دوفصل‌نامه علمی معماری و شهرسازی
۱۴۰۲ ۳ ۱

موارد موثر بر طراحی بهینه جداره تصفیه‌کننده هوا به‌منظور تجهیز نماهای ساختمان‌های موجود در مراکز شهری با ضریب آلودگی هوای بالا (نمونه موردی بیمارستان پارس در منطقه ۶ تهران)

احسان نجف‌زاده[۱]، فاطمه امیریان[۲]*، امین‌اله احدی[۳]

[۱] کارشناسی ارشد، گروه معماری، واحد پرند و رباط کریم، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
[۲] استادیار، گروه معماری، واحد پرند و رباط کریم، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران، نویسنده مسئول.
[۳] استادیار، گروه معماری، واحد پرند و رباط کریم، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷

چکیده

این پژوهش در پی شناخت راهبرد های طراحی نمای تصفیه کننده هوا به عنوان نمایی ثانویه برای بیمارستان پنج‌طبقه پارس است. هدف اصلی این پژوهش، تجهیز نمای ابنیه موجود در مناطق شهر با درصد بالای آلودگی هوا بوسیله نمای تصفیه‌کننده هوا به منظور افزایش طول عمر نمای ابنیه و بهبود سطح سلامت شهروندان است. جهت انتخاب نمونه موردی سه عامل مورد توجه قرار گرفت. اول آنکه، براساس آمارهای ایستگاه‌های سنجش کنترل کیفیت هوا، منطقه شش تهران به عنوان یکی از مناطق آلوده شهر مورد انتخاب قرار گردید. این امر ریشه در موقعیت قرارگیری آن در ساختار شهر تهران، تمرکز مراکز اداری، آموزشی و تفریحی و همچنین حجم بالای تردد روزانه در آن دارد. سپس، تمرکز این پژوهش بر بیمارستان‌های واقع در این منطقه و به طور خاص در امتداد بلوار کشاورز قرار گرفت که پذیرای مراکز بیمارستانی متعددی است و از این نظر یکی از محورهای شکننده در مقابل آلودگی هوا می‌باشد. در نهایت از میان مراکز بیمارستانی فوق‌الذکر، بیمارستان پارس، به دلیل مراجعه افراد با پیش زمینه بیماری‌های تنفسی و اولویت نیاز آنان به هوای تازه به عنوان نمونه موردی انتخاب شد. روش تحقیق پژوهش حاضر، شبیه‌سازی بر مبنای دینامیک سیالات محاسباتی است که در آن با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس با واسط کاربری دیزاین بیلدر (v6.1.0.6) طی چندین مرحله شبیه‌سازی و تحلیل پارامترها، طرحی بهینه در راستای افزایش گردش جریان هوا برای نمای ثانویه بیمارستان پارس ارائه می‌شود. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که: ۱-فاصله بهینه نمای ثانویه به نسبت نمای اصلی ساختمان ۱۵۰ سانتیمتر است. ۲- فضای میانی جهت توزیع یکسان جریان هوا باید به وسیله طبقات از یکدیگر جدا شود.۳- حالت تهویه بهینه خارج به داخل است. ۴- نسبت مساحت بازشوهای ورود و خروج هوا به مساحت دیوار ۰/۰۷۵ است. ۵- فرم بهینه نمای پیشنهادی به صورت شیاردار در جهت موافق باد است.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، جریان هوا، بهینه یابی، نمای تصفیه‌کننده هوا، بیمارستان پارس.

* نویسنده مسئول: E-mail: fateme.amirian@gmail.com

مقدمه

در دنیای امروز، رسوب گرد و غبار هوای آلوده بر روی ساختمان‌ها یکی از عوامل کلیدی تخریب نماهای آن‌ها است(Kuzmichev & Loboyko, 2016,145). رسوب آلاینده‌ها بر روی سطوح بستگی به غلظت آلاینده‌های جوی و هم‌چنین آب و هوا از جمله ریز اقلیم در کنار یک سطح دارد(Norvaisiene et al, 2003,102). باد از متغیرهای مهم تاثیرگذار بر پراکنش آلودگی در فضای باز شهری است(Khodakarami et al, 2020,193). شکل ساختمان و اثر متقابل ساختار باد نقش مهمی در تمرکز و پراکندگی آلاینده‌ها در اطراف ساختمان ایفا کرده و بر کیفیت هوا در قسمت‌های مختلف ساختمان تأثیر می‌گذارد(Yu et al, 2020, 52). انسداد گردش هوا ناشی از مواجه‌ی باد با ساختمان‌های بلند در مناطق ساخته شده در شهرهای متراکم مشکلات مختلف مربوط به سلامتی و راحتی ایجاد می‌کند(Qureshi & Chan, 2015,46) . فرم ساختمان تأثیر قابل توجهی بر دریافت بادهای محلی و کاهش آلودگی هوا دارد(Sadat Sadrolgharavi & Mahdavinejad, 2018, 55).

غلظت آلاینده‌ها در اطراف ساختمان‌های بلند می‌تواند تحت تأثیر عوامل زیادی مانند اثرات باد، امواج و جریان هوا به دلیل انتقال آزاد حرارت، ارتفاع ساختمان و غیره باشد(Abbaspoor & Behjo, 2000, 11). در پژوهش پیش رو با توجه به افزایش آلودگی هوا که چالش های نگران کننده‌ای در حوزه بهداشت، بیماری‌ها و مشکلات تنفسی و ریوی، تخریب نمای ساختمان ها ایجاد می‌کند، ضرورت می‌آبد که از نمای ساختمان به عنوان عنصری استفاده شود که ضمن کاهش پیامدهای آلودگی هوا بر نمای ساختمان، تصفیه هوای پیرامونی خود را نیز بهبود بخشد. تحقق این امر از طریق ارائه راهکارهایی برای افزایش میزان گردش جریان هوا و کاهش غلظت آلاینده‌های هوا در اطراف نمای ساختمان ممکن خواهد بود. این موضوع در خصوص ساختمان‌های درمانی که در مناطق متراکم شهری با درصد بالای آلودگی هوا قرار دارند حائز اهمیت ویژه‌ای است و می‌تواند در بهبود شرایط محیطی بیماران اثر مثبت داشته باشد. از جمله آلوده‌ترین مناطق تهران براساس اطلاعات منتشر شده از ایستگاه های سنجش کنترل کیفیت هوا، منطقه شش تهران می‌باشد که اکثر کاربری های ادارای و درمانی، بیمارستان ها و افراد بیمار که جزو گروه‌های حساس پرخطر در مقابل آلودگی هوا هستند در این ناحیه قرار دارند، بنابراین سایت پیشنهادی ما در منطقه ۶ قرار خواهد داشت.

بدین منظور نمای ساختمان بیمارستان پارس تهران واقع در بلوار کشاورز تهران (منطقه شش تهران) به عنوان نمونه جهت طراحی نمای جداره تصفیه کننده هوا و تجهیز، مورد شبیه‌سازی و تحلیل قرار گرفت. هدف این پژوهش طراحی نمای ثانویه با عملکرد بهینه در تهویه، جهت افزایش بهره‌وری نمای دوجداره در برابر آلودگی هوا برای بیمارستان پارس (پنج طبقه) می‌باشد و فرض بر این است که نوع تهویه، میزان فاصله بین دوجداره و دمای ایجاد شده در مابین آن (جهت رشد گیاهان جاذب آلودگی هوا)، نوع هندسه فضای میانی، ابعاد بازشو ورود و خروج هوای جداره داخلی و خارجی، فرم سایه اندازها و جنس آن‌ها در افزایش بهره‌وری سیستم نمای جداره تصفیه کننده هوا اثرگذار بوده و با افزایش سرعت گردش جریان هوا و کاهش غلظت آلاینده‌های هوا همراه است. بدین منظور در روند شبیه‌سازی فرضیات ذکر شده مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

پیشینه پژوهش

پیشینه پژوهش حاکی از تلاش پژوهشگران در راستای طراحی نمای دو پوسته برای افزایش میزان جریان هوا و در مواردی کاهش تاثیر آلودگی هوا بر بنا و فضای داخلی آن بوده است. برای مثال، هی و همکاران در پژوهش خود تاثیر صفحات دی‌اکسید تیتانیوم به کار رفته در نمای دوپوسته، برای تجزیه آلاینده‌های هوا را با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که صفحات دی‌اکسید تیتانیوم طی فرآیند فتوکالیزوری، مواد آلاینده را در حضور تابش اشعه فرابنفش تجزیه و به کربن دی‌اکسید اکسید و بخار آب تبدیل می‌کند(He Li et al, 2020, 325). در پژوهشی دیگر، حیدری و مطلایی با استفاده از همین روش، به بررسی رفتار انتشار سیال آلوده در فضای اتاق و نیز بررسی وضعیت غلظت و انتشار آن توسط جعبه گیاه زبان مادرشوهر با شرایط مرزی پرداختند. نتایج حاکی از آن بوده که وضعیت باد در اتاق برای رقیق ساختن آلاینده‌ها مفید بود (Heidari & Motallaei, 2018, 2). توره و یوسیف در پژوهشی با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس با واسط کاربری دیزاین بیلدر به بررسی اثربخشی تهویه طبیعی از طریق دودکش در یک کارخانه از طریق شبیه‌سازی‌های مختلف به منظور دست‌یابی به حالت بهینه تهویه پرداختند(Torre & Yousif, 2014, 231). سیده دل افروز هود و همکاران با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری به بررسی میزان تاثیرگذاری نوع جریان هوا و هم‌چنین فاصله بهینه بین دو جداره، در اقلیم گرم و مرطوب ایران (جزیره کیش) پرداختند. نتایج نشان داد نوع تهویه داخل به خارج باعث بالا رفتن دما و رطوبت داخل دفاتر شده و آسایش حرارتی ساکنان و کاربران را با مشکل روبه‌رو می‌کند (Hood et al,2020, 110). جی و همکاران در پژوهشی با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی، به بررسی تهویه طبیعی با پرده های ونیزی در داخل حفره نمای دو پوسته پرداختند، شبیه‌سازی‌های انجام شده نشان داد که وجود پرده‌های ونیزی در داخل حفره می‌تواند جریان تهویه طبیعی در حفره نمای دوپوسته را افزایش دهد (Ji et al, 2008, 185). کشاورز و همکاران در پژوهشی با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی، به بررسی تهویه طبیعی در نمای دوپوسته راهرویی برای ساختمان اداری در شیراز پرداختند، با توجه به نتایج شبیه‌سازی طی چندین مرحله آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که با کم کردن طول راهرو به میزان مشخص می‌توان بر سرعت و توزیع جریان تأثیر مثبت گذاشت(keshavarz et al , 2017, 16). انصاری‌منش و نصراللهی در پژوهشی به تعیین محدوده مناسب دی-اکسیدکربن در جهت بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل ساختمان‌های اداری شهر کرمانشاه پرداختند. نتایج آن ها نشان داد تهویه مناسب یکی از عوامل مهم در ایجاد محیط با کیفیت داخلی می‌باشد (Ansarimanesh & Nasrollahi, 2018,12). آلبرتو و همکاران بر اساس شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس با واسط کاربری دیزاین بیلدر به بررسی عملکرد پارامتریک نمای دوپوسته در آب و هوای معتدل کشورها پرداختند، نتایج نشان داد که مهم‌ترین جنبه برای کارایی نمای دوپوسته نوع جریان هوا در نمای دوپوسته می‌باشد(Albertoa et al, 2017, 87). ماتور و همکاران با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی به بررسی اثرات تنظیمات بازشو در تهویه بادی نمای دوپوسته با دهانه‌ی عمودی پرداختند، نتایج نشان داد بهره‌گیری از دریچه تهویه بر روی پوسته خارجی می‌تواند کارایی سیستم نمای دو جداره را در طیف وسیع‌تری از جهت باد و اندازه حفره افزایش دهد(Matour et al, 2021,7). شرستا و همکاران در پژوهشی با روشی مشابه پراکندگی آلاینده‌های هوایی در مناطق مختلف داخل ساختمان با تهویه مکانیکی را بررسی کردند و نشان دادند که استفاده از پاک-

