دوره ۱۱، شماره ۱۸، پاییز و زمستان ۱۴۰۲. صفحات ۱۴۹ تا ۱۶۳

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر پنجره‌ی تنفسی بر سیستم تهویه در ساختمان‌های درمانی دارای نمای دوپوسته در شهر تهران

نازنین رحیمی[۱]، مهناز محمودی زرندی[۱*]، فاطمه مهدیزاده سراج[۲]، مرضیه هومانی راد[۱]

۱- گروه معماری، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

چکیده

در دهه‌های اخیر و همزمان با آغاز بحران انرژی در جهان، توجه مجامع جهانی به مصرف بهینه‌ی انرژی به‌خصوص در ساختمان‌ها و جداره‌های خارجی آن‌ها تبدیل به یکی از مهم‌ترین بخش‌ها در طراحی شده است؛ همین امر باعث به وجود آمدن چالش‌های جدیدی در رابطه با کیفیت هوای داخل ساختمان، چگونگی تأمین هوای تازه و تهویه‌ی هرچه بهتر فضاها در صنعت ساختمان گردید. در این راستا تلاش‌ها در جهت بهتر شدن تهویه در حوزه‌ی ساخت‌وساز، اهمیت بسیاری یافته و هنگامی‌که این چالش در کنار گرایش به استفاده از سطوح شیشه‌ای در ساختمان‌ها به جهت بهره‌گیری از نور و استفاده‌ی حداکثری از تهویه طبیعی در فضاهای درمانی قرار گرفت، منجر به ابداع نوع جدیدی از پنجره گردید که تا حدودی به مشکلات با شیوه‌ای نوین پاسخ می‌دهد. هدف مقاله‌ی حاضر، معرفی و بررسی پنجره‌ی تنفسی و امکان‌سنجی آن به جهت کاهش مصرف انرژی و در نهایت ایجاد تهویه طبیعی در فضاهای درمانی است، چراکه در این‌گونه فضاها به جهت انتقال بیماری‌های واگیردار و بحث کنترل عفونت، اهمیت تأمین هوای تازه بیشتر می‌شود. برای دستیابی به این هدف، پژوهش ارائه‌شده با بهره‌گیری از روش تحقیق همبستگی و شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر و انجام محاسبات عددی به بررسی پنجره تنفسی و میزان تأثیرگذاری آن در ایجاد تهویه حداکثری پرداخته تا در راستای آن به ساختاری بهینه با عملکردی مطلوب در اقلیم شهر تهران دست یابد. ازاین‌رو این پژوهش به دنبال پاسخ به این پرسش است که استفاده از پنجره‌ی تنفسی چه تأثیری بر تهویه در نماهای دوپوسته در بیمارستان‌ها دارد؟ نتایج پژوهش نشان می‌دهند که استفاده از این نوع پنجره با مشخصات ذکرشده در متن (هر دو جداره‌ی داخلی و خارجی دارای شیشه‌ی دوجداره) در مقایسه با حالت پایه (بدون شیشه دوجداره)؛ سبب افزایش بهره‌وری نماهای دوپوسته به میزان ۲۶٫۴٪ در بخش کاهش مصرف انرژی و مطلوب‌تر شدن کارایی تهویه نمای دوپوسته می‌شود.

تاریخ دریافت:
۱۹ دی ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش:
۰۲ تیر ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:
پنجره‌ی تنفسی،
نمای دوپوسته،
تهویه طبیعی،
بهبود کیفیت هوای داخلی،
کاهش مصرف انرژی،

doi : 10.22034/AHDC.2024.21079.1778

E-ISSN: 2645-372X /© 2023. Published by Yazd University This is an open access article under the CC BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نویسندهٔ مسئول: گروه معماری، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی
Email: *m_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir*

۱- مقدمه

به دنبال صنعتی شدن شهرها و رشد تصاعدی جمعیت در جهان، مصرف انرژی و درنتیجه نیاز به انرژی روزبه‌روز در حال افزایش است (Sultan Qurraie & Havva, 2023)، در همین راستا و با ذکر این نکته که بیش از یک‌سوم انرژی مصرفی در جهان را بخش ساختمان به خود اختصاص داده، توجه بر انتقال حرارت از پوسته‌ی ساختمان‌ها بیشتر شده است. (دفتر امور مقررات ملّی ساختمان, ۱۳۹۹).

ازآنجایی‌که پوشش‌های بیرونی ساختمان به‌عنوان رابط‌های اولیه بین محیط‌های داخلی و خارجی به شمار رفته و این رابط‌ها به‌شدت بر شرایط حرارتی داخلی و مصرف کل انرژی تأثیر می‌گذارند (Ahmadi, et al., 2022).در همین راستا داشتن نمای خوب می‌تواند ساختمان را از گرمای تابستان محافظت کند، اتلاف گرما را در زمستان به حداقل برساند و از عناصر طبیعی برای گرمایش، سرمایش و روشنایی استفاده کند. (Siyamand Naddaf & Baper, 2023). لذا با توجه به این‌که یکی از جداره‌های خارجی که تأثیر زیادی در مصرف انرژی و همچنین آسایش حرارتی و تهویه دارد پنجره است، این امر ضروری به نظر می‌رسد که با ارائه راهکارهایی جهت تأمین هوای باکیفیت برای داخل با استفاده از کمترین میزان مصرف انرژی، به ایجاد تهویه‌ی مطلوب و افزایش تهویه طبیعی و درنتیجه‌ی آن کاهش مصرف انرژی بپردازیم (محمدی و حیدی, ۱۳۹۴). راهکاری برای اینکه بتوان ورود و خروج هوا را از طریق نمای ساختمان به‌خوبی کنترل کرد و پنجره‌ی ساختمان‌ها در زمان‌های لازم امکان ورود هوا را فراهم کنند و از سویی در زمان‌هایی مانع ورود هوا شوند (Sadineni, Madala, & Suresh, 2011). برای معماران، یافتن راهی واقعی و قابل‌اعتماد برای توسعه تهویه طبیعی در ساختمان‌ها ضروری است. دقت بالا در پیش‌بینی تهویه زمانی که به کیفیت هوای داخلی، مصرف انرژی یا آسایش حرارتی مربوط می‌شود، حائز اهمیت است (Rahaei, 1395). در همین راستا استفاده از نماهای دوپوسته با مزایایی چون افزایش سلامت و راحتی استفاده‌کنندگان بنا و بهره‌مندی از منابع طبیعی و تجدید پذیر انرژی کاملاً توجیه‌پذیر است. (بای, ۱۳۹۷).

از سویی دیگر امروزه آلودگی‌های محیطی به سبب صنعتی شدن شهرها و گسترش ویروس‌ها از مهم‌ترین تهدیدهای محیط زیستی است و سازمان بهداشت جهانی (WHO) آن را جزء موارد پرمخاطره غیر عفونی قرار داده است (Lelieveld, et al., 2020). با توجه به این‌که افراد به‌طورمعمول ۸۰ الی ۹۰ درصد عمر خود را در محیط‌های بسته سپری می‌کنند بخش بزرگی از معضلات آلودگی هوا به محیط‌های بسته و درون ساختمان‌ها مربوط می‌شود، (Mannan & Al Ghamdi, 2021). لذا با توجه به این‌که بیمارستان‌ها ازجمله کاربری‌های حساس هستند که به‌واسطه مراجعات فراوان و قرارگیری در نواحی مرکزی شهرها پتانسیل بالایی برای تجمع آلاینده‌ها دارند و از دیگر سو، بیماران و افراد بستری در این محیط‌ها به علت حضور طولانی‌مدت و ضعف و ناتوانی، پتانسیل بیشتری برای آسیب از آلودگی هوا در این محیط‌ها دارند (توکلی, و غیره, ۱۴۰۰)، ضروری است که اقداماتی برای بهره‌گیری حداکثری از تهویه طبیعی در مناطقی از بیمارستان که امکان استفاده از هوای خارج را دارند به جهت ارتقاء کیفیت هوای داخلی انجام شود.

