۲۰۱۸). *IEEE Access*, ۷, ۶۱۲۱۸-۶۱۲۲۰.
- Hasheminasab, H., Hashemkhani Zolfani, S., Bitarafan, M., Chatterjee, P., & Abhaji Ezabadi, A. (۲۰۱۹). The Role of Façade Materials in Blast-Resistant Buildings: An Evaluation Based on Fuzzy Delphi and Fuzzy EDAS. *Algorithms*, ۱۲(۶), ۱۱۹.
- Jalali, Z., Noorzai, E., & Heidari, S. (۲۰۲۰). Design and optimization of form and façade of an office building using the genetic algorithm. *Science and Technology for the Built Environment*, ۲۶(۲), ۱۲۸-۱۴۰.
- Juaristi, M., Monge-Barrio, A., Sánchez-Ostiz, A., & Gómez-Acebo, T. (۲۰۱۸). Exploring the potential of smart and multifunctional materials in adaptive opaque façade systems. *Journal of Facade Design and Engineering*, ۶(۲), ۱۰۷-۱۱۷.

Kosorić, V., Huang, H., Tablada, A., Lau, S. K., & Tan, H. T. (۲۰۱۹). Survey on the social acceptance of the productive façade concept integrating photovoltaic and farming systems in high-rise public housing blocks in Singapore. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ۱۱۱, ۱۹۷-۲۱۴.

Kosukhin, M. M., Kosukhin, A. M., & Komarova, K. S. (۲۰۱۸, August). Increasing of the energy efficiency in civilian buildings applying fixed type of facade systems. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. ۱۰۶۶, No. ۱, p. ۰۱۲۰۱۲).

Krstić-Furundžić, A., Vujošević, M., & Petrovski, A. (۲۰۱۹). Energy and environmental performance of the office building facade scenarios. *Energy*, ۱۸۳, ۴۳۷-۴۴۷.

Luna-Navarro, A., Loonen, R., Juaristi, M., Monge-Barrio, A., Attia, S., & Overend, M. (۲۰۲۰). Occupant-Facade interaction: a review and classification scheme. *Building and Environment*, ۱۰۶۸۸۰.

Martinez, A., & Choi, J. H. (۲۰۱۸). Analysis of energy impacts of facade-inclusive retrofit strategies, compared to system-only retrofits using regression models. *Energy and Buildings*, ۱۵۸, ۲۶۱-۲۶۷.

Mifsud, L., Pomponi, F., & Moncaster, A. M. (۲۰۲۰). Comparative life cycle analysis of façade passive systems in the Mediterranean: Comfort, energy, and carbon. *Renewable Energy*, ۱۴۹, ۳۴۷-۳۶۰.

Minaei, M., & Aksamija, A. (۲۰۱۹). A Framework for Performance-Based Facade Design: Approach for Multi-Objective and Automated Simulation and Optimization. *Building Technology Educator's Society*, ۲۰۱۹(۱), ۴۰.

Nalcaci, G., & Nalcaci, G. (۲۰۲۰, June). Modeling and Implementation of an Adaptive Facade Design for Energy Efficiently Buildings Based Biomimicry. In ۲۰۲۰ ۸th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid) (pp. ۱۴۰-۱۴۵). IEEE.

Pugsley, A., Zacharopoulos, A., Mondol, J. D., & Smyth, M. (۲۰۲۰). Vertical Planar Liquid-Vapour Thermal Diodes (PLVTD) and their application in building façade energy systems. *Applied Thermal Engineering*, ۱۷۹, ۱۱۵۶۴۱.

Romano, R., Aelenei, L., Aelenei, D., & Mazzuchelli, E. S. (۲۰۱۸). What is an adaptive façade? Analysis of Recent Terms and definitions from an international perspective. *Journal of Facade Design and Engineering*, ۶, ۶۵-۷۶.

Sánchez, M. N., Giancola, E., Blanco, E., Soutullo, S., & Suárez, M. J. (۲۰۲۰). Experimental validation of a numerical model of a ventilated façade with horizontal and vertical open joints. *Energies*, ۱۳(۱), ۱۴۶.

Santos, R. A., Flores-Colen, I., Simões, N. V., & Silvestre, J. D. (۲۰۲۰). Auto-responsive technologies for thermal renovation of opaque facades. *Energy and Buildings*, ۱۰۹۹۶۸.

Saretta, E., Caputo, P., & Frontini, F. (۲۰۱۹). A review study about energy renovation of building facades with BIPV in urban environment. *Sustainable Cities and Society*, ۴۴, ۳۴۳-۳۵۵.

Shahbazi, Y., Heydari, M., & Haghparast, F. (۲۰۱۹). An early-stage design optimization for office buildings' façade providing high-energy performance and daylight. *Indoor and Built Environment*, ۲۸(۱۰), ۱۳۵۰-۱۳۶۷.

Valitabar, M., Moghimi, M., Mahdavinejad, M., & Pilechiha, P. (۲۰۱۸). Design optimum responsive façade based on visual comfort and energy performance.