کننده‌های هوای قابل حمل، فیلترهای هوا و ضدعفونی با اشعه ماورا بنفش راه‌کاری موثر برای جلوگیری از آلودگی به داخل ساختمان می‌باشد(Shrestha et al, December 2021). زهو و همکاران نیز با استفاده از شبیه سازی و آزمایش به طراحی بهینه محیط داخلی و تجزیه خوشه‌ای پرداختند، نتایج نشان دادند؛ کیفیت محیط داخلی مطلوب با بهینه‌سازی بیشتر شکل ورودی و پارامترهای ورودی هوا حفظ می‌شود(Zhao et al, 2018,5). شرستا و همکاران براساس یک روش شبیه سازی عددی به بررسی غلظت کربن دی اکسید براساس بررسی میدانی و شبیه-سازی در ساختمان‌های مدارس نپال با تهویه طبیعی در تابستان پرداختند، نتایج نشان دادند که تهویه طبیعی برای تامین کیفیت هوای داخلی و راحتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که با عملکرد تحصیلی دانش آموزان ارتباط دارد(Shrestha et al, 2021,225). باستان فرد و همکارانش در پژوهشی به کنترل آلودگی هوا توسط پوسته‌های زیست مبنا پرداختند(Bastanfard,218, 26). با وجود پژوهش‌های انجام گرفته، خصوصیات هندسی مناسب نمایی که با اهداف این پژوهش هماهنگ باشد، به صورت جامع ارائه نشده است و در این زمینه خلا وجود دارد. در پژوهش حاضر تلاش شده که با تلفیق و یکپارچه‌سازی نمای زیست مبنا و دوپوسته، خصوصیات هندسی نما به گونه‌ای تنظیم گردد که ضمن تاکید بر اهمیت گردش جریان هوا در نمای دوپوسته و افزایش بهره‌وری آن در برابر آلودگی هوا براساس متغیرهای طراحی، شرایط برای رشد گیاهان جاذب آلودگی هوا در فضای میانی نمای دوپوسته در فصل زمستان نیز فراهم شود.

مبانی نظری

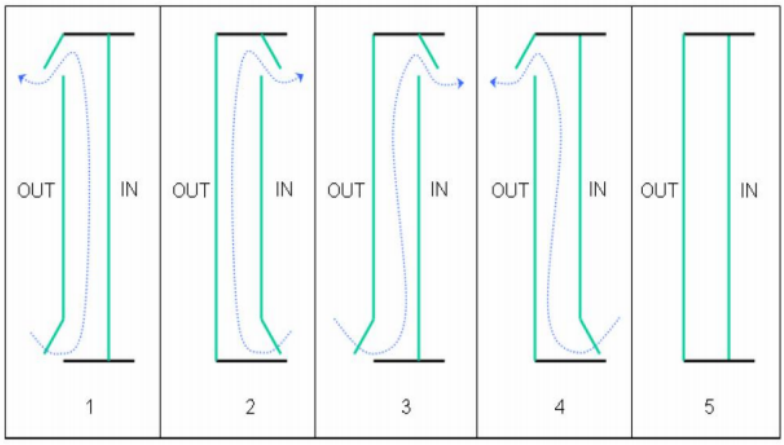
نمای دوپوسته: از نظر ساختار یک نمای دوپوسته شامل سه بخش اصلی است:۱-جداره خارجی، فضای واسط و جداره داخلی، به گونه‌ای که اساس شکل گیری این سیستم ها طراحی یک ساختار ثانویه با فاصله از نما(جداره) داخلی ساختمان است. جداره خارجی و جداره داخلی دارای بازشوها یا دریچه هایی جهت تبادل هوا بین فضای واسط می‌باشند. نمای دوپوسته برای مدیریت تعامل بین محیط های بیرونی و داخلی پیشنهاد شده است (Kim et al, .2013,180) در طراحی سیستم نمای دوپوسته باید برهم کنش بین پارامتر های طراحی در نظر گرفته شود (Tae Seok 2009,251). انتخاب و اندازه گیری مناسب سیستم‌های تهویه در نمای دوپوسته نیازمند آگاهی از انتشار گازهای آلاینده داخلی و منابع حرارتی و درک ویژگی‌های هوا و حرکت آلاینده‌ها است(et al, 2020, 245 Zhivov). مکانیزم و عملکرد نمای دوپوسته با تهویه طبیعی وابسته به رفتار حرارتی و جریان هوا در فضای میانی می‌باشد(siadati et al, 2021,156). عملکرد نمای دوپوسته بستگی زیادی به نوع تهویه انتخاب شده در فضای میانی دارد، سیستم نمای دوپوسته تهویه کافی را در سطوح مختلف برای ساختمان تامین می‌کند (Darkwa et al, 2014, 131). استفاده از نمای دوپوسته برای تهویه طبیعی ایده‌ی جدیدی نیست، اما عملکرد و تاثیرات عوامل محیطی بر مولفه‌های طراحی آن هنوز ناشناخته است(Tao et al, 2020, 185). نمای دوپوسته از دو عنصر مجزا تشکیل شده که هوا در بین آن جریان دارد.(Arons, 2001). نماهای دوپوسته را بیشتر با در نظرگرفتن نوع (هندسه) حفره طبقه بندی می‌کنند. (Oesterle et al, 2001,73).

دسته بندی نمای دوپوسته

در مطالعات به عمل آمده در زمینه نماهای دوپوسته، دسته بندی های مختلفی برای نماهای دوپوسته مطرح شده است که متداول ترین آن‌ها براساس منشاء جریان هوا، ساختار نما و نیروی عامل جریان هوا در نمای دوپوسته می-باشد. نماهای دوپوسته از دیدگاه‌های متفاوتی طبقه بندی شده است. موسسه تحقیقات ساختمان بلژیک طبقه بندی مفصلی ارائه داده است که براساس نوع تهویه طبیعی و یا مکانیکی، منشاء جریان هوا، مقصد جریان هوا، جهت جریان هوا، عرض حفره فضای میانی و تقسیم بندی فضای میانی، نماهای دوپوسته را در۴۸ نوع مختلف طبقه بندی کرده است(Poirazis, H. 2004). شناخت و درک کامل این شیوه طبقه بندی به دلیل تعدد گونه ها بسیار مشکل است بدین منظور جهت شناخت بهتر نماهای دوپوسته یک نوع طبقه بندی که در اکثر منابع مطالعاتی مطرح شده است، به صورت مختصر شرح داده خواهد شد.

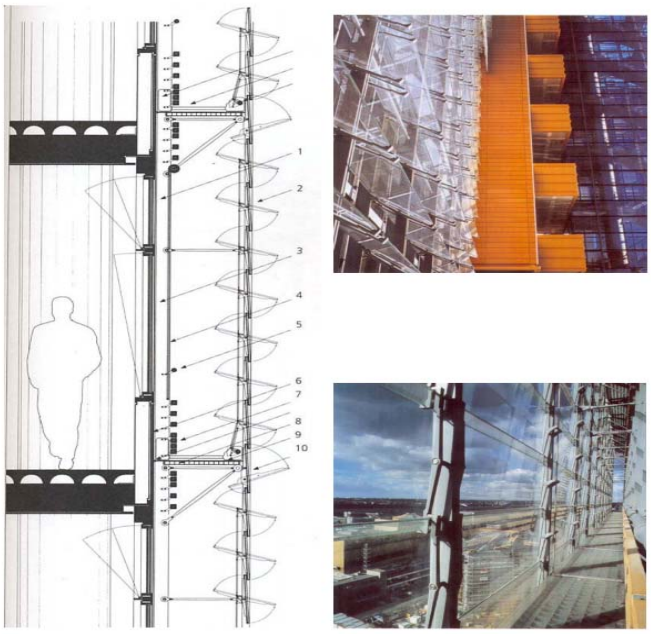
■ طبقه بندی براساس منشاء جریان هوا در حفره میانی

عامل اصلی در این طبقه بندی، مبداء و مقصد جریان هوا در حفره میانی می‌باشد. براین اساس مطابق تصویر۱ نماهای دوپوسته در پنج گروه کلی طبقه بندی می‌شوند: ۱- لایه هوای خارجی (ارتباط حفره فقط با محیط خارج)، در این نوع تهویه جریان هوا از پوسته خارجی وارد فضای میانی شده و از بازشو همین پوسته دوباره خارج می‌شود. ۲- لایه هوای داخلی (ارتباط حفره فقط با محیط داخل)، در این نوع تهویه جریان هوا از فضای اتاق وارد حفره می‌شود و مجددا از حفره به فضای اتاق وارد می‌شود. ۳- تامین هوا (جریان هوای خارج، وارد فضای داخل می گردد)، در این نوع تهویه جریان هوا از طریق بازشوهای جداره خارجی وارد فضای میانی می‌شوند و سپس از طریق بازشوهای جداره داخلی وارد فضای داخلی می‌شوند. ۴- خروج هوا ۵- حائل هوا (عدم ارتباط حفره با محیط داخل و خارج)(Poirazis, H, 2004).



تصویر۱. دسته بندی نمای دو پوسته بر اساس شیوه جریان هوا در حفره (Poirazis, H, 2004).

موسسه تحقیقات ساختمان بلژیک گروه دیگری به این ۵ گروه اضافه کردند که نماهای لوری می‌باشند، مطابق تصویر۲. در این نماها پوسته خارجی شامل لوور های شفاف قابل چرخش موتوری می‌باشند. در حالت بسته، لوورها یک نمای بسته و هوابند را تشکیل می‌دهند و در حالت باز امکان تهویه حفره میانی را افزایش می‌دهند.



تصویر۲. نمای دوپوسته با پوشش لوور، ساختمان دبیس، رنزوپیانو(Poirazis, H. 2004).