لذا با توجه به اینکه تاکنون اقدامی در زمینه بهره‌گیری از تهویه طبیعی به‌واسطه نمای دوپوسته در بیمارستان‌ها انجام نشده است، استفاده از نوع جدیدی از پنجره‌ها در نماهای دوپوسته (پنجره‌ی تنفسی) به‌عنوان نوآوری مطلوبی در صنعت ساختمان به‌حساب می‌آید. این نوع از پنجره‌ها به‌عنوان یک سیستم تهویه جدید و پیشرفته در پوسته ساختمان‌ها به شمار می‌آیند؛ که سامانه‌ی تهویه را به‌وسیله‌ی کشاندن مسیر ورود هوای تازه از فاصله‌ی بین شیشه‌ها قبل از ورود به فضای اتاق باهم تلفیق می‌کنند. این ایده‌ی نوآورانه به‌صورت همه‌جانبه، به مشکلات تهویه و انتقال حرارت به‌عنوان چالش‌های اصلی و آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی به‌عنوان چالش‌های فرعی‌تر در پوسته‌های نورگذر توجه می‌کند (محمدی و حیدری، ۱۳۹۴).

با در نظر گرفتن این نکته که تهویه در بخش زیادی از فضاهای درمانی به‌صورت بسته و به‌وسیله تجهیزات مکانیکی انجام می‌شود و بسیاری از فضاها امکان بهره‌گیری از تهویه طبیعی را ندارند؛ علی‌رغم اینکه استفاده از تهویه طبیعی بر اساس ضوابط بیمارستان ایمن و استانداردها برای بخش‌هایی مجاز است. هدف پژوهش حاضر این است که با استفاده از

نوعی خاص از پنجره‌ها در نمای دوپوسته بتوان در ایجاد تهویه‌ی بیشتر در مناطقی از بیمارستان که امکان استفاده از تهویه طبیعی را دارند سبب ارتقاء کیفیت هوای داخلی و درنتیجه کاهش مصرف انرژی شود.

پرسش‌های پژوهش:

به‌منظور دستیابی به اهداف بیان‌شده، محققین به دنبال یافتن پاسخ برای پرسش‌های زیر هستند:

- استفاده از پنجره‌ی تنفسی چه تأثیری بر روی تهویه طبیعی در نماهای دوپوسته دارد؟
- پنجره‌ی تنفسی تا چه حد می‌تواند کارکرد نمای دوپوسته را ارتقاء دهد؟

تصویر ۱: فرآیند تحقیق

۲- پیشینهٔ تحقیق

بسیاری از مطالعات به‌طور مداوم نشان می‌دهد که نماهای دوپوسته در درازمدت مقرون‌به‌صرفه ترند، زیرا دوام بیشتری نسبت به نمای تک پوسته دارند. این نما باصرفه جویی در منابع انرژی ساختمان، محیطی راحت‌تر و سازگار با محیط‌زیست ایجاد می‌کند و هزینه‌های نگهداری را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، برای تجزیه‌وتحلیل ارزیابی چرخه عمر، باوجود داشتن انرژی اولیه و هزینه مواد اولیه بالاتر، سیستم نمای دوپوسته پتانسیل کاهش هزینه انرژی سالانه را تا ۹,۲٪ دارد (Siyamand Naddaf & Baper, 2023).

سروش نیا و همکاران در تحقیقی بیان می‌کنند که جهت‌گیری پنجره و نسبت پنجره به دیوار باهم مرتبط هستند، زمانی که یک تغییر کوچک در دیافراگم پنجره اتفاق می‌افتد تأثیر زیادی بر کارایی انرژی و هزینه‌های عملیاتی دارد. به همین دلیل نیازهای گرمایشی و سرمایشی را می‌توان با استفاده از بهینه‌سازی نسبت پنجره به دیوار تغییر

داد (Sorooshnia, et al., 2022). در تحقیقی دیگر بیان شده است که جهت قرارگیری پنجره و آب‌وهوا تأثیر قابل‌توجهی بر رفتار نماهای دوپوسته دارند. در همین راستا میزان صرفه‌جویی در انرژی با افزایش تابش خورشید و هوای خارجی افزایش می‌یابد(Wang, et al., 2020) . هاشمی و همکاران در مقاله‌ای با عنوان «رفتار حرارتی نمای دوپوسته دارای تهویه در اقلیم گرم و خشک» به بررسی عملکرد ساختمان دیوان عدالت اداری در تهران (اقلیم گرم و خشک) پرداختند. این مطالعه نشان می‌دهد در روزهای گرم تابستان دمای داخل حفره از دمای خارج به‌مراتب گرم‌تر می‌شود که البته این مشکل را می‌توان با ایجاد تهویه شبانه تا حدودی رفع کرد. درهرصورت بارهای گرمایشی و سرمایشی هر دو، در ساختمان با نماهای دوپوسته، کمتر از ساختمان با نمای معمولی است. (Hashemi, et al., 2010).

در پژوهشی دیگر که با عنوان «افزایش تهویه طبیعی، آسایش حرارتی و صرفه‌جویی در انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی در بانکوک» از طریق استفاده از شفت‌های تهویه در سال ۲۰۱۱ انجام گردید، سرعت هوا در مناطق از پیش اشغال‌شده در دو اتاق مجزا که یکی دارای شفت تهویه و دیگری بدون استفاده از شفت تهویه (که به ترتیب اتاق مرجع و آزمایش نامیده شدند) ارزیابی شدند(Prajongsan & Sharples, 2011) . نتایج نشان داد که جریان هوای داخل تحت تأثیر متغیرهای مستقل معماری به همراه موقعیت بازشوها، دمنده‌ها و مکنده‌ها قرار داشته و تغییرات در شرایط این متغیرها می‌تواند جریان هوای داخل را اصلاح و خروج آلاینده‌ها را امکان‌پذیر نماید (رهایی, ۱۳۹۳).

به‌طورکلی تحلیل و نتیجه‌گیری نویسندگان مبتنی بر داده‌های حاصل از تحقیقات پیشین حاکی از آن است که؛ با توجه به این نکته که مصرف انرژی در کشور ما به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بالاتر از استانداردهای جهانی است و مهم‌ترین دلیل آن وضعیت نامطلوب ساختمان‌ها از دید مصرف انرژی است، به همین دلیل لزوم یافتن راهکاری در کاهش مصرف انرژی امری انکارناپذیر است و به همین دلیل نماها باید باکیفیتی بهتر و به‌گونه‌ای طراحی شوند که با استفاده‌ی صحیح از پنجره‌های خاص بتوان مصرف انرژی را کاهش داد. لذا پژوهش حاضر بر آن است که با توجه به عدم بررسی گسترده و دقیق در مورد انواع پنجره در سایر پژوهش‌ها به‌عنوان یکی از جداره‌های خارجی که تأثیر قابل‌توجهی بر تهویه مطلوب و درنهایت مصرف انرژی و همچنین آسایش حرارتی دارد، به بررسی دقیق پنجره تنفسی بپردازد.

