

## تأثیر نمای دوپوسته بر تهویه طبیعی در ساختمان‌های اداری در اقلیم معتدل و مرطوب؛

### نمونه موردی: ساختمان اداری شبیه سازی شده در شهر رشت

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۸

کد مقاله: ۲۲۱۵۲

محمدعلی رحیمی<sup>۱\*</sup>، سمانه ایزدی زمان آبادی<sup>۲</sup>

#### چکیده

یکی از موضوعات مهم در طراحی ساختمان‌های اداری توجه به ایجاد شرایط آسایش حرارتی با استفاده از روش‌های غیر فعال طراحی است. راهکارهایی که در این زمینه بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد استفاده از نماهای دوپوسته در این ساختمان هاست. تعیین شرایط مناسب برای پوسته ساختمان متضمن دریافت مناسب نور طبیعی و بهره‌مندی از تهویه طبیعی در پوسته ساختمان و در فضاهای داخلی است. نماهای دوپوسته، امکان تهویه طبیعی را فراهم می‌آورد. دوپوسته شدن نمای ساختمان اداری امکان تنظیم گرما، سرما، نور، باد و همچنین سر و صدای بیرون را می‌دهد، به طوریکه راحتی و رفاه کاربران را بدون اتلاف انرژی تأمین می‌نماید. بدین منظور در این مقاله با توجه به عمق پوسته دوم، به کمک نرم افزار دیزاین بیلدر به مدل‌سازی و بررسی عددی نتایج دوپوسته شدن نما در منطقه معتدل و مرطوب رشت با هدف دستیابی به مؤلفه‌ی عمق نمای دو پوسته ساختمان با تأکید بر عملکرد بهینه تهویه طبیعی با استفاده روش توصیفی-تحلیلی پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد دوپوسته شدن نمای ساختمان اداری به افزایش بهره‌گیری از تهویه طبیعی کمک کرده و استفاده از این فناوری در جهت کاهش استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع مکانیکی و رسیدن به دمای آسایش اثرگذار خواهد بود.

واژگان کلیدی: نماهای دو پوسته، تهویه طبیعی، اقلیم معتدل و مرطوب، شهر رشت

۱- استادیار گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران (نویسنده مسئول)

۲- دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

بحران انرژی، افزایش آلودگی و اثر نامطلوب کاهش منابع مصرف انرژی بر آسایش متصرفین فضا، نیاز به استفاده از راهکارهای طراحی برای کاهش مصرف منابع انرژی و افزایش سطح آسایش مخاطبان را افزایش داده است. راهکارهایی که عمدتاً تحت این عناوین شناخته شده‌اند می‌کوشند با افزایش بهره‌وری، کاهش نیاز به مصرف، حداکثر استفاده از انرژی و شرایط محیط طبیعی و استفاده از قوانین فیزیکی شرایط آسایش را در مدت زمان بیشتر و بهره‌گیری کمتر از انرژی‌های تجدیدناپذیر جبران کنند. با پیشرفت سریع تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه استفاده از وسایل برقی و مکانیکی برای تهویه فضاهای مختلف رو به افزایش است که این امر هزینه زیادی را به همراه دارد. ساختمان‌های اداری که از لحاظ وسعت و تعداد در سطح کشور قابل توجه می‌باشند از جمله ساختمان‌هایی هستند که تهویه نقش مهمی را در آنها ایفا می‌کند. با توجه به شرایط کنونی در امر اقتصاد و انرژی، استفاده از انرژی باد به عنوان انرژی تجدید پذیر، جهت افزایش میزان آسایش در داخل ساختمان‌ها، امری ضروری به نظر می‌رسد. تهویه طبیعی یکی از ارزان‌ترین روش‌های تهویه می‌باشد که با ایجاد جریان هوا در داخل ساختمان صورت می‌پذیرد. شهرستان رشت در استان گیلان و در اقلیم معتدل و مرطوب قرار دارد. از آن جایی که این شهر در اکثر روزهای سال دارای رطوبت بالایی می‌باشد، ایجاد کوران هوا در داخل ساختمان بسیار حائز اهمیت است.

یکی از موضوعات مهم در طراحی ساختمان‌های اداری، توجه به ایجاد شرایط آسایش حرارتی با استفاده از روش‌های غیرفعال طراحی است. یکی از راهکارهایی که در این زمینه بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد استفاده از نماهای دوپوسته در این ساختمان‌هاست. تعیین شرایط مناسب برای پوسته ساختمان اداری متضمن دریافت مناسب نور طبیعی و بهره‌مندی از تهویه طبیعی در پوسته ساختمان و در فضاهای داخلی است (کشاورز، ۱۳۹۶). کارایی نماهای دوپوسته به عوامل زیادی بستگی دارد. این عوامل شامل نوع و کاربری ساختمان، چگونگی عایق‌بندی نمای ساختمان، نسبت بین سطوح شفاف و کدر پوسته داخلی، مکان‌یابی سایه-اندازها بین لایه بیرونی و درونی، کیفیت ابعاد بازشوی نمای دوپوسته، تعداد جداره‌های لایه‌های درونی و بیرونی نمای دوپوسته و ... است (Gratia&Deherde, 2004b).

استفاده از نماهای شیشه‌ای به دلیل شفافیت و ارتباط بصری که با بیرون دارد همواره مورد توجه بوده است. شفافیت معمولاً عمده‌ترین دلیل در استفاده از نمای دوپوسته می‌باشد، زیرا این امکان را به کاربران می‌دهد تا ارتباط نزدیکی با محیط بیرون از ساختمان داشته باشند (Baldinelli, 2009). علاوه بر شفافیت، جذابیت بصری این نماها، دریافت نور طبیعی و همچنین به نمایش گذاشتن نمایی یکپارچه از بنا از دیگر ویژگی‌های این نوع نما می‌باشد (Gratia&Deherde, 2007). اما نماهای شیشه‌ای عامل ایجاد پدیده گلخانه‌ای است که باعث افزایش بسیار زیاد حرارت در ساختمان‌های اداری می‌شود. در کنار این موضوع، ظهور وسایل الکترونیکی از جمله لامپ‌ها، رایانه‌ها باعث افزایش دمای ساختمان‌های اداری شده است (Gratia&Deherde, 2004a). همین امر موجب افزایش مصرف انرژی جهت دستیابی به دمای آسایش شده، در نتیجه هزینه‌های ساختمان بالا می‌رود.

کاربرد نماهای تمام شیشه‌ای دوپوسته در ساختمان، مستلزم مدل‌سازی دقیق عملکرد آنها به خصوص در شرایط گرم سال است. از ابتدایی‌ترین پژوهش‌های انجام شده در مورد نماهای دوپوسته تا کنون، تهویه فضای بین دو پوسته برای پیشگیری از برافروختگی<sup>۱</sup> در فصل تابستان ضروری دانسته شده است (Gratia&Deherde, 2004 a; Schittich, 2001; Wigginton, 2001; Oesterle et al, 2001; Harris, 2002). این تهویه می‌تواند به صورت طبیعی، با استفاده از فن یا به صورت تلفیقی انجام گیرد؛ اگرچه تنها راه پیشگیری از برافروختگی، تهویه فضای بین دوپوسته نیست. گراشیا و هرده، برای کاهش خطر برافروختگی نمای دوپوسته در فصل تابستان، توجه به تعداد و ابعاد دریچه‌های تهویه، استفاده از شیشه‌های رنگی یا انعکاسی و استفاده از پرده‌های کرکره‌ای بین دو پوسته را توصیه کرده‌اند (Gratia&Deherde, 2004b).

از آنجایی که آب و هوای اقلیم معتدل و مرطوب در اکثر روزهای سال دارای رطوبت ۹۹-۱۰۰ درصد می‌باشد، یکی از مهمترین اهداف پژوهش در این اقلیم، به حرکت در آوردن رطوبت راکد داخل فضاها به منظور برقراری آسایش حرارتی مناسب برای افراد استفاده کننده از آن فضا می‌باشد. برای دستیابی به بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های اداری همانطور که اشاره شده، از عمق نمای دوپوسته در نماهای دوپوسته جهت کاهش مصرف انرژی و بهبود تهویه طبیعی در اقلیم معتدل و مرطوب، استفاده شده است. اساس طراحی ساختمان اداری، فاصله مطلوب عمق نمای دوپوسته با توجه به اقلیم اشاره شده و تأثیر آن در طراحی معماری و استانداردهای مربوطه است.