■ اصطلاحات و تعاریف

تهویه[۱]: ورود هوای تازه و پاک به داخل حفره و خروج آلاینده ها از فضای میانی نمای دوپوسته که به دو صورت مکانیکی و طبیعی انجام می‌شود. در تهویه طبیعی نیروهایی مانند باد، چگالی هوا یا اختلاف فشار بین فضای داخل و خارج و اختلاف دما تاثیر گذار هستند. تهویه مکانیکی معمولا از طریق فن ها ایجاد می‌شود. میزان تبادل هوا بین محیط و حفره میانی به شرایط فشار باد بر پوسته ساختمان، اثر دودکشی و سرعت تخلیه هوا از طریق بازشو ها وابسته است. این دریچه ها می‌توانند در سیستم های غیر فعال همیشه باز باشند و یا اینکه در سیستم های فعال بوسیله دست یا ماشین باز و بسته شوند. سیستم های فعال بسیار پیچیده‌اند و باتوجه به هزینه‌های ساخت و نگهداری بسیار گران‌تر می‌باشند(Compagno, 2002).

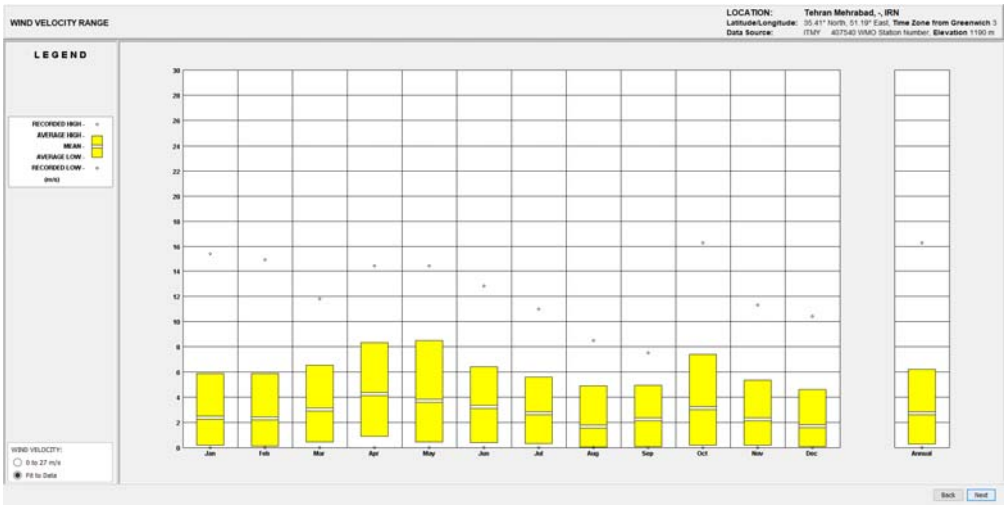
دریچه های تهویه: ورود و خروج جریان هوا به فضای میانی نمای دوپوسته از طریق دریچه های تهویه صورت می-گیرد.

حفره[۲]: فضای میانی نمای دو پوسته که بین دوجداره داخلی و خارجی قرار گرفته است و با توجه به عملکرد آن این فضا ممکن است به وسیله طبقات از یکدیگر جدا یا یکپارچه باشد. مهم‌ترین پارامترها در طراحی نمای دو پوسته ابعاد حفره، ارتفاع و عرض آن است که بیشترین تأثیر را بر عملکرد جریان هوا در نمای دوپوسته دارد. یک ساختمان بلند مرتبه با یک حفره بسیار نازک ممکن است جریان هوا مورد نیاز برای اهداف تهویه را تضمین نکند(Poirazis, H. 2004). تهویه هوای حفره میانی به دو صورت مکانیکی یا طبیعی صورت می‌گیرد، تهویه طبیعی در ساختمان های سبز اهمیت ویژه‌ای دارد و هم چنین نیاز به تهویه مکانیکی و مصرف انرژی کاهش میابد.

در نماهای دوپوسته با تهویه طبیعی، هوا به درون حفره میانی کشیده می‌شود و توسط دو عامل از آن خارج می‌گردد:۱- فشار باد ۲- اثر دودکشی، فشار باد معمولا بر سرعت جریان هوا غلبه دارد(حسین پور ستوبادی، ۱۳۹۱).

روش پژوهش

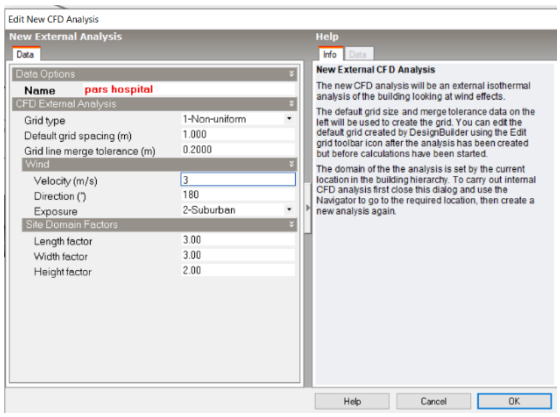
در این پژوهش جهت بررسی الگوی توزیع گردش جریان هوا و پیش‌بینی سن هوا در مقدار پردازش غلظت آلاینده‌ها، از روش تحقیق شبیه‌سازی و آزمایش با رویکرد دینامیک سیالات محاسباتی[۳] استفاده شده است. این رویکرد به دلیل آن که توانایی شبیه‌سازی و محاسباتی جریان‌های چند فازی از جمله سرعت و جهت باد، فشار هوا، دمای هوا و سن هوا را دارد، گزینه‌ی مناسبی برای شبیه‌سازی و آزمایش پژوهش مدنظر می‌باشد. از آن جایی که هدف از شبیه‌سازی و آزمایش، افزایش بهره‌وری نمای دو جداره در برابر آلودگی است، ابتدا باید معین شود در چه مواقعی از سال آلودگی هوا به حداکثر مقدار خود می‌رسد، سپس در آن زمان باید بررسی شود که میزان گردش جریان هوا و سرعت باد چقدر می‌باشد و جداره نمای مد نظر به گونه‌ای طراحی گردد تا در مواقعی که میزان سرعت و گردش هوا در سایت مدنظر به حداقل مقدار خود می‌رسد، جداره پیشنهادی باعث گردش و کوران جریان هوا شود و میزان آلاینده‌های هوا را کاهش دهد و بهترین بهره را از باد ببرد. بدین منظور باید جهت و سرعت باد غالب در سایت مدنظر بررسی شود. براساس استخراج فایل اطلاعات اقلیمی استان تهران از سایت انرژی پلاس و تحلیل آن در نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت[۴] اطلاعات اقلیمی نمایان خواهد شد که یکی از آن‌ها تحلیل حرکت و سرعت باد بر اساس موقعیت آن استان می‌باشد. طبق نمودار۱ میانگین سرعت باد در شهر تهران ۳ متر بر ثانیه می‌باشد و در ماه دسامبر (۱۰آذر تا۱۰ دی) میزان سرعت باد در تهران به حداقل مقدار خود در طول یک سال رسیده است؛ درنتیجه انتظار می‌رود، میزان آلودگی هوا و غلظت آلاینده‌ها در این ماه افزایش یابد، از سوی دیگر طبق اطلاعات سازمان کنترل کیفیت هوا در ماه دسامبر میزان غلظت آلاینده‌های موجود در هوای شهر تهران نیز به حداکثر مقدار خود می‌رسد.



نمودار۱. میانگین سرعت باد در طول یک سال (energyplus.net/weather)[۵]

برای شروع شبیه‌سازی ابتدا اطلاعات آب و هوایی شهر تهران به صورت فایل به عنوان بانک اطلاعاتی آب و هوایی با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس با واسط کاربری دیزاین بیلدر نسخه ۶[۶] مورد استفاده قرار گرفت و براساس متغیر-

هایی که تعریف و بیان شده‌اند، روند حل مسئله با استفاده از نرم‌افزار و شبیه‌سازی و آزمایش شروع شد، سپس تنظیمات لازم برای تحلیل شبیه‌سازی و آزمایش دینامیک سیالات محاسباتی نرم افزار دیزاین بیلدر صورت گرفت، ترتیب تنظیمات مدل برای تحلیل شبیه‌سازی و آزمایش دینامیک سیالات محاسباتی بدین شرح است: ۱- مدل سازی طرح اولیه در نرم افزار دیزاین بیلدر۲-تعریف مسئله (شرایط مرزی) در مدل‌سازی و شبیه سازی (از جمله مسئله هایی که در نرم افزار مطابق تصویر۲ تعریف می‌شوند عبارت اند از: ۱-نوع شبکه بندی ۲- میزان سرعت باد و جهت آن ۳- شعاع اثر گذاری تاثیر باد).

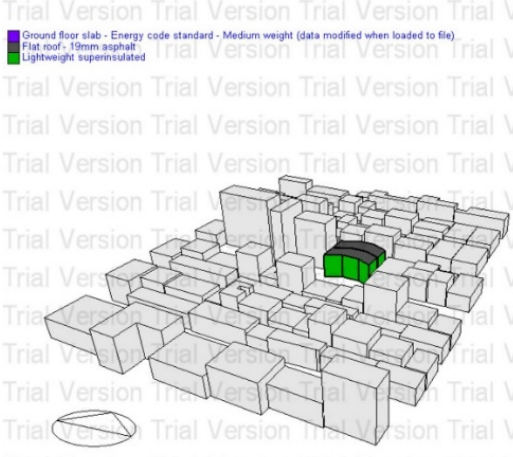


تصویر۲. تنظیمات مدل برای تحلیل شبیه سازی و آزمایش دینامیک سیالات محاسباتی.(نگارندگان)

پس از مدل‌سازی و تعریف مسئله نتایج حاصل از شبیه‌سازی باید به صورت یک مقدار ثابت در نمودار نشان داده شود که به اصطلاح گفته می‌شود، نتایج حاصل از شبیه سازی هم گرا و دارای جواب می‌باشند که درستی دقیق بودن شبیه سازی را تایید می‌کند و می‌توان به نتایج حاصل از آن استناد کرد.

■ مرحله اول مدل سازی و شبیه سازی:

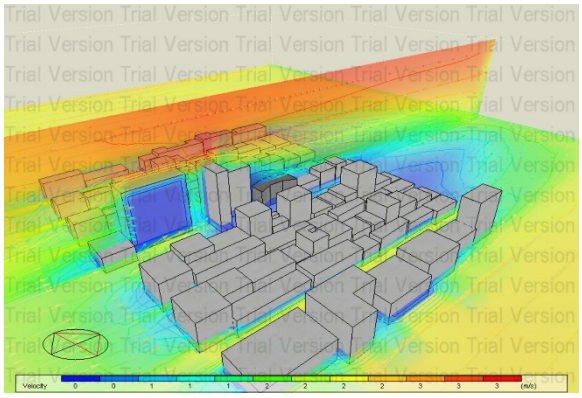
در ابتدا از طریق شبیه‌سازی و آزمایش دینامیک سیالات محاسباتی به تاثیر تحلیل وضع موجود کاربری های اطراف سایت در تشدید آلودگی پرداخته می‌شود. در این راستا سایت مدنظر با هم جواری‌های آن مطابق تصویر۳ در نرم افزار انرژی پلاس با واسط کاربری دیزاین بیلدر مدل‌سازی می‌شود.