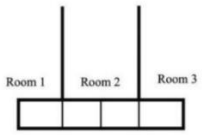
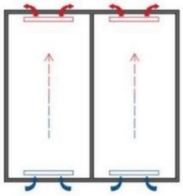
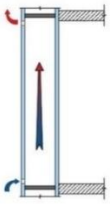
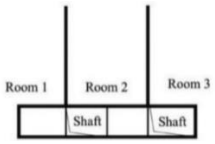
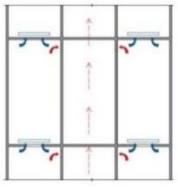
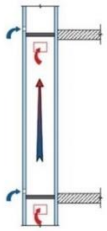
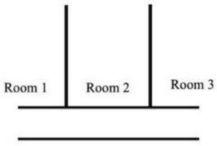
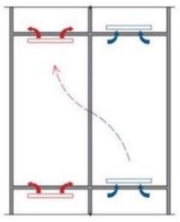
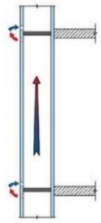
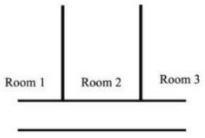
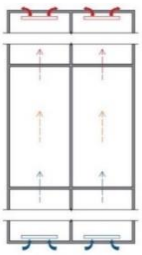
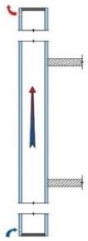
۲-۱- نمای دوپوسته

نماهای دوپوسته به نمایی گفته می‌شود که در آن، بدنه ساختمان تشکیل‌شده از دولایه پوسته بیرونی است. فاصله بین این دوپوسته فضای حائلی را بین آن دو ایجاد می‌کند. این نما دارای ساختاری چندلایه است که شامل: پوسته خارجی، فضای میانی (یک حفره پر از هوا) و پوسته داخلی می‌باشند (Shameri, et al., 2011). لایه خارجی نمای دوپوسته غالباً از جنس شیشه‌های یک‌لایه با مقاومت حرارتی بالا است و لایه داخلی نما معمولاً از جنس شیشه‌های دوجداره و پنجره‌هایی است که قابلیت باز و بسته بودن را دارا هستند. فضای خالی بین دوپوسته فضای بافری است که ساختمان را ایزوله می‌کند (Poiarzis, 2012).

مهم‌ترین عاملی که می‌تواند کارکرد نماهای دوپوسته را تحت تأثیر قرار دهد و مشخصه اصلی تمایز این نماها با جداره‌های معمولی است، نحوه تهویه و نوع جریان هوای ایجادشده در این سیستم و درنتیجه تأثیر این جریان هوا بر میزان سرمایش/گرمایش و جریان هوای فضای داخلی ساختمان است. تهویه طبیعی یکی از ارکان مهم و اساسی در طراحی ساختمان‌های دارای هدف مصرف کمتر انرژی است.

روش‌های مختلفی برای دسته‌بندی سیستم نماهای دوپوسته در متون مختلف ذکر شده است؛ دسته‌بندی‌ها بر اساس حالت‌های تهویه (بر اساس مبدأ و مقصد جریان هوا در فضای مابین دوپوسته)، نوع تهویه (طبیعی، مکانیکی، ترکیبی) و همچنین ویژگی‌های هندسی (هندسه و کارکرد–پارتیشن بندی) انجام شده است. بر این اساس انواع نمای دوپوسته بر اساس هندسه و کارکرد شامل ۴ دسته‌بندی می‌باشند: جعبه پنجره، شفت، راهرویی یا کریدور، چندطبقه. در جدول ۱ انواع نمای دوپوسته معرفی‌شده است (Azarbayjani, 2010).

جدول ۱: انواع نمای دوپوسته

انواع	کارکرد	پلان	نما	مقطع
جعبه‌ای (باکس)	هر جعبه نیازمند دو بازشو در نمای بیرونی و دو بازشو در نمای داخلی. جانمایی بازشوها در بالا و پایین نمای جعبه.			
شفت	کل سطح نما به جعبه‌هایی تفکیک‌شده. بین هرچند جعبه یک کانال عمودی قرار دارد. هوا از پنجره‌های جعبه‌ای با خاصیت دودکشی به شفت‌های عمودی کشیده شده و ازآنجا به بیرون هدایت می‌شود.			
راهروی یا کریدور	بازشوها به‌صورت قطری در نما قرار می‌گیرند تا از وارد شدن هوای خروجی یک طبقه به دریچه‌ی ورودی اتاق طبقه‌ی بالاتر اجتناب شود.			
چند طبقه	هیچ جداکننده‌ی عمودی و افقی بین دوپوسته قرار ندارد و بازشوهای بزرگی برای تهویه در بخش‌های بالایی و پایینی نما ایجاد می‌شوند که به کمک فن‌هایی هوای فضای میانی را تهویه می‌کنند.			

عملکرد نماهای دوپوسته در راستای ایجاد شرایط حرارتی و آسایشی مناسب، تحت تأثیر عوامل متعددی است. این عوامل از یک‌سو به نوع پیکربندی و ساختار نما مربوط است و از سوی دیگر به منطقه و اقلیم موردنظر وابسته است. به‌طورکلی مهم‌ترین این عوامل به شرح زیر است (هود و غیره، ۱۳۹۷):

۱) نوع جریان هوا (سرعت جریان هوا)، ۲) عمق حفره هوا، ۳) تعداد لایه‌های شیشه، ۴) جانمایی ابزار سایه‌انداز، ۵) ارتفاع حفره هوا، ۶) جنس شیشه‌ها،

۲-۱-۱- تهویه در نماهای دوپوسته

بر اساس حالت تهویه، بدون در نظر گرفتن نوع کاربری، نماهای دوپوسته در پنج گروه طبقه‌بندی می‌شوند. البته یک نما می‌تواند در زمان‌های مختلف حالت‌های متفاوتی از تهویه را با توجه به ابزار به‌کاررفته در آن (مانند دهانه‌های قابل باز و بسته شدن)، داشته باشد. پنج حالت تهویه به شرح زیر هستند (تصویر ۲):

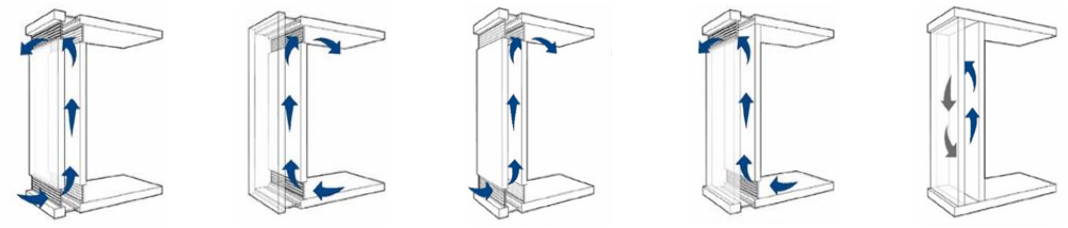
۱- لایه هوای خارجی: در این حالت، هوایی که از خارج وارد دالان بین دوپوسته شده است، بلافاصله به بیرون بازمی‌گردد. بدین ترتیب بین دوپوسته لایه‌ای از هوای خارج تشکیل می‌شود.

۲- لایه هوای داخلی: هوا از داخل اتاق به فضای بین دوپوسته وارد می‌شود و دوباره به فضای داخلی بازمی‌گردد. لایه تهویه به‌وسیله هوای داخلی ایجاد می‌شود.

۳- تأمین هوا از طریق هوای خارجی: در این حالت، تهویه نما به‌وسیله هوای خارج انجام می‌شود. سپس این هوا به فضاهای داخلی و یا سیستم تهویه منتقل می‌شود. این روش باعث تأمین هوای موردنیاز ساختمان می‌شود.

۴- تخلیه هوای داخلی به بیرون: هوای داخل به سمت خارج حرکت می‌کند، بنابراین تهویه نما باعث تخلیه هوا از فضاهای داخلی ساختمان می‌شود.

۵- فضای بافر: این حالت تهویه کمی از دیگر نماهای دوپوسته متمایز و با هوای محبوس ساخته شده است. درنتیجه دالان بین دوپوسته به شکل یک فضای بافر بین داخل و خارج، بدون هیچ حفره تهویه‌ای قرار می‌گیرد (Azarbayjani, 2010).



تصویر ۲: پنج حالت تهویه در نماهای دوپوسته مأخذ: (Jankovic & Goia , 2021)

در سیستم تهویه طبیعی، اختلاف دما و اختلاف فشار ناشی از باد عوامل مؤثر در ایجاد جریان هوا در حفره میانی می‌باشند که به شرایط اقلیمی و طراحی ساختمان بستگی دارد. تهویه طبیعی می‌تواند منبع هوای تازه برای فضای داخلی ساکنان ساختمان تحت شرایط معین باشد و عملاً نوعی از تهویه غیرفعال محسوب می‌شود و می‌تواند به‌صورت تهویه عرضی (افقی)، تهویه دودکشی (عمودی) و یا ترکیبی از این دو، مورداستفاده قرار گیرد. استفاده از توده گرمایش یا سرمایشی شب نیز می‌تواند در عملکرد تهویه طبیعی نماهای دوپوسته مؤثر باشد.