## ۲- پیشینه پژوهش

در سوابق تجربیات مربوط به استفاده از الگوی نماهای دوپوسته، اولین بار در سال 1849 به گردش مکانیکی هوای گرم و سرد بین لایه های شیشه ساختمان موزه صنعتی بروکسل در زمستان و تابستان اشاره شده است. در 1903 کارخانه‌ای در آلمان برای بهره‌گیری هرچه بیشتر از نور روز و پرهیز از سرما و بادهای شدید منطقه و ساختمان بانکی در اتریش و به دنبال آن ساختمان های متعددی در روسیه و پاریس از این روش سود جستند. سال‌های بعد تا اواخر دهه ۱۹۷۰ پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در بهره

1 Overheating

گیری از این نماها پدید نیامد. پس از آن و به ویژه از دهه ۱۹۹۰ به بعد، در پاسخ به مسئله انرژی، تعداد این ساختمان‌ها به طور فزاینده‌ای رشد کرد (بیرانود ۱۳۹۲).

برخی محققان، رفتار حرارتی فرم و هندسه بازشوها در نماهای دوپوسته را از طریق شبیه‌سازی مطالعه کرده‌اند که این مطالعات عمدتاً در دسته بندی B و C که شامل مناطق سرد و خشک و گرم و خشک (Bwk-Bwh) و گرم و معتدل و سرد و معتدل (cwa-cfa) بوده، انجام شده است. در تحقیقاتی که از شبیه‌سازی استفاده شده، پارامترهای مختلفی در نماهای دوپوسته از جمله پیکره‌بندی نما، جنس شیشه، نوع سایبان‌ها، بهره‌گیری از تهویه طبیعی، عمق فضای حائل و ابعاد بازشوهای تهویه بررسی شده است. در این تحقیقات، عمدتاً تأثیر این عوامل بر تغییرات دما در فضاهای داخلی و حائل و همچنین میزان مصرف انرژی بررسی شده است. تحقیقات محدودی نیز در ایران تأثیر فرم و هندسه بازشو در نماهای دوپوسته را بر مصرف انرژی ساختمان ارزیابی کرده‌اند. یکی از این تحقیقات (قنبران و حسین پور، ۱۳۹۲) گزینه‌های مختلف نمای دوپوسته را روی یک ساختمان اداری در تهران شبیه‌سازی کرده و استفاده از نمای دوپوسته را منجر به کاهش ۱۶ تا ۲۰ درصد مصرف انرژی در ساختمان دانسته‌اند. در تحقیقی مشابه (سراج و دیگران، ۱۳۹۳) تأثیر تعداد لایه‌های شیشه بر مصرف انرژی ارزیابی شده است. همچنین استفاده از نمای دوپوسته به جای نمای شیشه‌ای مرسوم در سوله‌ها و تأثیر این نوع نما بر بارهای حرارتی در تهران برای یک سوله مورد بررسی قرار گرفته است (معرفت، عظیمی و دیگران، ۱۳۸۹). نتایج حاکی از بیشترین کاهش مصرف سالیانه انرژی در سوله‌های دارای نمای دوپوسته رو به جنوب است.

صبوری و همکاران (۱۳۹۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی وجوه عملکرد نمای دو پوسته در جهت تأمین آسایش حرارتی و ذخیره انرژی در ساختمانها" نوشته‌اند: این مقاله با مروری بر موضوع نمای دو پوسته در معماری، ضمن معرفی این نما و چگونگی کارکرد آن، سعی در ارائه دیدگاه جامعی از کارایی مناسب نمای دو پوسته دارد.

افشین مهر و همکاران (۱۳۹۴)، در مقاله‌ای تحت عنوان "تحلیل عددی نماهای دوپوسته برای فصل تابستان" بدین منظور در این مقاله با توجه به تعداد، ابعاد و موقعیت دریاچه‌های روی نما، به کمک نرم افزارهای Fluent و Gambit به مدلسازی و بررسی عددی نتایج دوپوسته شدن نماها در ساختمان‌های مناطق گرم و خشک ایران با هدف بهره‌بردن از تهویه طبیعی در فصل تابستان پرداخته می‌شود. خروجی عددی این نرم‌افزارها نشان می‌دهد دوپوسته شدن نمای ساختمان‌ها به افزایش بهره‌گیری از تهویه طبیعی و بهبود کیفیت هوای داخل کمک کرده و استفاده از این فناوری در جهت کاهش استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع و رسیدن به دمای آسایش‌آور خواهد بود.

حافظی و همکاران (۱۳۹۵)، در مقاله‌ای تحت عنوان "فرایند دستیابی به نمای دوپوسته دارای بهره‌وری مناسب انرژی، نمونه موردی یک ساختمان اداری در تهران" نوشته‌اند. پژوهشگر به این نتیجه رسیده است: بهره‌گیری از جداره‌های ضخیم تر خارجی و مصالح غیرشفاف و بازشوهای کوچکتر مطلوبتر است، امکان بهره‌گیری از پوسته دوم برای کنترل بهتر محیط داخلی است. طبقاً نورگذری، قابلیت تهویه، کنترل شرایط آکوستیکی، و بهره‌گیری از عملکردهای ترکیب این پوسته‌ها از دلایل توسعه و ترویج این ساختار شناخته می‌شود. با پیشرفت نماهای دوپوسته گونه‌های مختلفی شناسایی شد که عموماً در شرایط اقلیمی کشورهای سردسیر به کار بسته شده، ارزیابی، ارتقا و درنهایت در ساختمان‌سازی مرسوم ایشان وارد گردید. لیکن در ایران کمتر به این موضوع پرداخته شده و در نتیجه، اطلاع دقیقی از تیپولوژی بهینه متناسب شرایط اقلیمی شهرهای آن در دست نیست.

دگریکا و همکاران (۲۰۱۵)، در مقاله‌ای تحت عنوان "عملکرد انرژی یک نمای دو طرفه تهویه شده با اقلیم‌های مختلف PCMunder" نشان دادند: در مقاله‌ی حاضر، مزایای بالقوه‌ی یک VDSF نوآورانه با PCM که به صورت آزمایشی تنها برای اقلیم مدیترانه‌ای-اروپایی مورد ارزیابی قرار گرفته، با استفاده از یک مدل عددی به چند مکان تعمیم یافته است، امکانی که نماینده‌ی اقلیم‌های مختلف در سراسر جهان است. ۱۱ شهر با شرایط آب و هوایی مختلف و مناسب برای عملکرد VDSF با استفاده از نقشه‌ی اقلیمی Köppen-Geiger انتخاب شدند. VDSF سه مزیت بالقوه ارائه می‌دهد: خنک‌سازی آزاد، ذخیره‌سازی سرد و جلوگیری از انتشار تشعشع خورشیدی. معلوم شد که دو منطقه‌ی اصلی اقلیمی «گرم میانه» و «برفی» پتانسیل بالایی در خنک‌سازی آزاد دارند. با این حال این پتانسیل در مناطق «خشک» و «استوایی» به جز برازیلیا (Aw) و آنتوفاگاستا (Bwk) بسیار محدود است. مزایای انرژی حاصل از توالی انبارش سرد، قویاً به تابش خورشیدی عمودی و گرمای حاصل از ساختار (تراگسیلایی [transmittance] حرارتی و پل‌های حرارتی) بستگی دارد. پتانسیل این دنباله برای فراهم آوردن یک منبع خنک‌کننده، محدود به مقادیر کمتر از ۱۲ مگاژول/روز است در حالی که خنک‌سازی آزاد می‌تواند مقادیری بیش از ۱۵۰ مگاژول/روز بر حسب منطقه بدست دهد. با این حال، توالی انبارش سرما قادر به خنک‌سازی ۳ یا ۴ ساعته طی زمان پیک تقاضا برای خنک‌سازی ساختمان می‌باشد.

آنجلو و دامبا (۲۰۱۵)، در مقاله‌ای تحت عنوان "مدل سازی تهویه طبیعی در نمای دو پوسته" نشان دادند: در خصوص یک مورد نمای دو-پوسته با تهویه‌ی طبیعی، مقایسه‌ی متقابل بین یک مدل تحلیلی نیمه-تجربی و CFD انجام شده است، که برای آن یک دادگان تجربی گسترده در مقاله موجود می‌باشد. به رغم حساسیت قابل توجه نسبت به رویکردهای مختلف مدل‌سازی، نتایج حاکی است که هر دو مدل برآوردهای معقول و در بعضی موارد حدس‌های بسیار دقیق از هر دوی کمیت‌های محلی و جهانی را تولید می‌کنند. چنین مقایسه‌ی مطلوبی، مشوق تجزیه و تحلیل‌های آتی جهت ارزیابی بیشتر روش‌شناسی‌ها است.