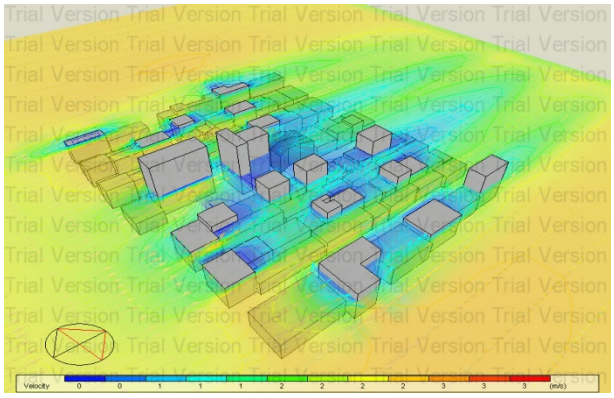
Trial Version Trial Version Trial Version Trial Version Trial Version

تصویر۳. مدل حجمی سایت مدنظر. (نگارندگان)

محدوده مورد مطالعه: منطقه ۶ تهران با توجه به مراکز اداری، تجاری، آموزشی و تفریحی بسیار زیاد و حجم بالای تردد در آن، از مناطق آلوده و حساس تهران محسوب می‌شود. یکی از مکان های حساس و شکننده در مقابل آلودگی هوا، بیمارستان می‌باشد به دلیل وجود افراد با بیماری های مشکلات تنفسی و ریوی و نیاز افراد و بیماران بیمارستان به تنفس هوای تازه، ایجاب می‌کند سایت پیشنهادی ما بیمارستان پارس منطقه ۶ باشد. پس از مدل-سازی و تعریف مسئله (میانگین سرعت باد سرعت باد: ۳ متر بر ثانیه و جهت باد براساس اطلاعات اقلیمی از سمت غرب می‌باشد) نتایج حاصل از شبیه سازی نمایان شد که مطابق تصویر ۴ و ۵ زیر می‌باشد.



تصویر۴. جریان باد در مسیر گذرگاه و بلوک های ساختمانی در



تصویر۵: جریان باد در مسیر گذر ها و بلوک های ساختمانی در برش عمودی (نگارندگان) تراز ۱۵+متر

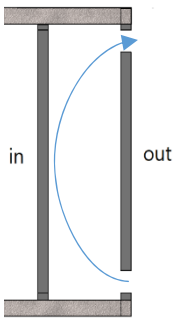
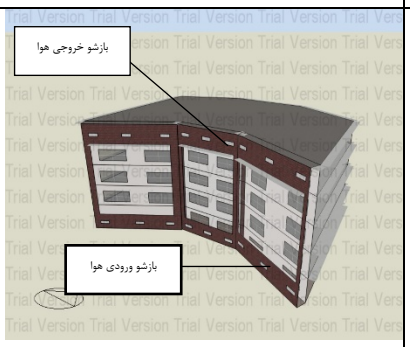
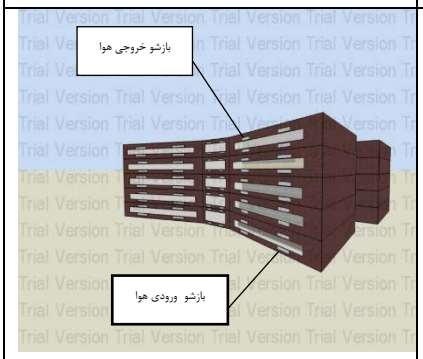
طبق شبیه سازی انجام شده همان طور که در تصویر ۴ و ۵ مشاهده می‌کنید، در تراز ۱۵+ متر و در برش عمودی نیز سرعت باد به دلیل برخورد به دو بلوک ساختمانی بلند مرتبه مجاور بیمارستان پارس به حداقل مقدار خود رسیده است که سبب عدم گردش جریان هوا، افزایش غلظت آلاینده‌های هوا و سن هوا یا ماندگاری هوا در در این ناحیه شده و اثر ناخوشایندی بر کیفیت هوای این ناحیه گذاشته است. در نتیجه باید به دنبال راهکاری در جهت کاهش این آلودگی و افزایش سرعت جریان هوا در سایت مدنظر از طریق گردش جریان جریان هوا در جهت کاهش غلظت آلاینده ها با طراحی بهینه جداره تصفیه کننده هوا شد. بدین منظور جهت بررسی تاثیرگذاری فرضیات در افزایش بهره‌وری نمای دوجداره در برابر آلودگی هوا با افزایش گردش جریان هوا و پیش بینی سن هوا در مقدار پردازش غلظت آلاینده ها، نمای جداره تصفیه کننده هوا برای بیمارستان پارس مدل‌سازی گردید.

■ مرحله دوم مدل سازی و شبیه سازی

در این مرحله از مدل‌سازی و شبیه سازی از تهویه طبیعی خارج به خارج استفاده شده است، (دلیل مدل‌سازی و شبیه سازی این نوع تهویه، تایید کارایی و بهره‌وری لازم تهویه خارج به داخل نسبت به تهویه خارج به خارج می-باشد. برای مدل سازی، بازشوی ورود هوا در پایین‌ترین قسمت سطح نمای دوم، نزدیک به کف و بازشوی خروج هوا

در بالاترین قسمت سطح نمای دوم، نزدیک به سقف ایجاد شدند؛ طی مراحل مدل سازی و شبیه سازی نمونه انتخابی، به منظور ارزیابی عملکرد فضای میانی نمای دوپوسته در برابر پارامترهای سرعت، دما و توزیع جریان، فضای میانی نمای دوپوسته به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود. فضای میانی نمای دوپوسته مدنظر برای بیمارستان پارس به ارتفاع ۱۵ متر، در مرحله اول به صورت یکپارچه، با عمق ۱ متر و طول ۱۵ متر تقسیم می-شود و در مرحله دوم به ۵ قسمت با عمق ۱/۵متر و طول هر قسمت۳ متر، تقسیم می‌شود. درحالت اول بازشوها در نمای دوپوسته یکپارچه فقط در بالاترین قسمت سطح نما، نزدیک به سقف جهت خروج هوا و در پایین‌ترین قسمت سطح نما نزدیک به کف همکف جهت ورود هوا به مساحت ۱*۰/۵ مترمربع ایجاد شدند و برای حالت دوم بازشو های ورود و خروج هوا برای هرقسمت (هر طبقه) به صورت مجزا به عرض ۰/۵متر و طول ۱متر در پایین-ترین قسمت سطح نمای هر طبقه برای ورود هوا و در بالاترین قسمت سطح نما هر طبقه برای خروج هوا ایجاد شدند. جدول۱ اطلاعات مدل سازی و شبیه‌سازی نمای دوپوسته مدنظر بیمارستان پارس، درحالت تقسیم شده و بدون تقسیم، با بازشوهای قرار گرفته بر روی سطح نمای دوم را ارائه می‌دهد. شبیه‌سازی‌ها سرعت، دما و الگوی توزیع و گردش جریان هوا و همچنین مقادیر آن ها در فضای میانی را نشان می‌دهند که گویای عملکرد نمای دوپوسته مدنظر است.

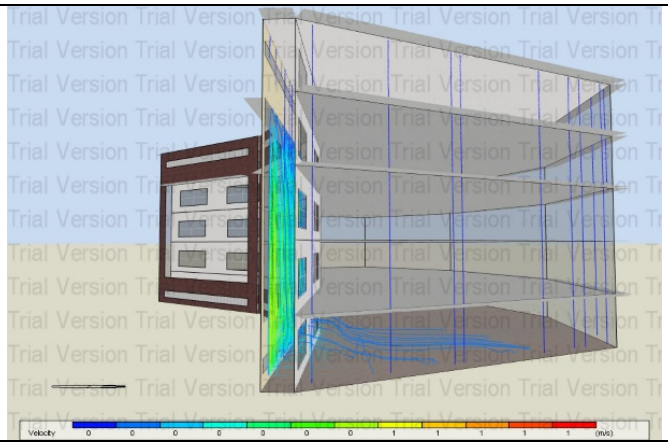
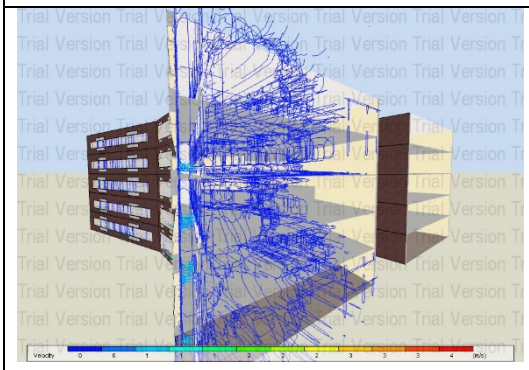
جدول۱. اطلاعات مدل نمای دوپوسته در مرحله اول جهت شبیه سازی(نگارندگان)

نوع تهویه: خارج به خارج	حالت۱: فضای میانی بین دوپوسته تقسیم نشده، به ارتفاع ۱۵ متر	حالت۲: فضای میانی تقسیم شده به ۵ قسمت ارتفاع هر طبقه ۳ متر
		
ابعاد حفره	۱متر	۱/ ۵متر
ابعاد باز شو ورود هوا	۱*۰/۵ متر	۱*۰/۵ متر
ابعاد بازشو خروج هوا	۱*۰/۵ متر	۱*۰/۵ متر

به منظور ارزیابی عملکرد، پارامترهای سرعت، دما، سن هوا و توزیع جریان درفضای میانی علاوه بر تعیین اطلاعات نمای دوپوسته در جدول۱ شبکه بندی مناسب نیز برای نمای دوپوسته مدنظر باید ایجاد شود. محدوده شبکه بندی در مرکز شهر در میان ساختمان های بلند که آلودگی هوا زیاد می‌باشد، از هر طرف ۵ متر و در ارتفاع۱/۵ در نظر گرفته شده است. پس از تعیین اطلاعات نمای دوپوسته و شبکه بندی مناسب، نتایج حاصل از شبیه سازی نمایان

خواهد شد، شبیه‌سازی‌ها سرعت، دما، الگوی توزیع و گردش جریان هوا، میزان پردازش سن هوا در غلظت آلاینده-های هوا و هم‌چنین مقادیر آن‌ها در فضای میانی را نشان می‌دهند که گویای عملکرد نمای دوپوسته انتخابی است.
طبق شبیه‌سازی‌های انجام شده در جدول ۲ مشاهده می‌شود که الگوی جریان در فضای مابین دوپوسته در دو حالت بسیار متفاوت است. مطابق جدول۲ براساس شبیه سازی های انجام شده الگوی توزیع جریان هوا در حالت۲ به صورت یکسان و مساوی در همه طبقات انجام گرفته است ولی در حالت۱ با توجه نوع تقسیم بندی متفاوت تهویه، الگوی توزیع جریان هوا نامنظم و به صورت یکسان نمی‌باشد از طرفی سرعت جریان هوا در این حالت کاهش یافته است.