– نیروی تولیدکننده تهویه طبیعی در ساختمان از دو طریق تأمین می‌شود: ۱) وجود اختلاف در حرارت ۲) تأثیر انباشتی ۳) اختلاف فشار

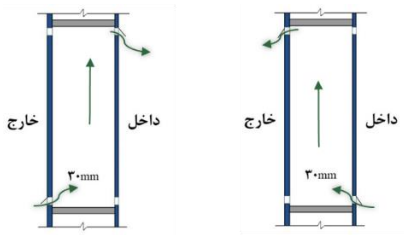
– هوا به داخل حفره آورده می‌شود و سپس به دو روش تخلیه می‌شود: ۱) فشار باد ۲) اثر دودکشی.

۲-۲- پنجره تنفسی

پنجره تنفسی[۱]، نوعی از پنجره است که تهویه را به‌وسیله‌ی کشاندن مسیر ورود هوای تازه از فاصله‌ی بین شیشه‌ها قبل از ورود به فضای اتاق ایجاد می‌کند. (Jain, 2016).

در این پنجره‌ها یک منفذ برای ورود هوا در انتهای پایینی پنجره‌ی بیرونی و منفذ دیگر در بالای واحد داخلی وجود دارد. هوای تازه از دریچه‌ی پایینی واردشده و قبل از ورود به اتاق از فاصله‌ی هوایی تعبیه‌شده بالا رفته و سپس وارد ساختمان می‌شود. در طول دوره گرمایش، هوای سرد بیرون هنگام عبور از فضای بین دو پنجره، گرمایی که به‌وسیله‌ی شیشه از داخل به بیرون هدایت می‌شود و نیز گرمای حاصل از تابش را دریافت کرده و به داخل اتاق باز می‌گرداند. به‌این‌ترتیب، هوای تازه‌ی در حال ورود به اتاق، ضمن جلوگیری از هدر رفت گرمای شیشه، خود نیز پیش گرم شده و از انرژی موردنیاز برای گرمایش این هوای تازه کاسته می‌شود. درنتیجه بار کل گرمایشی ساختمان کاهش می‌یابد. هوای تازه، زمانی از طریق این واحد پنجره‌ای وارد فضای اتاق می‌شود که منفذی برای خروج از اتاق (مکش طبیعی یا مکانیکی از داخل به خارج ساختمان) وجود داشته باشد، در تصویر ۳ سمت چپ این پنجره به تصویر کشیده شده است. (محمدی و حیدری، ۱۳۹۴).

نوعی دیگر از پنجره تنفسی در سمت راست تصویر ۳ نشان داده شده است که به لحاظ کلیت شبیه حالت توضیح داده شده است با این تفاوت که منفذ ورودی هوا در بالای پنجره‌ی بیرونی و منفذ دیگر در پایین پنجره‌ی واحد دوجداره‌ی داخلی وجود دارد. در این حالت تخلیه هوا از منفذ داخلی رخ داده و برخلاف حالت قبل که تهویه به‌وسیله ورود هوای خارجی انجام می‌شد، تهویه هوا با تعویض هوای داخلی انجام می‌شود.



تصویر ۳: شماتیک پنجره هوا جریان

۳-۲- تهویه در بیمارستان

تهویه‌ی مناسب می‌تواند خطر عفونت را از طریق رقیق‌سازی و حذف عوامل عفونی کاهش دهد. همچنین افزایش نرخ تهویه باعث کاهش غلظت تعداد ذرات عفونت‌ساز و گازهای مضر در اتاق می‌شود (Goudarzi, et al., 2016).این فرآیند می‌تواند شامل تهویه طبیعی، تهویه مکانیکی و یا کاربرد توأمان آن‌ها باشد (Gao, 2011).بنابراین در بعضی از مراکز که منابع تهویه محدود می‌باشند، از گزینه‌ی تهویه طبیعی با بازنمودن پنجره‌ها به‌منظور کنترل عفونت‌های بیمارستانی استفاده می‌شود (سرمدی و غیره، ۱۳۹۵). طراحی یک سیستم تهویه طبیعی می‌تواند سه هدف عمده داشته باشد: تأمین آسایش حرارتی، کنترل عفونت موجود در هوا یا کیفیت هوای داخل ساختمان و یا به‌منظور صرفه‌جویی انرژی (Soleimani, et al., 2013). درواقع می‌توان این‌گونه بیان نمود که تهویه طبیعی، روش بسیار مفیدی در کنترل و مبارزه با انتقال بیماری‌ها در مراکـز بهداشتی درمانی است (سرمدی و غیره، ۱۳۹۵). در مطالعه‌ای که اخیراً بر روی نرخ تغییرات هوای تازه‌ی قابل حصول به‌وسیله ابزار طبیعی در مراکز بهداشتی درمانی انجام گرفته است، مشخص شده است که باز کردن درها و پنجره‌ها می‌تواند بین ۲۸ تا ۴۰ بار تغییر هوا در ساعت را برای اتاق میسر نماید که این امر در کاهش شدید ذرات عفونی معلق در هوا نقش بسزایی دارد(Fernstrom & Goldblatt, 2013) .

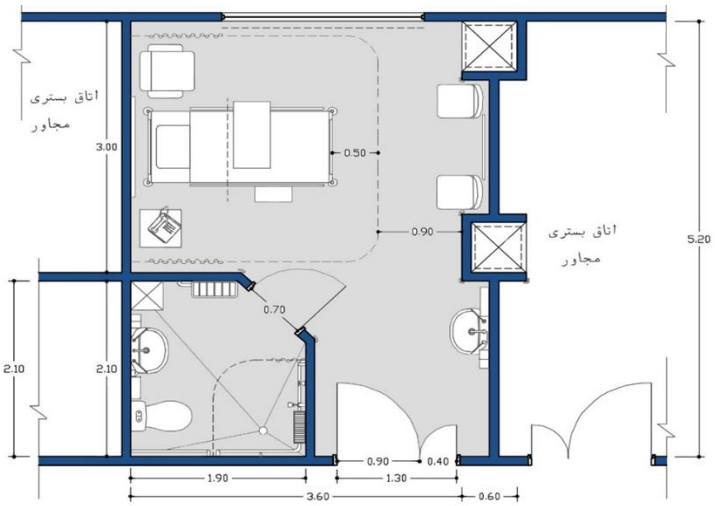
لذا با توجه به‌تمامی مباحث مطرح‌شده مشخص است که بهبود تهویه در مراکز درمـانی به‌منظور جلوگیری از انتقال عفونت‌های هوابرد نه‌تنها لازم است بلکه به‌شدت نیز مورد تأکید است.

۳- مواد و روش‌ها

این تحقیق به لحاظ راهبردی کمی بوده و با توجه به هدفی که دنبال می‌کند کاربردی است؛ و روش انجام آن ازلحاظ ماهیت به‌صورت همبستگی–شبیه سازی است. به همین منظور، فرآیند تحقیق در سامانه‌ای کمی و متکی بر یافتن رابطه و همبستگی بین متغیرها با راهبرد شبیه‌سازی صورت گرفته است. متغیرهای تأثیرگذاری مانند جهت قرارگیری پنجره، جنس و ابعاد شیشه‌ها، تعداد شیشه‌ها، فاصله‌ی بین دوپوسته‌ی ساختمان موردبررسی قرار گرفته‌اند. ابتدا حالات گوناگون جداره‌های نمای دوپوسته موردمطالعه، بررسی و ارزیابی قرارگرفته و سپس با توجه به نوع عملکرد فضای موردنظر که بیمارستان و دارای محدودیت‌های جریان هوایی در بخش‌های خاص است، نوع خاص نمای دوپوسته بر سیستم جعبه‌ای متمرکز گردید، چراکه در بخش‌های مختلف بیمارستانی به لحاظ بحث کنترل عفونت و عدم انتقال آلودگی از بخشی به بخش دیگر مهم است که نوعی از نما انتخاب گردد که فاقد یکپارچگی بوده و امکان کنترل ورود و خروج هوا را برای هر بخش به‌صورت مجزا فراهم کند. درنهایت پس از جمع‌آوری و طبقه‌بندی اطلاعات در راستای هدف اصلی پژوهش که برقراری تهویه حداکثری در نمای دوپوسته‌ی ساختمان بود و در راستای اثبات فرضیات طرح، به‌منظور یافتن جداره‌ی بهینه برای ارتقاء تهویه طبیعی فضاهای داخلی ۴ حالت مورد شبیه‌سازی قرار گرفت.