نصرالهی و صالحی، (۲۰۱۵)، در مقاله ای تحت عنوان "افزایش کارایی نماهای دو پوسته در هوای گرم و خشک با استفاده از پارامترهای باد" نشان دادند: طراحی مناسب و همچنین لحاظ کردن پارامترهای اقلیمی باعث می‌شود که نماهای دو-پوسته در هر اقلیمی بسیار مؤثر عمل کرده و چالش‌های مربوطه را کاملاً مرتفع کنند. به منظور مقایسه‌ی پاسخ به شرایط اقلیمی خاص، بعضی از عوامل مهم DSF شامل جهت‌ها، عمق حفره، ارتفاع عملکرد حفره، اندازه و ارتفاع مدخل‌ها در نمای بیرونی، نیازمند بررسی‌های بیشتر هستند. علاوه بر این، به نظر می‌رسد که نیازی به تحقیق بیشتر پیرامون اثرات همزمان جریان باد بر تهویه‌ی طبیعی در داخل حفره با توجه به درجه حرارت و مصرف انرژی وجود دارد. این امر به منظور بهینه‌سازی و انتخاب مناسب مدل جهت توسعه‌ی دستورالعمل‌های طراحی برای DSF در شرایط محیطی متفاوت است.

اسپاستری و همکاران، (۲۰۱۵)، در مقاله ای تحت عنوان "استفاده از سیستم‌های کنترل محیطی پویا (DECS) در حفره‌های پوسته دو طرفه برای صرفه جویی در انرژی" نشان دادند: این تحقیق، توانایی بهبود عملکرد انرژی برای ساختمان‌های DSF را در جایی که DECS به عنوان یک الگوواره مورد استفاده قرار گرفته بود مورد بررسی قرار داد. همانطور که در تحقیق بررسی شده، تأثیر بر بازده بسته به اقلیم مد نظر متفاوت است، که اینها شامل لس‌آنجلس، نیویورک و هوستون بودند. تجزیه و تحلیل ما برای شرایط سخت آب و هوا به عنوان یک راهبرد جهت شناسایی بالاترین پتانسیل صرفه‌جویی انرژی از طریق DECS تهیه شد. این ایام گرم‌ترین و سردترین روزهای یک اقلیم خاص بودند. طی این روزها ساختمان اداری مطابق با هر دو استانداردهای DOE و ASHRAE، دستورالعمل‌ها و زمان‌بندی، فعال و دایر بود. این تحقیق در سطح آزمایشی انجام شد، هرچند مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد انرژی نماهای جنبشی، پویا یا تطبیقی دشوار باقی می‌ماند. تحقیق و توسعه‌ی بیشتر نرم‌افزاری با چنین قابلیت‌هایی ضرورت دارد، زیرا این نوع ساختمان‌ها بیشتر رایج هستند، اما پیش‌بینی دقیق نتایج عملکردی آنها دشوار است. کریمی‌نیا و همکاران، (۲۰۱۶)، در مقاله ای تحت عنوان "کاوش مزایا و چالش‌های نماهای دو-پوسته (DSF) ها" نوشته‌اند: DSF ها به عنوان یک شیوه‌ی صرفه‌جویی انرژی که به طور کلی مورد قبول است، یک گزینه‌ی جذاب برای بهبود عملکرد پایدار انرژی و یک گزینه‌ی شیک معماری برای پوشش‌های ساختمان، در سطح جهانی شایع و گسترده هستند.

مصطفی و همکاران (۲۰۱۶)، در مقاله ای تحت عنوان "نمای دو-پوسته: تکنولوژی بالا در امر بازده انرژی ساختمان،" به این نتیجه رسیده‌اند: مزایای و معایب نمای دو-پوسته (DSF) در توسعه‌های ساختمانی فعلی در مقایسه با نماهای سنتی که گفته می‌شود از نمای سنتی تک-شیشه‌ای گران‌تر است. و سازگارتر با محیط‌زیست کمک می‌کن، که به نوبه‌ی خود با صرفه‌جویی در منابع انرژی ساختمان، موجب کاهش هزینه‌های حفظ و نگهداری آن می‌شود.

لوو و همکاران، (۲۰۱۷)، در مقاله ای با عنوان "یک مطالعه تطبیقی در ارزیابی عملکرد حرارتی یک سیستم دوجداره جدید، یکپارچه با پرده‌های فتوولتائیک" در این مقاله؛ یک نمای دو-پوسته‌ی جدید با پرده‌های PV به عنوان یک دستگاه سایه‌انداز در حفره را ارائه کرد، که این نما تحت عنوان PVB-DSF نامیده می‌شود. این سیستم پوششی به منظور فراهم آوردن عملکردی چندگانه، یعنی تولید انرژی، کاهش نفوذ خورشیدی و کنترل انعطاف‌پذیر روشنایی روز طراحی شده بود؛ مواردی که برای نمای سنتی PV قابل دستیابی نیستند. یک رویکرد تحقیق تطبیقی به منظور ارزیابی عملکرد حرارتی سیستم بکار گرفته شد. شاخص‌های ارزیابی مانند شار حرارتی، مقدار  $k$  و ضریب بهره‌ی خورشیدی پویا (SHGC)، انتقال خورشیدی مستقیم و ضریب گرمای خورشیدی نسبی (RSHGC) جهت فراهم شدن تجزیه و تحلیل جامع‌تری از بهره‌ی خورشیدی استفاده شدند. در این تحقیق تطبیقی اساساً دو بخش اصلی وجود دارد. اول، تأثیرات انواع مختلف تهویه و تنظیمات پارامتر پرده‌ها با استفاده از آزمون میدانی مورد مطالعه قرار گرفتند. دوم، عملکرد حرارتی بهبودیافته‌ی PVB-DSF بوسیله‌ی مقایسه با DSF استاندارد تحت یک سری شاخص‌های ارزیابی، نمایش داده شد.

جیرو و حقیقت، (۲۰۱۸)، در مقاله ای تحت عنوان "مدل‌سازی نمای دو پوسته دارای تهویه-یک رویکرد منطقه‌ای" نوشته‌اند: تأثیر تغییر مقادیر هر پارامتر در طول روز بسیار بیشتر از شب است. افزایش ارتفاع حفره و حضور پرده‌های کرکره‌ای اختلاف دمای داخلی و خارجی را افزایش داد، درحالی‌که افزایش جریان توده داخلی، موجب کاهش اختلاف دمای داخلی و خارجی شد. مدل DSF توسعه داده شده است.

های و استریگا، (۲۰۱۸)، در مقاله ای تحت عنوان "ارزیابی چرخه حیات (LCA) سیستم نمایشی دو پوسته (DSF) با بتن مسلح فیبر برای ساختمان‌های پایدار و انرژی کارآمد در مناطق استوایی" نشان داد: این مقاله یک سیستم نمای دو-پوسته‌ی (DSF) تولیدشده با بتن الیافی تقویت‌شده با عملکرد بالا (HP-G-HyFRC) را به عنوان یک راه‌حل ابتکاری برای کاهش انرژی عملکردی ساختمان‌ها در مناطق حاره پیشنهاد می‌دهد. تست مکانیکی عناصر نما و ارزیابی چرخه عمر جزئی (LCA) با تمرکز بر انرژی پنهان و انرژی عملکردی یک نمونه واحد فعال، جهت ارزیابی خواص مکانیکی و پایداری سیستم انجام شد. نتایج مکانیکی تأیید کرد که HP-G-HyFRC علاوه بر کاهش حجم بتن و خودوزن در حدود ۲۵ درصد، ظرفیت نهایی و سختی DSF پیشنهادشده را نیز نسبت به یک دیوار توپر (SW) تقویت نمود. با یک ماده‌ی چسبنده‌تر، ادغام فیبرها در ترکیب HP-G-HyFRC و حضور پلیمر تقویت‌شده با پشم‌شیشه (GFRP) به عنوان عامل اتصال‌دهنده بین پوسته‌ها، چنین دریافته شد که ساخت DSF بیشتر انرژی‌بر و هزینه‌بر است. علیرغم کمبودها، این استفاده‌ی نوآورانه پتانسیل زیادی در راستای بهبود انرژی عملکردی و کاهش انتشار  $CO_2eq$  طی دوره‌ی طول عمر ساختمان‌ها دارد. مشخص شد که HP-G-HyFRC DSF در مقایسه با نمای توپر معمولی، انرژی عملکردی و انتشار  $CO_2eq$  را حدوداً به میزان ۹،۲ درصد در سال کاهش می‌دهد. تجزیه و

تحلیل هزینه‌ی چرخه عمر نشان داد که هزینه‌ی مواد افزودنی مورد نیاز برای پیاده‌سازی نمای دو-پوسته می‌تواند در ۸,۲ سال اول عملکرد باز گردد. معلوم شد که پر کردن حفره‌ی هوا با پلی‌استایرن انبساطی (EP) [یونولیت] انرژی عملکردی و دوره‌ی بازگشت سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد. نتایج امیدوارکننده، ضامن یک تحقیق عمیق‌تر در مورد این سیستم پیش از پیاده‌سازی احتمالی هنگام ساخت و ساز است.

با توجه به بررسی‌های انجام گرفته و مطالعات بر روی پیشینه تحقیقات صورت گرفته بر روی نماهای دو پوسته می‌توان چنین جمع‌بندی کرد که: در تمامی پژوهش‌های صورت گرفته شرایط اقلیمی (از جمله میانگین و حداکثر دمای ماهانه و سالانه محیط، جهت تابش خورشید و سرعت و جهت بادهای محلی) عامل مهمی در طراحی نماهای دو پوسته بوده است علاوه بر آن به بررسی نقش سایه افکن در تعدیل دما، تاثیر انتخاب‌های طراحی معین، استفاده از پوشش گیاهی، بهره‌گیری از جداره‌های ضخیم تر و .. که به صورت اجمالی بدان توجه شده است. در این پژوهش، پژوهشگران سعی دارند تا با در نظر گرفتن عمق نمای دو پوسته مطلوب‌ترین حالت ممکن در جهت تهویه طبیعی را به دست آورند.

### ۳- تعاریف و مفاهیم پژوهش

#### ۳-۱- نماهای دو پوسته

نمای دو پوسته یک سیستم ساختمانی متشکل از دو پوسته قرار داده شده در بیرونی‌ترین بخش ساختمان است که امکان جریان هوا در حفره میانی این دو پوسته میسر است. تهویه حفره می‌تواند طبیعی، با استفاده از فن و یا مکانیکی باشد. به غیر از نوع تهویه در داخل حفره، مبدا و مقصد سیرکولیشن هوا و کلا استراتژی تهویه مطبوع ساختمان (چ،وی،ای،سی) می‌تواند بسته به نوع شرایط آب و هوایی، نوع کاربری، شرایط محلی احداث پروژه و ساعت‌های بهره‌برداری از ساختمان تعیین شود (Sanjuan et al, 2011). نمای دو پوسته با دارا بودن حداقل دو غشا بین فضای زندگی و محیط بیرون، از سایر نماها متمایز می‌شود. در حد فاصل این دو غشا مسیری برای حرکت هوا تعبیه شده است که تمایز عمده آن از پنجره‌هایی با شیشه دوجداره حرکت هوا از میان نما است. همچنین در فاصله دو غشای نما غالباً از وسایل سایه انداز استفاده می‌شود. تغییر فصول در عملکرد این نما مؤثر است. در طی فصول گرم، هوای دمیده شده در شکاف نما حرارت ذخیره شده در آن را خارج می‌سازد؛ لذا از نظر تئوری، دمای غشای میانی پایین نگه داشته می‌شود و این امر رانش، همرفت و تابش گرما را از سطح شیشه داخلی به فضای زندگی کاهش می‌دهد. و به دلیل آنکه دمای تشعشع فضا کاهش می‌یابد، ساکنان احساس آسایش بیشتری خواهند داشت؛ به بیانی دیگر با گرم شدن هوای داخلی شکاف، اثر مکش قوی‌تر شده و هوای خنک با سرعت بیشتری به فضای داخلی نما کشیده می‌شود و به شیوه‌های پارادوکسی گرمای خورشید به خنک کردن نما کمک می‌کند (Shhriari & karimzadeh, 2012).

#### ۳-۱-۱- طبقه‌بندی نماهای دو پوسته

نمای دو پوسته بر اساس اصول چند لایه‌ای شکل گرفته است. این نماها شامل یک نمای خارجی، یک فضای میانی و یک نمای داخلی است. برای نماهای دو پوست طبقه‌بندی‌های ویژه‌ای بر اساس فرم‌های فضای داخلی و چگونگی عملکرد تهویه در آن‌ها انجام شده است (کلانتری‌مهرجردی، ۱۳۹۴: ۴۱). در جدول شماره (۱) تقسیمات براساس نوع تهویه و در جدول شماره (۲) تقسیمات براساس تقسیم بندی لایه‌ی میانی بین دو پوسته ارائه شده است.

در همه این سیستم‌ها فضای حائل به عنوان عنصر اصلی، تعیین کننده ویژگی‌های دیگر سیستم است و وجود لایه عایق هم در تعدیل دما مؤثر خواهد بود. بنابراین طراحی صحیح فضای حائل در کنترل حرارت و جریان هوا و آلودگی صوتی بسیار مهم است. این فضا بسته به استراتژی‌های طراحی و تجهیزات مکانیکی مورد استفاده می‌تواند به شکل یکپارچه یا در قسمت‌هایی با تفکیک افقی یا عمودی طراحی شود.

**جدول ۱- انواع طبقه بندی نمای دو پوسته بر اساس نوع پوسته (مأخذ: Boake et al, 2003)**

شکل	انواع	ویژگی‌های عملکرد
	حائل میانی	دو لایه شیشه بدون بازشو با فاصله ۲۷ تا ۵۲ سانتیمتر-تهویه مطبوع- هوای خارج از قسمت پایین نمای دوپوسته وارد و از قسمت بالای آن خارج می‌گردد.
	استخراج هوا	دو لایه شیشه با فاصله ۱۲ تا ۲۷ سانتیمتر -هوای داخل نمای دوپوسته علاوه بر هوای خارج با هوای خروجی از فضای داخل، ترکیب شده و از قسمت بالای نمای دوپوسته به صورت طبیعی و یا توسط فن‌ها خارج می‌گردد -تهویه مطبوع
	دو نما	دو لایه شیشه به فاصله ۱۷ تا ۲۷ سانتیمتر-تهویه طبیعی -پوسته‌ی شیشه‌ای خارجی به عنوان محافظی در برابر عوامل محیطی، امکان ورود هوای تازه توسط دریچه‌های داخلی را بدون مشکلات سر و صدا فراهم می‌نماید.
	ترکیبی	ترکیبی از تمهیدات صورت گرفته در نمونه‌های دیگر است اما محدودیتی در انتخاب نوع جنس لایه‌ها وجود ندارد. در بعضی ساختمان‌ها از لایه‌های پوششی و حتی غیر استفاده می‌کنند.

**جدول شماره ۲- تقسیم بندی لایه‌ی میانی نمای دو پوسته (مأخذ: Shhriari & karimzadeh, 2012)**

انواع	ویژگی و عملکرد	شکل
یکپارچه	در این روش ستون‌های عمودی یا افقی بین لایه‌ها وجود ندارد. فضای حائل در سراسر نما به شکل عمودی، پیوسته و ممتد طراحی شود. بدین ترتیب بر اساس اصل بالا رفتن هوای گرم، می‌توان از مزایای اثر دودکشی استفاده کرد.	
کریدوری یا دالانی	فضای حایل در هر طبقه به صورت جداگانه و مستقل از طبقه دیگر تفکیک می‌گردد، که این عامل گرمای بیش از حد طبقات آخر را کاهش می‌دهد.	
محفظه‌های عمودی	فضای حایل با تقسیمات عمودی به فاصله یک یا چند دهانه تفکیک می‌گردد. این سیستم هر چند تهویه طبیعی را به دلیل بهبود اثر دودکشی بهتر انجام می‌دهد اما از نظر حفاظت در برابر آتش سوزی و صدا مناسب نیست و باعث تداخل هوای تازه با هوای آلوده می‌شود.	
پنجره‌هایی جعبه‌ای	این پنجره‌ها دارای یک فریم بازشو به سمت داخل هستند. پوسته خارجی بازشوهایی دارد که اجازه دخول هوای تازه و خروج هوای مصرف شده را می‌دهد. در فضای میانی بین لایه‌های می‌توانند کرکره نصب شود. که موقعیت آن‌ها بسته به شرایط و تهویه فضای پشت خود تنظیم می‌شود.	

### ۳-۱-۲- نمای دوپوسته در اقلیم معتدل و مرطوب

در اقلیم معتدل که خصوصیت بارز آن اعتدال دما، رطوبت زیاد هوا و بارش طولانی است، ساختمان پس از رفع نیاز اولیه، یعنی سرپناه و مأمّن جلوگیری از شداید طبیعت، حتی الامکان باید رطوبت زیادتر از حد آسایش انسان را دور نماید. یعنی بنا باید به طریقی رطوبت هوای اطراف بدن انسان را کاهش می‌دهد و امکان تعریق و تبخیر سطح پوست و در نتیجه کاهش دمای بدن را مهیا سازد. راحت‌ترین راه دستیابی به این امر ایجاد کوران در بناها و دفع هوای مرطوب توسط باد است. برای آن که در یک ساختمان بتوان میزان هوای تازه را در تمام طول سال در حد مطلوب حفظ نمود، وجود تهویه امر ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس محاسبات انجام شده، مصرف سوخت ساختمان‌هایی که به طور طبیعی تهویه می‌شوند تقریباً یک دوم ساختمان‌هایی است که به

طور مکانیکی تهویه می‌گردند یا از سیستم تهویه مطبوع استفاده می‌کنند (امان‌پور وحسنی لیچانی، ۱۳۹۰). با توجه به اینکه فرم ساختمان‌ها در این مناطق از الگوی سنتی خود فاصله گرفته است و از طرفی با توجه به کمبود زمین و حاصلخیز بودن آن در این مناطق نمی‌توان از بلندمرتبه‌سازی روی‌گرداند، لذا باید شرایط آسایش و راحتی را برای کاربران این بناها فراهم آورد. نمای دو پوسته یکی از روش‌هایی است که می‌توان برای این منظور به کار بست. نمای دو پوسته امکان تهویه طبیعی را از طریق مکش هوایی ما بین دو لایه در ضمن کنترل صوت، باد و باران را فراهم می‌آورد. مهم‌ترین ویژگی آن را می‌توان قدرت تطابق آن با نیازهای فصلی دانست، بدین صورت که در فصول گرم ضمن خنک کردن فضای داخلی امکان برقراری این جریان هوا در فضای داخلی را فراهم می‌آورد و همچنین با قرار دادن سایه‌بان‌هایی در شکاف هوا می‌توان میزان ورود نور را کاهش داد. در فصول سرد نیز با بستن دریچه‌های ورود و خروج هوا منجر به گرم شدن هوای داخل شکاف شد. بنابراین نمای دوپوسته امکان استفاده از نور طبیعی، تهویه تغییر، کنترل ورود نور روز، عایق حرارتی و محافظت فضاهای داخلی از نفوذ آب باران را فراهم می‌نماید.

### ۲-۳- معماری بومی اقلیم معتدل و مرطوب (شهر رشت)

معماری بومی به عنوان پیامد توجه به خویشتن مطرح می‌گردد، معماری بومی معرفی شده و درخواستی از فرهنگ و پاسخگویی به نیازها و ارزش‌ها و باورهای جامع خواهد بود (مولانایی و سلیمانی، ۱۳۹۵). بنا بر تعریفی که باولالیو از معماری بومی دارد، معماری بومی، آنگونه از معماری است که از درون جوامع رشد می‌کند و طی زمان خود را با شرایط اجتماعی اقلیمی و فناوری سازگار می‌سازد و تکامل می‌یابد و با ارزش‌ها، اقتصاد و شیوه‌های زندگی فرهنگ‌هایی که مولد آنها هستند سازگار می‌باشند (مولایی و سلیمانی، ۱۳۹۵). معماری بومی بدون لطمه به محیط زیست از کمترین امکانات، بهترین استفاده را کرده‌اند و در پاسخگویی به نیازهای خود دست به کارهای خلاقانه زده‌اند، اما در دنیای مدرن با پیشرفت تکنولوژی و اتکای انسان به آن و توانمندی در بهره‌برداری از منابع لطمات بزرگی به محیط زیست زده است. معماری بومی فقط مجموعه‌ای از سبک‌ها و فرم‌ها نیست و حتی کاملاً با شرایط اجتماعی و اقتصادی خود را مشخص نمی‌کند، بلکه مجموعه‌ای از آن‌هاست. به طور کلی معماری بومی بر گرفته از ویژگی‌های محیطی در جهت رفع نیازهای انسانی در محیط است (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۳). دانش بومی بخشی از ثروت و سرمایه‌های ملی است. اما معماری بومی در این شهر این گونه تعریف می‌شود: خانه‌هایی بومی با سقف‌های شیب‌دار بر روی اتاق‌ها در مجاورت ایوان‌های عریض سرتاسری و نیز با پنجره‌هایی در جبهه‌ی جنوبی (خاکپور، ۱۳۸۶). مصالح ساخت و ساز در گیلان که ناشی از شرایط زیست محیطی است نه تنها ظاهری متفاوت به بناهای این ناحیه داده است. بررسی این روش‌های ساخت به منظور شناخت یکی از گونه‌های معماری همساز با طبیعت، ما را به تکامل انسان و محیط پیرامون خود رهنمود می‌سازد.

### ۲-۳-۱- نگرش شکلی و اقلیمی

#### خانه‌های رشت

تفکیک ساختاری بناهای مسکونی شهری و روستایی به طور کامل امکان پذیر نمی‌باشد. همان طور که امروزه معماری شهرها به روستا رسوخ کرده، معماری شهری نیز از روستاهای مجاور الهام گرفته است. حال در نگاه کلی به بناهای برجای مانده در بافت قدیم شهرها، بیش‌تر متعلق به افراد مرفه و یا متوسط شهر بوده و با دقت در آن‌ها می‌توان به چهار غالب متفاوت دست یافت. و نکته‌ی قابل ذکر این است که ایوان همانند اتاق نقشی اساسی در حیاط مسکن دارد و بدون آن، بنای مسکونی در رشت فاقد کارایی است (Baghaei Daemei et al, 2018). و با بررسی‌های انجام شده می‌توان به چهار الگو در این خانه‌ها دست یافت:

- الگوی اول: فضای بسته و مسکونی در منتهی‌الیه شمالی زمین قرار گرفته و نور اتاق‌ها را ایوان جنوبی تامین می‌کند.
- الگوی دوم: با یک ردیف اتاق که از شمال و جنوب با یا بی واسطه ایوان و فضاهای نیمه باز تامین نور تهویه می‌کند.
- الگوی سوم: دارای ایوان سرتاسری شمالی بوده و در جنوب ایوان شمالی، دو ردیف از اتاق‌ها قرار گرفته‌اند.
- الگوی چهارم: که در خانه‌های بافت قدیم شهر رشت مشاهده می‌شود. گونه‌ای است که دارای دو ردیف اتاق در منتهی‌الیه شمالی زمین، فاقد ایوان یا حیاط شمالی است. اتاق‌های جنوبی از پنجره‌های جنوبی با ایوان این جبهه، نورگیری می‌کنند (مانند پستو).

در بسیاری از بناهایی که از جهت جنوب می‌توانند با معبر اصلی ارتباط داشته باشند، حیاط جنوبی حذف گردیده و روزن‌های ساختمان مستقیماً به معبر باز می‌شوند. تناسبات پنجره‌ها در ۹۰ درصد موارد عمودی و با نسبتی نزدیک به ۲/۵ است (پاران و مهرانفر، ۱۳۹۲). چند خانه از شهر رشت که تحت تاثیر عوامل گوناگونی چون خصوصیات اقلیمی، وضعیت اجتماعی و فرهنگی، ویژگی‌های اقتصادی و مصالح مناسب و در دسترس را بر بناهای مسکونی شهری بودند مورد ارزیابی قرار گرفتند، نتایج نشان می‌دهد تاثیر اقلیم از دیگر عوامل واضح‌تر است. جهت‌گیری بناها در این اقلیم به صورت شرقی-غربی می‌باشد و جهت ایجاد کوران بهتر هوا

ایوان‌ها در این دو جبهه فرو رفته‌اند. قرارگیری بازشوهای متعدد در روبروی هم جهت ایجاد کوران هوا در نظر گرفته شده بود. نکته حائز اهمیت در طراحی این خانه‌ها نسبت سطح نما به نمای کل ساختمان است که (۱:۳ و ۱:۲) در نظر گرفته شده است؛

همچنین عمق ایوان که (۵,۴۵، ۳,۶، ۶,۰۰ و ۲,۹۰) بودند و در انتها نسبت عمق پلان به عمق ایوان مورد ارزیابی قرار گرفت که (۱:۳ و ۱:۲) به دست آمد. تمامی عوامل نشان دهنده تأثیر عمق ایوان در جهت تهویه طبیعی ساختمان است.

از بهترین روش‌های اقلیمی جهت تنظیم شرایط محیطی در این منطقه، به کارگیری جریان هوا و باد جهت تهویه‌ی هوای ساختمان می‌باشد، که به منظور کاهش رطوبت هوا صورت می‌گیرد. به این ترتیب ساختمان‌ها در این اقلیم تا حد ممکن در ارتفاع و از دو یا چهار طرف باز و به صورت برون‌گرا بنا می‌شوند. همچنین جهت‌گیری ساختمان‌ها در این منطقه، به منظور استفاده از بادهای مطلوب شرقی و شمال شرقی در تابستان و کاهش اثر بادهای نامطلوب شمال غربی و همچنین بهره‌گیری از نور مطلوب آفتاب، در راستای شرقی-غربی می‌باشد. فرم سقف‌ها نیز متأثر از شرایط اقلیمی خاص منطقه می‌باشد. به طوری که به دلیل بارندگی مدام، سقف‌ها به صورت شیب دار (دو یا چهار شیبه زیاد) در جهت هدایت آب باران به خارج از ساختمان شکل گرفته‌اند.

اتاق‌ها در این منطقه در لایه‌ی دوم دسترسی قرار دارند، بطوری که ایوانی دور تا دور بنا و یا حداقل در جبهه‌ی جنوب و شرق به صورت غلام‌گرد قرار می‌گیرد. این فضای نیمه باز ضمن اینکه مانع از رسیدن باران به دیوارهای اتاق‌ها می‌شود، در تابستان نیز مانع از رسیدن آفتاب و گرمای شدید به اتاق‌ها شده و ایجاد سایه می‌کند. با توجه به بالا بودن آب‌های سطحی در این منطقه، به دلیل نزدیکی به دریا و همچنین رطوبت زیاد هوا، امکان نفوذ رطوبت از سطح زمین به کف ساختمان وجود دارد و این مسأله به اندازه‌ی نفوذ آب باران به ساختمان حائز اهمیت می‌باشد. لذا برای جلوگیری از نفوذ رطوبت از این طریق به بنا، ارتفاع کف ساختمان بالا تر از سطح زمین اجرا می‌شود، این ویژگی خود باعث ایجاد جریان هوا بین زمین و کف ساختمان و قطع امکان نفوذ رطوبت می‌شود. همچنین با بالاتر رفتن ارتفاع ساختمان، امکان بهره‌گیری از سرعت و جریان باد بیشتر به منظور تهویه‌ی فضاها فراهم می‌شود. از راهکارهای معماری اقلیمی در این منطقه می‌توان به عوامل زیر اشاره کرد:

به کارگیری جریان هوا و باد جهت تهویه‌ی ساختمان، مقابله با کج باران و جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب در تابستان، ایجاد سایه و در نتیجه ایجاد کوران و نسیم ملایم، ارتفاع گرفتن از سطح زمین به منظور پرهیز از رطوبت، جهت‌گیری ساختمان و فرم مناسب سقف در معماری منطقه سامان‌یابی غیر متمرکز و پراکنده ساختمان‌ها، جهت‌گیری ابنیه به سمت وزش نسیم مطلوب، سد کردن مسیر بادهای نامناسب فصول سرد، کشیدگی در محور شرقی-غربی فرم ساختمان، بهره‌گیری از نور جنوب، استفاده از بام شیب‌دار، استفاده‌ی بهینه از فضای سبز. در نتیجه از نظر صاحب‌نظران، مهمترین هدف اقلیمی در مناطق معتدل و مرطوب مانند رشت، استفاده از جریان طبیعی هوا و به کارگیری بادهای غالب و نسیم‌های محلی به جهت کاهش رطوبت بالای این منطقه می‌باشد.

### ۳-۳- تهویه طبیعی

تهویه‌ی طبیعی، یعنی استفاده از فرآیند جابه‌جایی هوای داخل ساختمان با هوای تازه‌ی بیرون از آن، بدون بهره‌گیری از دستگاه‌های مکانیکی (طاهباز و جلیلیان، ۱۳۹۰). ایجاد کوران در فضاهای داخلی ساختمان، یا به عبارت دیگر، عبور آزادانه و نسبتاً سریع جریان هوا از پنجره‌ای به پنجره‌ی دیگر اتاق، موجب جدا شدن لایه هوای گرم و مرطوب از اطراف بدن ساکنان این فضاها می‌شود و یکی از روش‌های خنک‌سازی فیزیولوژیکی ساختمان است که به ایجاد شرایط آسایش انسان در فضاهای داخلی در مناطق مرطوب منتهی می‌گردد (کسمایی، ۱۳۹۱). تهویه طبیعی فاکتور مهمی در بهبود قابل تحمل بودن و سلامتی محیط‌های درون ساختمانی است که به وسیله نیروی باد یا تهویه یا اغلب به وسیله ترکیب این دو نیز انجام می‌پذیرد (Van Hooff & Blocken, 2012). تهویه طبیعی مبتنی بر سه پدیده اقلیمی سرعت باد، جهت باد و اختلاف دمایی است (Battle McCarthy, 1999). راهکارهای کالبدی ایجاد تهویه طبیعی را از نظر مکان استفاده می‌توان به سه نوع تقسیم کرد: تمهیدات کالبدی در سقف، تمهیدات کالبدی در نما و بدنه ساختمان و ترکیبی از آن دو (CIBSE, 2005). به منظور استفاده از تهویه طبیعی از راهکارهای مختلفی استفاده می‌شود. باد خور، بادخان، دودکش‌های خورشیدی، پنجره‌های تهویه دار در یک طرف یا به صورت دو طرفه نماهای دو پوسته و استفاده از آتریوم بر پایه اثر دودکشی، از جمله راهکارهای متداول برای تهویه طبیعی هستند (Allard & Ghiaus, 2005).

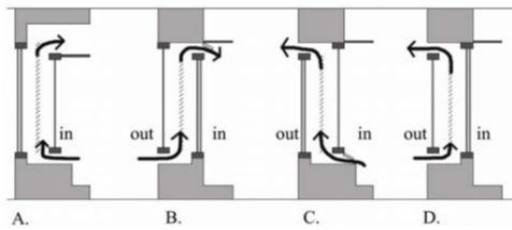
### ۳-۳-۱- طرح مسیر حرکت هوا جهت تهویه

سه نوع روش تهویه برای این نوع نما پیشنهاد شده است:

- هوا از فضای داخل (A - تهویه به داخل ساختمان) نوع بنا به شکاف وارد می‌شود و هوای خروجی از آن به تأسیسات برمی‌گردد. هوای اتاق وارد حفره شده و از بالای غلتک، A در نوع سایه‌بان جریان می‌یابد.
- هوا از داخل بنا یا خارج آن وارد (B و C - تهویه مرکب) نوع شکاف نما شده و از سمت مخالف خارج می‌شود. هوای تازه می‌تواند قبل از ورود به اتاق در C و B برای نوع فصل زمستان به عنوان یک پیش گرم‌کننده عمل نماید. از تهویه مکانیکی استفاده می‌شود که C و A، B در نوع می‌تواند با سیستم‌های تهویه مطبوع در ساختمان جمع شود.
- هوا از فضای بیرون (D - تهویه به خارج ساختمان) نوع به شکاف وارد می‌شود و به بیرون نیز تخلیه می‌گردد. به عنوان تنفس نماهای دو پوسته، معمولاً با تهویه، D نوع طبیعی همراه می‌باشد. از این سیستم می‌توان هوای تازه فضای



داخلی را از طریق پنجره‌ها تأمین نمود. همچنین در شرایط بسته بودن پنجره‌ها، به عنوان یک پوسته عایق، پایداری حرارتی مناسبی را ایجاد می‌کند (Salehi et al, 2011).



شکل ۱- طرح مسیر حرکت هوا، (مأخذ: Taghi & Montazer Motamedi, 2016)

#### ۴. روش تحقیق

در این تحقیق جهت بررسی عملکرد تهویه طبیعی با کاربرد نماهای دوپوسته، از روش شبیه‌سازی استفاده شده است. نخستین گام در روند این تحقیق جمع‌آوری اطلاعات مورد مطالعه است. اطلاعات آب و هوایی شهر رشت به صورت فایلی با فرمت EPW 4 حاوی سوابق آب و هوایی به عنوان بانک اطلاعات آب و هوایی در قالب موتور انرژی پلاس بر روی نرم افزار دیزاین بیلدر برای شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات مربوط به ساختار ساختمان به منظور در نظر گرفتن معیارهای هندسی و سطوح ساختمان و همچنین اطلاعات سایت و جهت‌گیری ساختمان، ساختار نمای ساختمان، مشخصات مصالح، جداول زمانی بهر-مبرداری از ساختمان و... بر مبنای استانداردهای متداول طراحی، گردآوری گردید و در خصوص مشخصات فیزیکی مصالح نیز اطلاعات بر اساس استانداردها و مشخصات ارائه شده در نرم افزار تنظیم شده است. نرم افزار شبیه‌سازی به کار گرفته شده در این تحقیق، نرم‌افزار دیزاین بیلدر نسخه ۴/۵ است.

#### ۴-۱- ساختمان اداری شبیه‌سازی شده

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و معماری ساختمان اداری شبیه‌سازی شده

ویژگی‌های معماری	ساختمان
هندسه پلان	مستطیل
تاسیسات پلان	۱۳
ابعاد پلان	۲۷*۹
چیدمان فضایی پلان	انعطاف پذیر
تعداد طبقات	همکف+۴
مساحت طبقات	۲۴۳
جهت چرخش	شرقی- غربی
نوع اسکلت و هسته	بتنی
تعداد کاربران	۹۰
سطح اشغال کاربران	۸۲۶
ضریب سطح اشغال ساکنین	۰,۱۱
گرمای تولید شده تجهیزات اداری (پرینتر)	۱۱۷ وات بر مترمربع
سطح اشغال کاربران	۰,۱۱ نفر بر مترمربع

جهت بررسی سرعت، دما و الگوی توزیع جریان ورودی و متعاقباً خروجی در نمای دوپوسته و همچنین فضای داخلی در ساختمان با کاربری اداری در شهر رشت، نمای دوپوسته استخراج کننده هوا، مدل و شبیه‌سازی گردید تا میزان سازگاری و تطبیق‌پذیری آن در این اقلیم (معتدل و مرطوب) بررسی گردد. به همین منظور لازم بود جهت سرعت باد غالب منطقه بررسی شود و ساختمان به نحوی در سایت قرار گیرد که بتوان از باد مطلوب و تابش مناسب خورشید بهترین بهره را برد. با توجه به نمودار گلباد شهر رشت جهت باد غالب از سمت غرب در نظر گرفته شد و سرعت جریان نیز ۷ متر بر ثانیه به عنوان سرعت اولیه در نظر گرفته شده است. ساختمان مدل با کاربری اداری و با پلان مستطیل شکل در ۵ طبقه با نمای دوپوسته و یک طبقه پیلوت بدون نمای دوپوسته است. ارتفاع هر طبقه ۴/۰۸ متر و همکف به اندازه ۰/۵۸ متر بالاتر از سطح زمین قرار گرفت. با توجه به شبیه‌سازی‌های اولیه فاصله سانتی‌متر به عنوان مناسب‌ترین گزینه از نظر عملکرد و تهویه در نظر گرفته شده است.

#### ۴-۱-۱- یافته‌های تحقیق

شبیه‌سازی نرم‌افزاری به کمک نرم‌افزار دیزاین بیلدر روی حالات مختلف انتخاب شده جهت دستیابی به میزان عمق بهینه نمای دو پوسته ساختمان اداری در اقلیم معتدل و مرطوب شهر رشت در چهار جبهه اصلی انجام گرفت.

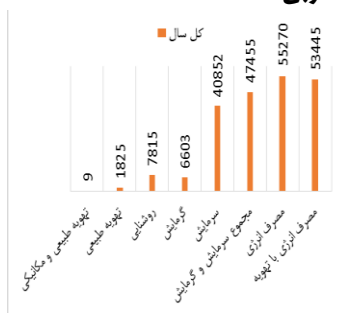
#### ۴-۱-۲- انتخاب نمای دو پوسته در اقلیم معتدل و مرطوب بر اساس نوع پوسته

از بین انواع نمای دوپوسته که بر اساس نوع پوسته طبقه‌بندی شده‌اند، نمای استخراج کننده هوا در اقلیم معتدل و مرطوب شهر رشت برای ساختمان‌هایی که تهویه طبیعی ندارند، مناسب می‌باشد.

#### ۴-۱-۳- عمق نمای دو پوسته

در شبیه سازی صورت گرفته با نرم افزار دیزاین بیلدر عمق نمای دو پوسته از ۲۰cm، ۴۰cm تا ۲۰۰cm مورد بررسی قرار گرفت که در نمودار زیر ایده آل ترین عمق جهت ایجاد تهویه طبیعی برای نمای دوپوسته ارائه می شود:

#### الف- عمق نمای دو پوسته در جبهه غربی



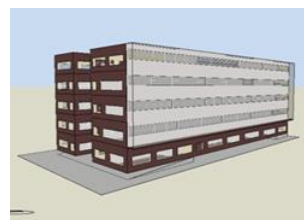
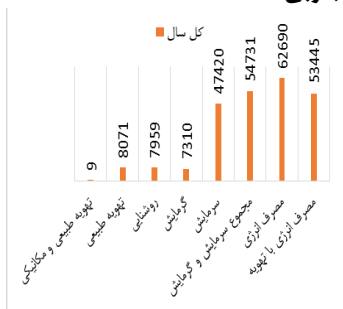
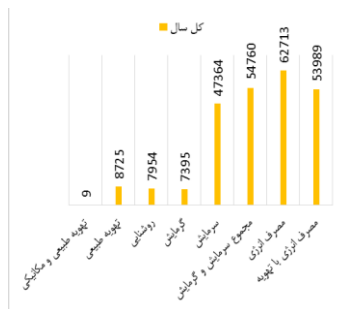
نمودار ۲- عمق ۲۰۰ سانتی متر جبهه غربی

نمودار ۱- عمق ۲۰ سانتی متر جبهه غربی

شکل ۲- جبهه غربی ساختمان

تهویه طبیعی در ساختمان اداری در نمای دوپوسته غربی در عمق ۲ متر بخوبی انجام می شود.

#### ب- عمق نمای دو پوسته در جبهه جنوبی



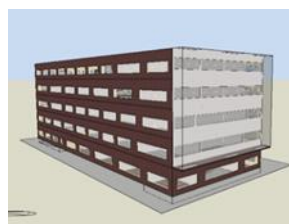
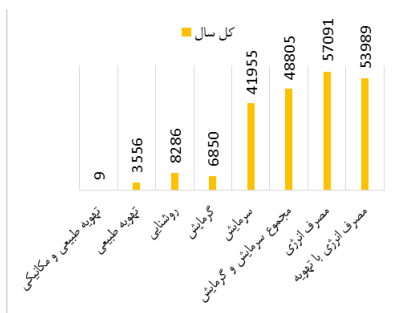
نمودار ۴- عمق ۲۰۰ سانتی متر جبهه جنوبی

نمودار ۳- عمق ۱۴۰ سانتی متر جبهه جنوبی

شکل ۳- جبهه جنوبی ساختمان

در جبهه جنوب در عمق ۱۴۰ سانتی متر نمای دوپوسته تهویه طبیعی متوسط انجام می شود و در عمق ۲۰۰ سانتی متر تهویه طبیعی بیشترین است.

#### ج- عمق نمای دو پوسته در جبهه شرقی



نمودار ۵- عمق ۲۰۰ سانتی متر جبهه شرقی

شکل ۴- جبهه شرقی ساختمان

در جبهه شرقی عمق بهینه نمای دوپوسته ۲۰۰ سانتی متر بدست آمد که افزایش عمق بعد از آن سبب افزایش تهویه طبیعی می شود.

## د- عمق نمای دو پوسته در جبهه شمالی



نمودار ۶- عمق ۶۰ سانتی متر جبهه شرقی

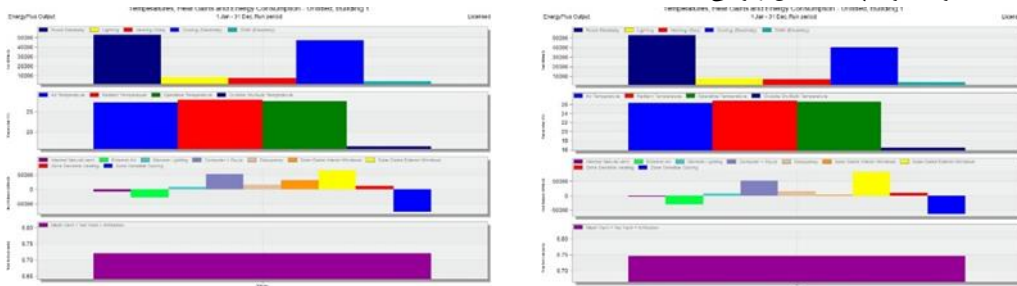


شکل ۵- جبهه شمالی ساختمان

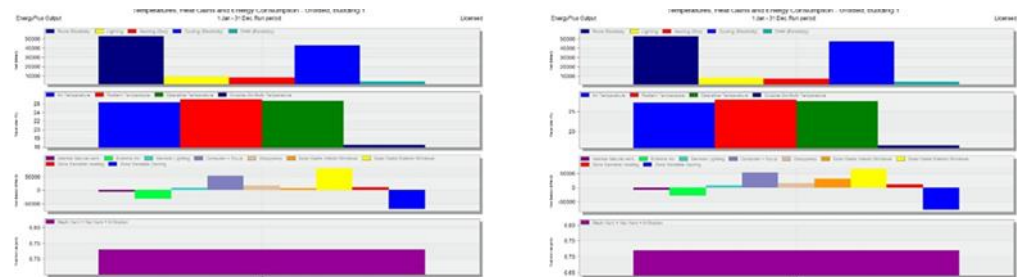
در جبهه شمالی عمق بهینه نمای دوپوسته ۲۰۰ سانتی متر بدست آمد اما بدلیل تفاوت بسیار کم مصرف انرژی که با عرض ۶۰ سانتی متر دارد عرض ۶۰ سانتی متر را برای جبهه شمالی که جبهه وسیعی است در نظر گرفته شد.

## ۴-۱-۳- نتایج

با توجه به داده‌ها به دست آمده در چهار جبهه غربی، جنوبی، شرقی و شمالی با توجه به عمق نمای دو پوسته بهینه‌ترین مدل ارائه شده برای هر جبهه به شکل زیر می‌باشد:



نتایج مطلوب میزان عمق نمای دوپوسته در جبهه جنوبی نتایج مطلوب میزان عمق نمای دوپوسته در جبهه غربی



نتایج مطلوب میزان عمق نمای دوپوسته در جبهه شرقی نتایج مطلوب میزان عمق نمای دوپوسته در جبهه شمالی

## ۵- نتیجه گیری

نمای استخراج کننده هوا که در این پژوهش به کار برده شد؛ این نما از دو پوسته‌ی عایق شیشه‌ای و یک پوسته تک لایه‌ی ثانویه که در داخل آن قرار دارد تشکیل شده بود. فضای هوای بین دو لایه شیشه بخشی از سیستم تهویه طبیعی مطبوع (HVAC) می‌شود. هوای گرم استفاده شده بین لایه‌ها از طریق حفره بالایی با استفاده از فن‌ها خارج می‌شود به این طریق لایه‌ی درونی شیشه سرد می‌شود. در حالی که لایه‌ی بیرونی عایق شیشه‌ای اتلاف انتقال گرما را به حداقل می‌رساند. این سیستم برای ساختمان اداری که صدا، گرمای ایجاد شده توسط کاربران و دستگاه‌ها و نورهای موجود در ساختمان و بو زیاد است بسیار کاربرد داشته و منجر به تهویه طبیعی و ایجاد آسایش کاربران می‌گردد.

۱. امان پور، زهرا، حسنی لیجانی، بابک، "طراحی پایدار ساختمان های مسکونی شهر رشت با رویکرد ایجاد تهویه طبیعی"، اولین کنفرانس ملی عمران و توسعه، ۱۳۹۰.
۲. خاکپور، مژگان، "مسکن بومی در جوامع روستایی گیلان"، نشریه‌ی هنرهای زیبا، شماره ۲۲: ۷۲ - ۶۳، ۱۳۸۶.
۳. طاهباز، منصوره، جلیلیان، ش، "نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان (انرژی باد در معماری) مرکز آموزش علمی- کاربردی"، گروه بین المللی ره شهر(کوییک بیلد)، نشریه ۱۲۹، تابستان، ۱۳۹۰.
۴. کسمایی، مرتضی، اقلیم و معماری، تهران: شرکت خانه سازی ایران، بخش تحقیق، ۱۳۹۱.
۵. کلاتری مهرجردی، نگار، "نماهای دو پوسته، طراحی یکپارچه، رایانه، معماری، ساختمان"، تهران، شماره ۸، ص ۳۸-۴۵، ۱۳۸۸.
۶. مفیدی، سیدمجید؛ فاضلی، مهدی و فلاح، الهام، "الگوهای چیدمان فضا در بناهای آموزشی همساز با اقلیم معتدل و مرطوب Cf"، مجله معماری و شهرسازی ایران، شماره ۷: ۸۳ - ۹۴، ۱۳۹۳.
۷. نصرالهی، عبدالله، افضل، نرگس، "ایوان الگوی پایدار در معماری ایرانی"، همایش ملی معماری، فرهنگ و مدیریت شهری، ۱۳۹۲.
۸. یاران، علی و مهرانفر، ارس، "بررسی تطبیقی شهرهای با اقلیم الگوهای مناسب اقلیمی در بافت‌های مسکونی کم ارتفاع" فصلنامه باغ نظر، دوره، معتدل: واشینگتن دی. سی، ریچموند، ویرجینیاییج، آنتالیا، رشت، سنول و نیگاتا ۱۰، شماره ۲۷: ۳-۱۳۹۲.
9. Boake, Terri Meyer. Harrison, Kate. Collins, David. Chatham, Andrew. Lee, Richard, Understanding the General Principles of the Double Skin Façade System, B.Arch. and M.Arch. Co-authors, 2003
10. Allard, F., and Ghiaus, C. Natural Ventilation in the Urban Environment: Assessment and Design. Uk; Earth scan. 2005.
11. Baghaei Daemei, Abdollah; Malekfarnoud, Mahsa; Asgharzadeh Khorramdarehei, Maryam; Mardani, Hamid; Pilcheshm, Mohsen, Sustainability patterns in vernacular architecture In order to achieve passive design strategies (Case Study: Langroud and Lahijan Residential Houses), International Congress of the Sciences and Engineering of Hamburg, Germany. International Congress in Science & Engineering, Hamburg, Germany. 2018
12. Baldinelli, g., Double skin facade for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system. Building and Environment, vol. 44, pp. 1107-1118, 2009.
13. CIBSE, Natural ventilation in nondomestic buildings. London: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2005.
14. Gratia, E., Deherde, A., The most efficient position of shading devices in a double-skin façade. Energy and Buildings, vol. 39, pp. 364-373, 2007b.
15. Gratia, Elisabeth; De Herde, André; Natural ventilation in a double-skin facade; Energy and Buildings 36: 137-146, 2004a.
16. Gratia, Elisabeth; De Herde, André; Optimal operation of a south double-skin façade; Energy and Buildings 36: 41-60, 2004b
17. Oesterle, E; Lieb, R.; Lutz, M; Heusler, W; Double-skin Facades, Integrated Planning; Prestel Verlag, Munich, p. 207, 2001.
18. Salehi, Majid. Nasrolahi, Nazanin. Khodakarami, Jamal. "Evaluation to implement dual skin façades in hot and arid climate with regards to energy conservation" The first international convention for the latest in energy conservation, Dec. 2011.
19. Sanjuan, M.J. Suárez, M. González, J. Pistono, E. Blanco, Energy performance of an open-joint ventilated facade compared with a conventional sealed cavity facade, Solar Energy 1863-1851 (2011) 85.
20. Schittich, C; Building Skins, Concepts, Layers, Materials; Edition Detail, p. 196, 2001.
21. Shhriari, shahrzad.karimzadeh.ali, "dual skin facades, a new solution in optimum use of energy" The second national convention for sustainable architecture, sama educational and cultural center, Hamedan, Iran, 2012
22. Taghi, Neda. Montazer Motamedi, Somayyeh, "Implementation of dual skin façade and HVAC in high rises" The fifth convention for fuel optimizations in buildings, May, 2016
23. Van Hooff, T., and Blocken, B, Full-scale measurements of indoor environmental conditions and natural ventilation in a large semi-enclosed stadium: possibilities and limitations for CFD validation. J.Wind Eng Ind Aerodyn. PP.330-341, 2012 .
24. Wigginton, M; Harris, J; Intelligent Skins; Gray Publishing, Tunbridge Wells, Kent, p. 176, 2002