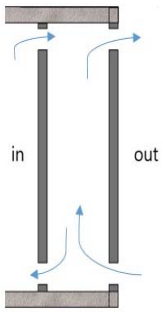
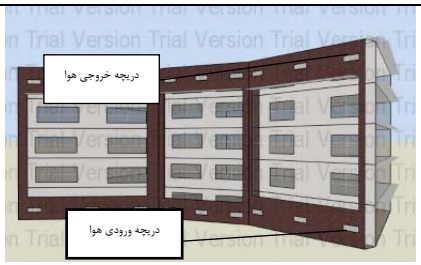
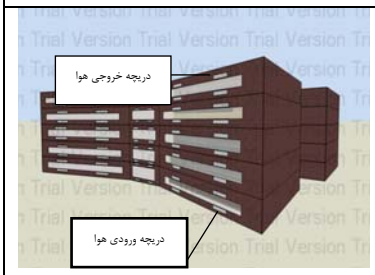
جدول۲. بررسی سرعت باد و الگوی توزیع جریان(نگارندگان)

	حالت۱: فضای میانی بین دوپوسته تقسیم نشده	حالت۲: فضای میانی بین دوپوسته تقسیم شده
الگوی توزیع جریان هوا در فضای میانی	فضای میانی یکپارچه به ارتفاع ۱۵ متر	۵ قسمت و ارتفاع هر طبقه ۳متر
	سرعت بیشینه در فضای میانی (M/S)۱	سرعت بیشینه در فضای میانی (M/S)۴
		

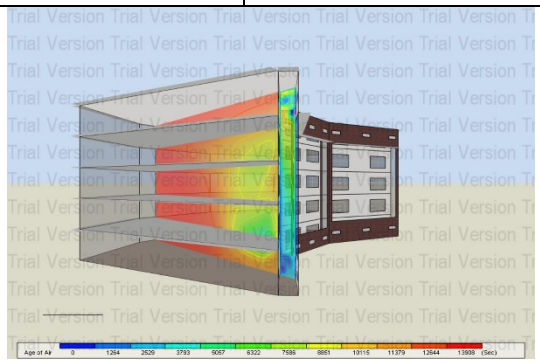
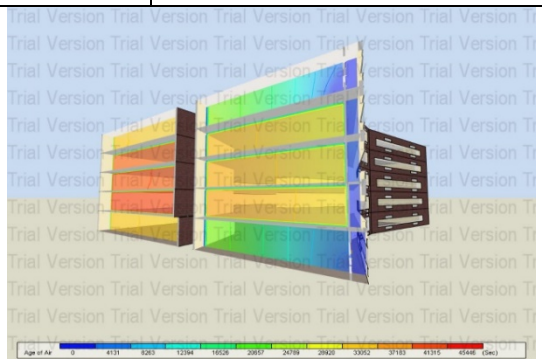
■ مرحله سوم مدل سازی و شبیه سازی:

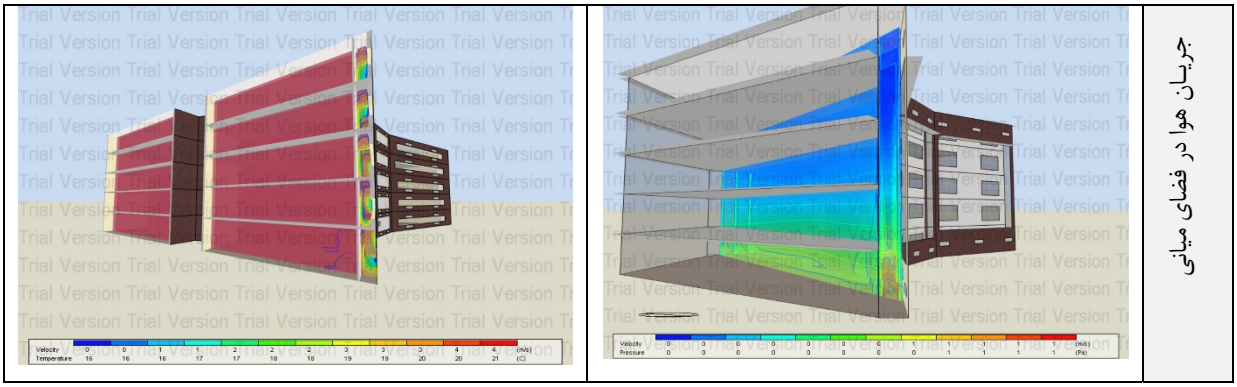
در این مرحله جهت هدایت و گردش مناسب جریان هوا به محیط خارج و داخل علاوه بر ایجاد بازشوی ورود هوا، در پایین‌ترین قسمت سطح نمای دوم، نزدیک به کف و بازشوی خروج هوا در بالاترین قسمت سطح نمای دوم، نزدیک به سقف، بازشوهایی در جداره مشترک بین فضای داخلی ساختمان و فضای میانی ایجاد می‌شوند؛ دو بازشو یکی در بالای جداره برای خروج هوا از داخل ساختمان به داخل فضای مابین دوپوسته و یکی در پایین جداره برای هوایی که از فضای مابین دوپوسته وارد فضای داخلی ساختمان می‌شود. مکان و ابعاد فضای میانی و اندازه بازشوها در نمای دوپوسته مطابق جدول ۳ است. پس از انجام فرآیند مدل سازی، نتایج حاصل از شبیه سازی نمایان خواهد شد که توزیع جریان هوا و سن هوا یا ماندگاری هوا در فضای میانی مطابق جدول ۴ نشان داده می‌شود.
سن هوا: به ماندگاری جریان هوا دریک ناحیه در اصطلاح سن هوا می‌گویند، هر میزان که سن هوا(ماندگاری هوا) بالا باشد کیفیت هوا به دلیل عدم تعویض هوا نامطلوب خواهد شد.

جدول ۳. اطلاعات مکان و ابعاد فضای میانی و اندازه بازشوها در نمای دوپوسته‌ایی در مرحله دوم(نگارندگان)

تهویه خارج به داخل 	فضای میانی بین دوپوسته تقسیم نشده، به ارتفاع ۱۵ متر 	فضای میانی تقسیم شده به ۵ قسمت ارتفاع هر طبقه ۳ متر 
ابعاد حفره	۱ متر	۱/۵متر
ابعاد باز شو ورود هوا	۱/۵*۰/۵ متر	۱/۸۷*۱متر
ابعاد بازشو خروج هوا	۱/۵*۰/۵ متر	۱/۸۷*۱متر

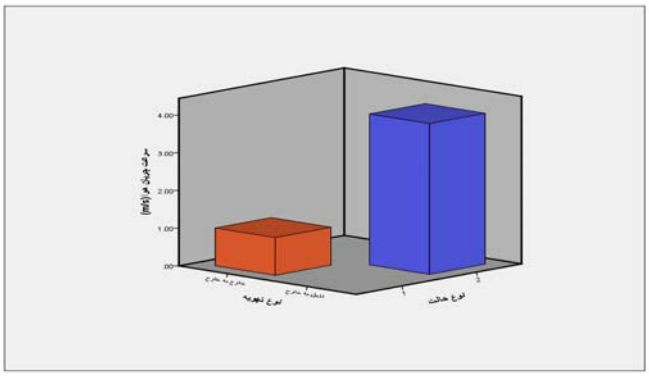
جدول۴. نتایج شبیه سازی بررسی توزیع جریان و کیفیت هوا در فضای میانی(نگارندگان)

بررســـی توزیع جریان و کیفیت هوا در فضای میانی			
	۱: فضای میـــانی بین دوپوستـــه تقسیم نشده		۲: فضای میانـــی بین دوپوستـــه تقسیم شده
	یـکپارچه به ارتفاع ۱۵ مـــتر		۵ قسمـت و ارتفاع هر طبقه ۳مـتر
	سرعت بیشینه ۱(M/S)	بیشینه سن هوا در فضای میانی ۱۳۹۰۸	سرعت بیشینه ۴(M/S)	بیشینه سن هوا در فضای میانی ۴۵۴۴۶
				



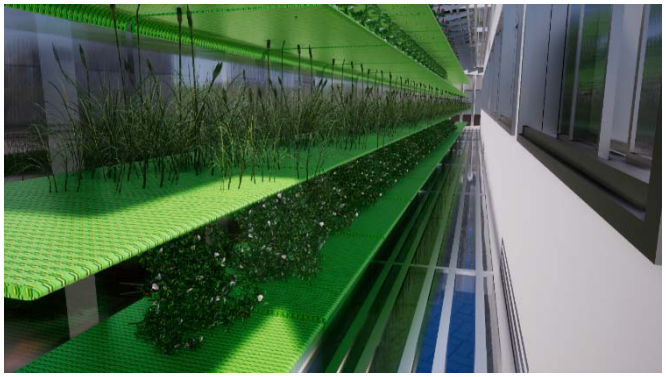
یافته‌ها

یافته های حاصل از نتایج شبیه سازی مرحله یکم، مرحله دوم و مرحله سوم بررسی تاثیر میزان فاصله بین دو جداره: براساس نتایج شبیه‌سازی جدول ۴، با ثابت فرض نمودن سایر متغیرها، سرعت جریان هوا متاثر از عمق حفره(فاصله بین دوجداره) می‌باشد که با کاهش یا افزایش مقدار این متغیر مقدار سرعت جریان هوا تغییر خواهد کرد. طبق شبیه سازی‌های انجام شده همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌کنید با افزایش عمق حفره از ۱ متر به ۱/۵ متر سرعت جریان هوا افزایش می‌یابد، هم‌چنین باید توجه داشت که عمق حفره (فاصله بین دو جداره) بین دامنه ۲۰ سانتی‌متر تا ۲ متر متغیر می‌باشد و در پژوهش مد نظر جهت توزیع مناسب جریان هوا در فضای میانی، شبیه‌سازی‌ها با اندازه های مختلف فضای میانی صورت گرفته است که عمق ۱/۵ متر، به عنوان حالت بهینه اندازه فضای میانی انتخاب گردید. در این میزان مقدار سرعت باد به حداکثر مقدار خود در شبیه‌سازی‌های انجام شده می‌رسد که این افزایش جریان هوا در فضای میانی، از غلظت آلاینده‌های هوا در این فضا می‌کاهد. از طرفی کم کردن میزان فاصله بین دوجداره، پیش از حد تعیین شده نه تنها تاثیری بر عوامل موثر در کاهش آلاینده‌های هوا ندارد، بلکه سبب کاهش سرعت جریان باد و عدم توزیع مناسب جریان هوا می‌گردد. طبق شبیه‌سازی‌های انجام شده در صورتی که عمق حفره از ۱۵۰سانتی متر کم تر باشد، فضای میانی نمای دو پوسته از اثر دودکشی بیشتری بهره خواهد برد و منجر به گرم شدن بیشتر فضای میانی می‌گردد و در صورتی که عمق حفره بالاتر از ۱۵۰ سانتی-متر باشد فضای میانی نمای دوپوسته از اثر دودکشی بهره نخواهد برد و دمای فضای میانی کاهش خواهد یافت، ولی طبق شبیه‌سازی‌های انجام شده در صورتی که عمق فضایی میانی ۱۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شود دما و اندازه فضای میانی، مناسب برای پرورش گیاهان جاذب آلودگی هوا می‌شود و میزان گردش جریان هوا نیز به خوبی رخ می‌دهد. نمودار۲ نشان دهنده اطلاعات دمایی فضای میانی نمای دوپوسته در طول یک‌سال می‌باشد. مطابق نمودار۲ خط بنفش نشان دهنده‌ی دمای خشک بیرون نمای دوجداره و خط آبی نشان‌دهنده‌ی دمای فضای میانی در ماه‌های مختلف سال می‌باشد که اطلاعات دمایی و مقدار آن‌ها در پایین نمودار نشان داده شده است.



نمودار۲. اطلاعات دمایی میانی نمای دوپوسته در طول یک سال(نگارندگان).

مطابق نمودار۲ دمای فضای میانی در طول یکسال بین ۱۹/۵۳ تا ۲۶/۸۱درجه سانتیگراد در حال متغیر می‌باشد که این در فصل زمستان برای رشد گیاهان دمای مناسبی است، در حالی که مطابق نمودار۲ در فصل زمستان دمای فضای بیرون به کم‌تر از ۵ درجه‌ی سانتیگراد نیز می‌رسد و امکان رشد گیاهان در نمای بیرونی در این دما وجود ندارد تا عمل فتوسنتز را برای بهبود کیفیت هوا انجام دهند. بنابراین مناسب‌ترین مکان در فصل زمستان (افزایش آلودگی هوا و کاهش دمای هوا) فضای میانی نمای دوپوسته می‌باشد که هوا از بازشوهای ورود هوا وارد فضای میانی شده و در آن‌جا آلاینده‌هایی مانند سرب، گوگرد، جیوه و گوگرد دی‌اکسید توسط گیاهان جاذب آلودگی هوا مانند گیاه شمشیری، بید و اکالیپتوس جذب شده و موجب تصفیه هوای درون فضای میانی می‌شوند.تصویر۶.

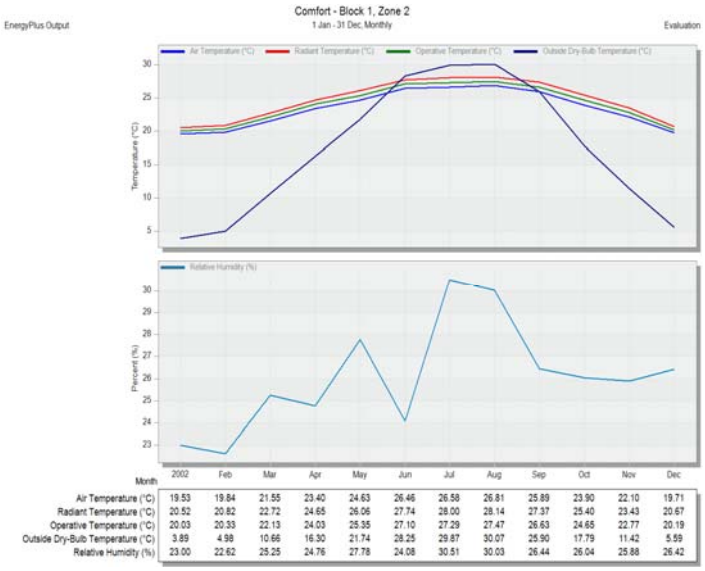


تصویر۶. استفاده از گیاهان جاذب آلودگی هوا در فضای میانی نمای دوپوسته (نگارندگان)

هوای تصفیه شده توسط گیاهان جاذب آلودگی هوا براساس نوع تهویه‌ای که در فضای میانی طراحی شده (خارج به داخل) وارد فضای داخلی بیمارستان می‌گردد.

بررسی تاثیر نوع تقسیم‌بندی فضای میانی: طبق شبیه‌سازی‌های انجام شده مشاهده شد، که با ثابت فرض نمودن اندازه های بازشوهای ورود و خروج هوا در دو حالت، الگوی توزیع جریان هوا و سرعت باد متفاوت است. در صورتی که فضای میانی نمای دوپوسته یکپارچه و سراسری باشد؛ نحوه توزیع جریان هوا در همه طبقات به صورت مساوی نخواهد بود و جریان هوا به طبقات بالا به حد کافی نمی‌رسد و هم چنین طبق شبیه‌سازی انجام شده در حالت

تقسیم نشده بیشینه سرعت۱ متر بر ثانیه می‌باشد، در صورتی که در حالت تقسیم شده سرعت بیشینه ۴ متر بر ثانیه می‌باشد. ۲ - در صورتی که فضای میانی دوپوسته به وسیله طبقات از یکدیگر جدا شده باشد، جریان هوا به طور منظم در همه طبقات پخش خواهد شد و سرعت جریان هوا نیز افزایش و عمل تهویه بهتر انجام می‌گیرد. بررسی تاثیر نوع تهویه: براساس شبیه‌سازی‌های انجام شده مشاهده شد که در مرحله یک، زمانی که از تهویه خارج به خارج استفاده می‌شود، هوا از بازشوهای ورودی از محیط بیرون وارد فضای میانی شده و از بازشوهای خروج طبق جدول۱، از آن خارج می‌گردد و جریان هوا وارد فضای داخلی نمی‌گردد. کیفیت هوا در فضای داخلی در این نوع تهویه به دلیل این‌که هوای تازه و با کیفیت وارد فضای داخلی نمی‌گردد، پایین می‌آید، ولی با تغییر دادن نوع تهویه از خارج به خارج، به خارج به داخل در مرحله دوم شبیه‌سازی جریان هوا وارد فضای داخلی شده و موجب افزایش کیفیت هوا و گردش جریان هوا در این نوع تهویه می‌گردد. .مطابق جدول ۴ همان طور که مشاهده می-کنید با تغییر نوع تهویه در مرحله دوم مقدار سن هوا یا ماندگاری هوا در فضای داخلی کم‌تر شده است. هم چنین سرعت جریان هوا در حالت تهویه خارج به داخل به دلیل اختلاف فشار بین محیط داخل و خارج و اختلاف دما افزایش یافته است که با افزایش سرعت جریان هوا از میزان غلظت آلاینده ها کاسته شده است. نمودار۳ نیز نشان دهنده‌ی گویای نتایج شبیه‌سازی و مطالب بیان شده می‌باشد.

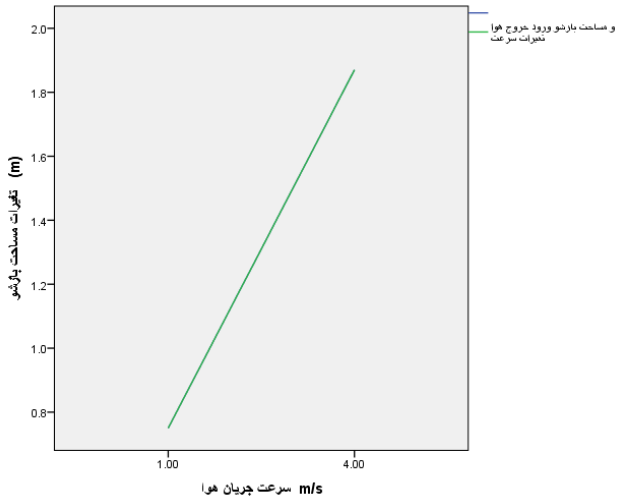


نمودار۳. سرعت جریان هوا در دوحالت نوع تهویه خارج به داخل و خارج به خارج (نگارندگان)

استفاده از نوع تهویه خارج به داخل سبب می‌شود که آلودگی‌های داخل ساختمان با هوای تصفیه شده در فضای میانی رقیق شوند. هم چنین در تهویه خارج به داخل، با افزایش سرعت جریان هوا و کاهش غلظت ذرات آلاینده-های هوا، شانس عفونت تعداد بیماران حساس به ذرات آلاینده‌های هوا کاهش می‌یابد. در تهویه خارج به داخل با توجه به عبور جریان هوا از فضای آلوده خارجی به فضای میانی پیشنهاد می‌گردد در مسیر دریچه های ورودی هوا از فیلتر های هوا استفاده شود. حذف فیزیکی ذرات از هوا، گام اول در رسیدن به هوای پاک و مطلوب در فضای میانی می‌باشد. استفاده از فیلتر های هوا در مسیر دریچه های ورودی هوا سبب تصفیه و حذف ذرات آلاینده می‌گردد.

بررسی تاثیر اندازه بازشوهای ورود و خروج هوا: زمانی که دریچه‌های تهویه طبق جدول ۳ با شرایط ذکر شده قرار بگیرند، نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های انجام شده نشان می‌دهند که در صورت ثابت فرض نمودن سایر عوامل

تاثیرگذار با تغییر اندازه مساحت بازشوهای هوا از ۰/۵*۱/۵ متر به ۱*۱/۸متر سرعت متوسط جریان هوا در نمای دوپوسته‌ای افزایش می‌یابد. نمودار۴ نیز گویای این مطلب و نتایج شبیه‌سازی می‌باشد.

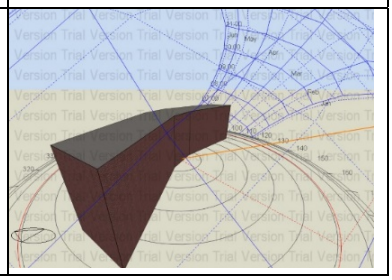
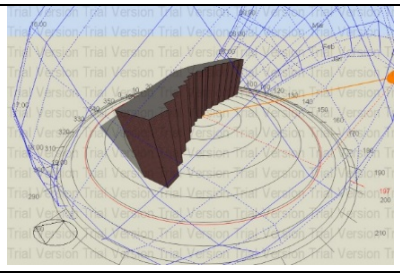
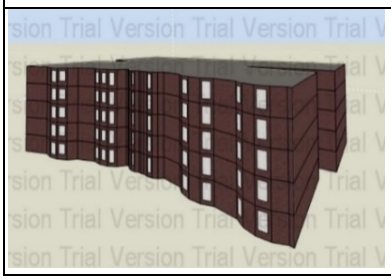
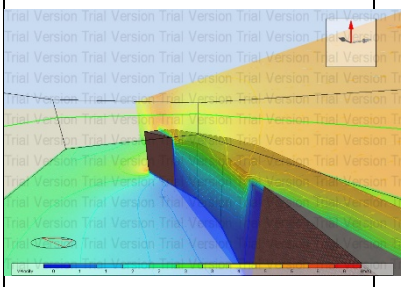
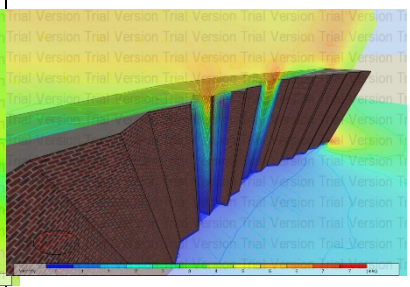
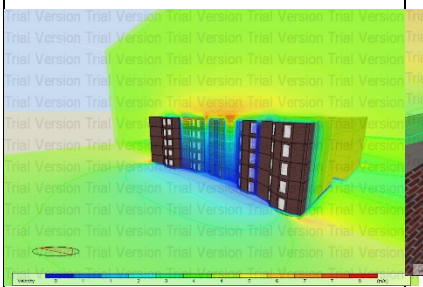


نمودار۴. تغییرات مساحت بازشو ورود و خروج هوا و تاثیر آن در سرعت جریان هوا (نگارندگان)

مرحله چهارم مدل‌سازی و شبیه‌سازی

در این مرحله از شبیه سازی به تاثیر فرم نمای جداره تصفیه کننده هوا در افزایش بهره وری نمای دوجداره در برابر آلودگی هوا پرداخته شد. طراحی بهینه فرم نمای جداره تصفیه‌کننده هوا یا سایه اندازها سبب تشدید جریان هوا و برای جلوگیری از سکون و تجمیع آلودگی بسیار مفید است.

جدول۵. مدل سازی نتایج شبیه سازی و آزمایش فرم نمای دوجداره،جهت افزایش بهره وری آن در برابر آلودگی هوا (نگارندگان)

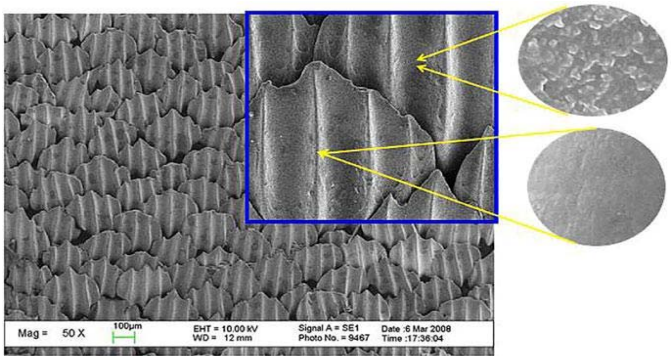
شبیه سازی حالت های فرم نمای دو جداره		
حالت اول	حالت دوم	حالت سوم
		
		

بدین منظور در پژوهش حاضر فرم نمای جداره بیمارستان پارس مطابق با جهت باد غالب در سایت مدنظر در سه شکل هندسی متفاوت با شبیه‌سازی عددی تحلیل می‌شوند، مطابق جدول ۵، پس از شبیه‌سازی و آزمایش فرم بهینه نمای جداره تصفیه کننده هوا انتخاب شد.

■ یافته‌های حاصل از نتایج شبیه‌سازی مرحله چهارم شبیه‌سازی

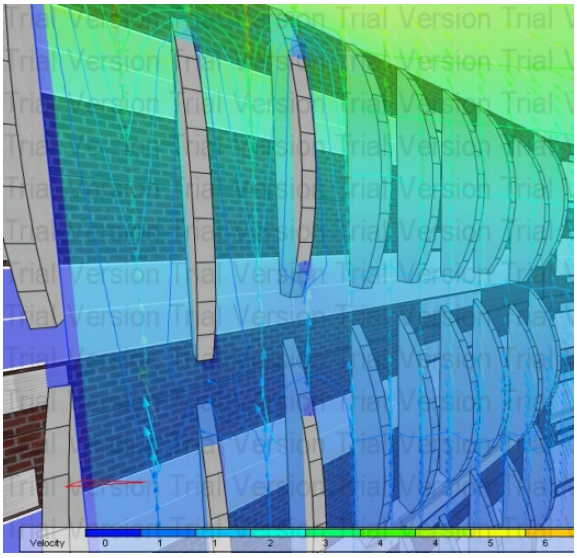
طبق شبیه‌سازی انجام شده؛ ایجاد تورفتگی‌هایی به صورت منحنی شیاردار بر روی نما سبب می‌شود که این شیار ها همانند کانال هوا بر روی نمای دوجداره عمل کرده و جریان هوا را به صورت مکش به سمت بالا هدایت کرده که باعث تداوم جریان یافتن هوا و افزایش سرعت آن بر روی جداره نما می‌شود، در نتیجه مانع از تجمیع آلاینده‌ها بر روی جداره می‌شود و نقش موثری در بهبود کیفیت هوا خواهد داشت. مصادیق چنین ایده‌ای را در طبیعت نیز می‌توان دنبال نمود؛ برای مثال، پوست بدن کوسه ها دارای شیار هایی است که در هنگام سر خوردن در آب باعث کاهش اصطکاک و افزایش هدایت جریان آب بر روی کوسه ها می‌شود که یک مزیت هیدرودینامیکی است، در فرم مد نظر برای نمای از این ویژگی استفاده شده است. (Lignarolo & Lelieveld, 2014, 5).

فرم بهینه نمای دوجداره تصفیه‌کننده هوا طبق شبیه‌سازی‌های انجام شده و با الهام از طبیعت (شیارهای بدن کوسه) مطابق تصویر۷ نقش موثری در کاهش غلظت آلاینده‌ها و بهبود کیفیت هوا دارند.



تصویر۷. شیارهای پوست بدن کوسه (Lignarolo and Lelieveld, 2014)

طبق شبیه‌سازی انجام‌شده ایجاد شیارهایی مطابق تصویر۸ بر روی جداره نمای بیمارستان پارس سبب هدایت جریان هوا و افزایش سرعت آن می‌شود که نقش موثری درکاهش غلظت آلاینده‌های هوا دارد. همان طور که در تصویر ۸ نیز مشاهده می‌کنید، پوسته مدنظر برای بیمارستان پارس که براساس نتایج شبیه‌سازی و ایده اولیه از پوست بدن کوسه طراح شده است، هم در جهت محور Xها و هم در جهت محور Yها به صورت فرم منحنی متحرک طراحی شده است که به صورت شیار هایی با فاصله از یکدیگر قرار گرفته‌اند تا در زمانی که باد در دو جهت مختلف باشد، در روند افزایش سرعت باد نقش داشته و به آن بهبود بخشد. فرم‌های منحنی ایجاد شده به صورت نامتناوب به سیستم شبکه‌ای متصل می‌شوند، تا هریک از پنل‌ها مانع رسیدن باد به پنل کناری خود نباشد، از طرفی توصیه می‌گردد، جنس این پنل ها از دی اکسید تیانیوم باشد تا در حضور نور فعال و عمل حذف آلاینده ها را انجام دهند و در صورتی که به صورت یکسان و هم شکل طراحی و درکنار یکدیگر قرار بگیرند، نور خورشید به مقدار کافی به این پنل ها نخواهد رسید و عمل فرآیند فتوکالیسیتی جهت تجزیه آلاینده ها رخ نخواهد داد.



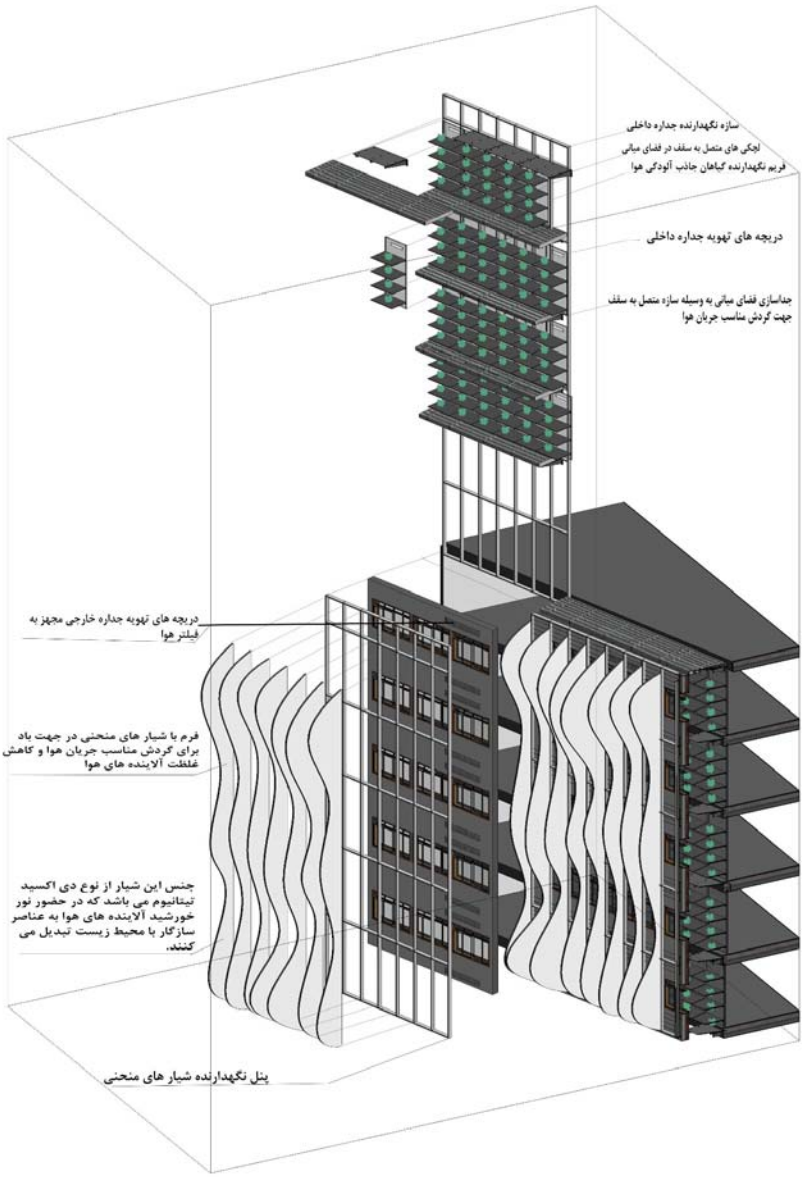
شکل ۷. تاثیر سرعت جریان هوا بر فرم طراحی شده (نگارندگان)

بحث و نتیجه‌گیری

طبق شبیه‌سازی‌های انجام شده در فرآیند بهینه‌یابی متغیرهای مستقل جهت افزایش بهره‌وری نمای دو جداره در برابر آلودگی هوا، بهینه‌ترین حالت که در آن میزان سرعت جریان هوا به حداکثر می‌رسد و از میزان غلظت آلاینده‌های هوا کاسته می‌شود، حالتی است که: ۱- عمق حفره ۱۵۰سانتی متر به عنوان حالت بهینه در نظر گرفته شود؛ در حالتی که اندازه فضای میانی ۱۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد، دما برای رشد گیاهان جاذب آلودگی هوا در فصل زمستان مناسب و گردش جریان هوا نیز به طور موثر انجام شد. ۲- فضای میانی تقسیم شده باشد؛ در صورتی که براساس نتایج شبیه سازی فضای میانی به وسیله طبقات از یکدیگر جدا باشد، گردش جریان هوا به طور مساوی در طبقات انجام و عمل رقیق سازی آلاینده های هوا به طور موثر صورت گرفت. ۳- تهویه خارج به داخل باشد. در این نوع تهویه به دلیل اختلاف فشار هوا و اختلاف دمای بین فضای محیط داخل و فضای محیط خارج با ثابت در نظر گرفتن سایر متغیرها، سرعت جریان هوا افزایش و هوای آلوده پس از تصفیه و رقیق سازی در فضای میانی وارد فضای داخلی بیمارستان خواهد شد.۴- مساحت بازشو ورود و خروج هوا ۱/۸۷متر مربع در هر ۲۵ مترمربع باشد یعنی نسبت مساحت بازشوهای ورود و خروج هوا به مساحت دیوار ۰/۰۷۵ باشد. با افزایش مساحت بازشو ورود و خروج هوا سرعت جریان هوا افزایش می‌یابد، از طرفی اندازه بازشو ورود و خروج هوا در پژوهش برابر است، تا حجم هوای ورود با حجم هوای خروجی یکسان باشد و باعث افزایش یا کاهش فشار بیش از حد در فضای میانی نشود تا گردش جریان هوا برای رقیق سازی غلظت الاینده‌های هوا صورت پذیرد. ۵- فرم شیاردار برای نمای جداره تصفیه‌کننده هوا به عنوان حالت بهینه انتخاب شد، در این حالت سرعت جریان هوا بر روی نمای جداره تصفیه‌کننده هوا در جهت موافق باد، تحت مکش و فشار ایجاد شده به سمت بالا افزایش یافته و عمل گردش و افزایش سرعت جریان هوا برای رقیق‌سازی آلاینده‌های هوا صورت می‌پذیرد. جنس این پنل‌های منحنی شیاردار از دی‌اکسید تیتانیوم است.

درصورتی که تمام متغیرهای پیشنهادی از این ۵ حالت پیروی کنند، بهینه‌ترین حالت خود را براساس نتایج شبیه‌سازی‌ها خواهند داشت. باید توجه داشت که میزان تاثیرگذاری متغیرها به یکدیگر وابسته بوده و همه این

متغیرها درکنارهم یک سیستم واحد را تشکیل و هدف خاصی را دنبال می‌کنند، در صورتی که عملکرد یکی از اجزا (متغیرها) مختل شود، نمای جداره تصفیه‌کننده هوا کارایی و بهره‌وری مناسب را نخواهند داشت.
براساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی و لحاظ‌کردن آن‌ها در فرآیند طراحی، نمای جداره تصفیه‌کننده هوا مطابق تصویر ۹ خواهد بود.



تصویر۹. Section Box نمای جداره تصفیه‌کننده هوا (نگارندگان)

پی‌نوشت

۱) Ventilation
۲) Cavity.

۳) CFD=Computational Fluid Dynamics.
۴) Climate consultant
۵) https://energyplus.net/weather-download/asia_wmo_region_2/IRN//IRN_Tehran-Mehrabad.407540_ITMY/IRN_Tehran-Mehrabad.407540_ITMY.epw.
۶) DesignBuilder v6.1.0.6- http://www.designbuilder.co.uk.

فهرست منابع

- انصاری‌منش، مریم و نصراللهی، نازنین.(۱۳۹۷). ***تعیین محدوده مناسب دی‌اکسیدکربن در جهت بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل ساختمان‌های اداری شهر کرمانشاه. نقش جهان*** - *مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی*،۸ (۱)، ۱۵-۹.
- باستان فرد، متین.(۱۳۹۷). ***کنترل آلودگی هوا توسط پوسته های زیست مبنا (راهکاری برای کنترل آلودگی هوای شهر تهران).*** *نشریه باغ نظر*، ۱۵(۶۵)، ۲۵-۴۰.
- حیدری، شاهین و مطلایی، ساناز.(۱۳۹۷). ***مدل‌سازی دیواری با قابلیت تنفس برای جذب آلاینده‌های داخلی در اتاق نشیمن یک منزل مسکونی با الهام از فضاهای بافر در معماری سنتی اقلیم گرم و خشک ایران.*** *نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی*، ۸ (۱) ،۷-۱.
- حسین پور ستوبادی، محمد امین.(۱۳۹۸). ***بررسی عوامل موثر بر بهبود رفتار حرارتی نماهای دوپوسته در اقلیم شهر تهران و طراحی یک ساختمان اداری با نمای دوپوسته***. استاد راهنما : دکتر حمید قنبران، اساتید مشاور : دکتر محمدرضا حافظی ، دکتر باقر حسینی، پایان نامه کارشناس ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی ،دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران.
- خداکرمی، جمال و نوری، شهلا و منصوری، رضا.(۱۳۹۹). ***تاثیر فرم هندسی ساختمان‌های بلند بر پراکنش ذرات معلق و آلودگی هوا در محیط پیرامون آن‌ها.*** نقش جهان - *مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی*، (۳) :۲۰۳-۱۹۳.
- کشاورز، زهرا و تابان، محسن و مهرکی زاده، محمد.(۱۳۹۶). ***بهینه سازی تهویه طبیعی در نمای دوپوسته راهرویی نمونه موردی ساختمان اداری در شیراز.*** *معماری و شهرسازی پایدار، ۵(۱)*:۱۵-۲۸.
- سیادتی، فریال سادات و فیاض، ریما و نیکقدم، نیلوفر. (۱۴۰۰). ***بهینه سازی عملکرد حرارتی نمای دو پوسته تیپ جعبه ای با تهویه طبیعی در فصل تابستان در شهر تهران.*** *معماری اقلیم گرم و خشک*.۹(۱۳):۱۷۵-۱۵۵.
- هود، سیده‌دل‌افروز و محمودی زرندی، مهناز و کامیابی، سعید.(۱۳۹۹). ***دستیابی به اصول طراحی نماهای دوپوسته با تاکید بر ایجاد تهویه دودکشی در اقلیم گرم و مرطوب.*** *نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی*. ۱۰ (۲) :۱۱۹-۱۰۹.

- Abbaspoor, Mohamad.& Behjo, Ali.(2000). ***Air pollution concentration around tall buildings,*** *international Journal of Environmental Studies*, 26(25), 1-10.

- Arons, Daniel. (2000). ***Properties and Applications of Double-Skin Building Facades***. *MSc thesis in Building Technology, Massachusetts Institute of Technology* (MIT), USA. Web address: http://libraries.mit.edu/doc.
- Albertoa, André & Nuno, Ramosa & Ricardo, Almeida. (July 2017). ***Parametric study of double-skin facades performance in mild climate countries***, *International Journal of Building and Engineering* 12(2), 87-98. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.05.013.
- Compagno, Andrea.(2002). ***Intelligent Glass Facades*** (5th revised and updated edition). *Berlin: Birkhäuser.*
- Darkwa Jo, et al. (2014). ***Heat transfer and air movement behavior in a double-skin façade***, *Journal of Sustainable Cities and Society*:10(4), 130-139. DOI:10.1016/J.SCS.2013.07.002.
- He, Li & Ke, Zhong & Zhiqiang, (John) Zhai**.** (2020) ***A new double-skin façade system integrated with TiO2 plates for decomposing BTEX***, *International Journal of Building and Environment*. 180(22), 320-332, :107037. https://doi.org/10.1016/j.buildenv..107037.
- Ji, Yingchun. et al .(2008). ***CFD modeling of naturally ventilated double-skin facades with Venetian blinds***, *International Journal of Building Performance Simulation*, 1(3), 196-185, https://doi.org/10.1080/19401490802478303.
- Kuzmichev, Andrey & Loboyko Vologra**.** (2016). ***Impact of the Polluted Air on the Appearance of Buildings and Architectural Monuments in the Area of Town Planning***, *International Conference on Industrial Engineering, ICIE* 2016 Available.12(5),143-150 online, a t, www.ScienceDirect.com,December2016Procedia,Engineering 150:2095,2101, DOI:10.1016/j.proeng.2016.07.244.
- Kim, Gon. & Schaefer, Loura. & Tai Kim, Joy. (2013)**.** ***Development of a Double-Skin Façade for Sustainable Renovation of Old Residential Buildings,*** *International Journal Indoor and Built Environment*, 22;1:180–190, https://doi.org/10.1177/1420326X12469533.
- Lignarolo, L E . & Lelieveld C.M.J.L. (2011).***Shape morphing wind-responsive facade systems realized with smart materials***, *International Conference, London, UK*, March 3-5,.(2011-12-31). http://resolver.tudelft.nl/uuid:be165d55-9acb-4f1a-9cc1-5685d33676f1.
- Matour, Souha**.** et al**. (**June 2021)**.***Wind-driven ventilation of Double Skin Façades with vertical openings: Effects of opening configurations*, *International Journal of Building and Environment*, 196(25)**,** 107804-107820. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107804.
- Norvaišienė, Rack**.** et al.(2003).**Climatic and Air Pollution Effects on Building Facades**. *Journal of Materials Science*;9(1):102–105. https://matsc.ktu.lt/index.php/MatSc/article/view/26686/13755
- Oesterle, et al. (2001). ***Double Skin Facades – Integrated Planning***. Prestel Verlag: Munich, Germany.
- Poirazis, Harris. (2004), ***Double Skin Façades for Office Buildings*** *Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design*. Lund University, Lund Institute of Technology, Lund 2004.
- Qureshi, Zahid Iqbal & Chan al**. (**2016) ***Pedestrian level wind environment assessment around a group of high-rise cross-shaped buildings: Effect of building shape, separation, and orientation***. *International Journal Of Building and Environment*; 10(1):45- 63.
- Sadat Sadrolgharavi, tina & Mahdavinejad Mohamad Javad (2018) ***The Form of Residential Buildings on Local Winds: Air Pollution Reduction***, *International*).53-64, [English] Available from https://ijaud.srbiau.ac.ir/article.

- Shrestha, Prateek & et al**.** (December 2021). ***Multizonal modeling of SARS-CoV-2 aerosol dispersion in a virtual office building,*** *International Journal of Building and Environment*, 206(10)108347. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108347.
- Shrestha, Mishan**.** et al **.**(September 2021). ***An investigation on CO_2 concentration based on field survey and simulation in naturally ventilated Nepalese school buildings during summer,*** *International Journal of Building and Environment*, In Press, Journal Pre-proof, 207(1):224-236 https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108405.
- Torre , Se de la & Yousif , Charles**.** (2014). ***Evaluation of chimney stack effect in a new brewery using Design Builder-Energy Plus software,*** *6th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-14*, Energy Procedia 62(12):235-230. https://doi.org /10.1016/j.egypro.2014.12.384.
- Tae Seok, Ho & et al**.**(2008). Establishing the Design Process of Double-Skin Façade Elements through Design Parameter Analysis, ***Journal of Asian Architecture and Building Engineering***, 8(1):251-258, https://doi.org/10.3130/jaabe.8.251.
- Tao, Yao & et al.(2020).***Ventilation performance of a naturally ventilated double-skin façade in buildings.*** *Journal of Renewable Energy*: 167(35): 184-198. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.073.
- Yu ,Ye & et al **.(** 2017). ***Air pollutant dispersion around high-rise buildings under different angles of wind incidence.*** *International Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics*,16(7), 51-61. https://doi.org/doi:10.1016/j.jweia.2017.04.006.
- Zhao Xingwang & et al**.**(15 June 2018***).*** **Optimal design of an indoor environment by the CFD-based adjoint method with area-constrained topology and cluster analysis,** *International Journal of Building and Environment*, 138(18):171-180. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.033.
- Zhivov Alexander & et al**.(** 2020) ***Principles of air and contaminant movement inside and around buildings***, *Journal of Industrial Ventilation Design Guidebook (Second Edition)*,1(23): 245-370. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816780-9.00007-1.