در این راستا ابتدا با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر (ورژن ۷,۰۸۲)، به دلیل تخصصی بودن این نرم‌افزار در زمینه شبیه‌سازی انرژی و توانایی محاسبه بار سرمایش و گرمایش، میزان تهویه طبیعی و محاسبه دقیق میزان مصرف انرژی ساختمان شبیه‌سازی انجام شد و سپس به‌منظور بررسی نحوه گردش هوا در نمای دوپوسته از تحلیل سی‌اف‌دی[۲] در این نرم‌افزار استفاده گردیده است.

به‌طورکلی رابطه حرکت خورشید را با جهت جنوبی بنا می‌توان به‌طور کامل کنترل کرد؛ چراکه جبهه جنوبی ساختمان بیشترین دریافت تابش خورشید را در طول روز دارد، درصورتی‌که در سایر جهات چنین امکانی وجود ندارد. به همین دلیل در پژوهش حاضر مدل‌سازی انجام‌شده بر روی جبهه جنوبی ساختمان اتفاق افتاده است. با پیاده‌سازی الگوهای طراحی‌شده بر روی نمای جنوبی یک اتاقک فرضی به بررسی تأثیر جنس شیشه و تعداد جداره‌های داخلی و خارجی نمای دوپوسته بر عملکرد حرارتی آن در اقلیم تهران پرداخته شده است. این اتاق یک اتاق استاندارد بر اساس ضوابط مطرح‌شده در جلد دهم از کتاب استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن است و با توجه به اینکه بیمارستان‌ها برای ساخت ملزم به رعایت این قوانین می‌باشند می‌توان این‌گونه استنتاج نمود که اتاقک انتخاب‌شده بیشترین تطبیق را با نمونه‌های موجود داشته و نتایج این پژوهش قابلیت تعمیم خواهد داشت. این اتاقک قسمتی از پلان اصلی است که در تصویر ۴ با ابعاد و اندازه‌های استاندارد برای یک اتاق بستری یک‌تخته موردبررسی قرارگرفته و به همین دلیل تمام دیوارهای خارجی آن به‌جز دیوار جنوب، بدون انتقال حرارت در نظر گرفته شده است. پنجره تنفسی دو لایه طراحی‌شده در دیوار عمودی جنوبی این اتاقک در یک بیمارستان با ابعاد استاندارد در مرکز تهران نصب خواهد شد تا عملکرد سالانه آن در شرایط آب و هوایی مختلف آزمایش شود. به لحاظ موقعیت قرارگیری، این پنجره در موقعیت مکانی بیمارستان مهدی کلینیک واقع در شمال میدان توحید ابتدای خیابان باقرخان شرقی موردبررسی قرارگرفته است، چراکه این بیمارستان دارای تکنولوژی نمای دوپوسته است و نتایج این مدل‌سازی در مراحل بعدی پژوهش امکان صحت سنجی در این موقعیت مکانی را خواهد داشت. در این مقاله سعی شده است با تکیه‌بر شبیه‌سازی پنجره تنفسی یکپارچه در حالت‌های مختلف قرارگیری شیشه‌ی دوجداره به طراحی‌ای مطلوب به لحاظ ایجاد حداکثری تهویه دست‌یافت.



تصویر ۴: پلان اتاق بستری یک‌تختی (ابعاد مفید اتاق: طول ۵,۲۰، عرض ۳,۹۰، ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر) (وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۸۹)

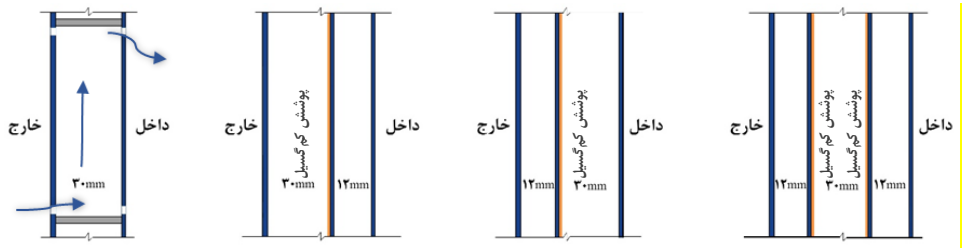
به این منظور بر اساس نتایج تحقیق محمدی و حیدری (محمدی و حیدری، ۱۳۹۴)، بهینه‌ترین حالت قرارگیری پوشش کم گسیل بر روی نما به‌عنوان مدل پایه در نظر گرفته شده است و با تغییر در محل قرارگیری پنجره دوجداره و بررسی وجود و عدم وجود پنجره‌ی دوجداره در نمای دوپوسته به بررسی الگوی بهینه برای این نمای تنفسی پرداخته شده است.

لازم به ذکر است که با توجه به جلد دهم کتاب استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن، تعداد و مساحت پنجره‌ها در طراحی بناهای درمانی بسیار اهمیت دارد. به‌طوری‌که تعداد و مساحت کم آن امکان تأمین نور طبیعی، تهویه طبیعی، دید و منظر را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر تعداد زیاد پنجره سبب اتلاف انرژی، ورود بیش‌ازحد نور به داخل فضا، عدم امکان ایجاد فضاهایی متناسب با تجهیزات موردنیاز می‌شود؛ بنابراین تعداد و مساحت پنجره باید با فضای موردنظر متناسب باشد. بر این اساس، توصیه می‌شود در اقلیم‌های گرم و مرطوب، گرم و خشک و همچنین سرد، ابعاد پنجره‌ها از ۲۰ درصد سطح دیواری که دارای پنجره است تجاوز نکند، حداقل ارتفاع لبه پایین پنجره تا کف تمام‌شده ۰/۹

متر باشد. درصورتی‌که این ارتفاع کمتر در نظر گرفته شود، نرده‌ی جان‌پناه لازم است. البته بهتر است این ارتفاع ۱/۲ متر پیش‌بینی شود (وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۹۲). در این پژوهش با توجه به ضوابط ذکرشده و با توجه به ابعاد اتاق در تصویر ۴، دیواری که پنجره بر روی آن قرارگرفته است دارای مساحت ۱۱,۷ مترمربع است، بنابراین مساحت پنجره موردنظر به‌اندازه ۲,۱۰ مترمربع در نظر گرفته‌شده که کمتر از ۲۰ درصد سطح دیوار است که اصول مطرح‌شده در آن کاملاً رعایت شده است. به این منظور چهار حالت در جدول ۲ و در شکل ۵ باهم مقایسه و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

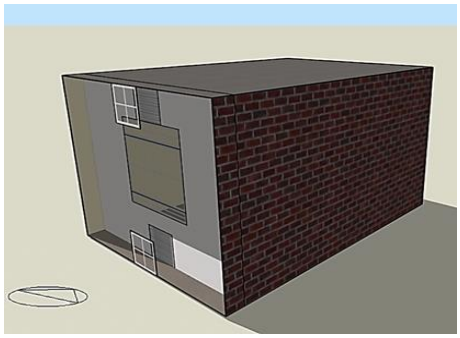
جدول ۲: مشخصات پنجره تنفسی در حالات مختلف/ ابعاد پنجره: ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر، عرض ۱۴۰ سانتی‌متر/ فاصله پنجره از کف: ۱,۲۰ سانتی‌متر

ساختار پنجره	حالت شماره ۱ (حالت پایه)	حالت شماره ۲	حالت شماره ۳	حالت شماره ۴
محل قرارگیری پنجره دوجداره	–	داخل	خارج	داخل و خارج
جنس شیشه ۱	شفاف، ۶ میلی‌متر	شفاف، ۶ میلی‌متر	شفاف، ۶ میلی‌متر	شفاف، ۶ میلی‌متر
جنس شیشه ۲	–	–	کم گسیل، ۴ میلی‌متر	کم گسیل، ۴ میلی‌متر
جنس شیشه ۳	–	کم گسیل، ۴ میلی‌متر	–	کم گسیل، ۴ میلی‌متر
جنس شیشه ۴	شفاف، ۴ میلی‌متر	شفاف، ۴ میلی‌متر	شفاف، ۴ میلی‌متر	شفاف، ۴ میلی‌متر
محل قرارگیری پوشش کم گسیل	–	لایه خارجی قسمت داخلی	لایه داخلی قسمت خارجی	لایه خارجی قسمت داخلی/ لایه داخلی قسمت خارجی
عمق فضای تهویه شونده	۳۰ میلی‌متر	۳۰ میلی‌متر	۳۰ میلی‌متر	۳۰ میلی‌متر
فاصله‌ی بین دوجداره	۱۲ میلی‌متر	۱۲ میلی‌متر	۱۲ میلی‌متر	۱۲ میلی‌متر



تصویر ۵: حالت شماره ۱: نمای تنفسی دولایه بدون پنجره دوجداره/ حالات ۲،۳،۴: قرارگیری پنجره دوجداره در نمای تنفسی (عرض و ارتفاع بازشوها: ۶۰ سانتی‌متر).

در این طرح (تصویر ۶) دریچه‌های ورود و خروج هوا بر روی لایه‌ی بیرونی به ابعاد ۶۰*۶۰ سانتی‌متر برای تهویه هوای داخل نمای دوپوسته در تابستان در نظر گرفته‌شده و همچنین دریچه‌های ورود و خروج هوا بر روی دیوار داخلی به ابعاد ۶۰*۶۰ سانتی‌متر برای برقراری تهویه در زمستان طراحی شده است. در تابستان سایبان شیشه نمای دوپوسته فعال می‌گردد تا از گرمایش بیش‌ازحد جلوگیری نماید.



تصویر ۶: شماتیک اتاق

۴- نتایج و بحث

روند کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها نباید به هر قیمتی همچون از دست‌دادن کیفیت هوای خوب در داخل ساختمان به دست آید. هوابندی کامل عناصر مختلف ساختمانی به بهانه‌ی کاهش انتقال حرارت عاقلانه نبوده و لازم است تلاش‌ها به سمت کنترل جریان هوا سوق داده شود و نه حذف آن. برای ادامه‌ی صحیح این روند، نیازمند نوآوری هستیم.

در این پژوهش، اتلاف حرارت از سطوح نما و لزوم بهره‌گیری از تکنولوژی جدید برای بهره‌گیری مطلوب از نمای ساختمان به جهت تهویه‌ی هرچه بهتر به‌عنوان دو چالش اصلی معرفی و استفاده از پنجره‌ی تنفسی به‌عنوان راه‌حلی مناسب در کاهش مصرف انرژی ساختمان معرفی گردید.

با توجه به شبیه‌سازی حالت‌های گفته‌شده، نتایج بار ماهانه سرمایش و گرمایش در جداول ۳ تا ۶ برای هر حالت قرارگرفته است. حالتی بهینه خواهد بود که کمترین نیاز سرمایش و گرمایش را داشته باشد.

جدول ۳: نتایج حالت ۱

ماه‌های سال	بار گرمایش kWh	بار سرمایش kWh	بار کل kWh
Jan	۹۸	۰	۹۸
Feb	۴۳	۰	۴۳
Mar	۴	۰	۴
Apr	۰	۰	۰
May	۰	۲۲۸	۲۲۸
Jun	۰	۴۰۹	۴۰۹
Jul	۰	۴۶۳	۴۶۳
Aug	۰	۵۰۴	۵۰۴
Sep	۰	۳۹۸	۳۹۸
Oct	۰	۰	۰
Nov	۱	۰	۱
Dec	۶۸	۰	۶۸
Annual	۲۱۴	۲۰۰۳	۲۲۱۷

جدول ۴: نتایج حالت ۲

ماه‌های سال	بار گرمایش kWh	بار سرمایش kWh	بار کل kWh
Jan	۹۱	۰	۹۱
Feb	۳۹	۰	۳۹
Mar	۳	۰	۳
Apr	۰	۰	۰
May	۰	۲۲۲	۲۲۲
Jun	۰	۳۹۶	۳۹۶
Jul	۰	۴۴۷	۴۴۷
Aug	۰	۴۸۷	۴۸۷
Sep	۰	۳۸۴	۳۸۴
Oct	۰	۰	۰
Nov	۱	۰	۱
Dec	۶۲	۰	۶۲
Annual	۱۹۷	۱۹۳۵	۲۱۳۲

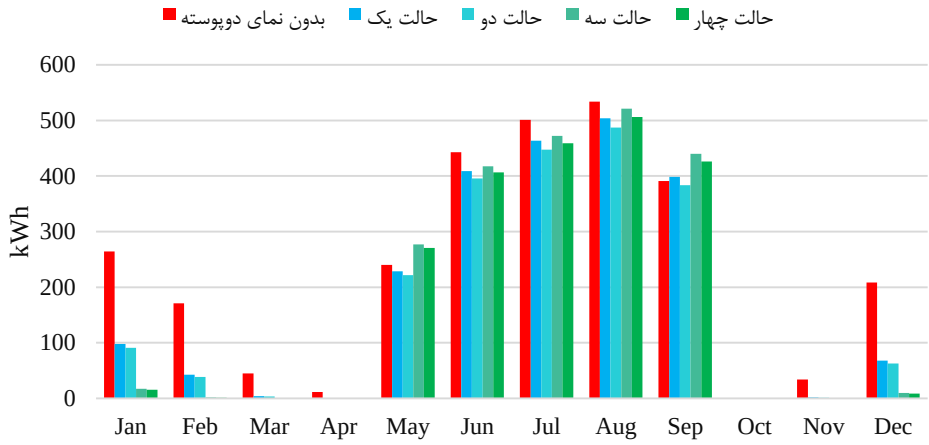
جدول ۵: نتایج حالت ۳

ماه‌های سال	بار گرمایش kWh	بار سرمایش kWh	بار کل kWh
Jan	۱۷	۰	۱۷
Feb	۲	۰	۲
Mar	۰	۰	۰
Apr	۰	۰	۰
May	۰	۲۷۷	۲۷۷
Jun	۰	۴۱۸	۴۱۸
Jul	۰	۴۷۲	۴۷۲
Aug	۰	۵۲۱	۵۲۱
Sep	۰	۴۴۰	۴۴۰
Oct	۰	۰	۰
Nov	۰	۰	۰
Dec	۱۰	۰	۱۰
Annual	۲۸	۲۱۲۷	۲۱۵۶

جدول ۶: نتایج حالت ۴

ماه‌های سال	بار گرمایش kWh	بار سرمایش kWh	بار کل kWh
Jan	۱۶	۰	۱۶
Feb	۱	۰	۱
Mar	۰	۰	۰
Apr	۰	۰	۰
May	۰	۲۷۱	۲۷۱
Jun	۰	۴۰۶	۴۰۶
Jul	۰	۴۵۹	۴۵۹
Aug	۰	۵۰۶	۵۰۶
Sep	۰	۴۲۶	۴۲۶
Oct	۰	۰	۰
Nov	۰	۰	۰
Dec	۹	۰	۹
Annual	۲۵	۲۰۶۸	۲۰۹۴

بررسی‌ها نشان دادند که در نمای با تهویه طبیعی و درصورتی‌که هر دو جبهه‌ی داخل و خارج (حالت شماره ۴ که در متن مقاله توضیح داده شد) دارای پنجره‌ی دوجداره باشند، باعث تأمین هوای موردنیاز ساختمان می‌شود و بهترین عملکرد حرارتی خود را بروز خواهد داد، چراکه مقایسه مجموع بار سرمایش و گرمایش برای حالت‌های مختلف مطابق تصویر ۷ و جدول ۷ نشان‌دهنده‌ی آن است که حالت ۴ بهترین عملکرد را به دلیل به دام انداختن تابش خورشیدی داراست چراکه دارای مجموع کمترین نیاز به سرمایش و گرمایش و درنتیجه کاهش مصرف انرژی در بخش تهویه در داخل نمای دوپوسته داشته است.



تصویر ۷: مجموع بار سرمایش و گرمایش حالت‌های مختلف

جدول ۷: خلاصه نتایج جداول ۳ تا ۶

حالت	بار گرمایش kWh	بار سرمایش kWh	بار کل kWh	درصد تغییرات بار گرمایش	درصد تغییرات بار سرمایش	درصد تغییرات بار کل
حالت پایه	۷۳۴	۲۱۰۸	۲۸۴۳	–	–	–
حالت یک	۲۱۴	۲۰۰۳	۲۲۱۷	٪۷۰,۹	٪۵,۰	٪۲۲,۰
حالت دو	۱۹۷	۱۹۳۵	۲۱۳۲	٪۷۳,۲	٪۸,۲	٪۲۵,۰
حالت سه	۲۸	۲۱۲۷	۲۱۵۶	٪۹۶,۱	٪۰,۹-	٪۲۴,۲
حالت چهار	۲۵	۲۰۶۸	۲۰۹۴	٪۹۶,۵	٪۱,۹	٪۲۶,۴

۶- نتیجه‌گیری

کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها، نباید به هر طریقی همچون کاهش کیفیت هوا در فضاهای داخلی به دست آید، به‌خصوص در کاربری‌هایی همچون فضاهای درمانی که افراد استفاده‌کننده از آن نیازمند بهره‌گیری از هوای مطلوب داخلی به لحاظ کنترل عفونت هستند. هوابندی کامل عناصر ساختمانی به‌منظور کاهش انتقال حرارت عاقلانه نبوده و لازم است.

تلاش‌ها در این زمینه به سمت کنترل جریان هوا سوق داده شود و نه حذف آن. برای ادامه‌ی صحیح این روند، نیازمند نوآوری‌هایی در این زمینه هستیم. در این مقاله، "لزوم کنترل تعویض هوا در ساختمان‌های درمانی" و "لزوم ایجاد تهویه طبیعی در این ساختمان‌ها" به‌عنوان دو چالش اصلی معرفی و استفاده از پنجره‌ی تنفسی به‌عنوان راه‌حلی مناسب در افزایش ایجاد تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی معرفی گردید. پس‌ازآن به بررسی حالات مختلف این پنجره پرداخته شد تا با استفاده از آن به ساختاری بهینه برای این نوع پنجره در اقلیم شهر تهران دست یافت. بررسی‌ها نشان داد درصورتی‌که پنجره‌های داخلی و خارجی هردو دوجداره بوده و به سمت حفره دارای پوشش کم گسیل باشند (حالت ۴)، بهترین شرایط دمایی و آسایشی را تأمین کرده و درنهایت با کمترین میزان مصرف انرژی، بهترین عملکرد را خواهد داشت. حرارت دریافتی در زون نمای دوپوسته به شرح جدول ۸ است:

جدول ۸: حرارت دریافتی در زون نمای دوپوسته

حالت	دریافت گرما از شیشه در فصول گرم kWh	دریافت گرما از شیشه در فصول سرد kWh	انتقال حرارت با تهویه داخلی به سمت اتاق kWh	میانگین تعداد تعویض هوا در تابستان ACH	تهویه در نمای دوپوسته در تابستان ** kWh	تابش دریافتی kWh
حالت یک	۲۹۵	-۳۴۱*	۴۰	۶۰	۳۲۵	۱۰۲۰
حالت دو	۳۳۳	-۳۲۶*	۵۱	۶۱	۳۳۰	۱۰۲۰
حالت سه	۵۷۴	۴۶۲	۴۱۸	۶۰	۳۵۹	۶۳۷
حالت چهار	۶۳۹	۵۳۱	۴۶۷	۶۱	۳۶۹	۶۳۷
توضیحات	هرچه اعداد کمتر باشد مطلوب‌تر	هرچه عدد بیشتر باشد مطلوب‌تر	هرچه عدد بیشتر باشد مطلوب‌تر	هرچه عدد بیشتر باشد مطلوب‌تر	هرچه عدد بیشتر باشد مطلوب‌تر	هرچه اعداد کمتر باشد مطلوب‌تر
بهینه‌ترین حالت	۱	۴	۴	۲ و ۴	۴	۲ و ۴

* علامت منفی به معنای انتقال حرارت از داخل نما به بیرون است.

** در حالتی که ورودی هوا در قسمت پایین جداره بیرونی و خروجی هوا در قسمت بالایی جدار بیرونی باشد.

با توجه به توضیحات بیان‌شده حالت ۴ بهینه‌ترین حالت را نسبت به سایر حالات به لحاظ تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی دارا است، به‌طوری‌که با بهره‌گیری از این پنجره، تهویه در نما نسبت به حالت ۱ به میزان ۱۴ درصد بیشتر اتفاق می‌افتد؛ و همچنین نسبت به حالت پایه (فاقد نمای دوپوسته) صرفه‌جویی در مصرف انرژی به میزان ۲۶٫۴ درصد بیشتر خواهد بود.

جهت ادامه‌ی مطالعات در این زمینه پیشنهاد می‌شود موارد زیر موردتوجه قرار گیرند:

۱. با توجه به اینکه قابلیت این پنجره در تأمین هوای تازه برای بیمارستان‌ها منوط به بهره‌گیری از شرایط خاص است، لازم است امکان‌سنجی استفاده از آن در بخش‌هایی از بیمارستان که قابلیت بهره‌گیری از تهویه طبیعی را به لحاظ کنترل عفونت دارند با پارامترهای مختلف انجام‌گرفته و با در نظر گرفتن حداکثر مساحت لازم برای پنجره در هر فضای بیمارستانی، ابعاد مناسب برای طراحی این پنجره در قسمت‌های مختلف بیمارستان با در نظر گرفتن توجیه اقتصادی بررسی گردد.

۲. با توجه به اقلیم شهر تهران و قوانین موجود مبنی بر عدم استفاده‌ی بیش‌ازحد از شیشه در ساختمان‌های این اقلیم، لازم است برای عملکرد تابستانی این پنجره در مواقع گرم سال بررسی انجام پذیرد. تعبیه سایبان در فضای واسط سبب بهبود عملکرد حرارتی پنجره شده و نیز به‌واسطه‌ی آن می‌توان ورود و خروج نور را در فضاهایی از بیمارستان در زمان‌های خاص کنترل کرد. آنچه مسلم است اثربخش بودن این حالت در کاهش انتقال حرارت ناشی از تابش خورشید در روزهای گرم سال است. بااین‌وجود میزان اثربخشی آن در اقلیم تهران نیازمند بررسی است تا میزان سودمندی نهایی آن مشخص شود.

پی‌نوشت‌ها

[1] Breathing window
[2] Computational Fluid Dynamics (CFD)

منابع

- Jankovic, A., & Goia , F. (2021). Impact of double skin facade constructional features on heat transfer and fluid dynamic behaviour. Department of Architecture and Technology, Norwegian University of Science and Technology, NTNU, Trondheim, Norway.

- Ahmadi, J., Mahdavinejad, M., Kalyanova Larsen, O., Zhang, c., & Asadi, S. (2022). Naturally ventilated folded double-skin façade (DSF) for PV integration - Geometry evaluation via thermal performance investigation. Thermal Science and Engineering Progress.
- Azarbayjani, M. (2010). Energy Performance of a new, naturally ventilated double-skin facade configuration for a high-rise office building in Chicago [Dissertation]. Illinois: University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Fernstrom, A., & Goldblatt, M. (2013). Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. Journal of pathogens.
- Gao, C. (2011). The study of natural ventilation in esidential buildings. The Hong Kong Polytechnic University.
- Goudarzi, G., Geravandi, S., Idani, E., Hosseini, S., Baneshi, M., & Yari, A. (2016). An evaluation of hospital admission respiratory disease attributed to sulfur dioxide ambient concentration in Ahvaz from 2011 through 2013. Environmental Science and Pollution Research.
- Hashemi, N., Fayaz, R., & Sarshar, M. (2010). Termal behavior of a ventilated double skin facade in hot arid climate. Energy Build, 42(10), 1823-32.
- Jain, N. (2016). Thermal Performance of Air Flow Windows via CFD Simulation. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 5, Issue 7.
- Lelieveld, J., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Haines, A., & Münzel, T. (2020). Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors, a worldwide perspective, Cardiovascular Research. 116(11), 1910-17.
- Mannan, M., & Al Ghamdi, S. (2021). Indoor air quality in buildings: a comprehensive review on the factors influencing air pollution in residential and commercial structure. International Journal of Environmental Research and Public Health., 18(6), 3276.
- Poiarzis, H. (2012). Double Skin Facades for Office buildings. Kund University, Report No EBD-R2012.
- Prajongsan, p., & Sharples, S. (2011). Enhancing natural ventilation, thermal comfort and energy savings in high-rise residential buildings in Bangkok through the use of ventilation shafts.
- Rahaei, O. (1395). Natural Ventilation: Analysis of Indoor Airflow in an Assumed Cubic Building with Opposite Openings by CFD Investigations. معماری و شهرسازی آرمانشهر، 9(16), 39-57.
- Sadineni, B., Madala, R., & Suresh, S. (2011). Passive building energy savings, A review of building envelope components. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 3617-3631.
- Shameri, A., Alghoul, M., Sopian, K., & Zain, M. (2011). ElayebPerspectives of double skin facade systems in buildings and energy saving Renewable & Sustainable Energy Reviews. 15(3), 1468-1475.
- Siyamand Naddaf, M., & Baper, S. (2023). The role of double-skin facade configurations in optimizing building energy performance in Erbil city. Scientific Reports.
- Soleimani, Z., Goudarzi, G., Naddafi, K., Sadeghinejad, B., Latifi, S., & Parhizgari, N. (2013). Determination of culturable indoor airborne fungi during normal and dust event days in Ahvaz, Iran. Aerobiologia, 279-90.
- Sorooshnia, E., Rashidi, M., & Rahnamayiezekavat, P. (2022). Optimizing Window Configuration Counterbalancing Energy Saving and Indoor Visual Comfort for Sydney Dwellings. Buildings 12, 1823.
- Sultan Qurraie, B., & Havva, K. (2023). The Energy Performance of Shading Element and Double Skin Facade System Integration into Office Buildings in Turkey. JOURNAL OF MATERIALS AND ENGINEERING STRUCTURES, 293-309.

- Wang, Y., Chen, Y., & Li, C. (2020). The Energy Performance of Shading Element and Double Skin Facade System Integration into Office Buildings in Turkey. Sustainable Cities and Society.

- بای, م. (۱۳۹۷). ارائه الگوی بهینه نمای دو پوسته با رویکرد کاهش مصرف انرژی ساختمان ، نمونه موردی طراحی نمای دو پوسته مجتمع مسکونی در شهر مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی اقبال لاهوری.

- توکلی, آ., توکلی, آ., و محمدی, م. (۱۴۰۰). مقاله پژوهشی بررسی غلظت آلاینده‌های هوا و پارامترهای محیطی در شرایط عادی و هم‌زمان با پاندمی کرونا، یک مطالعه موردی در بیمارستان. مجله سلامت و محیط‌زیست، فصلنامه علمی و پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران, دوره چهاردهم، شماره سوم, ۵۱۷-۵۳۳.

- دفتر امور مقررات ملّی ساختمان .(1399) .مبحث۱۹ صرفه‌جویی در مصرف انرژی .تهران: نشر توسعه ایران.

- رهایی, ا. (۱۳۹۳). بررسی فرایند جریان هوای داخل و مدل‌های تحلیلی آن در سوله‌های صنعتی کوچک با روش CFD . مجله معماری و شهرسازی پایدار, ۲(۲), ۵۵-۶۳.

- سرمدی, م., یغمائیان, ک., نبی زاده, ر., ندافی, ک., سعیدی, ر., و یوسف‌زاده, س. (۱۳۹۵). بررسی پتانسیل تهویه طبیعی بخش‌های مختلف بیمارستانی در بیمارستان‌های تابعه. دوماهنامه سلامت کار ایران, دوره۱۴، شماره۱۴.

- محمدی, م., و حیدری, ش. (۱۳۹۴). پنجره‌ی هوا جریان عنصری کارآمد در کاهش مصرف انرژی ساختمان در شهر تهران. نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی, ۲۰(۲), ۱۳-۲۲.

- وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی. (۱۳۸۹). استاندارد طراحی و برنامه‌ریزی بیمارستان ایمن- جلد اول- بخش بستری. پندار نیک.

- وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی .(1392) .استاندارد طراحی و برنامه‌ریزی بیمارستان ایمن- جلد دهم- الزامات عمومی.

- هود, س. د., محمودی زرندی, م., و کامیابی, س. (۱۳۹۷). استقراریابی بهینه سایبان‌های نماهای دوپوسته باهدف دستیابی به آسایش حرارتی در اقلیم گرم. فصلنامه علمی- پژوهشی نقش‌جهان, ۸-۳(۲۵۳۸-۲۵۹۴), ۱۷۱-۱۷۷.

Journal of Architecture in hot and dry climate

11th Year – No. 18- Fall and Winter 2024. PP: 149-163

Original Research Article

Investigating the effect of a breathing window on the ventilation system in medical buildings with double-skin facades in Tehran

Nazanin Rahimi[1], Mahnaz Mahmoodi Zarandi[1*], Fatemeh Mehdizadeh Saradj[2], Marzieh Hoomanirad[1]

1- Department of Architecture, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

10.22034/AHDC.2024.21079.1778

Received: January 9, 2024
Accepted: June 22, 2024

Abstract

In response to the global energy crisis, there has been a growing emphasis on optimizing energy consumption in buildings, especially their external facades. This trend has posed new challenges to professionals in the building industry, whose concern is indoor air quality and effective ventilation. To address these challenges, the concept of breathing windows has emerged as an innovative solution, especially when combined with the use of glass surfaces in buildings. Breathing windows offer the possibility of reducing energy consumption and providing natural ventilation in spaces. This study aims to introduce and examine the potential of breathing windows in reducing energy consumption and providing natural ventilation in double-skin facades. To achieve this objective, a descriptive-analytical method was used. Computer simulations were also conducted using the Design Builder software, and numerical calculations were performed to evaluate the effectiveness of breathing windows to maximize ventilation. The research focused on answering the question 'How does the implementation of breathing windows affect ventilation in double-skin facades?'. The research findings indicate that the use of breathing windows featuring double glazing on both the inner and outer layers, offers significant benefits compared to the baseline case without double glazing. When combined with facade ventilation utilizing outside air, breathing windows resulted in a remarkable 26.4% improvement in the efficiency of double-skin facades. This improvement primarily reduced energy consumption and enhanced ventilation performance in the double-skin facade system. In conclusion, breathing windows are greatly promising for optimizing energy consumption and providing natural ventilation in double-skin facades. The implementation of breathing windows, equipped with double glazing on both the inner and outer layers, in conjunction with facade ventilation utilizing outside air provides substantial potential for energy reduction and improved ventilation performance. Further exploration and adoption of breathing windows can lead to more sustainable and comfortable building environments.

Keywords: Breathing windows, Double-skin facades, Natural ventilation, Indoor air quality improvement, Energy consumption reduction

E-ISSN: 2645-372X /© 2023. Published by Yazd University This is an open access article under the CC BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

* **Corresponding author:** Mahnaz Mahmoodi Zarandi E-mail: m_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir