



نماهای دوپوسته در طراحی بهینه انرژی

مهناز محمودی زرنندی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

نماهای دوپوسته در طراحی بهینه انرژی

دکتر مهناز محمودی زرنندی
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

نشر علمی و دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی
انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۱۴۰۲

سرشناسه	محمودی، مهناز، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور	نماهای دو پوسته در طراحی بهینه انرژی/ تألیف مهناز محمودی زرنندی.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، نشر علمی و دانشگاهی
	دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	۴۱۷ص. مصور (رنگی).
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۶۴۰۳-۹
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	یادداشت کتابنامه.
	سیستم های توان تپی
موضوع	ساختمان سازی -- صنعت و تجارت -- صرفه جویی در انرژی
	Construction Industry -- Energy Conservation
	نماهای ساختمانی -- طراحی و ساخت
	Facades -- Design and Construction
	ساختمان های پایدار -- طراحی و ساخت
	Sustainable Buildings -- Design and Construction
	انرژی -- استفاده بهینه
	Force and Energy -- Optimization
شناسه افزوده	دانشگاه آزاد اسلامی، نشر علمی و دانشگاهی
	دانشگاه آزاد اسلامی. واحد تهران شمال
رده بندی کنگره	TJ۱۶۳/۵
رده بندی دیویی	۳۳۳/۷۹۶۲
شماره کتابشناسی ملی	۸۴۴۵۴۳۴

نماهای دو پوسته در طراحی بهینه انرژی

نویسنده: مهناز محمودی زرنندی

چاپ اول: ۱۴۰۲

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه آزاد اسلامی

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۶۴۰۳-۹

قیمت: ۲۸۵۰۰۰ تومان



تهران، خیابان حافظ، روبهروی تالار بورس،

ساختمان فرهیختگان، طبقه سوم شرقی

تلفن: ۶۶۳۴۸۰۲۱

همه حقوق این اثر برای

نشر علمی و دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی

محفوظ است.

سخن ناشر

دیرگاهی است که ایرانیان، به‌درستی و رواق، به پیشینه علمی، فرهنگی و تمدنی خویش می‌بالند؛ سابقه‌ای درخشان که در میان مردمان جهان کمتر مشابه و همتایی دارد. تاریخ پرفرازونشیب ایران روایتگر روزگارانی است که تندباد مصائب بی‌وقفه بر پیکر خاک مقدس این کهن‌بوم تازیانه می‌زد، اما دلیرمردان و شیرزنان این خاک از پایمردی و پایداری در مسیر تحقق آرمان‌های تمدنی و فرهنگی اسلام و ایران دست نکشیدند و با نیروی فکر و اندیشه در راه تکامل و ترقی ایران اسلامی گام برداشتند. گاه شداید روزگار از پایشان می‌انداخت، اما دگر بار یا خود به همت و ثبات رأی برمی‌خاستند یا بیرق فرهنگ و تمدن اسلام و ایران را به تالی خویش می‌سپردند.

تلاش‌ها و جان‌فشانی‌ها سرانجام در تحقق آرمان بلند ایرانیان، یعنی استقلال و آزادی، در برقراری نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران به‌بار نشست و آغازی شد بر راهی که ایرانیان به پیشوایی ائمه معصوم^(علیهم‌السلام) و هدایت عالمانه بنیان‌گذار نظام مقدس جمهوری اسلامی، حضرت امام خمینی^(ره)، و رهبر معظم انقلاب اسلامی، حضرت آیت‌الله خامنه‌ای^(دامت‌الله)، در احیای تمدن بزرگ اسلامی ایران در پیش گرفتند.

از همان آغازین سال‌های برقراری نظام جمهوری اسلامی در ایران، تدبیر و تلاش به‌منظور تحقق بخشی از اهداف علمی و فرهنگی انقلاب برعهده دانشگاه نوپای آزاد اسلامی قرار گرفت و اکنون پس از گذشت بیش از چهار دهه، جامعه علمی کشور هم‌چنان از برکات خدمات این دانشگاه، به عنوان بزرگترین دانشگاه حضوری جهان، بهره‌مند است.

بخشی از خدمات علمی دانشگاه آزاد اسلامی در حوزه نشر علمی و دانشگاهی بوده است و به جرت می‌توان گفت سابقه ثبت‌شده دانشگاه آزاد اسلامی در نشر علمی و دانشگاهی، در منظر جهانی هم، کم‌نظیر و حیرت‌آور است. چاپ و نشر کتاب در دانشگاه آزاد اسلامی از همان بدو تأسیس این دانشگاه با مشارکت فعال و پویای واحدهای دانشگاهی و با هدف پاسخگویی به نیاز علمی استادان و دانشجویان دانشگاه آغاز شد و در سال ۱۳۶۸، چاپخانه‌ای نیز به منظور چاپ آثار گسترده دانشگاه افتتاح گردید.

هم‌اکنون، نشر علمی و دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی با چاپ و انتشار بیش از ۱۰ هزار عنوان کتاب علمی و دانشگاهی و تنوع موضوعی بسیار گسترده و بی‌نظیر و دارا بودن بیش از ۵۰ ناشر فعال دارای پروانه نشر از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی یکی از بزرگ‌ترین و فعال‌ترین ناشران دانشگاهی کشور است و انتشار بیش از ۵۰۰ عنوان کتاب جدید در سال گواه این مطلب است.

امید است آنچه به قلم توانمند دانشمندان و اندیشه‌ورزان دانشگاه آزاد اسلامی فراهم آمده و به کوشش نشر علمی و دانشگاهی این دانشگاه به پیشگاه و منظر فخیم و فرهیخته ایرانیان تقدیم می‌شود گامی مؤثر باشد در توسعه علمی، فناوری و فرهنگی کشور، و سببی باشد برای تقویت هویت ملی، اعتماد به نفس علمی، و همت بیشتر برای ادامه راه پیشینیان در پیشرفت دانش و فرهنگ، و احیای تمدن بزرگ شایسته ایرانیان، و نیز آشنایی مردمان دیگر نقاط جهان با ذخایر عظیم دانش که در ایران اسلامی تولید و عرضه می‌گردد.

مجموعه نشر علمی و دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی صمیمانه چشم دارد که این کار سترگ مورد پذیرش جامعه علمی ایران و جهان قرار گیرد و خوانندگان خادمان خود در این مجموعه را از نقد عالمانه و نیز دعای خیر بی‌نصیب نگذارند.

تقدیم به دخترم آتریس

که وجودش توأمان با ایده کتاب در جان و تنم شکل گرفت و با
آمدنش نوشتن کتاب ۵ سال به طول انجامید و با صبوری هر دویمان
این کتاب تمام شد.

با تشکر و قدردانی از همکاری:

مهندس پرواز علیخانی

مهندس نازنین رحیمی

فهرست مطالب

مقدمه	۷
فصل اول: کلیات نماهای دو پوسته	۹
۱-۱- توسعه پایدار و معماری زیست محیطی	۹
۲-۱- پوسته ساختمان و بهره‌گیری از انرژی‌های موجود در طبیعت	۱۳
۳-۱- نماهای دو پوسته (دی اس اف)	۲۰
۴-۱- واژه‌شناسی نماهای دو پوسته	۲۵
۵-۱- معماری هوشمند و نماهای هوشمند	۲۷
۶-۱- سیستم‌های یکپارچه در ساختمان‌های هوشمند	۳۵
۱-۶-۱- سیستم اطلاعاتی	۳۷
۲-۶-۱- مدیریت تسهیلاتی	۳۸
۳-۶-۱- سیستم ایمنی زندگی	۳۹
۴-۶-۱- سیستم مدیریت انرژی	۳۹
۷-۱- نمای هوشمند	۴۵
۸-۱- پیشینه تحقیقات انجام‌شده در ارتباط با نمای دو پوسته	۵۳
فصل دوم: تاریخچه و تعاریف نمای دو پوسته	۵۹
۱-۲- تعریف نمای دو پوسته	۵۹
۲-۲- اجزای کلی نمای دو پوسته	۶۹
۳-۲- اهداف کلی نمای دو پوسته	۷۰

۷۳	۴-۲- تاریخچه نمای دو پوسته.....
۸۸	۵-۲- کارکرد کلی نمای دو پوسته.....
۸۹	۶-۲- طراحی نما برای ساختمان های اداری.....
۹۱	۷-۲- مزایا و معایب نماهای دو پوسته.....
۹۱	۷-۲-۱- مزایای نماهای دو پوسته.....
۹۲	۷-۲-۱-۱- تاثیر نماهای دو پوسته بر سلامت ساکنین.....
۹۴	۷-۲-۱-۲- افزایش شفافیت حجم و ویژگی های بصری آن.....
۹۹	۷-۲-۱-۳- ارتقا کیفیت ظاهری بنا.....
۱۰۲	۷-۲-۱-۴- نقش نما بعنوان مکمل عایق صوتی.....
۱۰۹	۷-۲-۱-۵- افزایش کارکرد سیستم تهویه.....
۱۱۲	۷-۲-۱-۶- نمای دو پوسته و تهویه شبانه.....
۱۱۳	۷-۲-۱-۷- ارتقا نقش نما بعنوان عایق گرمایی.....
۱۱۶	۷-۲-۱-۸- محافظت بهتر از وسایل سایه اندازی و نورپردازی.....
۱۱۶	۷-۲-۱-۹- کاهش اثرات فشار باد.....
۱۱۷	۷-۲-۱-۱۰- صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی.....
۱۱۹	۷-۲-۱-۱۱- تاثیر اجرای نما بر هزینه ساخت و ساز.....
۱۲۳	۷-۲-۱-۱۲- کاهش ضرایب انتقال حرارت سطحی.....
۱۲۳	۷-۲-۲- معایب نماهای دو پوسته.....
۱۲۳	۷-۲-۱- عملکرد نامناسب سیستم با اجزای نادرست نما.....
۱۲۵	۷-۲-۲- انعکاس صدای داخل بنا.....
۱۲۶	۷-۲-۳- هزینه های ساخت و ساز بالا.....
۱۲۶	۷-۲-۴- کاهش حفاظت ساختمان در برابر آتش.....
۱۲۶	۷-۲-۵- کاهش فضای قابل استفاده.....
۱۲۷	۷-۲-۶- هزینه های اضافی نگهداری و کارکرد.....
۱۲۷	۷-۲-۷- سرعت افزایش یافته جریان هوا درون حفره.....
۱۲۷	۷-۲-۸- افزایش وزن سازه.....
۱۲۷	۷-۲-۹- کاهش روشنایی روز.....
۱۲۹	فصل سوم: انواع دسته بندی نماهای دو پوسته.....
۱۲۹	۳-۱- انواع دسته بندی نماهای دو پوسته.....

۱۲۹	۱-۱-۳- گروه اول: دسته بندی نماهای دو پوسته بر مبنای جریان هوا
۱۳۳	۱-۱-۳- سیستم بافر یا نمای محافظ
۱۳۵	۲-۱-۳- سیستم استخراج هوا
۱۳۶	۳-۱-۳- سیستم نمای دو قلو
۱۳۷	۴-۱-۳- سیستم ترکیبی
۱۳۸	۲-۱-۳- دسته بندی نماهای دو پوسته بر مبنای هندسه حفره
۱۳۹	۱-۲-۳- نوع پنجره جعبه ای
۱۳۹	۲-۲-۳- نمای شفت جعبه
۱۴۰	۳-۲-۳- نمای راهرویی
۱۴۰	۴-۲-۳- نمای دو پوسته چند طبقه
۱۴۰	۵-۲-۳- نمای دو پوسته بلند ساختمانی
۱۴۱	۶-۲-۳- نمای دو پوسته بلند طبقه ای
۱۴۱	۷-۲-۳- نماهای دو پوسته جعبه ای
۱۴۲	۸-۲-۳- نماهای لول های
۱۴۲	۳-۱-۳- گروه سوم: نماهای دو پوسته ترکیبی
۱۴۷	۲-۳- انواع دسته بندی نماهای دو پوسته با در نظر گرفتن هندسه و کارکرد
۱۴۸	۱-۲-۳- نمای دو پوسته جعبه پنجره
۱۴۹	۲-۲-۳- نمای شفت
۱۵۲	۳-۲-۳- نمای راهرویی یا کریدور
۱۵۳	۴-۲-۳- نمای چند طبقه
۱۵۶	۳-۳- دسته بندی نماهای دو پوسته بر مبنای چگونگی قرارگیری منافذ و جریان هوا در پوسته
۱۶۱	۴-۳- معیارهای انتخاب نوع نمای دو پوسته
۱۶۲	۵-۳- مقایسه تطبیقی مزایا و معایب انواع مختلف هندسه نماهای دو پوسته
۱۶۵	فصل چهارم: عملکرد حرارتی و برودتی نماهای دو پوسته
۱۶۵	۱-۴- تحقیقات انجام شده پیرامون عملکرد نمای دو پوسته
۱۶۹	۲-۴- آسایش حرارتی
۱۷۰	۳-۴- تهریه در نماهای دو پوسته
۱۷۲	۴-۴- تهریه طبیعی نماهای دو پوسته

۱۷۵	 ۴-۴-۱- تهویه طبیعی
۱۷۸	 ۴-۴-۲- موارد کاربرد تهویه طبیعی
۱۷۸	 ۴-۴-۳- میزان تهویه مورد نیاز
۱۷۹	 ۴-۴-۴- عوامل مؤثر بر عملکرد تهویه طبیعی
۱۸۰	 ۴-۴-۵- تهویه شبانه
۱۸۲	 ۴-۵- نماهای دوپوسته
۱۸۲	 ۴-۵-۱- عملکرد تهویه مکانیکی
۱۸۴	 ۴-۵-۲- موارد کاربرد تهویه مکانیکی
۱۸۵	 ۴-۵-۳- ترکیب نمای دوپوسته و HVAC
۱۸۷	 ۴-۵-۴- روش ترکیبی نمای دوپوسته و HVAC
۱۹۰	 ۴-۵-۵- استراتژی کنترل
۱۹۲	 ۴-۶- عملکرد برو دتی نماهای دوپوسته
۱۹۲	 ۴-۶-۱- الگوی جریان هوا در نماهای دوپوسته
۱۹۲	 ۴-۶-۲- منشأ جریان هوا در حفره میانی نما
۱۹۴	 ۴-۷- عملکرد گرمایی و روشنایی نماهای دوپوسته
۱۹۹	 ۷-۴-۱- تأثیر نماهای دوپوسته در لایه‌های دمایی اتاق و حفره نما
۲۰۴	 ۴-۷-۲- تأثیر شیشه‌های نما در عملکرد گرمایی
۲۰۸	 ۴-۷-۳- اهمیت سایه بان‌ها در عملکرد گرمایی
۲۱۰	 ۴-۷-۴- عملکرد نماهای دوپوسته در فصول گرم و سرد
۲۱۸	 ۴-۸- محافظت در برابر حریق
۲۱۸	 ۴-۹- تحلیل میزان بهره‌وری انرژی نماهای دوپوسته با شبیه‌سازی
۲۲۰	 ۴-۹-۱- عوامل مؤثر در اندازه‌گیری جریان هوای حفره
۲۲۴	 ۴-۹-۲- شبیه‌سازی جریان هوای حفره
۲۲۴	 ۴-۹-۳- رویکرد CFD
۲۲۷	 فصل پنجم: اجزا تشکیل‌دهنده نماهای دوپوسته
۲۲۷	 ۵-۱- اجزا (ساختمان نمای دوپوسته)
۲۳۱	 ۵-۲- حفره
۲۳۸	 ۵-۲-۱- الگوی جریان هوا در حفره

۲۳۸	۵-۲-۲- حفره میانی هوا
۲۴۰	۵-۲-۳- عمق حفره
۲۴۲	۵-۲-۴- ارتفاع حفره
۲۴۳	۵-۲-۵- عرض و پهنای حفره
۲۴۴	۵-۲-۶- جنس حفره
۲۴۴	۵-۳-۳- بازشو
۲۴۴	۵-۳-۱- اصول بازشوها
۲۴۷	۵-۳-۲- بازشوهای نمای داخلی
۲۴۹	۵-۳-۳- بازشوهای نمای خارجی
۲۵۱	۵-۴- انتخاب مصالح
۲۵۳	۵-۴-۱- شیشه
۲۵۷	۵-۴-۱-۱- انتخاب نوع شیشه
۲۶۰	۵-۴-۱-۲- شیشه شفاف یا شیشه با رنگ کم
۲۶۰	۵-۴-۱-۳- شیشه رنگی یا روکش دار
۲۶۱	۵-۴-۱-۴- شیشه نیمه پیش تنیده یا کاملاً پیش تنیده
۲۶۲	۵-۴-۱-۵- شیشه خم و لمینیت
۲۶۲	۵-۴-۱-۶- شیشه با مات کننده
۲۶۲	۵-۵- سایبان
۲۶۵	۵-۵-۱- انواع سایبان
۲۶۵	۵-۵-۲- ویژگی های سایبان متحرک
۲۶۵	۵-۵-۳- ویژگی های سایبان های ثابت
۲۶۶	۵-۵-۴- نقش سایبان
۲۶۷	۵-۵-۵- استراتژی های سایه
۲۶۸	۵-۵-۶- استراتژی های سایبان های بیرون پنجره
۲۶۸	۵-۵-۷- استراتژی سایبان های داخلی پنجره
۲۶۸	۵-۵-۸- طراحی سایبان
۲۸۳	۵-۵-۹- نحوه عملکرد سایبان
۲۸۴	۵-۵-۱۰- تجهیزات سایبان ها
۲۸۷	۵-۶- وسایل روشنایی

فصل ششم: نمونه‌های موردی	۲۸۹
۱-۶- آلمان	۲۸۹
۲-۶- فنلاند	۳۴۲
۳-۶- سوئد	۳۷۳
۴-۶- انگلستان	۳۸۴
۵-۶- بلژیک	۳۹۴
۶-۶- ایالات متحده آمریکا	۴۰۰
۷-۶- استرالیا	۴۰۴
منابع	۴۰۷

مقدمه

صنعت ساختمان تاثیر بسیار زیادی بر صرفه‌جویی انرژی دارد. گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر طبیعت راهکارهای معمارانه جدیدی را نیز می‌طلبد. امروزه طراحی نماهایی که از ابتکار و خلاقیت خاصی بهره‌مند هستند بسیار رواج یافته است و نماهای دو پوسته اگرچه ایده جدیدی نیست اما گرایش رو به رشدی است که در معماری وجود دارد و در عمل استفاده می‌شود. نماهای دو پوسته با مزایایی چون افزایش سلامت و راحتی استفاده‌کنندگان بنا و بهره‌مندی از منابع طبیعی و تجدیدپذیر انرژی کاملاً توجیه‌پذیر می‌باشد. نتایج آنالیزهای حرارتی نماهای دو پوسته نیز نشان از کارایی بهتر و موثرتر آنها برای کاهش مصرف انرژی در مقایسه با بدنه‌های شیشه‌ای دو جداره دارد چرا که این نماها با ایجاد زون حرارتی حائل می‌توانند با طراحی خاص بازشوهایی در بدنه‌ها گرمایش و یا سرمایش ایستا را فراهم کنند. پیچیدگی و همخوانی آن با شرایط آب و هوایی مستلزم یک طراحی دقیق و حساب شده است. با توجه به اینکه استفاده و عملکرد نماهای دو پوسته بر روی پارامترهای مختلف ساختمان اثر می‌گذارد لذا طراحی این سیستم برای عملکرد یک ساختمان بسیار مهم است. طبقه‌بندی نماهای دو پوسته به این دلیل مهم است که می‌تواند بر مراحل طراحی اثرگذار باشد. بعد از انتخاب نوع نما سایر پارامترهای طراحی و فنی مشخص می‌شوند که می‌توانند روی عملکرد و کارایی حرارتی-برودتی سیستم تاثیر بگذارد. مشخص کردن اهداف اصلی اجرای نمای دو پوسته می‌تواند در الزامات عملکردی و طراحی و اجرای آن تاثیرگذار باشد.

کتاب حاضر با هدف معرفی و چگونگی کارکرد و مزایای نماهای دو پوسته و بررسی اجمالی کارهای انجام شده و تحقیقات در حال انجام پایه ای برای شناخت و طراحی و اجرای این سیستم در نظر گرفته شده تا شاید بتواند با آشنا کردن معماران با ساختمان‌های شیشه‌ای با سیستم دو پوسته گامی موثر در جهت معماری پایدار بردارد.

دکتر مهناز محمودی زرنندی

تهران- پاییز ۱۳۹۶

فصل اول: کلیات نماهای دو پوسته

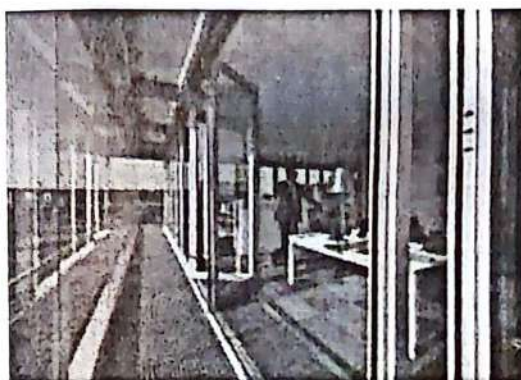
۱-۱- توسعه پایدار و معماری زیست محیطی

تغییرات اقلیمی و تخریب‌های محیطی در عصر ما مستقیماً با فعالیت‌های انسانی مرتبط‌اند و در این میان، ساخت‌وسازها به عنوان فعالیتی انسانی نقش بسیار مهمی در این تغییرها و تخریب‌ها دارد. بار اقتصادی این مسائل برای جوامع صنعتی اولین سؤالی بود که در اتاق فکر رم در ۱۹۶۸ م مطرح شد. در ۱۹۷۲ م، اعضای این گروه گزارش خود را با عنوان "محدودیت‌های توسعه" منتشر کردند که در آن، ایده "توسعه اقتصادی" به صورت آیتی آمیخته با محافظت‌های محیطی آورده شده بود.



تصویر ۱-۱- نمای تمام شیشه‌ای

(Streicher, 2005, P14)



تصویر ۱-۲- راهروی میانی دوپوسته ساختمان

بحران نفت و آگاهی از تبعات زیست محیطی صنعتی شدن که از ۱۹۷۳ م آغاز شد، زمینه‌های شکل‌گیری جنبش‌ها و رویکردهای نوین زیست محیطی را فراهم آورد که "توسعه پایدار" از اهم آن نگرش‌های جدید بود. در ۱۹۸۴ م، سازمان ملل مجوزی به نخست‌وزیر نروژ داد تا تشکلی در رابطه با محیط و توسعه شکل دهد که به تشکل برانتلند معروف شد. کار این تشکل، ارائه گزارشی با نام "آینده مشترک" بود که تحت عنوان بیانیه "توسعه پایدار" شناخته می‌شود. آنچه در این گردهمایی به ثمر رسید، اصول کلی توسعه پایدار بود که در دنیا فراگیر شد.

در ۱۹۹۲ م، کنفرانسی تحت عنوان "همایش زمین ریو"^۱ که کنفرانس سازمان ملل برای توسعه و محیط بود، در برزیل برگزار شد.

در این کنفرانس، روش‌های رسیدن به توسعه بر مبنای نیازهای فعلی و با آگاهی از ریسک‌های محیطی موردتوجه قرار گرفت. این کنفرانس یک پروژه اجتماعی بود با هدف هماهنگی اقتصاد، محیط‌زیست و فاکتورهای اجتماعی بود.

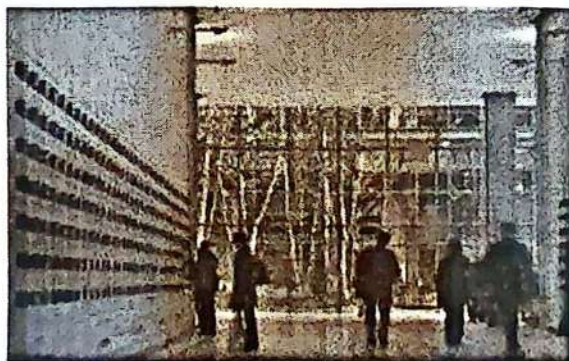
کانسپت توسعه پایدار در این کنفرانس بر مبنای سه اصل زیر تعریف شد:

- بررسی متریا‌های با قابلیت بازگشت به چرخه طبیعت
- توسعه متریا‌های طبیعی و منابع انرژی تجدیدپذیر
- کاهش مصرف انرژی برای استخراج متریا‌های خام اولیه و تولید متریا‌های قابل استفاده و قابل بازیافت.

۱. Rio Earth summit



تصویر ۱-۳- پنجره‌های دولایه سرتاسری



تصویر ۱-۴- ارتباط درون و بیرون بنا با نماهای شیشه‌ای

کنفرانس بعدی در ۱۹۹۶ م در کیوتو برگزار شد که در بیانیه آن علاوه بر فاکتورهای محیطی بر فاکتورهای فرهنگی و اجتماعی نیز تأکید شده بود. بعد از پروتکل کیوتو شرکت‌کنندگان متعهد شدند تا میانگین گازهای گلخانه‌ای را در بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به قبل از ۱۹۹۰ م برگردانند؛ لذا بدین منظور کشورهای صنعتی نیاز داشتند تا در سه حوزه پیشرفت کنند:

- کاهش مصرف انرژی
 - جایگزینی منابع انرژی فسیلی با منابع تجدید پذیر
 - حداقل تولید کربن
- اصول بیانیه ریودوژانیرو با برنامه توسعه قرن ۲۱ که "آگندا ۲۱" نام دارد، مرتبط است. توصیه‌های مطرح شده در برنامه توسعه آگندا ۲۱ عبارتند از:
- حفاظت از اتمسفر زمین

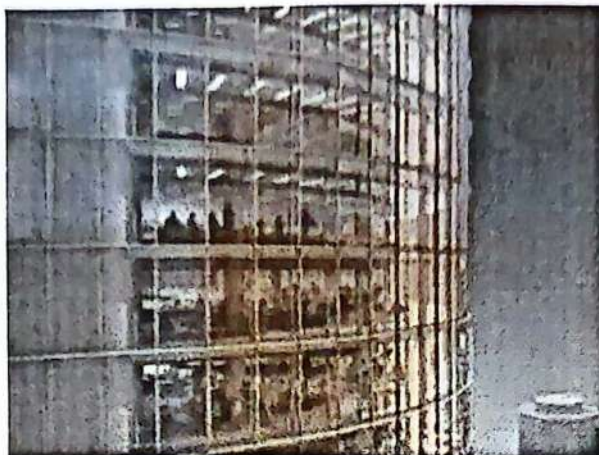
- تلفیق برنامه ریزی زمین با مدیریت زمین
- مبارزه با قطع درختان
- ترویج توسعه پایدار در بافت کشاورزی و روستایی
- حفاظت از تنوع زیستی
- نگاه منطقی به بیوتکنولوژی
- حفاظت از اقیانوس ها و دریاها و مناطق ساحلی
- حفاظت از منابع آب و کیفیت آب
- حفاظت محیط در برابر ضایعات مضر مانند سم ها، مواد شیمیایی، رادیواکتیو و سایر ضایعات خطرناک

در گردهمایی سال ۲۰۰۲ م برای توسعه پایدار که در آفریقای جنوبی شهر ژوهانسبورگ برگزار شد، شرکت کنندگان اصول توسعه پایدار ریودوژانیرو و آگندا ۲۱ را بازنگری کردند و متعهد شدند استراتژی های توسعه پایدار را تا قبل از ۲۰۰۵ م عملی کنند.

اجرائی کردن موارد مورد توافق در کیوتو، پیامدهای گسترده ای در حوزه معماری و برنامه ریزی شهری و شهرسازی داشته است. تلاش برای کاهش صرفه جویی انرژی و استفاده از منابع انرژی طبیعی تأثیر زیادی بر ساختمان ها و بخش های مهندسی ساختمان گذاشته است. کاربرد اصول توسعه پایدار در ساختمان ها یکی از مؤثرترین راهبردها برای کاهش گازهای گلخانه ای و جلوگیری از تخریب های محیطی است و سه اصل به هم پیوسته را دنبال می کند.

- تعادل اجتماعی
 - مراقبت محیطی
 - بهره وری اقتصادی
- مراقبت محیطی که همان پایداری محیطی است، به عنوان بخشی از مبحث کلان توسعه پایدار با سه هدف مطرح گردیده است:

۱. حفاظت و کاهش اتلاف انرژی
۲. استفاده از مصالح بازیافتی
۳. بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر



تصویر ۱-۵- قسمتی از نمای دو پوسته



تصویر ۱-۶- سه گام مهم پایداری محیطی

۱-۲- پوسته ساختمان و بهره‌گیری از انرژی‌های موجود در طبیعت

بهره‌گیری از انرژی‌های موجود در طبیعت و تطبیق بنا با محیط پیرامونی گام مهمی در راستای برآورده شدن اهداف "پایداری محیطی" بوده است. ذات طبیعت گرای انسان، خود را در تمدن‌های بجای مانده‌ی بشری و آثار بجای مانده از مهر و موم‌های دور نشان داده است. در واقع معماری اقلیمی دستاورد تمدن بشری برای ارتباط مؤثرتر او با طبیعت است؛ دستاوردی که با در هم آمیختن هنر و دانش در جهت خلق محیطی متناسب با نیازهای انسانی و تمایلات طبیعت‌گرایانه او گام برداشته است.

بدون شک معماری سنتی در همه جای دنیا معماری همساز با اقلیم و طبیعت است. این معماری که بر اساس اصول و ضوابط منطقی کارکردی در تعامل با طبیعت و خواسته‌های طبیعی و فطری انسان‌ها طراحی می‌شد، علاوه بر ایجاد محیطی زیبا و آرامش‌بخش برای کاربران، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های اجرایی و عملکردی و تأمین نیازهای حرارتی - برودتی به وجود می‌آورد.

به‌عنوان مثال، بادگیرهای ایران در فلات مرکزی و جنوب کشور، نشان‌دهنده ارتقای معماری و دانش سازندگان بنا برای بهره‌برداری هر چه بیشتر از عوامل طبیعی بوده که در عین زیبایی و کارآمدی با محیط طبیعی و انرژی‌های طبیعی سازگار است. پوسته‌های بنا در اقلیم‌های گوناگون نیز حاکی از همزیستی مسالمت‌آمیز ساختمان با عوامل طبیعی موجود می‌باشد. این پوسته‌ها در مکان‌های نیازمند حفظ و ذخیره انرژی خورشید صلب‌اند و مصالحشان ظرفیت حرارتی بالایی دارد و در جایی که طبیعت حکم بر جذب انرژی گرمایی ندارد، سبک‌اند و کارایی‌شان با تعامل با انرژی‌های طبیعی بهینه شده است.



تصویر ۱-۷- فضای داخلی ساختمانی با نمای دو پوسته

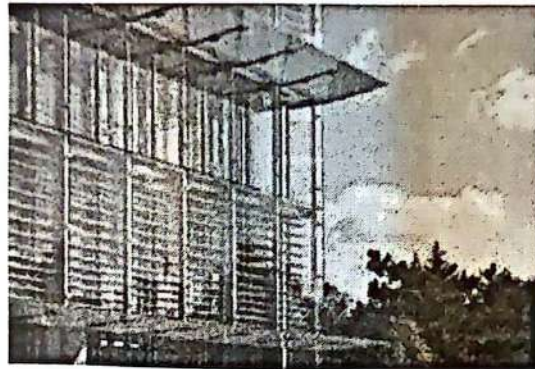


تصویر ۱-۸- نمای داخلی بین دو پوسته

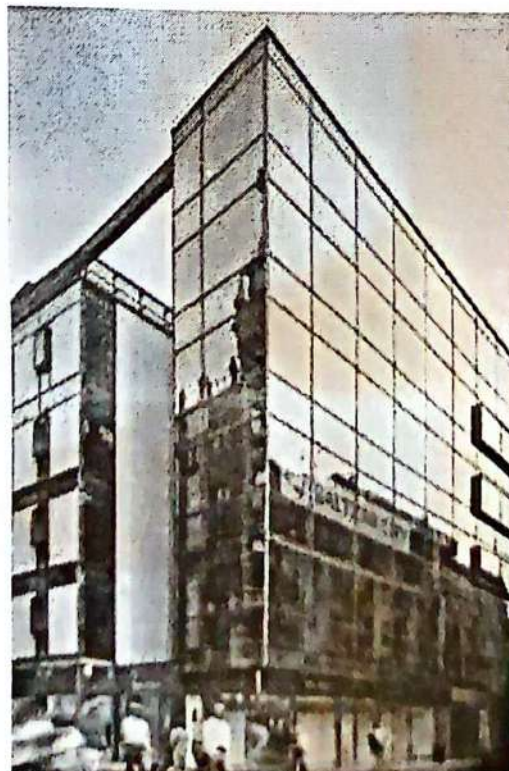
امروزه، در کشورهای توسعه یافته دولت مشوق ساخت وسازهایی است که به سمت پایداری درازمدت پیش می‌روند و در آن‌ها، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و حفاظت از انرژی به عنوان یک اصل رعایت می‌شود. در بریتانیا، سازمان تحقیقات ساختمان (BRE) روش کارآمد برای ارزیابی ساختمان‌های دوستدار محیط‌زیست ابداع کرده است که در آن، ساختمان‌ها درجه‌بندی شده و بر اساس این درجه‌بندی مورد تشویق قرار می‌گیرند. در آمریکا نیز این امر توسط مرکز توسعه عالی ساختمان (ENER) انجام می‌شود که ساختمان‌های سبز را تشویق کرده و کارآمدی بناها در مصرف انرژی را ارزیابی می‌کنند. از نظر آن‌ها ساختمان کارآمد در مصرف انرژی، ساختمانی است که در زمینه‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، حفظ منابع و مدنظر قرار دادن تأثیرات محیطی، کنترل فاضلاب و کاهش هزینه‌های عملیات و نگهداری استراتژی‌هایی در طراحی آن‌ها لحاظ شده باشد.

مزایای بهره‌مندی معماری از طبیعت، از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است: بعد زیبایی‌شناختی، صرفه‌جویی انرژی، سلامت ساکنان، تأثیرات روانشناختی و مسائل مادی. در نوشتار پیش رو، تأکید بر پوسته‌های بناهاست چرا که پوسته بنا به عنوان مرز درون و برون نقش مؤثری در برانگیختن حس زیبایی و لذت بصری، نور و تهویه مناسب و کاهش آلودگی‌های صوتی محیط پیرامون دارد.

ارتباط بین فضای داخل و خارج بنا که از طریق پوسته برقرار می‌شود، تأثیر بسزایی در احساس امنیت، انگیزه تجربه فضا و در نهایت شادی و نشاط و رضایت مخاطبان دارد. استفاده از نمای دوپوسته ضمن برانگیختن حس زیبایی و تلفیق درون و برون بنا، سکوت و سایه و نور مناسب را نیز محیا می‌کند و همچنین مانع ورود سروصدای خارج به داخل ساختمان می‌شود.



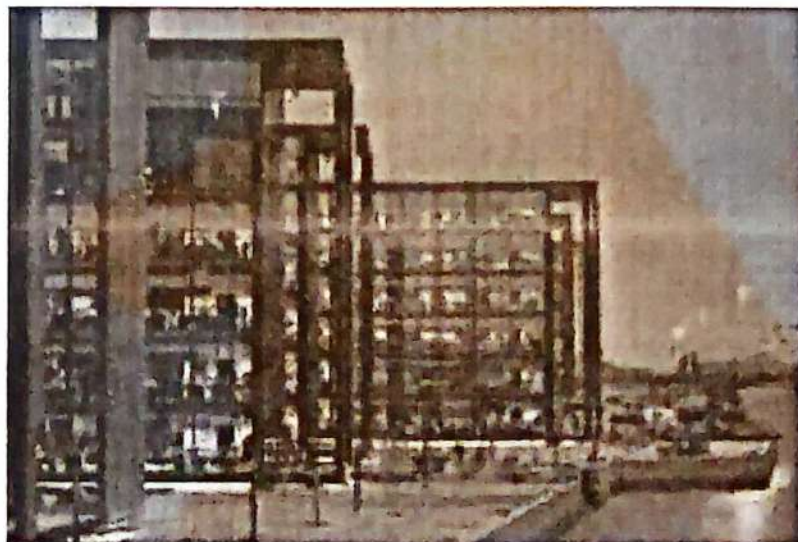
تصویر ۹-۱- کتابخانه عمومی کمبریج، نمای دو پوسته/لورهای افقی و لمینیت



تصویر ۱۰-۱- ساختمان مالمونه، شهر بالتزار

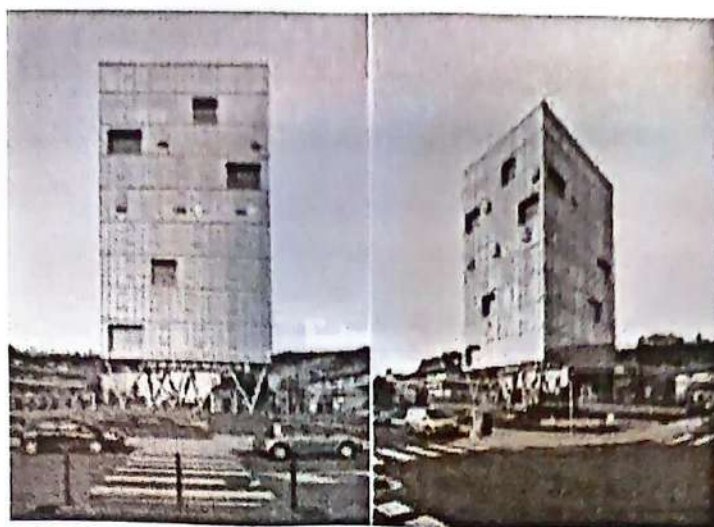
تلاش‌های آگاهانه برای کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان‌سازی و معماری بسیار قابل توجه بوده است. این امر در ارتقای کاهش اتلاف انرژی؛ عایق‌بندی پوشش ساختمان و کاهش رسوخ هوا با راهکارهایی مانند پوشش‌های بدون منفذ و نفوذناپذیر شدت گرفته است. این وضعیت منجر به بروز سندرم ساختمان بیمار و بیماری‌های مرتبط با آن در بین ساکنان ساختمان‌ها شده و معماران و سازندگان و برنامه ریزان را بر آن داشته است تا در مورد تصمیم‌گیری‌هایی که هدف غایی معماری را که حفاظت ساکنان در برابر آب‌وهوا و شرایط جوی و ایجاد محیط داخلی مطلوب و سالم را زیر سؤال می‌برند، تجدیدنظر کنند.

کم کردن مصرف انرژی در بناها، ابتدا با مراقبت و کنترل توسط مصرف‌کننده‌ها، سپس به حداکثر رساندن ایزولاسیون حرارتی- برودتی بنا آغاز شد. به این طریق مصرف انرژی در بنا تا حد زیادی کاهش یافت؛ اما مسئله بیماری‌های ساختمان یا به عبارتی خفگی و کمبود تهویه در ساختمان‌ها مطرح شد که ناشی از شیوه‌های تأسیساتی جدید و مسدود کردن فضاها برای به حداقل رساندن افت حرارتی از طریق نشت هوا بود. بسته شدن کامل فضاهای داخلی هرچند به تنظیم شرایط حرارتی کمک کرده، موجب بروز بیماری‌های ناشی از کمبود تهویه طبیعی شده است. (کلانتر مهرجردی، ۱۳۸۷)



تصویر ۱-۱۱- نمای شب در ساختمان دو پوسته

(Streicher, 2005, P17)



تصویر ۱-۱۲- ساختمان با بدنه‌های تمام شیشه‌ای

وضعیت جدید، طراحی پوسته‌های بناها و طراحی انرژی را به‌عنوان یک چالش جدید در معماری مطرح کرده است. راه‌حل سندرم ساختمان بیمار طرحی مرکب از سیستم‌های فعال و غیرفعال برای سرمایش و گرمایش است تا هوای درون بناها مطلوب گردیده و محیط‌های ناسالم ساخت‌وسازها به کیفیتی قابل قبول دست یابند.

طراحی پوسته بنا باید به‌گونه‌ای باشد که رفتار حرارتی ساختمان ضمن تعامل با محیط تصادفی نیز نباشد. لذا کنترل مناسب هوای ساختمان و تبادل حرارت با بیرون بسیار اهمیت می‌یابد و چالش برانگیز است. علاوه بر این، در بیشتر محیط‌های شهری شرایط هوای بیرون و آلودگی‌های صوتی نیز تعامل بدنه‌های ساختمان و فضاهای داخل را با فضاهای بیرونی با مشکل مواجه می‌کند. پوسته‌های ساختمان‌ها نیازمند ویژگی‌های طراحی خاص جهت اجتناب از ارتباط مستقیم محیط‌های بیرون و درون خواهد بود.

کیفیت بهینه هوای داخلی ممکن است به‌عنوان هوایی بدون آلاینده تعریف شود. آلاینده‌هایی که سبب تحریک، ناراحتی و بیمار ساکنان می‌شوند. یک ساختمان آلوده را می‌توان به‌صورت یک فضای بیمار توصیف کرد که در آن، ساکنان نشانه‌ای از بیماری را در طول زمان سکونت تجربه می‌کنند.

برای دستیابی به کیفیت هوای داخلی؛ بهره‌گیری از تهویه مطبوع و آن هم با منبع هوای تازه، راه‌حلی برای کاهش تراکم آلودگی هوای داخلی است. برای اطمینان از کیفیت هوای داخلی

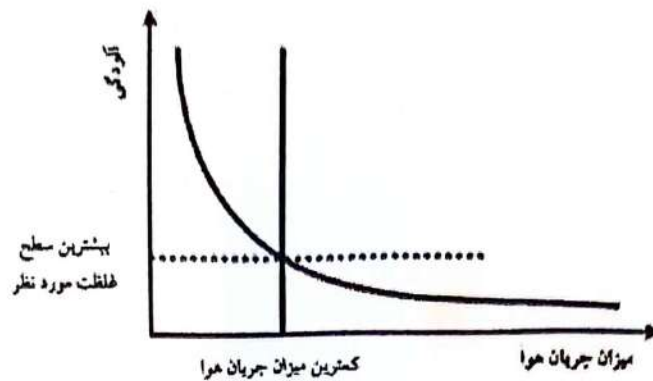
ساختمان باید ماهیت منبع آلودگی غالب در محیط شناسایی شده و با میزان مشخصی از جریان هوای تازه، محیط سالم نگه داشته شود. اگر ویژگی‌های هوا شناخته شوند، امکان محاسبه میزان تهویه ضروری برای پیشگیری از زیاد شدن تراکم آلودگی به نسبت میزان آستانه غلظت از پیش تعریف شده به وجود می‌آید.

و نترز^۱ و همکاران یک نمودار و نقشه ساده برای نشان دادن میزان تهویه مورد نیاز جهت رسیدن به کیفیت مطلوب هوای درون با طرح تهویه طبیعی را ارائه داده اند. این نمودار نشان می‌دهد که سطح آلودگی به صورت تصاعدی با میزان جریان هوا کاهش پیدا می‌کند و اگر سطح آلودگی پیشنهادی را بدانیم، می‌توانیم به راحتی میزان جریان هوای مورد نیاز را تعریف کنیم. اگر میزان تهویه کافی برای کنترل آلودگی غالب به دست آید، برای حفظ آلودگی‌ها زیر آستانه غلظت‌های بعدی آن‌ها کافی خواهد بود. تصویر ۱-۱۴. (Rosady, 2012, P41).

نمای ساختمان به عنوان بخشی که محیط درون و بیرون ساختمان را از هم جدا می‌کند، بسیار مهم تلقی می‌شود؛ چراکه باید به عنوان مانعی کنترل کننده محیط داخل ساختمان را از محیط بیرون حفاظت کند.

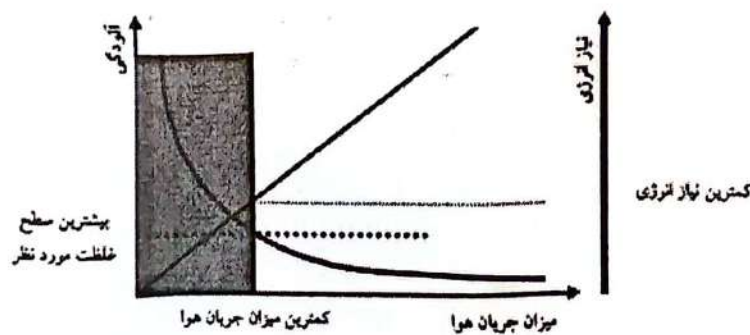
برای یک ساختمان با تهویه طبیعی، انرژی مورد نیاز مستقیماً به نسبت نرخ تهویه افزایش خواهد یافت که به صورت تابعی از زمان و با توجه به ویژگی‌های باد و وضعیت گرمایی ساختمان متغیر خواهد بود. رفتار ساکنان مثل باز کردن یا بستن پنجره‌ها و درها تأثیر حتمی بر روی میزان مصرف کلی انرژی ساختمان خواهد داشت. نمودار ۱-۱ تأثیر میزان جریان هوا به صورت تابعی از سطح آلودگی و نیاز انرژی را نشان می‌دهد (Wong, 2008, P41).

در اصل، نماهای دو پوسته اگر به درستی طراحی شوند، می‌توانند انرژی را ذخیره کنند. اغلب زمانی که عایق‌های معمولی در دیوارهای بیرونی کار گذاشته می‌شود و ضعیف عمل می‌کند، می‌توان با پوسته‌های اضافی صرفه جویی را ایجاد کرد. طبق نظر اوستلر و همکارانش، صرفه جویی قابل توجه انرژی را فقط در جاهایی که نماهای دو پوسته تهویه دار طراحی می‌شوند، می‌توان انتظار داشت؛ چراکه با رفع نیاز یک منبع هوای مکانیکی هزینه‌های برق برای تأمین هوا کاهش پیدا می‌کند.



نمودار ۱-۱- میزان تهویه مورد نیاز جهت رسیدن به کیفیت مطلوب هوای درون

(Source: Natural Ventilation in Buildings, Allard F, 1998: 3)



نمودار ۲-۱- تأثیر میزان جریان هوا به صورت تابعی از سطح آلودگی و نیاز انرژی

(Source: Natural Ventilation in Buildings, Allard F, 1998: 3)

طبق نظر آرونز (۲۰۰۱) صرفه جویی انرژی نسبت داده شده به نماهای دوپوسته با کاهش بار انرژی خورشیدی در محیط ساختمان به دست می آید. فراهم کردن انرژی خورشیدی و کاهش میزان U، بار سرمایی فضاها را مجاور نما را کاهش می دهد.

۳-۱- نماهای دوپوسته (دی اس اف)^۱

نماهای دوپوسته همان گونه که از نام آنها پیداست، به نماهایی گفته می شود که در آن، بدنه ساختمان متشکل از دو لایه پوسته بیرونی است. فاصله بین این دو پوسته فضای حائلی را بین آن دو

۱. DSF

ایجاد می‌کند. این فضا و پوسته بیرونی می‌توانند نقش مهمی در کنترل شرایط تأثیرگذار بیرونی بر بدنه ساختمان و فضای درون آن داشته باشند. از مشخصه‌های مهم طراحی نماهای دو پوسته هستند بهره‌گیری از دو متریل شیشه و فلز در نمای بیرونی است که حجم را شفاف و سبک جلوه‌گر می‌سازد. این نماها بیشتر در ساختمان‌های اداری بلند مرتبه استفاده شده‌اند و جایگاه خود را در این عرصه عملکردی به‌خوبی پیدا کرده‌اند. نوع شیشه‌های استفاده‌شده در این نماها نیز با توجه به اقلیم و چگونگی کارکرد اقلیمی نما می‌تواند متفاوت باشد. همچنین حفره بین دو پوسته با توجه به کارکرد حرارتی - برودتی ممکن است قابل تهویه یا بسته باشد. سیستم سایبان قابل کنترل در کارکرد این نما اهمیت ویژه‌ای دارد. از جمله مزایای نماهای دو پوسته این است که سایبان‌های متحرک در فضای بین پوسته بیرونی و درونی قرار می‌گیرد و ضمن استفاده از نور روز، اتاق‌های داخل را از تابش مستقیم آفتاب محفوظ می‌دارد. این امر موجب کاهش بار سرمایی ساختمان در فصل تابستان می‌شود. در آب‌وهوای سرد، نمای دو پوسته به‌عنوان یک مبدل حرارتی عمل می‌کند؛ به‌گونه‌ای که انرژی تابشی در بین دولایه ذخیره‌شده و تقریباً دمای آن با دمای داخل ساختمان برابر می‌شود. این امر به نوبه‌ی خود، سبب کاهش تبادل حرارتی فضای داخل با محیط خارجی می‌گردد. لایه خارجی نمای دو پوسته غالباً از جنس شیشه‌های یک لایه با مقاومت حرارتی بالا است و لایه داخلی نما معمولاً از جنس شیشه‌های دوجداره و پنجره‌هایی است که هر دو قابلیت بازشو و بسته بودن را دارا هستند.

نمای ثانویه یک پوسته اضافی است که روی نمای موجود نصب می‌گردد و غالباً شفاف است. فضای خالی بین نمای اولیه و پوسته ثانویه، فضای بافری است که ساختمان را ایزوله می‌کند. این فضا به تناسب جهت نما توسط خورشید گرم می‌شود. در سازه‌های رو به جنوب، هوای گرم شده توسط خورشید برای اهداف گرمایشی در فصول سرد استفاده می‌شوند. البته در فصول و زمان‌های دیگر این هوا تهویه می‌شود. (Poirazis, 2004: 21)

لایه خارجی، ساختمان را در برابر شرایط آب‌وهوایی مختلف محافظت نموده و آلودگی صوتی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. این مزیت سبب می‌شود تا کاربران بدون مواجهه با معضلات موجود در نماهای تک پوسته (تأثیر فشار و سرعت باد، خیرگی ناشی از تابش مستقیم، آلودگی‌های محیطی و ...) از دریچه‌های بازشو در فضای کار خود بهره‌مند شوند. امکان نصب سایه‌بان‌ها به‌صورت خودکار، در داخل حفره‌ای مابین دو پوسته، از دیگر مزایای نماهای دو پوسته می‌باشد.

تنظیم خودکار این سایه بان‌ها، اتاق‌های داخلی ساختمان را از گرم شدن و سرد شدن بیش از اندازه محافظت می‌نماید که این امر موجب احساس آسایش حرارتی - برودتی در فصل تابستان و زمستان می‌شود.

در آب‌وهوای گرم، نمای دوپوسته به‌عنوان یک حایل حرارتی عمل می‌کند؛ به‌طوری‌که مانعی برای جذب بیش‌ازحد انرژی تابشی است. این امر سبب کاهش تبادل حرارتی فضای خارج با داخل می‌گردد. روش‌های تهویه در داخل حفره‌های نمای دوپوسته ممکن است طبیعی، اجباری (مکانیکی) و یا ترکیبی از هر دوی آن‌ها باشد. تهویه طبیعی بر پایه نیروی شناوری ایجاد می‌شود که به جهت اختلاف دمای میان داخل و خارج حفره روی می‌دهد این امر سبب اختلاف فشار داخل حفره می‌شود.



تصویر ۱-۱۳- نمای خارجی از ساختمان پریسما در فرانکفورت

(Bayram, 2003, P127)



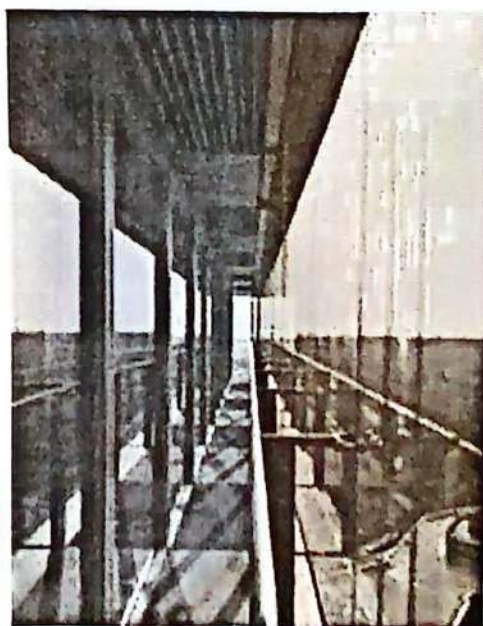
تصویر ۱-۱۴- نمای داخلی از حفره‌ی نمای دو پوسته

(Bayram, 2003, P129)

همچنین عواملی نظیر فشار باد، سرعت و جهت باد، جهت‌گیری ساختمان، اندازه دریچه‌های ورودی و خروجی هوا و ... در ایجاد تهویه طبیعی مناسب در ساختمان مؤثر می‌باشند. از جنبه مقوله آسایش حرارتی، ساختمان‌هایی که به‌صورت طبیعی تهویه نمی‌شوند، به‌عنوان مثال در یک سیستم تهویه مطبوع بسته، تحمل دمایی بالاتر از ۲۴ درجه سانتی‌گراد برای کاربران مشکل ساز می‌باشد. این درحالی است که در ساختمان‌های دارای تهویه طبیعی، حتی تا دمای بالاتر از ۲۷ درجه سانتی‌پایه ممکن است دما خوشایند باشد که این امر سبب کاهش مصرف انرژی در ساختمان می‌گردد. از این رو نماهای دو پوسته این قابلیت را برای ساختمان‌های مستعد، ممکن ساخته‌اند. (صالحی و دیگران، ۱۳۹۰).

اصطلاح نمای دو پوسته، در حقیقت، همان ایده منعطف با کنترل هوشمند است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده سطح بالایی از کاهش مصرف منابع انرژی در راستای معماری پایدار

است. طبق بررسی های به عمل آمده و آنچه در نمونه های واقعی به چشم میخورد، سیستم نمای دوپوسته علاوه بر داشتن معیارهای زیبایی شناسانه، سبب صرفه جویی در مصرف انرژی به میزان ۳۰ درصد می شود. نمای دو پوسته علاوه بر تهویه طبیعی، وابستگی ساختمان را به نور مصنوعی کاهش داده و نقش مهمی نیز در کاهش آلودگی صوتی دارد. همچنین، در طبقات بالایی ساختمان نیز در مقابل نیروی باد مقاومت مناسبی از خود نشان می دهد. (شهریاری، کریم زاده، ۱۳۹۰: ۲).



تصویر ۱-۱۵- فضای حفره هوا در نمای دوپوسته

(Poirazis, 2004, 14)



تصویر ۱-۱۶- مرحله ساخت نمای دوپوسته

- نمای دو پوسته یک روش معماری اروپایی است که بیشتر به دلایل زیر استفاده می شود:
- نیازهای زیبایی شناختی ساختمان برای نماهای تمام شیشه ای که منجر به افزایش شفافیت می شود.
- نیاز عملی به بهبود شرایط محیطی داخلی ساختمان
- نیاز به بهبود آکوستیک در ساختمان های واقع در محل های با آلودگی صوتی
- کاهش انرژی استفاده شده به هنگام استفاده ساکنین از ساختمان (poirazis, 2004, 14)

۱-۴- واژه شناسی نماهای دو پوسته

اطلاعات مکتوب در مورد نماهای دو پوسته نشان می دهد که این سیستم، در کل، با واژه های متعددی مطرح شده است که احتمالاً به دلیل تفاوت گونه های آن است. این واژه ها عبارتند از:

- نمای دو پوسته
- نمای فعال (در مواقعی که هوای حفره میانی به صورت مکانیکی تهویه شود)
- نمای غیر فعال (در مواقعی که هوای حفره میانی به صورت طبیعی تهویه شود)
- نمای مضاعف
- پوشش مضاعف
- نماهای شیشه ای دولایه
- نماهای پویا
- نماهای دیوار- فیلتر
- سیستم دو پوسته زیست محیطی
- نماهای صرفه جو در انرژی
- نماهای زیست محیطی
- نماهای چند پوسته
- نماهای شیشه ای هوشمند
- سیستم نماهای پوسته دوم
- پنجره های دارای جریان هوا
- پنجره های دمنده هوا

- پنجره‌های تخلیه هوا
- دیوارهای پرده‌ای دوپوسته
- نماهای با پوسته دوقلو



تصویر ۱-۱۷- نمایش از ساختمان کامرز بانک/ نورمن فاستر/ آلمان

(<http://www.architecturescope.com/commerzbank-headquarters>)



تصویر ۱-۱۸- ساختمان علوم زیستی کادوری

۱-۵- معماری هوشمند و نماهای هوشمند

پیشینه به کارگیری اصطلاح ساختمان هوشمند به اوایل سال ۱۹۸۰ م در ایالات متحده آمریکا باز می گردد. این اصطلاح برای ساختمان هایی بکار گرفته شد که ساکنین آن می توانستند از راه دور، آن را مدیریت کرده و از طریق خدمات شبکه ای داده ها با ساختمان در ارتباط باشند.

توسعه ی ساختمان های هوشمند، ارتباط نزدیکی با رشد تکنولوژی اطلاعات (IT) در این دوره ی زمانی داشت؛ بنابراین تعریف ساختمان های هوشمند در این دوره زمانی بر سیستم های بزرگ تکنولوژیکی مانند اتوماسیون ساختمان، ارتباطات و اتوماسیون اداری تمرکز داشت. (Harrison et al 1988)

اگرچه این تعبیر از ساختمان هوشمند برای حداقل دوره ی زمانی ۲۰ سال مورد استفاده قرار گرفت، اما تعریف جهانی و قابل قبولی در سراسر جهان نمی باشد. یکی از تعاریف معتبر برگرفته از بیانیه کنفرانس بین المللی ساختمان های هوشمند است که در ۱۹۸۵ م در تورنتو برگزار شد. در این تعریف آمده است: ساختمان هوشمند با مدیریتی ماهرانه از نوآوری ها و ابتکارات تکنولوژیکی یا غیر تکنولوژیکی بهره می برد تا حداکثر بازگشت سرمایه گذاری را به دنبال داشته باشد.

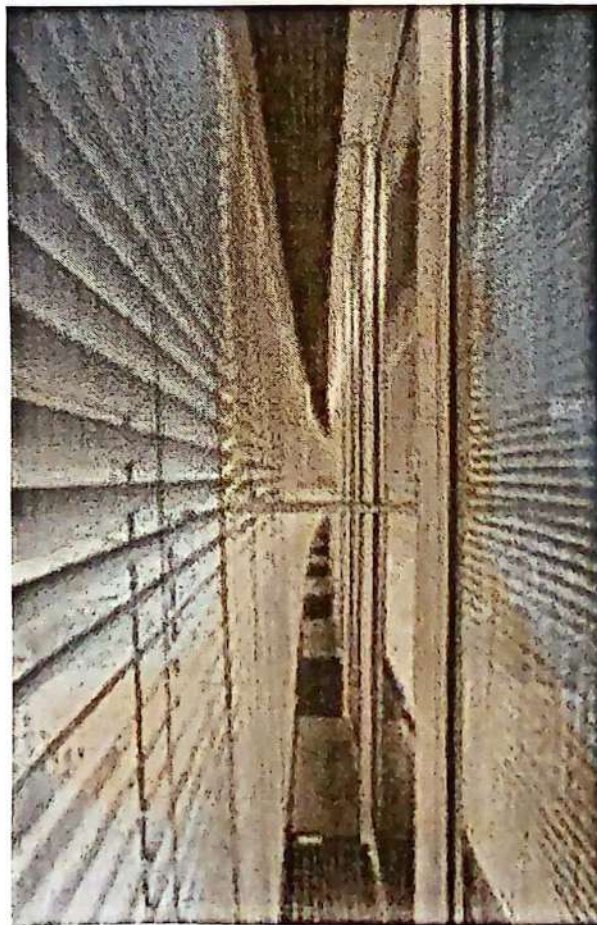


تصویر ۱-۱۹- برج یونیکا، وینا

ساختمان هوشمند متشکل از سیستم‌های اطلاعاتی مختلف است که به اشکال گوناگون می‌توانند عملکرد ساختمان را تسهیل کنند؛ بنابراین هوشمندی ساختمان به معنی فراهم کردن امکانات پیوسته‌ای از خدمات یا سیستم‌های اطلاعاتی گوناگون است. امروزه اکثر ساختمان‌ها تا حدی شامل یک یا تعداد بیشتری از سیستم‌های اطلاعاتی هستند. (bernaden and neubauer, 1988)

کوگان، در وب سایت خود، به تعریفی اشاره می‌کند که توسط انستیتوی ساختمان هوشمند پیشنهاد شده است:

ساختمان‌های هوشمند به صاحبان تجارت، مدیران اموال و ساکنین کمک می‌کنند تا اهداف خود را در زمینه هزینه، آسایش، تسهیلات، ایمنی، انعطاف‌پذیری بلند مدت و قابلیت عرضه مشخص کنند.



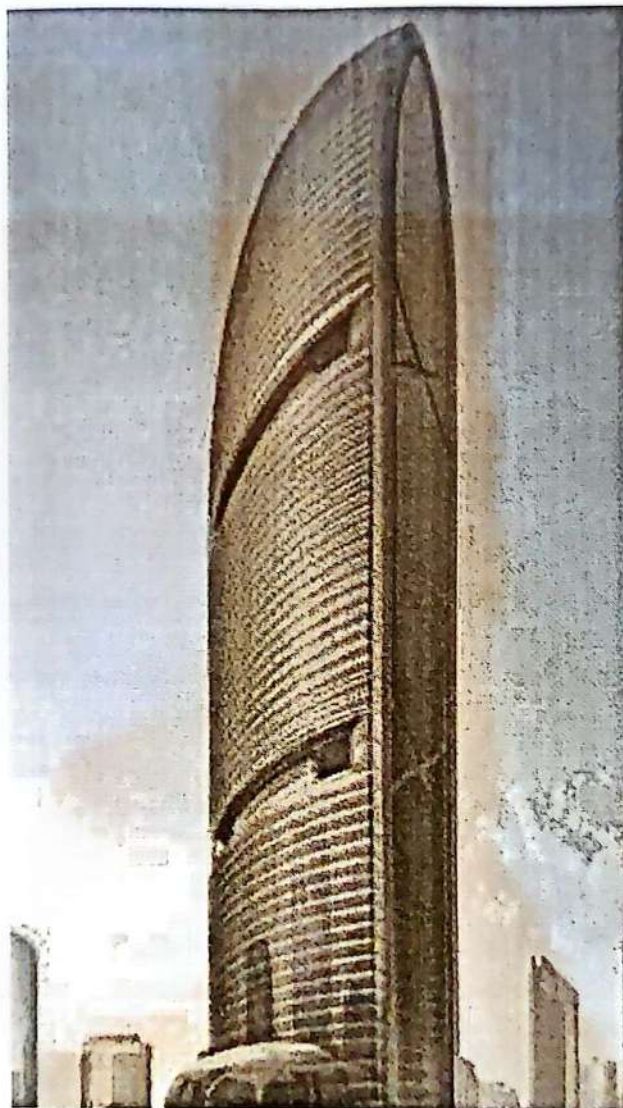
تصویر ۱-۲۰- نمای از درون حفره‌ی برج یونیکا

ساختمان‌های هوشمند باید در زمینه‌های مختلف دارای تکنولوژی ریز پردازنده‌هایی باشند که سیستم‌های داخلی را اداره می‌کنند؛ مانند نورپردازی؛ گرمایش، تهویه و ایرکاندیشن (HVAC)؛ قدرت؛ حمل‌ونقل عمودی؛ ایمنی در برابر آتش و ایمنی زندگی و امنیت. در این ساختمان‌ها، سیستم ارتباط از راه دور پیچیده‌ای برای انتقال صدا، دیتا و تصویر وجود دارد. (Fortune Dec, 1990, p.16)



تصویر ۱-۲۱- برج پیرل ریور، چین، نمای دو پوسته

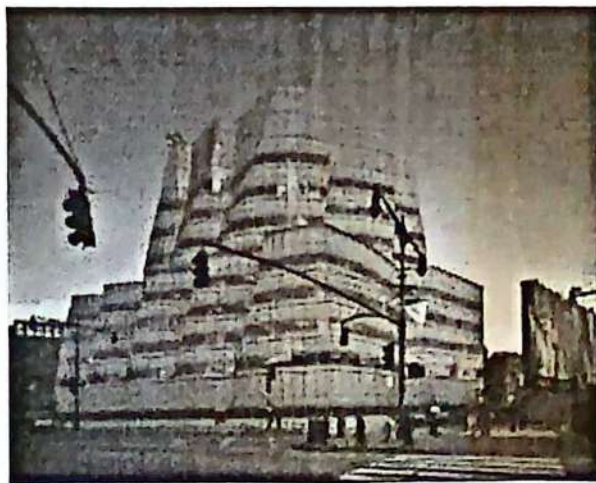
مزایای اقتصادی و عملکردی ساختمان هوشمند شامل طول عمر بیشتر ساختمان، وجود تأسیسات کمتر و بهره‌وری بیشتر کارکنان می‌باشد. انعطاف‌پذیری در ساختمان‌های هوشمند به دلیل استفاده مجدد از سیستم‌های قابل برنامه‌ریزی افزایش می‌یابد. این سیستم‌ها می‌توانند از لحاظ اقتصادی بازده خوبی داشته باشند؛ چراکه باید بتوانند با تغییر نیازها، با به حداقل رساندن اصلاحات ساختاری پرهزینه تغییر کرده و در عین مختصرسازی کابل‌ها و مدیریت شبکه سیم‌کشی، با تغییرات پیش‌رو سازگار شوند. (abernaden and Neunauer, 1988)



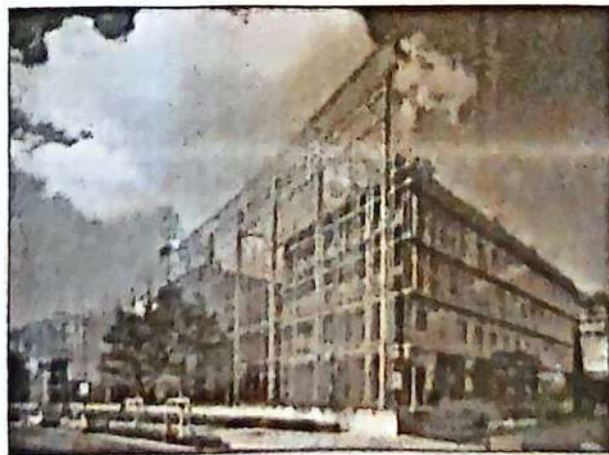
تصویر ۱-۲۲- نمایی دیگر از برج پترل ریور

برای بسیاری از مردم، ایده‌ی ساختمان هوشمند به معنای استفاده از اطلاعات تکنولوژیکی و سیستم‌های کنترل در جهت مطلوب تر ساختن عملکرد ساختمان برای ساکنین آن می‌باشد. این عملکرد ساختمان در رابطه با مدیریت یا اهداف بهره‌برداری تعریف می‌شود. اصطلاح ساختمان هوشمند به صور گوناگون و بسیار مورد استفاده قرار گرفته است؛ از این رو نیاز به تعریف واضح و روشن‌تری دارد. برخی از تعاریف ذکر شده برای ساختمان هوشمند به طور مختصر و به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- هر ساختمانی که محیط پربازده و مقرون به صرفه تری را در زمینه بهینه سازی چهار عامل اصلی: ساختار، سیستم، سرویس و مدیریت و همچنین، روابط متقابل این چهار عامل دارد. (So, T.P. et al)
- هر ساختمانی که محیطی با حداکثر بهره‌وری برای ساکنان فراهم می آورد و به‌طور همزمان، قابلیت مدیریت مؤثر منابع با حداقل هزینه‌های تأسیساتی و تسهیلاتی دارد. (So, T.P. et al)



تصویر ۱-۲۳- معماری هوشمند



تصویر ۱-۲۴- ساختمان چاپ، دوسلدوف، آلمان ۱۹۹۸

(<http://www.stadtfor.com/press-center/>)

آتکین^۱ (۱۹۸۸) ادعا می‌کند که ساختمان‌های هوشمند باید از چهار مشخصه‌ی مهم به شرح زیر برخوردار باشند:

- ساختمان باید بداند در داخل و محیط خارج آن، چه اتفاقی می‌افتد.
 - ساختمان باید از توانایی تصمیم‌گیری در مورد مؤثرترین روش برای فراهم کردن محیط مناسب، راحت و مؤثر برای ساکنین برخوردار باشد.
 - ساختمان باید راز توانایی پاسخگویی سریع به درخواست‌های ساکنین برخوردار باشد.
- با توجه به تعاریف ذکر شده، به نظر می‌رسد ساختمان هوشمند باید کارکردی مشابه قدرت ذهنی یک موجود زنده داشته باشد. یک ساختمان هوشمند واقعی باید دارای هوش طبیعی و هوش مصنوعی به‌طور توانمند باشد تا بتواند توانایی پاسخگویی و واکنش در برابر محرک‌های خارجی را داشته باشد.
- مطابق با نظر کلمنت کروم^۲، سازندگان، طراحان، معماران و پیمانکاران برای تأمین منابع موردنیاز ساختمان مسئول هستند. از سویی ساکنین ساختمان مسئول تولید ضایعات ایجاد شده‌اند و هرکسی باید در راستای پایداری ساختمان بکوشد. ساختمان هوشمند نیز باید از سازوکارهای پایداری تبعیت کند. برای رسیدن به این هدف، تمامی دست‌اندرکاران ساختمان هوشمند مسئولیت اجتماعی دارند. یک ساختمان هوشمند باید از تکنولوژی‌های مبدعانه و خلاقانه‌ای برای تطبیق کالبد بنا با محیط بهره‌برد.

هریسون (۱۹۹۸) م مدلی را برای مدیریت ساختمان هوشمند ارائه داده است که در جدول ۱-۱ آمده است. ایشان خاطرنشان می‌کند که برای ساماندهی فضاهای مورد استفاده به‌صورت هوشمند، می‌بایست اهداف هوشمندی در سه بخش دنبال شود: مدیریت کالبد ساختمان، مدیریت فضاهای درون بنا و مدیریت افراد.

- مدیریت کالبد بنا که توسط انسان‌ها و کامپیوترها انجام می‌شود.
- مدیریت فضاهای درون ساختمان که با هدف افزایش بهره‌وری از فضاها در بازه‌های زمانی مختلف انجام می‌شود و تغییرات فضاها را با حداقل هزینه‌های عملیاتی ممکن می‌سازد.
- هریسون (۱۹۹۸) تاریخچه‌ی ساختمان‌های هوشمند را به سه دوره‌ی زمانی تقسیم می‌کند:

1. Atkin

2. clements-croome

جدول ۱-۱- انواع ساختمان‌های هوشمند، (Harrison et al, 1988)

ساختمان‌های خودکار (۱۹۸۱-۱۹۸۵)	
ساختمان هوشمند به عنوان مجموعه‌ای از ابتکارات تکنولوژیکی	مدیریت ساختمان
	اتوماسیون اداری
	ارتباطات
ساختمان‌های پاسخگو (۱۹۸۶-۱۹۹۱)	
ساختمان هوشمند به عنوان مجموعه‌ای از تکنولوژی‌هایی که قادر به پاسخگویی به تغییرات سازمانی در طول زمان هستند.	مدیریت ساختمان
	اتوماسیون اداری
	ارتباطات
	پاسخگو به تغییرات
ساختمان‌های کارا (۱۹۹۲-)	
ساختمان هوشمند محیطی پاسخگو، کارا و پشتیبان در داخل آن فراهم می‌کند تا سازمان بتواند به اهداف اقتصادی خود دست یابد. تکنولوژی ساختمان هوشمند ابزاری است که به صرفه‌جویی‌های مالی و زمانی کمک می‌کند.	مدیریت ساختمان
	مدیریت فضا
	مدیریت اقتصاد

بنا بر گفته‌ی هریسون (۱۹۹۸)، اتوماسیون ساختمان‌های اداری در سال ۱۹۸۰ م پدید آمده است؛ زمانی که سازندگان ساختمان‌های هوشمند به آن به دید مسابقه‌ای در بازار رقابتی نگاه می‌کردند. هریسون ادعا می‌کند که نسل اول طرح تجاری استراتژیک^۱ به اندازه‌ای که انتظار می‌رفت موفق نبوده است. در آن زمان، نگرانی بسیاری در مورد امنیت و تمامیت اشتراک ارتباط از راه دور و سیستم شبکه اطلاعات وجود داشت. در اواسط ۱۹۸۰ م، محدودیت تعاریف تکنولوژیکی از ساختمان‌های هوشمند آشکارا آغاز شد. تحقیقات گسترده در این زمینه توسط معماران (DEGW) هدایت شده و اثر متقابل سازمان‌ها، ساختمان‌ها و تکنولوژی اطلاعات در زمینه‌ی تغییرات سریع محیط کار آزموده شد. نتایج تحقیقات نشان داد ساختمان‌هایی که در برابر تغییرات ایجاد شده در ساختار سازمانی، قادر به پاسخگویی نیستند یا در تکنولوژی اطلاعاتی مورد استفاده به‌روزر

1. STS schemes

نمی‌شوند، زودتر کنار گذاشته خواهند شد و نیاز به بازسازی‌های اساسی یا تخریب خواهند داشت. عصر اهمیت ساختمان‌های پاسخگو با پیدایش این تحقیقات آغاز شد. تعریف ساختمان‌های هوشمند بعدها به صورت "ساختمان پاسخگو به تغییرات" اصلاح شد، به این معنی که ساختمان باید به نیازهای استفاده‌کنندگان مانند پوسته، خدمات، چشم‌انداز و تنظیمات پاسخگو باشد. در سال ۱۹۹۲ م DEGW/تکنیبانک^۱، پروژه‌ی تحقیقاتی خود را مبتنی بر ساختمان‌های هوشمند در اروپا^۲، این‌گونه تعریف کرد: ساختمان هوشمند محیطی پاسخگو، کارا و پشتیبان در داخل آن فراهم می‌کند تا سازمان بتواند به اهداف تجاری خود دست یابد.

۱-۶- سیستم‌های یکپارچه در ساختمان‌های هوشمند

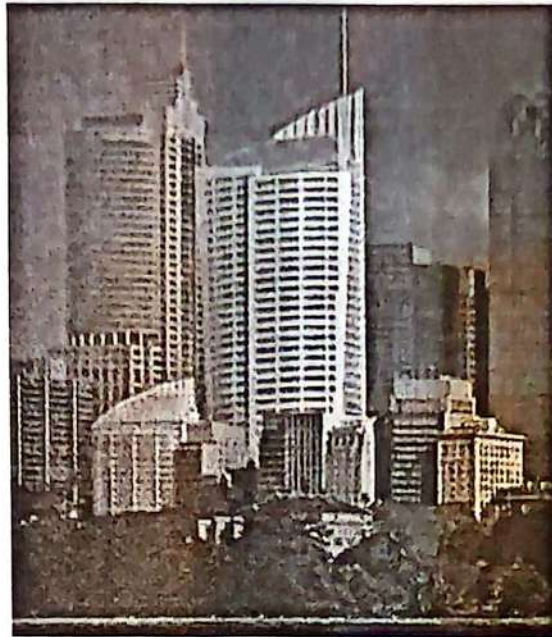
کوگان معتقد است که^۳ طراحی ساختمان هوشمند مبتنی بر ترکیب چهار زون عملیاتی است: بهره‌وری انرژی، ایمنی زندگی، ارتباطات از راه دور و اتوماسیون محل کار؛ که این چهار زون در یک سیستم کامپیوتری باهم ادغام شده‌اند.

از زاویه‌ای دیگر، می‌توان این تقسیم‌بندی چهارگانه را در دو بخش خلاصه کرد: مدیریت بهره‌وری (مانند انرژی و ایمنی) و سیستم‌های اطلاعاتی (مانند ارتباطات از راه دور و اتوماسیون محل کار).



تصویر ۱-۲۵- ساختمان ENBW، اشگنارت

1. Teknibank
2. IBE
3. coggan



تصویر ۱-۲۶- ساختمان‌های هوشمند دارای سیستم مدیریت اطلاعات در استرالیا

به‌طور کلی، مدیریت بهره‌وری با ساختار فیزیکی ساختمان در ارتباط است و منظور از سیستم‌های اطلاعاتی، راه‌های کسب اطلاعات مورد استفاده در ساختمان است. سیستم‌های اتوماسیون، ساختمان را قادر می‌سازند تا به فاکتورها و عوامل بیرونی و محیطی مانند اقلیم، شرایط جوی و آتش‌سوزی پاسخ داده و به‌طور همزمان محیط داخل ساختمان را نیز کنترل نماید. تمامی داده‌ها در یک کامپیوتر مرکزی ذخیره می‌شوند. سیستم‌های اتوماسیون کاری اطلاعات را مدیریت می‌کنند و با اتصال به کامپیوتر مرکزی برای اطلاعات داده شده تصمیم می‌گیرند.

سیستم‌های ارتباط از راه دور، با استفاده از تجهیزات فیبرنوری و امواج کوتاه و اتصالات ماهواره‌ای، ارتباط با دنیای بیرون را با یک سیستم مرکزی سرعت می‌بخشند. به‌طور مختصر تکنولوژی ساختمان هوشمند ترکیبی است از سیستم اطفای حریق، گرمایش، تهویه مطبوع، تهویه طبیعی، مدیریت نورپردازی، آسانسورها، سیستم مدیریت مصرف انرژی و ارتباطات از راه دور که تمامی اطلاعات مربوط به موارد مذکور در قالب عکس و صدا و نوشته و ویدیو تحلیل شده می‌گردد و تعامل بین فضاهای درونی ساختمان و کالبد بیرونی با محیط بیرونی و استفاده‌کنندگان را برقرار می‌سازد. (Bayram,2003,P18)



تصویر ۱-۲۷- برج RWE در آلمان

۱-۶-۱- سیستم اطلاعاتی

کوگان^۱ به ارتباطات از راه دور و اتوماسیون محل کار به عنوان بخشی از سیستم اطلاعاتی در ساختمان‌های هوشمند اشاره می‌کند. هوشمندی، با در نظر داشتن ارتباطات از راه دور، در بعضی از ساختمان‌ها شامل تعداد زیادی از مشخصه‌های مخابراتی می‌باشد؛ مانند سیستم تبادل تلفن خصوصی، کابل‌های تلویزیونی، کنفرانس‌های صوتی-تصویری و ویدئویی، ارتباطات ماهواره‌ای، پست الکترونیک، دسترسی اینترنت و اینترنت. هزینه‌ی ارتباطات از راه دور و اتوماسیون محل کار می‌تواند با کمترین هزینه از طریق به اشتراک گذاشتن تجهیزات، برای ساکنین انجام شود. برخی از فاکتورهایی که اتوماسیون اداری ساختمان‌های هوشمند را در بر می‌گیرد، شامل پردازش اطلاعات مرکزی، پردازش کلمه، طراحی به کمک کامپیوتر و خدمات اطلاعات می‌باشد.

1. coggan

۱-۶-۲- مدیریت تسهیلاتی

مدیریت تسهیلاتی به سیستم‌های کامپیوتری شده اشاره می‌کند که عملکرد ساختمان را نظارت و کنترل می‌کنند و به‌طور عمده شامل ایمنی انرژی و زندگی می‌باشد. اگرچه پتانسیل ترکیب تمام فعالیت‌های مدیریت تسهیلات در یک سیستم بزرگ، به‌طور کاربردی وجود دارد، اما این مسئله از نظر اقتصادی قابل بحث است. از سال ۱۹۸۷، مهندسان انجمن گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE) بر روی توسعه پروتکل تبادل اطلاعاتی باز^۱ کار می‌کنند. این پروتکل، سیستم‌های کنترلی را قادر به ارتباط چندگانه یا یک‌به‌یک می‌کند. در سال ۱۹۹۵، BACnet به‌طور رسمی به‌عنوان استاندارد ASHRAE/ANSI 135-1995 به تصویب رسید. (Coggan,)
(D.smart buildings. Retrieved july 28,2003)



تصویر ۱-۲۸- ساختمان دیس، برلین

(<https://www.mimoo.eu/projects/Germany/Berlin/The%20Debis%20Headquarters/>)

۱. BACnet

۱-۶-۳- سیستم ایمنی زندگی

نقش قدیمی سیستم ایمنی، جلوگیری از ورود افراد ناخواسته بود. امروزه، نقش این سیستم پیشگیری از اتفاق‌های زیان بخشی است که ممکن است به وقوع بپیوندند. نمونه‌ی این اتفاق‌ها شامل بمب گذاری یا هک کردن کامپیوترها می‌باشد. سیستم مورد نظر، این پیشگیری‌ها را در عین نیاز کمتر به نظارت و کنترل فراهم می‌کند. (Harrison et al. 1988)

کوگان اظهار می‌کند که هوشمندی، با در نظر گرفتن ایمنی زندگی در ساختمان‌های هوشمند، شامل به‌کارگیری تکنولوژی پیشرفته برای به حداقل رساندن عملکرد زنگ خطر آتش و سیستم حفاظتی می‌باشد که به‌طور همزمان هزینه‌ها را هم به حداقل برساند. فاکتورهای ایمنی زندگی بکار رفته در ساختمان‌های هوشمند به شرح زیر می‌باشد:

- کاهش وابستگی به نیروی انسانی
- تلویزیون مدار بسته
- کنترل ورود با کارت
- زنگ خطر ورود بدون اجازه
- کنترل اورژانسی آسانسور، سیستم تهویه مطبوع، درها و ...
- منبع تغذیه‌ی بدون انقطاع

۱-۶-۴- سیستم مدیریت انرژی

استفاده‌ی بهینه از انرژی، با گذشت ۳۵ سال از بحران نفتی اوایل ۱۹۷۰ م، همچنان به‌عنوان نقطه عطفی در طراحی ساختمان‌های هوشمند به شمار می‌رود. سیستم‌های کامپیوتری در مواردی مانند اتوماسیون سیستم ساختمان (BAS)، سیستم مدیریت انرژی (EMS)، مدیریت انرژی و سیستم کنترل (EMCS)، کنترل مرکزی و سیستم نظارت (CCMS) و سیستم مدیریت تسهیلات (FMS) برای کاهش مصرف انرژی تا میزان حداقل بدون آسیب رساندن به آسایش ساکنین، مورد استفاده قرار می‌گیرند. (Coggan, D. smart buildings. Retrieved july 28, 2003.)

ساختمان‌های تجاری ۳۰ تا ۴۰ درصد انرژی ملی را مصرف می‌کنند. سیستم مدیریت انرژی با اتوماسیون جنبه‌های خاصی از خدمات ساختمان سروکار دارد؛ مانند نورپردازی، گرمایش و سرمایش. با کنترل این موارد از طریق سیستم‌های اتوماسیون، نه تنها کارآمدی ساختمان افزایش

می‌یابد، بلکه مصرف انرژی نیز بهینه‌تر می‌شود. به‌عنوان مثال، با خاموش کردن چراغ‌های غیرضروری و وسایل گرمایش در اتاق‌های خالی، صورت حساب خدمات شهری ساختمان‌های تجاری را ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش یابد. انرژی کلی می‌تواند تا بیش از ۵۰ درصد کاهش پیدا کند. (THE New York Times-August 1995)

بر طبق نظر انیستیتی ورلد واچ^۱، ۴۰ درصد انرژی مصرف شده در هر سال مربوط به ساختار ساختمان، تولید متریال ساختمان و عملیات ساختمانی می‌باشد. همچنین، ساختمان‌ها حدود ۶۵ درصد از کل الکتریسیته مصرفی ایالات متحده را مصرف می‌کنند. این میزان مصرف انرژی، آلودگی هوا و همچنین آب را به همراه دارد که در گرم شدن سراسری مؤثر است. (odell,2002)

بنا بر اظهار هریسون (۱۹۹۸)، طیفی از فاکتورهایی که نیاز به پیش‌بینی‌هایی به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه دارند، به‌قرار زیر می‌باشد:

- ساختمان‌های بلندمرتبه به‌طور کامل تحت پوشش تهویه مطبوع می‌باشند، در نتیجه به کار انداختن این سیستم‌ها پرهزینه می‌باشد.
- نگرانی‌های زیادی در رابطه با حفاظت از محیط‌زیست وجود دارد و این در حالی است که آلودگی رو به رشدی به‌واسطه‌ی توسعه‌ی سریع شهری در حال وقوع است.
- تقاضای انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه بالا است و این مسئله به دلیل تراکم جمعیت بالای و تکنولوژی‌هایی مورد استفاده (مانند کامپیوترها و تهویه مطبوع) است. بنا بر گفته‌ی کوگان، استراتژی‌هایی که به‌وسیله‌ی مدیریت تسهیلات در ساختمان‌های هوشمند، به‌منظور کاهش مصرف انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند به شرح ذیل می‌باشند:
- شروع/خاتمه‌ی برنامه‌ریزی شده
- شروع/خاتمه‌ی بهینه
- چرخه کاری
- تنظیم نقطه‌ی ریست
- محدودیت تقاضای الکتریسیته
- کنترل تطبیقی

• بهینه‌سازی چیلر/بویلر

• منبع انرژی بهینه

هریس (۱۹۹۸) م معتقد است ساختمانی که همه تجهیزات آن ثابت شده است و امکان دخالت استفاده‌کنندگان در تغییر شرایط آن وجود ندارد، ممکن است باعث نارضایتی ساکنین شده و آنان را به لحاظ روانی تحت فشار قرار دهد. به‌عنوان مثال، زمانی که یکی از ساکنین بنا به دلایل شخصی قصد تغییر در دمای محیط را دارد، اگر این امکان برای وی وجود نداشته باشد، نارضایتی حاصل می‌شود. لذا در ساختمان‌های هوشمند می‌بایست امکان تغییر و کنترل شخصی برای تطبیق با شرایط آسایش وجود داشته باشد. آتکین (۱۹۸۸) م، لزوم امکان دسترسی برای تغییر در کیفیت محیط را به چهار دسته جسمی، ذهنی، اجتماعی و اقتصادی دسته‌بندی کرده است. (Bayram, 2003, 14) از زاویه نگاه تأمین نیازهای جسمی؛ هر ساختمانی باید در عین حال که عملکرد فیزیکی بدن مانند دید، تنفس، ضربان قلب را مختل نمی‌کند، بلکه آن‌ها را بهبود ببخشد و افراد را در مقابل تهدیدات آتش، زلزله و بخارهای سمی و افزایش یا کاهش بیش از حد دما و نور کم حفاظت کند.

از بعد تأمین نیازهای روانی، ساختمان هوشمند باید بتواند نیازهای افراد مانند حریم خصوصی، ایجاد تعاملات اجتماعی و نظم و ترتیب و مظاهر زیبایی را تأمین نماید. نیازهای اجتماعی نیز باید با طراحی درست عرصه‌های عمومی و خصوصی برآورده شوند و از نظر اقتصادی نیز مدیریت صحیح منابع انرژی و بهره‌برداری بنا نقش مؤثری ایفا می‌کند.

جدول ۱-۲- معیارهای ویژه عملکردی برای ایجاد تغییر در کیفیت محیط (Bayram, 2003, P15)

نیازهای فیزیولوژی	نیازهای روانی	نیازهای اجتماعی	نیازهای اقتصادی
معیارهای ویژه عملکردی برای جنبه‌های احساسی معین در سیستم‌های ترکیبی			
آسایش ارگونومیک دسترسی معلولین خدمات رسانی عملکردی	قابل سکونت بودن زیبایی متین دید هیجان انگیز	مسیر یابی عملکردگرایی انعطاف پذیری	محافظت از فضا
عدم بی‌حسی و	گیاهان سالم	انعطاف‌پذیری با	صرفه‌جویی انرژی
کیفیت حرارتی			

	توجه به نیاز شخصی	حس گرما کنترل شخصی دما	پرخزدگی عدم خواب آلودگی عدم گرما زدگی	
صرفه جویی انرژی	عدم تاثیرپذیری از دود و بوی همسایه ها	محبوس نباشد در جریان باشد	هوای تمیز بدون مشکلات تنگی نفس و فارغ از بیماریهای کشنده	کیفیت هوا
حفاظت از محیط	حریم خصوصی حریم عمومی	آرام تسکین دهنده هیجان انگیز زنده	عدم آسیب رسانی شنوایی لذت موسیقایی وضوح صحبت	کیفیت شنیدای فضا
صرفه جویی انرژی	موقعیت مناسب پنجره ها فضاهای کاری روشن در روز حس مالکیت	جهت گیری مناسب باشاش آرام صمیمی گسترده	مات نبودن وضوح بصری مسیریابی آسان	کیفیت بصری
حفاظت از مصالح و نیروی کار	موقعیت مشخص کیفیت ساخت و ساز	دوام حس پایداری تصویر ذهنی	ایمنی حریق ایمنی سازه ثبات پایداری گرفتگی هوا عدم خروج گاز	کلیت بنا
معیارهای عملکردی عمومی برای تمامی جنبه های احساسی در سیستم های ترکیبی				
حفاظت از فضا حفاظت از مصالح حفاظت از انرژی صرفه جویی در هزینه	حریم خصوصی امنیت اجتماعی	آسایش روانی سلامت ذهنی امنیت روانی زیبایی لذت	آسایش فیزیکی سلامت امنیت راحتی کارکردی	

چنین به نظر می‌رسد که در ساختمان‌های هوشمند، ساختمان بر ساکنین حکم‌فرمایی می‌کند و سیستم اطلاعاتی هوشمند بنا با توجه به برنامه‌ای از پیش تعیین شده که سعی بر کنترل محیط دارد و بر نظر و خواست استفاده‌کنندگان چیره می‌شود؛ اما در برخی موارد که مربوط به کیفیت فضایی می‌شوند می‌بایست سیستم بنا بر نظر و خواست استفاده‌کننده از فضا قابل‌تغییر باشد تا رضایت بیشتری برای ساکنین ساختمان‌های هوشمند فراهم شود. آتکین (۱۹۹۸) م نیز در کتاب ساختمان‌های هوشمند ۶ معیار ارزیابی کیفیت فضایی ارائه می‌کند تا در این موارد سیستم هوشمند بنا قابل‌کنترل طراحی شود که عبارتند از: دما، کیفیت هوا، بو، کیفیت بصری و نور روز و نورپردازی مصنوعی یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های ساختمان هوشمند این است که انعطاف‌پذیر باشد و بتواند در برابر تغییر عملکرد بنا و تغییر ماهیت استفاده‌کنندگان از بنا منعطف بوده و کارایی خود را از دست ندهد.

جدول ۱-۳- معیارهای ارزیابی کیفیت فضایی از دیدگاه آتکین (Bayram,2003,P17)

۱- کیفیت فضایی - عملکردی: براساس رضایت ساکنین و عملکردهای مورد استفاده و ساختار ساماندهی
الف. کیفیت فضای شخصی فضاهای قابل استفاده، مبلمان، بهره‌وری مناسب، دسترسی، توسعه و انعطاف‌پذیری، ارگونومیک بودن، کنترل ساکنین
ب. کیفیت فضای تجمع مجاورت، دسترسی، جدا سازی، فضاهای قابل استفاده، مکان‌های بهره‌وری، تصویر ذهنی، امکانات، توسعه و انعطاف‌پذیری
ج: کیفیت محل استقرار ساختمان دسترسی، تلفیق عملکردی و بصری با فضای عمومی، ارتباط درون و برون، توسعه و انعطاف‌پذیری
د: کیفیت خدمات و سرویس دهی
ه: بهداشت، ایمنی حریق، حمل و نقل، الکتریسیته، مخابرات و تلفن
۲- کیفیت حرارتی: براساس رضایت از موارد

الف. دمای هوا
ب. متوسط دمای تابشی
ج. رطوبت نسبی
د. سرعت باد
ه. میزان کنترل و مداخله توسط ساکنین
۳- کیفیت هوا
الف. هوای تازه
ب. توزیع هوای تازه
ج. محدودیت تولید آلاینده، گاز، بخار، میکرو ارگانیسم ها، غبار و دود
د. محدودیت تولید انرژی های آلاینده ماکروویو، امواج تابشی، امواج نوری ماورا بنفش
ه. کنترل و مداخله توسط ساکنین
۴- کیفیت شنیداری براساس رضایت
الف. تراز صوتی و فرکانس منابع صوتی
ب. نوفه های محیطی
ج. عایق صوتی
د. جذب، بازتابش، انعکاس، همگرایی و واگرایی اصوات
ه. کنترل و مداخله توسط ساکنین
۵- کیفیت بصری براساس رضایت از
الف. میزان نور طبیعی و مصنوعی محیط
ب. میزان نور طبیعی و مصنوعی با توجه به عملکرد خاص
ج. نسبت تضاد و درخشندگی
د. وضوح رنگی
ه. دیدها و داده های بصری
ی. کنترل شخصی ساکنان
۶- رضایت ساکنین از کلیت بنا براساس
کیفیت تجهیزات سازه ای/ مکانیکی برای فشار، کشش و تحمل نیرو
کیفیت امکانات فیزیکی/ شیمیایی برای جلوگیری از آلودگی آب و هوا- جذب و بازتابش و انتقال نور، گرما و صدا-
امکانات قابل مشاهده مانند رنگ، بافت، فرم، مصالح و دوام و نگهداری آنها

۱-۷- نمای هوشمند

نمای ساختمان به عنوان مرز بین درون و بیرون، همچون یک پوسته عامل اتصال و برهمکنش محیط درون و بیرون ساختمان است. با پیشرفت فناوری و علم بیونیک همواره سعی شده است تا به پوسته بنا به مثابه پوست بدن جانداران نگریسته شود که در فرآیند تکامل و سازگاری با طبیعت، نسبت به محیط پیرامون حساس است و عکس العمل نشان می دهد؛ لذا با توجه به این رویکرد، پوسته ساختمان در تعامل بین سه متغیر محیط بیرونی، نیازهای آسایش حرارتی برودتی کاربر و محیط درونی واکنش نشان می دهد.

با پیشرفت فناوری، از هوش مصنوعی در ساختمان ها استفاده می شود. یکی از کاربردهای هوش مصنوعی در نماهای هوشمند است که هدف آن، دستیابی به تعدیل محیط درونی ساختمان جهت آسایش انسان و صرفه جویی در مصرف انرژی است.

وینگتون و هریس (۲۰۰۲) تعریفی از پوسته هوشمند ارائه داده اند: "پوسته های ساختمانی که به صورت هوشیار به خاصیت متغیر انرژی های خارجی و نیازهای کاربران داخلی واکنش نشان می دهند و باید بتوانند به صورت بالقوه مصرف انرژی و نیاز به انرژی را در اوج مصرف کاهش دهند." هوشمندی در واقع برهم کنش و انطباق پذیری ساختمان با محیط است. پوسته هوشمند با شرایط و عدم تطابق درون و برون مواجه شده و با دریافت و استنتاج چالشهای محیطی، آنها را مرتفع می سازد و بهترین پاسخ را برمیگزیند.

● محیط عمل پوسته هوشمند سه جزء دارد:

- اجزاء بیرونی، اقلیم و شرایط ساختگاه

- اجزاء درونی ساختمان به همراه کالبد بنا

- کاربران ساختمان و نیازها و خواسته های آنها

● ویژگی های پوسته هوشمند در معماری عبارتند از:

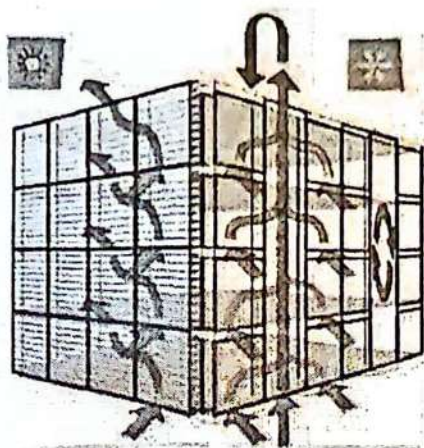
- انطباق پذیری و سازگاری با انرژی های تجدید پذیر

- کارایی

- همساز بودن با محیط

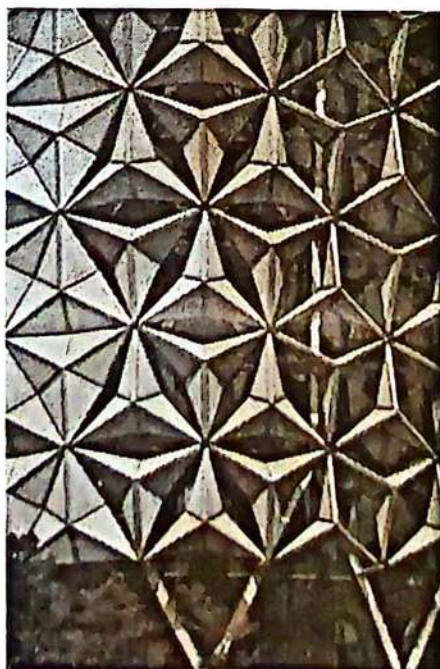
- تامین سلامتی

در یک نگاه کلی، پوسته های هوشمند فقط بعنوان جدا کننده دو محیط عمل نمی کنند، بلکه نقش آنها اتصال دو محیط است. عملکرد آنها نیز در پاسخ به متغیرهای محیطی میتواند به طور لحظه ای تغییر کند.



تصویر ۱-۳۰- ساختمان و نحوه تقسیم انرژی

(Poirazis,2004)



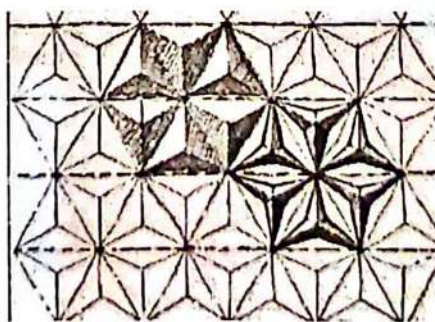
تصویر ۱-۳۱- نمای هوشمند برج البحر ابوظبی

(<http://archline.ir>)

سایر اصطلاحاتی که در تبیین پوسته هوشمند بکار می رود عبارتند از: پوسته انعطاف پذیر- پوسته فعال- پوسته پاسخگو- پوسته پیشرفته با کارایی بالا
آیا نماهای دو پوسته همان نماهای هوشمند هستند؟
نمای هوشمند بخشی جدایی ناپذیر از ساختمان هوشمند است که نقش اصلی را در کارکرد محافظتی ساختمان از ساکنین ایفا می کند. نمای ساختمان اجازه ی جریان انرژی در هر دو جهت را می دهد که این انرژی وارد شده به صورت اتوماتیک از نظر حداکثر افزایش و حداقل اتکا به آن کنترل می شود.

سیستم نما به سیستم دیگری در ساختمان متصل می شود که این کار توسط سیستم مدیریت مرکزی انجام می شود.

نمای ساختمان ۱۵ تا ۴۰ درصد هزینه های ساختمان را تحت تأثیر قرار می دهد و تأثیر در هزینه ها تا ۴۰ درصد می تواند رقم بسیار مهمی از بابت هزینه های سرویس ساختمان باشد.
نماهای دو پوسته به عنوان پاسخی برای ایده دیوارهای چند ظرفیتی^۱ مایک دیویس^۲ در ۱۹۸۱ م است که در آن، بحث از ادغام تولیدات شیشه ای برای دستیابی به بهترین معادله انرژی است. نماهای دو پوسته اغلب در زمره "سیستم های نماهای هوشمند" دسته بندی می شوند و به ساختمان هایی اشاره می کند که به صورت خودکار توانایی تغییر عملکرد متناسب با شرایط آب و هوایی را دارند. (Andreotti, 2002, 72)



تصویر ۱-۳۲- جزئیات پوسته هوشمند برج البحر

(<http://archline.ir>)

1. poly Valente wall
2. Mike Davis

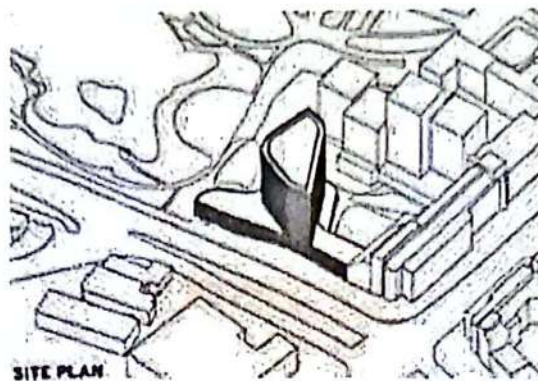
در حقیقت نماهای دوپوسته در انواع متفاوتی طراحی و اجرا می‌شوند که در برخی از آنها می‌توان از سنسورهایی استفاده کرد که به‌طور اتوماتیک و هوشمند کنترل می‌شوند. زمانی می‌توانی گفت نماهای دوپوسته هوشمند هستند که در آنها از تجهیزاتی استفاده شود تا رضایت استفاده‌کنندگان را برای سرمایش و گرمایش و نور و بهره‌گیری از منابع انرژی طبیعی و تجدید پذیر فراهم کند.

برای دستیابی به بار حرارتی متعادل و در حد آسایش، جریان هوای بین دو منفذ در فصول سرد یا گرم باید با تهویه طبیعی یا به‌صورت مکانیکی به جریان بیفتد. جریان هوای منفذ معمولاً باید بدین‌صورت باشد که هوای بیرون از پایین کانال وارد شده و هوای کهنه و مانده از قسمت بالا به سمت بیرون هدایت شود.

اگر نمای دوپوسته شامل سایه‌بان‌های دینامیک در کانال باشد، در طول فصول سرد معمولاً به‌صورت خودکار و با طراحی هوشمند بسته می‌شوند تا مانعی برای تابش خورشیدی نباشند. همچنین، منافذ ورودی جریان داخل کانال بسته می‌شود تا گرمای بازتابش خورشیدی در داخل نما باعث شود تا نما گرم و گرم‌تر شده و باعث شود تا هوای شناور به سمت بالا حرکت کند.



تصویر ۱-۳۳-نمای شهری



تصویر ۱-۳۴- موقعیت قرارگیری ساختمان در بافت



تصویر ۱-۳۵- نمایی نزدیک از پوسته‌ی شیشه‌ای ساختمان

آتکین (۱۹۸۸) در رابطه با نیاز به کنترل شخصی کیفیت محیط برای افزایش بهره‌وری ساکنین به وضعیت خودکنترلی^۱ اشاره می‌کند. همچنین وی اظهار می‌دارد که ساکنین ساختمان‌ها در

۱. Keenlyside

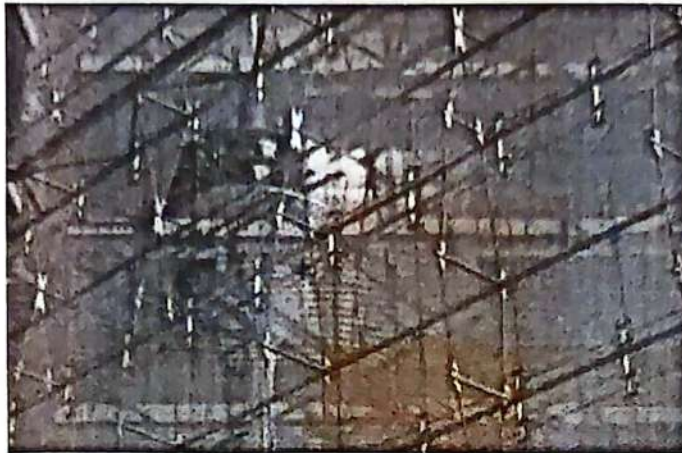
ساختمان‌های با تهویه طبیعی (کنترل به‌وسیله ساکنین) سالم‌تر از ساکنین ساختمان‌هایی با تهویه مکانیکی هستند.

هریسون (۱۹۹۸)، جدای از عملکرد سمبولیک یا فرهنگی، اهداف مختلفی را به ساختمان‌ها نسبت می‌دهد که در واقع، پوسته‌ی ساختمان محیط مصنوعی محتوی آن را خلق می‌کند. این پوسته نباید به‌عنوان باربر در نظر گرفته شود، اما به‌عنوان تعدیل‌کننده‌ی جریان، با سه بعد و دارای ضخامت می‌تواند قابلیت ذخیره انرژی را داشته باشد. آب، هوا، صدا، نور، دید و منظر، گرما، آتش، آلودگی، حفاظت، ایمنی و احتراق باید توسط پوسته‌ی ساختمان کنترل شوند و تمام این فاکتورها باید در یک روش متعادل ترکیب شوند. به‌هرحال، نماهای متداول توانایی پاسخگویی به تغییر نیازمندی‌های محیطی و نیازهای ساکنین ندارند درحالی‌که نماهای هوشمند از قابلیت حفظ بالای تمام موارد مذکور برخوردارند.



تصویر ۱-۳۶- سر در ورودی شهر دوسلدورف، آلمان

(<http://www.stadtter.com/press-center/>)



تصویر ۱-۳۷- تصویری از درون نمای دو پوسته

(<http://www.stadttor.com/press-center/>)

در نماهای هوشمند، سنسورهای نصب شده در نقاط مختلفی که در ساختمان‌های هوشمند ضروری می‌باشد، وجود دارد. به روش ارسال اطلاعات به مرکز کنترل و گرفتن فیدبک، آن‌ها سیستم‌های مکانیکی در نما را به منظور سازگاری با تغییر محیط، فعال می‌کنند. به عنوان مثال، لوورها می‌چرخند و براساس وضعیت مناسب تنظیم می‌شوند، سایبان‌ها برای باز یا بسته شدن وارونه می‌شوند یا دریچه‌های تهویه نیز همان‌گونه عمل می‌کنند و این موضوع با در نظر گرفتن پارامترهای مختلفی همچون زاویه، شدت و جهت تابش خورشیدی انجام می‌پذیرد.

آتکین (۱۹۸۸) اظهار داشته‌است که سازگاری کنترل مرکزی ساختمان‌های هوشمند، به دلیل عدم وجود کاربران، فعالیت‌ها یا محیط بیرونی یکسان ناکافی است. به اعتقاد وی، این مقررات و کدهای موجود که تنها ۸۰ درصد رضایت کاربران را نشان می‌دهد.

ساکنین سنسورهای پیچیده‌ای از شرایط محیطی دارند و به شدت به واسطه سندروم بیماری‌های ساختمان که در رابطه با نگهداری ضعیف سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع متداول می‌باشد، تحت تأثیر قرار می‌گیرند. گذشته از این، کنترل کاربر محور اعمال تغییراتی که نیازهای محیطی کاربران را به روشی یکپارچه تأمین می‌کند، امکان‌پذیر می‌سازد.

شرایط آسایش باید با در نظر گرفتن هردو جنبه‌ی روانی و جسمانی و برای تمام ساکنین با جنسیت و سنین متفاوت در نظر گرفته شود تا بلافاصله پاسخگوی تمام انواع تغییراتی که در داخل

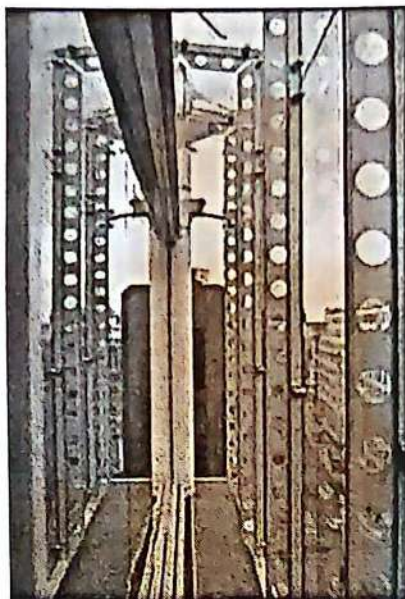
یا خارج اتفاق می افتد، باشد. هریسون (۱۹۹۸) فاکتورهایی را برای کنترل نمای ساختمان برشمرده است:

- آب: باران، رطوبت، میعان
- هوا: باد، تهویه
- صدا: مطلوب، نامطلوب
- نور: نور آفتاب، درخشندگی، نور مصنوعی
- دید و منظر: داخل و خارج، عمومی یا خصوصی
- گرما: تابش خورشیدی، دمای هوا
- آتش: شعله، گرما، دود
- آلودگی: گاز، گردوغبار
- حفاظت: ورود غیرقانونی
- امنیت: سقوط
- انفجار: از داخل یا خارج



تصویر ۱-۳۸- نمای خارجی از ساختمان هلیکون

(www.permasteelisa.com.sg/eng/projects/theelicon.html)



تصویر ۱-۳۹- حفره ی DSF در ساختمان هلیکون

(www.permasteelisa.com.sg/eng/projects/theelicon.html)

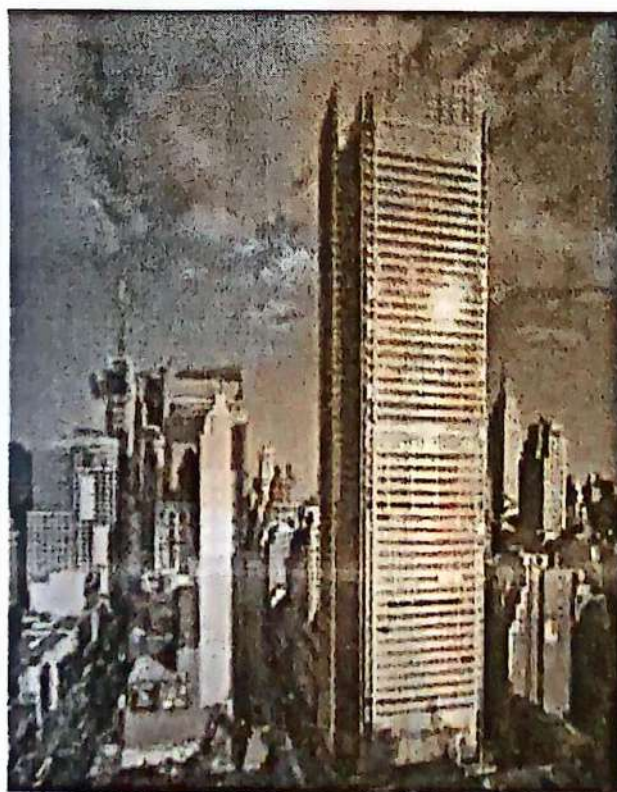
۱-۸- پیشینه تحقیقات انجام شده در ارتباط با نمای دو پوسته

مونا آذربایجانی در رساله ی دکتری خود در دانشگاه ایلی نويز با عنوان "عملکرد ارائه شده ی انرژی نمای دو پوسته با تهویه ی طبیعی مناسب در یک ساختمان بلندمرتبه اداری در شیکاگو" در سال ۲۰۰۹ بررسی کرد که چگونه می توان نمای دو پوسته جدیدی را با عملکرد بهینه مصرف انرژی در کنار تهویه ی مناسب طبیعی داشت. در این راستا از ابزارهای شبیه سازی مانند انرژی پلاس و محاسبات جریان دینامیک (cfd) به آنالیز پارامترهای آسایش گرمایی در میان مطالعات پارامتریک در نما می پردازد در نهایت این تحقیق سه مشارکت قابل توجه برای ارزیابی تهویه در ساختمان های بلندمرتبه اداری با ساختار دو پوسته ارائه می کند. بالدینلی^۱ در مقاله ای در مجله ی ساختمان و محیط با عنوان "نماهای دو پوسته برای نواحی با آب و هوای گرم: سیستم سایه بان مجزای متحرک" بررسی کرد که چگونه نماهای دو پوسته در جهت بهینه سازی مصرف انرژی در تابستان و زمستان مؤثر هستند. این سایه بان های متحرک در زمستان اجازه ی ورود نور و گرمای خورشید را داده اما گرما در تابستان توسط بخش خارجی جذب شده و تأثیر قابل توجهی بر روی پوسته ی داخلی ندارد و

1. Baldinelli

کاهش بار سرمایشی را موجب می‌گردد. دپورا فاجمبانو^۱ در رساله‌ی دکتری خود در دانشگاه پلی تکنیک کاتولینا ذکر می‌کند به منظور کاهش بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان‌ها نماها نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند. ارزیابی‌ها نباید محدود به کیفیات نیازهای معماری چون (زیبایی، تصویر جهانی از بنا و مقبولیت کاربر و...) باشد همه‌ی این جنبه‌ها باید با یک عملکردگرایی بهینه ترکیب شوند. از نقطه نظر انرژی بیشترین مهم‌ترین آیتم‌های مورد توجه در طراحی نماها به شرح زیر است.

- کنترل دریافت انرژی خورشیدی
- کنترل هدر رفت گرما
- ذخیره انرژی گرمایی
- ادغام با سیستم HVAC ساختمان



تصویر ۱-۴۰- ساختمان نیویورک تایمز

(Polard & Beatty, 2008)

۱. Debora Faggembauu



تصویر ۱-۴۱- دیتیلی از سایبان‌های سرامیکی ساختمان نیویورک تایمز

(Polard & Beatty, 2008)

دیوک ووکیم^۱ و چول سوپارک^۲ در مقاله‌ای با عنوان "مشکلات و محدودیت‌ها در عملکرد شبیه‌سازی نماهای دو پوسته با نرم‌افزار انرژی پلاس" در مجله‌ی انرژی و ساختمان اشاره می‌کند که ابزارهای مختلفی جهت شبیه‌سازی ساختمان مانند (انرژی پلاس^۳، ترنسیس^۴، تس^۵ و...) وجود دارد که جهت ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان به کار می‌رود. ابزارهای ذکر شده جهت ارزیابی عملکرد سیستم‌های معمولی و کل ساختمان مناسب هستند. اگرچه قابل سؤال است که آیا چنین ابزارهای می‌توانند گرمای انتقالی و پدیده‌ی انتقال جرمی اتفاق افتاده در هندسه‌ی پیچیده‌ی سه بعدی نماهای دو پوسته را شرح دهند. او انرژی پلاس را به عنوان یک ابزار شبیه‌سازی اعتبار تجربی جهت عملکرد انرژی در نماهای دو پوسته معرفی می‌کند. یک سری آزمایش‌ها بر روی مجرای جریان هوای رفتار

1. Deuk-Woo Kim
2. Cheol-Soo Park
3. Energy plus
4. TRNSYS
5. TAS

حرارتی صورت می‌گیرد و سپس با خروجی‌های شبیه‌سازی مقایسه می‌گردد. او همچنین ذکر می‌کند که بین رفتارهای حرارتی و جریان هوای اندازه‌گیری شده با شبیه‌سازی تفاوت‌های مشخصی وجود دارد. او سه موردی که باید در هنگام مدل‌سازی با انرژی پلاس در نظر گرفته شود برمی‌شمرد. در سال ۱۸۴۹، جین باپتیست جوبارد^۱ در موزه صنعتی بروکسل، برای نخستین بار؛ روش جدید تهویه مکانیکی در پوسته‌ی شیشه‌ای دوجداره را شرح داد. او روش چرخش هوای داغ در بین شیشه‌ها و همچنین هوای سرد در تابستان را ارائه کرد.

کرسپو^۲ ادعا کرده‌است که اولین مورد از نماهای شیشه‌ای دوجداره با دیوار مشخص را در سال ۱۹۰۳ در کارخانه استیف در چینجن آلمان ساخته است. به گفته وی، مزیت این پوسته، ماکزیمم نور روز و مقابله در برابر سرمای زمستان و بادهای سهمگین ناحیه است. در سال ۱۹۰۳، اتواگنر^۳ در مسابقه طراحی بانک پس‌انداز اداره پست وین اتریش برنده شد. این بنا از سال ۱۹۰۴ تا ۱۹۱۲ در دو فاز ساخته شد.

او از نورگیرهای سقفی دوپوسته در حال اصلی خود بهره گرفت. این پوسته‌ها در پایان سال ۱۹۲۰ با تقدمشان در مرکز توسعه پیدا کردند. در ادامه، به دو نمونه‌ی روشن از بکارگیری این پوسته‌ها اشاره می‌کنیم.

در روسیه، مویسی گینزبرگ^۴ با نوارهای دوپوسته در خانه‌های معمولی نارکومفاین^۵ این پوسته‌ها را تجربه کرد؛ اما پیشرفت کمی در ساخت نمای دوپوسته شیشه‌ای تا اواخر دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰ انجام شد. در طی دهه ۸۰ میلادی، این نماها یک حرکت آنی را آغاز کردند بیشتر این نماها به‌عنوان اولویت محیطی طراحی گردیدند؛ مثل اداره لیزل وگودوین^۶. (Poirazis, 2004)

در دهه ۹۰ میلادی، دو فاکتور مهم در ازدیاد تحقیق بر روی پوسته‌های خارجی اثر داشت: اول، افزایش دلبستگی‌های محیطی مؤثر بر طراحی معماری.

1. Jean-baptiste jobard
2. Crespo
3. Otto wagner
4. Moisei ginzberg
5. Narkomfin
6. Leslie godwin

دوم، از نقطه نظر تکنیکی و به عنوان سیاستی مؤثر در ساختمان‌های سبز و همچنین بعنوان تصویری مطلوب برای مشارکت معماری.



تصویر ۱-۴۲- دعوت‌کنندگی ساختمان‌های نما شیشه‌ای در تمام طول شبانه روز

فصل دوم: تاریخچه و تعاریف نمای دو پوسته

۲-۱- تعریف نمای دو پوسته

در این بخش، تعاریف گوناگونی که در ارتباط با سیستم DSF از سوس برخی محققان ارائه گردیده، مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد.

مطابق با آنچه در کتاب مرجع موسسه تحقیقات ساختمانی بلژی (BBRI-2002) آمده است، نمای فعال نمایی است که یک یا چند طبقه را پوشانده و از پوسته های شیشه‌ای چند گانه تشکیل شده است. لایه ها ممکن است عایق هوا باشند یا نباشند. در این نوع نما، حفره هوای قرار گرفته بین پوسته ها به صورت طبیعی یا مکانیکی تهویه می‌شود. استراتژی تهویه حفره هوا ممکن است با گذر زمان تغییر کند. به طور کلی سیستم ها و دستگاه ها به منظور بهتر کردن هوای محیط داخلی با تکنیک‌های فعال یا غیر فعال با یکدیگر تجمیع می‌شوند. بیشتر اوقات، چنین سیستم‌هایی به صورت نیمه اتوماتیک توسط سیستم های کنترل اداره می‌شوند.

هریسون^۱ و بواک^۲ (۲۰۰۳)، در ساختمان شناسی پوسته پیرامونی، سیستم "دی اس اف" را در اصل به صورت یک جفت پوسته شیشه ای که بوسیله یک دالان هوا از هم جدا شده‌اند، معرفی می‌کنند. لایه اصلی شیشه‌ای معمولا عایق است. حجم هوای بین لایه‌های شیشه‌ای همانند یک عایق در مقابل دماهای حداکثر، بادهای و صدا عمل می‌کند. دستگاه‌های سایه‌اندازی اغلب بین دو

1. Harrison

2. Boack

پوسته قرار داده می شوند. همه اجزا و عناصر می توانند بطور متفاوت در تعدادی از جایگشت ها و ترکیبات از هر دو پوشش جامد و پوسته شفاف مرتب شوند.



تصویر ۱-۲- عناصر سازه‌ای درون نما

(Streicher,2005,P15)



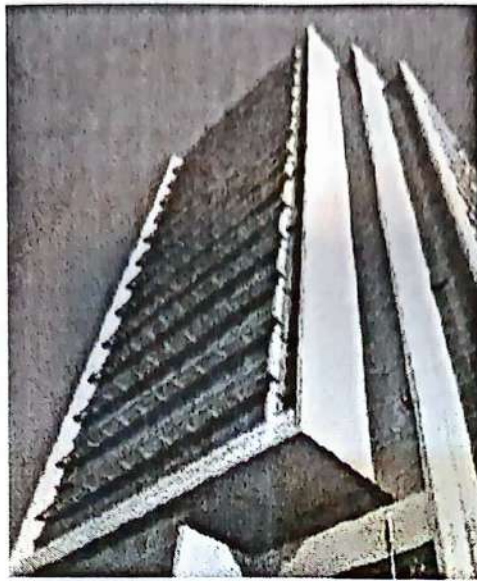
تصویر ۲-۲- نمای دوپوسته چند طبقه

(Streicher,2005,P49)

آرونز (۲۰۰۱)، دی اس اف را به عنوان یک نما شامل دو جزء صفحه ای مجزا معرفی می کند که اجازه حرکت هوای داخل و خارج در میان سیستم را می دهد. در بعضی موارد این تعریف به پوسته دولایه اشاره می کند.

اتو (۲۰۰۱)، "دی اس اف" را یک جفت پوسته شیشه ای معرفی می کند که با یک دالان هوا (حفره یا فضای میانی نیز نامیده می شود) با عرض از ۲۰ سانتی متر تا چند متر از هم جدا شده اند. پوسته های شیشه ای ممکن است روی کل ساختمان یا روی بخشی از آن گسترده شده باشد. لایه شیشه ای اصلی که معمولاً عایق از جنس عایق است به عنوان قسمتی از دیوار ساختمانی متداول یا یک دیوار پرده ای کار می کند؛ در حالیکه لایه اضافه شده که معمولاً از جنس شیشه است، تنها جلو یا عقب لایه شیشه ای اصلی قرار می گیرد. لایه ها فضایی از هوا را در میان نشان ساخته و همانند یک عایق در برابر حداکثر دما و صدا برای ساختمان عمل می کند. حفره با هوای بیرون در ارتباط است و بنابراین، پنجره نمای داخلی می تواند باز شود. این موضوع برای ساختمانهای بلند که در معرض فشار باد هستند نیز امکان پذیر است. فرآیند مذکور تهویه طبیعی و خنک سازی شبانه جرم حرارتی ساختمان را فراهم می کند. در زمستان حفره یک منطقه حامل گرمایی را تشکیل می دهد که میزان گرمای از دست رفته را کاهش داده و گرمایش غیرفعال از تشعشع خورشید را امکان پذیر می کند. همه انواع نماهای دوپوسته، یک محل محافظت شده را در داخل شکاف هوا برای نصب وسایل سایبان و بهبود روشنایی مثل پنجره ونیزی (شیار شیار دار) و لوور ایجاد می کنند. محافظت از وسایل سایه اندازی در مقابل باد، باران و برف نسبت به سیستم های نصب شده روی نمای خارجی هزینه کمتری دارد.

زمانیکه تشعشعات خورشید زیاد است، حفره نما باید برای جلوگیری از ایجاد گرمای زیاد به خوبی تهویه شود. معیار کلیدی برای این موضوع، پهنای حفره و سائز بازشوهای تهویه در پوسته خارجی می باشد. تعویض هوا بین محیط و حفره بستگی به شرایط فشار باد روی پوسته ساختمان، اثر انباشتگی و ضریب تخلیه بازشوها دارد. این دریچه ها در همه مواقع می توانند باز باشند و یا اینکه با دست یا ماشین باز شوند. سیستم های فعال برای این امر بسیار پیچیده بوده و از بابت هزینه ساخت و تعمیر و نگهداری گران هستند. معیارهای دیگر در طراحی یک نمای دو پوسته، ضوابط مرتبط با حفاظت در برابر آتش و صدا می باشد. (Poirazis, 2004, P17)



تصویر ۲-۳- ساختمان اداری دولتی شاتین

(Haase,2006,P32)

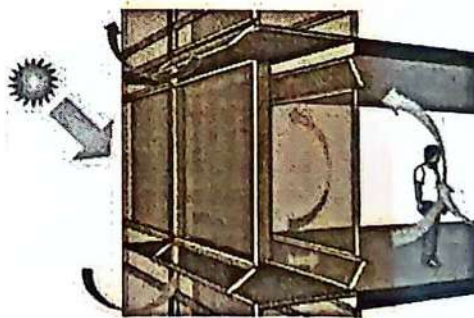
(<http://202.66.146.82/listco/hk/hkconstruction/annual/2001/sum.pdf>)



تصویر ۲-۴- ساختمان پکینگ زد

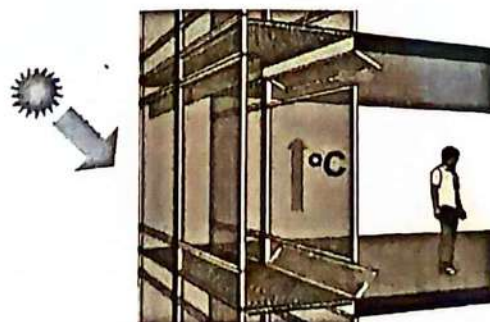
(Haase,2006,P33)

سلنس (۲۰۰۲)، نمای چند پوسته ای را یک پوشش ساختمانی شامل دو سطح شفاف جدا شده بوسیله یک حفره که به عنوان کانال هوا استفاده می شود، تعریف می کند. این تعریف شامل سه عنصر اصلی است: (۱) ساختار پوششی، (۲) شفافیت سطوح مرزی، (۳) جریان هوای حفره. سطح خارجی حفره بوسیله یک سیستم پوشاننده ساخته شده و به طور معمول از شیشه تک جداره است. سطح داخلی یک نمایی که تهویه طبیعی دارد از یک دیوار غیر شفاف و یک پنجره با قابلیت بازشو تشکیل شده است. سطوح داخلی نیز معمولاً شیشه ای هستند. همانطور که سلنس در تعریف خود بیان کرده است، نماهای چند پوسته با یک حفره تهویه طبقه بندی می شوند. این فضای میانی یک فضای عالی برای قراردادن وسایل جهت محافظت از عوامل جوی گرد و غبار است. وسیله سایه انداز معمولاً در حفره قرار می گیرد. گاهی پیشنهاد می شود که تجهیزات روشنایی روز نیز در حفره نصب گردد.



تصویر ۲-۵- خروج گرمای نمای دو پوسته

(Schmid,2001,P77)



تصویر ۲-۶- همرفت گرما در نمای دو پوسته

(Schmid,2001,P78)

مطابق با دیدگاه کلسنس و دهر، نمای پوسته دوم، یک پوشش ساختمانی اضافی نصب شده روی نمای موجود می باشد. این نمای اضافی اساساً شفاف است. فضای جدید بین پوسته دوم و نمای اصلی یک منطقه حائل است که ساختمان را عایق بندی می کند. این فضای حائل ممکن است با تابش آفتاب نیز بر اساس جهت قرار گیری نما گرم و داغ شود. در ارتباط با سیستم های رو به جنوب، این هوای داغ و خورشیدی برای ایجاد گرمایش در زمستان استفاده می شود و در سایر زمان ها برای جلوگیری از افزایش حرارت تهویه می شود.



تصویر ۷-۲- دید از لبه‌ی نمای دوپوسته

(Bayram,2003,P58)

کمپانگو (۲۰۰۲)، "دی اس اف" را به صورت یک طرح یا یک پوسته شیشه ای که در جلوی نمای اصلی ساختمان قرار گرفته است توصیف می کند. وسایل کنترل خورشیدی در حفره بین دو پوسته قرار داده می شوند که محافظت آنها در مقابل اثرات آب و هوایی و آلودگی هوا یک فاکتور با

اهمیت ویژه در ساختمان های بلند مرتبه یا ساختمان های واقع در مرکز خیابان های شلوغ می باشد. وی ادعا می کند که یکی از بزرگترین مزایای سیستم مذکور، قراردگیری وسایل سایه انداز ترکیب شده با تهویه داخلی حفره است. از آنجا که تشعشعات خورشیدی در وسایل سایه انداز جذب می شود، دمای حفره افزایش می یابد. به دلیل اثر دودکش تقریباً ۲۵ درصد این حرارت می تواند بوسیله گردش طبیعی هوا حذف شود. به علاوه، دی اس اف اتلاف گرما را نیز کاهش می دهد، زیرا سرعت هوا در داخل حفره کاهش می یابد (در مقایسه با حالت بدون فضای میانی) و دما بالاتر خواهد بود. دمای بالاتر داخلی حفره در مدت دوره های گرمایش باعث می شود که دمای نزدیک پنجره ها افزایش یابد و در نتیجه، آسایش حرارتی برای ساکنین افزایش می یابد. (Poirazis, 2004, P14-15)



تصویر ۲-۸- نمای دو پوسته

(Foster and Partners web site, Retrieved 01.Aug.2003)

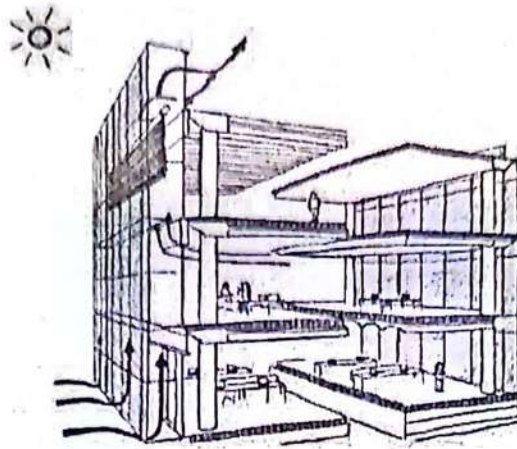
کوهلر^۱، اینکارجوریت^۲، بازجاناک^۳، سلکوویتز^۴ و لی^۵ (۲۰۰۲)، در مورد استفاده از سیستم دی اس اف بیان می‌دارند که: بهترین مزیت ذکر شده از طرف مهندسان طراح نماهای دوپوسته EU، آکوستیک بودن است. لایه دوم شیشه‌ای قرار گرفته در جلوی نمای اصلی، سطوح صوتی در محل‌های با صدای بلند ویژه همانند فرودگاه‌ها یا مناطق پر ترافیک شهری را کاهش می‌دهد. پنجره‌های قابل باز شدن واقع در پشت لایه شیشه‌ای، باعث این مزیت آکوستیکی می‌شود، به ویژه اگر بازشوها در سطح خارجی به اندازه کافی برای فراهم کردن تهویه طبیعی بزرگ باشند. نویسنده‌ها مزیت‌های دیگری را نیز برای این سیستم ذکر کرده‌اند. بر اساس ادعای آنان، دی اس اف‌ها امکان نوسازی ساختمان‌های قدیمی و همچنین ساختمان‌هایی را فراهم می‌کنند که در آیین‌نامه مناطق جدید اجازه ساخت برای جایگزینی ساختمان قدیمی با همان سائز را به دلایل محدودیت‌های ارتفاعی و حجمی نمی‌دهند.



تصویر ۲-۹- نمای داخلی از فضای اداری

(Harrison & others, No Date, P6)

1. Kohler
2. Inkarojrit
3. Bazjanac
4. Selkowitz
5. Lee



تصویر ۲-۱۰- یک نمونه رایج از نمای دوپوسته

(Azarbayjani, 2010, 30)

محققان فوق الذکر بر روی استخراج گرمای دی اس اف تمرکز کرده و در این زمینه بیان می‌دارند: استخراج حرارت از دی اس اف برای کنترل بار خورشیدی بستگی به سایبان خورشیدی قرار گرفته در فضای میانی یا درون شبکه بین نمای شیشه‌ای خارجی و نمای داخلی دارد. این ایده شبیه سیستم سایبان‌های خارجی است که در آن، بار تشعشع خورشیدی قبل از وارد شدن به ساختمان محبوس می‌شود. با این تفاوت که گرمای جذب شده بوسیله سیستم سایبان شیشه‌ای بین دو پوسته در فضای میانی آزاد می‌شود؛ سپس از طریق پوسته خارجی، با استفاده از وسایل تهویه طبیعی یا مکانیکی پایین می‌آید. نیاز به بار سرمایشی روی وسایل مکانیکی با این استراتژی حذف می‌شود.

این ایده با یک لایه شیشه‌ای تک جداره نشکن با مقاومت گرمایی یا لایه‌ای با بازشوهای کنترل شده ورودی و خروجی هوای خارجی به همراه پره‌های گلویی دستی یا اتوماتیک مشخص شد. پوسته نمای دوم داخلی شامل پنجره‌های ثابت یا قابل باز شدن، شیشه تک یا دوجداره، لولادار یا کشویی می‌شود. درون فضای میانی، پنجره‌های جمع شدنی یا ثابت ونیزی (ترک ترک) یا سایبان‌های غلطکی قرار دارد که عملکرد آنها می‌تواند به صورت دستی یا اتوماتیک باشد. در شرایط سرمایشی، پنجره‌های ونیزی (یا سایبان‌های غلطکی) کل ارتفاع نما را می‌پوشاند و برای ممانعت از پرتو مستقیم خورشید به صورت مایل قرار می‌گیرند. تشعشع خورشیدی جذب شده، درون فضاها

میانی هدایت می شود و یا به سمت داخل یا خارج انعکاس می یابد. اگر پنجره های داخلی قابل باز شدن باشند، بسته می شوند.

همرفت گرما درون حفره میانی از طریق رانش حرارتی یا رانش باد رخ می دهد. در برخی اوقات از تهویه مکانیکی برای استخراج گرما استفاده می شود.

هندریکسن^۱، سورنسن^۲، اسونسون^۳ و اکویست^۴، ابراز کرده اند که اغلب به نظر می رسد شفافیت دلیل اصلی توجه مخاطبان به نماهای دو پوسته می باشد، چراکه نماهای شیشه ای ارتباط نزدیکی با محیط اطراف برقرار می کنند. همچنین از نقطه نظر مشتریان شفافیت بدنه های ساختمان یک شرکت می تواند بیانگر شفاف سازی عملکرد سازمانی شرکت باشد و آن را به ذهن مخاطبان متبادر کند.

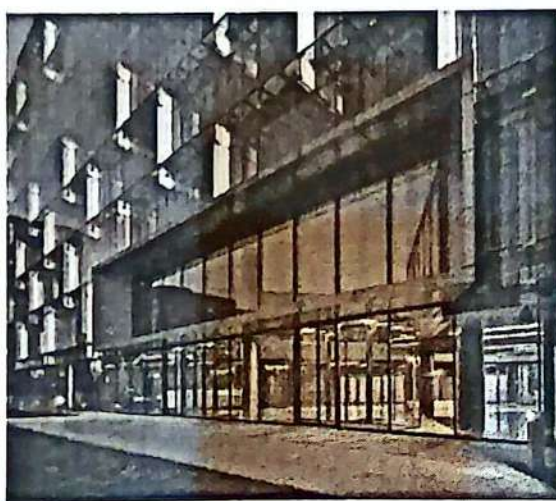


تصویر ۲-۱۱- استودیو لامللا در ورشو لهستان

(<https://www.archdaily.com>)

1. Hendriksen
2. Sørensen
3. Svensson
4. Aqvist

دی اس اف ها بر روی بسیاری از جنبه های شرایط آب و هوای داخلی و تا حدی مصرف انرژی اثر می گذارند. به کارگیری دی اس اف ها در مقایسه با کاربرد نماهای پنجره ای سنتی، شفافیت، وسعت دید به بیرون و سطوح روشنایی را افزایش می دهد. همچنین افزایش سطح شیشه ای منجر به افزایش مشکلات درخششی می شود. این امر برای دفاتر با پلان باز بسیار با اهمیت است، چون درخشندگی نامناسب ممکن است در عمق اتاق ها ایجاد شود.



تصویر ۲-۱۲- نمای از ورودی استودیو لاملا

(<https://www.archdaily.com>)

۲-۲- اجزای کلی نمای دو پوسته

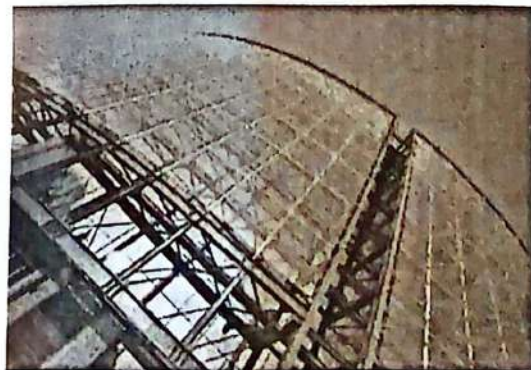
حفره: حفره در نماهای دو پوسته فضای مابین شیشه ی داخلی و خارجی می باشد. حفره در نماهای دو پوسته می تواند به صورت بسته (مانع نفوذ هوا) یا به صورت تهویه شونده باشد. صفحات شیشه ای: نمای دو پوسته متشکل از دو لایه صفحه شیشه ای است که با یک لایه هوا از یکدیگر جدا شده اند و صفحه بیرونی نمای کاملاً شفاف را به حجم می دهد. در نمای داخلی نیز صفحات شیشه ای دیده می شود، اما سطح شیشه ای در نمای بیرونی بیشتر از نمای داخلی می باشد.

بازشو: بازشو در نمای دو پوسته، دریچه های ورود و خروج تعبیه شده بر روی سطح نمای داخلی و خارجی می باشد که به منظور تهویه طبیعی باز می شوند.

ابزار سایه‌اندازی: به منظور کنترل تابش خورشیدی در نمای دو پوسته از سایبان‌هایی در داخل یا خارج نما استفاده می‌شود. نماهای دو پوسته به دلیل قابلیت محافظت از ابزارهای سایه‌اندازی حائز اهمیت می‌باشند.

۲-۳- اهداف کلی نمای دو پوسته

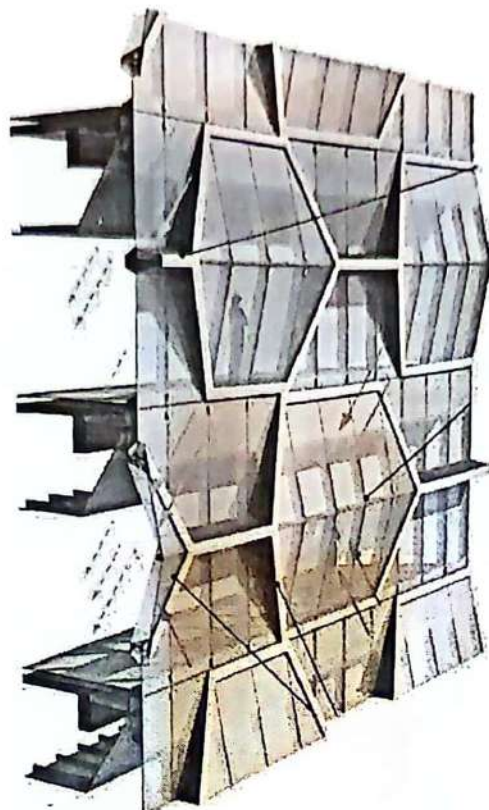
در سال ۱۹۷۸م که معماری‌های تک مورد انتقاد قرار گرفته بود و جای خود را به معماری اکوتک داده بود، از ریچارد راجرز در پاسخ به سؤالی در رابطه با ساختمانهای شیشه‌ای بیان داشت: "ساختمانهای شیشه‌ای آینده مجهز به تجهیزات و پوشش‌های پاسخ‌دهنده به شرایط دمایی نور و تابش و رطوبت سنجی خواهند بود. این نماها شرایط و متغیرهای داخلی و خارجی را مانیتور کرده و به آنها پاسخ می‌دهند، با این هدف که مصرف انرژی را بهینه سازند. دیری نخواهد پایید که ساختمانها همانند یک سیستم زنده مجهز به سیستم عصبی و گیرنده‌های حسی باشند که این توانایی‌ها آنها را کاملاً منطبق با شرایط محیطی می‌کند." (Andreotti, No date, P72)



تصویر ۲-۱۳- نمای دو پوسته

(<http://italwindows.com>)

به نظر می‌رسد که معماری دو پوسته ساختمانهای معاصر، در واقع نتیجه به ثمر رسیدن این ایده‌ها در عرصه طراحی معماری بوده است. در اواخر قرن بیستم، ایده سطوح شیشه‌ای هوشمند که بتوانند در برابر تغییرات کاملاً دینامیک و پویا عمل کنند و باعث ایجاد شرایط آسایش در هر شرایط آب و هوایی شوند، دستاوردهایی از جمله نماهای دو پوسته را بدنبال داشته است.



تصویر ۲-۱۴- نمایشی‌های شیشه‌ای جدید

(<http://www.archello.com>)

کانسپت یک پوشش ساختمانی همساز با شرایط اقلیمی ایده جدیدی نیست. این ایده در معماری سنتی مناطق کوهستانی بصورت طراحی یک حائل حرارتی با پوسته شیشه ای متحرک در ایوانها دیده می شود. در معماری سنتی روسیه نیز پنجره ها بصورت باکس مانند ساخته می شدند یعنی پنجره ها دو جدار داشتند که یک سطح شیشه ای آن در نمای خارجی قرار می گرفت و یک سطح شیشه ای بر روی دیوار داخلی نصب می شد. با این روش، جریان هوای محسوس بین دو سطح شیشه ای، خود، عایقی حرارتی برای کاهش تبادل حرارت بود. ایوانهای با دیوارهای شیشه ای متحرک و پنجره های جعبه مانند، خود مقدمه ای بر ایده نماهای دو پوسته بوده اند. بنابراین نماهای دو پوسته امروز ترکیبی از ساختارهای خلاقانه نماهای پوسته ای مدرن و اصول کهن معماری زیست محیطی هستند.

طراحی نماهای دوپوسته اهدافی بدنبال داشته که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تأمین اهداف اکوستیکی برای یک نمای شیشه ای که منجر به افزایش شفافیت می شود.
- توسعه اکوستیک در ساختمان هایی که در محل های شلوغ و آلوده واقع شده اند.
- استفاده از تهویه طبیعی به جای تهویه مکانیکی.
- کاهش نیاز به گرما در طول زمستان و کاهش نیاز به سرما در طول تابستان.
- حداکثر کاهش وسایل گرمازا و سرمازا
- استفاده از نور طبیعی به جای نور مصنوعی تا آنجا که امکان پذیر باشد.
- تنظیم دمای داخلی ساختمان در طول تابستان و زمستان (دمای مطلوب داخلی در طول تابستان و زمستان) (مطیعی، نصیری، ۱۳۸۵).

نمای تک لایه در انواع ساختمان ها از لایه های کارکردی مختلف تشکیل شده است که شامل روکش، ساختار عایق و غیره بوده و داخل و خارج ساختمان را از هم جدا می کند. ظهور دیوار پوشاننده در قرن ۱۹ ام که کارکرد باربر نداشت، این امکان را فراهم کرد که پوشش ساختمان به صورت کاملاً شیشه ای ساخته شود. حضور شیشه تحولی عظیم در معماری به وجود آورد. شیشه به عنوان ماده ای که در عین خاصیت جداکنندگی اش می تواند به چشم نیز نیاید، ساختمان ها را به سمت سبکی و ماده زدایی هرچه بیش تر پیش برد. با این حال، موضوعات مربوط به شرایط آسایش حرارتی و عملکرد ضعیف حرارتی پوشش های تک لایه به وسیله ی ابتکارات سیستم های مکانیکی پشتیبانی شد (Azarbayjani, 2010, P 30).



تصویر ۲-۱۵- بدنه ی تمام شیشه ای ساختمان استودیو لاملا

(<https://www.archdaily.com>)



تصویر ۲-۱۶- کارخانه استیف

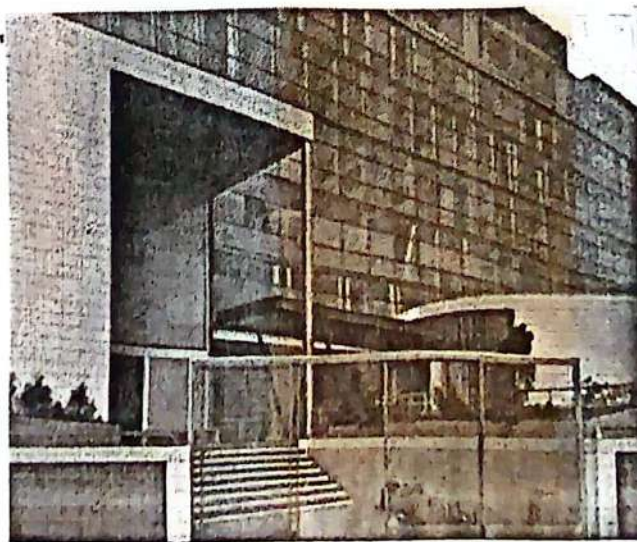
(Mulyadi, 2012, 13)

به کارگیری سیستم های مکانیکی یعنی ایجاد رفاه دائمی برای کاربران بدون در نظر گرفتن هیچ قید و شرطی، ناشی از عدم آگاهی از مباحث مطرح در محیط زیست بوده و باعث اتلاف انرژی های بسیار گردیده است. (کلانتر مهرجردی، ۱۳۸۷: ۳۹). این موضوع طراحان را ناگزیر به بهره برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر برای سرمایش، گرمایش، روشنایی و تهویه ساختمان کرده است. مسائل یاد شده منجر به توسعه محصولات جدیدی در صنعت شیشه به منظور حفاظت از افزایش حرارت ناخواسته در تابستان و بهینه سازی استفاده از نور روز گردیده است برای نمونه می توان به شیشه هایی با پوشش های مختلف اشاره کرد. نتیجه تلاش معماران در استفاده از تهویه طبیعی و بهره گیری از انرژی خورشیدی به ظهور مفهوم جدیدی همچون نمای دو پوسته در سیستم نما سازی انجامید. (Azarbayjani, 2010, P 30).

۲-۴- تاریخچه نمای دو پوسته

در معماری بومی بسیاری از مناطق شمال اروپا و به ویژه روسیه، از پنجره دو تایی برای کاهش انتقال حرارت استفاده می کردند. در معماری قدیمی روسیه یک پنجره در نمای بیرونی کار گذاشته می شد و پنجره دیگر بر روی دیوار داخلی قرار می گرفت. به این ترتیب، محفظه گرمایی برای جلوگیری از نفوذ هوای سرد بیرون به داخل ایجاد می کردند. این روش یکی از راهکارهای بشر برای استفاده از محفظه گرمایی بدون وسایل گرمازا بود.

پس از انقلاب صنعتی اروپا و با پیشرفت تکنولوژی و فن ساخت، بناهای ساختمانی از قید و بند دیوارهای حمال نجات یافت که تأثیر آن در حوزه معماری، رهایی از محدودیت‌های تعداد و اندازه پنجره بود. به تدریج با حرکت‌های معماران آوانگاردی چون میس وندرویه بدنه‌های تمام شیشه‌ای در معماری هویدا شد. در ساختمان‌های تماماً شیشه‌ای، تلفات گرمایی و ملاحظات مسنله‌ساز و گرمای فزاینده در تابستان، نشان‌دهنده‌ی این بود که می‌بایست به منظور جبران نقایص کارکردی پوسته‌ی ساختمان، به دستگاه‌های مکانیکی متوسل شد. تکنولوژی موجود و عدم اطلاع از مسائل محیطی در ابتدای دوره معماری مدرن، منجر به ساخته شدن ساختمان‌هایی با مصرف انرژی بالا و تولید آلاینده‌هایی مانند گازهای گلخانه‌ای شد. علاوه بر این، عملکرد بدنه ساختمان برای کاهش انتقال سروصدای بیرون کمتر از حد مقبول بود. پس از انتقادات وارده، معماران در پی یافتن راهکاری برای افزایش عملکرد شیشه‌ای و حذف نقایص آنها بودند (Dickson, 2009, P6).



تصویر ۲-۱۷- ساختمان سیتة ده رفگو در سال ۱۹۳۳ (Mulyadi, 2012, P 14)

تاریخچه‌ی نماهای دوپوسته در چندین کتاب، گزارش و مقاله توضیح داده شده است. هریس پیورازیس^۱ در کتاب خود تحت عنوان "نماهای دو پوسته" به نقل از سلنس (۲۰۰۲)، تاریخچه‌ی نماهای دو پوسته برای ساختمان‌های اداری را این‌گونه شرح می‌دهد که در سال ۱۸۴۹ م، جین

1. Harris Poirazis

جوبارد^۱، سرپرست موزهی صنعتی در بروکسل، اولین نمونه از نماهای چند پوسته‌ای با تهویه مکانیکی را مدلسازی کرده و شرح داده است که چطور در زمستان باید هوای گرم بین دو شیشه جریان یابد، درحالی که در تابستان این هوا باید باعث خنک سازی شود.



تصویر ۲-۱۸- ساختمان سیت ده رفگو، در سال ۲۰۱۲

(Mulyadi, 2012, P 14)

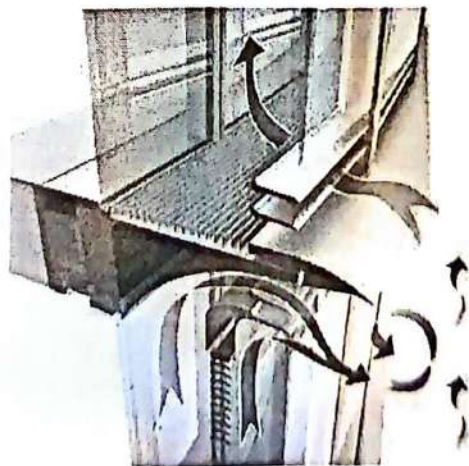
کرسپو^۲ ادعا می کند که اولین مورد دیوارهای پوششی دو پوسته در سال ۱۹۰۳م در کارخانهی استیف^۳ در جی انگن^۴ آلمان مشاهده شده است (تصویر ۲-۱۶). بر طبق اظهارات وی، افزایش روشنایی روز با در نظر گرفتن هوای سرد و بادهای شدید در منطقه جزء اولویتهای اصلی بوده است. راه حل، یک ساختار سه طبقه با طبقه ی همکف برای فضای انبار و دو طبقه بالاتر برای استفاده

1. Jean-Baptiste Jobard
2. Crespo
3. Steiff
4. Giengen

کاری بود. این روش ساخت یک موفقیت به شمار می‌رفت و دو ساختمان اضافی دیگر نیز در سال ۱۹۰۴ م و ۱۹۰۸ م با همان سیستم دپوسته ساخته شد، با این تفاوت که برای کاهش هزینه، از تیر چوبی به جای فولاد در ساختار استفاده شد. همه‌ی این ساختمان‌ها هنوز در حال استفاده‌اند.

در سال ۱۹۰۳ م، اتو واگنر^۱، در مسابقه طراحی بانک پس‌انداز اداره پست مرکزی شهر وین اتریش برنده شد. ساختمان ساخته‌شده در دو فاز از ۱۹۰۴ تا ۱۹۱۲ م دارای یک پنجره سقفی دپوسته در حال اصلی می‌باشد. (Poirazis, 2004, P19).

در سال ۱۹۱۶ م، لوکوربوزیه از سیستم پوسته‌ی دوم شیشه‌ای استفاده کرد که پنجره‌های بسیار بزرگ آن در دولایه طراحی شده بودند (یکی از آن‌ها به اندازه‌ی ۲ طبقه ارتفاع داشت). این پنجره‌ها لوله‌های گرمایش مابین دولایه‌ی خود داشتند. پس از آن لوکوربوزیه دیواری شیشه‌ای با چندلایه طراحی کرد و آن را دیوار خنثی نامید؛ به این معنی که دیوار خنثی از شیشه یا سنگ یا هردوی آن‌ها می‌تواند ساخته شود وی این ایده را در پروژه‌ی سیت ده رفگو^۲ و هتل ارتش آزادی در پاریس^۳ به عنوان یک محفظه‌ی هوا برای خنثی کردن اثر سرما یا تابش خورشید بکار برد. متأسفانه این ایده به علت هزینه‌ی اولیه‌ی بالا هرگز مورد حمایت قرار نگرفت. (Mulyadi, 2012, P 14)



تصویر ۲-۱۹- ورود و خروج جریان در نمای بیرونی

(<http://www.architectus.com.au>)

1. Otto Wagner
2. Cite de Refuge
3. Salvation Army



تصویر ۲-۲۰- بهره‌گیری از نمای دو پوسته برای ساختمان اداری

(www.Fosterandpartners.com)

درواقع، در پایان سال ۱۹۲۰، دوپوسته‌ها با اولویت‌های دیگری توسعه داده شدند. دو مورد به‌وضوح قابل مشاهده است. در روسیه، مویزی گینزبورگ^۱ نوارهای دو پوسته را در بلوک‌های ساختمان مسکونی ناکمفین^۲ خود در سال ۱۹۲۸ آزمایش کرد. همچنین یک سال بعد، لوکوربوزیه طراحی سیتة ده رفگو (۱۹۲۹) و ایمله کلارته^۳ (۱۹۳۰) را در پاریس شروع کرد (تصویر ۲-۱۷ و ۲-۱۸). با ایجاد بحران‌های اخیر، تلاشی مبنی بر شناخت راه‌کارهای معماری بومی که سعی در استفاده بهینه از انرژی و منابع می‌کردند، صورت گرفته است.

1. Moisei Ginzburg
2. Narkomfin
3. Immeuble Clarte

نتیجه تمام تحقیقات نشان می‌داد که نماها بایستی با کیفیتی بهتر و به گونه‌ای طراحی شوند که امکان مقابله و مواجهه با باد و باران و گرما و رطوبت را داشته باشند. تحول در تکنولوژی پنجره، برای مطابقت داشتن با شرایط آب و هوایی ویژه و ایجاد پنجره‌های دو یا سه جداره، ریشه در ایده پنجره‌های جعبه‌ایمانندی دارند که در آنها، یک لایه شیشه که بیشتر در جداره‌ها استفاده می‌شد، با یک شیشه خارجی دیگر همراه می‌شود.

این پنجره‌های قدیمی، فریمی با دوقاب پنجره به موازات یکدیگر دارند که ضریب انتقال گرمایی را به حدود $5.2 \text{ w/m}^2\text{K}$ می‌رساند. این گونه از پنجره‌ها هنوز در بسیاری از خانه‌های مربوط به قرن ۱۹ و ۲۰ یافت می‌شوند؛ به خصوص در شهرهای اروپای مرکزی مثل برلین، وین، پراگ و بوداپست. در اواخر دهه ۱۹۵۰م، پنجره‌هایی ساخته شدند که بر مبنای «پنجره‌های جعبه‌ای»^۱ دو شیشه داشتند. در این نوع جدید لنگه درونی و بیرونی به طور مکانیکی به هم متصل بودند و همانند یک پنجره تک شیشه‌ای برای تهویه درون باز می‌شدند. در این پنجره‌ها یک فریم به جای دو فریم به کار می‌رود. در بعضی موارد، پرده‌هایی به عنوان آفتاب شکن در بین دولایه قرار می‌گیرد که در اصل برای جلوگیری از خیرگی می‌باشد.

فاصله دو شیشه در میزان عایق بودن پنجره بسیار مؤثر است. اگر فاصله دو شیشه از میزانی خاص کمتر (و یا بیش‌تر) باشد، کارایی چندانی ندارد. در صورت نیاز، دو لنگه پنجره می‌تواند از هم جدا شود. (برای مثال در زمان تمیز کردن جام‌های شیشه).

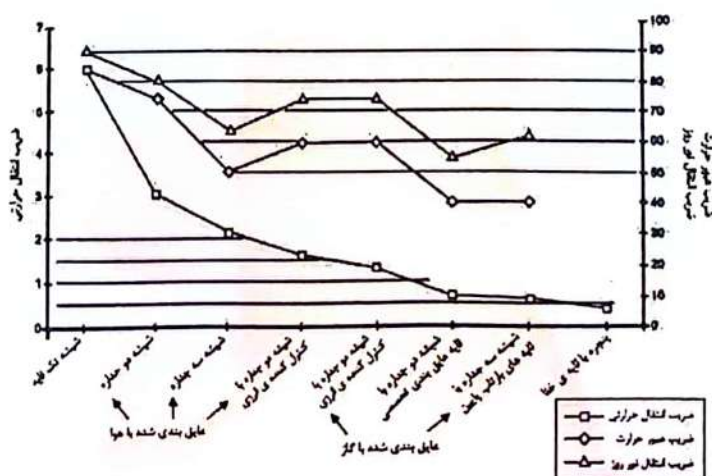
در دهه ۷۰ میلادی، در واکنشی به بحران نفتی، گرایشی به صرفه‌جویی در انرژی و حفاظت از محیط‌زیست پدید آمد. در همین راستا، با ایجاد گرایش‌هایی با عنوان معماری حساس به محیط، تحولی در پوسته خارجی ساختمان به وجود آمد؛ و همچنین معماران به امکان بهره‌برداری از توده ساختمان و انعطاف‌پذیری آن در تهویه و حفاظت در برابر آفتاب آگاه شدند.

این تحولات، ناشی از تحقیقاتی بود که در زمینه ساخت‌وسازهای سنتی در مناطق گرم صورت گرفته بود. در اروپا هم عایق کردن بدنه‌های ساختمان به جهت صرفه‌جویی انرژی به طور فزاینده‌ای در مرکز توجه قرار داشت. با رشد آگاهی از وضعیت محیط‌زیست، صنعت مصالح ساختمانی خصوصاً در زمینه تکنولوژی شیشه دچار تحولات سریع در این زمینه شد.

1. Box Windows

تا اواخر دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰، پیشرفت کمی در ساخت شیشه دو پوسته صورت گرفت. در طول دهه ۸۰، این نوع نماها شروع به رشد پرشتاب‌تری کردند. بیشتر این نماها همانند دفاتر لسلی^۱ و گودوین^۲ برای حل مسائل محیطی، طراحی شدند. در موارد دیگر، اثرات زیبایی‌شناسی شیشه‌های چندلایه مسئله‌ی اصلی بود. در دهه ۹۰، دو فاکتور شدیداً بر روی گسترش استفاده از نماهای دو پوسته اثر گذاشت. افزایش مسائل محیطی نه تنها از لحاظ تکنیکی، بلکه به عنوان اثرات سیاسی که ساختمان‌های سبز یک تصویر خوب برای گروه معماری ایجاد کرده بودند، شروع به اثرگذاری روی طراحی معماری کردند (Poirazis, 2004, P 20)

در سال ۱۹۷۸ م، یک مرکز شیمی درمانی توسط «شرکت ساختمانی هوکر» طراحی شد. طبق نظر هریسون^۳ و بواک^۴، مرکز شیمی درمانی^۵، به عنوان اولین نمونه‌ی نمای دو پوسته در شمال آمریکا (کانادا) شناخته شده است. (تصویر ۲-۱۵) این مرکز اهمیت اساسی معماری شیشه ای را در تاریخچه‌ی نزدیک نشان می‌دهد. سیستم پوسته‌ی بکار رفته در این پروژه گاهی «دینامیک» نامیده می‌شد.



نمودار ۱-۲: نمودار عملکرد انواع پنجره‌ها، (کلانتر مهرجری، ۱۳۸۷، ص ۳۹)

تحول در انواع شیشه‌ها و سیر بهبود وضعیت عایق گرمایی را در طول دهه‌های گذشته

1. Leslie
2. Godwin
3. Harrison
4. Boake
5. Occidental Chemical Center

این امر به دلیل قابلیت تغییر کارکردی آن در زمان‌های مختلف سال و روز بود. سیستم سایبان آن نیز به صورت اتوماتیک طراحی شده بود که برای کنترل ورود نور روز به داخل ساختمان دوران پیدا می‌کرد.



تصویر ۲-۲۱- مرکز شیمی درمانی در کانادا



تصویر ۲-۲۲- نمای دوپسته مرکز شیمی درمانی در کانادا

این طرح به عنوان اولین نمونه مدرن دی اس اف^۱ شیشه‌ای محسوب می‌شود. در فاصله ۲۰ سانتیمتری بین دولایه، کرکره‌هایی قرار دارند. کرکره‌ها دارای سلول خورشیدی بوده و هنگامی که در اثر تابش آفتاب گرم می‌شوند، تمام کرکره‌های آن قسمت تغییر جهت می‌دهند.

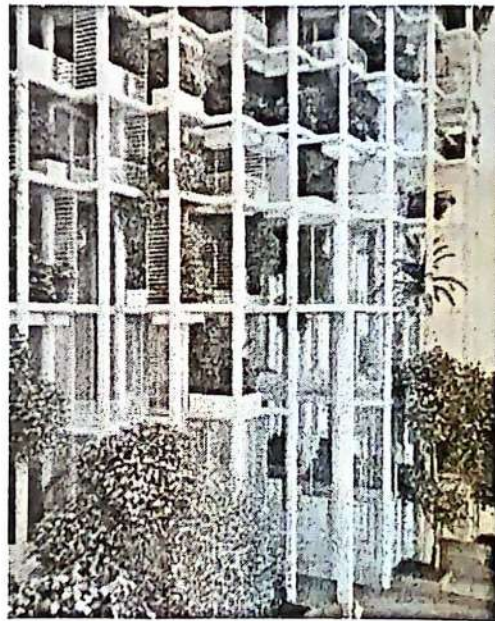
در طی دهه ۸۰، استفاده از این نوع نماها شتاب گرفت. اغلب این نماها به دلایل محیطی طراحی می‌شدند و در برخی موارد، به دلایل زیبایی‌شناسی (نمای یکپارچه شیشه‌ای) مورد استفاده قرار می‌گرفتند. از دهه ۹۰ تاکنون، با افزایش اهمیت مبحث ساختمان‌های سبز و معماری محیطی، استفاده از نماهای دو پوسته در ساختمان‌ها گسترش یافته است. به موازات چنین تغییراتی، صنایع ساخت مصالح ساختمانی نیز کیفیت مصالح عایق را ارتقا داده‌اند. به طور مثال، در صنعت شیشه، شیشه‌های تک جداره دارای ضریب انتقال سطحی معادل ۵ تا ۶ وات بر مترمکعب کلوین می‌باشند. به مرور زمان، از شیشه‌های سه جداره استفاده شد که به دلیل وزن و عمق زیاد پنجره‌ها چندان مورد استقبال قرار نگرفت. پیشرفت‌های بعدی، استفاده از پوشش‌های کم گسیل و جایگزین کردن گازهای بی‌اثر به جای هوا بود.

در پهنه تابش خورشیدی، پوشش‌های کم گسیل، عبور تابش حرارتی خورشید را پایین می‌آوردند، اما درعین حال، میزان عبور نور را تغییر نمی‌دهند. به دلیل چنین پیشرفت‌های مداومی در مورد خصوصیات فیزیکی شیشه و هزینه بالای نصب نمای اضافی، نماهای چند پوسته مقبولیت خود را از دست دادند (تحصیل‌دوست، ۱۳۸۴).

در سال‌های اخیر، مباحث مربوط به مصرف انرژی مورد توجه صنایع مرتبط با ساختمان قرار گرفته است و طراحان از محدودیت منابع انرژی آگاهی یافته‌اند. آگاهی یافتن از مصرف بالای انرژی در ساختمان‌ها (به خصوص ساختمان‌های اداری) موجب احیای دوباره نماهای چند پوسته گردیده است. به خصوص در آلمان موتور حرکت به سوی نماهای دو پوسته بیش از پیش فعال شده است.

در طی سالیان دراز، معماران اروپایی مقید به سبک کلاسیکی شده بودند که برگرفته از هنر ساختمان‌سازی یونان قدیم بود. ارزش‌ها به طور عمده زیبایی‌شناسانه بوده و فرم، تناسبات متریال و نور روز جزء عناصر اصلی آن بودند. در طول نیمه‌ی دوم قرن بیستم، تغییرات اقلیمی جهانی به

همراه منابع انرژیِ رو به کاهش، آشکارا نشان داد که ناگزیر از تغییر دیدگاه‌های موجود نسبت به ساختمان و راه و روش زندگی هستیم. امروزه، معماری تبدیل به مفهوم پیچیده‌ای شده است که بر مبنای آن، بحران‌های زیست محیطی نیز به اندازه‌ی تکنولوژی و کارکرد ساختمان، بر نوع طراحی آن تأثیرگذار است. معماری نماهای دو پوسته متکی بر ارزیابی پیچیده‌ای از تأثیرات همه این موارد بر کل ساختمان است. (Heimrath& others, 2005,P13)



تصویر ۲-۲۳- سبزی‌نگی در نمای ساختمان

(<http://masahat.ir/>)



تصویر ۲-۲۴- معماری پایدار

(<https://www.arel.ir>)

در سال‌های قبل مزایای بسیاری در رابطه با ایجاد محیط حرارتی ارتقا یافته برای تصرف انسان‌ها با استفاده از محفظه‌های گرمایی بدون وسایل گرمازا، شناخته شد. در بسیاری از ساختمان‌های قدیمی در اروپا، نوعی باکس پنجره در نماها بکار برده شده بود که از یک قاب شیشه‌ای در مقابل پنجره‌ی داخلی و کرکره‌هایی به منظور افزایش عایق گرمایی تشکیل شده بود. این واحدها در تابستان برای ورود جریان هوای آزاد به داخل فضا باز می‌شدند. علاوه بر این، کرکره‌ها می‌توانست در حالت بسته باشد تا مانع افزایش حرارت خورشیدی گردد. (Dickson, 2009, P 6)

همزمان با دوران مدرن و با پیشرفت‌های معماری در قرن بیستم، دیگر محدودیتی از نظر ملاحظات ساختاری گذشته به معنای سازه و تعداد پنجره‌ها وجود نداشت. در ساختمان‌های تماماً شیشه‌ای، تلفات گرمایی و ملاحظات مسئله‌ساز و گرمای فزاینده در تابستان نشان‌دهنده‌ی این بود که می‌بایست به منظور جبران نقایص کارکردی پوسته‌ی ساختمان به دستگاه‌های مکانیکی متوسل شد. تکنولوژی موجود و عدم اطلاع از مسائل محیطی در آن زمان منجر به بنای ساختمان‌هایی با مصرف انرژی بالا و تولید آلاینده‌هایی

مانند گازهای گلخانه‌ای شد. علاوه بر این، عملکرد صوتی بسیار ضعیف و سختی هوا کمتر از قابل قبول بود. پیشرفت در معماری شیشه‌ای مبتنی بر توسعه‌ی واحدهای عایق جدید برای افزایش عملکرد ساختمان‌های تماماً شیشه‌ای بود. (Dickson, 2009, P7)

میزان عایق بودن دوپوسته‌ها با ایجاد یک فضای خالی کوچک در پنجره‌های نوع جعبه‌ای که دو صفحه با بازشو در یکی از آن‌ها بودند، توسعه پیدا کرد.

پرده‌های لووری هم عموماً در بین دولایه و به عنوان سایبان خورشیدی قرار می‌گرفت. بحران نفتی در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹، با افزایش آگاهی نسبت به مصرف انرژی، میزان توسعه‌ی شیشه‌های عایق را افزایش داد. پیشرفت‌های ابتکاری و نو همانند پوشش‌های با قابلیت تشعشع پایین و حفره‌ی پر شده از گازهای ساکن ساخته شد. در طول همان سال‌ها، اطلاعات در زمینه‌ی معماری خورشیدی و در رابطه با سایبان‌های خارجی مناسب، جرم حرارتی و نقش انواع مختلف تهویه، رشد پیدا کرد. در سال ۱۹۹۰، موفقیت‌های بیشتر در رابطه با شیشه به دست آمد و شیشه‌هایی با قابلیت بازتابش امواج خورشیدی ابداع شد که مانع ورود امواج ناخواسته به فضا می‌شدند. برخی از متریان‌ها، راه‌حل‌هایی با کیفیت برای قابلیت تنظیم ابزارهای سایه‌اندازی ارائه دادند. تکنولوژی‌های قابل دسترس کنونی مانند شیشه‌های الکتروکرمیک و فوتوکرمیک می‌توانند مشخصات خود را با

توجه به شرایط محیطی تغییر دهند. تمام این پیشرفت‌ها امید بخش هستند، اما زمان زیادی نیاز است تا به میزان کافی در دسترس بوده و توجه اقتصادی داشته باشد.



تصویر ۲-۲۵- برج مسکونی سبز در کانادا

(<http://memaribana.com>)

یک نمونه‌ی دیگر در فرانکفورت انگلستان در سال ۱۹۸۴ توسط مشاورین آروپ^۱ طراحی شده که در این نمونه نمای دو پوسته به عنوان مانعی در مقابل سرو صدای هواپیماها ساخته شد اما به بازیافت گرما و کنترل سیستم‌های خورشیدی نیز کمک می‌کرد. در همین زمان، ریچارد راجرز نیز یک نمای جدید برای ساختمان بیمه‌ی لویترز^۲ ارائه داد. این نما حفره‌ای با تهویه‌ی مکانیکی جریان هوا داشت تا آسایش گرمایی حرارتی فضاها را مجاور نمای شیشه‌ای را بهبود بخشد.

۱. Arup

۲. Lloyd's insurance



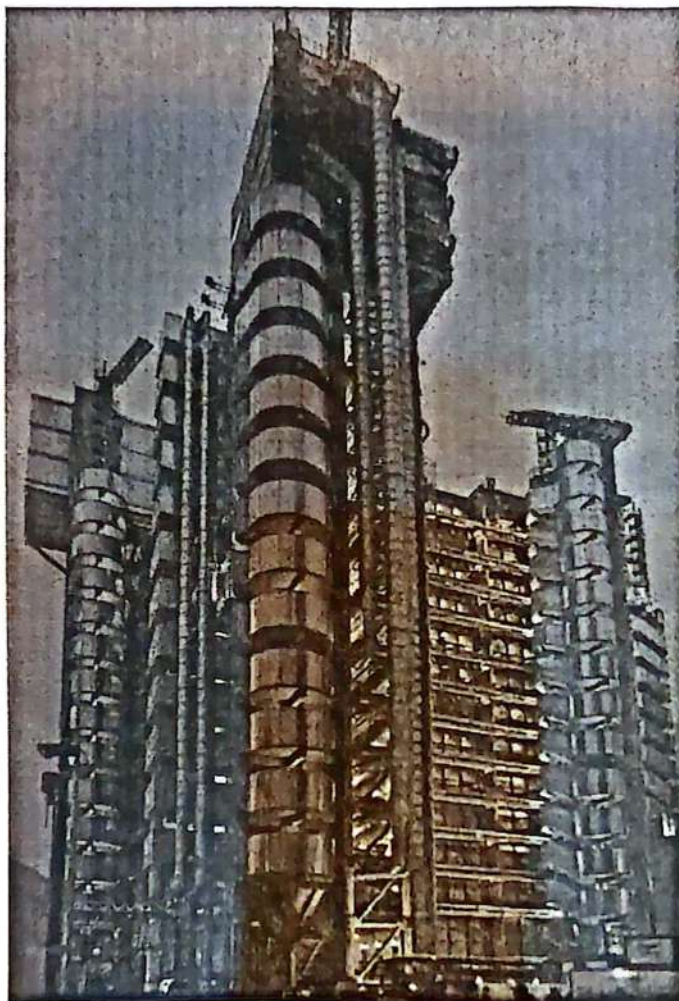
تصویر ۲-۲۶- ساختمان بیمه‌ی لویترز

(<https://upload.wikimedia.org>)

اولین نمونه از نمای دو پوسته با حفره‌ای که به صورت طبیعی تهویه شده بود، در سال ۱۹۹۳ م و در نمای ساختمان مرکز تجارت بازرگانی دویزبورگ^۱ انگلستان توسط فاستر و همکارانش با همکاری کیسر بوتچنیک^۲ بکار رفت. در این سیستم، هوا از قسمت پایین نما وارد می‌شود و با اثر دودکشی بالا می‌رود. سپس با از بین بردن گرمای لوورها به قسمت لبه‌ی بام می‌رسد و خارج می‌شود.

1. Duisburg

2. Kaiser Bautechnik



تصویر ۲-۲۶- ساختمان بیمه‌ی لویترز

(<https://upload.wikimedia.org>)

اولین نمونه از نمای دو پوسته با حفره‌ای که به صورت طبیعی تهویه شده بود، در سال ۱۹۹۳ م و در نمای ساختمان مرکز تجارت بازرگانی دونیزبورگ^۱ انگلستان توسط فاستر و همکارانش با همکاری کیسر بوتچنیک^۲ بکار رفت. در این سیستم، هوا از قسمت پایین نما وارد می‌شود و با اثر دودکشی بالا می‌رود. سپس با از بین بردن گرمای لوورها به قسمت لبه‌ی بام می‌رسد و خارج می‌شود.

1. Duisburg

2. Kaiser Bautechnik

راه حل مشابهی در ساختمان گروه موسیقی ویکتوریا^۱ در شهر کلن^۲ آلمان بکار گرفته شده است. هر دو نمونه فوق الذکر، از سیستم تهویه مطبوع کامل برخوردار بوده‌اند و از تهویه طبیعی حفره برای فضای اداره استفاده نکرده‌اند.

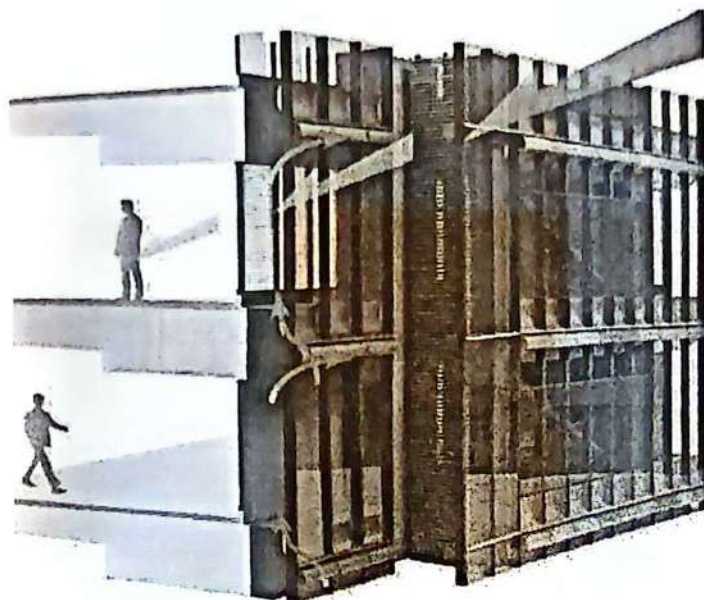


تصویر ۲-۲۷- دفتر مرکزی آر دبلیو ای

نمونه‌ی دیگری از سیستم نمای دو پوسته که قابلیت تهویه طبیعی نیز داشته باشد، ساختمان گالری لافایت^۳ در برلین است که توسط معمار جین نوول^۴ در سال ۱۹۹۵ ساخته شد. این سیستم

1. Victoria-Emsemble
2. cologne
3. Lafayette
4. jean nouvel

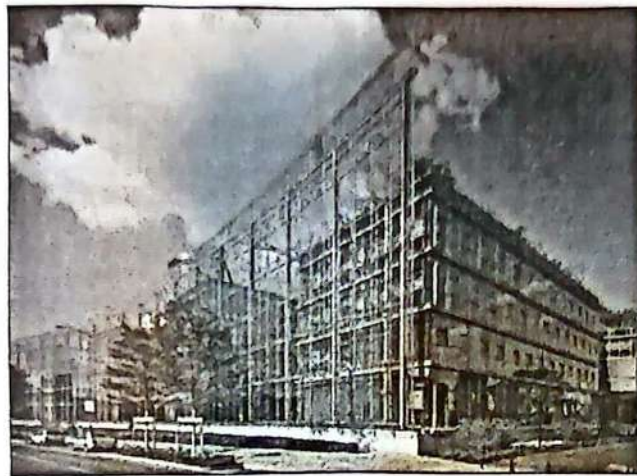
بعداً توسط معماران اینجن هرون اوردیک و همکاران^۱ برای دفتر مرکزی آر دبلیو ای^۲ در اسن^۳ آلمان در ۱۹۹۷م تکمیل تر شد. (Andreotti, 2004,P73)



تصویر ۲-۲۸- باز شدن منافذ نمای دو پوسته برای تهویه

تا دهه های اخیر، نماهای دو پوسته ی فراوانی شناخته شده اند. بدیهی است که نمای ساختمان ها صرفاً یک پوشش تزئینی نیستند. نمای ساختمان ها بیشتر از یک پوشش عمل می کنند و در واقع، کل بنا را یکپارچه می سازند. امروزه، تمرکز فراوانی بر روی پوسته ی بنا با هدف کاهش بار انرژی ساختمان صورت گرفته است و این وظیفه ی نمای دو پوسته است که روش طراحی ساختمان را دگرگون کند. دی اس اف^۴ به عنوان یک نماد حفاظت از انرژی ساختمانها محسوب می شود. به دلایل زیبایی شناختی و عملکردی، این نماهای ابتکاری مهندسی باید به عنوان یک فرصت کارآمد و یکپارچه کننده ی بنای ساختمان شناخته شوند.

1. Ingenhoven Overdiek
2. RWE
3. essen
4. DSF



تصویر ۲-۲۹- ساختمان چاپ دوسلدورف ۱۹۹۸



تصویر ۲-۳۰- ساختمان پارک علم

(Hasse, 2006, P28)

۲-۵- کارکرد کلی نمای دو پوسته

عملکرد نمای دو پوسته پارامترهای مختلفی را در ساختمان تحت تاثیر قرار می دهد، از جمله: نور روز، تهویه طبیعی، کیفیت هوای داخل ساختمان، آسایش صوتی، حرارتی و بصری، مصرف انرژی، مشخصات زیست محیطی و... (Meyer Boake, 2003, 13).

نمای دو پوسته به کمک پوسته ی اضافی خود و لایه هوای بین دو جداره، عایق حرارتی مناسبی برای فصول تابستان و زمستان است. در فصل زمستان پوسته ی اضافی خارجی با توجه به افزایش

مقاومت انتقال حرارت خارجی، عایق حرارتی مناسبی برای نما ایجاد می کند. در نماهای تک پوسته، فضای مجاور نما به سرعت تحت تاثیر افزایش یا کاهش دمای بیرون تغییر می کند. اما فضاهاى مجاور نمای دو پوسته کمتر تحت تاثیر تنش های دمایی بیرون قرار می گیرند و هوای بین دو جداره بر زمان تاخیر انتقال حرارت مؤثر است.

در تابستان، با باز شدن منافذ نمای دو پوسته، جریان هوا می تواند به دو صورت وجود داشته باشد و باعث خنکی فضاهاى مجاور نمای داخلی شود:

۱. با ورود هوای تازه از بیرون به داخل حفره و از آن جا به فضاهاى داخلی
۲. با ایجاد مکش و فشار منفی ایجاد شده در پنجره های فضاهاى مجاور نمای داخل که باعث کشیده شدن هوای داخل فضا به درون حفره شده و از آن جا از طریق بازشویی که در بالاترین قسمت حفره قرار دارد، به فضای بیرون منتقل می شود. در این حالت، حفره مانند یک دودکش خورشیدی عمل می کند.

۲-۶- طراحی نما برای ساختمان های اداری

دیپورز و رابرتسون پرسشی را در پژوهش خود مطرح می کنند و از نویسندگان بسیاری می خواهند تا آن را مورد بررسی قرار دهند. در این پژوهش، آنان فقط برج های شیشه ای را در نظر می گیرند و در خصوص مزایا و معایب آن بحث می کنند، ولی نمای دو جداره بخشی از این مبحث است. دیپورز و رابرتسون بیان می دارند:

«برخلاف تفاسیر مثبت، تعدادی دیدگاه منفی نیز علیه «برج» مطرح است که مسائل زیست محیطی آن را در بر می گیرد. «برج» می تواند مانند «پرچم کشتی» برای معماری شرکت های فرا ملی باشد که در واقع دشمن محیط زیست است. «برج» همچنان نماد دیدگاه جنبش مدرن «دنیای مکانیزه» و مرکزیت بخشی است که در تقابل با طراحی زیست محیطی با هدف کاهش مصرف انرژی است. به همین منوال، «برج» یک خوشبینی تکنولوژیکی بی مورد را جاودانه می کند که در واقع تهدیدی برای شناخت محیط زیست است. برج بعنوان یک نماد بین المللی، در نقش دشمن محیط پیرامونش عمل می کند و در نتیجه دشمن محیط زیست است. علاوه بر این، برجی که نماینده بازار سرمایه آزاد است، با اهداف کوتاه مدت و رشد

نامحدود همخوانی دارد؛ در حالیکه طراحی مناسب با محیط زیست، آینده نگر و از برنامه‌ریزی بلندمدت برخوردار بوده‌است. این طراحی از برخورد انسان با طبیعت غیر انسانی جلوگیری می‌کند.» (Diprose and Robertson, 1994, P 5)

این پیش‌بینی‌ها در طول سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۴ رخ داده است، که نشان می‌دهد عوامل موثر در آن زمان در خصوص وجود نمای تمام شیشه در ساختمان از رویکردی دیر باور برخوردار بوده‌اند. دیپورز و رابرتسون در رواج برداشت‌های مثبت از مفهوم شیشه نیز نقش داشته‌اند. آنان مقاوم سازی ساختمان با نمای دوجداره را محتمل دانسته و آن را عامل افزایش عملکرد ساختمان برمی‌شمردند. دیپورز و رابرتسون در پژوهش‌های خود، اهمیت حضور حداکثری نمای شفاف در ساختمان و وضعیت آب و هوایی داخل آن را شناسایی می‌کنند. (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 29)



تصویر ۲-۳۱- نمای شیشه‌ای

(<http://www.ajglass.ir>)



تصویر ۲-۳۲- نمای شیشه‌ای

(<http://img.archiexpo.com>)

۲-۷- مزایا و معایب نماهای دو پوسته

۲-۷-۱- مزایای نماهای دو پوسته

برای اینکه بتوانیم مقایسه‌ای منصفانه بین نمای دو جداره و تک جداره داشته باشیم، باید تاثیر آنها بر ساختمان و ساکنین ساختمان را در نظر بگیریم. به منظور بررسی مزایای و معایب نمای دو جداره، ابتدا باید انگیزه‌ی استفاده از نمای شیشه‌ای را کشف کنیم. فواید فیزیکی نمای شیشه‌ای معمولاً عاملی است که سازندگان در به کار گیری نمای دو جداره در نظر می‌گیرند؛ ولی در زمان ارزیابی مزایای نمای دو جداره، مسائل دیگری نیز وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد. (Gunnar

(Hilmarsson, 2008, P 20

۲-۷-۱-۱- تأثیر نماهای دوبسته بر سلامت ساکنین

آب و هوای داخل ساختمان‌ها روز به روز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. هم سازندگان و هم مسئولین دولتی بر روی اهمیت محیط زندگی یا کار مناسب تاکید فزاینده‌ای دارند. ارتباط مستقیمی میان سلامت مردم (هم فیزیکی و هم روانی) و کیفیت محیط کارشان وجود دارد. از همین رو، بهینه‌سازی وضعیت آب و هوایی داخل ساختمان یکی از پر اهمیت‌ترین وظایفی است که طراحان در طراحی ساختمان به عهده می‌گیرند. آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا، آب و هوای داخل را اینگونه تعریف می‌کند (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 20):

«دما، رطوبت، نور، جریان هوا و میزان صدا در یک ساختار قابل سکنی. وضعیت آب و هوایی داخل می‌تواند بر روی آلودگی هوای داخل تأثیر گذار باشد.» (www.epa.gov/)
(OCEPAterms/iterms.html).



تصویر ۲-۳۳- برج اف کی آی

(urbannext.net)



تصویر ۲-۳۴- نمایی از پنجره برج اف کی آی
(urbannext.net)

به عبارتی، تعریف مذکور دربرگیرنده تاثیرات روانی و فیزیکی ساختمان بر ساکنین آن است. قطعاً عوامل بسیار دیگری ازجمله: کارایی، فرم و مصالح ساختمان نیز پارامترهای تاثیرگذاری هستند که در اینجا به آن اشاره نشده است. در دنیای مدرن امروز و با توجه به اهمیت موضوعات پایداری، شرایط و رفاه ساکنین ساختمان می‌بایست یکی از مهمترین اولویت‌های سازندگان در زمان طراحی ساختمان باشد.

برایان کودی در یک تحقیق موردی، ساختمان مرکزی شرکت براون در کرونبورگ را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این تحقیق، دفتر هر طبقه دارای ۸۰۰ متر مربع فضا است. به گفته او، این ساختمان از نمای دو جداره بهره می‌برد، از این رو وضعیت آب و هوایی داخل بهبود یافته و منجر به رشد تولید سالیانه‌ی یک درصدی گردیده است. این رقم معادل ۶۰ درصد هزینه‌های مازاد ساخت نمای دو جداره می‌باشد. (Cody, 2006: 21 - 22) طبق برآورد وی، به دلیل بهره‌وری از وضعیت آب و هوایی داخل مناسب، سرمایه مصرف شده در نمای دو جداره طی دو سال بازگشت خواهد داشت. ارزیابی میزان تاثیر وضعیت مطلوب آب و هوایی داخل بر سودمندی و کارایی نیروی

انسانی، امری دشوار است، اما نتیجه‌گیری براین کودی پذیرفتنی است. البته باید در نظر داشته باشیم که وضعیت آب و هوایی نامناسب داخل ساختمان بدون شک در کاهش عملکرد نیروی انسانی نقش خواهد داشت. (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 21)

۲-۷-۱-۲- افزایش شفافیت حجم و ویژگی‌های بصری آن

تقریباً در تمام منابع مطالعاتی، تمایل معماران به استفاده از نماهای شیشه‌ای به عنوان یکی از مزیت‌های نماهای دو پوسته مطرح شده است. در واقع، نماهای دو پوسته یک پدیده معماری اروپایی است که با خواست زیبایی شناسانه نمای تمام شیشه‌ای شکل گرفته و امروزه، در سراسر جهان توسعه پیدا کرده است. شفافیت در معماری همیشه مورد نظر معماران بوده است، اما همیشه مشکل عدم ایجاد تعادل بین پوشش ساختمان، رفتار حرارتی و آب و هوای داخل ساختمان وجود داشته است. نماهای دو پوسته به جهت پاسخگو بودن نسبت به این معضل، طرفداران بسیاری پیدا کرده است.

در معماری مدرن، خواص بصری همیشه یکی از جوانب مهم طراحی ساختمان بوده است. قطعاً، نسبت شفافیت نما در هر پروژه متغیر است، اما بطور کلی، استفاده از حجم زیادی از شیشه در نما، جایگزینی عملی خواهد بود. مشکل زمانی بروز می‌کند که نما کاملاً شیشه‌ای باشد. مقدار U کم- شیشه می‌تواند رسیدن به هدف مورد نیاز در ساختار انرژی ساختمان را دشوار سازد. همچنین، مساله دیگر، زمانی است که گرمای ناشی از تابش نور خورشید بیش از حد دمای ساختمان را بالا ببرد. این موضوع باعث می‌شود بار سرمایشی ساختمان افزایش یابد که به نوبه‌ی خود، ساختار انرژی ساختمان را تحت الشعاع قرار می‌دهد. در دنیای مدرن امروز، بهره‌وری انرژی تمامی ساختمان‌ها تا حدودی توسط مسئولین کشورها کنترل می‌شود. قطعاً میزان این کنترل در کشورهای گوناگون متفاوت است. در اکثر کشورهای اروپایی، قوانین سختگیرانه‌ای برای میزان تابش نور خورشید به هر ایستگاه کاری در یک ساختمان وجود دارد. البته این قوانین در برخی کشورها متفاوت است. این قوانین ناشی از این است که بهترین منبع نور، نور طبیعی روز است، بنابراین داشتن نور طبیعی روز در محل کار، باعث بهبود چشمگیر وضعیت آب و هوایی داخل ساختمان می‌گردد. البته، تنها راه رسیدن به این امر، داشتن حداکثر نمای شیشه‌ای است. بنابراین، همواره یکی از وظایف دشوار و چالش برانگیز طراحان در استفاده از نمای شیشه، به‌کارگیری خواص بصری

مناسب و در عین حال، حفظ بهره‌وری انرژی ساختمان است. مفهوم طراحی ساختمان با نمای شیشه برای اولین بار در قرن ۱۹، در زمان انقلاب صنعتی مطرح شد. با این حال، این موضوع تا اوایل قرن بیستم توجه بسیاری را جلب نکرد. برخی از آرشیتکت‌های پیشگام در این خصوص، لوکوربوزیه و میس وندرویه بودند.



تصویر ۲-۳۵- ساختمان اداری در استرالیا

(www.buildsydney.com)



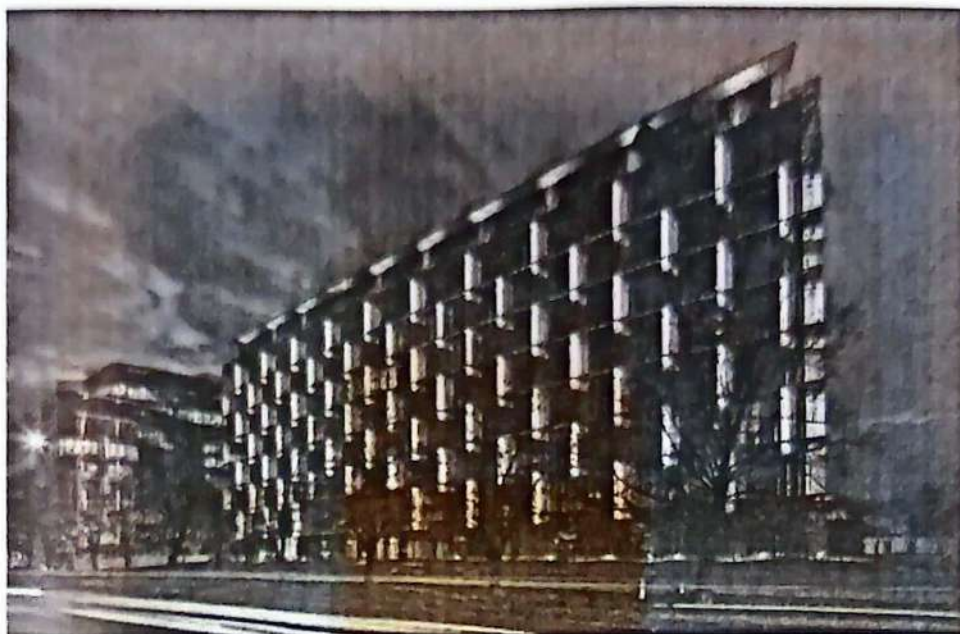
تصویر ۲-۳۶- دید از نزدیک نمای دوپوسته ساختمان اداری

(www.buildsydney.com)



تصویر ۲-۳۷- نمای تمام شیشه‌ای و بکارگیری نور طبیعی در ساختمان

(<http://www.gmoutlook.com>)



تصویر ۲-۳۸- بهره‌گیری از نمای دوجداره در ساختمان استودیو لاملا

(<https://www.archdaily.com>)

در دهه‌های بعدی، نمای شیشه یک پدیده فرهنگی بالا در نظر گرفته می‌شد و بعدها در قرن بیستم، این انتقاد به نمای شیشه وارد شد که نمی‌تواند دیدگاهی مناسب و صحیحی در طراحی ساختمان باشد (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 22). در برخی از این انتقادات، «برج‌های شیشه‌ای» بعنوان بزرگترین دشمن محیط زیست نام برده شدند.

بسیاری از این اتفاقات با معرفی راه‌های مختلف طراحی ساختمان با نمای شیشه که در عین حال دوستدار محیط زیست باشد، پاسخ داده شد. با این حال، همچنان در خصوص پایداری «برج‌های شیشه‌ای» بحث‌های زیادی مطرح است.

در پژوهشی دیگر، دیپروز و رابرتسون در خصوص مزایای روانشناختی-فرهنگی ناشی از به کارگیری نمای دو جداره سوالاتی مطرح کردند. آنان مدعی بودند، مفهوم نزدیک کردن کاربر ساختمان به طبیعت می‌تواند از طریق افزودن جداره دوم به ساختمان به خطر بیافتد. آنان همچنین مدعی بودند که اگر نمای دو جداره با وسایل اتوماتیک تجهیز شود، اثرات فیزیکی ساختمان باعث می‌شود ساکنین احساس دوری و جدایی از امکانات را داشته باشند و در نهایت احساس غریبی کنند. (Diprose and Robertson, 1994, P 6)

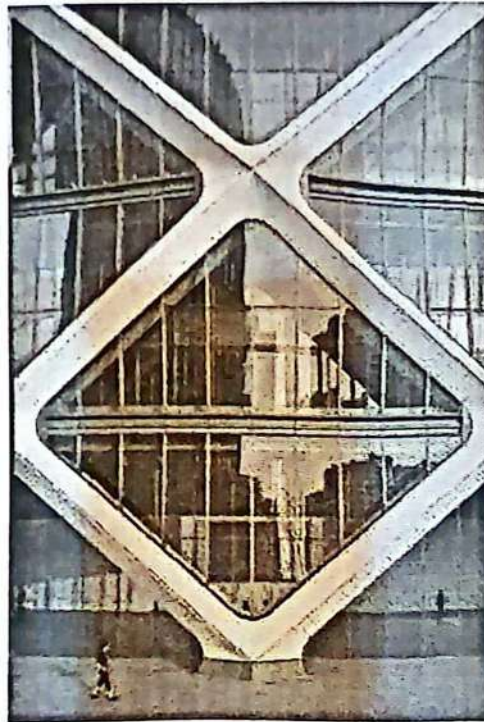


تصویر ۲-۳۹-برج شیشه‌ای دیاگراید در پکن

(<https://inhabitat.com>)

در عین حال، به کارگیری نور طبیعی در ساختمان، به یکی از مهمترین عوامل برای طراحان تبدیل شد که سازندگان و طراحان را به سمت استفاده حداکثری از نمای شیشه تشویق کرد. استفاده از نمای دو جداره تنها یکی از راهکارهای رسیدن به این هدف است. این روش امکان استفاده تقریباً صد در صدی نمای شیشه را فراهم می‌کند که خواص بصری را بهینه کرده و نور طبیعی از آن حاصل می‌شود. زمانی که از این دیدگاه به این امر بنگریم، می‌توان گفت که مزایای دیگر نمای دو جداره در

واقع جنبه اضافی ساختمان تلقی می‌شوند. این دیدگاه قطعاً بیش از حد ساده انگارانه و در عین حال حائز اهمیت است (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 23).



تصویر ۲-۴۰- نمای نزدیک از برج شیشه ای دیاگريد

(<https://inhabitat.com>)

۲-۷-۱-۳- ارتقا کیفیت ظاهری بنا

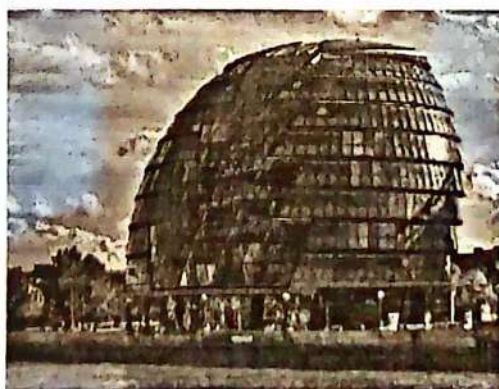
در خصوص اینکه آیا ظاهر بیرونی نمای دو جداره می‌تواند یک مزیت باشد یا خیر، دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد. برخی بر این باورند که، داشتن نمای تمام شیشه یک پتانسیل مثبت است و در زمینه‌های مختلف که قوانین دولتی خواستار رعایت مسائل بهره‌وری انرژی هستند، نمای دو جداره یکی از روش‌های رسیدن به هر دو هدف است. برخی دیگر می‌گویند استفاده از نمای دو جداره، نمای انتخابی را محدود می‌سازد؛ یعنی ظاهر نما همیشه شیشه با قاب فلزی خواهد بود. در آینده نیز قطعاً این اختلاف نظر میان طراحان مختلف باقی خواهد ماند، و به اثبات رساندن اینکه کدام راهکار بهتر است، از حوصله این کتاب خارج است.

ساده انگارانه است اگر بگوییم نمای دو جداره تنها می‌تواند یک شکل داشته باشد. در بیشتر تحقیقات صورت گرفته، در برخی از نمونه‌ها فرض بر این است که لایه درونی نمای ساختمان یک نمای معمولی است. در این نمونه‌ها، ساختمان دارای نمایی است که نوع آن متفاوت است و سپس، نمای دیگری در بیرون ساختمان به آن اضافه می‌شود. اگر شیشه به کار رفته در نمای بیرونی از شفافیت فراوانی برخوردار باشد، لایه درونی نیز قطعاً تاثیری زیادی روی ظاهر ساختمان می‌گذارد. نمای بتنی و نمای آجری در ظاهر از تفاوت‌های بسیاری برخوردار هستند، حتی اگر پشت یک دیوار شیشه‌ای قرار بگیرند. نمای دو جداره احتمالاً وضوح لایه درونی را کاهش می‌دهد، ولی این موضوع را نمی‌توان به عنوان نقطه ضعف در نظر گرفت. این امر می‌تواند باعث فراهم سازی تنوع بیشتر در انواع نما گردد.

در اکثر مواردی که از نمای دو جداره استفاده می‌شود، لایه درونی و لایه بیرونی هر دو تقریباً به طور کامل از شیشه تهیه می‌شوند. این موضوع، قطعاً باعث کاهش تنوع ظاهر بیرونی ساختمان می‌شود. ولی باعث نمی‌شود گمان کنیم همه ساختمان‌هایی که از نمای دو جداره برخوردار هستند به لحاظ شکلی مشابه خواهند بود. در این ساختمان‌ها دیوار شیشه‌ای درواقع دیواری پرده مانند است که باری به آن تحمیل نمی‌شود و همین مسئله فرصت جدیدی برای معماران بود که هندسه فیزیک ساختمان‌های جدید را تغییر دهند و به سبب آن پیشرفت‌های سازه‌ای حاصل شود. در دوران پسامدرن، از آنجا که آرشیکت‌ها هر روزه از برنامه‌های کامپیوتری هوشمند بیشتری برای طراحی ساختمان استفاده می‌کنند، محدودیتی برای شکل هندسی ساختمان وجود ندارد. استفاده از یک دیوار پرده‌ای در ساختمان که از مفاهیم هندسی پیچیده‌ای برخوردار است، معمولاً ارجحیت دارد، و در آن، نمای دو جداره نیز به راحتی اجرا می‌شود.

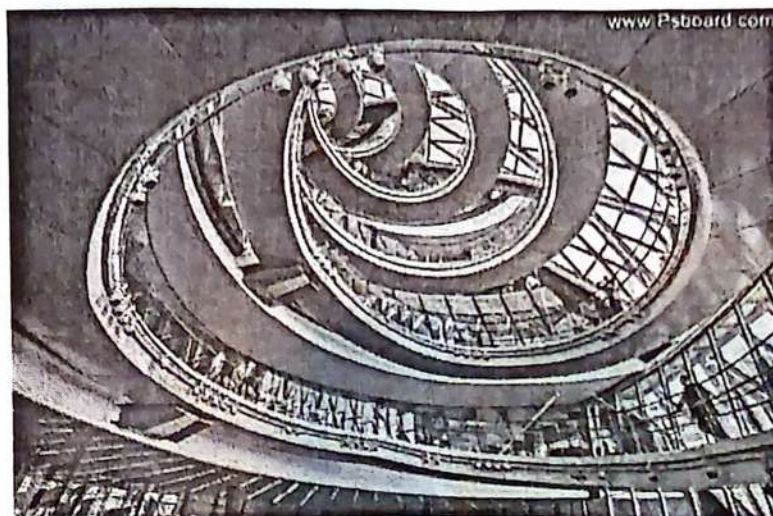
موادی که در نمای دو جداره به کار می‌رود، معمولاً از جنس شیشه است که از حائل فلزی کمک می‌گیرد. این حائل فلزی می‌تواند از هر نوع فلز ساختمانی باشد، ولی معمولاً آنها شبیه یکدیگر هستند. در واقع، تنها تنوعی که در آن می‌توان مشاهده کرد، رنگ سطح فلز به کار رفته است. شیشه به کار رفته نیز می‌تواند متنوع باشد: از شیشه کاملاً شفاف گرفته تا شیشه کاملاً مات. شیشه‌ها نیز رنگ‌های مختلفی دارند. بنابراین، با وجود محدودیت در لایه بیرونی، ساختمان‌های طراحی شده با این روش می‌توانند از ظاهر متفاوتی برخوردار شوند.

به نظر امری متداول است که در پروژه های کوچک، در قسمت های محدودی از نمای دو جداره استفاده شود. معمولاً این سیستم در قسمت جنوبی ساختمان به کار می رود تا بتوان دریافتی نور طبیعی خورشید را بهینه کرد (در نیم کره شمالی). می توان گفت که در این روش، ترکیبی از سیستم های قدیمی و معمولی و سیستم های دارای نمای دو جداره تلفیق می شود. این کار همچنین بر روی ظاهر ساختمان تاثیر جالبی می گذارد، و در واقع تنوع طراحی نما را افزایش می دهد. زمانی که همه این عوامل را در نظر می گیریم، شاید ساده نگرانه باشد که نمای دو جداره طراحی بیرونی ساختمان را محدود می کند. (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 24)



تصویر ۲-۴۱- تصاویری از ساختمان شورای شهر لندن، نورمن فاستر/ استفاده از مصالح شیشه و شفافیت در نما

(<https://upload.wikimedia.org>)



تصویر ۲-۴۲- نمای داخلی شورای شهر

(<http://psboard.com>)

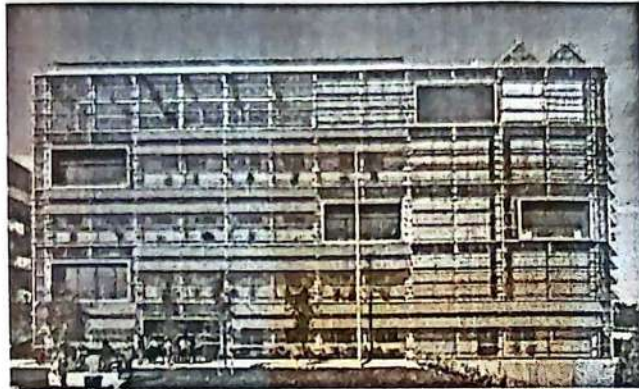
تقریباً در تمامی پژوهش‌های صورت گرفته، بیان شده است که معماران تمایل به استفاده از بخش‌های بزرگ نمای شیشه‌ای دارند. همانطور که لی^۴ و همکارانش (۲۰۰۲) ادعا می‌کنند، نمای دوپوسته پدیده‌ای معمارانه در اتحادیه اروپا است که با گرایش زیبایی شناسی برای یک نمای تمام شیشه‌ای ایجاد شده است.

مطابق با نظر کرق^۵ (۲۰۰۰)، شفافیت در معماری همواره مطلوب بوده است؛ اما مسأله محوری در این زمینه چگونگی پوشش ساختمان‌های شفاف بدون افت کارایی انرژی و آب و هوای داخلی بوده است. برای سال‌ها، معماران بر پیشرفت نماهای ساختمانی در تطبیق با شرایط محیطی متمرکز شده اند تا در ساختمان‌های تمام شیشه‌ای نیز مصرف انرژی پایین باشد و آرامش ساکنین در حد قابل قبول تامین گردد. تهویه نماهای دوپوسته که گرمای خورشیدی جذب شده در تابستان را کاهش داده و عایق گرمایی را در زمستان فراهم می‌کند، یک نمونه از پیشرفت‌های تکنولوژی در این عرصه است. (Poirazis, 2004, P 64)

۲-۷-۱-۴- نقش نما بعنوان مکمل عایق صوتی

امروزه، عایق‌بندی آکوستیکی ساختمان‌ها از اهمیت بیشتری نسبت به گذشته است؛ بطوری‌که عایق‌بندی صوتی ساختمان‌ها یکی از مسائل مهم مورد توجه طراحان در پروژه‌هایی است که در

مناطق شهری پر ترافیک و متاثر از آلودگی‌های صوتی قرار گرفته اند. به بیان اُسترل و همکاران، عایق‌بندی صوتی یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از نمای دو پوسته است. (Oesterle et al, 2001,P 34)



تصویر ۲-۴۳- انستیتیوی علوم محیطی و تکنولوژی بارسلون

(<http://assets.inhabitat.com>)



تصویر ۲-۴۴- استفاده از مصالح چوب جهت کاهش صدا

(<http://assets.inhabitat.com>)

موضوعات قابل ملاحظه در هنگام ارزیابی ویژگی دوجدارگی آکوستیک را می‌توان به دو دسته اصلی انتقال صداهای خارجی و داخلی تقسیم کرد. (Gunnar Hilmarsson, 2008: 25)

در مراکز شهرها، انتقال صداهای خارجی تبدیل به یک مشکل بزرگتر شده است؛ به طوری که در برخی موارد، معماران موانع صوتی را برای مقابله با این مشکلات به نما الحاق می‌کنند. نمای دوجداره به دلیل لایه بیرونی سیستم معمولاً عایق صوتی خوبی را برای ساختمان فراهم می‌آورد. چنانچه یک نمای دو پوسته به صورت اصولی طراحی شده باشد و پوسته‌ی خارجی عایق بندی صوتی لازم را داشته باشد، آن گاه ساکنین می‌توانند برای ایجاد تهویه طبیعی پنجره را باز کنند و باز هم از سروصدا در امان باشند. در برخی موارد، نماهای دو جداره صرفاً به دلیل اینکه مانعی برای انعکاس صوت باشد، طراحی و اجرا می‌شود. نمونه‌ای از این مورد در تهران و در بدنه‌های اتوبان پل صدر که فاصله بدنه ساختمان‌ها با بزرگراه کم است، دیده می‌شود. دو طبقه بودن معبر نیز انعکاس صدا را دو چندان می‌کند و لذا راهکاری مؤثر برای این معضل است.

اوسترله و همکارانش، روش محاسبه‌ی جهت تخمین چگونگی تاثیر اضافه کردن پوسته‌ی دوم به ساختمان ارائه داده‌اند. آنان پیش شرط‌هایی که ممکن است به لحاظ نظری بر شرایط تاثیر بگذارند را مشخص کرده‌اند و سناریویی برای معیار سطح صدا در یک ساختمان ارائه داده‌اند. این معیار نشان می‌دهد که در یک درصد مواقع، صدای ورودی به ساختمان بیش از ۷۰ دسیبل است. سطح صدای قابل قبول در یک دفتر حدوداً ۳۵ دسیبل است. اگر پارتیشن نمای دوجداره باعث کاهش صدا تا سطح ۴۰ دسیبل شود، در این صورت صدای درون دفتر به ۳۰ دسیبل می‌رسد. در این شرایط، کارایی پرسنل به ۹۵ درصد می‌رسد. زمانی که پارتیشن صدا را به میزان ۳۰ دسیبل کاهش دهد، صدای داخل دفتر ۴۰ دسیبل است و کارایی پرسنل ۵۰ درصد می‌شود. اگر پارتیشن صدا را فقط به میزان ۲۰ دسیبل کاهش دهد، ساکنین دفتر همه چیز را می‌شنوند و کارایی آنها صفر درصد است. این مقادیر اهمیت عایق صوتی را نشان می‌دهد. (Oesterle et al, 2001, P 38)

با توجه به همه این موارد و با در نظر گرفتن محاسباتی که نویسندگان دیگر انجام داده‌اند، طی دو بررسی موردی می‌توان دریافت که چه انتظاری از نمای دو جداره بعنوان عایق صوتی وجود دارد. این دو بررسی موردی، پروژه‌های واقعی هستند که در آنها، نویسندگان برای تایید محاسبات پیشین خود اندازه‌گیری‌هایی انجام داده‌اند. هدف آنان سنجش میزان ارتقاء بخشی نمای دو جداره در

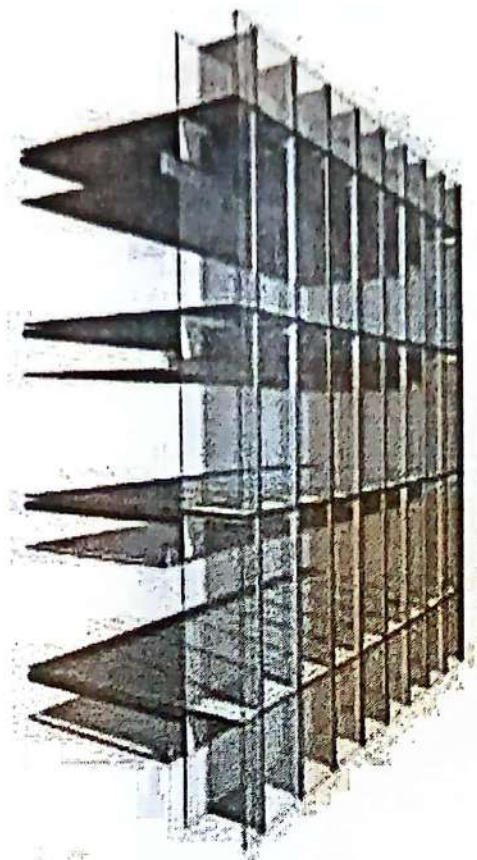
عایق‌بندی صوتی یک ساختمان بوده است. اوسترله و همکارانش در این زمینه به نتیجه جالبی رسیده‌اند (Gunnar Hilmarsson, 2008, P25):

«بطور تجربی، از روی اندازه‌گیری‌ها می‌توان نتیجه گرفت که لایه بیرونی نمای دو جداره که تامین هوای تازه کافی را تضمین می‌کند، (یعنی، معمولاً ۸-۱۰ درصد فضای باز) می‌تواند عایق‌بندی صوتی را تا حدود ۴-۸ دسیبل ارتقاء دهد. این نظریه که کاهش سطح صدا بیش از ۴ دسیبل، تنها زمانی ممکن است که فضای باز کمتر از ۵ درصد باشد و یا در جایی ممکن است که دفع‌کننده‌های صدای اضافی نصب شده باشد را نمی‌توان تایید کرد.»



تصویر ۲-۴۵ - حفره‌ی نمای دوپوسته

(<http://smartbuildings.unh.edu>)



تصویر ۲-۴۶- افزودن لایه سوم شیشه به نما به عنوان عایق صوتی
(<http://smartbuildings.unh.edu>)



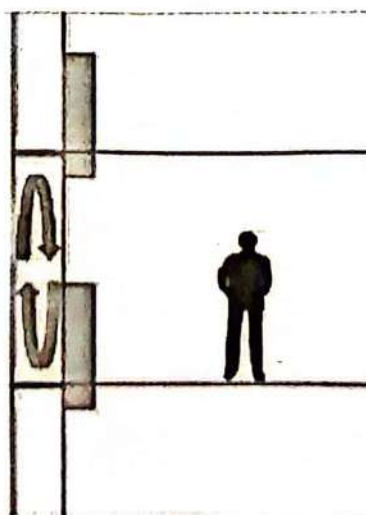
تصویر ۲-۴۷- حفره‌ی نمای دوپوسته/ عایق صوتی و عایق گرمایی
(<http://smartbuildings.unh.edu>)

این نتایج جالب هستند، زیرا نشان می‌دهند که نمای دو جداره می‌تواند بطور همزمان عایق صوتی باشد و پتانسیل‌های تهویه را نیز ارتقا دهد.

پویرازیس شرح می‌دهد که عایق صوتی یکی از مزایای نمای دو جداره است. او مطرح می‌کند که نوع نمای دو جداره و تعداد حفره‌های سیستم از اهمیت بسزایی برخوردار است و طراحان باید در حین طراحی آن را در نظر گیرند. وی محاسبات چندین محقق دیگر در خصوص عملکرد نمای دو جداره از لحاظ عایق صوتی را بیان می‌کند. نتیجه کلی آن‌که این سیستم، عایق مناسبی برای صداهای بیرونی می‌باشد.

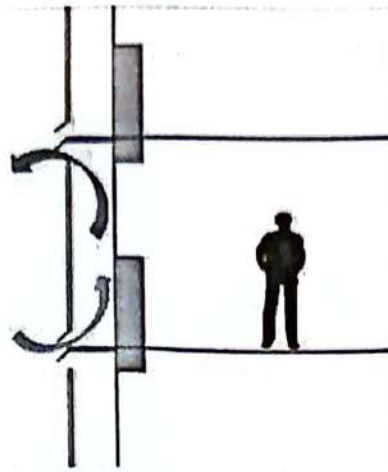
استروب و استارتن رویکردی متفاوت در ارزیابی ویژگی عایق صوتی نمای دو جداره دارند. آنان مدعی هستند که:

«افزودن یک لایه سوم از شیشه به نما، به همراه فضای هوایی متقارن باعث می‌شود انتقال صدا کاهش یابد و تقریباً مشابه یونیت‌های نمای دو جداره شیشه‌ای باشد. قطعاً در نماهای سه جداره، کاهش صدا بیشتر است، زیرا ارتباط مستقیمی میان هوای بیرونی و هوای درونی وجود ندارد. در نمای دو جداره، اگر از پنجره به عنوان روش اصلی تهویه استفاده شود، می‌توانیم کنترل بیشتری بر روی صدا داشته باشیم.»



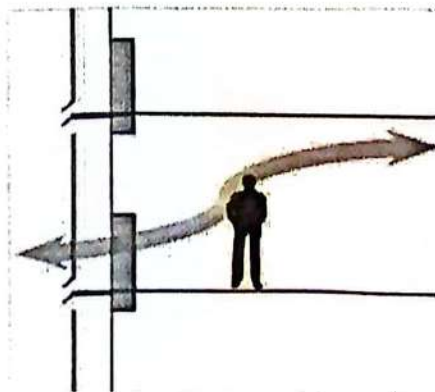
تصویر ۲-۴۸- لایه‌ی هوای ثابت

(<http://www.mdpi.com>)



تصویر ۲-۴۹- جریان هوای خارجی

(<http://www.mdpi.com>)



تصویر ۲-۵۰- تهویه طبیعی

(<http://www.mdpi.com>)

نتایج محققان مختلف قطعاً متفاوت است و دلیل اصلی آن این است که نحوه مقایسه آنها یکسان نیست. سازندگان و طراحان باید دانش کافی از ویژگی های مصالح متفاوت، قبل از تصمیم گیری برای انتخاب مصالح نما داشته باشند. فقط در این صورت است که می توانند به بهترین نتیجه برسند (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 26).

از دیدگاه برخی از صاحب نظران، عایق بندی صوتی یکی از مهمترین دلایل استفاده از نمای دو پوسته می باشد. در این سیستم ها کاهش تراز نوفه های صوتی در فضای داخلی از راه کاهش انتقال

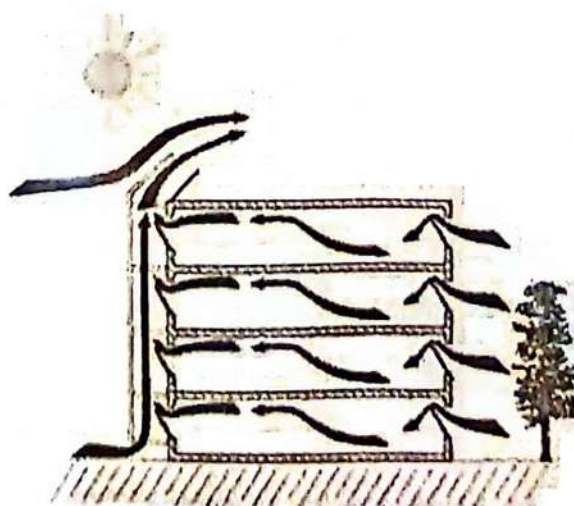
آلودگی های صوتی اتاق های مجاور و همچنین از فضای خارج به فضای داخل انجام می پذیرد. برای عایق بندی صوتی، حداقل فاصله بین دو لایه می بایست ۱۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود. (Jager, 2003)

فایست در پژوهشی، عملکرد آکوستیکی نمای دو پوسته را بررسی و به نقش مؤثر نماهای دو پوسته در کاهش آلودگی های صوتی اشاره کرده است. (Faist, 1998)

۲-۷-۱-۵- افزایش کارکرد سیستم تهویه

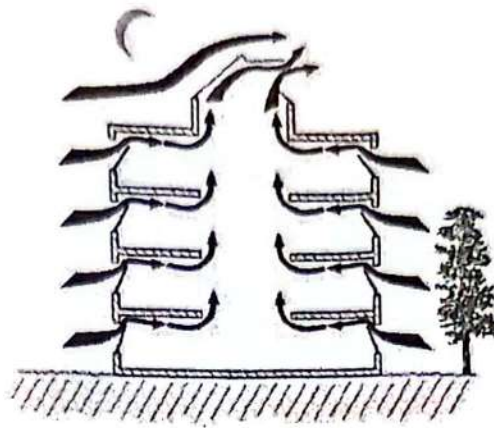
سیستم تهویه ساختمان یکی از عوامل مهم در وضعیت آب و هوایی مطلوب فضای داخل است. در نمای دو جداره، پتانسیل بهینه سازی حفره های سیستم برای تهویه ساختمان وجود دارد. می توان سیستم تهویه به کار گرفته شده در نمای دو جداره را در دو گروه تهویه طبیعی و تهویه مکانیکی تقسیم بندی کرد.

در اوایل گسترش نمای دو جداره، تهویه طبیعی بیشتر مورد استفاده قرار می گرفت. همچنان نیز در پروژه های کوچک و مقاوم سازی ساختمان ها اغلب از این روش استفاده می شود. روش تهویه طبیعی به کار گرفته شده در نمای دو جداره مشابه روش های معمولی است. تنها تفاوت میان این دو این است که در سیستم های نمای دو جداره، پنجره به دمای کنترل شده باز می شود.



تصویر ۲-۵۱- تهویه روزانه

(<http://www.tectonica-online.com>)



تصویر ۲-۵۲- نحوه‌ی تهویه شبانه در نمای دوپوسته در فصل تابستان

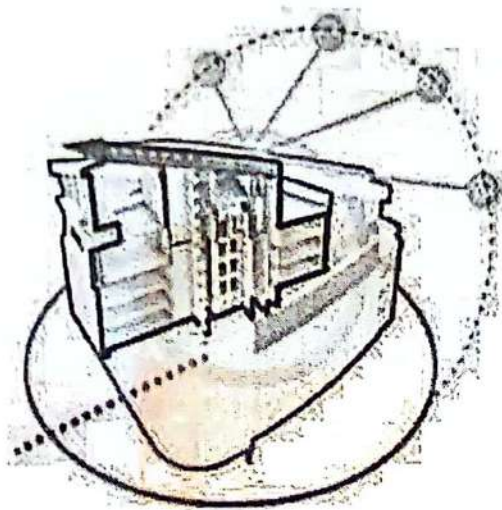
(http://www.tectonica-online.com)

یکی از مهمترین مزایای نماهای دو پوسته این است که می‌توانند امکان تهویه طبیعی را فراهم کنند (یا با استفاده از پنکه). انواع مختلف نماهای دوپوسته می‌تواند در شرایط آب و هوایی مختلف، جهات، محل‌ها و انواع ساختمان‌ها در جهت فراهم کردن هوای تازه در طول ساعات کار و پیش از آن اعمال شود. انتخاب نوع نمای دو پوسته برای دما، سرعت هوا و کیفیت هوای وارد شده، به درون ساختمان‌ها تعیین کننده است. اگر طراحی خوب باشد، تهویه طبیعی منجر به کاهش مصرف انرژی در طول مرحله استفاده و بهبود آسایش ساکنین می‌شود (Poirazis, 2004, P64).

سیستم‌هایی که از تهویه طبیعی بهره می‌برند، از حفره‌های تهیه شده برای جریان هوا استفاده می‌کنند. این موارد را می‌توان محاسبه کرد و در مرحله طراحی لحاظ نمود. سیستم تهویه مکانیکی، چند نوع مختلف دارد که معمولاً دو نوع آن بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد: پنجره جریان هوا و پنجره تامین. در این روش، سیستم بطور مکانیکی جریان هوا را از طریق حفره‌های نمای دو جداره تامین می‌کند.

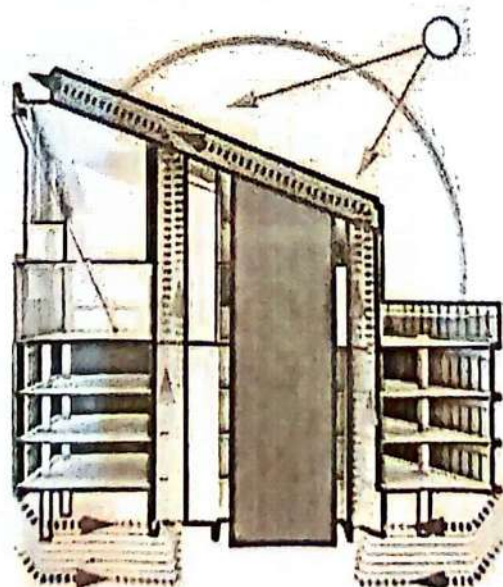
سازندگان بسیاری با معرفی سیستم دو جداره در طراحی ساختمان، سعی دارند تهویه ساختمان را به حداقل و حتی حذف کامل برسانند. این رویکرد معمولاً زمانی اتفاق می‌افتد که یک سیستم نمای مکانیکی طراحی شده باشد، زیرا امکان کنترل بیشتر آن وجود دارد. به منظور رسیدن به این هدف، محاسبات دقیقی باید صورت گیرد تا نمای دو جداره از کارایی مطلوبی برای ساختمان برخوردار گردد. عدم موفقیت در تامین نیاز ساختمان به معنای از بین بردن وضعیت آب و هوایی

داخل می‌باشد. در برخی موارد، این موضوع باعث شده تا وضعیت آب و هوایی بسیار نامناسبی در درون ساختمان ایجاد شود که شرایط نامطلوبی را برای ساکنین به همراه داشته است. (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 28)



تصویر ۲-۵۳- نقش عملکردی نما به عنوان عایق

(<http://mcgrawimages.buildingmedia.com>)



تصویر ۲-۵۴- استفاده از نما به عنوان تعدیل‌کننده دما

(<http://mcgrawimages.buildingmedia.com>)

لی^۴ و همکارانش (۲۰۰۲) در پژوهش خود توضیح می‌دهند که تهویه طبیعی می‌تواند با روش‌های مختلف معرفی شوند: ۱) با پنجره‌های متحرک، تهویه می‌تواند با باد یا رانش حرارتی (با اثر دودکش) برای تهویه کردن یک طرف ساختمان یا تهویه متقابل عرض یک ساختمان انجام شود. ۲) تهویه دودکش ناشی از استفاده از انواع بازشوهای خارجی (پنجره‌ها علاوه بر جعبه‌های تهویه متصل به داکت‌های زیر زمینی، پره‌های ساختمانی، دودکش‌های چند طبقه، دریچه‌های سقف و...) برای بیرون کشیدن در هوای تازه در یک سطح پایین و تخلیه هوا در سطح بالا. و ۳) دهلز نوع دیگری از تهویه دودکشی را امکان‌پذیر می‌سازد که در آن، حجم چند طبقه ایجاد شده برای مسیر گردش و تعاملات اجتماعی می‌تواند برای تهویه فضاهای مجاور نیز استفاده شود (Poirazis, 2004, P 64).

۲-۷-۱-۶- نمای دو پوسته و تهویه شبانه

در روزهای گرم تابستان، وقتی که دمای خارجی بیشتر از ۲۶ درجه است، این احتمال وجود دارد که فضاهای داخلی بیش از حد گرم شود. در این حالت ممکن است پیش‌سرمایش اتاق‌ها در طول شب با استفاده از تهویه طبیعی باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی شود. در این حالت دماهای داخلی در طول ساعات اولیه صبح برای فراهم کردن آسایش حرارتی و بهبود کیفیت هوا برای استفاده‌کنندگان کمتر خواهد بود. در همان زمان، استفاده از تهویه طبیعی شبانه ذخیره‌سازی حرارت مصالح اطراف آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. (مبلمان، سقف‌ها، دیوارها و...). از طرف دیگر اگر پنجره‌ها و درها بسته باشند و اگر سیستم‌های تهویه مکانیکی و سرمایش در شب کار نکنند، گرما در داخل به دام می‌افتد و باعث از بین بردن آسایش در ساعات اولیه صبح می‌شود. یکی از مزایای اصلی نماهای دو پوسته این است که می‌توانند تهویه شبانه طبیعی را فراهم کنند که محافظ در برابر شرایط جوی و همچنین سرقت شبانه است. طبق گفته لی و همکارانش (۲۰۰۲) مزیت نماهای دو پوسته در مقایسه با سایر گونه‌های نما در آن است که از ساختمان در برابر شرایط نامطلوب آب و هوایی محافظت کرده و امکان سرقت از ساختمان را کاهش می‌دهد. طبق گفته‌های استیک و همکارانش^۱ (۲۰۰۰) سرمایش شبانه بوسیله تهویه متقابل طبیعی نیاز به بازشوهای بزرگ

در نماهای خارجی دارد (برای مثال اتصالات باز بین پانل‌ها با بازشوهای مؤثر ۲ درصد از مساحت سطح) (Poirazis, 2004, P63).

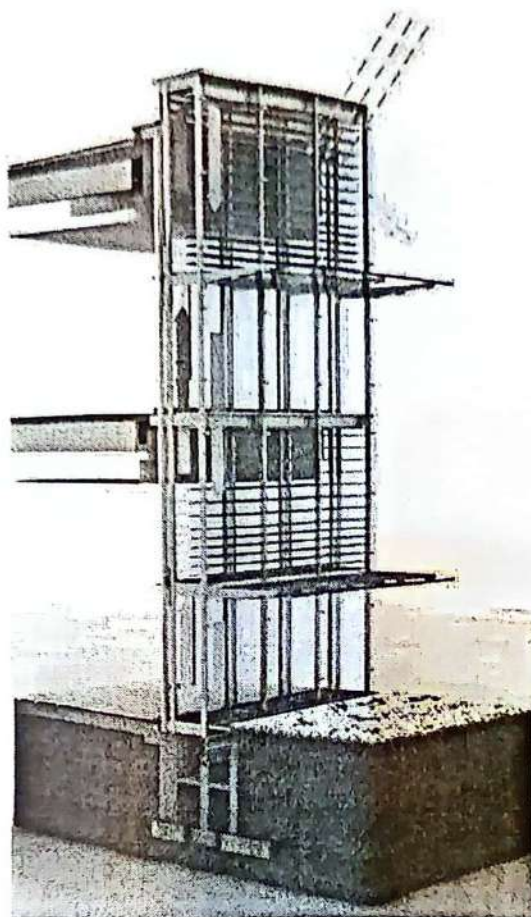
۷-۱-۷-۲- ارتقا نقش نما بعنوان عایق گرمایی

محققان بسیاری بر این باورند که سیستم نمای دو پوسته عایق گرمایی مناسبی به دلیل وجود پوسته بیرونی در زمستان و نیز در تابستان فراهم می‌کند.

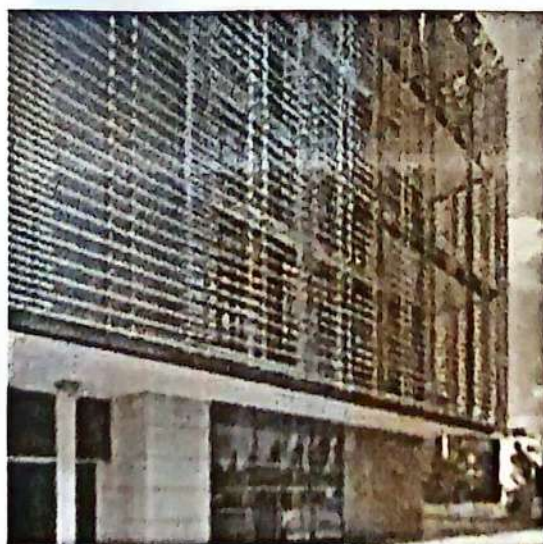
در فصل زمستان، پوسته اضافی خارجی، با توجه به افزایش مقاومت انتقال حرارت، عایق حرارتی بهتری ایجاد خواهد کرد. اگرچه مقدار ضریب انتقال حرارتی معادل مقدار U برای نماهایی که همیشه تهویه می‌شوند، کمتر از نماهای تک پوسته می‌باشد، اما اگر فضای میانی (حفره) در طول دوره گرما (تا حدی یا به طور کامل) بسته باشد، نتایج بهتری به دست خواهد آمد. کاهش سرعت جریان هوا و دمای افزایش یافته هوای درون حفره باعث کاهش سرعت انتقال حرارت از سطح شیشه شده که منجر به کاهش اتلاف انرژی گرمایی خواهد شد. این امر بر روی حفظ درجه حرارت بالا در بخش داخلی شیشه تأثیر دارد و دمای فضای مجاور شیشه داخلی گرم‌تر باقی می‌ماند. (Poirazis, 2004, P 62)

اوسترله و همکارانش (۲۰۰۱) توضیح می‌دهند که نسبت سطح بازشوها باید به منظور بهبود عایق حرارتی در نظر گرفته شود. به علاوه، نتایج اندازه‌گیری‌ها را در ساختمان‌های موجود با عرض حفره میانی متغیر ارائه می‌کنند.

استک و ون پاسن^۱ در مقاله‌ای با عنوان « نماهای دو پوسته کنترل شده و اچ وی ای سی » در سال ۲۰۰۰ بر جنبه‌های پیش گرمایش نماهای دو پوسته متمرکز شده بودند. آنان بیان می‌دارند که بالاترین مقدار راندمان بازیابی حرارت در حفره‌های کم عمق تر، بیشتر است؛ چرا که در حفره‌های کم عمق تر، سرعت هوا بالاتر بوده و بنابراین ضرایب انتقال حرارت بالاتری دارند. بنابراین در طول زمستان حفره‌های کم عمق تر کارایی بیشتری دارند؛ زیرا جریان هوای تهویه شده مورد نظر برای حفره را ایجاد نموده و بازده بالایی برای پیش گرمایش هوای تهویه شده دارند.



تصویر ۲-۵۵- کارایی مناسب‌تر نماهای دوپوسته با حفره‌های کم عمق در زمستان



تصویر ۲-۵۶- ابزارهای سایه‌انداز در نما

استیک و همکارانش در سال (۲۰۰۰) ادعا کردند که « برای آسایش با تهویه طبیعی، نیمه داخلی نما باید عایق شود. در غیر اینصورت سرمایش مکانیکی باید به کار گرفته شود.»

- در فصل تابستان و گرما، هوای گرم درون حفره می بایست به کمک تهویه طبیعی یا مکانیکی خارج شود. هنگامی که بازتابش جذب شده به حفره میانی ساطع می شود، اثر دودکشی که باعث صعود هوای گرم می شود، گرمای اضافه را با خود به سمت خارج هدایت می کند. برای تهویه بهتر حفره میانی می بایست ترکیب مناسبی از سایبان ها و لایه های شیشه انتخاب شود تا از وقوع پدیده بیش گرمایش در حفره میانی جلوگیری شود. در صورت تهویه طبیعی، هندسه حفره میانی شامل عرض، ارتفاع و ابعاد بازشوها، تاثیر بسزایی در دمای حفره میانی خواهد داشت. (Hashemi, 2010)



تصویر ۲-۵۷- نمای شیشه ای

(<http://ming3d.com>)



تصویر ۲-۵۸- ابزار سایه‌انداز متحرک

(<http://filt3rs.net>)

۲-۷-۱-۸- محافظت بهتر از وسایل سایه‌اندازی و نورپردازی

از آنجایی که وسایل سایه‌انداز و نورپردازی در حفره میانی نماهای دو پوسته قرار می‌گیرند، در مقابل باد و باران محافظت می‌شوند (Poirazis, 2004, P 64).

۲-۷-۱-۹- کاهش اثرات فشار باد

نماهای دو پوسته در ساختمان‌های بلند مرتبه باعث کاهش فشار باد بر پوسته نما می‌شود. استرله و همکارانش در سال (۲۰۰۱) ادعا می‌کنند که هر چند مطمئنانه نوسانات فشار کوتاه مدت حاصله از تندبادها ایجاد شده برای مثال توسط تندبادها بخاطر اثر ضربه‌گیری فضای میانی کاهش می‌یابد اما فشار ثابت روی نما می‌تواند بدون مانع در فضای میانی گسترش یافته و در صورت باز بودن پنجره‌ها به داخل اتاق‌ها نفوذ یابد (Poirazis, 2004, P64).

۷-۱-۱۰- صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی

بیشتر محققانی، که به نماهای دوجداره علاقه مند هستند، سعی دارند تا عملکرد و بهره‌وری انرژی نمای دو جداره را شناسایی کنند. ساختمان‌ها تقریباً نیمی از انرژی یک شهر را مصرف می‌کنند. در دنیای مدرن، قابل قبول بودن یکی از وظایف چالش برانگیز طراحان می‌باشد، مخصوصاً زمانی که این طراحی برای ساختمان سازی است. امروزه، انگیزه‌ی بسیار قوی وجود دارد تا بتوان ساختمان‌ها را تا حداکثر ممکن نسبت به مصرف انرژی به‌رور ساخت تا بتوان جوابگوی نیاز امروزه برای حفظ محیط زیست باشند.

اغلب فکر می‌کنند که «قابل قبول بودن» تنها یعنی تا حد ممکن دوستدار محیط زیست بودن. ولی، در واقعیت «قابل قبول بودن» در برگیرنده کارکرد بنا و احساس آسایش افراد به همراه جوانب اقتصادی آن می‌باشد. به منظور اینکه یک طراحی قابل قبول باشد، همه این عناصر باید در نظر گرفته شوند، و طراحی باید تا جای ممکن همه این عناصر را در بر گیرند.

نمای دوجداره با هدف تکمیل اجزاء معمولی و قدیمی ساختمان و بهبود پتانسیل‌های یک ساختمان به صنعت ساخت و ساز ورود پیدا کرد. یکی از این پتانسیل‌ها در واقع این موضوع بود که نمای دوجداره در راستای صرفه جویی در مصرف انرژی و در عین حال افزایش کیفیت وضعیت آب و هوای داخل ساختمان است. معلوم شده است که استفاده از نمای دو جداره در ساختمان‌های اداری مرتفع از محبوبیت خوبی برخوردار است. این ساختمان‌ها معمولاً مصرف انرژی زیادی دارند، زیرا در ساعات اداری مصرف انرژی کارکنان بسیار بالا است. (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 28)

در اصل نماهای دو پوسته وقتی که به درستی طراحی شوند می‌توانند انرژی را ذخیره کنند. اغلب زمانی که عایق‌های معمولی دیوار بیرونی ضعیف است، می‌توان با پوسته‌های اضافی صرفه-جویی را ایجاد کرد. طبق نظر استرله^۵ و همکارانش صرفه‌جویی قابل توجه انرژی را فقط جایی که نماهای دو پوسته تهویه با پنجره را ممکن می‌سازد یا جایی که آنها به صورت ایستای تهویه طبیعی را برقرار می‌کنند، امکان پذیر است. با رفع نیاز به یک منبع هوای مکانیکی، هزینه‌های برق برای تامین هوا می‌تواند کاهش یابد.

طبق نظر آرونز (۲۰۰۱)، صرفه جویی انرژی نسبت داده شده به نماهای دو پوسته، با بهره‌گیری از گرمایش ایستای بدست می‌آید. در روز فضای حائل بین دو جداره بدلیل بازتابش اشعه‌ها با طول

موج بلند و تابش پرتوهای خورشیدی با طول موج کوتاه گرم می شود که این مسئله بار سرمایی فضاهای مجاور را کاهش می دهد. شرکت گارتنت^۷ ادعا می کند که نماهای دو پوسته با کاهش مصرف انرژی در طول عمر عملکردی ساختمان، در منابع طبیعی صرفه جویی می کند (Poirazis, 2004, P 63).

محققان اشاره می کنند که نماهای دو پوسته می توانند مصرف انرژی را تا ۶۵ درصد و نشر دی اکسید کربن را تا ۵۰ درصد کاهش دهند. یکی از مهمترین نگرانی هایی که در طراحی مناسب با محیط زیست مطرح است، انرژی درون مواد سازنده یک سازه است. منتقدان بسیاری بیان کرده اند که شیشه (ماده ای که بیشترین کاربرد را در نمای دو جداره دارد) از انرژی درونی بسیاری برخوردار است. از این رو ارزیابی شرایط هر مورد ضرورت دارد تا بتوان مزایا و معایب استفاده از شیشه بعنوان یکی از عناصر ساختمان که دارای انرژی درونی است را مقایسه کرد. جدول ۲-۳ جایگاه شیشه در مقابل دیگر مواد به کار گرفته شده در ساختمان را از لحاظ انرژی درونی بررسی می کند.

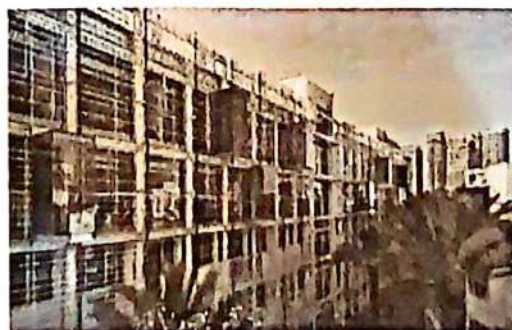
جدول ۲-۳: انرژی درونی مواد مختلف، (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 29)

انرژی درونی میلی ژول / کیلوگرم	ماده	انرژی درونی میلی ژول / کیلوگرم	ماده
۱۵/۹	شیشه	۰/۱۰	توده
۳۰/۳	عایق پشم شیشه	۰/۷۹	سنگ
۳۲/۰	فولاد	۱/۳	بتن
۵۱/۰	روی	۲/۰	بتن پیش ساخته
۷۰/۰	پی وی سی	۲/۵	آجر
۷۰/۶	مس	۳/۳	عایق سلولوز
۹۳/۳	رنگ	۸/۱	آلومینیوم (بازیافتی)
۱۱۶/۰	لینولوم	۸/۹	فولاد (بازیافتی)
۱۱۷/۰	پلی استایرن	۱۰/۴	تخته چندلا
۲۲۷/۰	آلومینیوم	۱۴/۶	عایق پشم معدنی

این جدول نشان می‌دهد که در حقیقت، شیشه در میانه مواد به کار گرفته شده در سیستم‌های معمولی قرار دارد. همچنین، این جدول نشان نمی‌دهد که می‌توان به راحتی شیشه را بازیافت کرد و شاید انرژی درونی آن بطور محسوسی کاهش یابد. (Gunnar Hilmarsson, 2008: 29)

۲-۷-۱-۱۱- تاثیر اجرای نما بر هزینه ساخت و ساز

زمانی که نوع جدیدی از عناصر ساختمانی را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم، هزینه‌های بهره‌وری همیشه یکی از مهمترین فاکتورها برای تصمیم‌گیری در مورد مناسب بودن یا نبودن گزینه است. عناصر ساختمانی جدید همیشه با روش‌ها و مصالح ساختمان‌های سنتی مقایسه می‌شوند. در بسیاری از موارد، تشخیص مقایسه مطلوب برای رسیدن به نتیجه درست بسیار دشوار است. برای ارزیابی هزینه‌های بهره‌وری، باید هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملکردی و هزینه‌های نگهداری را در نظر بگیریم و سپس آن را با انواع معمولی ساختمان مقایسه کنیم. در مورد نماهای دو پوسته برآورد هزینه‌ی نهایی بهره‌وری بسیار پیچیده است بخصوص زمانی که هزینه‌های بلند مدت در نظر گرفته شود. اگرچه بسیاری از محققان هزینه بالای نماهای دو پوسته را از معایب عمده آن می‌دانند اما برخی مانند استرله معتقدند که نماهای دو پوسته در مقایسه با راهکارهایی که استفاده از قاب‌های الکتروکرومیک، ترموکرومیک و فوتوکرومیک را پیشنهاد می‌دهند، ارزان‌تر است. افزون بر آن، استفاده از این قاب‌ها برای هر شرایط آب و هوایی نیز مناسب نیست. برای نماهای دو پوسته می‌توان با تکنولوژی فلز و شیشه ارزان و قابل دسترسی، ترکیبی قابل قبول به لحاظ تطابق اقلیمی فراهم نمود.

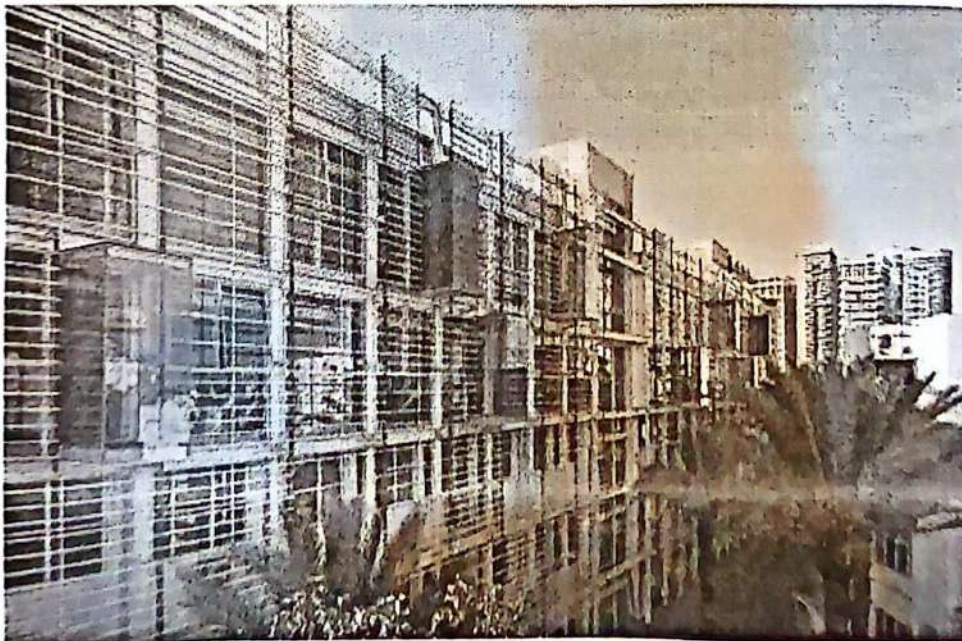


تصویر ۲-۵۸- استفاده از شیشه‌های رنگی در نمای دو پوسته جهت سایه‌اندازی

(<http://ad009cdnb.archdaily.net>)

به نظر می‌رسد تشخیص کم هزینه تر بودن هریک از آن‌ها، بستگی به نوع مقایسه‌ای دارد که در هر زمان انجام می‌گیرد دارد. نماهای دو پوسته وقتی با سیستم های تکنیکی شیشه ای همانند پنل‌های فتوکرومیک یا سیستم های مشابه مقایسه شوند، هزینه ی ساخت پایین تری دارند. در این مقایسه، فرض بر این است که شیشه ی تک لایه با عناصر و تجهیزات اضافی برای بهبود عملکرد لایه ی شیشه ای بکار برده می‌شود. این سیستم پرهزینه می‌باشد و در بسیاری از موارد نماهای دو پوسته می‌توانند نتایج مطلوب‌تری در مقایسه با موارد دیگر به دست دهند. همچنین می‌توان این گونه نتیجه گرفت که در بعضی موارد نماهای دو پوسته می‌توانند هزینه ی کمتری نسبت به نماهای معمولی با کیفیت حرارتی مشابه داشته باشند. همه محققان با این موضوع موافق نیستند.

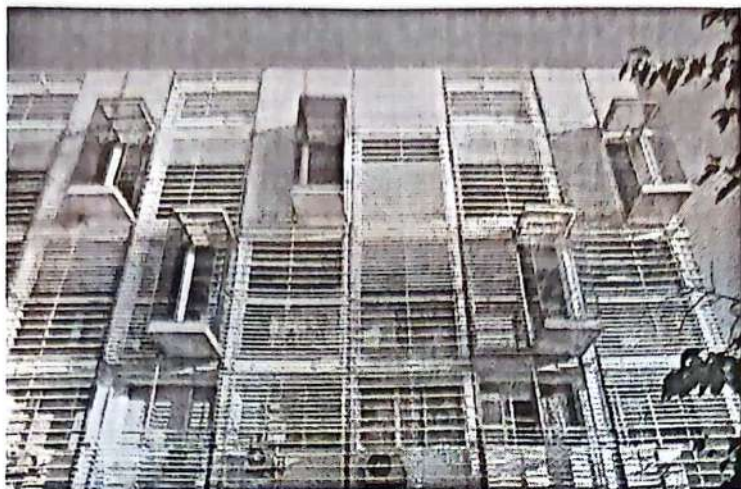
استروب^۱ و استراتن^۲ توضیح می‌دهند که کاهش مساحت شیشه و افزایش کیفیت محصولات شیشه‌ای منجر به کاهش هزینه های ساختاری و عملکردی می‌شود.



تصویر ۲-۵۹- استفاده از شیشه‌های رنگی در نمای دپوسته جهت سایه‌اندازی

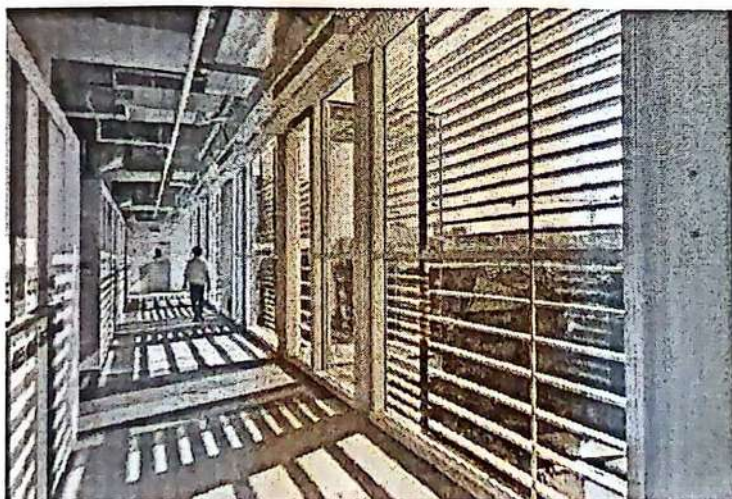
(<http://ad009cdnb.archdaily.net>)

1. Strobe
2. Stratton



تصویر ۲-۶۰- شیشه‌های رنگی در نما

(images.adsttc. <https://images.adsttc.comcom>)



تصویر ۲-۶۱- تاثیر سایه‌اندازی لوورها و شیشه‌های رنگی در فضای داخلی

(<https://images.adsttc.com>)

مقایسه هزینه‌ی ساخت موضوعی پیچیده است. بسیاری از بررسی انجام شده، مقایسه میان نماهای تک پوسته و دو پوسته بوده است. پر واضح است که در این مورد، نماهای دو پوسته همیشه گران‌تر از نماهای تک پوسته هستند. اما جدال بزرگی بر سر این که آیا نماهای دو پوسته و تک پوسته تفاوت قابل توجهی دارند یا نه وجود دارد.

جدول ۲-۴: مزایای ذکر شده در پژوهش‌های گوناگون (Poirazis, 2004, P66)

فایده اشاره شده توسط محققان	جاگو ^{۱۳} (۲۰۰۳)	کرای ^{۱۴} (۲۰۰۰)	نیست ^{۱۵} (۱۹۹۸)	آرژو ^{۱۶} (۲۰۰۳)	نوسه تحقیقات ساختمان بلژیک ^{۱۷} (۲۰۰۳)	لی و سلیمر همکارانش ^{۱۸} (۲۰۰۲)	کلاتسو سلیمین ^{۱۹}	کوپیکو ^{۲۰} (۲۰۰۳)	استرله و سلیمر همکارانش ^{۲۱} (۲۰۰۱)
کاهش هزینه‌ی ساخت (با قطعات شیشه‌ای الکتروکرومیک، ترموکرومیک، فتوکرومیک مقایسه می‌شوند)									✓
حایل آکوستیکی	✓	✓	✓	✓		✓			✓
حایل حرارتی در طول زمستان		✓	✓		✓	✓		✓	✓
حایل حرارتی در طول تابستان		✓	✓			✓		✓	✓
تهویه شبانه				✓		✓	✓	✓	✓
ذخیره انرژی و کاهش صدای محیط زیستی				✓					
حفاظت بهتر از ابزار سایه اندازی و روشنایی	✓					✓		✓	✓
کاهش اثر فشار باد	✓						✓	✓	✓
شتابان طراحی مسارات		✓		✓	✓	✓			
تهویه طبیعی	✓		✓	✓		✓		✓	✓
آسایش حرارتی-سرمه حرارت دیوار داخلی		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
گرمیز از حریر									✓
کاهش مقدار نا و کاهش مقدار R		✓		✓				✓	

شرکت مهندسی محیطی این گونه توضیح می دهد: در بررسی موردی برای اداره مرکزی براون در کرونبورگ، آن‌ها هزینه‌ی اضافی ساخت نمای دو پوسته را محاسبه کردند و هزینه‌های ناشی از حذف سیستم تهویه مطبوع را هم کم کردند. نتایج حاکی از آن بود که هزینه اضافی برای ساختمان تنها ۳ درصد کل هزینه ساخت می باشد. نویسندگان دیگر چندان خوش بین نیستند. بر طبق نظر جاگر (۲۰۰۳) هزینه ساخت نمای استاندارد در اروپای مرکزی، ۳۰۰ تا ۵۰۰ یورو بر متر مربع می باشد و هزینه ساخت نمای دو پوسته، ۶۰۰ تا ۸۰۰ یورو بر متر مربع می باشد. زمانی که نمای دو پوسته با سیستم‌های مکانیکی دیگری همراه می شود، هزینه آن به ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ یورو بر متر مکعب افزایش می یابد و وقتی که دارای پنجره‌های بازشو باشد، هزینه آن بیش از ۱۳۰۰ یورو بر متر مکعب می شود (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 7-8).

۲-۷-۱-۱۲- کاهش ضرایب انتقال حرارت سطحی

کرگ^۱ ادعا می کند که مزیت اصلی نماهای دو پوسته، کاهش میزان ضریب انتقال حرارتی سطحی و ضریب کسب حرارت خورشیدی می باشد. (Kragh, 2000)

۲-۷-۲- معایب نماهای دو پوسته

۲-۷-۲-۱- عملکرد نامناسب سیستم با اجزای نادرست نما

معایب استفاده از نمای دو جداره در یک ساختمان زمانی بروز می کند که طراحی انجام شده به درستی و با دقت اجرا نشود و منجر به عملکرد نامناسب سیستم گردد. چندین مورد ممکن است اشتباه اجرا شود. اگر مقدار U کافی نباشد و سیستم گرمایشی قابلیت پوشش دهی بار گرمایشی را نداشته باشد، بدون شک ساختمان هرگز به سطح گرمایی بهینه نمی رسد. اگر هم ساختمان زیادی گرم شود، همین مشکل بروز می کند. اگر مقدار G کافی نباشد یا دستگاه سایه انداز نتواند با تابش خورشید هماهنگ شود و سیستم سرمایشی کافی نباشد، ساختمان بیش از حد گرم می شود. دمای مطلوب یکی از مهمترین عوامل دخیل در وضعیت آب و هوایی داخل است. به ازای هر یک درجه ای که دما از دمای مناسب کمتر یا بیشتر شود، افراد بیشتری احساس ناراحتی و نارضایتی

1. Kragh

خواهند داشت که می‌تواند منجر به کاهش عملکردشان شود. با توجه به حساسیت این موضوع، برآورد دقیق عملکرد سیستم به منظور رسیدن به نتیجه مورد نیاز از اهمیت بسزایی برخوردار است. تعمیر و نگهداری و سرویس‌دهی سیستم نیز به همین میزان اهمیت دارد، زیرا همیشه باید سیستم را در حالتی حفظ کرد که عملکردی یکسان و کامل داشته باشد.

یکی دیگر از اجزاء مهم که احتمال سوء مدیریت در آن وجود دارد، سیستم تهویه نمای دو جداره است. سیستم‌های تهویه‌ی متنوعی در نماهای دو جداره وجود دارد که می‌توان آنها را در دو گروه اصلی تقسیم بندی کرد: سیستم تهویه‌ی طبیعی و سیستم تهویه‌ی مکانیکی. در سیستم تهویه‌ی طبیعی، امکان وقوع اشتباه کمتر است، زیرا اصولاً در این سیستم اجزاء محرک چندانی به کار نمی‌رود. با این حال، اگر طراحی سیستم تهویه‌ی طبیعی و جریان هوا کافی نباشد، ساکنین کمبود هوای تمیز در ساختمان را احساس خواهند کرد. همچنین، این موضوع بر روی سطح رطوبت و دمای داخل ساختمان نیز تاثیر دارد. همین امر برای سیستم تهویه‌ی مکانیکی نیز صادق است. طراحی مشکل دار می‌تواند باعث کاهش جریان هوا گردد. همچنین، اگر سیستم به طور منظم سرویس دهی و تعمیر نشود، احتمال تحت الشعاع قرار گرفتن وضعیت آب و هوایی داخل ساختمان زیاد است. نمونه‌ای از این اتفاق در گزارشی که بواک و دانشجویانش تهیه کرده‌اند، موجود است. (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 21)

هیلمرسون در بازدیدی که از ساختمان هوکر واقع در آبشار نیاگار در نیویورک داشته است، نگاهی دقیق به طراحی ورودی این ساختمان تقریباً ۲۰ ساله انداخته است و احداث آکواریوم جذاب جدید را که مستقیماً به این ساختمان متصل شده‌است، منجر به ورود گردوغبار پیش بینی نشده به ورودیه ساختمان می‌داند. از دید او، حائل‌های نور خورشید بخاطر آلودگی هوا جرم گرفته و کثیف بودند. در نتیجه، پنجره‌های مشبک دریافت کننده واقع در کف این ورودی مرتفع از کار افتاد که باعث شد سیستم تهویه مطبوع این ساختمان خراب شود. مصاحبه‌های انجام شده او با افراد نیروی امنیتی ساختمان، حاکی از این بود که ساختمان همیشه خیلی گرم و یا خیلی سرد است.

این یک نمونه‌ی واضح از ضعف در طراحی است و نشان‌دهنده اهمیت طراحی مناسب می‌باشد. در بسیاری از موارد، سازندگان به این نتیجه رسیده‌اند که کارایی نمای دو جداره بسیار مطلوب است. این موضوع به همراه دیگر مزایای به کار گیری نمای دو جداره می‌تواند به بهبود

وضعیت آب و هوایی داخل کمک کند و منجر به ساخت ساختمانی شود که ساکنین آن از شرایط روانی و فیزیکی خوبی برخوردار هستند. (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 22).

۲-۲-۷-۲- انعکاس صدای داخل بنا

در بررسی و احداث نمای دو جداره می بایست متوجه خطر انتقال صدای درونی برای فضاها و اتاق‌ها بود. پویرازیس مدعی است که نمای دو جداره می‌تواند انتقال صدا میان دو اتاق را افزایش دهد. وی می‌گوید، یکی از معایب نمای دو جداره این است که در صورت عدم طراحی مناسب می‌تواند منجر به بروز مشکلات در انتقال صدای داخل شود (Poirazes, 2006, P 121). پویرازیس بیان می‌دارد عایق صوتی در زمان به کارگیری در نمای راهرو و نماهای چند طبقه‌ای ممکن است به یک امر مشکل ساز تبدیل شود. در این موارد، اندازه گیری‌های بیشتری باید انجام شود تا بتوان با انتقال صدای احتمالی مقابله کرد.

اوسترله و همکارانش در خصوص انتقال صدای داخل در زمان به کار گیری نمای دو جداره به وجود دو مشکل اشاره می‌کنند:

اول اینکه، انتقال صدا در اتاق‌های مجاور بر یکدیگر تاثیر می‌گذارند. ممکن است تصور کنید که این تاثیر همانند انتقال صدا از راهرو میان اتاق‌ها است. ولی راهروها معمولاً عایق بندی بهتری دارند و صدا را جذب می‌کنند. شیشه ماده مناسبی برای جذب صدا نمی‌باشد و این موضوع تفاوت بسیاری ایجاد می‌کند. یکی دیگر از عوامل موثر این است که پنجره تاثیر روانشناختی بر روی ساکنین می‌گذارد. فردی که در اتاق است، انتظار ندارد از طریق پنجره، صدای اتاق مجاور را بشنود. زمانی که صدا از طریق پنجره انتقال می‌یابد، نسبت به صدای مزاحم راهرو بیشتر آزار دهنده است. دوم اینکه، انتقال صدا زمانی است که میان اتاق‌ها از یک طبقه به طبقه دیگر انتقال می‌باید. این مشکل معمولاً در زمان استفاده از نمای راهرو بروز می‌کند. در شرایطی که نمای دو جداره از پارتیشن افقی بهره مند نباشد، احتمال انتقال صدای داخل بیشتر می‌شود.

همانند محاسباتی که برای صدای خارج انجام شد، اوسترله و همکارانش محاسباتی را برای انتقال صدای داخل انجام داده و روش خاص خود برای برآورد اثر انتقال صدای داخل را ارائه داده‌اند. بطور کلی، در خصوص انتقال صدای داخل مشکلاتی وجود دارد که برطرف کردن آنها امری دشوار است، زیرا طبیعت سیستم موجود اینگونه است. روش‌های بهینه بسیاری مطرح شده است که می‌توان در

اغلب ساختمان‌ها اعمال کرد. با بررسی فاکتور ریسک پیش از مرحله طراحی ساختمان، می‌توان اثرات منفی این روش را بهبود بخشید. (Gunnar Hilmarsson, 2008, P 27)

۲-۷-۲-۳- هزینه‌های ساخت و ساز بالا

این باور همگانی وجود دارد که، به‌کارگیری نماهای دو پوسته در مقایسه با فرم‌های یک پوسته هزینه‌های بیشتری را در پی خواهند داشت: ساختار لایه بیرونی و فضای بین دو پوسته باعث می‌شود هزینه اجرا افزایش یابد. افزون بر آن هزینه‌های نظافت نما نیز افزایش می‌یابد و به دلیل افزایش وزن نما، اتصالات و ستون‌هایی که بار نما را تحمل می‌کنند نیز بر هزینه‌های اجرایی می‌افزایند.

۲-۷-۲-۴- کاهش حفاظت ساختمان در برابر آتش

هنوز روشن نیست که آیا نماهای دو پوسته می‌تواند در مورد حفاظت از آتش مثبت باشد یا نه. استرله و همکارانش (۲۰۰۱)، ادعا می‌کنند که در واقع هیچ اطلاعاتی در مورد رفتار این نوع نما در مواقع آتش‌سوزی وجود ندارد. جاگر (۲۰۰۳) یک شرح کلی در مورد حفاظت در برابر آتش‌سوزی برای انواع نمای دو پوسته در ساختمان‌های مختلف ارائه کرده است. برخی محققان بیان می‌دارند که ممکن است مشکلاتی در مواقع آتش‌سوزی با انتقال دود از اتاقی به اتاق دیگر به وجود آید. اگر تمهیدات مناسبی در طراحی لحاظ نشود، در مواقع آتش‌سوزی این نما بدلیل مکش بالای ایجاد شده، این بحران ممکن است تشدید گردد. با این حال، در گونه‌های مختلف نماهای دو پوسته، راهکارهای مختلفی برای مقابله با خطرات ناشی از ایجاد و توسعه حریق توصیه شده است. ضریب ایمنی نماها بستگی به نوع آن‌ها دارد و به نظر می‌رسد نوع جعبه‌ای از این نظر بهتر باشد.

۲-۷-۲-۵- کاهش فضای قابل استفاده

عرض حفره میانی نمای دو پوسته می‌تواند از ۲۰ سانتیمتر تا چندین متر متغیر باشد. این امر منتج به از بین رفتن فضای قابل استفاده می‌شود. استرله و همکارانش (۲۰۰۱) از این موضوع به عنوان «عمق اتاق مؤثر اضافی ایجاد شده بدلیل طرح نما» توصیف می‌کنند. عرض حفره غالباً روی خواص داخلی آن اثر می‌گذارد؛ یعنی وقتی که حفره بسته است، با عمیق‌تر بودن حفره، گرمای کمتری بوسیله همرفت انتقال می‌یابد. گاهی اوقات عمیق‌تر بودن حفره شرایط آسایش حرارتی را که

نزدیک دیوارهای خارجی هستند، بیشتر بهبود می‌بخشد؛ بنابراین پیدا کردن عمق بهینه‌ای از نما به اندازه‌ای باریک که فضا از دست نرود و به اندازه‌ای عمیق تا بتواند از فضای نزدیک نما استفاده کند، موضوعی کاملاً بااهمیت است.

۲-۷-۲-۶- هزینه‌های اضافی نگهداری و کارکرد

از آنجایی که در نمای دو پوسته دو لایه نما باید تمیز شوند، لذا طبیعی است که هزینه آن نیز بالاتر رود. با مقایسه نمای دو پوسته و تک پوسته به راحتی می‌توان به این موضوع پی برد که نوع نمای دو پوسته هزینه بالاتری در خصوص ساخت و ساز، تمیز کردن، عملکرد، بازرسی، سرویس و تعمیرات و نگهداری دارد. اوسترله و همکارانش (۲۰۰۱)، در مطالعات خود، شرح گسترده‌ای از روش برآورد این هزینه‌ها ارائه می‌دهند. همانطور که اوسترله ادعا می‌کند، هنوز هیچ روش مؤثری برای برآورد هزینه وجود ندارد.

۲-۷-۲-۷- سرعت افزایش یافته جریان هوا درون حفره

بیشتر در انواع چند طبقه، به امکان تفاوت‌های فشار بین دفاتر در حالت تهویه طبیعی از طریق حفره اشاره شده است.

۲-۷-۲-۸- افزایش وزن سازه

برای اجرای نماهای دو پوسته، طراح سازه می‌بایست از این مسئله آگاه بوده و اجزای سازه‌ای که بار نما را متحمل می‌شوند، با در نظر گرفتن این مسئله طراحی نماید. همانطور که انتظار می‌رود، پوسته اضافی وزن سازه را که باعث افزایش هزینه می‌شود، بیشتر می‌کند. اتصالاتی که در سازه کار گذاشته می‌شود تا نمای دوم را به نمای اصلی و سازه متصل کند نیز به وزن سازه می‌افزاید.

۲-۷-۲-۹- کاهش روشنایی روز

خصوصیات روشنایی روز نماهای دو پوسته شبیه انواع دیگر نماهای شیشه‌ای است (یعنی نمای تک پوسته). اوسترله و همکارانش (۲۰۰۱)، در پژوهش خود، روی تفاوت‌های اصلی ویژه نماهای

دو پوسته از نقطه نظر روشنایی روز تمرکز می کنند. از دیدگاه اوسترله و همکارانش، این تفاوت ها عبارتند از:

- کاهش مقدار نور ورودی به اتاق ها به دلیل وجود پوسته اضافی
- اثر جبرانی مساحت های شیشه ای بزرگتر (Poirazis, 2004, p 68)

جدول ۵-۲: معایب ذکر شده از سوی محققان (Poirazis, 2004, p 68)

معایب ذکر شده توسط نویسنده	چاکر (۲۰۰۳)	کری (۲۰۰۰)	بیت (۱۹۸۸)	کریو (۲۰۰۰)	حسب تحقیقات (۲۰۰۲)	کریو (۲۰۰۲)	کلاسنو و سلین (۲۰۰۲)	کوپکو (۲۰۰۲)	کریو (۲۰۰۱)
هزینه های بالا ساخت و ساز	✓			✓	✓				✓
حفاظت در برابر آتش	✓				✓				✓
کاهش فضای دفتر قابل اجاره	✓								✓
تعمیر و نگهداری آسان و هزینه های اضافی	✓				✓		✓		✓
مشکلات گرمایی بیش از حد	✓		✓		✓			✓	✓
آلودگی صوتی جریان هوا					✓				
آلودگی دانه ساختمان	✓						✓		✓
تورم									
عایق صوتی	✓				✓				✓

فصل سوم: انواع دسته‌بندی نماهای دو پوسته

۳-۱ - انواع دسته‌بندی نماهای دو پوسته

محققان و مراجع ساختمانی در کشورهای مختلف بر مبنای تجارب و زمینه‌های تحقیقاتی کاربردی خود، دسته‌بندی‌های متفاوتی از انواع سیستم‌های نماهای دو پوسته ارائه داده‌اند. به‌طورکلی، می‌توان تعاریف نماهای دوپوسته را به سه بخش تقسیم‌بندی کرد:

۱. دسته‌بندی‌هایی که نماهای دوپوسته را بر مبنای چگونگی رفتار جریان هوا در بین دولایه مورد ارزیابی و تقسیم‌بندی قرار داده‌اند.
۲. دسته‌بندی‌هایی که بر مبنای هندسه نمای دوپوسته و تفاوت‌های ساختاری اجزاء نما انجام گرفته است.
۳. گروه‌بندی‌هایی که با در نظر گرفتن تأثیر هر دو مورد هندسه و جریان هوا باهم انجام گرفته و به‌صورت ترکیبی دسته‌بندی‌های از نماهای دوپوسته ارائه داده‌اند.

۳-۱-۱ - گروه اول: دسته‌بندی نماهای دو پوسته بر مبنای جریان هوا

الف) موسسه مهندسی محیطی مک کارتی^۱ در بریتانیا، یک طبقه‌بندی شامل ۵ نوع اصلی (به‌علاوه چندین زیرگروه) بر اساس ساختار نما و نحوه عملکردی به‌صورت زیر ایجاد کرده است:

1. McCarthy

- گروه A: پوسته داخلی ثابت که به دو زیر دسته تقسیم می‌شود. اولی، حفره با تهویه مکانیکی که در آن، ورودی جریان برای اثر دودکشی کنترل شده، تعبیه می‌شود و دیگری حفره‌ای با تهویه طبیعی که در آن، حفره مانند دودکش خورشیدی کار می‌کند.
 - گروه B: پوسته‌های داخلی و خارجی قابل باز شدن که با توجه به نوع حفره به دو زیر دسته تقسیم می‌شوند: در نوع اول، حفره به ارتفاع یک طبقه مجزا از طبقات دیگر عمل می‌کند و در نوع دوم، یک حفره سرتاسری به ارتفاع کل ساختمان طراحی می‌شود.
 - گروه C: پوسته داخلی قابل باز شدن، با حفره‌ی تهویه مکانیکی که ورودی جریان حفره برای کارکرد دودکشی کنترل شده، تعبیه می‌شود.
 - گروه D: حفره ثابت و بدون بازشو در بدنه‌های داخلی و خارجی، با حفره مجزا برای طبقات یا یک حفره سرتاسری.
 - گروه E: دیواره آکوستیکی، با یک پوشش خارجی سنگین و فشرده یا یک پوشش خارجی سبک وزن.
- (ب) آرونز^۱ (۲۰۰۰) دو نوع از پوسته‌ها را توصیف می‌کند:
- نماهای جریان هوا^۲: یک نمای دوپوسته که حداقل برای یک طبقه پیوسته بوده و دارای ورودی جریان زیر تراز طبقه و خروجی در بالای تراز آن طبقه باشد.
 - پنجره جریان هوا^۳: یک نمای لایه‌ای دولایه که دارای فضای ورودی و خروجی کوچک‌تر از فاصله عمودی بین کف و سقف باشد.
- آرونز پارامترهای تعیین کننده برای طراحی عملکرد و این سیستم‌ها را با جزئیات بیشتر توضیح داده است و آن‌ها را به صورت زیر طبقه بندی می‌کند:

• پارامترهای اولیه

- الگوهای جریان هوا

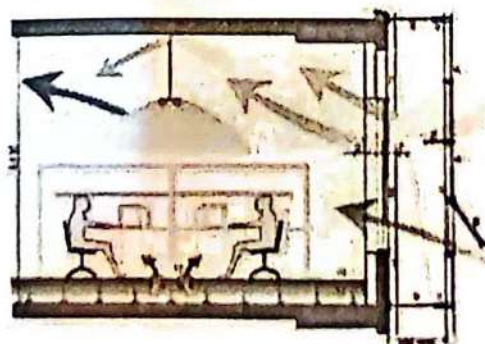
- ارتفاع ساختمان

• پارامترهای ثانویه

- ساختار لایه‌ای

1. Arons
2. Airflow Facades
3. Airflow window

- عمق حفره
- گستره افقی حفره
- گستره عمودی حفره
- عملکرد
- مصالح



تصویر ۱-۳- ساختمان ویلیام فارل

گوشه‌ی شمال شرقی ساختمان و مقطع نمای دی اس اف.

(Azarbayjani, 2010, P 38)

ج) کراگ^۱ (۲۰۰۰)، نماهای دوپوسته را بر اساس کارکرد (نوع تهویه) حفره به سه دسته تقسیم می‌کند:

- دیوار تهویه طبیعی: یک پوسته خارجی در بیرون پوشش ساختمان اضافه می‌شود. در طول زمان‌های بدون تشعشع خورشیدی، پوسته خارجی عایق گرمایی بیشتری را فراهم می‌کند. در طول زمان‌های با تشعشع خورشیدی، پوسته به‌طور طبیعی به کمک گرمای بیرون و به‌وسیله اثر شناوری (اثر دودکشی) تهویه می‌شود. به این معنا که تشعشع خورشیدی باید به‌وسیله فضای درون حفره جذب شود و هوای داخل حفره وقتی که به‌وسیله خورشید گرم می‌شود، بالا می‌رود. گرمای خورشیدی جذب‌شده با خروج هوای گرم کاهش می‌یابد. اختلاف دما بین هوای بیرون و هوای گرم شده داخل حفره برای کار کردن سیستم می‌بایست قابل ملاحظه باشد؛ بنابراین این نوع از نماها برای آب‌وهوای گرم پیشنهاد نمی‌شوند.
- دیوار فعال^۲: پوسته خارجی در داخل پوشش ساختمانی به کار می‌رود. هوای برگشتی داخلی از درون حفره نما عبور می‌کند و به سیستم تهویه برمی‌گردد. در طول زمان‌های با تابش خورشیدی، انرژی جذب شده توسط فضای داخل حفره از طریق تهویه حذف می‌شود. در طول زمان‌های بارهای گرمایی، انرژی خورشیدی می‌تواند به‌وسیله مبدل‌های گرمایی بازیافت شود. در طول مدت سرما بدون تابش خورشیدی ای با مقدار کم آن و در طول مدت جذب خورشیدی یا بارهای سرمایی، دمای سطح شیشه داخلی نزدیک به دمای اتاق نگه‌داشته می‌شود. این امر منجر به افزایش آسایش استفاده‌کنندگان در ناحیه پیرامون نزدیک نما می‌شود. این نوع از نما برای آب‌وهوای سرد پیشنهاد می‌شود، زیرا باعث آسایش بیشتر در طول فصل سرما و امکان بازیافت انرژی خورشیدی می‌گردد.
- دیوار تعاملی (اندرکنشی)^۳: اصول دیوار منفعل خیلی شبیه به دیوار تهویه‌کننده طبیعی است، با این تفاوت مهم که وجود تهویه اجباری است. این بدان معناست که سیستم در حالت‌هایی که دمای محیط بالا باشد کار می‌کند، زیرا تنها وابسته به اثر دودکشی نیست؛ بنابراین سیستم برای آب‌وهوای گرم با بارهای سرمایشی زیاد ایده‌آل است. در طول مدت

1. Kragh

2. active wall

3. Interactive Wall

سرما بدون تابش خورشیدی (در طول زمان شب) تهویه می‌تواند برای عایق گرمایی بیشتر به حداقل برسد. جدا از مزیت‌ها در عملکرد خورشیدی و گرمایی، سیستم اجازه استفاده از پنجره‌های باز شدنی برای تهویه طبیعی را، حتی در ساختمان‌های بلندمرتبه می‌دهد.

سیستم کلی:

۱. سیستمی که حفره در آن کاملاً بسته است و فقط به‌عنوان بافر حرارتی و مانع صوتی عمل می‌کند.

۲. سیستم با تهویه مکانیکی بین لایه‌ها که به‌عنوان عایق صوتی عمل می‌کند، اما این اجازه را هم می‌دهد که کنترل دینامیکی کارایی حرارتی نما هم صورت بگیرد.

۳. سیستم با تهویه طبیعی حفره که در آن، کارایی حرارتی و صوتی متغیر می‌باشد و جریان هوا همچنین می‌تواند به‌عنوان تهویه طبیعی فضای داخلی استفاده شود. (Andreotti, 2003, 74).

د) دسته‌بندی ورنر لانگ^۱ و توماس هرتزوک^۲ از انواع سیستم:

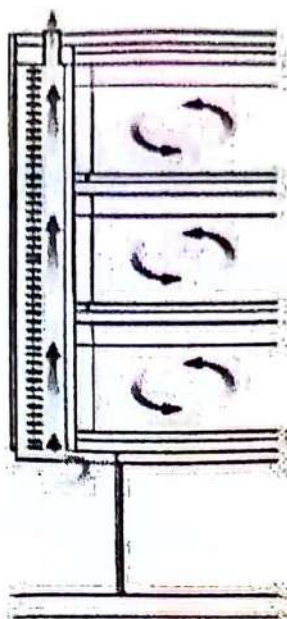
لانگ و هرتزوک اظهار داشتند که سه سیستم اصلی وجود دارد: سیستم بافر (نمای محافظ)، سیستم استخراج هوا و سیستم نمای دوقلو. هر سه سیستم مشخصات متفاوتی با در نظر گرفتن روش تهویه و قابلیت آن‌ها برای کاهش مصرف کلی انرژی دارند. (Boake, 2003, p 2)

۳-۱-۱-۱- سیستم بافر یا نمای محافظ

نمای محافظ یا حائل از دولایه شیشه تشکیل می‌گردد. دولایه شیشه تقریباً به فاصله‌ی ۲۵۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر از هم قرار دارند. بین دو لایه با فضایی از هوا درگیری شده است. این نما قدیمی‌ترین گونه است و به مدت تقریباً ۱۰۰ سال کاربرد داشته است. نمای محافظ قبل از اینکه عایق‌بندی شیشه انجام گیرد، ساخته می‌شود. این عایق‌بندی به منظور افزایش عایق صوتی و حرارتی بدون کاهش میزان نور ورودی به ساختمان است (رشیدی، شریفی، ۱۳۸۸: ۳).

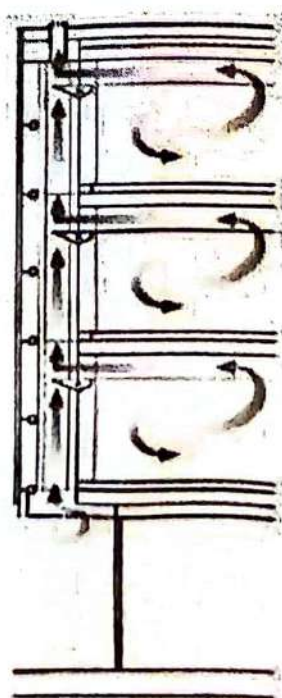
1. Werner Lang

2. Thomas Herzog



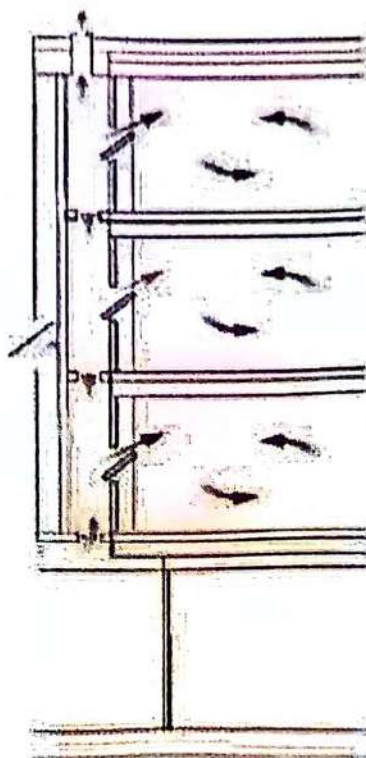
تصویر ۳-۲- سیستم بافر یا نمای محافظ

(Harris,2003,P2)



تصویر ۳-۳- سیستم استخراج هوا

(Harris,2003,P2)



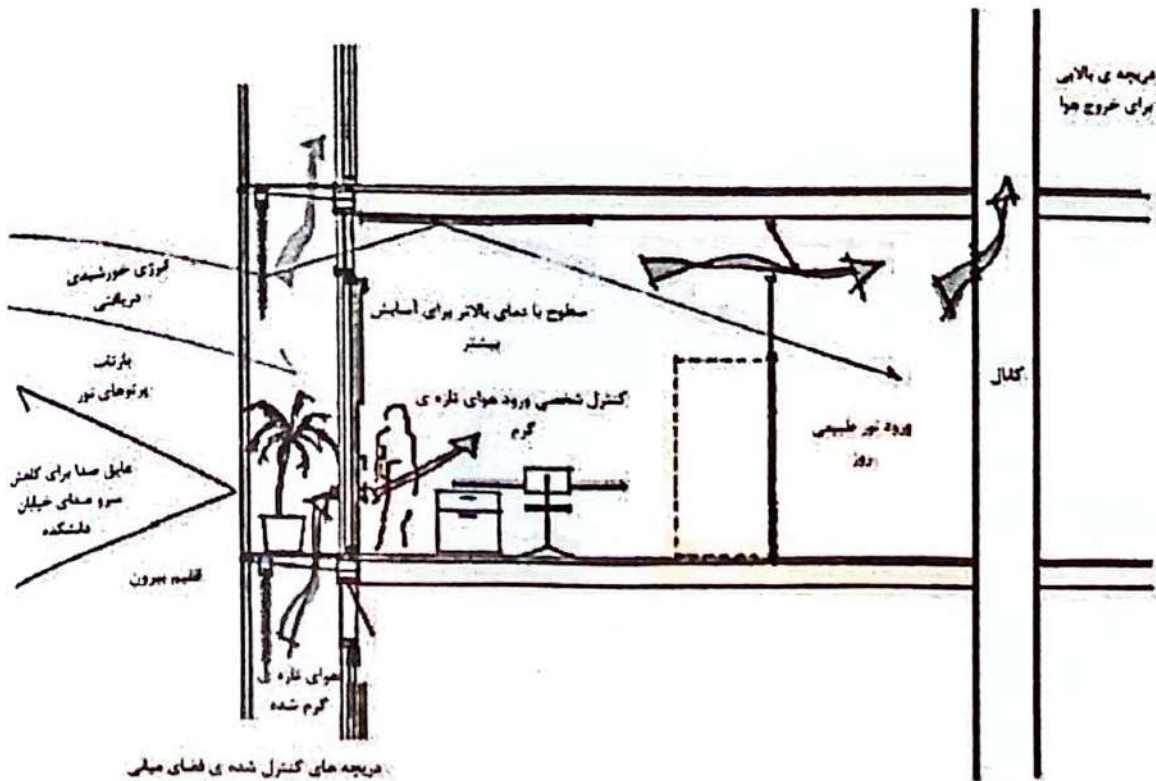
تصویر ۳-۴- نمای دوقلر

(Harris, 2003, P2)

نمونه‌ی مدرن برای این نوع ساختمان، مرکز شیمی هوکر در آبشار نیاگارا و نیویورک می‌باشد. این ساختمان اجازه‌ی ورود هوای تازه از کف حفره و خروج آن را از بالای آن می‌دهد.

۳-۱-۱-۲- سیستم استخراج هوا

نمای استخراج‌کننده‌ی هوا از دو پوسته‌ی عایق شیشه‌ای و یک پوسته‌ی تک لایه‌ی ثانویه در داخل آن تشکیل شده است. هوای گرم «استفاده‌شده» بین لایه‌ها از طریق حفره بالایی با استفاده از فن‌ها خارج می‌شود. به این طریق، لایه‌ی درونی شیشه سرد می‌شود درحالی‌که لایه‌ی بیرونی عایق شیشه‌ای اتلاف انتقال گرما را به حداقل می‌رساند. این سیستم درجایی بکار می‌رود که تهویه‌ی طبیعی امکان‌پذیر نباشد (مانند مکان‌هایی که صدا، باد و بو در آنجاها زیاد است). دستگاه‌های سایبان در داخل حفره نصب می‌شوند (همان: ۴).



تصویر ۳-۵- وضعیت زمستانی نمای جنوبی دانشگاه سی سی بی آر تورنتو

(Boake, 2003,P4)

فضای بین لایه‌های شیشه‌ای از حدود ۱۵۰ میلی‌متر تا ۹۰۰ میلی‌متر متغیر است و بسته به نیاز به دسترسی به حفره برای پاکیزگی، به همان میزان ابزار سایه‌اندازی نیاز دارد. این سیستم در فضاهایی به کار می‌رود که امکان تعبیه تهویه طبیعی وجود ندارد، (به عنوان مثال در مناطقی با سرو صدا، باد یا دود بالا).

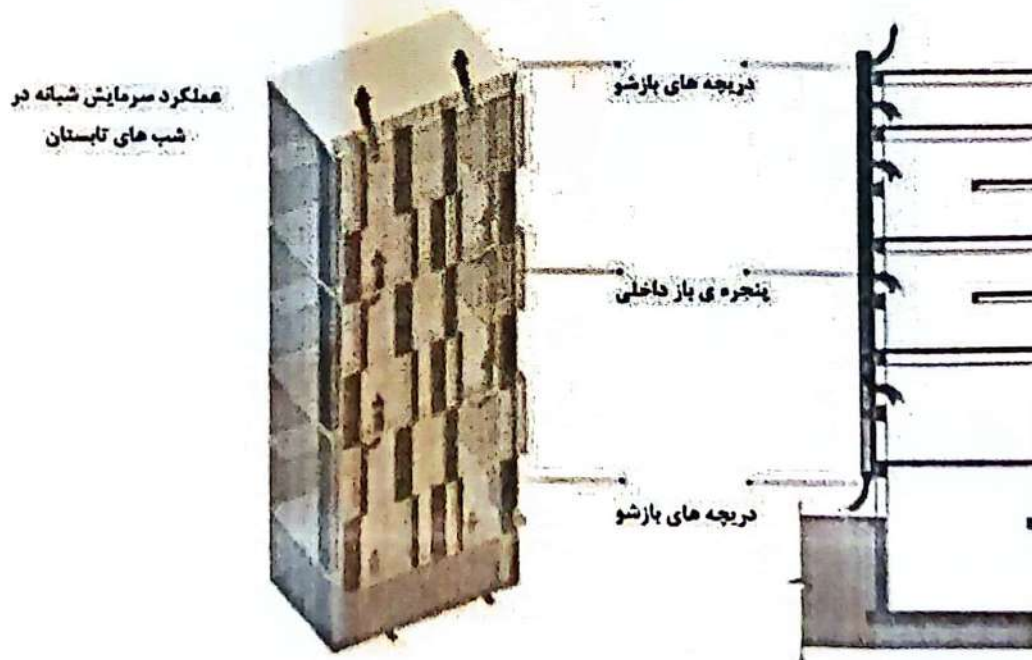
۳-۱-۱-۳- سیستم نمای دوقلو

نمای دوقلو از یک سیستم جداره‌ی معمولی یا دیوار محکم با یک پوسته‌ی بیرونی تشکیل شده است. از پوسته‌ی بیرونی تک لایه‌ی در اصل برای محافظت از محتویات حفره‌ی هوا (دستگاه‌های سایبان) در برابر آب و هوا استفاده می‌کنند. با این سیستم، پوسته‌ی داخلی، خواص عایق‌بندی را برای به حداقل رساندن اتلاف گرما ایجاد می‌کند. این گونه از نظر وجود منفذهایی در پوسته که تهویه‌ی

طبیعی را میسر می‌سازد، با نمای استخراج کننده هوا متفاوت است. دریچه‌های نمای داخلی می‌توانند باز شوند، در حالی که منفذهای تهویه در پوسته‌ی بیرونی حداقل و حداکثر دمای درون نما را تعدیل می‌کنند (همان: ۵).

پنجره‌های نمای داخلی می‌توانند باز شوند، در حالی که پنجره‌های تهویه شونده در پوسته‌ی خارجی دمای داخل حفره را تنظیم می‌کند. استفاده از پنجره‌ها می‌تواند امکان سرمایش شبانه را برای کاهش فشار بار سرمایشی سیستم تهویه مطبوع ساختمان فراهم کند. در زمینه‌ی کنترل صدا بازشوهای پوسته‌ی خارجی، ساختمان تلوس در ونکوور و دانشگاه تورنتو نمونه‌ای از نمای دوقلو می‌باشند.

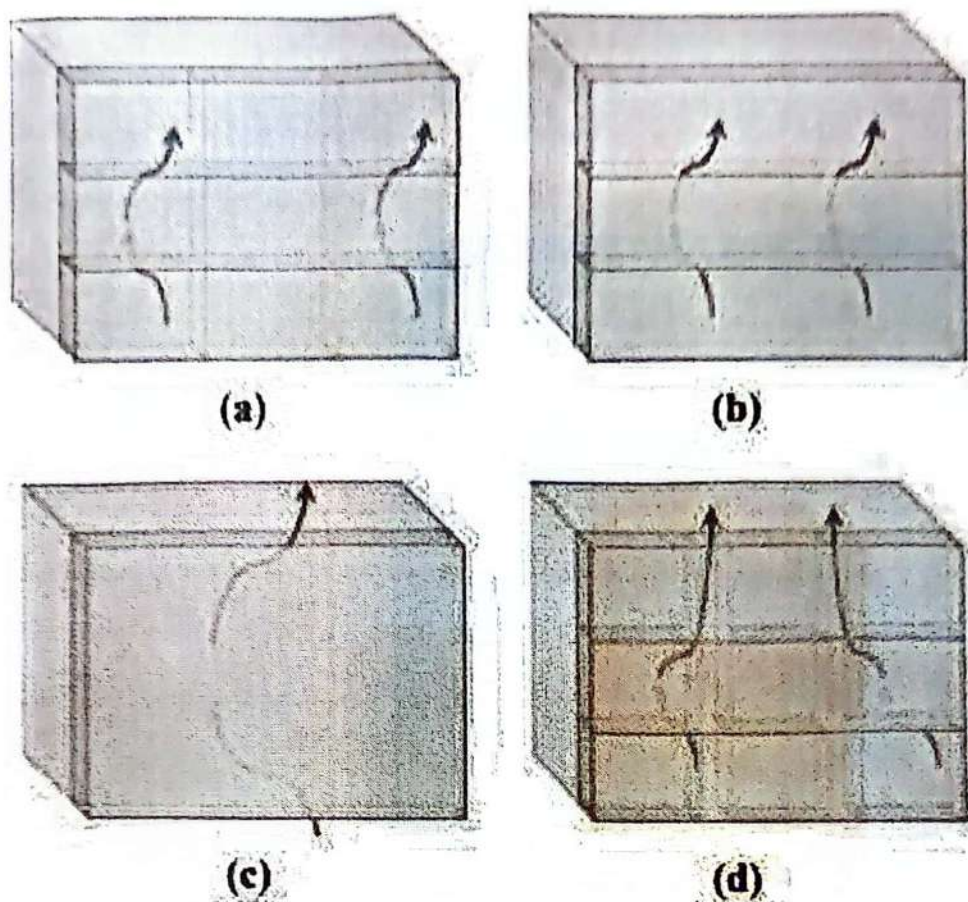
سیستم دسته‌بندی بالا با فرض مقایسه‌ی نماها بر اساس اصول لایه‌های شیشه‌ای می‌باشد.



تصویر ۳-۶- عملکرد سرمایش شبانه‌ی نمای دو پوسته

۳-۱-۱-۴- سیستم ترکیبی

نمای هیبریدی سیستمی است که برای ایجاد یک سیستم جدید پیوندی با یک یا چند کاراکتر از انواع مذکور ترکیب شده است (همان: ۶).



تصویر ۳-۷- انواع نماهای دو پوسته باتوجه به نوع هندسه حفره
(a) پنجره جعبه‌ای، (b) راهرویی، (c) چند طبقه (d) شفت جعبه

(www.mdpi.com/journal/energies)

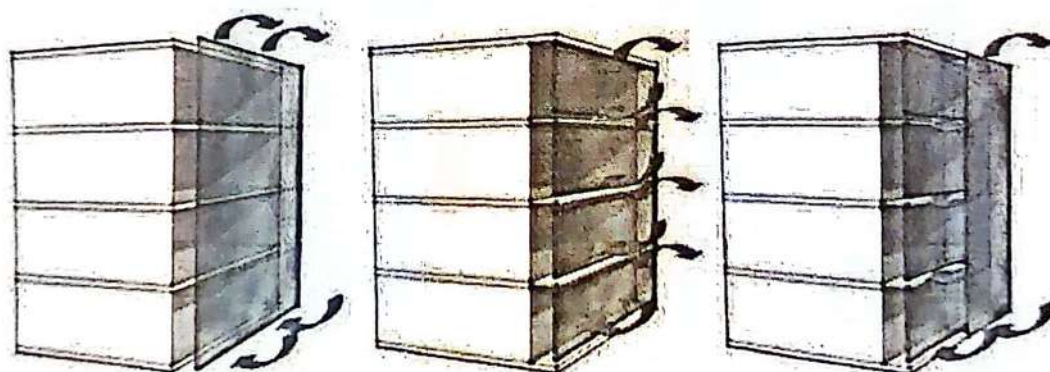
۳-۱-۲- دسته‌بندی نماهای دو پوسته بر مبنای هندسه حفره

الف) اوسترله و همکاران^۱ (۲۰۰۱)، نماهای دو پوسته را اساساً با ملاحظه نوع (هندسه) حفره، تقسیم‌بندی می‌کند. این رویکرد بسیار شبیه به سیلنز^۲ (۲۰۰۲) و لی^۳ و همکارانش (۲۰۰۲) می‌باشد. در "نمای ساختمان‌های تجاری با عملکرد بالا" به این موارد در زیر اشاره شده است:

1. Oesterle et al
2. Saelens
3. E. Lee et al

۳-۱-۲-۱- نوع پنجره جعبه‌ای^۱

در این نوع، با استفاده از بخش‌بندی‌های افقی و عمودی نما به جعبه‌های کوچک‌تر و مستقل از هم تقسیم می‌شود. این نوع از نمای دو پوسته، نوع ابتدایی و قدیمی می‌باشد که در آن، تیغه‌های افقی و عمودی نما را به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم می‌کنند. هر پنجره جعبه‌ای نیازمند بازشوها و ورودی و خروجی مستقلی است که می‌بایست در مرحله طراحی در نظر گرفته شوند. هر جعبه نیازمند دو بازشو در نمای بیرونی و دو بازشو در نمای داخلی است که این بازشوها در بالا و پایین نمای جعبه طراحی می‌شوند و به تناسب چگونگی کارکرد نما و فصول مختلف و حتی بازه‌های زمانی روز و شب، این بازشوها باز و بسته می‌شوند تا عملکرد حرارتی مورد نظر را محقق سازند. (به بخش عملکرد نما مراجعه شود) این نوع برای مناطق با آلودگی صوتی بالا مناسب می‌باشد.



تصویر ۳-۸- انواع نماهای دو پوسته باتوجه به نوع هندسه حفره به ترتیب از بالا به پایین:

چندطبقه، راهرویی، شفت‌دار

(Oesterle, 2001)

۳-۱-۲-۲- نمای شفت جعبه^۲

در این حالت، یک گروه المان‌های پنجره‌ای در نما تعبیه می‌شوند. این المان‌ها توسط لوله‌های عمودی قرارگرفته در نما به همدیگر متصل می‌شوند. این لوله‌ها اثر دودکشی بیشتری را تضمین می‌کنند. در این حالت، مجموعه‌ای از عناصر جعبه پنجره‌ها در نما در یک محور عمودی یکسره

1. Box window

2. Shaft box window

جای می‌گیرند تا بدین وسیله در طی چند طبقه خاصیت دودکشی را فراهم کنند. در هر طبقه، محورهای عمودی با جعبه پنجره‌های مجاور به وسیله یک بازشو مرتبط هستند. خاصیت دودکشی هوا را از جعبه پنجره‌ها به داخل کانال‌های عمودی هدایت می‌کند. همچنین هوا می‌تواند به وسیله ابزار مکانیکی مکیده شود. این نوع نما، به دلیل محدودیت ارتفاع در خاصیت دودکشی، برای ساختمان‌های کم ارتفاع مناسب است (Osterle, 2001).

۳-۱-۲-۳- نمای راهروی^۱

علت نام گذاری این نما بخش‌بندی‌های افقی نما در طبقات است. و از دلایل بخش‌بندی‌های افقی می‌توان به مسائل آکوستیکی، امنیت در مقابل حریق و تهویه اشاره کرد. فضای میانی دو پوسته برای محافظت در برابر آتش‌سوزی و یا دلایل تهویه، به صورت افقی و در امتداد راهرو تقسیم می‌شود. در این نوع از نما، دریچه‌های ورود و خروج هوا در نزدیکی کف و سقف قرار می‌گیرند (Osterle, 2001).

۳-۱-۲-۴- نمای دوپوسته چند طبقه^۲

در این حالت هیچ بخش‌بندی افقی و عمودی بین دو پوسته وجود ندارد. تهویه هوای حفره توسط بازشوهای بزرگ نزدیک کف یا سقف ساختمان تأمین می‌شود. ب) اوتو^۳ (۲۰۰۱)، سیستم‌های نمای دوپوسته را به صورت مشابه که در زیر ارائه شده است، تقسیم‌بندی می‌کنند:

۳-۱-۲-۵- نمای دوپوسته بلند ساختمانی^۴

در یک نمای دوپوسته ساختمان بلند، حفره به صورت جداگانه در هر طبقه نبوده و روی کل ساختمان کشیده می‌شود. ایده اصلی حفره ساختمان بلند به این صورت می‌باشد: هوایی که در

1. Corridor facade
2. Multi storey Double Skin Facade
3. UUTTo
4. Buliding- high double-skin facade

بالای فضای مابین دو لایه انباشته می‌شود احتمالاً در روزهای آفتابی گرم می‌شود. بازشوها در پوسته بیرونی و لبه بام هوای گرم را با عمل سیفونی خارج می‌کنند که هوای سرد جایگزین پایین می‌آید، درحالی‌که هوای جایگزین سرد از نزدیکی پایه ساختمان به داخل مکیده می‌شود.

۳-۱-۲-۶-نمای دوپوسته بلند طبقه‌ای^۱

نماهای دوپوسته بلند طبقه‌ای شامل: کانال‌های مجزای افقی در هر طبقه میانی می‌شود.

۳-۱-۲-۷-نماهای دوپوسته جعبه‌ای^۲

نماهای دوپوسته جعبه‌ای دارای نماهای تهویه با بخش‌بندی‌های افقی در هر طبقه و بخش‌بندی‌های عمودی در هر پنجره می‌باشد. هواکش‌های ورودی و خارجی در هر طبقه قرار می‌گیرند. از این‌رو رسیدن به پایین‌ترین درجه حرارت هوا و بنابراین مؤثرترین سطح تهویه طبیعی قابل انتظار می‌باشد.

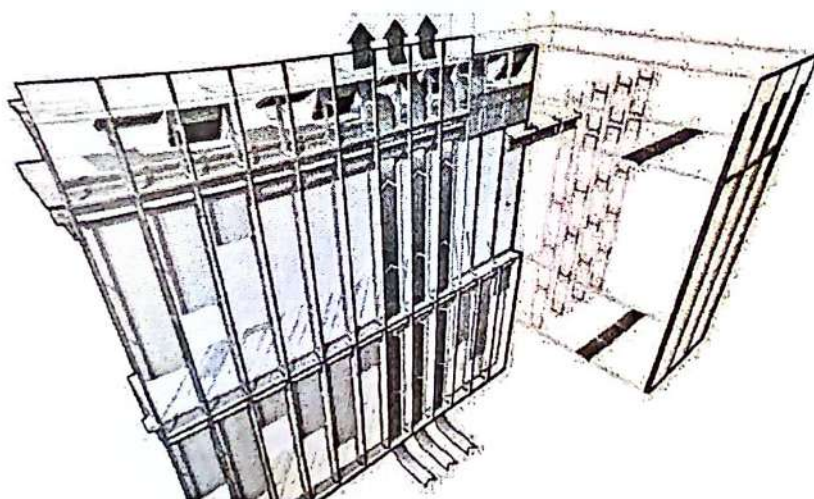
یک حالت ساختاری این نوع نما که در آن، تهویه با جریان قطری هوای داخل حفره انجام می‌شود، به‌وسیله اوتو و ژورنال سپیس مدولار^۳ (۱۹۹۹) توصیف شده است. در نماهای دوپوسته جعبه‌ای یک قاب مخصوص که دهان-ماهی^۴ نامیده می‌شود، برای ورود و خروج هوای بیرون طراحی شده است که اغلب در بین طبقات ایجاد می‌شود. این (دهان ماهی) دارای دریچه‌های ورودی و خروجی هوا می‌باشد. هوای بیرونی وارد شده از (دهان ماهی) درون دوپوسته گرم شده و به‌صورت مورب و برای خروج از دهانه خروجی (دهان ماهی) در نزدیکی قاب شیشه‌ای بالا می‌رود. اگر هر دو طرف (دهان ماهی) به‌صورت عمودی قرارگرفته باشند، بخش زیادی از هوای خروجی دوباره جذب خواهد شد. همچنین، این سیستم از گسترش آتش به طبقات دیگر جلوگیری کند.

1. Storey-high double-skin facade
2. Box double-skin facade
3. Space Modulator
4. Fish-mouth

۳-۱-۲-۸- نماهای لوله‌ای^۱

یک نمای لوله‌ای ترکیبی از نمای دوپوسته با یک حفره بلند ساختمانی و یک نمای دوپوسته با حفره بلند طبقه‌ای می‌باشد. حفره با ارتفاع کامل ساختمان، یک لوله عمودی مرکزی را برای خروج هوا تشکیل می‌دهد.

در دو سمت این لوله عمودی و متصل به آن، از طریق بازشوهای سرریز حفره‌های بلند طبقه‌ای قرار دارند. هوای گرم خروجی از حفره بلند طبقه‌ای به سمت دودکش عمودی مرکزی جریان می‌یابد. به علت اثر دودکشی و رها شدن، هوا به سمت بازشو در بالا صعود می‌کند. نیروی شناوری بالابر در لوله، جریان در طبقات پایین‌تر را بدین‌صورت فراهم می‌کند که هوای به دام افتاده گرم شده و به سمت بالا کشیده می‌شود.



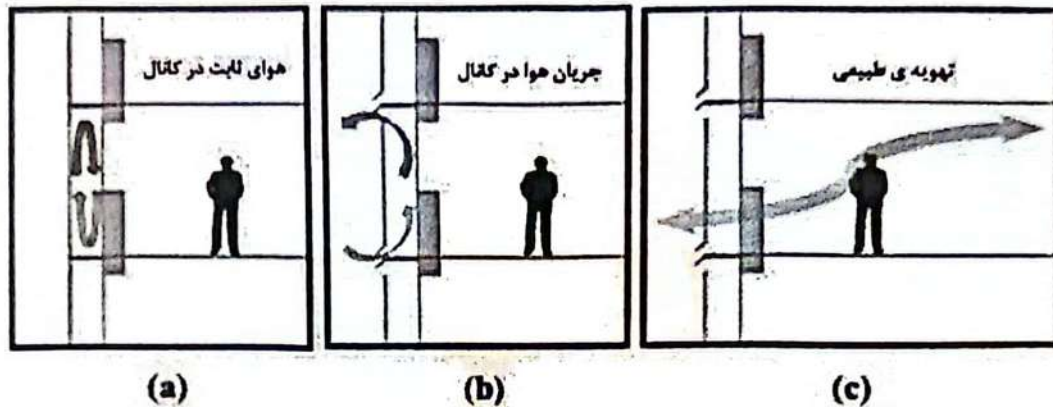
تصویر ۳-۹- نمای لوله‌ای

۳-۱-۳- گروه سوم: نماهای دو پوسته ترکیبی

الف) بی بی آر آی^۲ (۲۰۰۲)، یک نوع دیگر را به‌صورت نماهای کرکره‌ای عمودی^۳ نیز اضافه می‌کند. در این نوع نما پوسته خارجی از کرکره‌های عمودی شفاف چرخان موتوری تشکیل می‌شود.

1. Shaft Facades
2. BBRI
3. Louver Facades

در حالت بسته، این کرکره‌ها یک نمای نسبتاً نفوذناپذیر نسبت به هوا را ایجاد می‌کنند. در حالت باز، آن‌ها تهویه هوای حفره بیشتر را امکان‌پذیر می‌کنند.



تصویر ۳-۱۰- روش‌های عملکرد فصلی جریان هوا در نماهای دوپوسته

(a) زمستان، (b) بهار و پائیز، (c) تابستان

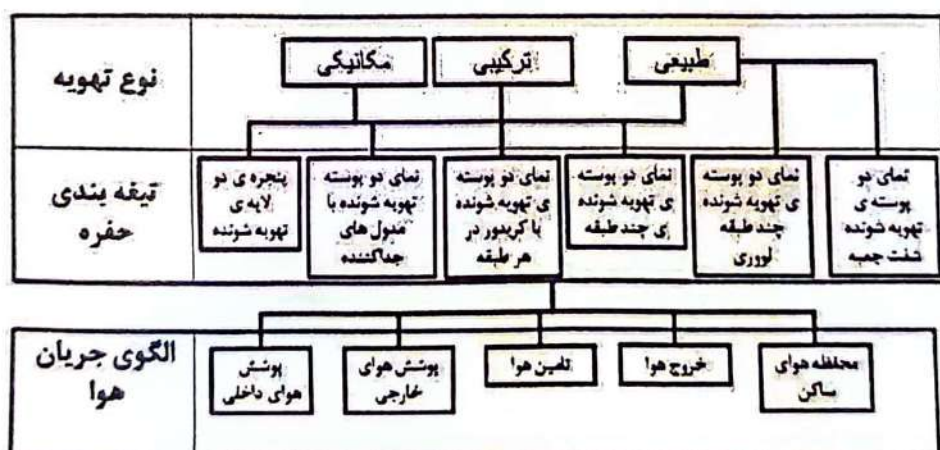
(www.mdpi.com/journal/energies)

بی‌بی‌آر آی یک روش با جزئیات بیشتر برای طبقه‌بندی نماهای فعال به صورت زیر پیشنهاد می‌کند:

- نوع تهویه کننده:
 - طبیعی
 - مکانیکی
- منشأ جریان هوا:
 - از داخل
 - از خارج
- مقصد جریان هوا
 - به سمت داخل
 - به سمت بیرون
- مسیر جریان هوا

- به سمت بالا
- به سمت پایین (فقط در حالت تهویه مکانیکی)
- عرض حفره هوا
- باریک (۱۰-۲۰ سانتیمتر)
- عریض (۵/۰-۱ متر)
- بخش بندی
- افقی (در سطح هر طبقه)
- بدون اجزای افقی

در این روش، ۴۸ حالت متفاوت می تواند ملاحظه شود. حتی اگر دسته بندی های متفاوت ریزتر شوند می توان حالت های بیشتری ایجاد کرد (برای مثال عرض حفره). اگرچه این روش طبقه بندی می تواند خیلی دقیق باشد، افزایش تعداد دسته ها باعث ایجاد سردرگمی خواهد بود.



نمودار ۳-۱- مرور انواع نماهای دوپسته

(Streicher, 2005, 50)

نوع تهویه مربوط به نیروهای محرکه ای درون حفره می باشد. به صورت عمده، سه نوع تهویه به شرح زیر وجود دارد:

۱. تهویه طبیعی که به اختلاف فشار، بدون کمک عناصر جابجا کننده هوا بستگی دارد.
۲. تهویه مکانیکی که به کمک عناصر جابجا کننده هوا انجام می شود.

۳. تهویه‌ی ترکیبی (ترکیب تهویه‌ی طبیعی و مکانیکی) بر طبق هماهنگی دو سیستم انجام می‌پذیرد. به‌صورت کلی، تهویه طبیعی تا آنجا که ممکن است انجام می‌گیرد. تهویه مکانیکی زمانی انجام می‌گیرد که نیروی محرکه‌ی لازم برای تهویه‌ی طبیعی با عملکرد موردنظر موجود نمی‌باشد. سیستم کنترلی اجازه‌ی تغییر از یک نوع تهویه به نوع دیگری از تهویه را به‌صورت اتوماتیک و شیوه‌ی کنترل بر اساس یک الگوریتم کنترلی فراهم می‌کند. این نکته باید ذکر شود که نماهای دو پوسته از این نوع تهویه استفاده اندکی دارند. (Mulyadi, 2012, 18)

ب) مگالی^۱ (۲۰۰۱): نماهای دو پوسته را به دو دسته تقسیم می‌کند:

A) نمای دو پوسته روی چند طبقه

B) نمای دو پوسته در طبقه. تفاوت بین دسته A و B این است که یک بخش‌بندی افقی در حفره هوا در هر طبقه وجود دارد.

مطابق با نظر نویسنده، هر دسته به زیر شاخه‌هایی تقسیم می‌شود. تفاوت بین نماهای عایق و غیر عایق هواست. عایق بودن نما بستگی به امکان بازشدن پنجره‌ها دارد.

- دسته A: نمای دو پوسته روی چند طبقه

زیر شاخه:

A1: دو نما عایق هوا هستند.

A2: نمای داخلی غیر عایق هوا- نمای خارجی عایق هوا

A3: نمای خارجی غیر عایق هوا- نمای داخلی عایق هوا

A4: نمای داخلی و خارجی عایق هوا

- دسته B: نمای دو پوسته در هر طبقه

زیر شاخه:

B1: دو نما عایق هوا هستند.

B2: نمای داخلی غیر عایق هوا- نمای خارجی عایق هوا

B3: نمای خارجی غیر عایق هوا- نمای داخلی عایق هوا

B4: نمای داخلی و خارجی عایق هوا

ج) دسته‌بندی سزل^۱ (۲۰۰۱): نماهای دو پوسته در مجارستان توسط سزل دسته‌بندی شده و نوشتارهای او بسیار مورد توجه قرار گرفته است. سزل در درجه‌ی اول با پارتیشن‌بندی و تفکیک حفره؛ نحوه تهویه نماهای دو پوسته را دسته‌بندی کرده است (سیستم خروج هوا، نما با حفره‌های به هم پیوسته/پنجره‌های مرکب، نماهای شفت-پنجره، نمای راهرو). دسته‌بندی انجام‌شده بر طبق دسته‌بندی بازشوها، نوع تهویه و سازه حفره بود، با این حال خط مشخصی بین دسته‌ها وجود ندارد و همه‌ی انواع نماهای دو پوسته نیز مورد اشاره است. (Gelesz & Reith, 2011, p 65)

د) دسته‌بندی پاتجیز^۲ (۲۰۰۴): پاتجیز، ساختار اصلی نماهای دو پوسته، موقعیت تهویه‌کننده (سیستم تهویه) و بخش‌بندی حفره را مد نظر قرار می‌دهد.

در دسته‌بندی معرفی‌شده، مهم‌ترین ویژگی‌های نماهای دو پوسته در نظر گرفته‌شده است، به هر حال، عملکرد نما با تغییر بازشوها ممکن است تغییر کند و حتی وقتی نما با عناصر بازشوی فعال نیز تجهیز شود، در بازه‌های زمانی مختلف، نما عملکردهای مختلفی خواهد داشت و رفتارهای متفاوتی را به وجود می‌آورد. در دسته‌بندی سقف‌های شیشه‌ای چند لایه با سیستم عایق بندی هوای خارجی تفاوت‌های عملکردی دیده می‌شود و ساختار سقف‌های دو پوسته با تهویه طبیعی به میزان بیشتری در کارکرد اقلیمی سقف برای کاهش انتقال حرارت مؤثر می‌باشند.

ه) ماتیاس هس^۳ در یک دسته‌بندی جامع، نماهای دو پوسته را از جنبه‌های مختلف بررسی کرده است که مطابق جدول ۱-۲ و تصویر ۲-۵ می‌باشد:

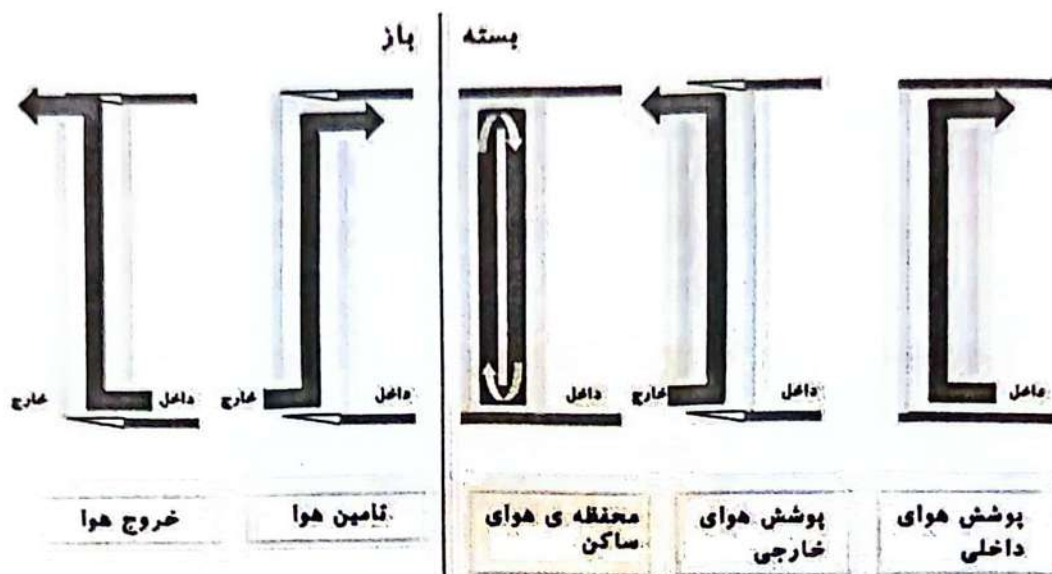
جدول ۱-۳- دسته‌بندی نماهای دو پوسته از جنبه‌های مختلف، (Haase, 2007:12)

• گونه‌های اصلی	نمای جعبه پنجره / نمای راهرو / نمای ستونی - جعبه پنجره / نمای چند طبقه
• تهویه حفره	طبیعی / مکانیکی / ترکیبی
• الگوی جریان هوا	جریان هوا / خروج هوا / محفظه‌ی هوای ساکن / پوشش هوای خارجی / پوشش هوای داخلی

1. Szell

2. Pottgiesser

3. Matthias Haase



تصویر ۳-۱۱- اصول کلی جریان هوا در داخل حفره

(Haase,2007,13)

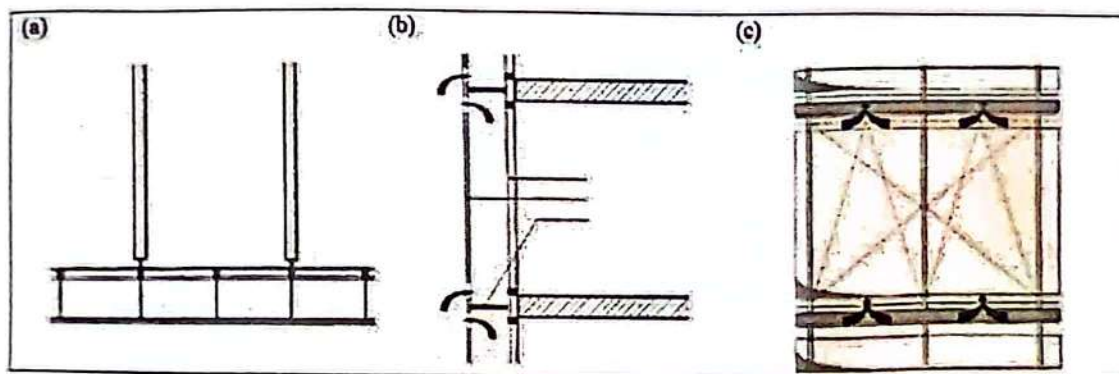
- در نوع "پوشش هوای داخلی"، هوای اتاق وارد حفره شده و از بالای غلتک سایه بان جریان می‌یابد. در برخی طراحی‌ها این هوا از ساختمان خارج و یا از طریق داکت به سیستم گرمایش و سرمایش مرکزی ساختمان برمی‌گردد. برای نوع "تأمین هوا" هوای تازه می‌تواند با سیستم‌های تهویه مطبوع در ساختمان تجمع شود. نوع "پوشش هوای خارجی" به‌عنوان تنفس نماهای دو پوسته، معمولاً با تهویه طبیعی همراه می‌باشد. از این سیستم می‌توان هوای تازه فضای داخلی را از طریق پنجره‌ها تأمین نمود. همچنین در شرایط بسته بودن پنجره‌ها، به‌عنوان یک پوسته عایق، پایداری حرارتی مناسبی را ایجاد می‌نماید.

۳-۲- انواع دسته‌بندی نماهای دو پوسته با در نظر گرفتن هندسه و کارکرد

در نوع دیگری از دسته‌بندی به‌صورت دقیق‌تر و جزئی‌تر می‌توان نماهای دو پوسته را در دسته‌های زیر در نظر گرفت:

- دسته ۱: پوسته‌ی داخلی بسته و پوسته خارجی بسته یا باز: مکانیزم تهویه با هدف خنک سازی و یا گرمایش بدنه انجام می‌گیرد و عملکرد دودکش حرارتی می‌تواند با تهویه طبیعی یا تهویه مکانیکی حفره بین دو پوسته با مکش کنترل‌شده‌ی دودکش انجام پذیرد.

- دسته ۲: پوسته‌ی داخلی و خارجی با قابلیت بازشدن: حفره‌ی بین دو پوسته در این نماها می‌تواند در طول کل ارتفاع ساختمان به صورت یکسره باشد یا با تقسیم بندی افقی حفره به حفره‌هایی با ارتفاع یک طبقه بصورت نمای راهرویی یا نمای شفت جعبه طراحی شوند.
- دسته ۳: پوسته‌ی داخلی با قابلیت بازشدن و پوسته خارجی یکسره با حفره‌ای در انتهای لبه بام ساختمان. جریان هوا می‌تواند به صورت طبیعی یا با تهویه‌ی مکانیکی با مکش کنترل‌شده‌ی دودکش انجام پذیرد.



تصویر ۳-۱۲- نمای جعبه پنجره (a) پلان، (b) مقطع، (c) نما

(Azarbayjani, 2010, P 39)

۳-۲-۱- نمای دو پوسته جعبه پنجره

این نوع از نمای دو پوسته نوع ابتدایی و قدیمی نمای دو پوسته می‌باشد؛ که در آن تیغه‌های افقی و عمودی نما را به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم می‌کنند. هر پنجره جعبه‌ای نیازمند بازشوهای ورودی و خروجی مستقلی است که می‌بایست در مرحله طراحی در نظر گرفته شوند. هر جعبه نیازمند دو بازشو در نمای بیرونی و دو بازشو در نمای داخلی است که این بازشوها در بالا و پایین نمای جعبه طراحی می‌شوند و به تناسب چگونگی کارکرد نما و فصول مختلف و حتی بازه‌های زمانی روز و شب این بازشوها باز و بسته می‌شوند تا عملکرد حرارتی موردنظر را ایفا نمایند. (به بخش عملکرد نما مراجعه شود)

این پنجره‌ها شامل یک فریم یا جعبه اند که از داخل بازشو می‌باشند. پوسته‌ی تک جداره‌ی خارجی شامل بازشوهایی است که به هوای تازه اجازه‌ی ورود می‌دهد و هوای خروجی را تخلیه

میکند، بنابراین هم فضای داخلی و هم حفره‌ی میانی تهویه میشود. این حالت برای تهویه‌ی طبیعی گزینه‌ی مناسبی است زیرا هر پنجره به صورت مستقل تهویه میشود. پنجره‌های جعبه‌ای معمولاً در موقعیت‌هایی که در آنها سطح آلودگی صوتی بالاست و نیاز به عایق صوتی وجود دارد استفاده می‌شود. در ساختمان ویلیام فارل از این نوع استفاده شده است تا مانعی در برابر سر و صدای محیط باشد.

پنجره‌های جعبه‌ای برای مناطقی که آلودگی هوا بالا نیست و می‌توان از تهویه‌ی طبیعی استفاده کرد گزینه‌ی مناسبی می‌باشد زیرا هر پنجره به صورت مستقل تهویه می‌شود. به دلیل دارا بودن تیغه‌های عمودی و مستقل هر جعبه و تخصیص هر جعبه برای هر فضا انتقال صدا در فضاهای میانی به حداقل می‌رسد و راه‌حل مناسبی برای جلوگیری از پخش سروصدای فضاهای مختلف در ساختمان‌های اداری است.

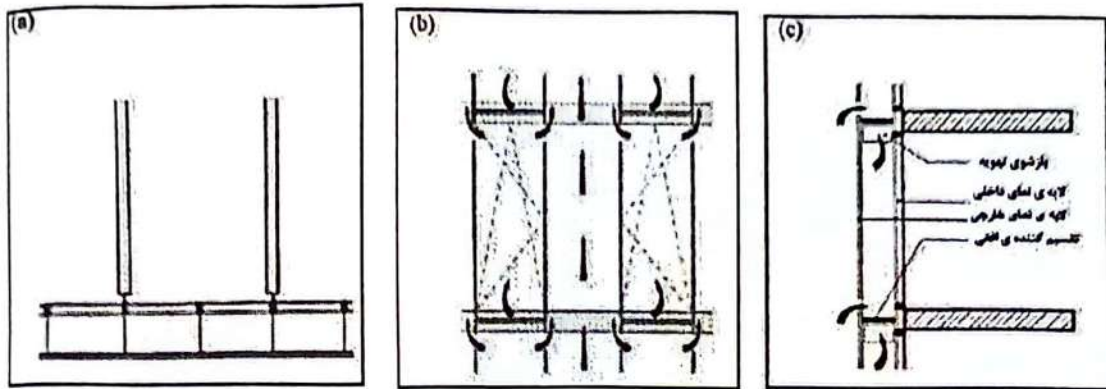
۳-۲-۲- نمای شفت

در این نوع هندسه کل سطح نما همانند نوع نمای جعبه‌ای به جعبه‌هایی تفکیک می‌شود، با این تفاوت که بین هر چند جعبه یک کانال عمودی طراحی می‌شود که به آن شفت می‌گویند. پنجره‌های جعبه‌ای از یک سمت به شفت‌های عمودی متصل می‌شوند و خروجی هوا در هر پنجره جعبه‌ای قرار گرفته است و لذا در هر طبقه پنجره‌های جعبه‌ای با بازشوهای انشعابی به شفت‌ها متصل می‌شوند و هوا از پنجره‌های جعبه‌ای با خاصیت دودکشی به شفت‌های عمودی کشیده شده و از آنجا به بیرون هدایت می‌شود.

به واسطه خاصیت انبساط، هوا در راستای شفت به بالا کشیده شده و از آنجا خارج می‌شود. برای شدت بخشیدن به جریان هوای متحرک به سمت بالا می‌توان از مکند مکانیکی نیز استفاده کرد. نماهایی با محفظه‌های عمودی نیاز به بازشوهای کمتری در پوست خارجی خود دارند، زیرا امکان استفاده از خاصیت بالا رفتن هوا توسط مکش در آن‌ها وجود دارد که این خود عامل مثبتی برای کنترل سروصدای محیطی است (تصویر ۲-۱۰) (باب الحوانجی و دیگران، ۱۳۹۰: ۴).

از آنجا که در عمل، ارتفاع دودکش‌ها محدود است، بهتر است این سیستم در ساختمان‌های کم ارتفاع‌تر به کار گرفته شود و یا اینکه با تقسیم‌بندی نماهای بلند به زون‌های محدودتر استفاده شود.

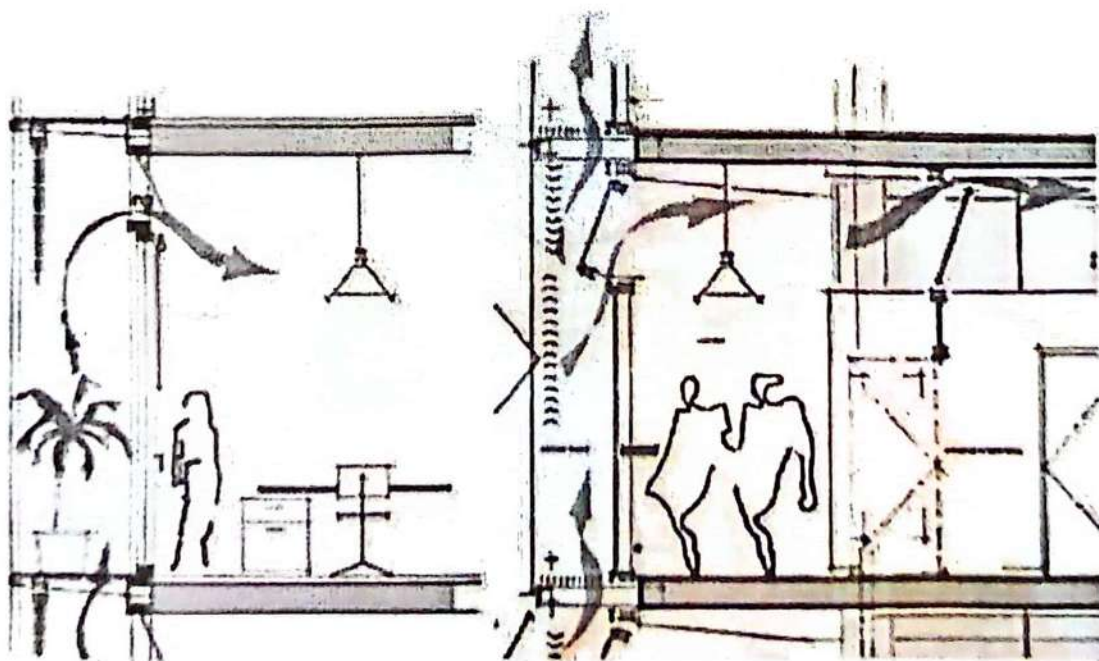
با توجه به اینکه نماهای شفت دار به بازشوهای کمتری در پوسته ی خارجی نیازمندند لذا امکان استفاده آنها در محیط های شلوغ و پر سر و صدا نیز وجود دارد.



تصویر ۳-۱۳- شفت

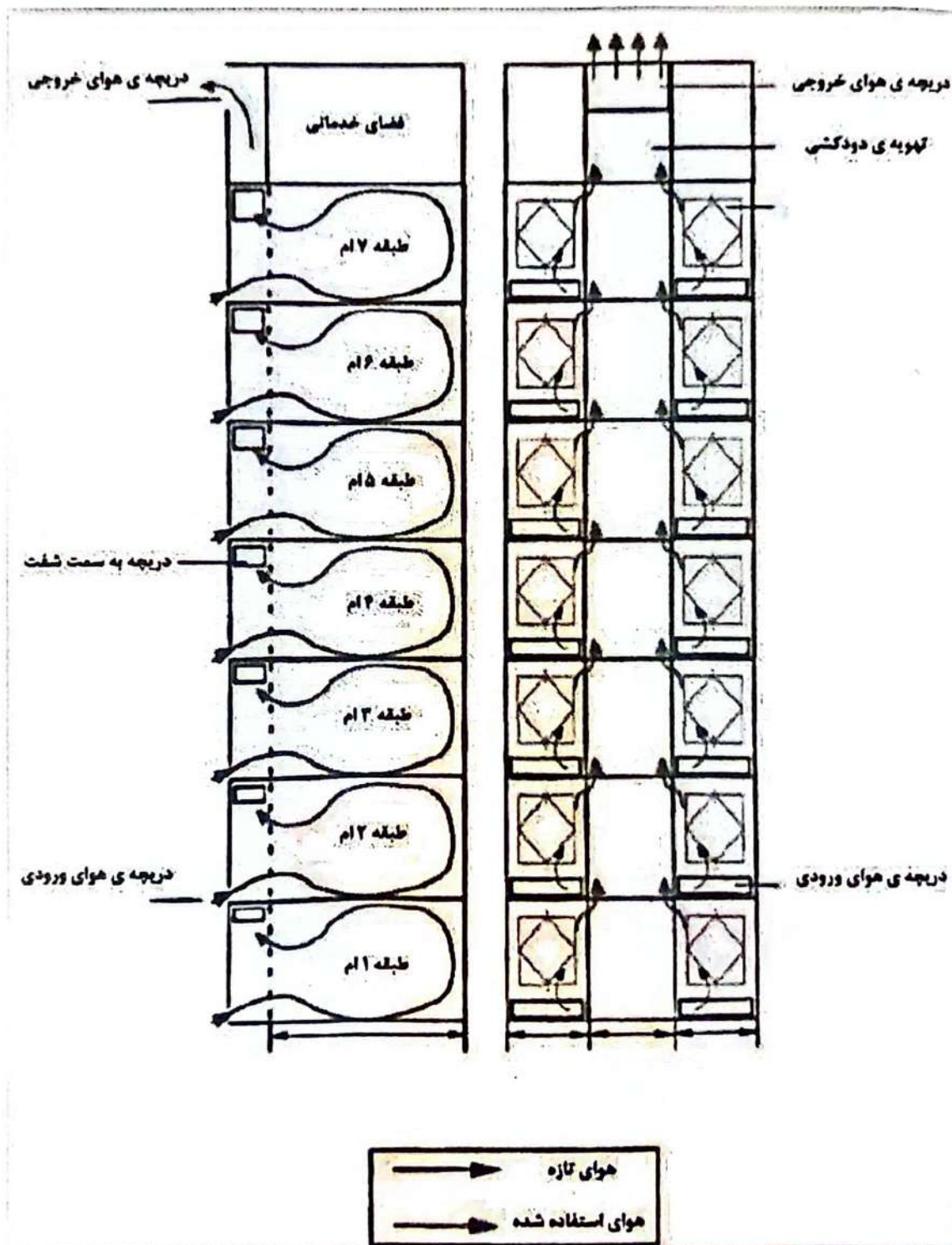
(a) پلان، (b) مقطع، (c) نما

(Azarbayjani, 2010,P 37)



تصویر ۳-۱۴- جزئیات حفره در نمای شفت جعبه

(Azarbayjani, 2010,P 4)



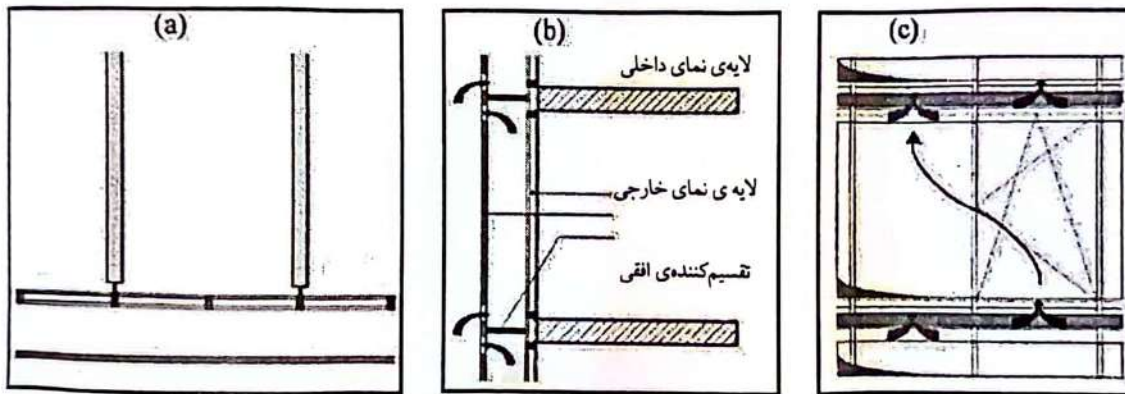
تصویر ۳-۱۵- مقطع نمای شفت جعبه

(Azarbayjani, 2010, P 3)

۳-۲-۳- نمای راهروی یا کریدور

در این گونه، نمای هر طبقه با تیغه‌های افقی از طبقات دیگر جدا شده و با این روش برای هر طبقه جعبه‌ی راهرو ماندنی به صورت جداگانه‌ای ایجاد گردیده است.

بازشوهای ورودی و خروجی در لایه‌ی نمای خارجی در بالا و پایین مجاور کف و سقف قرار می‌گیرند و محل قرارگیری بازشوهای ورودی و خروجی هر طبقه بر روی یک محور واقع نمی‌شوند؛ به عبارتی بازشوهای خروجی هر طبقه در بالای بازشوهای ورودی همان طبقه قرار نمی‌گیرند و به صورت قطری و یا یک‌درمیان در نما قرار می‌گیرند تا از وارد شدن هوای خروجی یک طبقه به دریچه‌ی ورودی اتاق طبقه‌ی بالاتر اجتناب شود.



تصویر ۳-۱۶- شفت

(a) پلان، (b) مقطع، (c) نما

(Azarbayjani, 2010, P 42)

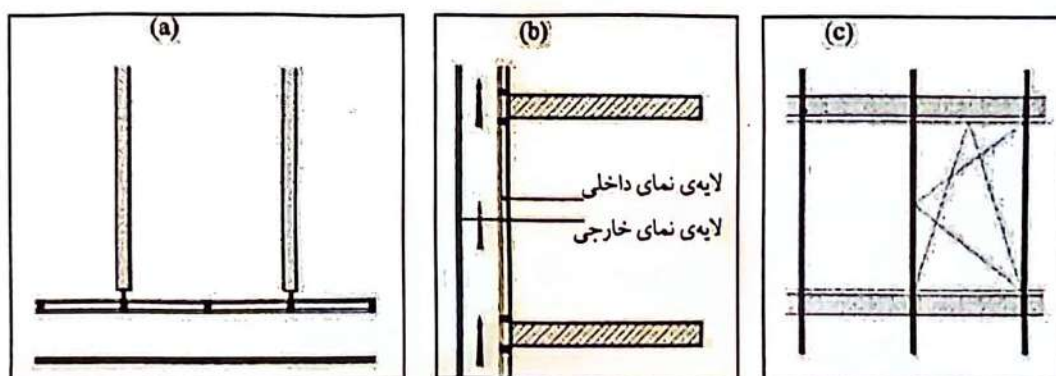
معمولاً این بازشوها به صورتی متفاوت از یک گوشه تا گوشه دیگر قرار می‌گیرد تا هوای خارج از یک طبقه بلافاصله وارد ورودی هوای طبقه بالا نشود. در نمای کریدور به دلیل تفکیک فضای میانی، در هر طبقه، ایمنی در برابر آتش‌سوزی افزایش می‌یابد و از نظر آکوستیکی نیز هر طبقه از سروصدای طبقات دیگر محافظت می‌شود.

در برخی از پروژه‌ها بنا بر دلایل خاص طراحی نما و یا تطابق طراحی نما با بدنه اصلی، کف اصلی راهروی نمای دو پوسته هم‌تراز کف طبقه نیست و لذا در این موارد برای قابل استفاده بودن راهرو و عبور و مرور آن کفی کاذب اما مشبک در تراز کف اصلی اتاق‌های طبقه طراحی می‌شود و

منافذ ورودی جریان بر روی بدنه خارجی نما با قرارگیری در حد فاصل کف اصلی راهرو و کف مشبک کاذب، عبور جریان هوا را فراهم می‌آورند. در واقع، در این حالت، دریچه‌های ورودی در نمای خارجی در تراز پایین‌تر از کف اصلی طبقه قرار می‌گیرند.

در نوع راهرویی، راهرو می‌تواند در کل یک طبقه و در سرتاسر طول بنا وجود داشته باشد و یا اینکه به دلیل طول زیاد ساختمان و یا مسائل آکوستیکی در قسمت‌هایی با جداکننده‌های عمودی به چند راهروی مجزا در طبقه تقسیم شود.

تفاوت این نوع نما با نمای جعبه‌ای در این است که تعدادی از اتاق‌ها با یک فضای راهرویی مشترک به همدیگر مرتبط شده‌اند و لذا باید تمهیداتی را در نظر گرفت تا از انتقال صدا اجتناب شود.



تصویر ۳-۱۷- نمای چندطبقه

(a) پلان، (b) مقطع، (c) نما

(Azarbayjani, 2010)

۳-۲-۴- نمای چندطبقه

در این نما هیچ جداکننده‌ی عمودی و افقی بین دو پوسته قرار نمی‌گیرد و بازشوهای بزرگی برای تهویه در بخش‌های بالایی و پایینی نما ایجاد می‌شوند که به کمک فن‌هایی هوای فضای میانی را تهویه می‌کنند.

در برخی موارد که حالت افراطی دارد، این فضا ممکن است در دورتادور ساختمان بدون هیچ تقسیم‌کننده میانی چرخیده شود.

در زمستان، حفره هوا از بالا و پائین بسته می‌شود تا از خاصیت گلخانه‌ای در فضای میان دو پوسته استفاده شود.

در طول تابستان، حفره هوا جهت استفاده از رانش‌های خنک‌کننده باز است. این نما برای استفاده در فضاهایی که سطح سروصدا بالاست، مناسب است.

در یک نمای چندطبقه، به دلیل اثر تابشی خورشید، هوای میان دو لایه نما از هوای خارج گرم‌تر خواهد بود، در نتیجه، هوا در این قسمت از هوای بیرون سبک‌تر است. فضای میانی، همواره با هوای خارجی در بالا و پایین در تماس است، به‌طوری‌که یک فرآیند برابری فشار رخ می‌دهد. هوای سردتر خارجی سنگین‌تر است و در نتیجه باعث ایجاد فشار در پایین باز شو می‌شود که این نیرو باعث وارد شدن آن به فضای میانی نما می‌گردد. هوای گرم‌تر در این فضا که سبک‌تر است به سمت بالا صعود می‌کند. در نتیجه باعث ایجاد یک منطقه فشار مثبت در بالا می‌شود که اگر این هوا به‌طور کامل خارج نگردد، باعث تجمع هوای گرم در طبقات بالا خواهد شد. (Azarbayjani, 2010)

این گونه نماها عملکرد مناسبی در مقابله با آلودگی‌های صوتی خارجی دارند و لذا در جاهایی که سروصدای محیطی بالا است، کاربرد بیشتری دارند. با این حال، سطح بالای انتقال صدا که در فضای میانی این نوع نما رخ می‌دهد، غالباً مشکل‌ساز است.

از آنجایی که در این سیستم نمایی، امکان وجود باز شو بر روی نمای خارجی وجود ندارد، به‌عنوان یک اصل باید اتاق‌های پشت این نماها به‌صورت مکانیکی تهویه شوند و نما می‌تواند به‌صورت یک داکت الحاقی به این سیستم عمل نماید.

مشکل دیگر این نوع نما، به حفاظت اتاق‌ها در برابر انتقال آتش‌سوزی مربوط می‌شود. همچنین شرایط نامناسب حرارتی در طبقه بالا، از معایب مهم این نوع نماست.

نماهای چندطبقه لووری:

در این نمونه، جداره‌ی خارجی با لوورهای موتوریزه‌ی شفاف ترکیب شده است. در حالت بسته، لوورها تقریباً جدار غیر قابل نفوذی از هوا می‌سازند و در حالت باز، لوورها امکان افزایش تهویه حفره‌ی هوا را فراهم می‌سازند.



تصویر ۳-۱۸- نمای چند طبقه لووری برج مسکونی اگبر در بارسلون اثر جین نوول

(<http://filt3rs.net>)

تهویه‌ی طبیعی نماهای دو پوسته باید کاملاً حساب‌شده انجام گیرد، چراکه به‌دور از ریسک نیست. چنانچه بازشوها با مشکلات ناشی از عدم اختلاف فشار مواجه باشند، گرمای تابشی جذب‌شده در مجرای بین دو نما نمی‌تواند خارج شود و بهره‌وری نما پایین می‌آید. تهویه طبیعی نماهای دو پوسته وابسته به دو فاکتور فشار باد و اثر دودکشی است. فشار باد تعیین‌کننده‌ی سرعت

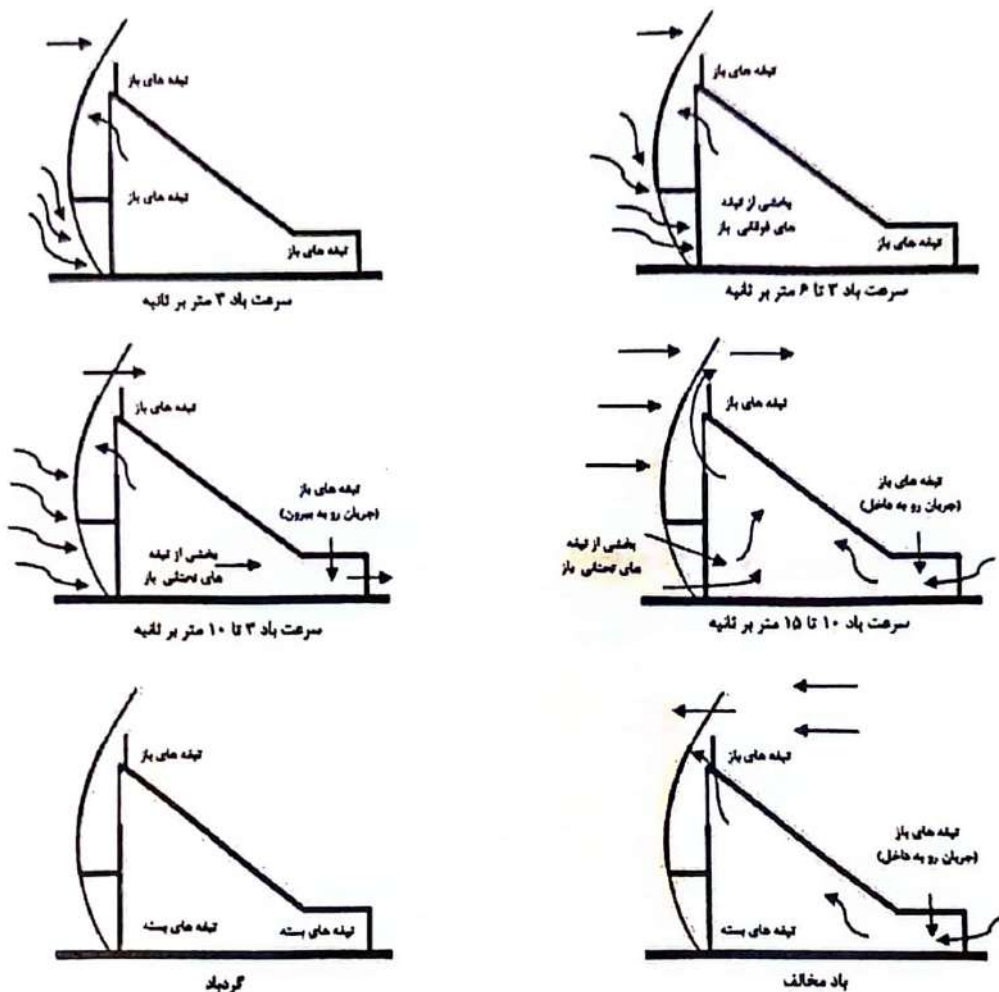
جریان درون حفره است و چنانچه در طراحی نما تأثیر جریان باد در بنا به درستی در نظر گرفته نشده باشد، اختلاف فشار میان ورودی و خروجی جریان می‌تواند منجر به حرکت جریان هوای بین دو پوسته گردد. در شرایطی که باد بر روی بدنه بی‌تأثیر باشد، حفره تنها با اثر دودکشی می‌تواند تهویه شود. جریان هوایی که از منافذ ورودی پایینی نما وارد می‌شود بر اثر گرما سبک شده و چگالی‌اش کاهش یافته و به سمت خروجی جریان در بالای نما حرکت می‌کند. این دو روش از برقراری جریان وابسته به ابعاد حفره و بازشوهای نمای خارجی است. در تابستان نیز این مسئله بسیار چالش‌انگیز است، چراکه جریان هوای حفره با گرم شدن تمایل دارد که به فضای داخلی بازتابش داشته باشد و توده‌ای از هوای گرم را به داخل بفرستد.

۳-۳- دسته‌بندی نماهای دو پوسته بر مبنای چگونگی قرارگیری منافذ و جریان هوا در پوسته

کارکرد کلی نماهای دو پوسته و نقش مهم آن در بهره‌وری انرژی به الگوی جریان هوای بین دو پوسته مرتبط است. چنانچه هوا در یک محفظه ساکن باشد می‌تواند نقش عایق ایفا کند و چنانچه بین دو لایه در جریان و حرکت باشد، تبخیر و انتقال حرارت سطوح پیرامون خود را افزایش می‌دهد، لذا عملکرد نمای دو پوسته نیز وابسته به محبوس بودن و یا در حرکت بودن لایه‌ی هوا است و کارکرد تابستانه و زمستانه‌ی آن نیز بر همین مبنا تعیین می‌گردد.

نمای دو پوسته به‌طور کلی دارای دو منفذ در نمای بیرونی و دو منفذ در لایه‌ی داخلی است که در بالا و پایین نما مستقر می‌شوند. طبق شکل زیر این ۴ منفذ با نام‌های منفذ یک، دو سه و چهار نام‌گذاری شده‌اند.

در طراحی نماهای دو پوسته می‌توان این چهار منفذ را تعبیه کرد و بنا بر فصل، کارکرد تابستانه و زمستانه و یا شب و روز بنا و یا سایر موارد دیگر این منافذ را می‌توان به‌صورت هوشمند و یا دستی کنترل‌شده تعبیه نمود تا بتوان در بازه‌های زمانی مختلف و بر مبنای نیازهای ساختمان کارکرد نما را تغییر داد. در برخی ساختمان‌ها از لایه‌های پوششی و حتی غیر شیشه‌ای در این سیستم استفاده می‌نمایند، رنزو پیلانو این سیستم ترکیبی را در طراحی نمای ساختمان مرکز جی بانو بکار گرفته است (تصویر ۳-۱۹)



تصویر ۳-۱۹- دریچه‌های هوشمند در نمای بیرونی و لایه داخلی ساختمان جیب‌ناو اثر رنژوپیانو

دسته‌بندی نماهای دو پوسته بر مبنای ساختار کلی و کارکرد دریچه‌ها

الگوی الف:

چنانچه منفذ ۱ و ۲ باز بوده و منفذ ۳ و ۴ بسته باشند؛ آنگاه جریان هوا از منافذ ۱ وارد حفره میانی شده و از منافذ ۲ خارج می‌شود و باعث تهویه حفره میانی می‌گردد. این الگوی جریان می‌تواند تا ارتفاع ساختمان‌های ۳ تا ۴ طبقه نیز کاربرد داشته باشد و در مواقعی که هوای بیرون آلوده است و ورود هوای آلوده بیرون به داخل بنا سلامت ساکنین را تحت تأثیر قرار می‌دهد نیز کاربردی است. در مناطق گرم و با رطوبت بالا نیز این الگو راهکار مناسبی بر حسب تعریق و کاهش رطوبت بدنه بنا و خنک‌سازی کالبد ساختمان است.

الگوی الف می‌تواند در هندسه‌های نمای دو پوسته اعم از جعبه‌ای، راهرویی و چند طبقه بکار رود و در نوع چند طبقه، این الگوی جریان هوا در تمامی طبقات و سرتاسر نما برقرار می‌شود در حالی که در نوع جعبه‌ای تنها در یک طبقه به صورت مجزا این الگو می‌تواند وجود داشته باشد. در نوع راهرو هم امکان تهویه به هر دو حالت وجود دارد، به این معنی که هم به صورت مجزا در طبقات و هم به صورت سراسری در کل ارتفاع ساختمان؛ اما در نوع هندسه‌ی شفت باکس، به دلیل اینکه خروجی جریان در بالای شفت‌ها قرار می‌گیرد و منفذ ۲ بر روی نمای خارجی طراحی نمی‌شود، این الگو نمی‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. در صورتی می‌توان در نمای شفت باکس از این الگو استفاده کرد که خروجی جریان یعنی منفذ ۲ در بالای شفت‌ها و یا دریچه‌های خروج جریان از جعبه پنجره‌ها به سمت شفت‌ها فرض شود. (رجوع شود به تصویر ۳-۲۰)

الگوی ب:

منافذ یک و دوبسته و منافذ ۳ و ۴ باز

در این الگو، جریان هوای فضای داخل از منافذ ۳ وارد حفره‌ی میانی شده و از منافذ ۴ مجدداً به درون اتاق وارد می‌شود و یا به سیستم تهویه ساختمان به عنوان هوای برگشت هدایت می‌شود. در این سیستم، هوای بیرون به داخل ساختمان راه نمی‌یابد. لذا این الگو نیز برای مناطق مرکز شهر با آلودگی هوا می‌تواند مناسب باشد و البته کارکرد اصلی این الگو گرمایش هوای داخل است و در زمستان و برای مناطق سرد کاربرد زیادی دارد؛ چراکه جریان هوای بین حفره میانی بر اثر به دام افتادن تابش‌های با طول موج کوتاه گرم شده و به دلیل اثر دودکشی گرم شده بالا می‌رود و از منافذ ۴ به داخل برمی‌گردد. کارکرد این الگو هدایت هوای داخل به سمت حفره برای کسب گرمایش طبیعی است.

الگوی ج:

منافذ ۱ و ۴ باز و منافذ ۲ و ۳ بسته

در این الگو، تهویه طبیعی و مؤثر برای فضای داخل ساختمان فراهم می‌شود. هوای تازه از خارج ساختمان و از طریق منافذ ۱ وارد فضای میانی می‌شده و از آنجا به فضای داخلی و یا سیستم تهویه (به عنوان هوای تازه‌ی پیش گرم شده) هدایت می‌شود.

در این سیستم، انتقال حرارت بیرون و درون بنا زیاد بوده و لذا در فصل‌های سرد و یا برای کارکرد گرمایش مناسب نیست.

این نمونه برای ساختمان‌های با ارتفاع ۱۰-۱۵ طبقه نیز کارکردی است و ارتفاع حفره می‌تواند تا ۴۵ متر نیز باشد. در مناطقی با آب‌وهوای مطلوب و فصول تابستان این الگوی جریان هوا گزینه‌ی مناسبی می‌باشد.

الگوی د:

منافذ ۲ و ۳ باز هستند و منافذ ۱ و ۴ بسته می‌باشند.

در این الگو، هوای داخل از طریق منافذ ۳ وارد حفره میانی شده و از طریق بازشوهای موجود در پوسته‌ی خارجی یعنی منافذ ۲ خارج می‌شود.

کارکرد اصلی این حفره، خروج هوای استفاده‌شده و کهنه‌ی داخل به بیرون است و با توجه به حرکت جریان هوا در مناطق سرد و در فصول سرد کارکرد گرمایش ندارد و بیشتر خاصیت تهویه‌کنندگی آن است که مدنظر طراح قرار می‌گیرد.

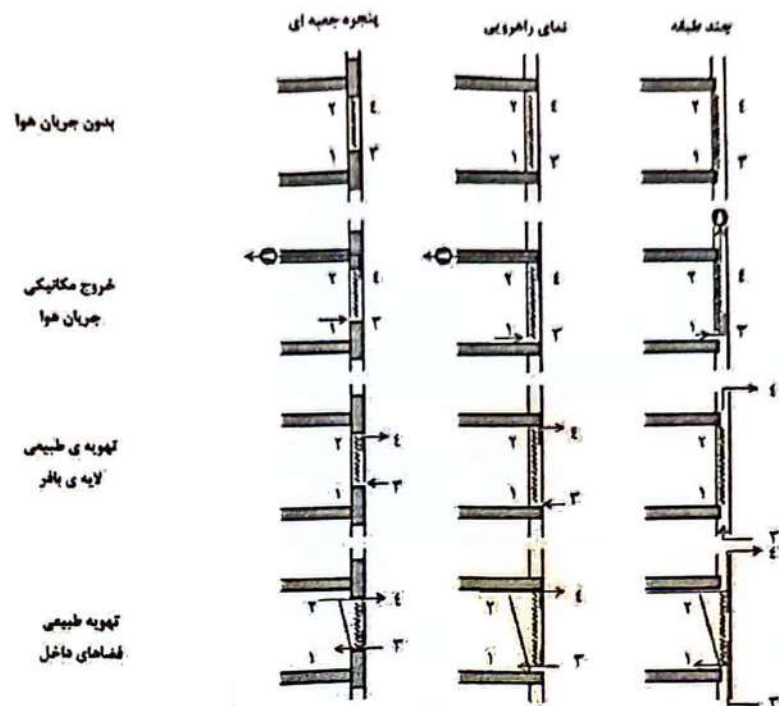
الگوی د مانند الگوی الف بوده و این دو الگو در نوع هندسی شفت جعبه نمی‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

الگوی ه:

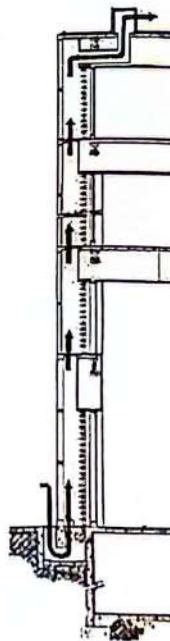
منافذ ۱ و ۲ و ۳ و ۴ بسته

در این حالت، هیچ بازشویی در دو پوسته باز نمی‌باشد و حفره‌ی میانی به‌عنوان حائلی بین فضای کنترل‌شده داخل و شرایط کنترل نشده‌ی خارج ساختمان قرار می‌گیرد.

با توجه به محبوس بودن هوا، فضای حفره عایق مناسبی برای کاهش انتقال حرارت داخل و خارج محسوب می‌شود و لذا برای مناطق سرد و یا شب‌های سرد در مناطق گرم و خشک کارکرد مناسبی دارد و از دیگر مزایای آن می‌توان به عایق صوتی بودن نما اشاره کرد. این الگو برای مناطق با آلودگی صوتی بالا مناسب‌ترین حالت است و البته برای اماکن پر سروصدا که خود منشأ آلودگی صوتی هستند نیز مناسب است و سروصدای ساختمان را به بیرون منتقل نمی‌کند.



تصویر ۳-۲۰- دسته بندی نماهای دوپوسته بر مبنای ساختار کلی و کارکرد دریچه ها



تصویر ۳-۲۱- مقطع ساختمان مرکز شیمی هوکر، نمونه سنتی از سیستم بافر که اجازه ی ورود هوای تازه را در ترکیب با سیستم مکانیکی نمی دهد

(Harrison, 2003, P3)

۳-۴ - معیارهای انتخاب نوع نمای دو پوسته

همان‌گونه که در بخش‌های قبلی شرح داده شد، نمای دو پوسته بر مبنای هندسه حفره و الگوی جریان هوا می‌تواند متفاوت باشد. انتخاب این نکته که در کجا چه هندسه‌ای و یا چه الگوی جریان هوایی مورد استفاده قرار گیرد به میزان اهمیت پارامترهای زیر در طراحی بنا مربوط می‌شود که عبارت‌اند از:

- موقعیت سایت
- ارتفاع بنا
- اقلیم پروژه
- ایمنی و حریق
- آلودگی صوتی فضای داخلی
- موقعیت سایت:

چنانچه سایت پروژه در مرکز شهر و محصور با آلودگی‌های هوا و دود ناشی از ترافیک اتومبیل‌هاست، لذا می‌بایست از ورود مستقیم هوای بیرون به داخل جلوگیری شود، بنابراین الگوی جریان هوای نوع «ج» الگوی مناسبی نیست و در صورتی می‌توان از این الگو استفاده کرد که جریان هوای بیرون وارد دستگاه تصفیه شده و پس از فیلتر شدن بتواند وارد فضای داخل شود. در این موارد استفاده از هندسه جعبه‌ای و شفت باکس پیشنهاد نمی‌شود. در حاشیه‌ی شهرها و یا در مناطقی از شهرها که هوا غالباً تمیز است و یا بنا به دلایل خرد اقلیمی و بهره‌گیری از پوشش‌های سبز هوای تمیز و تصفیه شده در پیرامون ساختمان وجود دارد از الگوی جریان هوای نوع «ج» می‌توان به خوبی استفاده کرد که البته این سیستم می‌تواند در ترکیب با ای سی ها نیز طراحی شود. هندسه‌ی شفت باکس در این مناطق پیشنهاد نمی‌شود.

• ارتفاع بنا:

در ساختمان‌های مرتفع، الگوی جریان هوای نوع «ج» اولین گزینه پیشنهادی است و برای ساختمان‌های ۳ و ۴ طبقه نوع الف و ه پیشنهاد می‌گردد. الگوی جریان هوای «د» برای ساختمان‌های کم ارتفاع توصیه می‌شود.

• محافظ در برابر حریق:

در بناهایی که مسئله محافظت در برابر حریق بسیار مهم و استراتژیک است، الگوی هندسی چندطبقه‌ای پیشنهاد نمی‌شود، چراکه تمام اتاق‌ها در طبقات با یکدیگر مرتبط بوده

و بر اثر مکش ایجادشده در حفره حریق سریع گسترش می‌یابد و در این بناها نوع نما جعبه‌ای توصیه می‌شود، چراکه اتاق‌ها در بدنه نما با هم ارتباط ندارند، لذا ضریب نفوذ حریق پایین می‌باشد.

• آلودگی صوتی فضاهای داخلی

در ساختمان‌هایی که در برخی فضاهای آن‌ها سطح آلودگی بالاست و فضاهای مجاور نیاز دارند تا از سروصدای یکدیگر در امان باشند، استفاده از نوع نمای جعبه‌ای پیشنهاد می‌گردد و به‌کارگیری نوع دالانی و چندطبقه‌ای به دلیل انتقال صداها از فضاهای میانی حفره توصیه نمی‌شود. نوع شفت نیز به دلیل وجود محفظه‌های ستونی در فواصل مشخص به‌نوعی از انتقال صدا تا حدی جلوگیری می‌کند.

۳-۵- مقایسه تطبیقی مزایا و معایب انواع مختلف هندسه نماهای دو پوسته

دسته‌بندی نماهای دو پوسته بر مبنای هندسه حفره میانی را می‌توان از سه جنبه مورد ارزیابی قرارداد:

- میزان عایق بودن در برابر صدا
- میزان محافظت در برابر حریق
- تهویه طبیعی و کیفیت هوا
- تعداد بازشوها
- نگهداری و تمیز کردن
- اثر تهویه دودکشی

در نمای جعبه پنجره، تعداد بازشوی نمای خارجی زیاد می‌باشد و برای هر پاکس، یک دریچه‌ی ورودی و یک دریچه‌ی خروجی موردنیاز است. همچنین به دلیل اینکه این پاکس‌ها در طول ارتفاع یک طبقه هستند اثر دودکشی ضعیف‌تری به نسبت انواع دیگر دارند. در نمای کریدور و چندطبقه مشکل انتقال صدای داخلی وجود دارد. در نمای چندطبقه در نمای بیرونی نمی‌توان بازشو ایجاد کرد. در نوع شفت-کریدور، مسنله‌ی انتقال دود، آتش‌سوزی، آلودگی و سروصدا در سرتاسر نما از بین می‌رود و از طرفی می‌توان از مزایای شفت (محفظه‌ی عمودی در طول ارتفاع ساختمان) به‌منظور داشتن نیروی شناوری قوی و تهویه مؤثرتر بهره‌مند شد. همچنین به دلیل داشتن

ورودی‌های متعدد هوا در نما، جریان هوای داخل حفره و عملکرد تهویه طبیعی را در ساختمان افزایش می‌دهد. در جدول (۱) مزایا و معایب هریک از انواع هندسه‌ی بکار رفته در نماهای دو پوسته دسته‌بندی شده است.

جدول ۳-۲- مقایسه انواع مختلف نماهای دو پوسته، منبع: نگارندگان

نمای دو پوسته	نمای چنانچه	مشکلاتی در رابطه با اتصال صاف از نظر به تکان دیگر	در چه‌مکانی کمتر در مناطق با اوج جبهه پنجره باعث وجود آمدن معایب کاری بهتر در دیوار سروصدا می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	نوع جبهه پنجره
نمای دو پوسته	به دلیل وجود شکست در فواصل بین شکست‌ها اتصال صاف به نسبت حالت نامرکز کمتر می‌باشد	مشکلاتی در رابطه با اتصال صاف از نظر به تکان دیگر	در چه‌مکانی کمتر در مناطق با اوج جبهه پنجره باعث وجود آمدن معایب کاری بهتر در دیوار سروصدا می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	نوع جبهه پنجره
نمای چنانچه	مشکلاتی در رابطه با اتصال صاف از نظر به تکان دیگر	در چه‌مکانی کمتر در مناطق با اوج جبهه پنجره باعث وجود آمدن معایب کاری بهتر در دیوار سروصدا می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	نوع جبهه پنجره
نمای دو پوسته	به دلیل وجود شکست در فواصل بین شکست‌ها اتصال صاف به نسبت حالت نامرکز کمتر می‌باشد	مشکلاتی در رابطه با اتصال صاف از نظر به تکان دیگر	در چه‌مکانی کمتر در مناطق با اوج جبهه پنجره باعث وجود آمدن معایب کاری بهتر در دیوار سروصدا می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	نوع جبهه پنجره
نمای چنانچه	مشکلاتی در رابطه با اتصال صاف از نظر به تکان دیگر	در چه‌مکانی کمتر در مناطق با اوج جبهه پنجره باعث وجود آمدن معایب کاری بهتر در دیوار سروصدا می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	نوع جبهه پنجره
نمای دو پوسته	به دلیل وجود شکست در فواصل بین شکست‌ها اتصال صاف به نسبت حالت نامرکز کمتر می‌باشد	مشکلاتی در رابطه با اتصال صاف از نظر به تکان دیگر	در چه‌مکانی کمتر در مناطق با اوج جبهه پنجره باعث وجود آمدن معایب کاری بهتر در دیوار سروصدا می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	نوع جبهه پنجره
نمای چنانچه	مشکلاتی در رابطه با اتصال صاف از نظر به تکان دیگر	در چه‌مکانی کمتر در مناطق با اوج جبهه پنجره باعث وجود آمدن معایب کاری بهتر در دیوار سروصدا می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	استفاده در هر دو حالت که سطح سروصدای ورودی بالاست با شکستگی نوزدهای خاص باعث از هم جدا شدن جوی می‌شود	نوع جبهه پنجره

فصل چهارم: عملکرد حرارتی و برودتی نماهای دوپوسته

۴-۱- تحقیقات انجام شده پیرامون عملکرد نمای دوپوسته

در بحث عملکرد، یون^۱ و همکاران (۱۹۹۷) انرژی سالیانه یک ساختمان ۳ طبقه اداری همراه با دی اس اف^۲ واقع در ضلع جنوب را با استفاده از یک مدل حرارتی متصل به زمین، آزمایش نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از دی اس اف و مبدل حرارتی حدود ۱۲-۲۵ درصد موجب صرفه جویی در مصرف انرژی می شود. همچنین در نمای دو پوسته میزان نیاز به گرمایش در فصول سرد کمتر می باشد. (Yoon et al, 1997, 7-13)

پاسکواری^۳ (۲۰۰۴) گزارشی در مورد عملکرد گرمایی ۳ ساختمان همراه با دی اس اف در شهر آلمان ارائه نموده است که نشان می دهد دمای داخلی اندکی از هوای خارج تأثیر پذیرفته است. بنا به اعتقاد وی، دی اس اف معیوب می تواند جریان مصیبت باری را به ساختمان تحمیل نماید. به عنوان مثال، تزریق هوای گرم از حفره دی اس اف به داخل فضاهای اداری و سرایت هوای آلوده از طبقات تحتانی به طبقات فوقانی وجود دارد (Pasquary, 2004, 36 381-389).

هاین^۴ و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی، با استفاده از نرم افزارهای «سی اف دی^۵» و «تی ای سی^۶» تأثیر دی اس اف را بر روی مصرف انرژی، آسایش حرارتی و مقایسه با نماهای تک پوسته را

1. Yoon

2. DSF

3. Pasquary

4. Hein

5. CFD :Computational Fluid Dynamic

6. TAC

مورد بررسی قرار داده‌اند. با توجه به نتایج این پژوهش، دی اس اف با استفاده از اثر دودکشی تأثیر مثبتی بر روی خروج گرمای داخل حفره و کاهش دمای سطح دیوار داخلی دارا می‌باشد. این امر ضمن کاهش مصرف انرژی، آسایش حرارتی را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. (Hein et al, 2005, 563-572)

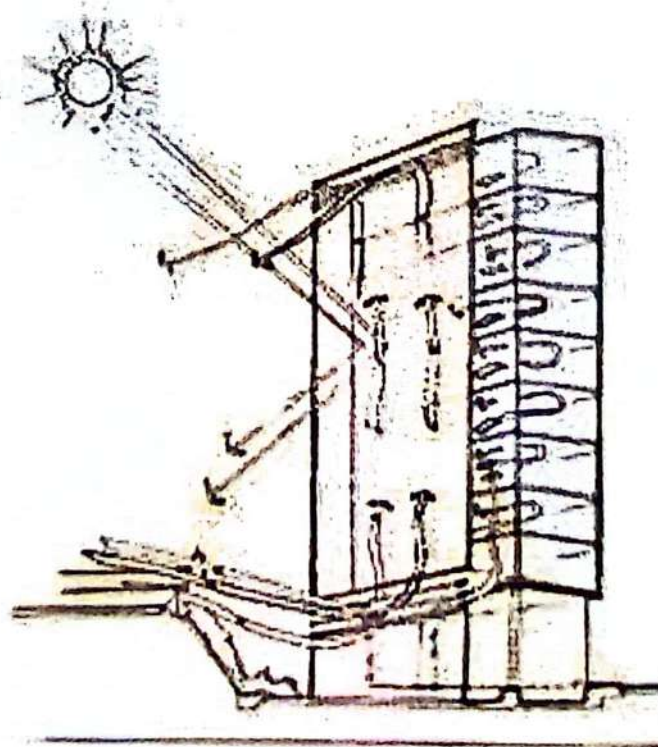
ایلماز^۱ و ستینتاس^۲ (۲۰۰۵) نیز تلفات گرمایی نماهای دوپوسته و ساده را در ساختمان‌های اداری شهر استانبول جهت بررسی تأثیر دی اس اف در تقاضای انرژی گرمایی ساختمان در فصل زمستان آنالیز و بررسی نموده‌اند. آن‌ها فضای بین نمای دوپوسته را به صورت بسته (بدون بازشو) در نظر گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد تلفات گرمایی در نماهای تک پوسته ۴۰ درصد بیش‌تر از نماهای دوپوسته می‌باشد. این اختلاف ناشی از تأثیر نوع شیشه، ضریب و نسبت شفافیت خواص حرارتی مختلف اجزاء ساختاری و به‌طور کلی وجود حائل هوا در داخل حفره دی اس اف می‌باشد. همچنین آنان روش نوینی را جهت ارزیابی حرارتی دی اس اف ارائه نموده‌اند. (Yelmaz & Cetintas, 2005, 691-7)

تحقیقی بر روی عملکرد انرژی در دی اس اف توسط پاپاس^۳ و ریلی^۴ به وسیله نرم افزارهای انرژی پلاس^۵ و DoE2.2 صورت گرفته‌است. DoE2.2 کمتر از ۱ درصد صرفه جویی در بار سرمایشی و ۳ درصد در بار گرمایشی سالانه برای نماهای دوپوسته پیش‌بینی می‌شود. انرژی پلاس نیز ۳ درصد کاهش در بار گرمایشی و سرمایشی دی اس اف را در مقایسه با پنجره‌های شیشه‌ای سه لایه ارائه داده‌است. اگرچه نتایج این پژوهش میزان صرفه جویی ناچیزی را نشان می‌دهد، اما مزایای گسترده دی اس اف را نمی‌توان نادیده انگاشت. البته در طراحی و ساخت دی اس اف بایستی برآورد کاملی از نسبت هزینه با میزان صرفه جویی حاصل از آن صورت گیرد. (Pappas & Reilly, nodate)

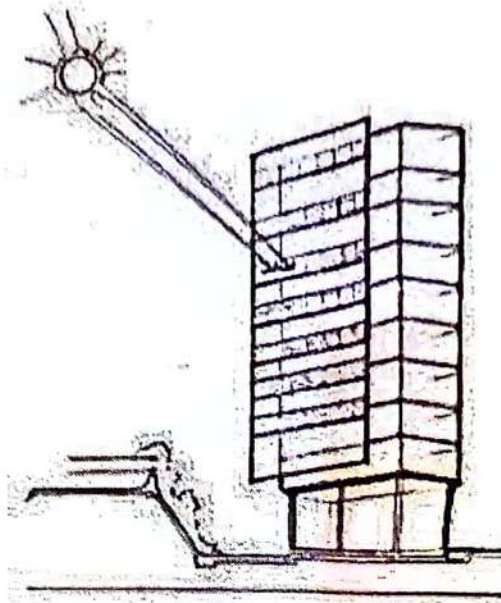
از خصوصیات مهم دیگر دی اس اف پدیده گلخانه‌ای می‌باشد. گراتیا^۶ و هرد^۷ (۲۰۰۷) اثر پدیده گلخانه‌ای را روی دی اس اف بررسی نموده‌اند. آن‌ها پارامترهای مؤثر بر تغییر دمای هوای دی

1. Yelmaz
2. Cetintas
3. Pappas
4. Reilly
5. Energy Plus
6. Gratia,E
7. De Herde

اس اف را با توجه به پدیده گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار داده‌اند. این پارامترها شامل سطح تابش خورشید، استفاده از تجهیزات سایه‌اندازی و جهت آن‌ها، نسبت سطوح مات به پنجره‌ها در دیوارهای داخلی، سرعت باد، رنگ تجهیزات سایه‌اندازی و پوسته‌های داخلی، عمق حفره دی اس اف، نوع شیشه در پوسته داخلی و تأثیر دریچه‌های دی اس اف می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده را می‌توان به دو صورت بررسی نمود. اگر از تهویه و تمهیدات خنک‌سازی طبیعی استفاده نشود، اثر این پدیده باید کاهش یابد زیرا بار سرمایشی زیادی را در بر خواهد داشت و اگر از این تمهیدات استفاده گردد، در دی اس اف واقع در ضلع جنوب شرایط مناسبی را جهت کاهش مصرف انرژی سبب می‌گردد. در دی اس اف واقع در شمال این پدیده اثر چندانی در بر نخواهد داشت، زیرا میزان تابش در این جهت بسیار ناچیز می‌باشد؛ اما در دی اس اف واقع در شرق یا غرب شرایط نامساعدی را به ساختمان تحمیل می‌نماید؛ زیرا در فصل زمستان نیاز به انرژی گرمایی وجود دارد و میزان تابش قابل توجه نمی‌باشد، اما در فصل تابستان با افزایش میزان تابش، بار سرمایشی زیادی را منجر می‌گردد. (Gratia & Herde, 2007, 364-373)



تصویر ۴-۱- اثر دودکشی در نمای دو پوسته



تصویر ۴-۲- پدیده‌ی گلخانه در نمای دوپوسته

پاپاس و ژای (۲۰۰۸) نیز در مورد عملکرد انرژی و فاکتورهای مؤثر بر دی اس اف تحقیق کرده یک فرآیند مدل‌سازی را با شبیه‌سازی انرژی ساختمان و علم سی اف دی ارائه نموده‌اند. این امر با استفاده از جریان هوای شناوری در دی اس اف انجام شده است. این فرآیند جهت بررسی نرخ جریان حفره‌ی نمای دوپوسته، متوسط و حداکثر دمای هوای حفره، فشار هوای حفره و ضریب انتقال پوسته داخلی به کار رفته است. در این تحقیق، تأثیر نیروی باد به عنوان یک پارامتر مؤثر که می‌تواند میزان نیروی شناوری و یا دودکش را افزایش دهد، نادیده انگاشته شده است. (Papas & Zhai, 2008, 466-475)

چان^۱ و همکاران (۲۰۰۹) گزارشی در مورد عملکرد انرژی دی اس اف در یک ساختمان اداری هنگ‌کنگ ارائه نموده‌اند. از مدل شبیه‌سازی انرژی پلاس برای تحقق مدل نظری استفاده شده و این مدل با شکل‌های مختلف دی اس اف (تغییر در نوع لایه‌ها و جنس شیشه) آنالیز گردیده است. نتایج نشان می‌دهند که عملکرد مناسب دی اس اف در ساختمان می‌تواند ضمن کاهش انتقال گرما به فضای داخل، مصرف برق را به دلیل کاهش استفاده از سیستم‌های تهویه به حداقل برساند. همچنین، در این تحقیق نماهای دی اس اف را برای اقلیم نیمه خشک مؤثر و مناسب ارزیابی

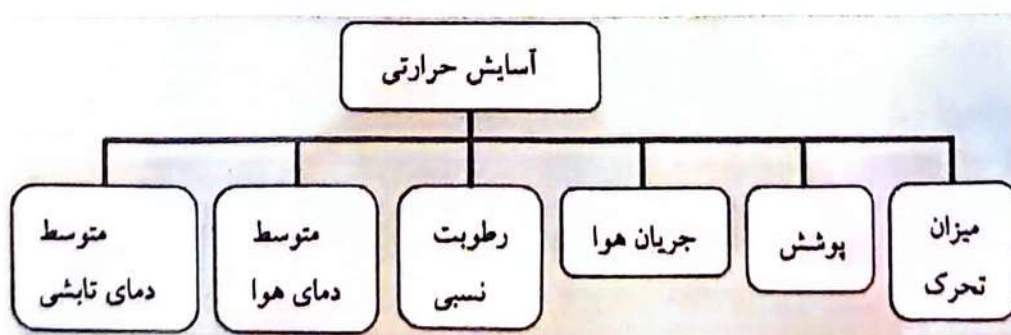
1. Chan

می نمایند. از طرفی، باوجود مزایای دی اس اف، هزینه سرمایه گذاری و تعمیر و نگهداری دی اس اف در هنگ کنگ غیراقتصادی می باشد و برگشت هزینه های بهره برداری با نرخ کشور چین ۸۱ سال به طول می انجامد، در صورتی که حداکثر عمر مفید این نماها ۵۰ سال می باشد. لذا به نظر می رسد در صورت ساخت این گونه نماها نیاز به سرمایه گذاری در بخش دولتی ضروری می باشد. (Chan et al, 2009, 1135-1142)

دی اس اف امکان باز شدن پنجره های پوسته داخلی را در اقلیم های بادخیز فراهم می نماید، زیرا پوسته خارجی به عنوان یک محافظ در مقابل ساختمان قرار گرفته است؛ اما به هر حال این امر راه حل چندان مناسبی برای اقلیم های گرم به جهت ورود هوای گرم به فضای داخلی نمی باشد و در صورت استفاده، نیاز به در نظر گرفتن تمهیدات تکمیلی می باشد؛ اما این قابلیت می تواند برای استفاده به عنوان تهویه شبانه نیز لحاظ گردد.

۴-۲- آسایش حرارتی

اجزای اصلی تعیین کننده محیط داخلی در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. جابجایی هوا تعیین کننده گرمای همرفتی و تبادل جرم بدن انسان ها، در هوای پیرامونی است. سرعت بالای هوا میزان تبخیر سطحی را افزایش می دهد که منجر به ایجاد احساس خنکی می شود. حد بالای جابجایی پیشنهادی هوای داخلی معمولاً ۰/۸ متر بر ثانیه برای آسایش حرارتی است؛ چراکه سرعت هوا این اجازه را می دهد که دمای فضای داخلی برای برقراری میزان مطلوب آسایش، ۲-۱ درجه بیشتر از دمای آسایش باشد. (Azarbayjani, 2010: 131)



نمودار ۴-۱- اجزای اصلی تعیین کننده محیط داخلی

(Azarbayjani, 2010, P 33)

بر طبق پژوهش انجام گرفته توسط آذربایجانی (۲۰۱۰) با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری این نتیجه حاصل شد که نوع ستونی-راهر و در نمای دوپوسته اثر دودکشی قوی تری را در داخل حفره ایجاد می کند و در نتیجه هوای بیشتری را از فضای درونی به سمت دریچه ی خروجی می کشاند. همچنین دمای حاصل در داخل فضا مطلوب و نزدیک به دمای آسایش مورد نیاز است. (Azarbayjani, 2010: 131)

رحمانی و همکارانش (۲۰۱۲) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که نمای دوپوسته اگر به خوبی طراحی شود، عملکرد بهتری در مقایسه با نمای تک پوسته خواهد داشت. به عنوان مثال نتایج حاصل از مانیتورها در طبقه چهارم نشان می دهد که میانگین دما در نوع دوپوسته ۳ درجه پایین تر از نوع تک پوسته است. (Rahmani, 2012)

۴-۳- تهویه در نماهای دوپوسته

نوع تهویه به نیروی پشیران جریان هوا در حفره میانی اشاره دارد. این حفره می تواند به صورت مکانیکی، طبیعی و یا هیبریدی (ترکیبی از سیستم های مکانیکی و طبیعی) تهویه شود. سیستم تهویه ساختمان یکی از عوامل مهم در وضعیت آب و هوایی داخل راحت و مناسب است. در نمای دو جداره، پتانسیل بهینه سازی حفره های سیستم برای تهویه ساختمان وجود دارد. می توان سیستم تهویه به کار گرفته شده در نمای دوجداره را در دو گروه تهویه طبیعی و تهویه مکانیکی تقسیم بندی کرد.

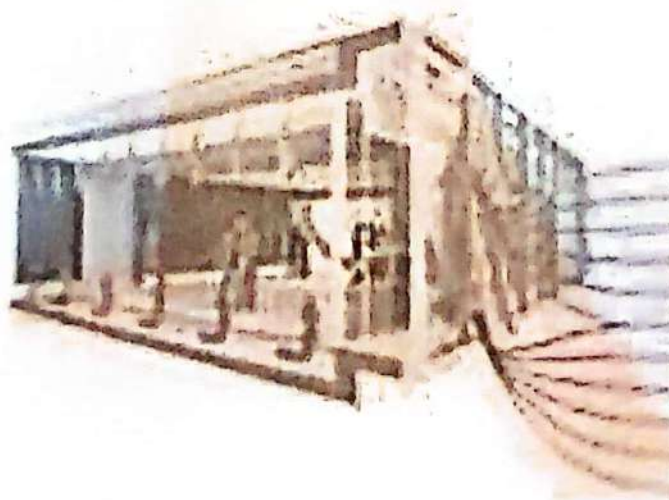
در اوایل گسترش نمای دوجداره، تهویه طبیعی بیشتر مورد استفاده قرار می گرفت. همچنین در پروژه های کوچک و مقاوم سازی ساختمان ها اغلب از این روش استفاده می شود. روش تهویه طبیعی به کار گرفته شده در نمای دوجداره مشابه روش های معمولی است. تنها تفاوت میان این دو در این است که در سیستم های نمای دوجداره، پنجره به فضایی که دمای کنترل شده دارد، باز می شود.

یکی از مهم ترین مزایای سیستم های نمای دوپوسته این است که آن ها می توانند به تنهایی و یا در مواردی با کمک پنکه امکان تهویه طبیعی را فراهم کنند. انواع مختلف می توانند در شرایط آب و هوایی مختلف، جهت، محل ها و انواع ساختمان ها برای فراهم کردن هوای تازه قبل و در طول ساعات کار اعمال شود. انتخاب نوع نمای دوپوسته می تواند برای دماها، سرعت هوا و کیفیت

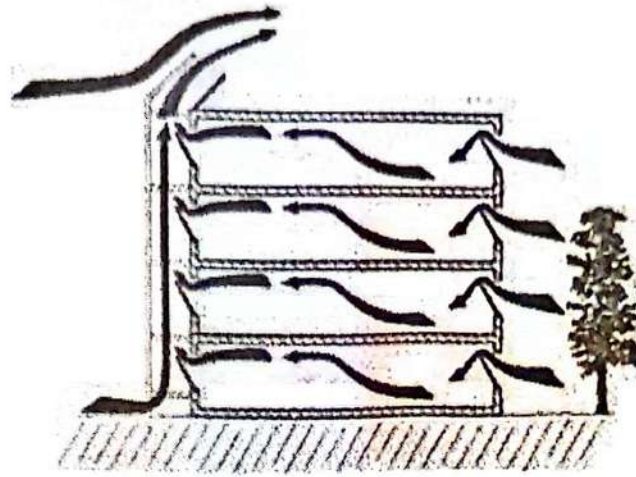
هوای وارد شده به درون ساختمان‌ها تعیین‌کننده باشد. اگر طراحی خوب باشد، تهویه طبیعی می‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی در طول مرحله استفاده و بهبود آسایش ساکنین شود. (Poirazis, 2004, 64)

سیستم‌هایی که از تهویه طبیعی بهره می‌برند، از حفره‌های طراحی و تعبیه شده برای ورود و خروج جریان هوا استفاده می‌کنند. این موارد را می‌توان محاسبه کرد و در مرحله طراحی لحاظ نمود. سیستم تهویه مکانیکی، چند نوع مختلف دارد. معمولاً دو نوع بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد: پنجره‌های ایجادکننده جریان هوا و پنجره‌های تأمین‌کننده جریان هوا. در این روش، سیستم به‌طور مکانیکی جریان هوا را از طریق حفره‌های نمای دوجداره تأمین می‌کند.

بسیاری از سازندگان وقتی با ساختمانی با سیستم نمای دوجداره مواجه می‌شوند، تمایل دارند تا تهویه طبیعی ساختمان را به حداقل و حتی حذف کامل برسانند. این رویکرد معمولاً زمانی اتفاق می‌افتد که یک سیستم نمای مکانیکی طراحی شده باشد، زیرا بهتر می‌توان آن را کنترل کرد. برای برقراری تهویه طبیعی در نماهای دوپوسته باید محاسبات دقیقی صورت گیرد تا کارایی نمای دوجداره برای ساختمان افت نکند. عدم استفاده از جریان هوای طبیعی به معنای ایجاد شرایط نامطلوب وضعیت آب و هوایی داخل می‌باشد. در برخی موارد، این موضوع باعث شده تا وضعیت آب و هوایی بسیار نامناسبی در درون ساختمان ایجاد شود که وضعیت نامناسبی را برای سلامت ساکنین به همراه داشته است.



تصویر ۴-۳- تهویه طبیعی نمای دوپوسته



تصویر ۴-۴- تهویه دودکشی با کمک بازشوهای خارجی

۴-۴- تهویه طبیعی نماهای دوپوسته

لی^۱ و همکارانش در سال (۲۰۰۲) توضیح می‌دهند که تهویه طبیعی می‌تواند با شیوه‌های متفاوتی بکار گرفته شود:

۱. با پنجره‌های متحرک، می‌توان با کمک باد و رانش حرارتی اثر دودکش ایجاد نمود که منجر به ایجاد فشار منفی در یک سمت ساختمان شده و طرف دیگر ساختمان با ایجاد فشار مثبت، تهویه عرضی را در ساختمان فراهم می‌آورد.
۲. تهویه دودکش با استفاده از انواع بازشوهای خارجی (پنجره‌ها علاوه بر جعبه‌های تهویه متصل به داکت‌های زیرزمینی، پره‌های ساختمانی، دودکش‌های چندطبقه، دریچه‌های سقف و...) برای بیرون کشیدن در هوای تازه در یک سطح پایین و تخلیه هوا در سطح بالا می‌باشد.
۳. دهلیز نوع دیگری از تهویه دودکشی را امکان‌پذیر می‌سازد که در آن، حجم چندطبقه ایجادشده برای مسیر گردش و تعاملات اجتماعی می‌تواند برای تهویه فضاها مجاور نیز استفاده شود.

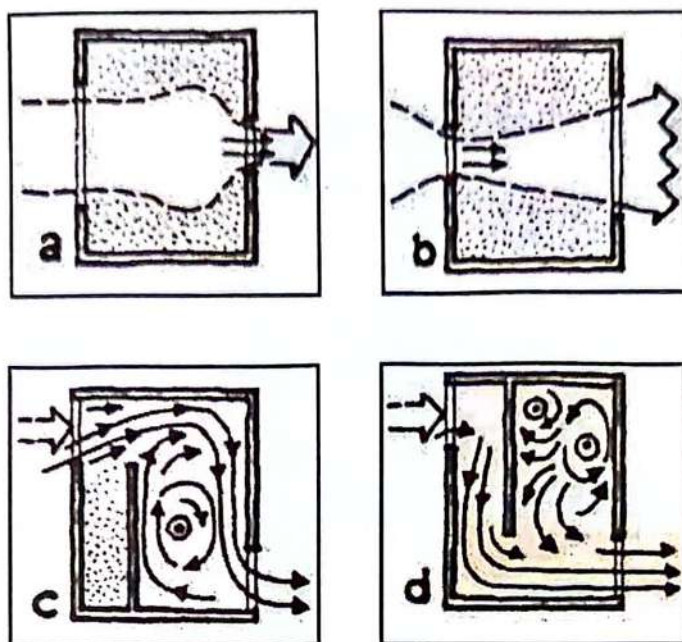
1. Lee

تهویه طبیعی عملاً نوعی از طراحی غیرفعال محسوب می‌شود و می‌تواند به صورت تهویه عرضی (افقی)، تهویه دودکشی (عمودی) و یا ترکیبی مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از توده گرمایش یا سرمایشی شب نیز می‌تواند در عملکرد تهویه طبیعی نماهای دوپوسته مؤثر باشد.

مفهوم تهویه عرضی ساده است و باید با تمایز فشار میان محیط بیرون و داخل به آن پرداخت. زمانی که باد به یک طرف ساختمان ضربه می‌زند، هوا در جهت به جریان افتادن در اطراف ساختمان به طرف مخالف ساختمان سرعت می‌گیرد. این وضعیت فشار مثبتی را در جهت موافق باد و فشار منفی را به طرف باد مخالف ایجاد می‌کند. اگر پنجره‌های ساختمان باز باشند، هوا از طرف مدخل با شدت وارد می‌شود و با فشار به سمت مخالف خارج می‌شود که سبب بروز نیرویی برای عبور هوا از طریق ساختمان می‌شود. تا هنگامی که حرارت بیرون کمتر از حرارت داخل باشد، تهویه عرضی می‌تواند در سرمایش فضاهای داخلی بسیار مؤثر باشد. کارآمدی طراح تهویه عرضی منوط به فاکتورهایی مثل اندازه و فاصله ساختمان‌های مجاور، جهات باد غالب، طرح و نقشه داخلی ساختمان، اندازه‌ها و محل‌های پنجره‌ها و شرایط جوی خواهد بود.

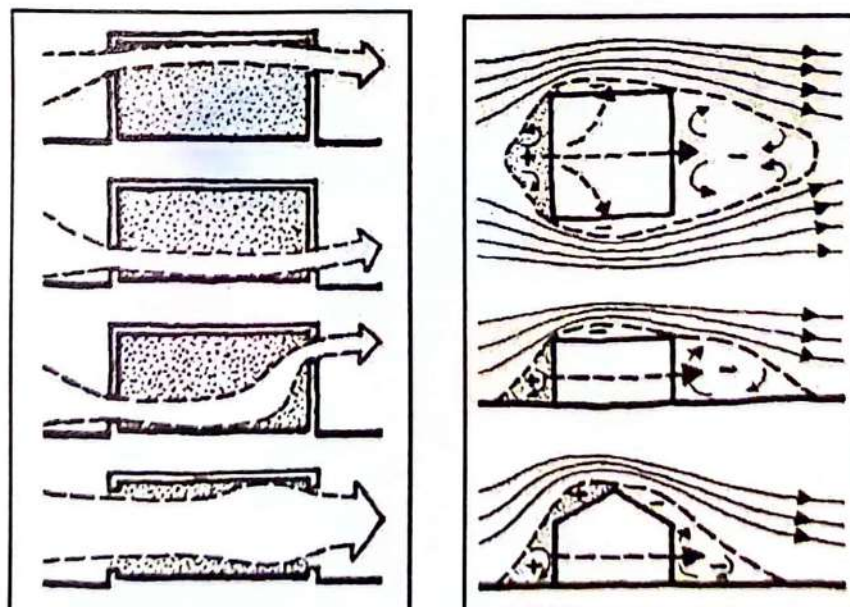
پنجره‌های بزرگ‌تر به معنی بیشتر بودن سرعت هوا در داخل خواهد بود و سبب می‌شود حرکت باد در ورودی و خروجی منافذ در یک‌زمان افزایش یابند. زمانی که اتاقی منافذ نابرابر و خروجی بزرگ‌تری دارد، ابعاد پنجره‌ها و نسبت پنجره یا بازشو ورودی به خروجی بر سرعت هوای تهویه تأثیر می‌گذارد و سرعت هوای داخل افزایش می‌یابد و حداکثر اینکه سرعت‌های داخلی بهتری دارد. تهویه عرضی نمی‌بایست با پارتیشن‌های طراحی شده غیر صحیح مسدود نکند. کارایی حرکت هوا به وضعیت صحیح و اندازه‌های مناسب منافذ ورودی و خروجی بستگی دارد که باید نسبت به آن‌ها اطمینان حاصل شود. تهویه مطلوب زمانی در ساختمان‌ها اتفاق می‌افتد که ارتباط میان فضاها برای تهویه مطلوب باز باقی بماند و هوا از اتاقی به اتاق دیگر حرکت کند. (تصویر ۴-۵)

تأثیر تهویه دودکشی با تمایز حرارت میان محیط داخلی و بیرون ایجاد می‌شود. هوای گرم در ساختمان بالا رفته و از طریق یک منفذ بالای بام بیرون می‌رود و هوای سرد را از خارج به ساختمان می‌کشد. این موضوع سبب ایجاد یک جریان هوای عرضی در فضای داخلی و تهویه برای ساختمان خواهد شد. اختلاف ارتفاع بین منفذهایی که هوای داخل را به داخل محفظه نما هدایت می‌کنند و منفذ بالای بام این تأثیر را افزایش می‌دهد و هرچه منفذ بالای بام بزرگ‌تر باشد، به معنی به‌دست آوردن بیشتر جریان هوا است.



تصویر ۴-۵ (a) سرعت جریان هوا در خارج از اتاق افزایش می‌یابد اگر بازشوی ورودی از بازشوی خروجی بزرگتر باشد. (b) سرعت جریان هوا در داخل اتاق افزایش می‌یابد اگر بازشوی ورودی از بازشوی خروجی کوچکتر باشد. (C & D) موقعیت‌های پارتیشن داخلی بر جریان هوا تاثیر می‌گذارد.

(Design Primer for Hot Climate, Konya, 1980, P.53)



تصویر ۴-۶-الگوهای جریان هوا از طریق اتاق‌ها، برای اندازه‌ها و موقعیت‌های مختلف بازشوها

کارکرد سرمایش شبانه نمای دوپوسته وابسته به این مسئله است که معمولاً در شب، دمای هوا نسبت به روز پایین تر است. هوای سردتر شب برای شتاب بخشیدن به هوای گرم قبلی که در طی روز جمع شده به فضای داخلی وارد می شود.

استفاده از کارکرد سرمایش شب نمای دوپوسته ساده است، ولی باید به ریسک های امنیتی آن در صورتی که پنجره ها در طی شب باز باشند توجه کرد، زیرا تأثیر نامطلوب سرمای زیاد در روز بعد مشخص می شود.

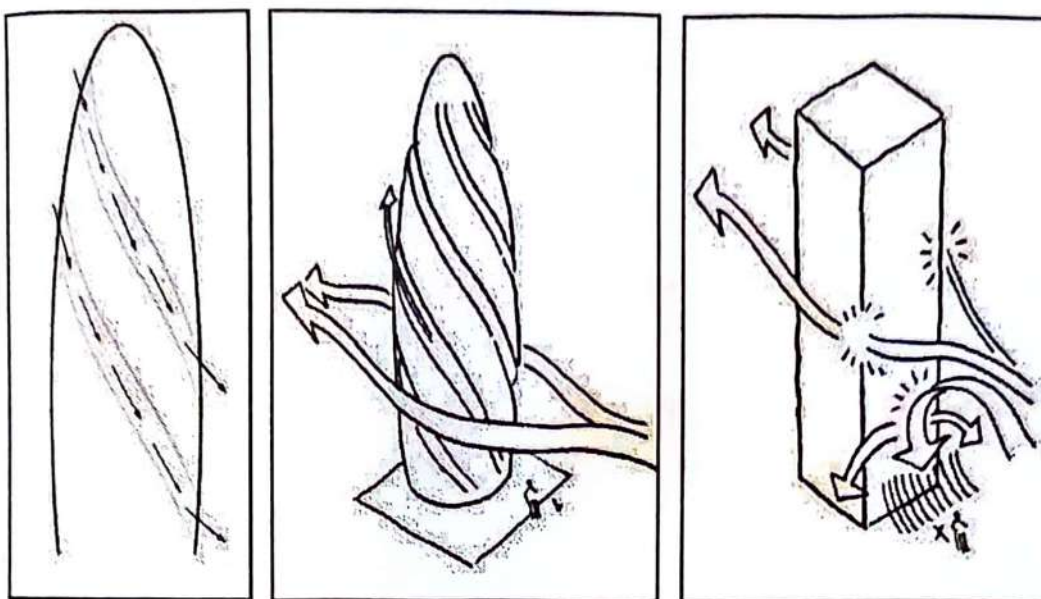
در ساختار ساختمان ترکیبی می توان از نمای دوپوسته و توده جرم حرارتی جهت جذب گرما در طی ساعات روز برای حفظ سرمای فضای داخلی استفاده کرد. هوای سردتر بیرون را می توان برای آوردن حرارت حجم گرما به سطوح قبلی در شب به درون آورد. درواقع می توان این حجم و توده را در فضاهای سقف و دیوارها یا ساختار نما ترکیب کرد. این روش برای فراهم کردن تهویه مؤثر داخل ساختمان ها قابل توجه است.

۴-۴-۱- تهویه طبیعی

در سیستم تهویه طبیعی، اختلاف دما و اختلاف فشار ناشی از باد عوامل مؤثر در ایجاد جریان هوا در حفره میانی می باشند که به شرایط اقلیمی و طراحی ساختمان بستگی دارد.

دی اس اف به عنوان یک پدیده ی معماری، امکان تهویه طبیعی را جهت بهبود کیفیت هوای داخلی بدون محدودیت های سروصدا و ایمنی که در نماهای تک پوسته وجود دارد فراهم می نماید. تهویه طبیعی معمولاً توسط محرک های طبیعی شامل جریان گرما و نیروی باد حاصل می گردد. جریان حرارتی زمانی روی می دهد که تفاوت در چگالی بین محیط داخل و خارج و در اثر تفاوت دمای داخل و خارج اتاق حاصل می گردد. همچنین، جریان حرارتی گاهی مربوط به اثر مکش یا خاصیت دودکشی می باشد. زمانی که دمای هوای داخلی بیش از دمای هوای خارج می گردد، در بالای دی اس اف فشار و در پایین آن فشار هوای کم به وجود می آید که این موضوع سبب خروج هوا از بالای دی اس اف و ورود هوا از پایین آن می گردد. فشار باد معمولاً در ایجاد جریان حفره تأثیرگذاری بیشتری دارد.

اگر طراحی درست صورت گیرد، جریان باد سبب اختلاف فشار بین ورودی و خروجی هوا می گردد و هوا در داخل حفره جریان می یابد.



تصویر ۴-۷- بهره گیری از فرم مناسب ساختمان و دهلیزهای نمای دوپوسته برای افزایش تاثیر دینامیکی باد

تهویه طبیعی می تواند منبع هوای تازه برای فضای داخلی ساکنان ساختمان تحت شرایط معین باشد. تنها نیروی طبیعی که می توان برای این هدف مد نظر قرار داد تاثیر دینامیک باد است و لذا باید برای رسیدن به این میزان نیرو تلاش بیشتری صرف شود. نیروی تولیدکننده تهویه طبیعی در ساختمان از طرق زیر تامین می شود:

۱. وجود اختلاف در حرارت

۲. تاثیر انبساطی

۳. اختلاف فشار

چنانچه حتی حرکت هوا در وضعیت نسبتاً آهسته از طریق تاثیر دودکشی انجام گیرد، برای ایجاد هوای تازه و تولید همرفتی سرمایشی کافی است؛ اما کارکرد گرمایشی این نما که با ایجاد حرکت هوای گرم از مناطق گرمایی به سمت فضاهای زندگی باید میسر شود، کافی به نظر نمی رسد.

تنها نیروی طبیعی که می توان برای این هدف مدنظر قرارداد، تاثیر دینامیک باد است و لذا باید برای رسیدن به این میزان نیرو تلاش بیشتری صرف شود.

یک طرح مناسب برای فراهم کردن انرژی کافی در ساختمان ها بایستی شامل معیارهای زیر باشد و باید توجه داشت که نباید تنها محدود به این معیارها بود:

- عملکرد پوشش ساختمان
- انتخاب درست سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و نور روز
- کیفیت مطلوب هوای درون ساختمان برحسب گرمای مطلوب، کارآمدی تهویه و کیفیت هوای درون

تهویه طبیعی می‌تواند یک اتمسفر مساعد محیطی را فراهم کند و نیاز به تهویه مکانیکی را کاهش دهد. از طرف دیگر، تهویه طبیعی بدون خطا نیست. ممکن است مشکل باز شدن را به علت ایجاد فشار به وجود آورد. به‌علاوه، اگر مسیر هوا به‌طور صحیح طراحی نشود، گرمای خورشید جذب‌شده درون حفره به‌طور مؤثر، از بین نرفته و دمای حفره افزایش خواهد یافت. برای تهویه طبیعی سیستم نمای دوپوسته، هوا به داخل حفره آورده می‌شود و سپس به دوروش تخلیه می‌شود: فشار باد و یا اثر دودکشی.

- فشار باد به‌طور معمول تعیین‌کننده میزان جریان هوا می‌باشد. اگر طراحی به‌درستی انجام شود، جریان باد در سرتاسر نما می‌تواند اختلاف فشاری بین دهانه ورودی و خروجی به وجود آورده و باعث حرکت هوا می‌شود.
- در غیاب باد، حفره بازهم می‌تواند به دلیل خاصیت اثر دودکشی تهویه شود. زمانی که هوا از دهانه ورودی پایین‌تر وارد می‌شود، گرم‌تر بوده و تراکم آن کمتر و به لحاظ حرارتی سبک‌تر می‌باشد. در نتیجه هوا به داخل دهانه ورودی جریان یافته و از دهانه خروجی بیرون رفته و گرما را حذف می‌کند.

از آنجایی که فشارهای رانش دودکشی و فشارهای رانش باد ممکن است باهم در تعامل داشته باشند، ضرورت دارد مسیر جریان هوا و بازشوهای خروجی سایز و شکل مناسبی داشته باشد تا از اثر مثبت این فشارهای بر روی هم مطمئن شویم. در غیر این صورت، جریان هوای گرم شده در حفره تمایل به بازگشت به سمت داخل خواهد داشت و باز کردن پنجره سطح داخلی در تابستان، هوای گرمی را وارد خواهد کرد.

با این وجود، در یک نمای دوپوسته با تهویه طبیعی، جریان هوا، خود، به‌طور عمده به‌وسیله اختلاف دما با بیرون و احتمالاً اختلاف فشار ناشی از باد شکل می‌گیرد. جریان هوا به‌طور معمول بسیار نامنظم است. پوشش با تهویه طبیعی تا حدی بار گرمایی بالاتر و بار سرمایی پایین‌تری نسبت به پوشش سنتی دارد.

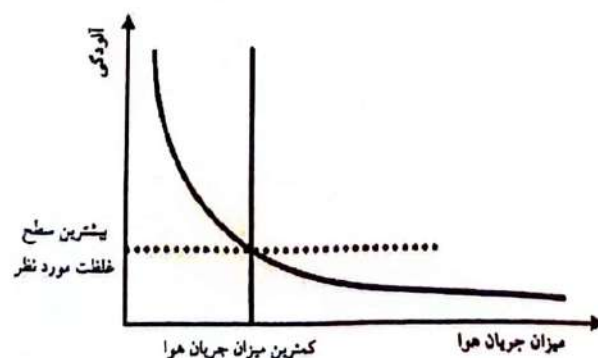
۴-۴-۲- موارد کاربرد تهویه طبیعی

در محیط‌های شهری ممکن است سیستم‌های تهویه طبیعی مشکلات عمده‌ای را از قبیل انتقال صدا و آلودگی تجربه کند و منجر به ایجاد محیط داخلی نامناسب در شرایط آب و هوایی سخت شود؛ بنابراین یک سیستم تهویه طبیعی در منطقه حومه شهری یا آب‌وهوای معتدل که جریان هوا در حفره نزدیک به شرایط هوایی داخل می‌باشد، مناسب‌تر است.

برای بهره‌گیری از تهویه طبیعی نماهای دوپوسته در مراکز شهر و یا آب‌وهوای مرطوب، هوای بیرون قبل از ورود به داخل ساختمان باید با عبور از فیلترهای بهینه گردد و سپس به داخل راه پیدا کند.

۴-۴-۳- میزان تهویه موردنیاز

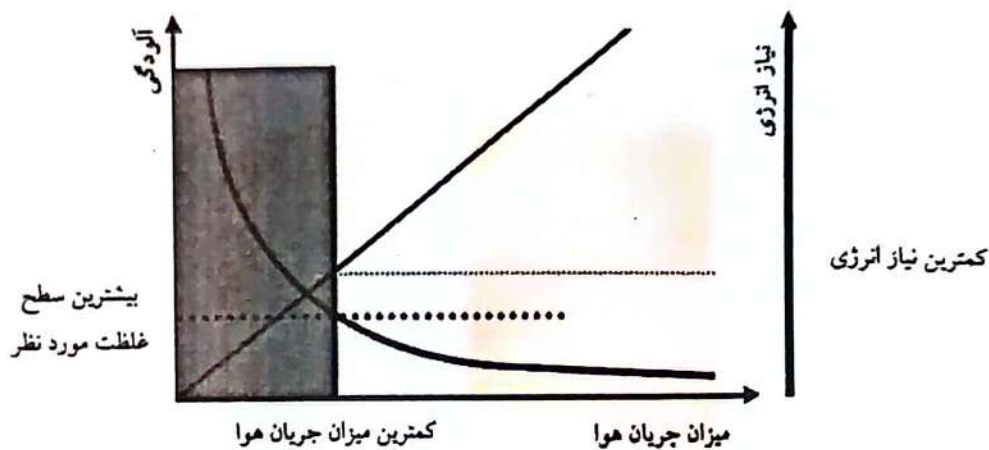
وتر^۱ و همکاران یک نمودار و نقشه ساده را برای نشان دادن میزان تهویه موردنیاز جهت رسیدن به کیفیت مطلوب هوای درون با طرح تهویه طبیعی ارائه داده‌اند. این نمودار نشان می‌دهد که سطح آلودگی به صورت تصاعدی با میزان جریان هوا کاهش پیدا می‌کند و اگر سطح آلودگی پیشنهادی را بدانیم، می‌توانیم به راحتی میزان جریان هوای موردنیاز را تعریف کنیم. اگر میزان تهویه کافی برای کنترل آلودگی غالب به دست آید، برای حفظ و باقی ماندن زیر آستانه غلظت‌های آلودگی مطلوب‌تر خواهد بود.



نمودار ۴-۲- میزان تهویه مورد نیاز جهت رسیدن به کیفیت مطلوب هوای درون

(Natural Ventilation in Building, Allard F, 1998,P3)

برای یک ساختمان با تهویه طبیعی، انرژی مورد نیاز مستقیماً به نسبت نرخ تهویه افزایش خواهد یافت که به صورت تابعی از زمان و با توجه به ویژگی‌های باد و وضعیت گرمایی ساختمان متغیر خواهد بود. رفتار ساکنان مثل باز کردن یا بستن پنجره‌ها و درها تأثیر حتمی بر روی میزان مصرف کلی انرژی ساختمان خواهد داشت.



نمودار ۳-۴- تأثیر میزان جریان هوا به صورت تابعی از سطح آلودگی و نیاز انرژی

(Source: Natural Ventilation in Buildings, Allard F, 1998: 3)

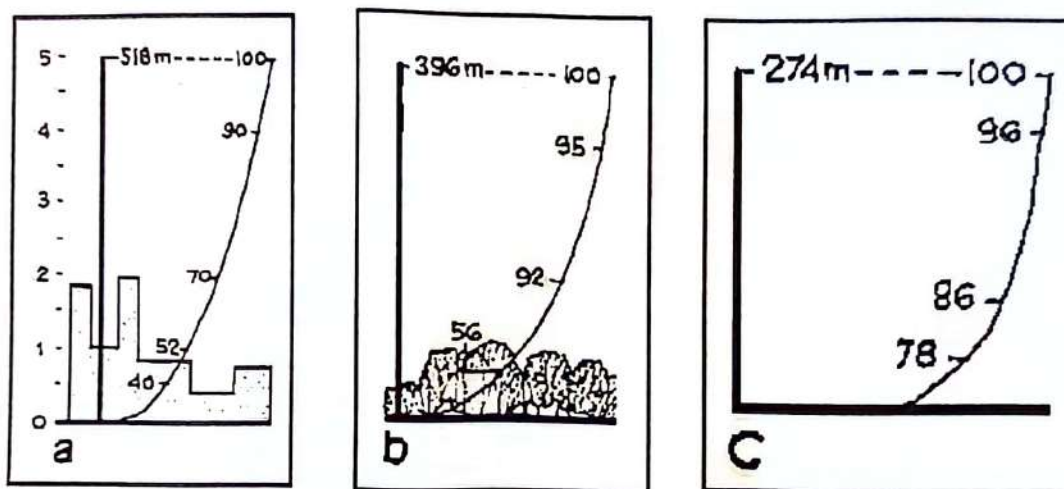
۴-۴-۴- عوامل مؤثر بر عملکرد تهویه طبیعی

ویژگی‌های واقعی مثل دیوارهای ساختمان مجاور، درختان و غیره که ممکن است بر روی حرکت هوا تأثیر بگذارند، باید در طرح تهویه طبیعی مدنظر قرار گیرند.

همان‌طور که در شکل ۴-۸ نشان داده شده است؛ در حریم بادشکن‌های متشکل از گیاهان و یا بدنه‌های کالبدی، سرعت جریان باد متأثر از ارتفاع بادشکن‌ها و درجه نفوذپذیری آن‌هاست.

حرکت جریان هوا یا بادهای به وسیله ساختمان‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند. شکل بام، ارتفاع و طول ساختمان همگی برای الگوهای باد مؤثرند و هر کدام تأثیر مجزایی بر روی هوای محیط پیرامون دارند. هم‌چنین، این موضوع در مورد ساختمان‌های گروهی (مجموعه‌ها) هم صادق است. در طراحی، برای به حداقل رساندن هرگونه تأثیر کانال‌سازی و دودکش‌گذاری که می‌تواند سبب دو برابر شدن سرعت باد شده و آشفته‌گی قوی ایجاد کنند؛ باید دقت کامل را مبذول داشت.

تصویر ۴-۹ نشان می‌دهد که چگونه یک گردابه جریان باد در جلوی یک ساختمان ایجاد می‌شود که ممکن است منجر به تأثیرات نامطلوب در سطح زمین شود. این تأثیر نامطلوب را می‌توان با ایجاد یک طاق کاذب یا سایبان نزدیک سطح زمین کاهش داد. در صورتی که یک ساختمان کوتاه در جلوی ساختمان بلند قرار داشته باشد، این مشکل افزایش می‌یابد؛ چراکه سرعت باد در سطح زمین بین ساختمان‌های کوتاه معمولاً کمتر از سرعت باد متداول است.



تصویر ۴-۸- نمودار افزایش سرعت باد با افزایش ارتفاع در مناطق شهری

(a) مناطق جنگلی، (b) حومه‌ی شهر، (c) مناطق باز

(Design Primer for Hot climate, Konya, 1980, P36)

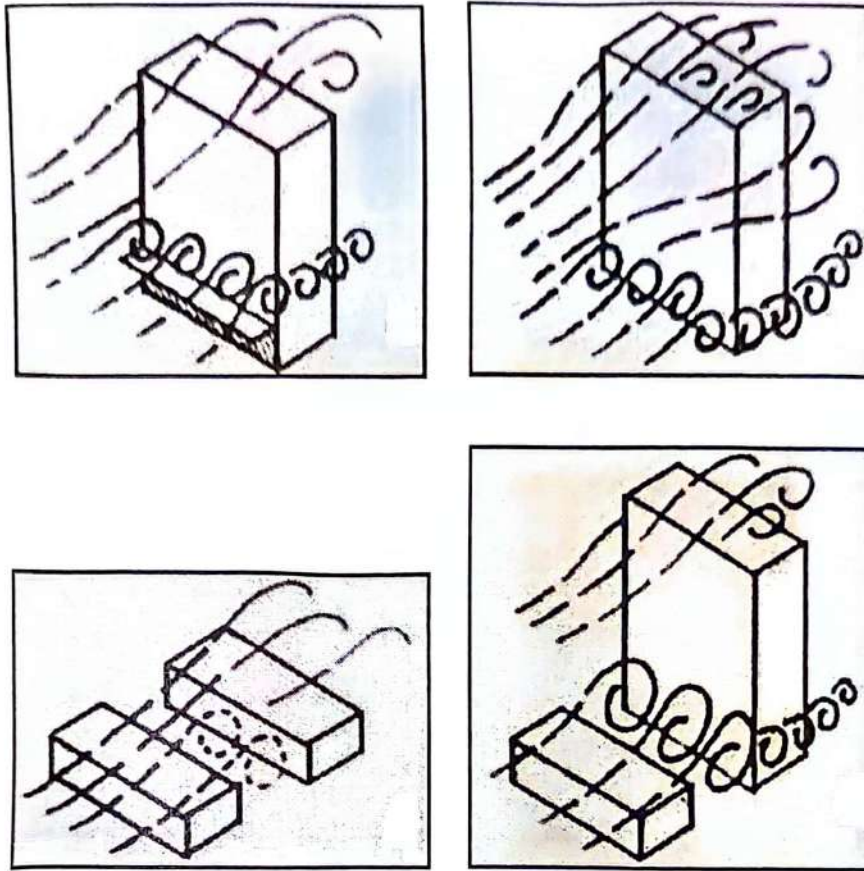
۴-۵- تهویه شبانه

طی روزهای تابستانی، داخل ساختمان‌ها مقدار زیادی از گرما را جذب خواهد کرد و این گرمای به دام افتاده تا شب وجود خواهد داشت و اگر گرمای اضافی تا قبل از صبح روز بعد قابل خارج نشده باشد، هوا بسیار گرم خواهد بود. تهویه هوای شبانه که اجازه‌ی تبادل طبیعی هوا و گرما را در طی شب‌های تابستان از طریق بازشوهای کنترلی پنجره‌ها مجاز می‌سازد، به خنک کردن فضای داخلی ساختمان طی شب کمک خواهد کرد. نمای دپوسته فرصت تهویه شبانه را در صورت برقراری امنیت لازم برای باز نگه داشتن پنجره‌های داخلی فراهم می‌کند. (Chew Wong, 2008,)

(80)

در روزهای گرم تابستان، وقتی که دمای خارجی بیشتر از ۲۶ درجه است، این احتمال وجود دارد که فضاهای داخلی به راحتی بیش از حد گرم شود. در این حالت ممکن است پیش سرمایش اتاق‌ها در طول شب با استفاده از تهویه طبیعی باعث صرفه‌جویی در انرژی شود. در این حالت، دماهای داخلی در طول ساعات اولیه صبح برای فراهم کردن آسایش حرارتی و بهبود کیفیت هوا برای استفاده‌کنندگان کمتر خواهد بود. در همان زمان، استفاده از تهویه طبیعی شبانه، ذخیره‌سازی حرارت مصالح اطراف آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. (مبلمان، سقف‌ها، دیوارها و ...). از طرف دیگر، اگر پنجره‌ها و درها بسته باشند و اگر سیستم‌های تهویه مکانیکی و سرمایش در شب کار نکنند، گرما در داخل به دام می‌افتد و باعث از بین بردن آسایش در ساعات اولیه صبح می‌شود. یکی از مزایای اصلی نماهای دوپوسته این است که می‌توانند تهویه شبانه طبیعی را فراهم کنند که محافظ در برابر شرایط جوی و همچنین سرقت شبانه است. طبق گفته لی و همکارانش در سال (۲۰۰۲) نماهای دوپوسته به منظور تهویه شبانه با دلایل امنیتی و حفاظت از باران که به عنوان مزیت اصلی مورد اشاره هستند، طراحی می‌شوند. طبق گفته استیک و همکارانش در سال (۲۰۰۰)، سرمایش شبانه به وسیله تهویه متقابل طبیعی نیاز به بازشوهای بزرگ در نماهای خارجی دارد (برای مثال اتصالات باز بین پانل‌ها با بازشوهای مؤثر ۲ درصد از مساحت سطح) (Poirazis, 2004, 63)

در طول روزهای گرم تابستان، احتمال گرمایش بیش از حد فضای داخلی وجود دارد؛ بنابراین در مناطق آب و هوایی با اختلاف زیاد شب و روز و باد غالب، تهویه شبانه برای خنک شدن توده گرمایی ساختمان و کاهش بار مکانیکی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، می‌تواند استفاده شود. در صورت بهره‌گیری از تهویه شبانه دمای فضای اداری در ساعات اولیه صبح پایین‌تر خواهد بود که شرایط مناسبی برای ساکنان فراهم می‌کند. تهویه شبانه کمک می‌کند که گرمای جذب شده توسط اجزای ساختمان (سازه، مبلمان و ...) در طول شب تخلیه شده و بار سرمایش سیستم HVAC را در ساعات اولیه صبح کاهش دهد. (Hashemi, 2010) مزیت اصلی تهویه شبانه نماهای دوپوسته در مقایسه با سایر گونه‌های نما در آن است که در این حالت، ساختمان هم از شرایط بد آب و هوایی محافظت می‌شود و هم امکان سرقت از ساختمان را کاهش می‌دهد. (Lee, 2002) در صورت بهره‌گیری از تهویه مکانیکی شبانه در نمای دوپوسته سطح بازشوها می‌بایست بزرگ‌تر باشد.



تصویر ۴-۹- چگونگی ایجاد گردابه جریان باد در جلوی ساختمان

(Design Primer for Hot Climate, Konya, 1980, P37)

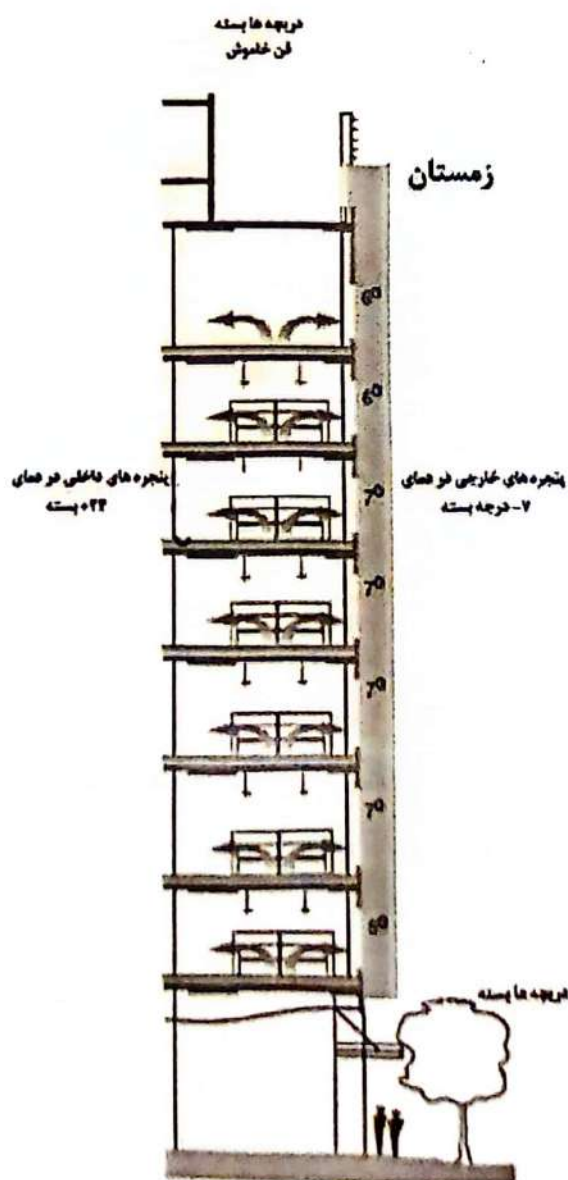
۴-۵- نماهای دوپوسته

۴-۵-۱- عملکرد تهویه مکانیکی

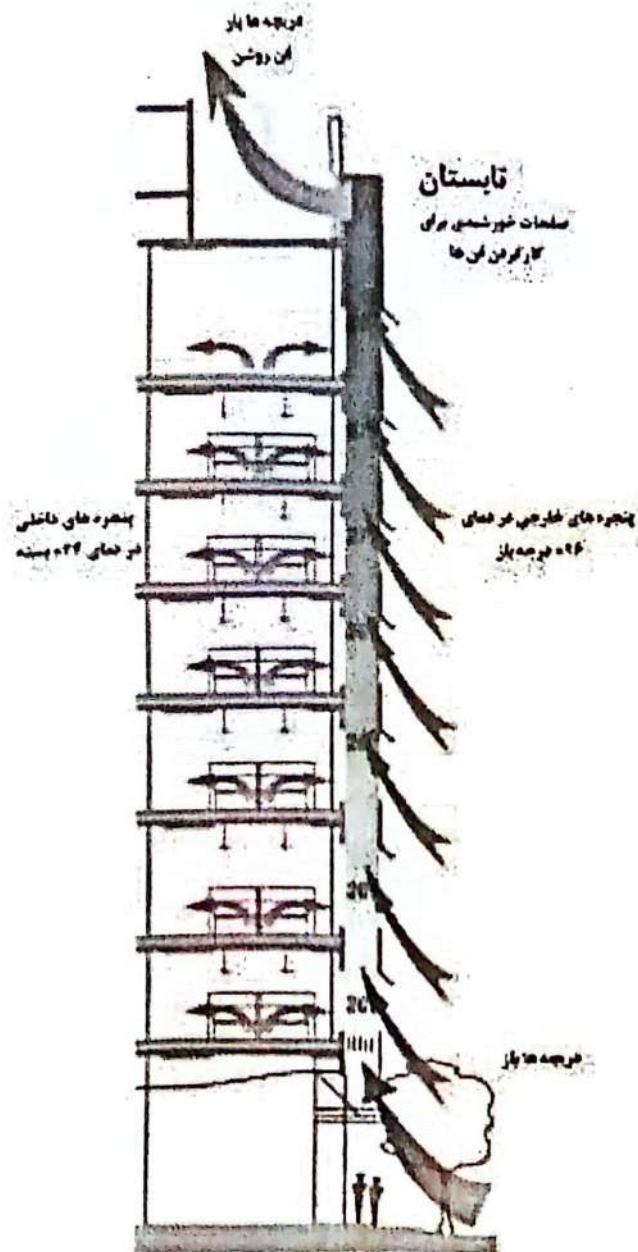
در سیستم تهویه مکانیکی، تهویه به کمک فن‌هایی ایجاد می‌شود که باعث به وجود آمدن جریان هوا در بین دوپوسته خواهد شد. کاربرد سیستم‌های تهویه مکانیکی معمولاً جهت تأمین هوا و یا خروج هوای استفاده شده و همچنین، توزیع هوای تازه به فضای ساختمان است. در این سیستم، هوای ورودی به صورت مستقیم به فضای داخل تزریق نمی‌گردد؛ بنابراین خطر آلودگی در ساختمان را بسیار کاهش می‌دهد.

سیستم‌های تهویه به صورت مکانیکی معمولاً از یک سیستم تهویه زمینی یا هوایی برای تولید یا تخلیه کردن هوای داخل حفره استفاده می‌کنند تا توزیع مناسبی از هوای تازه به دست آید. هوا توسط

وسایل مکانیکی به داخل حفره رانده می‌شود. این هوا بالا می‌رود و گرما را از حفره بیرون می‌برد و به سمت بالا ادامه می‌یابد تا به بیرون هدایت‌شده و یا دوباره در حفره بچرخد. از آنجایی که هوا به‌طور مستقیم از بیرون پمپ نمی‌شود، لذا ریسک کمتری برای آلودگی هوای حفره وجود دارد. (Barreneche, ۱۹۹۵). همچنین، چون سیستم تهویه مکانیکی این امکان را فراهم می‌سازد که ساختمان بسته باشد، در نتیجه ساختمان‌ها با استفاده از این سیستم نسبت به سیستم‌های تهویه طبیعی از صدای ترافیک بیشتر محافظت می‌شوند.



تصویر ۴-۱۰- کارکرد زمستانی دریچه‌ها و پنجره‌ها



تصویر ۴-۱۱- کاربرد تابستانه‌ی دریچه‌ها و پنجره‌ها

۴-۵-۲- موارد کاربرد تهویه مکانیکی

در مناطق با شرایط آب و هوایی سخت یا با کیفیت هوای نامناسب، سیستم تهویه مکانیکی می‌تواند شرایط را در ناحیه حائل تقریباً ثابت نگه دارد تا اثر هوای خارج بر روی محیط داخلی ساختمان کاهش یابد. (Poirazis, 2004, 36)

۴-۵-۳- ترکیب نمای دوپوسته و HVAC

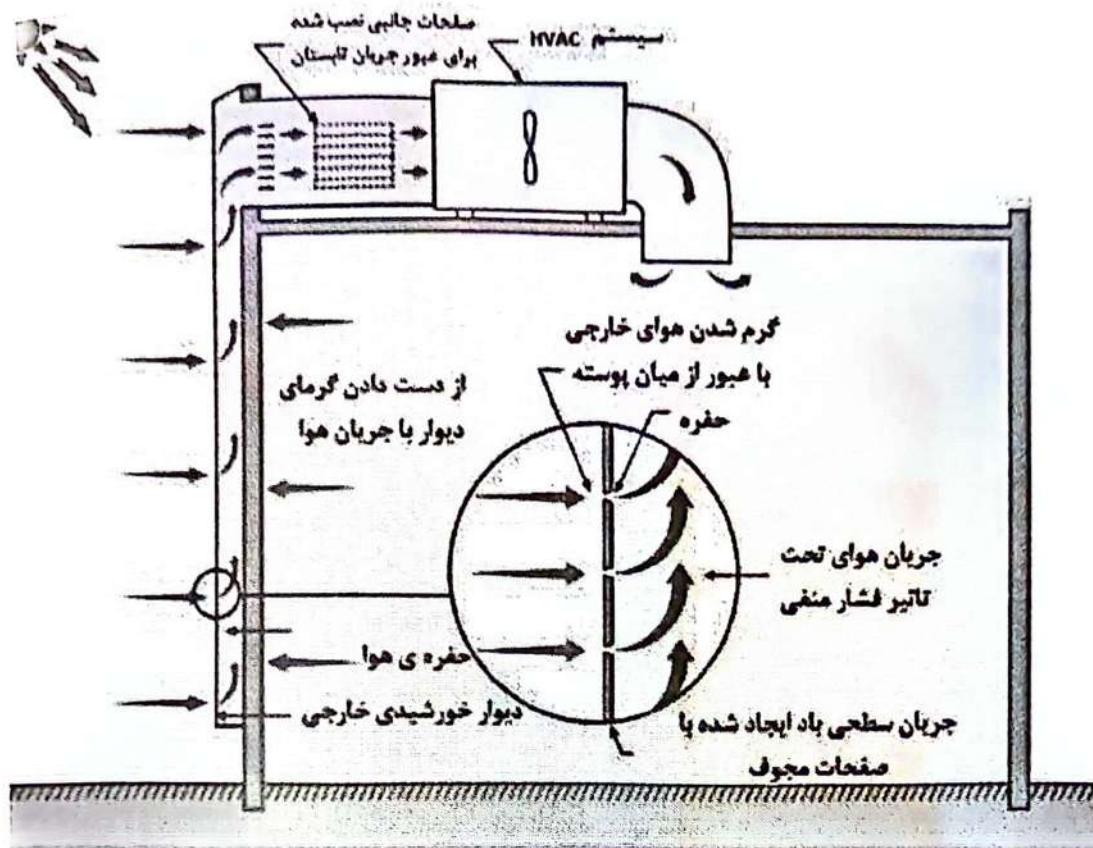
به دلیل ایجاد منظر مناسب، ایجاد شفافیت و ارتباط مستقیم بین درون و بیرون و کاربرد شیشه در بلندمرتبه‌سازی‌ها رو به فزونی است؛ و به دلیل نقاط ضعف ساختمان‌های بلندمرتبه از لحاظ اتلاف انرژی، به‌کارگیری روشی که علاوه بر بازده انرژی مناسب در طرح معماری و نمای ساختمان محدودیتی ایجاد نکند، به‌عنوان یکی از ضروریات در طراحی این‌گونه ساختمان‌ها به‌شمار می‌آید. سیستم نمای دوپوسته و تلفیق آن با سیستم HVAC سبب صرفه‌جویی ۳۰ درصد در مصرف انرژی می‌شوند و افزون بر تهویه طبیعی، وابستگی ساختمان را به نور طبیعی کاهش داده و نقش مهمی نیز در کاهش آلودگی صوتی دارد. علاوه بر این، در طبقات بالای ساختمان نیز در مقابل نیروی باد مقاومت حساسی از خود

نشان می‌دهد. تأمین نورگیری در ساختمان‌های بلندمرتبه معماری را به سمت استفاده از نماهای شیشه‌ای سوق داده است. علاوه بر هدر رفتن انرژی در ساختمان، به دلیل گرم شدن سریع محیط داخلی در تابستان و سرد شدن سریع فضا در زمستان آسایش ساکنان را به‌طور کامل تأمین نمی‌کند و از سوی دیگر منجر به افزایش انتشار آلودگی صوتی به داخل ساختمان می‌شود.

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

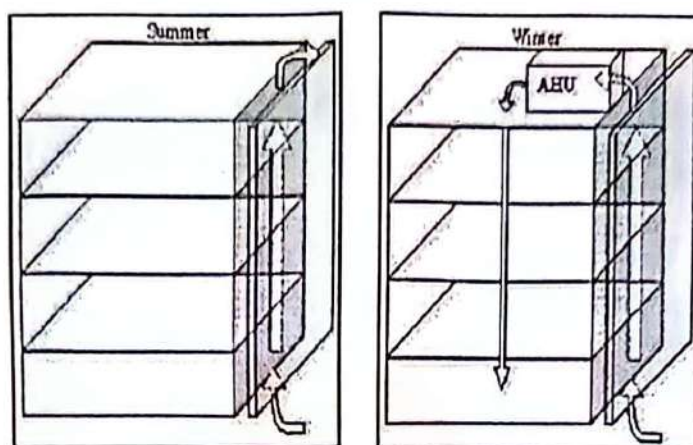
تعامل سیستم نمای دوپوسته با استراتژی HVAC ساختمان از عوامل مهم در عملکرد حرارتی و مصرف انرژی ساختمان خواهد بود. استک و پاسن در مقاله‌ای به تشریح استراتژی‌های متنوع HVAC برای گونه‌های متفاوت نمای دوپوسته پرداخته‌اند. آن‌ها اشاره می‌کنند که در روند طراحی ساختمان مراحل زیر می‌بایست مورد ملاحظه قرار گیرد:

- تعیین عملکرد نمای دوپوسته در ساختمان: برای این کار می‌بایست جریان هوا، عملکرد حرارتی، عملکرد آکوستیکی و امکانات کنترلی از قبل مشخص شده باشد.
- انتخاب گونه نمای دوپوسته، اجزای سازنده آن، مصالح و ابعاد نما
- بازبینی طرح HVAC جهت تطابق هرچه بیشتر با نمای دوپوسته
- انتخاب استراتژی کنترلی مناسب جهت نظارت بر عملکرد کل سیستم

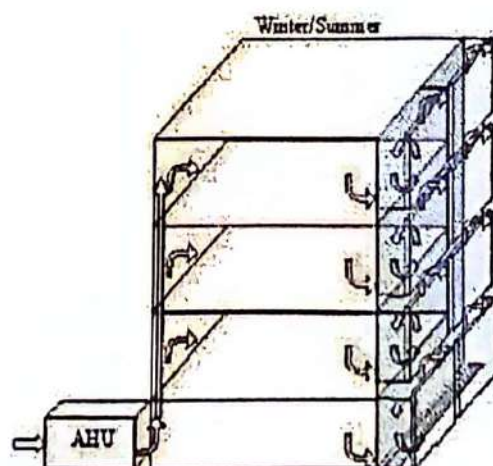


تصویر ۴-۱۲- عملکرد نمای دوپوسته با سیستم ترکیبی HVAC

به طور کلی، می توان گفت که ابعاد نما و بازشوهای آن باعث تخمین زدن جریان در داخل نما می گردد. در صورتی که حفره میانی باریک تر باشد، مقاومت بیشتری در مقابل جریان نشان خواهد داد و در نتیجه جریان کوچک تری در حفره میانی به وجود خواهد آمد. از طرف دیگر، در حفره میانی باریک تر، انتقال حرارتی از طریق همرفتی بیشتر خواهد بود و دمای درون حفره افزایش بیشتری خواهد داشت؛ در بازه های زمانی با هوای سرد بهتر است که از حفره میانی کم عرض استفاده کنیم تا جریان هوا را محدود کرده و دما را افزایش دهیم. در بازه های زمانی با هوای گرم، دمای دوپوسته می بایست به صورت پوششی در برابر جذب گرمای تابشی و انتقال حرارتی عمل کند. در این حالت نمی توان به سادگی گفت که حفره میانی عریض یا باریک تر می تواند مناسب باشد، زیرا در یکی دمای حفره میانی و در دیگری دمای لوورها افزایش خواهد یافت.



تصویر ۴-۱۳- نماهای دوپوسته به عنوان یک پیش گرم کننده مستقیم مرکزی منبع هوا
(Haase,2007,P45)



تصویر ۴-۱۴- نمای دوپوسته به عنوان یک داکت خروج گاز
(Haase,2007,45)

۴-۵-۴- روش ترکیبی نمای دوپوسته و HVAC

همان طور که استک و همکارانش در سال ۲۰۰۳ توصیف می کنند، یک سیستم «اچ وی ای سی» (تهویه مطبوع) را می توان با سه روش زیر در یک ساختمان اداری با نمای دوپوسته استفاده کرد:

- سیستم «اچ وی ای سی» کامل (نمای دوپوسته بخشی از اچ وی ای سی نیست) که می تواند به مصرف انرژی زیاد منجر شود. از طرف دیگر استفاده کننده می تواند هر زمانی

که ترجیح می‌دهد یکی از شرایط کنترل‌شده مکانیکی یا تهویه طبیعی با استفاده از نمای دوپوسته را انتخاب کند.

- سیستم «اچ وی ای سی» محدود (نمای دوپوسته تا حدی به عنوان بخشی از سیستم «اچ وی ای سی» عمل می‌کند و یا نقش اصلی را در ساختن یک شرایط آب و هوایی مناسب داخلی بازی می‌کند). در این روش نمای دوپوسته می‌تواند نقش‌های زیر را داشته باشد:
 - پیش گرم کننده هوای تهویه شده
 - داکت تهویه
 - پیش خنک کننده (بیشتر برای خنک کننده شب)

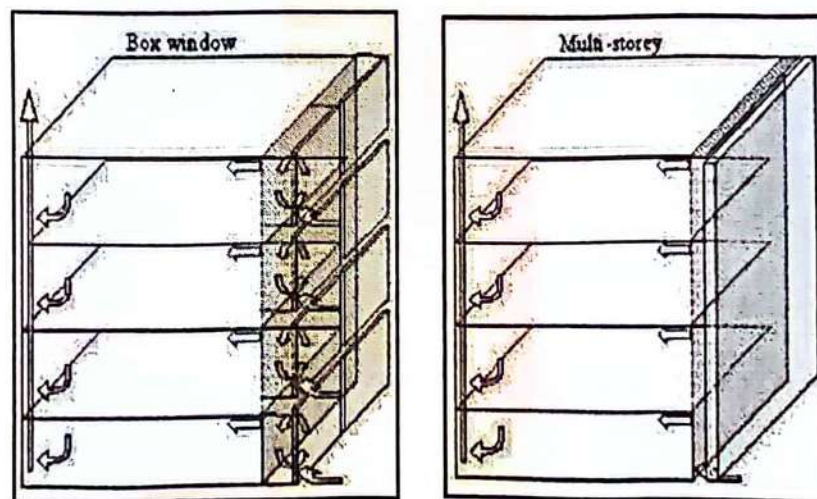
• بدون «اچ وی ای سی». نمای دوپوسته همه احتیاجات سیستم «اچ وی ای سی» را برآورده می‌کند. این یک حالت ایده آل است که می‌تواند به مصرف انرژی کمتر منجر شود. در طول دوره گرما، هوای خارجی می‌تواند از قسمت پایین تر نما وارد شده و پیش گرمایش در حفره انجام شود. بازشوهای خارجی جریان هوا و در نتیجه دما را کنترل می‌کنند. سپس از طریق سیستم تهویه مرکزی، هوا می‌تواند با یک دمای مناسب وارد ساختمان شود. در طول تابستان، هوا می‌تواند از بین بازشوهای قسمت بالای نما خارج شود. این استراتژی معمولاً در نماهای دوپوسته بلند چندطبقه کاربرد دارد. این نوع سیستم دمای هوای بهتری را در طول زمستان فراهم می‌کند، اما در طول تابستان احتمال بیش گرمایش، افزایش می‌یابد. (تصویر ۴-۱۳).

در تمام طول مدت سال، حفره نمای دوپوسته می‌تواند فقط به عنوان یک داکت خروج گاز بدون امکان برگشت گرما برای سیستم «اچ وی ای سی» استفاده شود (تصویر ۴-۱۴) که می‌تواند هم در طول زمستان و به همان اندازه هم در تابستان استفاده شود.

هدف اصلی از این پیکربندی، بهبود خصوصیات عایق کاری در زمستان و کاهش گرمای جذب شده در از تابش خورشیدی در تابستان است. هیچ محدودیتی در کنترل تک به تک بازشوهای پنجره‌ها وجود ندارد.

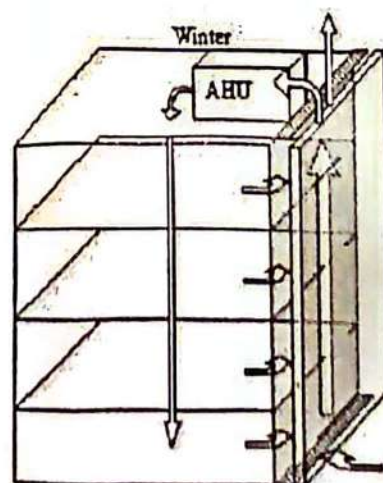
امکان استفاده از نماهای دوپوسته به عنوان یک منبع مجزا برای هوای گرم شده نیز وجود دارد (تصویر ۴-۱۵). این استراتژی هم می‌تواند در نوع چند طبقه و هم پنجره جعبه‌ای به کار گرفته شود. سیستم تهویه خروجی گاز، امکان جریان را از حفره به داخل اتاق و به داکت خروجی گاز فراهم می‌کند.

سرانجام، حفره نمای دوپوسته می‌تواند به‌عنوان یک داکت خروجی مرکزی برای سیستم تهویه استفاده شود. (تصویر ۴-۱۶). هوا از بین قسمت پایین حفره و از هر طبقه وارد می‌شود. سیستم تهویه ذخیره‌کننده، جریان را از درون اتاق به سمت حفره تحریک می‌کند. بازگشت هوا ممکن است به‌وسیله پمپ گرمایی و یا مولد گرمایی در بالای حفره انجام شود. پنجره‌ها به علت نبود هوای تازه در حفره نمی‌توانند بازشدنی باشند.



تصویر ۴-۱۵- نمای دوپوسته به‌عنوان منبع مجزای هوای گرم شده

(Haase,2007,P46)

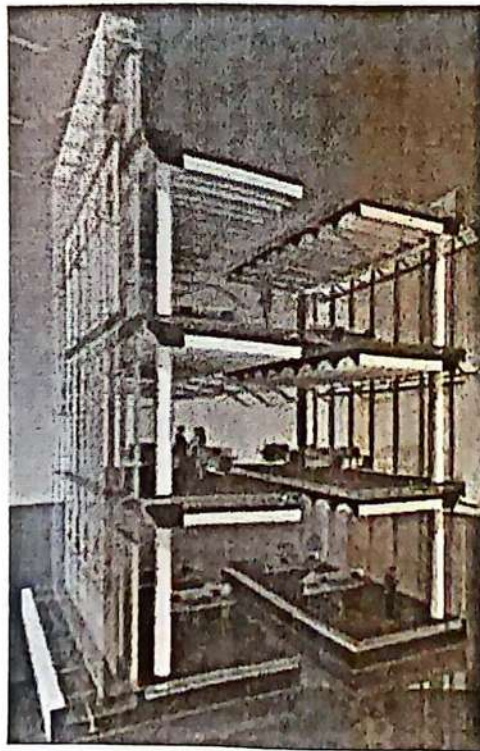


تصویر ۴-۱۶- نمای دوپوسته به‌عنوان داکت خروج گاز مرکزی برای سیستم تهویه

(Haase,2007,47)

۴-۵-۵- استراتژی کنترل

نکته‌ی بسیار مهم در زمان یکپارچه‌سازی سیستم نماهای دوپوسته در ساختمان‌ها تعریف یک استراتژی کنترل است که استفاده از تابش خورشیدی جذب‌شده در طول فصل گرما را ممکن ساخته و شرایط آسایش حرارتی قابل قبول در کل طول سال را فراهم کند. خطر بیش گرمایش اتاق‌ها در طول ماه‌های تابستان وقتی که طراحی نمای دوپوسته به درستی با استراتژی سیستم «اچ وی ای سی» ترکیب نشده باشد، خیلی بالاست.



تصویر ۴-۱۷- عملکرد برودتی نمای دوپوسته

طبق نظر استک و همکارانش (۲۰۰۳) این سیستم اجازه می‌دهد شرایط بیرون بر روی آب‌وهوای داخل تأثیر بگذارد. همان‌طور که نویسنده‌ها توصیف می‌کنند، سیستم کنترل کارآمد باید بتواند تغییرات سریع شرایط بیرونی را مدیریت کند. یک عملکرد موفق تنها زمانی میسر می‌شود که همه وسایل با یک سیستم کنترل جامع همگام شوند. سیستم تنظیم شرایط محیطی غیرفعال باید مطابق اهداف زیر عمل کند:

- استفاده‌کنندگان باید قادر باشند روی هر چیزی تأثیر بگذارند، حتی اگر مداخله آن‌ها باعث اتلاف انرژی شود.
- به‌منظور ذخیره کردن انرژی، سیستم کنترل بایستی قبل از استفاده از سیستم تهویه حداکثر استفاده را از شرایط بیرون داشته باشد.
- همه‌ی سیستم‌های کنترل باید روی تحقق یافتن آرامش با مصرف انرژی کم تمرکز کنند.
- در طول مدت‌زمانی که از ساختمان استفاده نمی‌شود؛ سیستم کنترل می‌بایست فقط روی ذخیره انرژی متمرکز شود؛ درحالی‌که در زمان استفاده از ساختمان باید روی راحتی و آسایش به‌خوبی تمرکز کند.
- سیستم کنترل با استفاده از اجزای غیرفعال و فعال سه وظیفه برای انجام دادن دارد:
- حفظ سطح مناسبی از درجه حرارت در داخل ساختمان
- تامین مقدار کافی از هوای تهویه شده برای ساختمان
- اطمینان از مقدار درست روشنایی داخل ساختمان (Haase, 2007: 49-50)



تصویر ۴-۱۸- شهر بالتزارو مالمونه

۴-۶- عملکرد برودتی نماهای دوپوسته

۴-۶-۱- الگوی جریان هوا در نماهای دوپوسته

با توجه به آنچه در بخش قبل در رابطه با چگونگی تهویه نمای دوپوسته گفته شد، الگوی جریان هوا در این نماها به دو حالت باز و بسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

• جریان هوای باز:

- حالت اول: هوا از پایین پوسته‌ی داخلی به حفره وارد و از بالای پوسته‌ی خارجی خارج می‌شود (سیستم تخلیه‌ی هوا)

- حالت دوم: هوا از پایین پوسته‌ی خارجی وارد حفره شده و از بالای پوسته‌ی داخلی وارد فضای داخلی می‌شود (سیستم منبع هوا).

• جریان هوای بسته:

- حالت اول: بین دو پوسته‌ی بسته گردش می‌کند (سیستم هوای حائل ایستا)

- حالت دوم: هوا از پایین پوسته‌ی خارجی وارد حفره شده و از بالای همان پوسته خارج می‌شود (سیستم پوشش هوای خارجی)

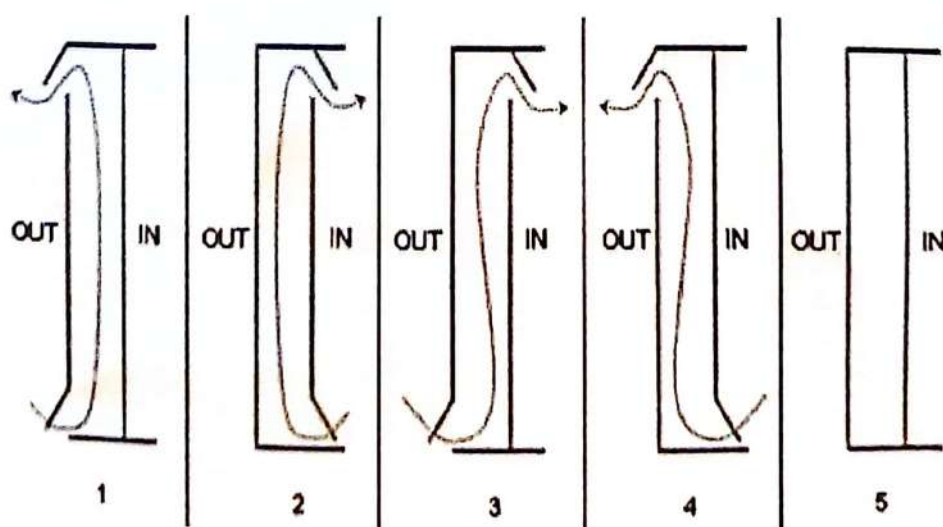
- حالت سوم هوا از پایین پوسته‌ی داخلی وارد حفره شده و از بالای همان پوسته دوباره وارد فضای داخلی می‌شود. (سیستم پوشش هوای داخلی). (Haase, 2007,9)

۴-۶-۲- منشأ جریان هوا در حفره میانی نما

با مبنا قرار دادن مبدأ و مقصد جریان هوا در حفره میانی، به‌عنوان عوامل اصلی و بدون در نظر گرفتن کاربری، می‌توان نماهای دو پوسته را در پنج گروه کلی طبقه‌بندی کرد. البته یک نما می‌تواند در زمان‌های مختلف حالت‌های متفاوتی از تهویه را با توجه به ابزار بکار رفته در آن (مانند دهانه‌های قابل باز و بسته شدن) به شرح ذیل داشته باشد:

۱. پرده هوای خارجی: در این نوع تهویه، جریان هوا از پوسته خارجی وارد حفره میانی می‌شود و با خروج از بازشوهای دیگر همین پوسته باعث تهویه هوای حفره میانی می‌گردد. بدین ترتیب بین دوپوسته، لایه‌ای از هوای خارج تشکیل می‌شود.

۲. پرده هوای داخلی: در این نوع تهویه، هوا از فضای داخلی اتاق به حفره میانی وارد شده و از آنجا مجدداً به درون اتاق وارد می‌شود و یا به سیستم تهویه ساختمان (به‌عنوان هوای برگشت) هدایت می‌شود. لایه تهویه به‌وسیله هوای داخلی ایجاد می‌شود.
۳. تأمین هوا: در این نوع تهویه، هوای تازه از خارج از ساختمان وارد فضای میانی گردیده و از آنجا به فضای داخلی و یا سیستم تهویه (به‌عنوان هوای تازه پیش گرم شده) هدایت می‌شود. این روش باعث تأمین هوای موردنیاز ساختمان می‌شود.
۴. خروج هوا: در این نوع تهویه، هوا از بخش داخلی وارد فضای میانی شده و از طریق بازشوهای موجود در پوسته خارجی ساختمان خارج می‌شود. چون در این حالت، هوای داخل به سمت خارج حرکت می‌کند، بنابراین تهویه نما باعث تخلیه هوا از فضاهای داخلی ساختمان می‌شود.
۵. منطقه حائل: در این نوع تهویه، هیچ بازشویی در دوپوسته قرار نمی‌گیرد. فضای حفره میانی به‌عنوان حائلی بین فضای کنترل‌شده داخلی و شرایط کنترل نشده خارج ساختمان قرار می‌گیرد که برای اماکن با آلودگی صوتی بالا مناسب‌ترین حالت است. این حالت تهویه کمی از دیگر نماهای دوپوسته متمایز است و با هوای محبوس ساخته شده است؛ در نتیجه دالان بین دوپوسته به شکل یک فضای بافر بین داخل و خارج، بدون هیچ حفره تهویه‌ای قرار می‌گیرد.



تصویر ۴-۱۹- پنج حالت تهویه در نماهای دوپوسته

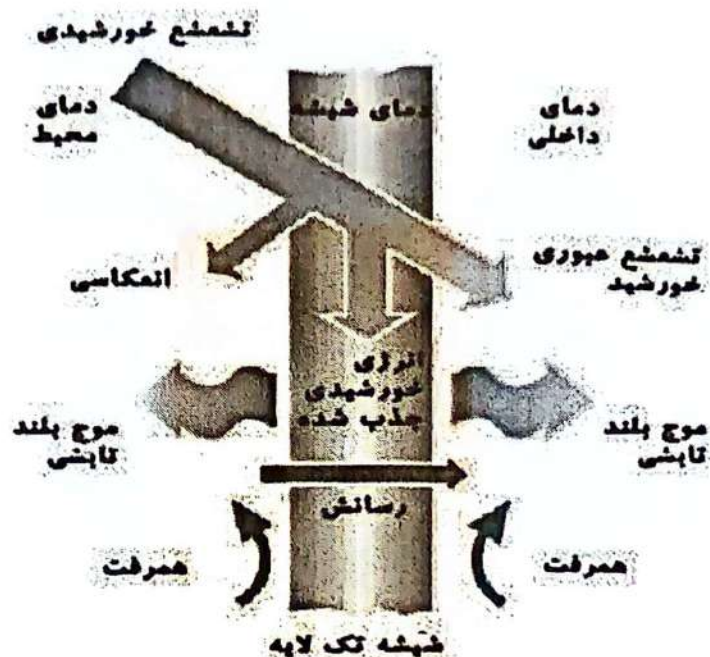
۴-۷- عملکرد گرمایی و روشنایی نماهای دوپوسته

دمای هوای درون یک نمای دوپوسته اساساً به گرمای جذب شده و مقدار جریان هوا وابسته است. با این وجود، در یک نمای دوپوسته با تهویه طبیعی، جریان هوا به طور عمده از طریق اختلاف دما با بیرون و احتمالاً اختلاف فشار ناشی از باد شکل می گیرد. جریان هوا به طور معمول بسیار نامنظم است. پوشش با تهویه طبیعی تا حدی بار گرمایی بالاتر ولی بار سرمایی پایین تری نسبت به پوشش سنتی دارد. (Haase, 2007)

نتایج شبیه سازی عددی انجام شده توسط مولیادی^۱ (۲۰۱۲) مزایای نماهای دوپوسته را در کاهش جذب حرارت خورشیدی روشن می سازد. اجزای نمای دوپوسته مانند شیشه ی خارجی، ابزار سایه اندازی و شیشه ی داخلی، نقش مهمی در به حداقل رساندن تأثیر تابش خورشیدی در هوای داخلی ایفا می کند. از آنجایی که اختلاف دما بین دمای محیط و داخل نسبتاً بالاست، جذب فراوان شیشه ی خارجی، ابزار سایه اندازی و شیشه ی داخلی، انتقال گرمای رسانی بالایی را سبب می شود. علاوه بر این، ضخامت شیشه نقش مهمی را در جذب حرارت خورشیدی نماهای دوپوسته ایفا می کند. با توجه به شبیه سازی های انجام شده، مشخص گردیده است که جذب حرارت خورشیدی در نماهای دوپوسته با ضخامت ۱۲ میلی متر برای شیشه های پوسته ی داخلی و خارجی با هراندازه ی تعیین شده برای حفره، اساساً پایین تر از ترکیب شیشه های دیگر است؛ به عبارت دیگر، ضخامت پایین شیشه باعث افزایش حرارت خورشیدی در هراندازه ای از فاصله بین دو شیشه می شود.

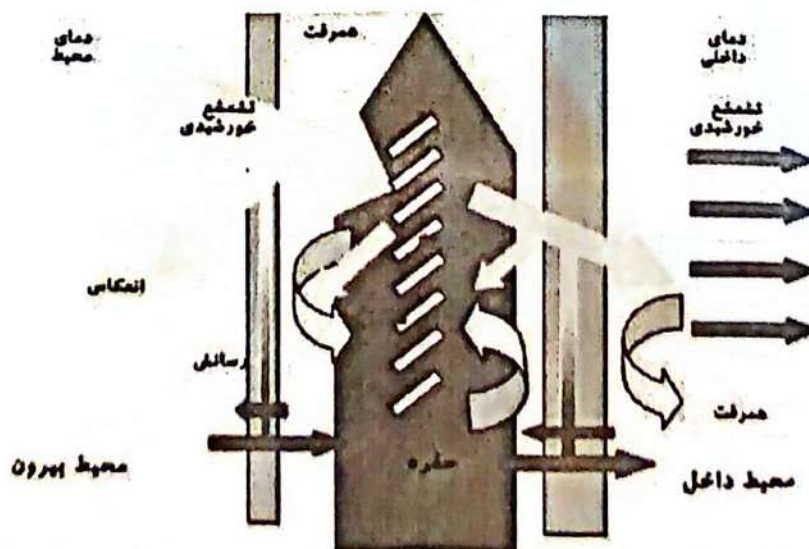
برای فهم بهتر عملکرد یک نمای شیشه ای، درک مکانیزم پاسخگویی شیشه به کسب گرمای خورشید بسیار با اهمیت است. اشعه مادون قرمز و نور مرئی (طول موج کوتاه) بیشترین بار گرمایی را دارند. این یک قانون کلی است که اشعه هایی با طول موج بلندتر، انرژی کمتری دارند. شیشه های شفاف معمولی اغلب نسبت به اشعه های خورشید با فرکانس بالا (طول موج کوتاه) نور گذر هستند و مانع از ورود اشعه هایی با فرکانس پایین (طول موج بلند) می شوند. انرژی گرمایی خورشیدی که از میان شیشه ها عبور می کند، سطوح داخلی را از طریق جذب و تابش گرم می کند، این گرمای بازتابنده شده دارای فرکانس پایین است و در نتیجه در اتاق حبس و باعث افزایش دما می شود. (Mulyadi, 2010: 65)

تصویر (۴-۲۰) مکانیزم انتقال گرما را در شیشه تک لایه و تصویر (۴-۲۱) مکانیزم انتقال گرما را در نمای دوپوسته نشان می‌دهد.



تصویر ۴-۲۰- انتقال گرما در شیشه‌ی تک لایه

(Azarbayjani, 2010;P33)



تصویر ۴-۲۱- انتقال گرما در نمای دوپوسته، (Azarbayjani, 2010,P 33)

نمای دوپوسته با افزایش سطح شفاف، دستیابی به نور طبیعی را افزایش می‌دهد و همچنین باعث افزایش نفوذ نور طبیعی در عمق فضا می‌شود. بهره‌گیری از انرژی خورشیدی با دی اس اف به واسطه تجهیزات سایه‌اندازی و قابلیت حفره برای جذب مقداری از اشعه‌های خورشید امکان‌پذیر است. سایبان‌های میانی مقداری از پرتوهای با طول موج کوتاه را منعکس نموده و با جذب مابقی پرتوها، آن را به شکل گرما با فرکانس پایین بازتابش می‌نمایند. از آنجایی که شیشه شفاف مانع گرمای با فرکانس پایین محسوب می‌شود، کسب گرما در شیشه داخلی وجود ندارد. فضای میانی به‌طور پیوسته گرمای کسب‌شده را خارج می‌کند. این گرمای خارج‌شده در یک سیستم تبادل گرما بازیافت می‌گردد تا بار گرمایی و سرمایی را متعادل نماید؛ بنابراین دی اس اف امکان ورود نور را بدون مزاحمت گرما به فضای داخل فراهم می‌نماید. همچنین DSF مشکل ایجاد خیرگی و تابش مستقیم را به‌وسیله پوسته ثانویه و سایبان‌ها برطرف می‌نماید.

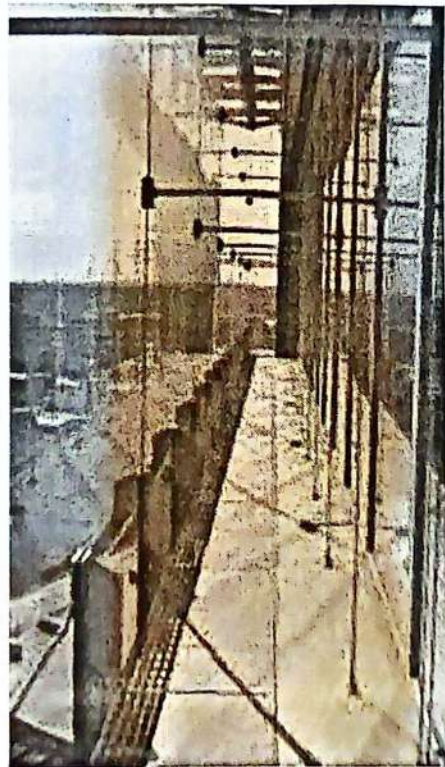


تصویر ۴-۲۲- سایبان در نما

• عملکرد روشنایی نماهای دوپوسته

هرچند که نماهای دوپوسته، نماهای غالباً شیشه‌ای می‌باشند، اما با توجه به مضاعف شدن لایه شیشه‌ای از میزان نور روز در مقایسه با نماهای مشابه تک لایه کاسته خواهد شد. (Oestrle, 2001)

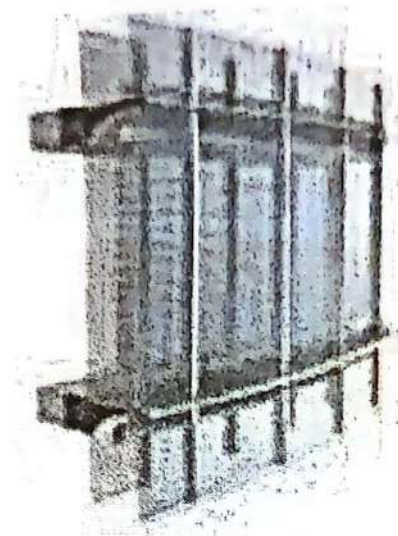
رفتار و طرز اعمال نور، بر تجربه از فضا و زیستن در فضای داخلی از بعد روانی بسیار تأثیرگذار می‌باشد. بدین لحاظ نور طبیعی روز، همیشه به‌عنوان یک پارامتر مهم در طراحی معماری مطرح بوده است.



تصویر ۴-۲۳- حفره‌ی نما

(<https://www.pinterest.com/supertramp02/facades-glass>)

هاین و همکاران از یکسو و گراتیا و هرد از سوی دیگر معتقدند که استفاده از دی اس اف مصرف انرژی روشنایی را با استفاده کامل از نور روز به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. (Hein et al 2005) (Gratia & Herde, 2007)



تصویر ۴-۲۴- شفافیت نمای دوپوسته



تصویر ۴-۲۵- لایه‌های دمایی اتاق و حفره نما تحت تأثیر نماهای دوپوسته

بر طبق عقیده‌ی پیرازیس، مشخصات نور روز دی اس اف شبیه به انواع دیگر نماهای شیشه‌ای می‌باشد. (مانند نماهای تک پوسته). این بدان معنی است که سطح طبقات می‌بایست در بیش از نیمی از بازه زمانی کارکرد سالانه ساختمان، حداقل ۳۰۰ لوکس روشنایی روز دریافت نمایند. (Poirazis, 2005)

از سوی دیگر، هاسگین و همکاران با رویکردی انتقادی نسبت به کارکرد دی‌اس‌اف، ادعا می‌کنند که لایه شیشه‌ای اضافی در پوسته خارجی، امکان استفاده از روشنایی روز را در سطح داخلی کاهش می‌دهد. همچنین این لایه، سطح وسیعی از ساختمان را پوشش و در صورت بروز آلودگی، سبب کاهش ورود نور به فضای داخلی می‌گردد. (Hoseggen et al, 2008)

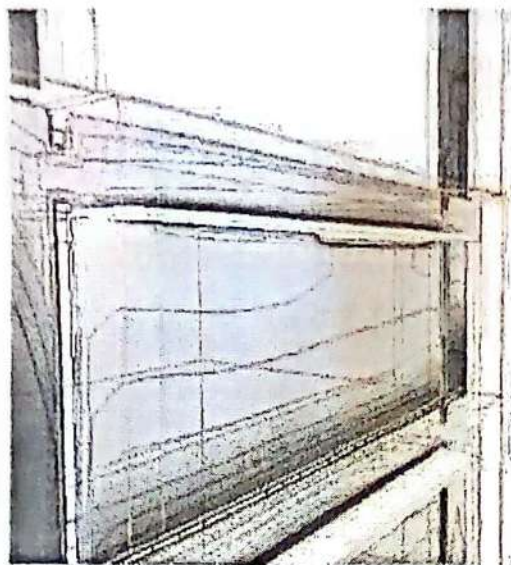
ویلجون دابیل، ویلسون و فانتوینونت (۱۹۹۷) مطالعه‌ای پیرامون لزوم استفاده از نور روز در یک ساختمان اداری در بروکسل انجام داده‌اند. عمق فضای پشت نمای دوپوسته ۱۶ متر و ارتفاع آن ۲/۵ متر بوده است. پیاده‌رو اصلی در فضای مابین شیشه داخلی و خارجی ۱/۴ متر عرض دارد. هدف اصلی تحقیق، بررسی تأثیر تغییر میزان درخشندگی پیاده‌رو بر نور فضاهای داخل است. بر این اساس، نمونه‌ها مختلف شبیه‌سازی کامپیوتری شده‌اند تا اثر تغییرات پیاده‌رو مشخص گردد. دو تغییر در بدنه ساختمان‌سازی نیز مورد آزمون قرار گرفته است: شیار کوچک متوجه به سمت داخل در نما و کاستن از فضای کف.

مشابه این تجربیات در ساختمان‌های با نمای دوپوسته، در مورد درخشندگی ساختمان‌های دارای لوورهای سایه‌انداز افقی، قفسه‌های نور یا ساختمان‌های با ارتفاع سقف کم انجام شده بود. اگر محیط فضای داخل به نور روز احتیاج داشته باشد مثلاً زمانی که برای بیش از نیمی از سال به ۳۰۰۰ لوکس نیاز باشد، به‌تنهایی و با استفاده از گزینه درخشندگی پیاده‌رو میزان نور روز در فضایی تواند تا ۲۳ درصد افزایش یابد. شیارهای نمای متوجه به سمت داخل هیچ افزایشی در سطح روشنایی روز تولید نمی‌کند. کم کردن سطح کف می‌تواند روشنایی روز را به میزان ۱۴ درصد افزایش دهد. هیچ‌کدام از گزینه‌های به کار رفته شده در پیاده‌رو توانایی تولید سطح روشنایی روز بیش از ۵۳ درصد فضای همی سطح کف را نداشتند؛ بنابراین، در زمان استفاده از شیشه‌های منعکس‌کننده که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند؛ بدیهی است که پلان‌ها باید با عمق کم طراحی شوند.

۷-۴-۱- تأثیر نماهای دوپوسته در لایه‌های دمایی اتاق و حفره نما

مکان بازشوی دودکش در نوع ستونی-راهرو به خروجی دودکش بستگی دارد؛ که آن‌هم به‌نوبه‌ی خود بر روی آسایش حرارتی داخلی و شتاب جریان هوا تأثیر خواهد گذاشت. این یک واقعیت است که به هر اندازه بازشوی خروجی دودکش نسبت به دریچه ورودی هوا بالاتر باشد، اثر

دودکشی قوی‌تری در داخل شکاف هوا پدید خواهد آمد و در نتیجه، هوای بیشتری را از فضای ساختمان برای گردش در ساختمان، بیرون خواهد کشید. فاکتور دیگری که بر روی شتاب هوا مؤثر است، سایز دریچه ورودی و خروجی می‌باشد. بر طبق اثر ونتوری، هرچه سایز کوچک‌تر، شتاب بالاتر.



تصویر ۴-۲۶- مشخصات دمای حفره - خروجی از فلونت.

(Azarbayjani, 2010: P121)

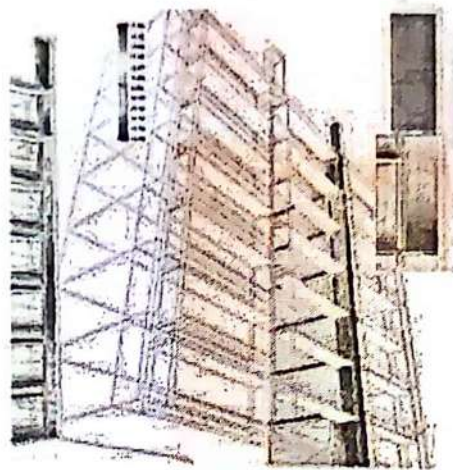
نتایج شبیه‌سازی انجام‌شده توسط آذربایجانی (۲۰۱۰) نشان می‌دهد که گرادیان دما از دریچه‌ی ورودی تا دریچه‌ی خروجی افزایش می‌یابد که دمای سطح بالاتر از طریق تجمع گرما و اثر شناوری حاصل می‌شود. (Azarbayjani, 2010: 120)

همچنین، دمای هوای داخلی اندکی بالاتر از دمای هوای خارج، در نیمه‌ی نزدیک اتاق به حفره و همچنین در نیمه‌ی بالایی اتاق می‌باشد. دما از 19°C در بازشوی پایینی به حدود $19/9^{\circ}\text{C}$ در بازشوی بالایی می‌رسد.

در تصویر ۴-۲۶، شبیه‌سازی حفره با نرم‌افزار فلونت نشان داده شده است. دما از 18°C در بازشوی پایینی به $19/5^{\circ}\text{C}$ در بازشوی بالایی می‌رسد. دمای هوای دودکش در حرکت به سمت بالا به‌صورت تصاعد خطی افزایش می‌یابد.

نتایج مذکور با در نظر گرفتن دمای 20°C برای خارج ساختمان و 480 W/m^2 انرژی تابشی خورشید به دست آمده است.

تصویر ۴-۲۷ نشان می‌دهد که دمای هوای داخلی اندکی بالاتر از نیمه‌ی پایینی هوای دودکش، در حدود 1°C برای هر طبقه است.

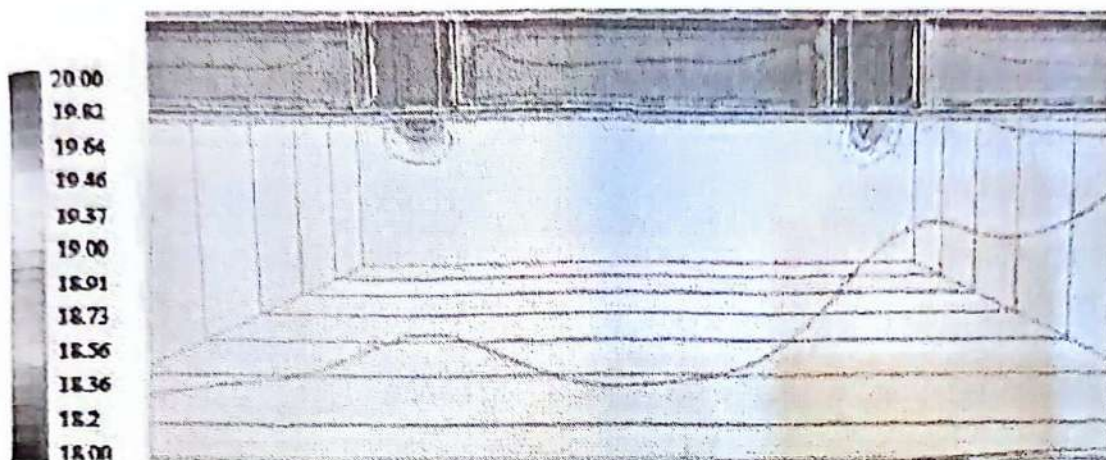


تصویر ۴-۲۷- مشخصات دمایی هوای دودکش

(Azarbayjani, 2010: P122)

تصویر ۴-۲۸ نشان‌دهنده مشخصات دمایی افقی در ارتفاع یک متری از کف است. دمای هوا در این قسمت، از حدود 20°C در نزدیکی شیشه تا حدود $19/3^{\circ}\text{C}$ در مرکز و $18/5^{\circ}\text{C}$ در پشت اتاق است. هوا در نزدیکی میانه اتاق به بالاترین دما می‌رسد. این تصویر همچنین نشان می‌دهد که غلظت گرمایی غالباً در مرکز فضا تجمع می‌یابد.

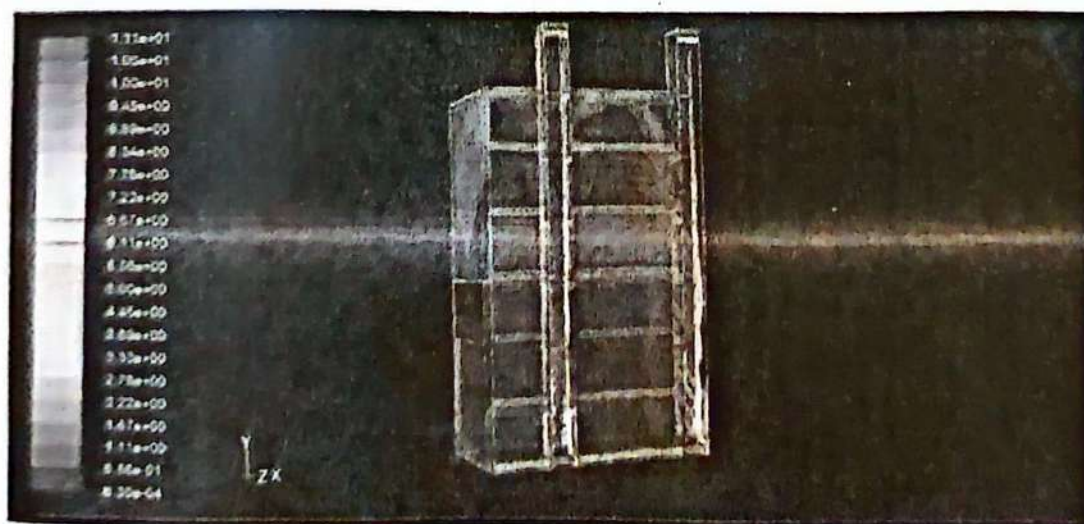
مطالعه منحنی دمایی نشان می‌دهد که طبقات پایین فضای اداره دارای دمای داخلی پایین‌تر در مقایسه با طبقات بالاتر هستند. وقتی ارتفاع محفظه‌ی ستونی افزایش می‌یابد، طبقات بالایی گرم‌ترین خواهند بود، این موضوع در طول تابستان، شرایط عدم آسایش را برای ساکنین در پی خواهد داشت. پی بردن به این موضوع که بخش میانی فضای طبقات، در تمامی طبقه‌ها در مقایسه با بخش جلویی فضای طبقات، دارای دمای بالاتری می‌باشد، بسیار جالب‌توجه است. این موضوع ممکن است به دلیل الگوی جریان هوا باشد. (Azarbayjani, 2010: 123)



تصویر ۴-۲۸- مشخصات دمایی افقی اتاق

(Azarbayjani, 2010: 122)

بر طبق مدل سازی انجام شده توسط آذربایجانی (۲۰۱۰)، در نما با نوع ستونی-راهرو، بالاترین سرعت جریان هوا در نزدیکی دریچه‌ی ورودی به محفظه ستونی و دریچه‌ی خروجی دودکش رخ می‌دهد. همان‌طور که در تصویر ۴-۲۹ نشان داده شده است، سرعت جریان تقریباً از طبقه اول به بالا افزایش می‌یابد. (Azarbayjani, 2010: 123)

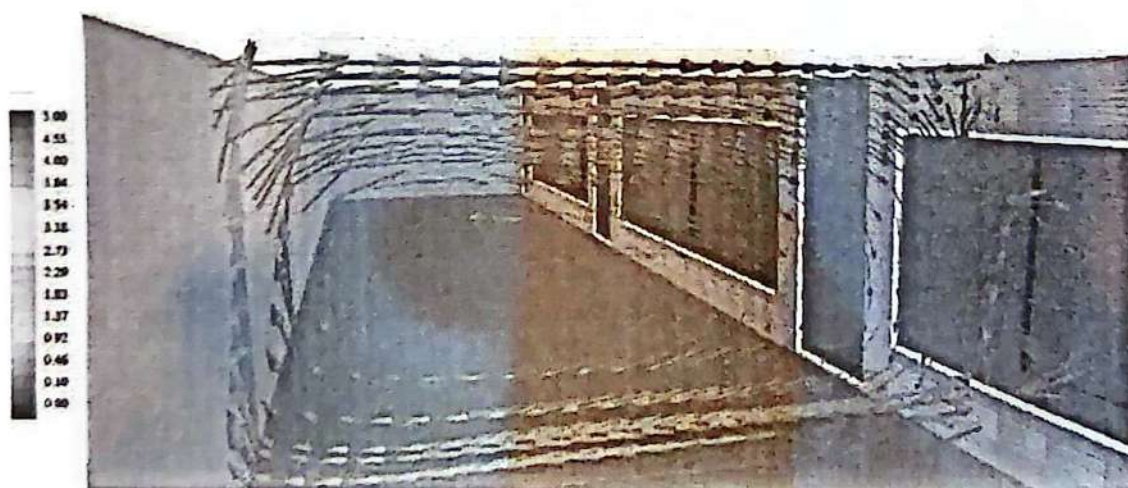


تصویر ۴-۲۹- مدل بردار سرعت هوا در ساختمان

(Azarbayjani, 2010, P122)

همچنین، سرعت جریان در نزدیکی بازشوها، زمانی که هوا در فضای کوچک‌تری تحت فشار می‌باشد، بیشترین مقدار است. در پشت اتاق سرعت جریان در حرکت به سمت دریچه خروجی و خارج شدن از دودکش، بالا می‌باشد. زمانی که باد بر روی شدت جریان هوا تأثیر می‌گذارد، بالاترین سرعت جریان در نزدیکی بازشوهای حفره به دست می‌آید. بالاترین سرعت جریان در دریچه ورودی حدود ۱۱ متر بر ثانیه و در بقیه قسمت‌ها به جز دریچه‌ها در دودکش نزدیک به ۵ متر بر ثانیه می‌باشد که در اثر باد و اثر دودکشی به حرکت در می‌آید. (Azarbayjani, 2010)

تصویر ۴-۳۰، مسیر جابجایی هوا از لایه‌های نزدیک به مرز دیوار تا حرکت آشفته در مرکز اتاق را نشان می‌دهد. جریان هوا در داخل اتاق کمتر از ۱ متر بر ثانیه و بیش‌تر از ۱/۰ متر بر ثانیه می‌باشد.



تصویر ۴-۳۰- بردار سرعت در اتاق

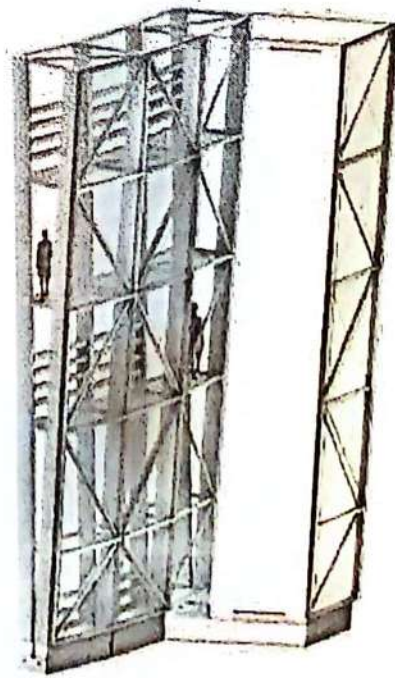
(Azarbayjani, 2010, P122)

در پژوهش آذربایجانی (۲۰۱۰) در نمای جنوبی، نمای ستونی-راهره با سرعت باد خارجی ۵ متر بر ثانیه و رطوبت هوای ۵۰ درصد در نظر گرفته شده است. سائز حفره به صورت ۳/۵ متر ارتفاع، ۷ متر عرض و ۱/۵ متر عمق می‌باشد. پیکربندی نمای دوپوسته در جبهه‌ی جنوبی، ۸۲ درصد محدوده‌ی قابل قبول برای ۰/۳ متر بازشو در دمای ۲۰°C خارجی فراهم می‌کند.

۴-۷-۲- تأثیر شیشه‌های نما در عملکرد گرمایی

محققانی از جمله هند ریکسن^۱، سورنسن^۲ و اسونسون^۳ بر روی اتلاف حرارت فضاها درونی و وضع انرژی در نماهای دو پوسته تمرکز دارند. آنان با بررسی چهار نمونه متفاوت از نماهای دوپوسته، اطلاعات مفیدی درباره‌ی نور روز، اقلیم و وضعیت انرژی به دست آورده‌اند. نمونه اول شامل دو جام شیشه ساده است و سه نمونه دیگر، دارای لایه‌های بیشتری به شرح ذیل می‌باشند:

- دو شیشه ساده
- دو شیشه داخلی و یک شیشه خارجی
- یک شیشه داخلی و دو شیشه خارجی
- دو شیشه داخلی و دو شیشه خارجی

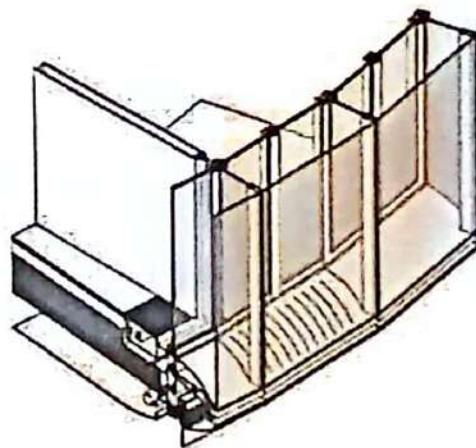


تصویر ۴-۳۱- جزئیات اتصال شیشه‌های نمای دوپوسته

(<http://www.herskhazeen.com/wp-content/uploads/2013/12/13-Facade-Detail.jpg>)

1. Hendrickson
2. Sorenson
3. Swenson

مطابق با نظر آنان، زمانی که یک لایه شیشه به شیشه low-e افزوده می‌شود، میزان کاهش اتلاف حرارت که به صورت U بیان می‌شود، تقریباً ۲۲ درصد است. افزودن یک لایه به لایه شیشه دوتایی low-e میزان اتلاف حرارت را تقریباً ۵۰ درصد کاهش خواهد داد. واضح است که در نماهای معمولی که تمام شیشه‌ای نیستند، در مقایسه با نماهای شیشه‌ای، اتلاف حرارت کمتری صورت می‌گیرد و آن هم به دلیل کاهش اتلاف حرارت در قسمت‌های غیر شفاف نماهای معمولی است که در مقایسه با شیشه بهتر عمل می‌کنند.



تصویر ۴-۳۲- سطح قابل توجه شیشه در نما برای روشنایی روز

(<https://www.researchgate.net>)

گزارشی از دانشگاه واترلو توسط استروبل^۱ (۲۰۰۱) یک بررسی کلی از سیستم نماهای معمولی تا دپوسته ارائه می‌دهد. این گزارش به تهیه روشنایی روز مناسب، پیشنهاد کردن گونه‌های شیشه و ابزار سایه‌اندازی اشاره دارد. محققان ضریب بهره حرارت خورشیدی و انتقال بصری را برای گونه‌های نماهای زیر را محاسبه کرده‌اند:

- دیوار غیر شفاف
- شیشه‌های گزیده‌ی در طیفی
- شیشه‌های گزیده دو طیفی با سایه‌ی خارجی

1. Oesterbell

- دوشیشه بازتابی
- شیشه‌های گزیده سرطیفی
- نمای دوپوسته بیرونی با سایه
- خروجی منفذ نمای دوپوسته با سایه



تصویر ۲-۳۳- نمای دو پوسته تهویه پذیر

(http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/143559-8344099.jpg)

مطالعات نشان داده‌است که روشنایی روز و نماهای دوپوسته موضوعات کاملاً مرتبطی نیستند. از این رو همه نماها می‌توانند با میزان سطح مناسب پنجره میزان مناسبی از روشنایی روز را فراهم کنند و نماهای دوپوسته قطعاً تنها و بهترین راه برای دست یافتن به حداکثر روشنایی روز در ساختمان‌های اداری نیستند. در ساختمان‌های با نماهای معمولی نیز با قرارگیری پنجره‌ها در جای مناسب، نور روز به اندازه کافی تأمین می‌شود. نماهای دوپوسته دارای نقاط مثبت و منفی هستند؛ از جمله اینکه اجازه می‌دهند مقدار زیادی نور زمانی که زاویه تابش آفتاب کم است ضمن سایه

فصل چهارم: عملکرد حرارتی و برودتی نماهای دوپوسته ۲۰۷

انداختن داخل شود. ضمن اینکه اجازه می دهند مقدار زیادی نور و تابش در فصول گرم داخل شوند و مقدار زیادی حرارت در طول شب های زمستان خارج شود.

استرل^۱ (۲۰۰۱) ادعا می کند که خواص روشنایی روز در نماهای دوپوسته مانند گونه های نماهای شیشه ای معمولی است. هرچند او با تمرکز بر تناوب اصلی ویژه در نماهای دوپوسته مواردی را به شرح ذیل ارائه داده است:

- کاهش مقدار نور داخل شونده اتاق به عنوان نتیجه ای از پوسته خارجی اضافی.
- عمق اضافی مؤثر اتاق ناشی از طرح نما.
- اثر جبران کننده سطح بزرگ تر شیشه
- امکان نصب عوامل انعکاس دهنده نور در فضای میان نما جایی که در برابر آب و هوا حفاظت شده اند.



تصویر ۴-۳۴- لوورهای شیشه ای متحرک

(<https://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

۴-۷-۳- اهمیت سایه بان‌ها در عملکرد گرمایی

بوس لی^۱ و استرل (۲۰۰۲) بر اهمیت موقعیت وسایل سایه‌اندازی در داخل حفره نماهای دوپوسته تأکید می‌کنند. آنان بر این باورند که برای حفاظت از سیستم سایه‌اندازی خورشید در مقابل باران، باد و غیره، سایه‌اندازها باید در داخل حفره میانی قرار گیرند. در نتیجه حفره به دو حفره جزئی‌تر تقسیم خواهد شد.

از این رو، موقعیت سایه‌اندازی در داخل این فضا نقش مهمی در توزیع و بهره‌برداری حرارتی در حفره میانی ایفا می‌کند. با توجه به توصیف استرل (۲۰۰۱)، فضای کوچک‌تر نسبت به فضای بزرگ‌تر حرارت بالاتری خواهد داشت. اگر سایه‌اندازی خورشید فقط در مقابل نمای داخلی قرار گیرد و اگر فضای داخلی بین آن دو تهویه نشده باشد، هوای مقابل پنجره ممکن است به‌طور قابل ملاحظه‌ای گرم شود که این امر پدیده‌ای ناخوشایند است، خواه پنجره‌ها باز باشند یا بسته. زمانی که پنجره‌ها بسته هستند، انتشار حرارت ثانویه رخ می‌دهد و هنگامی که پنجره‌ها باز هستند، حتی وضعیت بدتر است؛ چون جریان مستقیم هوای گرم به داخل خواهد بود.

با در نظر گرفتن چنین شرایطی، بوس لی و استرل بر این باورند که سایه‌اندازی خورشید باید در نیمه خارجی فضای میانی قرار گیرد. موقعیت ایدئال آن نیز تقریباً یک‌سوم حفره نما با تهویه خوب هوا به سمت حفره خارجی در بالا و زیر سایه‌اندازی خورشیدی است.

برای اجتناب از افزایش حرارتی اضافه و بار حرارتی این لایه، موقعیت مذکور نباید بیش از حد به هریک از دو قاب شیشه‌ای خارجی نزدیک شود. برای در نظر داشتن تهویه هوای مناسب سفارش شده است تا حداقل فاصله بین سایه‌انداز و پیوسته خارجی نما ۱۵ سانتی‌متر باشد.

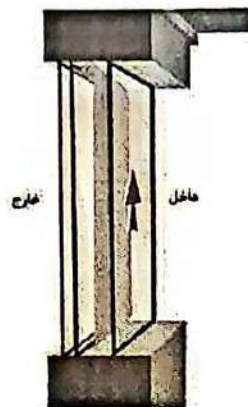
مطابق جاگر (۲۰۰۳) جذب ابزار سایه‌اندازی نباید بیش از ۴۰ درصد باشد و ابزار سایه‌اندازی مناسب پرده‌های ونیزی هستند.

آرونز (۲۰۰۲) به تأثیر مصالح مختلف پرده‌های میانی بر آسایش حرارتی و مصرف انرژی در زمان اشغال طبقه اشاره می‌کند. به اعتقاد وی اگر هوا در امتداد سطح پرده‌ها حرکت کند و سپس از طریق حفره جابه‌جا شود، جذب گرما توسط ابزار سایه‌اندازی خورشید با همرفت جابه‌جا خواهد شد. اثربخشی این تغییر محل حرارت با کاهش ضریب بهره‌برداری حرارت خورشیدی^۲ یا ضریب

1. lee

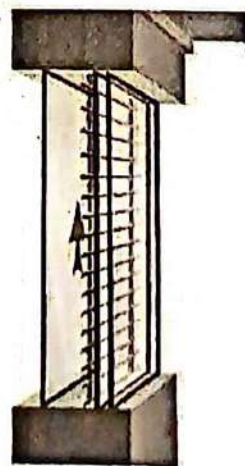
2. SHGC

خورشیدی^۱ ثابت شده است. همچنین هوایی که میان حفره حرکت می‌کند، از هوای خارجی سردتر است و در نتیجه، تفاوت دمای میان شیشه داخلی کاهش خواهد یافت. ضریب خورشیدی را می‌توان با تنظیم پرده‌ها تنظیم نمود. در طول دوره حرارتی، اگر پرده‌ها مقداری حرارت جذب کنند، مقدار U افزایش خواهد یافت که به موجب آن، افزایش دمای حفره و کاهش تفاوت دما بین حفره و قسمت داخلی به وجود می‌آید.



تصویر ۴-۳۵- موقعیت سایه انداز بین دو لایه نما

(Roelofsen^۹، ۲۰۰۲)



تصویر ۴-۳۶- نوعی دیگر از سایه انداز بین دو لایه نما

(Roelofsen^۹، ۲۰۰۲)

1. SF :Solar Factor

۴-۷-۴- عملکرد نماهای دوپوسته در فصول گرم و سرد

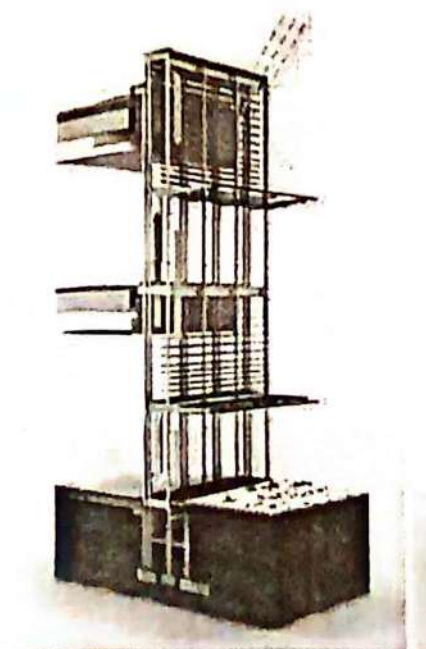
• فصول گرم:

با توجه به تابش زیاد خورشید در فصول گرم، فضای حفره DSF به مقدار قابل توجهی گرم می‌گردد. به دلیل وجود نیروی شناوری، هوای گرم در داخل حفره DSF به سمت بالا حرکت می‌کند. این امر سبب مکش جریان از داخل طبقات گردیده و تهویه فضای داخلی به صورت طبیعی انجام می‌گیرد. در بعضی مواقع، به دلیل وجود فشار منفی دریچه‌های جبهه دیگر ساختمان هوای گرم از داخل حفره به سمت فضای داخلی طبقات جریان می‌یابد که این مسئله آسایش ساکنین را با مشکل روبرو می‌سازد. سایبان‌ها نیز که بین لایه‌ها قرار دارند، پرتوهای زائد خورشیدی را جذب و یا منعکس می‌کنند. اگر هوا در طول سطح کرکره‌ها جریان داشته باشد گرمای جذب شده توسط تجهیزات سایه‌اندازی می‌تواند از طریق همرفت منتقل شود و سپس از حفره خارج شود.

در طی فصول گرم، هوای دمیده شده در شکاف نما حرارت ذخیره شده در آن را خارج می‌سازد و لذا از نظر تئوری، دمای غشای میانی پایین نگه‌داشته می‌شود و این امر رسانش-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 شیوه‌ای پارانوکسی گرمای خورشید به خنک کردن نما کمک می‌کند.

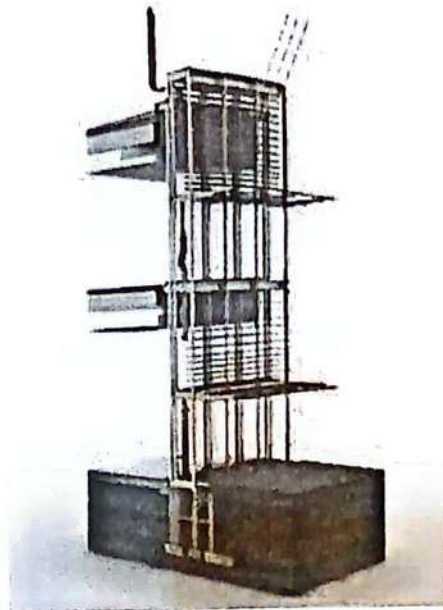
در طول تابستان، هوای گرم داخل حفره در زمان تهویه می‌تواند خارج شود (به صورت طبیعی یا مکانیکی). همان‌طور که لی و همکارانش در سال (۲۰۰۲) توضیح می‌دهند، زمانی که بازتابش ناشی از تابش جذب شده به سمت حفره میانی منتشر می‌شود، اثر دودکش طبیعی به وجود می‌آید که موجب بالا رفتن هوا گردیده و از این طریق حرارت اضافی را می‌گیرد. موضوع با اهمیت برای تهویه مناسب حفره این است که ترکیباتی از انواع قاب‌ها و انواع وسایل سایه‌اندازی به دقت انتخاب شوند تا حفره و همچنین فضای داخلی بیش از اندازه گرم نشود. هندسه حفره از اهمیت بسزایی برخوردار است، چون عرض و ارتفاع حفره و سائز بازسوها می‌تواند برای درجه حرارت‌های متوسط و برای جریان هوا تعیین‌کننده

باشد (اگر حفره به صورت طبیعی تهویه می شود). پارامتر مهم دیگر که باید مورد ملاحظه قرار گیرد موقعیت قرارگیری وسایل سایه اندازی است. استرله و همکارانش در سال (۲۰۰۱) و همچنین لی و همکارانش در سال (۲۰۰۲) موقعیت درست سایبان خورشیدی را توصیف می کنند. بر اساس ادعای آن ها، این وسایل باید در نیمه خارجی فضای میانی قرار بگیرد. در ضمن، وسایل سایه انداز غالباً به شکل کرکره های افقی و قابل تنظیم به عنوان یک وسیله خنک کننده غیرفعال عمل کرده و انرژی خورشید را جذب یا منعکس می کنند. گرمای جذب شده توسط حفره نما با حرکت هوا و عمدتاً از طریق همرفت دفع می گردد و بدین ترتیب با کاهش بار وسایل خنک کننده موجب ذخیره انرژی می شود. در فصل گرما هوا در حفره میانی گرم می شود و می بایست به کمک تهویه طبیعی یا مکانیکی از این فضا خارج گردد. استیک و همکارانش در سال (۲۰۰۰) ادعا کردند که «اگر آسایش با تهویه طبیعی هدف موردنظر است، نیمه داخلی نما باید عایق شود. در غیر این صورت سرمایش مکانیکی باید به کار گرفته شود.» (Poirazis, 2004, 62)



تصویر ۴-۳۷- انتشار بازتابش ناشی از تابش جذب شده در حفره میانی

(<http://continuingeducation.construction.com/article.php?L=5&C=685&P=4>)



تصویر ۴-۳۷- گرم شدن و خروج هوای حفره‌ی میانی

(<http://continuingeducation.construction.com/article.php?L=5&C=685&P=4>)

• فصول سرد:

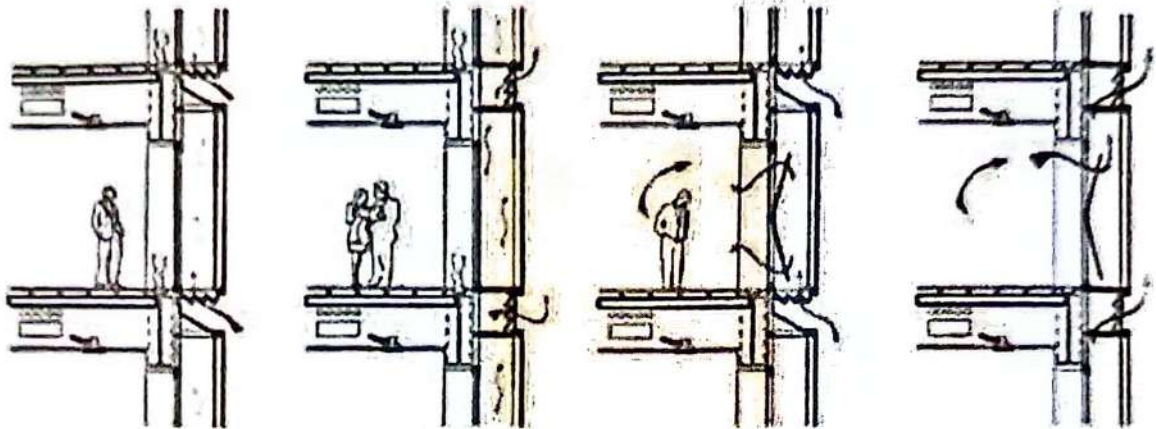
در طی فصول سرد می‌توان دو حالت برای عملکرد این نما در نظر گرفت: در حالت اول، نما به شکل سیستم بسته‌ای است که هوا در آن جریان ندارد. لذا هوای میان شکاف گرم شده و دمای سطح شیشه داخلی را افزایش می‌دهد و در نتیجه رسانش همرفت و اتلاف تابش کاهش می‌یابد.

در حالت دوم، هوای گرم از فضای زندگی داخلی شکاف وارد می‌شود، سطح شیشه داخلی را گرم کرده و به همان نتایج فوق دست می‌یابد. با توجه به آنکه در طی فصول سرد، تابش مستقیم آفتاب غالباً مطلوب است، با استفاده از قابلیت تنظیم کرکره‌ها می‌توان از پرتوهای خورشید برای گرم کردن ناحیه نزدیک پنجره استفاده کرد. (باب الحوائجی و دیگران، ۱۳۹۰)

طبق نظر استک و همکارانش، برای دوره زمستان، مهم‌ترین پارامتر می‌بایست بازده برگشت گرما باشد و این بازده بستگی به عوامل زیر دارد:

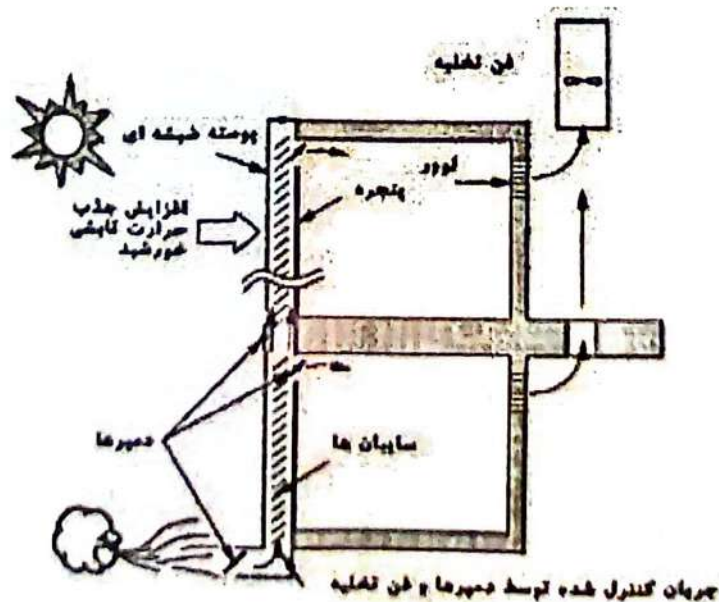
• شرایط بیرونی

- ابعاد حفره (عرض حفره)
- مساحت دریچه‌های ورودی و خروجی هوای بیرون
- ارتفاع ساختمان (تعداد طبقات)



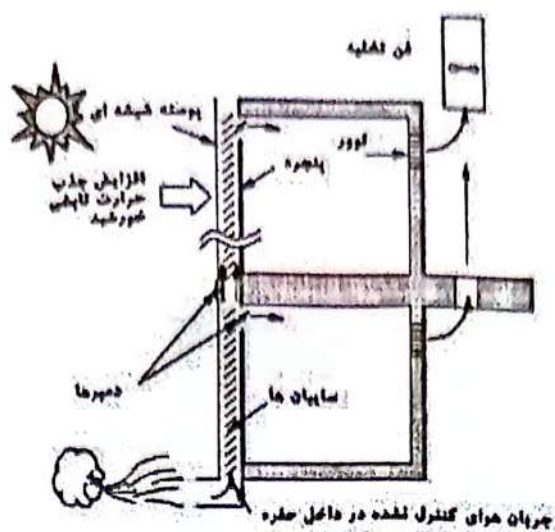
تصویر ۴-۳۸- تهریه ترکیبی طبیعی و مکانیکی در ساختمان مینروا در لندن، اثر نیکولاس گریمشو

(<https://www.wbdg.org/guides-specifications>)



تصویر ۴-۳۹- نمای دو جریان هوای کنترل شده در داخل حفره

(Haase, 2007:P 48)



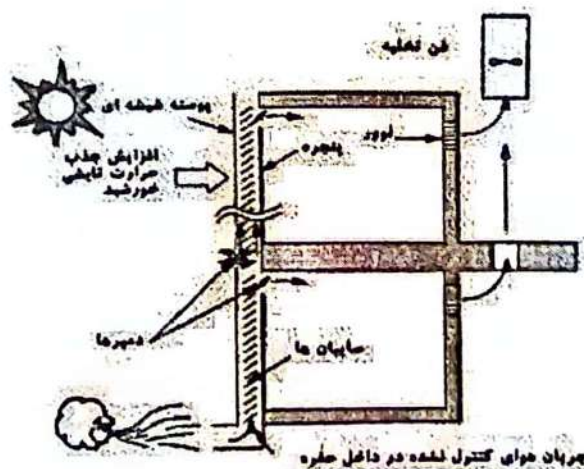
تصویر ۴-۴- نمای دو پوسته جریان هوای کنترل نشده در داخل حفره

(Haase, 2007: P48)

برای شبیه سازی نویسندگان ۴ مدل مختلف نمای دو پوسته زیر را انتخاب کردند:

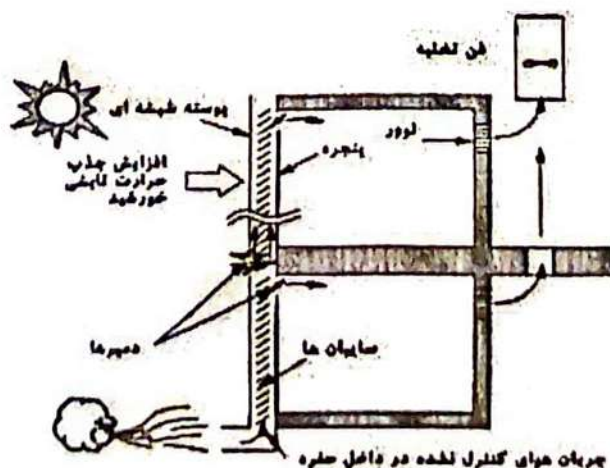
۱. نمای دو پوسته با جریان هوای کنترل شده از بین حفره ها (تصویر ۴-۳۹). نما به صورت چند طبقه بدون اتصالات باز شو است که اجازه می دهد هوا خارج شود. فقط یک دریچه ورودی برای جریان هوای تهویه در پایین نما وجود دارد. این دریچه به وسیله یک تعدیل کننده هوا به صورتی کنترل می شود که عرضه هوا به داخل حفره فقط برای تهویه کردن اتاق های بالایی کافی باشد. تهویه کننده ی آهسته ی کنترل شده، جریان هوای مطلوب را به هر اتاق می رساند. (۸۰ متر مکعب در ساعت)
۲. در اینجا هیچ اتصال بازی در طبقات وجود ندارد، هیچ جریان کنترل شده ای در حفره وجود ندارد و هیچ دریچه ای در کل سیستم وجود ندارد (تصویر ۴-۴۰). علاوه بر این، قسمت بالای نما باز است تا اجازه ی خروج هوا را بدهد.
۳. در اینجا اتصالات باز بین محیط خارج و حفره در هر طبقه وجود دارد که باعث می شود تبادل حرارتی بین هوای داخل حفره و هوای خارج انجام شود. جریان هوای اصلی مانند سیستم دوم است (تصویر ۴-۴۱)، استک و همکارانش ادعا می کنند که این سیستم بهترین حالت برای زمان تابستان می باشد که سرمایش مورد نیاز است، اما به دلیل اتصالات باز، پیش گرمایش هوای حفره خیلی کمتر از سیستم های دیگر با اتصالات بسته خواهد بود.

۴. در اینجا، اتصالات باز در هر طبقه وجود دارد، اما هر طبقه از طبقه دیگر جدا شده است (تصویر ۴-۴۲)؛ در نتیجه هر طبقه سیستم خودش را ایجاد می‌کند. در عمل این سیستم مناسب‌ترین خواهد بود، زیرا مدول یکسان در هر طبقه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین از مشکلات ناشی از تغییرات زیاد درجه حرارت در ارتفاعات مختلف حفره اجتناب می‌شود. (در هر طبقه تقریباً درجه حرارت مشابهی وجود دارد. (Haase, 2007: 48-49)



تصویر ۴-۴۱- جریان هوای کنترل شده در داخل حفره - در هر طبقه یک باز شو در نمای خارجی وجود دارد.

(Haase, 2007: P49)

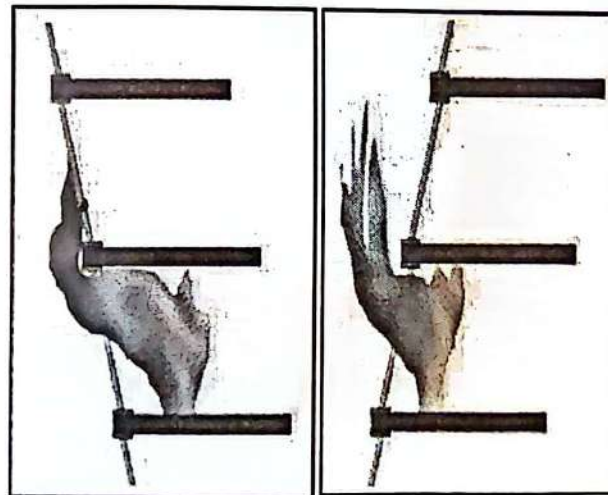


تصویر ۴-۴۲- جریان هوای کنترل نشده در داخل حفره - هر طبقه از سایر طبقات تفکیک شده است.

(Haase, 2007: P49)

در طول زمستان پوسته اضافی بیرونی بهبود عایق کردن را با افزایش مقاومت در برابر انتقال حرارت خارجی فراهم می‌کند. اگرچه مقدار ضریب انتقال حرارتی معادل مقدار U برای نماهای تهویه کننده دائمی، در هر قسمت، کمتر از یک نمای تک پوسته خواهد بود، اگر فضای میانی (حفره) در طول دوره گرما تا حدی یا به طور کامل بسته باشد، نتایج بهتر خواهند شد. کاهش سرعت جریان هوا و دمای افزایش یافته هوای درون حفره سرعت انتقال حرارت روی سطح شیشه‌ای که منجر به کاهش تلفات گرما می‌شود را کاهش می‌دهد. این امر بر روی حفظ درجه حرارت بالا در بخش داخلی شیشه تأثیر دارد.

استرله و همکارانش در سال (۲۰۰۱) به این نتیجه رسیدند که نسبت سطح بازشوها باید با در نظر گرفتن شرایط انتقال حرارت و بهبود عایق حرارتی در نظر گرفته شود. به علاوه نویسنده‌ها نتایج اندازه‌گیری‌ها را در ساختمان‌های موجود با عرض حفره میانی متغیر را ارائه می‌کرده‌اند.



تصویر ۴-۴۳- تأثیر فرم نما بر گسترش میزان حریق

(<https://image.slidesharecdn.com>)

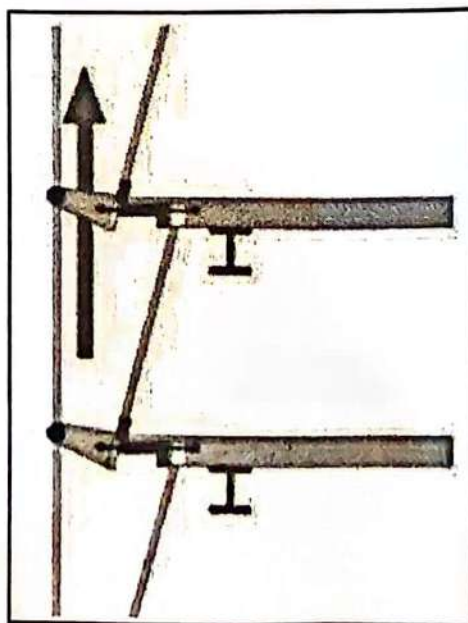
استک^۱ و ون پاسن^۲ (۲۰۰۰) در پژوهش خود در زمینه به بررسی ابعاد و عمق حفره بر کارایی نمای دو پوسته، به این نتیجه رسیدند که هر چه حفره باریکتر باشد، راندمان نما برای بازیابی

1. Stec, W

2. Van Paassen

حرارت افزایش پیدا می کند. چرا که طبق اثر برنولی سرعت هوا در سطح مقطع کوچکتر افزایش پیدا کرده و ضرایب انتقال حرارت نیز بالا می رود. حفره های باریک سرعت هوای بالاتری در داخل و بنابراین ضرایب انتقال حرارت بالاتری دارند؛ بنابراین در طول زمستان حفره های باریک مفیدتر هستند، زیرا آن ها می توانند با اطمینان جریان هوای تهویه شده موردنظر را در حفره ایجاد کنند و بازده بالایی برای پیش گرمایش هوای تهویه شده دارند.

در فصل سرما از هوای گرم شده در حفره ی میانی می توان به عنوان هوای گرم موردنیاز سیستم گرمایش بهره برداری کرد. همچنین این لایه ی گرم باعث کاهش هدر رفتن گرمای فضای داخلی می شود.



تصویر ۴-۴۴- حرکت دود به سمت بالای حفره

جهت بهره گیری کامل از تابش خورشیدی در یک سیستم بسته گردش هوا در حفره وجود ندارد و هوای آن گرم می گردد. در نتیجه دمای پوسته داخلی افزایش می یابد و اتلاف گرما از طریق رسانش، همرفت و تابش کاهش می یابد. در بعضی موارد هوای داخل ساختمان وارد حفره می گردد و ضمن گرم شدن مجدد وارد سیستم تهویه مرکزی ساختمان شده و از آنجا توسط یک مبدل حرارتی مورد استفاده قرار می گیرد.

۴-۸- محافظت در برابر حریق

استفاده از شیشه در نما علی رغم مزایای گسترده آن، در هنگام آتش سوزی مسائلی را نیز به همراه دارد. در این راستا تحقیقاتی جهت بررسی انتقال دود و آتش از طبقات مختلف توسط "دی اس اف" بر پایه ساخت مدل های فیزیکی صورت گرفته است. بسیاری از ساختارهای پروژه های جدید با نمای دو پوسته با وجود تمهیدات حفاظتی در برابر حریق، با مشکل روبه رو شده است.

چو^۱ و همکاران در مورد گسترش دود و آتش در داخل حفره "دی اس اف" مطالعه نموده اند. دود ممکن است در سطوح مختلف طبقات، در صورت شکسته شدن یک پنل شیشه ای گسترش یابد. در این تحقیق، عمق حفره به عنوان عامل اصلی در گسترش آتش در ساختمان شناسایی گردیده است. همچنین وقتی آتش شعله ور می شود، دود حاصل از آن تمایل دارد در مرکز حفره نسبت به کناره ها حرکت نماید. (Chow et al, 2006-2007)

در ادامه دینگ و هاسمی^۲ امکان استفاده از تهویه "دی اس اف" را جهت کنترل دود حفره آزمایش نمودند. آن ها از یک مدل تجربی با مقیاس کوچک تر به همراه آنالیز "سی اف دی" استفاده نمودند. نتایج نشان می دهد که دود از اتاق های آتش گرفته از طریق پوسته داخلی وارد حفره میانی می گردد و پس از انباشته شدن در آن به صورت عمودی و افقی به اتاق های دیگر انتقال می یابد. به عنوان یک راهکار جانمایی گشودگی ها می تواند از گسترش دود جلوگیری کند. (Ding & Hasemi, 2006)

۴-۹- تحلیل میزان بهره وری انرژی نماهای دوپوسته با شبیه سازی

در رابطه با عملکرد انرژی، پژوهش کاملی توسط سائلنز، کارملیت و هنس با عنوان «ارزیابی کارایی انرژی در نماهای چند پوسته» در سال ۲۰۰۳ ارائه شده است. آنان ادعا می کنند تنها شمار اندکی از مدل سازی ترکیب های نمای چند طبقه و شبیه سازی انرژی ساختمان در دسترس هستند و غالب پژوهش صورت گرفته تنها به یکی از گونه های MSF پرداخته اند. برای نمونه، مولر و بالووسکی (۱۹۸۳) در پژوهش خود، جریان هوای پنجره را آنالیز کرده اند. استرل (۲۰۰۱) بررسی جامعی

1. Chow

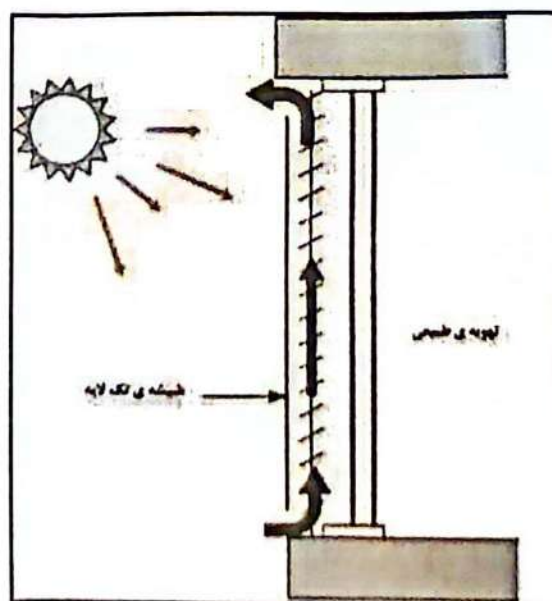
2. Ding & Hasemi

پیرامون نماهای دو پیوسته ارائه داده است. هداد و المهدی (۱۹۹۸) عملکرد پنجره برای تأمین جریان هوا را مطرح کرده اند». در مقاله ذکر شده در بالا، نویسنده ها بر روی هدف ذخیره انرژی در سه گونه‌ی نماهای چند طبقه در دفاتر کار تمرکز کردند. مدل MSF با TRNSYS پیوسته است. همان طور که آن ها شرح می دهند: «شبیه سازی انرژی در دفتر کار، نمونه کنترل حجم یک حفره میانی، توصیف کردن، MSF با برنامه شبیه سازی انرژی دینامیکی پیوسته است. نتیجه شبیه سازی انرژی با اهداف بنیادی این نماها که در مقالات آمده مقایسه شده است».

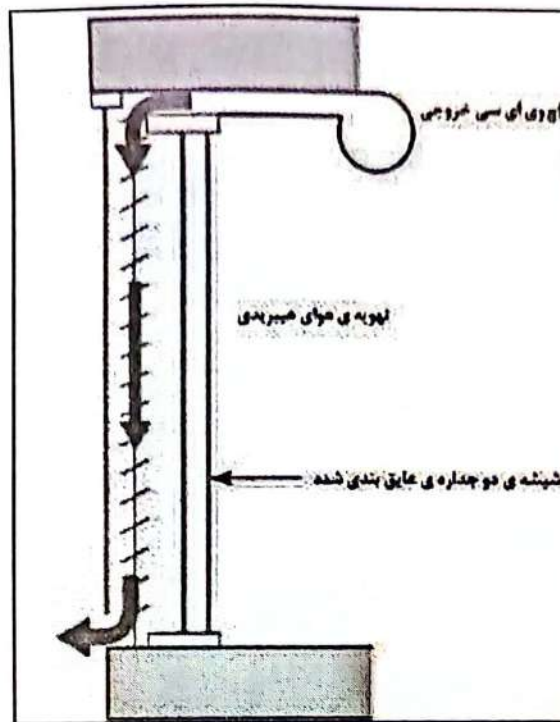
نویسنده ها بر روی راه حل هایی روی یک ساختمان بلند مرتبه تمرکز دارند:

- نمایی مرسوم با یک واحد شیشه عایق گذاری شده (IGU)
- تهویه طبیعی نمای دو پوسته (DSF)
- تهویه مکانیکی پنجره با جریان هوا (AFW)
- تأمین تهویه مکانیکی هوای پنجره (SUP)

بیشترین مزیت های انرژی نامبرده به طور معمول شامل کاهش انتقال اتلاف حرارت، امکان بازیابی حرارت ازدست رفته توسط جریان هوا، امکان محافظت کردن از ابزار سایه اندازی در مقابل وضعیت آب و هوا و توانایی جمع آوری حرارت خورشیدی می باشند.



تصویر ۴-۴۵- نحوه ی جریان تهویه ی طبیعی در شیشه ی تک جداره



تصویر ۴-۴۶- نحوه جریان تهریه هیریدی در شیشه دوجداره

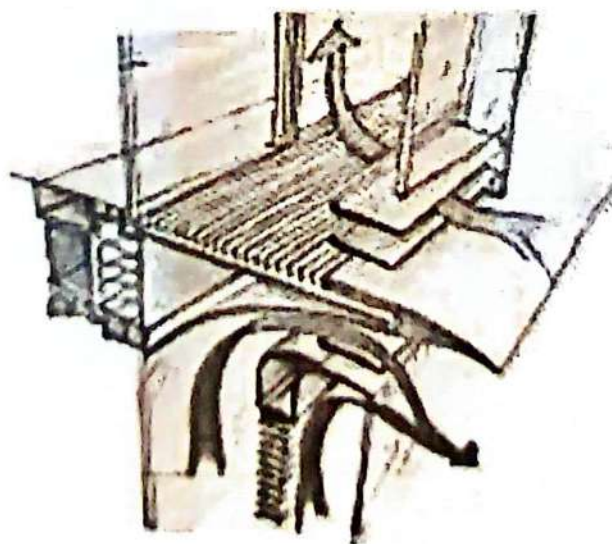
نویسنده‌ها نتیجه گرفتند که: ممکن است کارایی انرژی ساختمان در برخی زمینه‌ها با استفاده از نماهای چندلایه بهبود یابد؛ اما متأسفانه بیشتر گونه‌ها در کاهش نیاز حرارتی و همچنین تأمین نیاز سرمایشی سالانه ناتوان هستند. این موضوع تنها با ترکیب گونه‌ها و امکان تغییر تنظیمات سیستم مطابق با شرایط خاص قابل توسعه است. استفاده از شیشه عایق‌گذاری شده سنتی با سایه‌اندازی خارجی، ممکن است در این رابطه مؤثر باشد. موضوع حائز اهمیت در این زمینه این است که برای دستیابی به نماهای چندلایه با عملکرد بالا، مکانیزم پیچیده‌ای در طول سال باید استفاده شود. برای این که کارایی انرژی یک شبیه‌سازی انرژی سالانه به‌طور صحیح ارزیابی شود، تمرکز بر روی بار حرارتی و سرمایشی به‌صورت توان‌مان ضروری است.

۴-۹-۱- عوامل مؤثر در اندازه‌گیری جریان هوای حفره

در این بخش، دو نوع از مطالعات شرح داده می‌شوند، اندازه‌گیری‌هایی که در اتاق‌های آزمایش و در ساختمان‌های موجود صورت گرفته است.

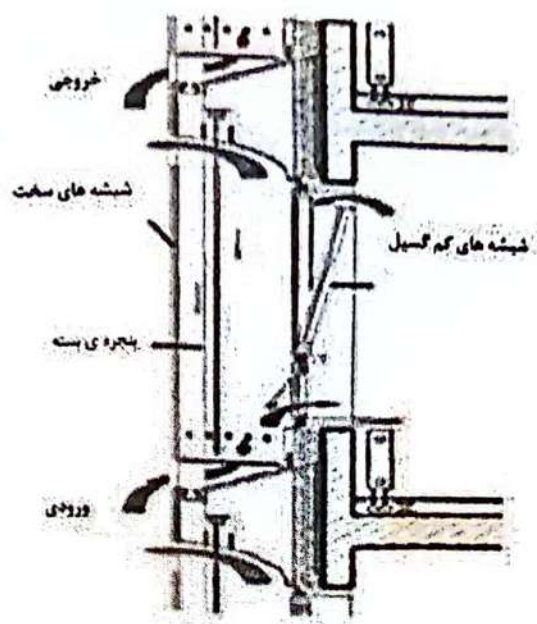
سائلنز^۱ و هنس^۲ در سال ۲۰۰۱ در «ارزیابی تجربی جریان هوا در پوشش‌های فعال تهویه شده طبیعی» متداول‌ترین تکنیک‌های اندازه‌گیری برای محاسبه سرعت جریان هوا را در پوشش‌های فعال تهویه طبیعی یا مکانیکی توصیف می‌کنند. جریان هوا در داکت‌ها و حفره‌ها را می‌توان با اندازه‌گیری موارد زیر تعیین کرد:

- اختلاف فشار در سراسر یک روزنه، گلوگاه یا لوله ونتوری
- سرعت هوا با استفاده از بادسنج
- جریان هوا با استفاده از تکنیک‌های گاز ردیاب
- در این مقاله جریان هوای بین لایه‌های نما که تهویه مکانیکی می‌شوند به صورت آزمایشی تحلیل شده‌اند. همان‌طور که نویسندگان توصیف می‌کند یک روش برای تعیین جریان حفره با استفاده از اختلاف فشار در طول شبکه تهویه پیشنهاد شده بود. از روی اختلاف فشار لایه‌های تهویه در قسمت‌های بالاتر و پایین‌تر، سرعت جریان هوا در حفره می‌تواند تعیین شود. روش اندازه‌گیری با استفاده از گاز ردیاب نیز تأیید شده و ثابت شده که قابل اعتماد است.



تصویر ۴-۴۷- جریان هوا در پوشش‌های فعال تهویه

1. Saelens
2. Hens



تصویر ۴-۴۸- جزئیات حفرةى نماى دوبسته

سائلنز در پایان نامه دکتری خود به اونر^۱ و همکارانش اشاره می کند که برای حفرةهایی با تهویه مکانیکی، اندازه گیری اختلاف فشار روی یک روزنه واقع در داکت خروجی، روشی بسیار مطلوب برای تعیین سرعت جریان هوا می باشد. با این وجود، روش مذکور برای حفرةهایی با تهویه طبیعی از مطلوبیت چندانی برخوردار نیست. همچنین سائلنز در «ارزیابی آزمایشگاهی جریان هوا در پوشش های فعال تهویه طبیعی» در سال ۲۰۰۱ بیان می دارد که نیروهای محرک معمولاً کوچک هستند و به دلیل مقاومت در برابر جریان باد دهانه، جریان در حفرة بسیار تحت تأثیر قرار می گیرد. به علاوه، پیدا کردن مکانی مناسب برای روزنه بدون دسترسی به داکت خروجی هوا دشوار خواهد بود.

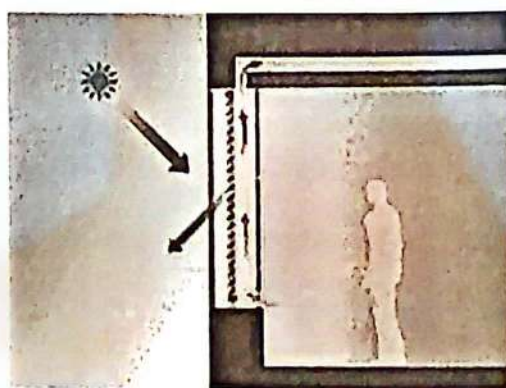
• سائلنز، در سال ۲۰۰۱، با مطالعه گزارشات پارک^۲ و همکارانش فایست^۳ ۱۹۸۹ و جونز^۴ ۱۹۹۸، روش دیگری برای برآورد سرعت جریان هوا با اندازه گیری سرعت هوا با استفاده از بادسنج توصیف کرد. به گفته وی، تعیین سرعت جریان هوا از طریق اندازه گیری های

1. Onur
2. Park
3. Faist
4. Jones

سرعت یک روش بدهی به نظر می‌رسد، اما به احتمال زیاد به تولید نتایج اشتباه می‌انجامد. سرعت در کانال تهویه طبیعی در مقطع آن یکسان نیست و با کاهش یا افزایش دستگاه‌های سایه‌اندازی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به علاوه هیچ تضمینی وجود ندارد که در برابر سرعت برآیند عمود بر سطح مرجع باشد. (یک نگرانی متداول به استفاده از بادسنج‌های گیرنده یا فرستنده امواج در جهت مناسب). اطلاعات کامل در مورد بردارهای سرعت ممکن است با ایجاد آرایشی منظم از نقاط اندازه‌گیری سرعت به دست آید که باین حال ممکن است روی گسترش جریان هوا در حفره تأثیر بگذارد؛ بنابراین تعیین سرعت جریان هوا در پوشش‌های فعال تهویه طبیعی از طریق سرعت‌های اندازه‌گیری شده، روشی است که کمتر توصیه می‌شود.

- روشی که کمتر معمول است، استفاده از گاز ردیاب است. (Ziller ۱۹۹۹، Busselen و Mattelaer ۲۰۰۰).

تکنیک‌های گاز ردیاب مثل روش‌های غلظت ثابت، انتشار ثابت و محلول ردیاب (Ashrae ۱۹۹۷ و Raatschen ۱۹۹۵) برای تعیین سرعت جریان هوا در پوشش‌های فعال تهویه طبیعی و نیز مکانیکی بدون دخالت نیروهای رانشی به کار می‌روند. باسلن^۱ و متلر^۲ (۲۰۰۰)، باین وجود اشاره می‌کنند که درک کردن میزان دقت سرعت جریان هوای با نوسان خیلی زیاد با تکنیک انتشار ثابت می‌شود.



تصویر ۴-۴۹- تهویه‌ی هوای داخلی با کمک ابزارهای سایه‌انداز و منفذ خروجی سقف

1. Busselen
2. Mattelaer

۴-۹-۲- شبیه سازی جریان هوای حفره

در زمینه محاسبات جریان هوای داخل حفره رویکردهای متفاوتی وجود دارد. هسن^۱، دی جونادی^۲ و لومانس^۳ (۲۰۰۲) سطوح دقت و پیچیدگی مدل سازی جریان هوای اصلی را به صورت توصیف شده در ادامه تقسیم بندی می کنند:

- مدل های تعادل انرژی ساختمان (بی ای بی)^۴ که اساساً به تخمین جریان هوا استناد می کند.
- مدل های شبکه جریان هوای منطقه ای (ای اف ان)^۵ که مبتنی بر تعادل جرمی ناحیه (ماکروسکوپیک) و نسبت های فشار جریان ناحیه داخلی هستند و به طور مشخص برای کل ساختمان قابل استفاده است.
- سی اف دی که مبنی بر بقای انرژی، جرم و اندازه حرکت در همه سلول های (کوچک) است و فضای جریان را برای یک ناحیه از ساختمان تشکیل می دهند. (Poirazis, 2004, 37)

۴-۹-۳- رویکرد CFD

در مورد نمای دوپوسته با تهویه طبیعی، سرعت و جهت باد اطلاعات مهمی هستند که برای پیش بینی صحیح تهویه در اطراف و داخل ساختمان، مورد نیاز می باشند. عملکرد خورشیدی سیستم نما به همان میزان داده های تفصیلی تابش خورشیدی دارای اهمیت است. از آنجایی که این پارامترها نیروی محرکه برای انتقال طبیعی حرارت همرفتی هستند، اطلاعات تفصیلی برای مطالعه تهویه طبیعی مورد نیاز می باشند. موضوع دیگر، پیش بینی شدت جریان هوا در درون حفره نما می باشد که به موجب ترکیب اثر دودکشی و وزش باد در انتقال حرارت همرفتی طبیعی به وجود می آید. شدت جریان هوا در هر نقطه ناشناخته است و به مشخصات دمایی بستگی دارد. ترکیب اثر وزش باد و اختلاف دما، اختلاف فشاری بین دهانه ورودی و خروجی نما به وجود می آورد که

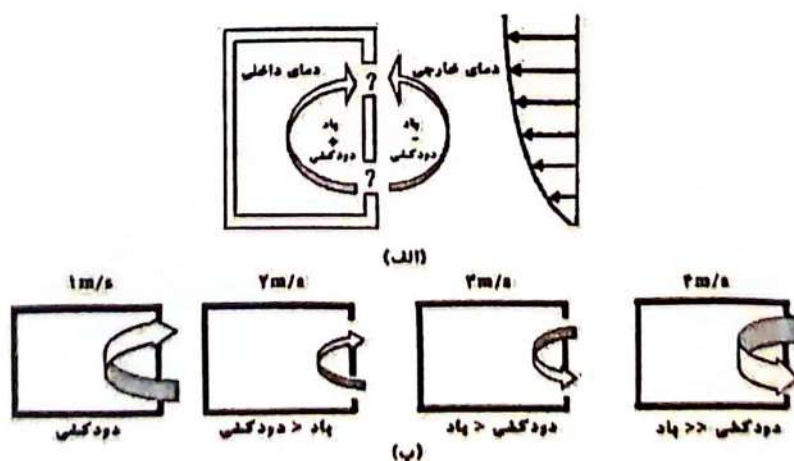
1. Hensen
2. Djunaedy
3. Ioomans
4. BEB
5. AFN

مشخص‌کننده شدت جریان هوا در درون حفره نما می‌باشد. زمانی که شتاب باد پایین است، اثر دودکشی غالب خواهد بود؛ اگر شتاب باد بالا باشد، اثر وزش باد غالب خواهد بود.

یک رژیم گذار بین دو اثر وجود دارد که ممکن است به شرایط انتقال حرارت همرفتی طبیعی کمک نموده یا آن را خنثی نماید. (Azarbayjani, 2010, P61)

پارامترهای کلیدی که به عنوان بخشی از آنالیز سی اف دی محاسبه می‌شوند، عبارت‌اند از:

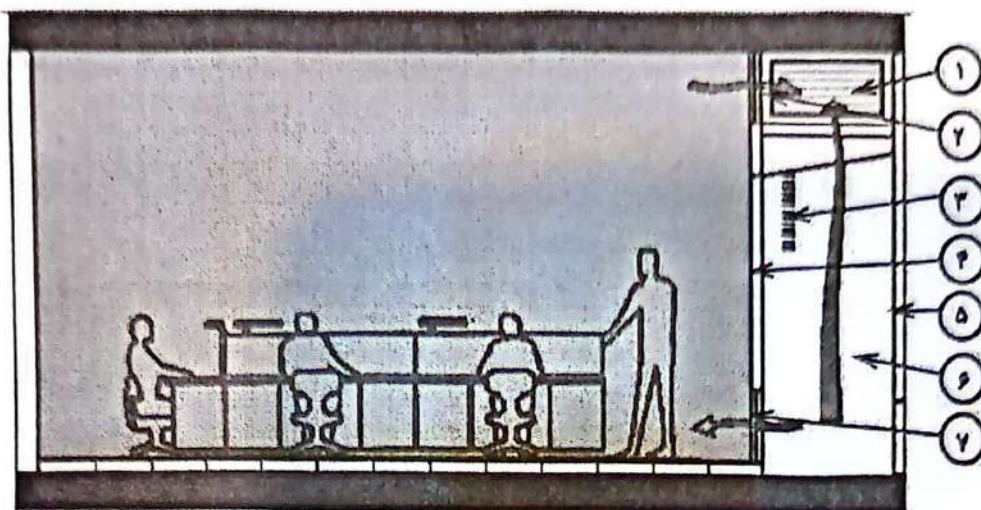
- توزیع فشار
 - میدان سرعت
 - محدوده دما
 - جریان لایه مرزی
- داده‌های شرایط مرزی کاربران، داده‌های ورودی باید شامل موارد ذیل باشد:
- موقعیت بازشوها
 - حجم جریان ورودی یا خروجی از ساختمان
 - نوع جریان مرزی
 - شتاب (سرعت و جهت جریان از میان هر بازشو)
 - مشخصات حرارتی سطح یا دمای سطح



تصویر ۴-۵- اثرات ترکیب نیروی باد و دودکشی

الف. اثر تقویتی در مقابل اثر خنثی کننده ب. نمایش خنثی کردن اثر وزش باد و اثر دودکشی در هنگام افزایش

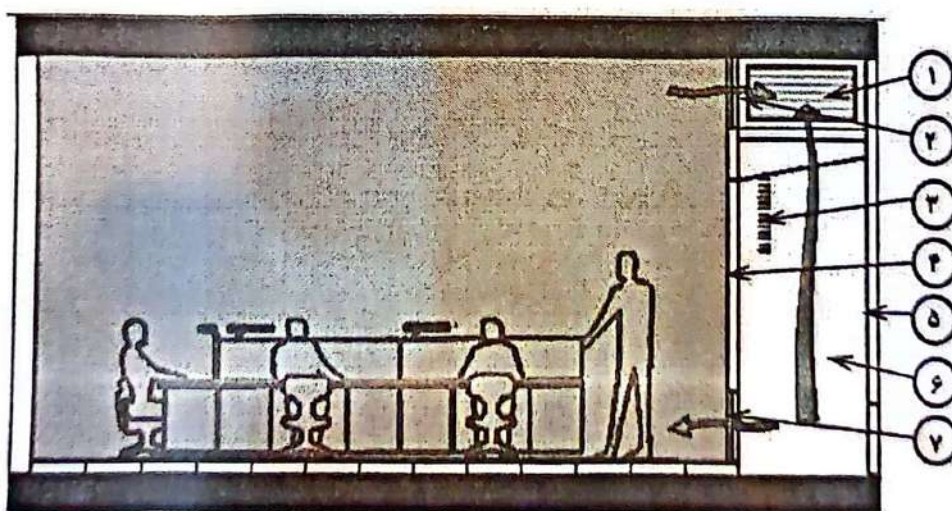
سرعت باد. (Azarbayjani, 2010, P61)



تصویر ۴-۲۸- دیاگرام شماتیک از داده‌های نمونه ساختمان اداری

- (۱) خروجی بالایی هوا به دودکش (۲) پنجره متحرک داخلی بالا (۳) دستگاه کنترل خورشیدی (سایبان) قابل کنترل
(۴) پنجره ثابت یا متحرک داخلی (۵) لایه شیشه‌ای خارجی (۶) حفره هوا (۷) پنجره متحرک داخلی پایین

(source: Azarbayjani, 2010, 63)



تصویر ۴-۵۱- دیاگرام شماتیک از داده‌های نمونه ساختمان اداری

- (۱) خروجی بالایی هوا به دودکش (۲) پنجره متحرک داخلی بالا (۳) دستگاه کنترل خورشیدی (سایبان) قابل کنترل
(۴) پنجره ثابت یا متحرک داخلی (۵) لایه شیشه‌ای خارجی (۶) حفره هوا (۷) پنجره متحرک داخلی پایین

(source: Azarbayjani, 2010, 63)

فصل پنجم: اجزا تشکیل دهنده نماهای دوپوسته

۵-۱- اجزا (ساختمان نمای دوپوسته)

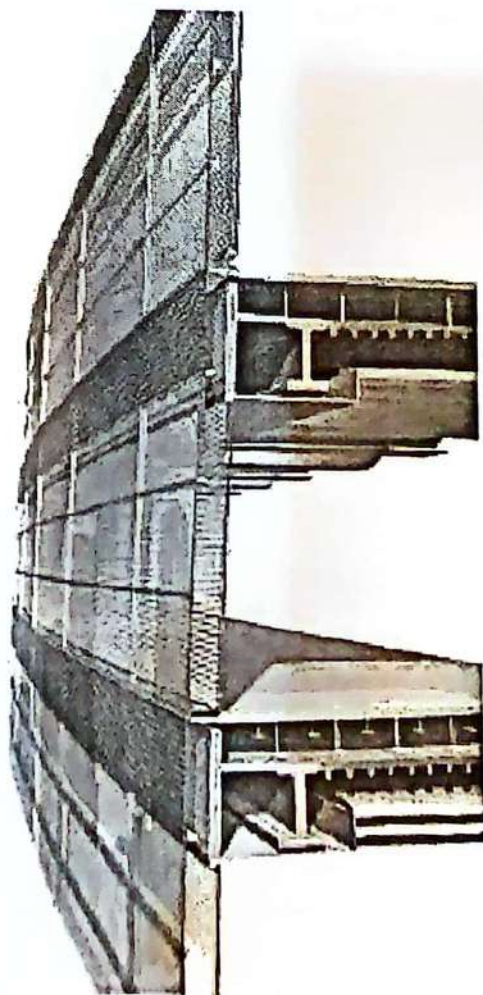
بر اساس تز کارشناسی ارشد اتو^۱ در دانشگاه فنی هلسینکی^۲ در سال ۲۰۰۱، یک سازه کامل می‌تواند به مجموعه‌ای از زیر ساختارها تقسیم‌بندی شود:

- بخش اصلی سازه: هسته باربر، ستون‌ها، دیوارها، کف‌ها و بادبندهای لازم برای تحمل بارهای جانبی و قائم.
- بخش ثانویه سازه: کف‌های کاذب که بخشی از سیستم اولیه نیستند، اجزای قرارگرفته در داخل ساختمان، تیغه‌ها و پارتیشن‌ها، سازه‌های سقفی و متعلقاتش، اجزای نما.
- بخش سوم سازه: همه بخش‌هایی که قسمتی از ساختار ثانویه هستند و پایداری آن‌ها برای پایداری سازه‌های ثانویه خطرناک نیست. برای مثال یک پنجره در داخل اجزای نما.
- قسمت‌های اصلی که در این تز توضیح داده شده است، بخش دوم و سوم سازه هستند. در جزئیات بیشتر، بخش ثانویه سازه می‌تواند به سه نوع اصلی تقسیم شود:
- سازه کنسولی
- سازه معلق
- سازه چهارچوب

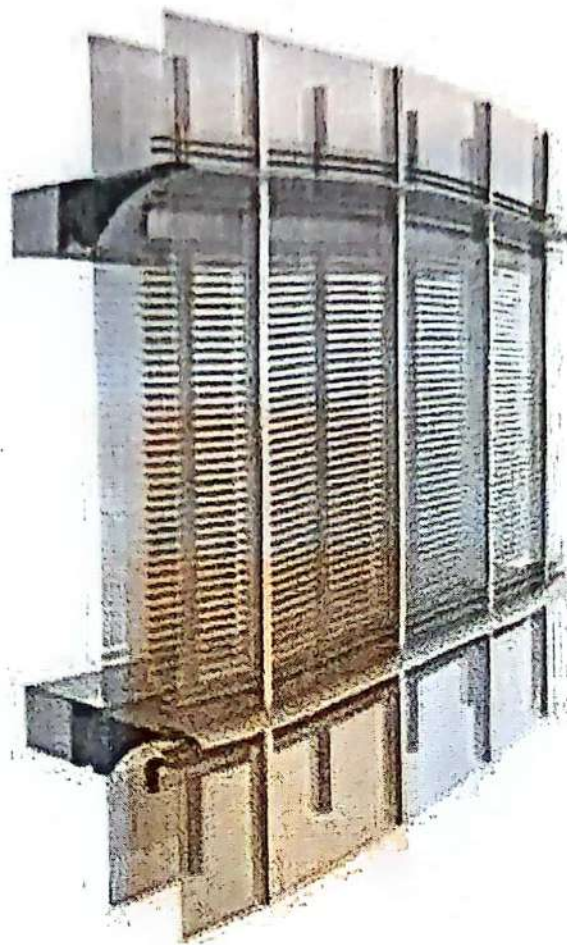
1. Uttu

2. Helsinki

نویسنده توضیح می‌دهد که سازه کنسولی و سازه معلق معمولاً بیشتر در فنلاند استفاده می‌شوند. مقایسه موردی از ساختمان‌های ساخته شده در فنلاند و آلمان نشان داده است که ساختار جداره‌های دوپوسته در فنلاند با آن‌هایی که در آلمان ساخته شده‌اند، اختلاف زیادی دارند. در فنلاند، حفره‌ها در جداره‌های دوپوسته یکسره در طول ارتفاع ساختمان ادامه پیدا می‌کنند، درحالی‌که در آلمان، حفره‌ها به صورت افقی در هر طبقه و به صورت عمودی در هر پنجره جدا می‌شوند. در حقیقت، این نتایج متفاوت به این صورت است که جداره‌های دوپوسته در آلمان تهویه طبیعی توسط پنجره را فراهم می‌کنند، درحالی‌که در فنلاند هدف اصلی این است که به عنوان یک لایه‌ی محافظ باران برای نمای درونی عمل کنند. (Poirazis, 2004, 27)



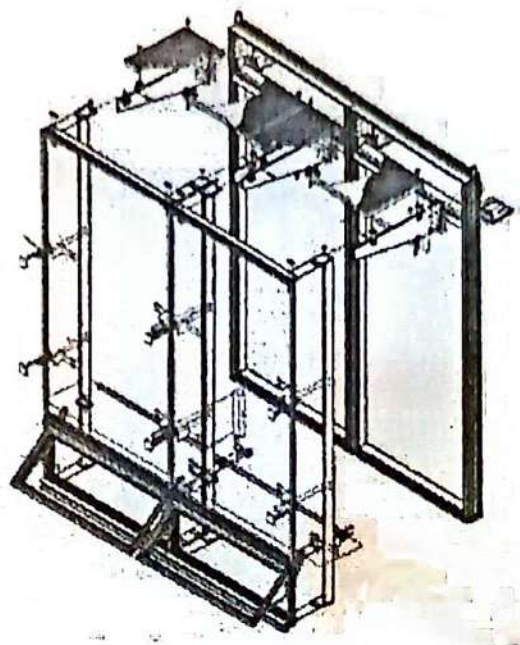
تصویر ۵-۱- ساختمان نمای دو پوسته



تصویر ۵-۲- نمای دو پوسته

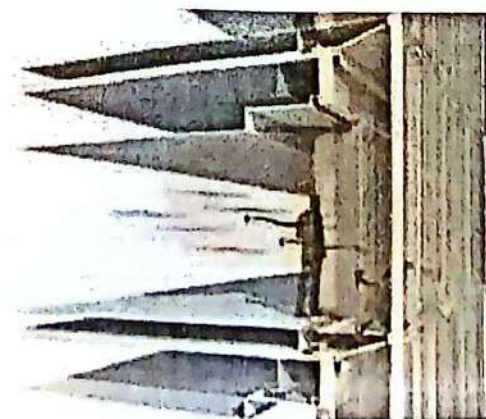
کالیونیمی^۱ در تز خود درباره مفاصل و چفت و بست در جداره‌های شیشه‌ای-فلزی این‌گونه بیان می‌دارد: «استفاده از شیشه در پوسته‌ها باعث بسیاری از مشکلات می‌شود که ناشی از ویژگی متریال شیشه است. شیشه با بقیه متریال‌های ساختمان فرق دارد، از این جهت که متریال بسیار شکننده‌ای است و بی‌خبر می‌شکند. ویژگی شکنندگی این متریال باید به هنگام طراحی نماهای شیشه‌ای بزرگ در نظر گرفته شود. التزام‌های طراحی سازه برابر، به‌طور معمول یا از عرضه‌کننده شیشه و یا تولیدکننده عناصر قاب شیشه‌ای گرفته می‌شود که در نتیجه هر دو مسئول استحکام و عملکرد چفت و بست هستند.» (Poirazis, 2004, 28)

1. Kallioniemi



تصویر ۵-۳- مدول نمای دپوسته

(Bayram, 2003, P60)



تصویر ۵-۴- جریان هوا در حفره

انواع اتصالات نماهای فولادی شیشه‌ای عبارتند از: لعاب کاری بتونه‌ای (قدیمی)، برچسب نگهدارنده شیشه، اتصالات پرس شدنی، قاب شیشه‌ای با تکیه‌گاه‌های نقطه‌ای و لعاب کاری سیکلونی شده^۱. اختراع جدید قاب شیشه‌ای با تکیه‌گاه‌های نقطه‌ای محدود در فنلاند استفاده

۱. SSG

می شوند؛ اگرچه امروزه کاربرد آن با شرایط آب و هوایی فنلاند سازگاری دارد. تکیه گاه های نقطه ای اساساً از فولاد ضدزنگ ساخته می شوند. الزامات اصلی تکیه گاه ها، سازگاری با شیشه و با حداقل خطا و عدم اطمینان در مورد اتصال به سازه باربر است. در فنلاند، برای اطمینان از این امر، قاب های شیشه ای عایق کاری شده، حتی تحت تنش های اضافی ناشی از لعاب کاری ورقه ای زیاد قرار می گیرند. (Poirazis, 2004, 28)

۵-۲- حفره

حفره در نماهای دوپوسته فضای مابین شیشه ی داخلی و خارجی می باشد. حفره در نماهای دوپوسته می تواند به صورت بسته (مانع نفوذ هوا) یا به صورت تهویه شونده باشد. حفره ی بسته به عنوان یک محفظه ی حرارتی عمل می کند و معمولاً در زمستان به منظور حفظ دمای داخلی استفاده می شود. حفره ی تهویه شونده به حفره ای گفته می شود که دارای بازشو در بالا و پایین دریچه ی نمای دوپوسته می باشد. این نوع حفره معمولاً در فصل تابستان کاربرد دارد که هوای تازه از محیط بیرون و از طریق دریچه به داخل حفره آورده می شود و سراسر حفره را تا دریچه ی بالا تهویه می کند. این سیستم تهویه از مزایای اثر دودکشی بهره می گیرد که به هوای درون حفره اجازه می دهد تا دریچه ی بالایی جریان یابد.

اگر سرعت باد کافی باشد، اختلاف فشار بین دریچه ی بالا و پایین می تواند مورد استفاده قرار گیرد که این موضوع امکان به گردش درآمدن هوا در حفره را فراهم می کند. هر دو روش اثر دودکشی و اختلاف فشار می تواند به طرز مؤثری گرمای نمای دوپوسته را کاهش دهد. حفره می تواند به صورت طبیعی، مکانیکی و یا ترکیبی تهویه شود. عمق حفره می تواند متفاوت باشد و بسته به هدف کارکردی آن از ۱۰ سانتی متر تا ۲ متر متفاوت می باشد. (Muldayi, 2012, 25)

عمق حفره مشخصات فیزیکی نما و روش نگهداری نما را تحت تأثیر قرار می دهد. (Streicher, 2005, 25)

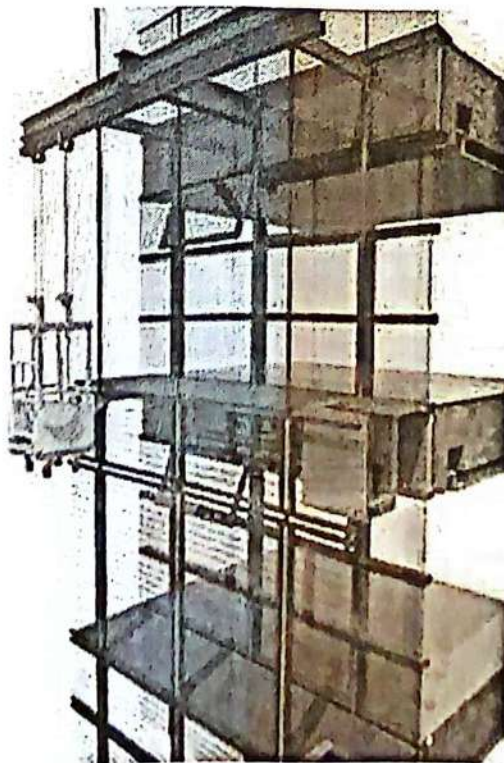
البته برای عمق حفره، محدوده های مختلفی ذکر شده است که این مسئله به دلیل تفاوت در اقلیم ها و کارکرد نمای دوپوسته می باشد.

«عمق نما غالباً بین ۲۰۰ تا ۱۴۰۰ میلی متر به صورت رخ به رخ بین پوسته داخلی و خارجی است در سه سبک فشرده و سبکی که امکان تمیز کردن سطوح میان شکاف نما را می دهد و سبک

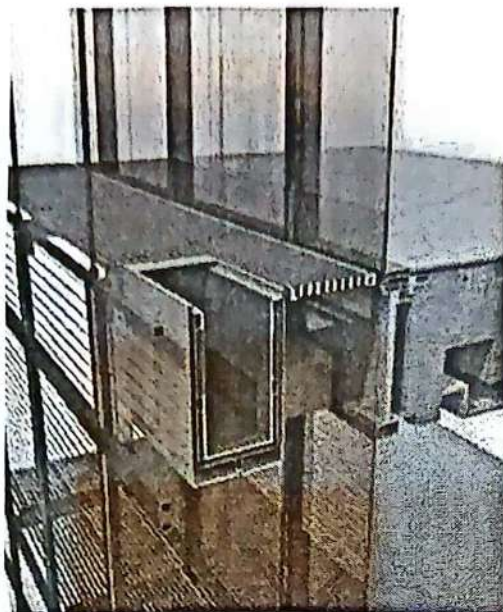
عریضی که امکان استفاده از فضای شکاف به عنوان کریدور خروج از آتش وجود دارد. وسعت افقی شکاف به فاصله میان اجزاء نما اطلاق می شود که با تیغه های درونی تقسیم می شود و وسعت عمودی شکاف، به فاصله بین محل تأمین ذخیره هوای شکاف و دورترین محل خروج هوا از شکاف اطلاق می شود. اگر فاصله عمیق باشد، فضا به شکل آتریوم و اگر باریک باشد، مانند دودکش عمل می کند. غالباً سطح داخلی شیشه در نماهای دوپوسته قابلیت حرکت دارد. در بعضی موارد، بازشوها به شکل پنجره های لولایی با کشویی هستند». (باب الحوانجی و دیگران، ۱۳۹۰)

مطابق با نظر کومپانگو^۱ (۲۰۰۲)، مبادله هوا بین محیط و حفره، به شرایط فشار باد در پوسته ساختمان، اثر دودکشی و ضریب تخلیه بازشوها وابسته است. این دریچه می تواند همیشه باز باشد (سیستم های غیرفعال) و یا با دست و یا ماشین باز شود (سیستم های فعال).

سیستم های فعال خیلی پیچیده هستند و بنابراین از بابت ساختار و تعمیرات هزینه بالایی دارند.



تصویر ۵-۵- سطوح میانی شکاف نما



تصویر ۵-۶- دیتیل اجرایی صفحات افقی درون حفره‌ی نما



تصویر ۵-۷- نمای داخلی بازشو

(http://www.som.com/FILE/21822/pearlriver_diagram_830x630_lsi-ye_zhangrsom.jpg)



تصویر ۵-۸- عملکرد حفره‌ی نما در تغییرات دمای کف و سقف

(http://www.som.com/FILE/21822/pearlriver_diagram_830x630_lsi-ye_zhangrsom.jpg)

فایست^۱ (۱۹۹۸) یک «نمای نفوذناپذیر» و یک نمای دوپوسته را که تهویه طبیعی اتاق‌ها را فراهم می‌کند، با یکدیگر مقایسه کرده است. نتایج حاصل از این مقایسه به شرح ذیل است:

- نمای نفوذناپذیر:

- عمق نما واقعاً برای دمای داخل حفره خیلی مهم نیست.
- پنجره‌ها معمولاً بسته‌اند و باز شدن پنجره، تهویه خوب اتاق را تضمین نمی‌کند.
- کانال در پایین باز است و ممکن است در بالا (به وسیله یک شیر) بسته باشد.
- پوسته دوجداره، اثر خاصی در عایق کردن صدا ندارد. (در مقایسه با دیوار معمولی)

- به علت اینکه دمای هوا در کانال افزایش می‌یابد (با تشعشع خورشیدی)، ارتفاع کانال به ۳ یا ۴ طبقه محدود می‌شود.
- نمای تهویه کننده:
 - عمق نما باید به دقت محاسبه شود.
 - تهویه اتاق‌ها به وسیله باز شدن مناسب دریچه‌ها فراهم می‌شود. (طبقه به طبقه)
 - کانال در پایین بسته است و تا بالای سطح طبقه آخر گسترش می‌یابد.
 - عایق کاری صدا می‌تواند با نصب پرده دوپوسته به عنوان لایه خارجی بهبود یابد.
 - ارتفاع مجاز وابسته به سائز کانال است. تعیین بلندی با توجه به حد مجاز افزایش دما در کانال (۱۰ تا ۱۵ طبقه) به دست می‌آید.
- استرله^۱ و همکارانش (۲۰۰۱) توصیف کاملی از عملکرد و جریان هوای حفره در ارتباط با پارامترهای ساختمانی معرفی می‌کنند. آنان بیان می‌کنند که فقط وقتی حفره بین دوپوسته نما باریک است (کمتر از ۴۰ سانتی‌متر)، احتمال کاهش قابل توجه فشار زیاد است. در غیر این صورت، فضای میانی، مقاومت قابل توجهی در مقابل جریان هوا نشان نخواهد داد. (Poirazis, 2004, 29)
- آذربایجانی (۲۰۱۰)، در پژوهش خود به این نتیجه رسیده است که برای داشتن حداکثر اثر دودکشی با ارتفاع ۷ طبقه و بازشوی 0.3×0.3 متر، عمق 0.5 متر مطلوب‌ترین حالت می‌باشد. همچنین میزان سرعت در نمای دوپوسته در نوع ستونی-راهرو و با ارتفاع ۷ طبقه (هر طبقه $3/5$ متر) با افزایش عمق حفره از 0.5 متر تا 0.9 متر، افزایش می‌یابد، اما با افزایش عمق از 0.9 متر به بالا، افزایش سرعت ناچیز می‌باشد. با افزایش ارتفاع ستون دودکش، با همان اندازه بازشو، اثر دودکشی افزایش می‌یابد. در مورد نزدیکی به شرایط آسایش در ارتفاع ۷ طبقه و بازشوی 0.3 متر، $1/2$ متر عمق بهترین حالت می‌باشد. مقایسه‌ی دماهای مؤثر در عمق‌های مختلف نشان می‌دهد که عمق $1/2$ متر دمای پایین‌تری را فراهم آورده و مناسب‌ترین گزینه می‌باشد. از نظر مصرف انرژی و بار سرمایشی نیز $1/2$ متر عمق بهترین گزینه می‌باشد با کاهش ۱۳ درصدی بار سرمایشی؛ اما از نظر بار گرمایشی $1/5$ متر بهترین گزینه می‌باشد. در مجموع، 0.9 و $1/2$ متر برای عمق حفره مطلوب‌ترین حالت را از نظر آسایش حرارتی ساکنین دارد.



تصویر ۵-۹- عمق حفره‌ی فضای خالی بین دو پوسته

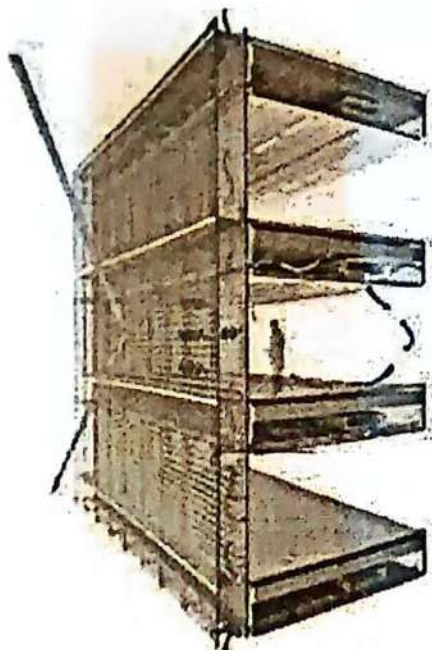
(<https://i.pinimg.com/236x/0b/1b/58/0b1b58615e9a242a68a6c38baef1e1b6--steel-structure-lobby.jpg>)

با عمق حفره‌ی ۱/۲ متر و با ارتفاع ستون دودکش ۹ طبقه، دمای مؤثر پایین‌تری خواهیم داشت. همچنین در عمق ۰/۹ متر با افزایش اندازه‌ی بازشو از ۰/۳ به ۰/۶ متر دما کاهش پیدا می‌کند و با عمق ۰/۹ و بازشوی ۰/۶ متر، ارتفاع ستون دودکش تأثیر چندانی بر روی دما ندارد. (Azarbayjani, 2010: 143-149)

حفره، فضای خالی بین دو پوسته است. تبادل هوا بین حفره و محیط‌زیست بستگی به شرایط فشار باد در نمای ساختمان، اثر دود کشی و ضریب تخلیه‌ی بازشو دارد. حفره می‌تواند با تهویه (سیستم فعال) یا بدون تهویه (سیستم منفعل) باشد. (Harris, 2004, 28)

در سیستم فعال، تهویه به سه شکل طبیعی، مکانیکی و مرکب صورت می‌گیرد. (Haase, 2007, 8)

سرعت و نوع جریان در حفره بستگی به عمق حفره (برای هر دو نوع تهویه طبیعی و مکانیکی)، نوع بازشوی داخلی (برای هر دو نوع تهویه طبیعی و مکانیکی)، نوع بازشوی خارجی (برای تهویه طبیعی) دارد. (Harris, 2004,28)



تصویر ۵-۱۰- نحوه‌ی گردش جریان هوا در حفره



تصویر ۵-۱۱- حفره‌ی میانی هوا

(<https://static1.glasscon.com/sites/default/files/styles>)

۵-۲-۱- الگوی جریان هوا در حفره

- باز: در حالت اول، هوا از پایین پوسته‌ی داخلی به حفره وارد و از بالای پوسته‌ی خارجی به بیرون می‌رود (سیستم تخلیه‌ی هوا). در حالت دوم، هوا از پایین پوسته‌ی خارجی وارد حفره شده و از بالای پوسته‌ی داخلی وارد فضای داخلی می‌شود (سیستم منبع هوا).
- بسته: در حالت اول، بین دوپوسته‌ی بسته گردش می‌کند (سیستم هوای حائل ایستا). در حالت دوم، هوا از پایین پوسته‌ی خارجی وارد حفره شده و از بالای همان پوسته خارج می‌شود (سیستم پوشش هوای خارجی)، در حالت سوم، هوا از پایین پوسته‌ی داخلی وارد حفره شده و از بالای همان پوسته دوباره وارد فضای داخلی می‌شود (سیستم پوشش هوای داخلی). (Haase, 2007, 9)

۵-۲-۲- حفره میانی هوا

میزان تبادل هوا بین محیط و حفره میانی به شرایط فشار باد بر پوسته ساختمان، اثر دودکشی و سرعت تخلیه هوا از طریق بازشوها وابسته است. این دریچه‌ها می‌توانند در سیستم‌های غیرفعال همیشه باز باشند و یا اینکه در سیستم‌های فعال به وسیله دست یا ماشین، باز و بسته شوند. سیستم‌های فعال بسیار پیچیده بوده و با توجه به هزینه‌های ساخت و نگهداری بسیار گران‌تر می‌باشند. (Compagno, 2002)

با مقایسه یک نمای هوا بند با یک نمای دوپوسته با تهویه طبیعی می‌توان به نکات زیر اشاره کرد: (Faist, 1998)

در نمای هوا بند:

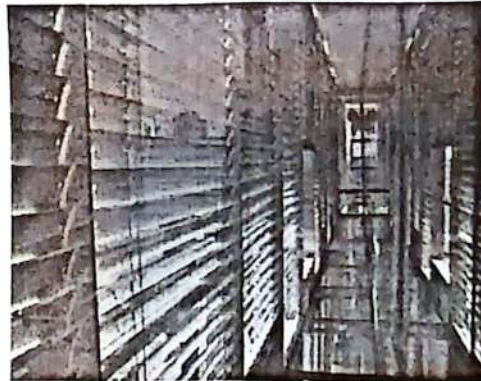
- عمق حفره میانی تأثیری بر دمای آن ندارد.
- پنجره‌ها معمولاً بسته هستند. پنجره‌های باز شرایط تهویه مناسبی برای اتاق فراهم نمی‌کنند.
- نمای دوپوسته در مقایسه با نمای عادی تأثیری بر عایق صوتی ندارد.
- با توجه به اینکه نما در کانال میانی صعود می‌کند (به دلیل گرم شدن به وسیله تابش خورشید)، ارتفاع کانال باید محدود به ۳ الی ۴ طبقه باشد.
- کانال در پایین باز است و در بالا ممکن است به وسیله دریچه‌ای بسته شود.
- در نمای تهویه شونده، عمق نما می‌بایست با دقت تخمین زده شود.

- تهویه اتاق به کمک پنجره‌هایی با دریچه‌های مناسب ایجاد می‌شود. (این دریچه‌ها می‌توانند در هر طبقه متغیر باشند).
 - در صورتی که لایه خارجی عایق صوتی باشد، عملکرد عایق صوتی نمای دوپوسته بهبود می‌یابد.
 - ارتفاع مجاز بستگی به ابعاد کانال دارد. بیش‌ترین مقدار مجاز با توجه به دمای مجاز هوای صعودکننده در کانال میانی تعیین می‌شود. (۱۰ تا ۱۵ طبقه)
 - کانال در قسمت پایینی بسته است و تا آخرین طبقه ادامه پیدا می‌کند. (Faist, 1998)
- استرله توصیف مبسوط‌تری در خصوص عملکرد و جریان هوا در حفره میانی در ارتباط با پارامترهای ساختاری نمای دوپوسته ارائه می‌دهد. وی اشاره می‌کند تنها زمانی که حفره میانی دوپوسته بسیار کم عمق باشد (کمتر از ۴۰ سانتیمتر)، افت فشار قابل توجهی شکل خواهد گرفت. از سوی دیگر، فضای میانی مقاومت چندانی در برابر جریان هوا ایجاد نخواهد کرد. (Oesterle, 2001)



تصویر ۵-۱۲- ایجاد فضای ارتباطی در حفره ی بین دوپوسته

(https://glassmagazine.com/files/gmfiles_2010/CW_Forstner_Productweb.jpg)



تصویر ۵-۱۳- دید به داخل حفره

۵-۲-۳- عمق حفره

عمق "دی اس اف" با اندازه‌های ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰ سانتیمتر مورد ارزیابی قرار گرفته است. دما در نمای دو پوسته عمیق‌تر، مقداری کمتر از حفره‌های باریک می‌باشد. بیشترین اختلاف دمای مشاهده‌شده بین عمق ۳۰ سانتی‌متر و ۲۴۰ سانتی‌متر، $5/6$ درجه سانتی‌گراد واقع در ضلع جنوب می‌باشد.

حفره‌های باریک دارای تراکم بیشتر و مقدار جریان هوای کمتر می‌باشند. از سوی دیگر، در این حفره‌ها، انتقال حرارت جابجایی شدیدتر و رشد دمای هوا را سبب می‌گردد. در دوره سرما، به دلیل محدودیت جریان هوا و نیاز به افزایش دما در "دی اس اف"، حفره‌های باریک مناسب می‌باشند؛ اما در دوره گرما، به دلیل نزدیک شدن سایبان‌ها به پوسته داخلی و انتقال سریع‌تر گرما به فضای داخل، معضلاتی را در پی خواهد داشت.

مطابق با نظر سینکلایر^۱ و همکاران، طراحی عمق حفره به پارامترهایی از قبیل زیبایی‌شناسی انواع تجهیزات سایه‌انداز، دسترسی به حفره جهت تعمیر و نگهداری و نظافت، نوع تهویه و سرعت جریان وابسته است. (Sinclair et al, 2009) یک مطالعه تجربی توسط چان و همکاران در غالب یک دودکش خورشیدی با فشار حرکتی یکنواخت بررسی شده است. نرخ جریان هوا به وسیله‌ی تغییر نسبت عرض حفره به ارتفاع "دی اس اف" به مقدار یک‌پنجم و دوپنجم بررسی گردید. عرض حفره و یا نسبت عمق به ارتفاع بهینه "دی اس اف" در زمانی که میزان جریان تهویه به حداکثر میزان

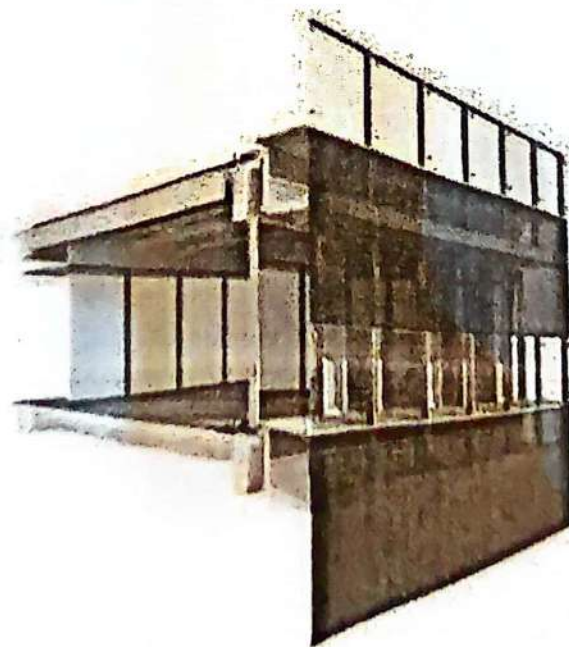
۱. Sinclair, D

خود می‌رسد، مورد قبول می‌باشد. همچنین از نقطه نظر انتقال حرارت، فاصله بهینه حفره از زمانی که خروج گرما زیاد باشد و یا گرما در بالای سقف انباشته شده باشد، تعیین می‌گردد؛ لذا صرف نظر از نتایج به دست آمده، فاصله بهینه کسب شده از این مطالعات فاقد ثبات می‌باشد. (Chan et al, 2009)

حفره "دی اس اف" معمولاً با عمق کمتر از ۱ اینچ تا عمق بالای ۴ الی ۵ فوت ساخته می‌شود. نتایج حاصل از مطالعات گسترده‌ای که عمق حفره را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند، نشان می‌دهد که این تغییر، اثر بزرگی بر روی عملکرد حرارتی بالایی نماهای دوپوسته ندارد.

در طراحی عمق حفره، بررسی نکات زیر حائز اهمیت می‌باشد:

- a. حجم حفره به اندازه‌ای باشد تا جریان کافی از دریچه‌های ورودی برای تهویه مناسب، میسر گردد.
- b. فضای کافی برای تجهیزات سایه‌اندازی و عناصر سازه‌ای لحاظ شود.
- c. دسترسی آسان به داخل حفره برای تعمیر و نگهداری و تمیز نمودن آن فراهم شود.



تصویر ۵-۱۴- فضای کافی بین دوپوسته برای تسهیل تعمیر و نگهداری

(<https://i.pinimg.com/736x/c1/eb/09/c1eb090ffce0acc1240f8407140cb598--architecture-facades.jpg>)

۵-۲-۴- ارتفاع حفره

ارتفاع حفره می‌تواند سرتاسر ارتفاع ساختمان را دربر گیرد و یا به صورت مستقل، در هر طبقه از هم جدا باشد که این نوع حفره، اکثریت نماهای دوپوسته را شامل می‌شود. در حفره‌های مستقل، معمولاً دریچه‌های ورودی و خروجی هوا به ترتیب نزدیک بالا و پایین هر مقطع قرار دارند. البته در بعضی موارد، پنل‌های جداکننده به صورت سوراخ‌دار بوده و ضمن مهیا نمودن دسترسی مناسب به داخل حفره، جریان هوا را نیز از خود عبور می‌دهند. در حفره‌های سرتاسری، یک دریچه ورودی ساده در پایین و یک دریچه خروجی ساده در بالای نمای دوپوسته وجود دارد. این نوع حفره، علی‌رغم افزایش تهویه طبیعی، به سبب وجود نیروی شناوری قوی بالا رونده (که با افزایش تعداد طبقات، این نیرو قوی‌تر می‌گردد)، خطر آتش‌سوزی و دود حاصل از آن را به طبقات بالایی به همراه دارد. همچنین، سبب انتقال آلودگی صوتی فضاهای داخلی از طبقه‌ای به طبقه دیگر می‌گردد. در بعضی موارد، با توجه به شرایط اقلیمی، دریچه‌های ورودی متعددی در طرح نمای خارجی قرار می‌گیرند، این امر جریان هوای داخل حفره و عملکرد تهویه طبیعی ساختمان را افزایش می‌دهد.



تصویر ۵-۱۵- عرض و پهنای حفره



تصویر ۵-۱۶- انتخاب جزئیات حفره در یک نمونه آزمایشگاهی

۵-۲-۵- عرض و پهنای حفره

نماهای دوپوسته، به طور کلی به دو صورت در سطح نمای ساختمان قرار می گیرند، در نوع اول، تمام پهنای نمای ساختمان را پوشش می دهد و نوع دیگر در مقاطع ۱ الی ۲ متری با توجه به نوع طراحی در سطح نما نصب می شود. در مورد تأثیر پهنای حفره بر عملکرد جریان هوا، مطالعات چندانی صورت نگرفته است؛ اما مسائل زیبایی شناسی و نوع ساختار، نقش مهمی در انتخاب پهنای مناسب به عهده دارند. به هر حال، حفره های باریک و تنگ، منجر به ایجاد شفتی می شوند که آتش سوزی و آلودگی ناشی از عوامل مختلف را به سرعت در کل ساختمان منتشر می نماید.

۵-۲-۶- جنس حفره

طراحی اکثر نماهای دوپوسته در ساختمان‌های جدید، باهدف بیش‌ترین شفافیت در لایه‌های نما صورت می‌گیرد. از این رو، انتخاب جنس شیشه و تمهیدات مناسب (تک جداره یا چند جداره)، برای رسیدن به این مهم، حائز اهمیت می‌باشد. به‌طور نمونه، معمولاً لایه داخلی برای کاهش مصرف انرژی، مانع گرما می‌باشد، درحالی‌که لایه خارجی، انتقال انرژی گرمایی گسترده‌ای را از طریق پنل‌های شیشه‌ای به عهده دارد (برای ایجاد نیروی شناوری بالا روند). این حالت در صورتی قابل قبول است که هوای گرم داخل حفره از طریق دریچه خروجی خارج شود؛ ولی در شرایط عکس (که جریان وارونه می‌شود)، لایه خارجی باید مانع گرمایی باشد. در اصلاح و نوسازی ساختمان‌های سنتی موجود، یک نمای خارجی شیشه‌ای می‌تواند به‌عنوان یک پرده در مقابل ساختمان اصلی قرارگیرد. در این نمونه، شیشه خارجی و حفره ایجادشده، اصل ساختمان و پنجره‌های بازشوی داخلی را از آلودگی، صدا، باد، تابش، باران و به‌طورکلی از تخریب محافظت می‌نماید. درمجموع، لایه‌های شیشه‌ای می‌توانند برای عبور تشعشع خورشیدی، شفاف و یا برای فیلتر نمودن تابش، رنگی یا دودی باشند.

۵-۳- بازشو

ساختاردریچه‌ها

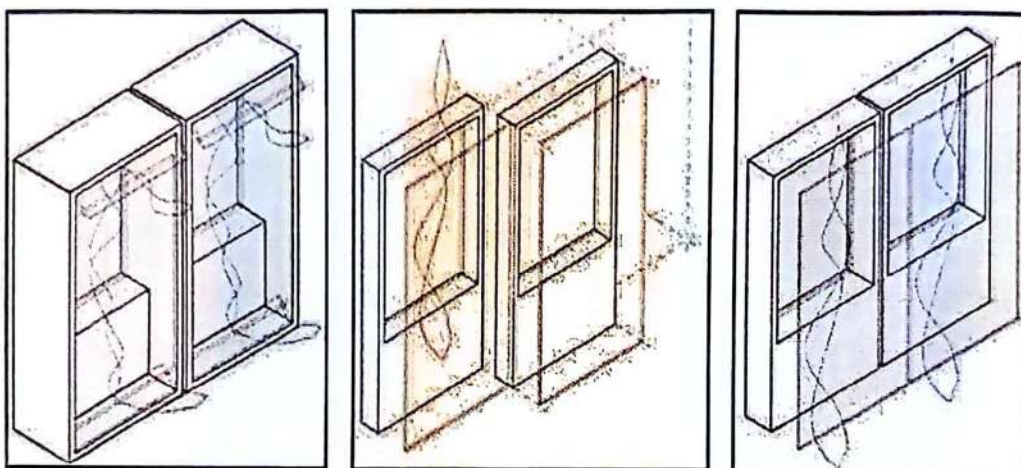
دریچه‌های حفره می‌تواند ساده و یا به‌صورت پیچیده همراه با لوورهای کنترل‌شده عمل نماید. این دریچه‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند تا تأثیر فشار باد بر روی جریان هوای بالارونده داخل حفره را کاهش دهد. طراحی نادرست دریچه‌ها، می‌تواند سبب پایین کشیدن جریان هوای داخل حفره گردد که این امر، جریان معکوس را در کل ساختمان در به وجود خواهد آورد، لذا در تابستان، این فرآیند سبب افزایش بار سرمایشی، به دلیل انتقال گرمای داخل حفره به فضای داخل می‌گردد.

۵-۳-۱- اصول بازشوها

شناخت اصول حاکم بر بازشوها نقش مهمی در شناخت رفتار جریان هوا در حفره میانی و تهویه طبیعی و مکانیکی آن خواهد داشت. به‌طورکلی، سرعت هوا و نوع جریان در حفره میانی به عمق حفره و نوع بازشوهای داخلی و خارجی وابسته خواهد بود.

سرعت و نوع جریان هوا در داخل حفره وابسته به موارد ذیل است:

- عمق حفره (برای تهویه طبیعی و مکانیکی)
- نوع بازشوهای داخلی (برای تهویه طبیعی و مکانیکی)
- نوع بازشوهای خارجی (برای تهویه طبیعی)



تصویر ۵-۱۷- بازشوهای داخلی برای تهویه طبیعی

(<http://alumgostar.com/en/articles/2-system.html>)

دریچه‌های پوسته داخلی و پوسته خارجی

کامپانگو تعویض هوا بین محیط و حفره را وابسته به عواملی از قبیل فشار باد بر روی پوسته ساختمان، اثر دودکش و ضریب تخلیه بازشوها می‌داند. (Compagno, 2002)

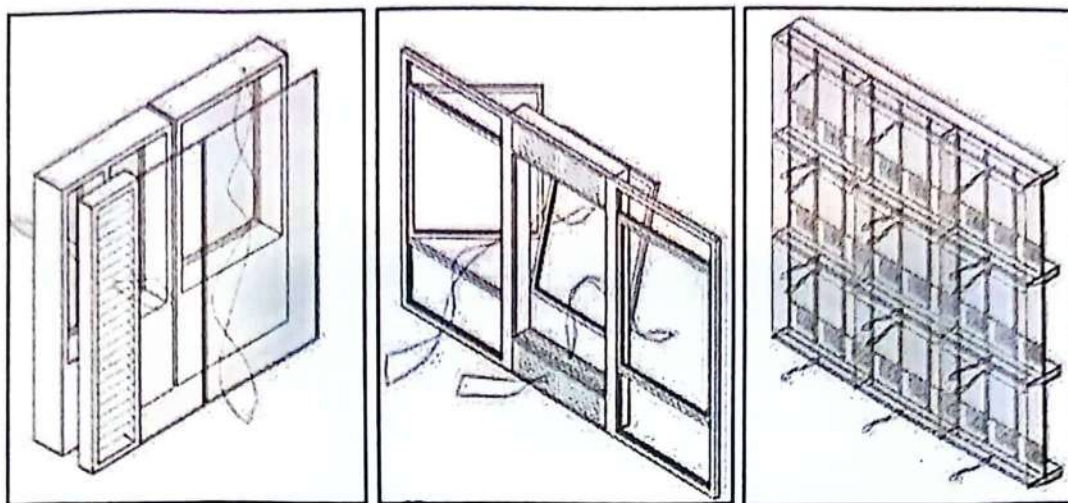
گراتیا و هرده^۱ (2007) خصوصیات دریچه‌های "دی اس اف" در طی سال را با تأکید بر عملکرد نیروی شناوری در داخل حفره بررسی نموده‌اند. دریچه‌های "دی اس اف" و سائز آن‌ها با تغییر فصول و با توجه به نیاز ورود و خروج هوا از حفره باید تغییر کند و با افزایش ابعاد دریچه‌ها، رابطه‌ای خطی با کاهش دمای داخل حفره حاصل نمی‌گردد؛ زیرا بلافاصله بعد از کوچکترین گشودگی توسط دریچه‌ها، کاهش دمای زیادی در داخل حفره ایجاد می‌شود و با افزایش ابعاد، تغییرات دمایی ناچیز می‌باشد و فقط حجم هوای مبادله شده افزایش می‌یابد. در طول زمستان، باز شدن دریچه‌های

1. Gratia & De Herd

"دی اس اف" باید محدود باشد (کمتر از ۵ سانتیمتر). اگر دمای حفره بالاتر از ۲۰ درجه سانتی گراد باقی بماند. این هوا می تواند به عنوان بازیافت هوا در داخل ساختمان مورد استفاده قرار بگیرد. به عنوان مثال، یک شکاف ۲/۵ سانتی متری حجم هوایی برابر با ۱۲۱۹۸ متر مکعب بر ساعت با دمای ۲۵/۸ درجه سانتی گراد جهت استفاده برای تهویه ساختمان مهیا می نماید. در تابستان یک شکاف ۱۰ سانتی متری، دمای نمای دو پوسته را از ۵۹/۳ درجه سانتی گراد به ۳۴/۴ درجه سانتی گراد و یک شکاف ۵۰ سانتی متری، این دما را به ۲۸/۲ درجه سانتی گراد می رساند. (جدول ۵-۱) به طور کلی، درجه ها می توانند ۸/۱ درصد بار سرمایش ساختمان را در طول روزهای گرم کاهش دهند. هرچه عایق حرارتی پوسته داخلی ناچیزتر باشد، اثر تهویه از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا بحران انتقال حرارت به فضای داخل تشدید می گردد. (Gratia & Herd, 2007, 364-373)

جدول ۵-۱- تاثیر مساحت دریچه ورودی بر حجم جریان خروجی و دمای دی اس اف. (Gratia, 2007, 379)

	شکاف ۱۰ سانتی متری		شکاف ۵۰ سانتی متری	
	دمای نمای دو پوسته (درجه سلسیوس)	حجم جریان خروجی (متر مکعب بر ساعت)	دمای نمای دو پوسته (درجه سلسیوس)	حجم جریان خروجی (متر مکعب بر ساعت)
۸ صبح	۲۱/۶	۱۷۸۵۱	۱۹/۶	۵۸۳۱۴
۹ صبح	۲۴/۵	۲۰۲۳۱	۲۱/۸	۶۵۱۵۷
۱۰ صبح	۲۸/۱	۲۳۸۰۲	۲۴/۲	۷۶۷۶۰
۱۱ صبح	۳۱/۴	۲۶۴۷۹	۲۶/۳	۸۵۶۸۶
۱۲ ظهر	۳۳/۶	۲۸۲۶۴	۲۷/۷	۹۱۰۴۱
۱ عصر	۳۴/۴	۲۸۸۶۰	۲۸/۲	۹۲۵۲۹
۲ عصر	۳۳/۹	۲۷۹۶۷	۲۸/۱	۸۹۸۵۱
۳ عصر	۳۲/۴	۲۶۱۸۲	۲۷/۳	۸۳۶۰۳
۴ عصر	۲۹/۸	۲۳۲۰۷	۲۶	۷۴۰۸۳
۵ عصر	۲۷/۲	۱۹۹۳۴	۲۴/۵	۶۳۳۷۲
۶ عصر	۲۵/۲	۱۷۵۵۴	۲۳	۵۶۲۳۱



تصویر ۵-۱۸- بازشوهای داخلی برای تهویه طبیعی

(<http://alumgostar.com/en/articles/2-system.html>)

۵-۳-۲- بازشوهای نمای داخلی

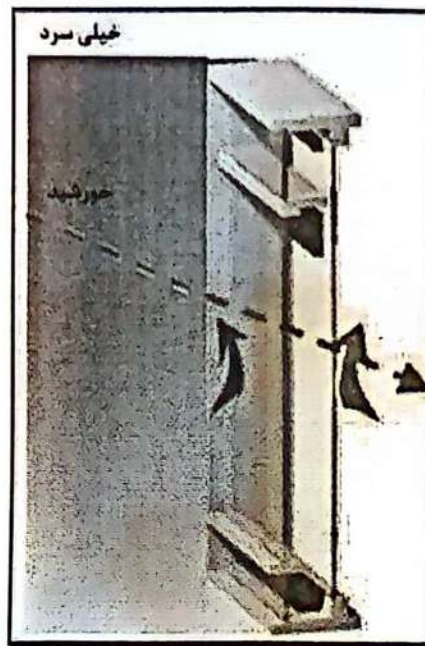
نقش پوسته داخلی نما با توجه به عملکرد تهویه آن، بستگی به چگونگی باز و بسته شدن پنجره‌ها دارد. در جدول ۵-۲ مقایسه‌ای میان گونه‌های مختلف بازشوهای پوسته داخلی و تأثیر آن‌ها بر عملکرد تهویه‌ای سطح پنجره صورت گرفته است.

جدول ۵-۲- تأثیر نوع پنجره‌های داخلی در تهویه نسبی (Ppirazis, 2004, 30)

نوع پنجره پوسته داخلی	اثر تهویه نسبی در مقایسه با سطح بازشو
پنجره لولایی از پایین	تا ۲۵ درصد
پنجره کشویی افقی	تا ۷۰ درصد
پنجره کشویی کلنگی	تا ۸۰ درصد
پنجره کشویی عمودی	تا ۹۰ درصد
پنجره لولایی از کنار	تا ۱۰۰ درصد
پنجره محوری عمودی	تا ۱۰۰ درصد
پنجره محوری افقی	تا ۱۰۰ درصد

فاصله‌ی بین شیشه‌ی داخلی و خارجی در نماهای تهویه شونده بین ۸۰ تا ۲۰۰ سانتی متر متغیر است. در بعضی از نمونه‌ها، شیشه‌ی خارجی دولایه است. (Mudayi, 2012, 24)

جاگز^۱ در سال (۲۰۰۳ م)، ساختار طرح متفاوتی از ورودی و خروجی هوا ارائه کرده است. او نتایج انواع بازشوی متفاوت نمای داخلی و تأثیر تغییرات نسبی هوا به دلیل فضای آشکار پنجره‌گذاری در بازشورا ارائه می‌دهد.

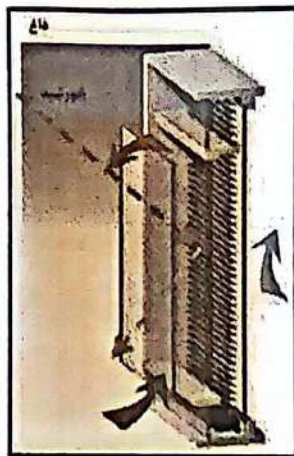


تصویر ۵-۱۹- حداقل تهویه مکانیکی بدون سایبان (زمستان)

(<http://www.mdpi.com/1996-1073/8/2/1336/htm>)

نتایج پژوهش آذربایجانی (۲۰۱۰ م) نشان می‌دهد برای حفره با عمق ۱/۵ متر و در ۷ طبقه (هر طبقه با ارتفاع ۳/۵ متر)، بار سرمایشی برای بازشو با ابعاد ۰/۶×۰/۶، ۹ درصد و برای بازشو با ابعاد ۰/۹×۰/۹، ۱۵ درصد در مقایسه با ابعاد ۰/۳×۰/۳ کاهش می‌یابد. بار گرمایشی نیز به ترتیب به میزان ۱۱ و ۲۷ درصد در مقایسه با ابعاد ۰/۳×۰/۳ افزایش می‌یابد. یکی از دلایل اصلی افزایش مساحت بازشوها در ساختمان، فراهم کردن تهویه طبیعی مطلوب‌تر است. افزایش مساحت

بازشوها سبب کاهش مصرف انرژی برای سرمایش می‌شود اما این مسئله در مورد گرمایش ساختمان صدق نمی‌کند. "نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که بهترین حالت ابعاد ۰/۳ و ۰/۶ می‌باشد و همچنین ابعاد ۰/۶ مطلوب‌ترین میزان تهویه را برای فضای داخلی و مطلوب‌ترین شرایط آسایش حرارتی را فراهم می‌کند. برای ارتفاع بالاتر (۹ طبقه) بازشوی ۰/۹ متر و برای ارتفاع کمتر (۵ طبقه) ۰/۶ مناسب‌ترین حالت می‌باشد. در صورتی که عمق حفره کم باشد (۰/۵ متر)، با افزایش اندازه بازشو، دما افزایش می‌یابد در حالی که در عمق ۰/۹، تغییر در ابعاد بازشو تأثیر چندانی بر روی دما ندارد." (Azarbayjani, 2010, P 138-142)



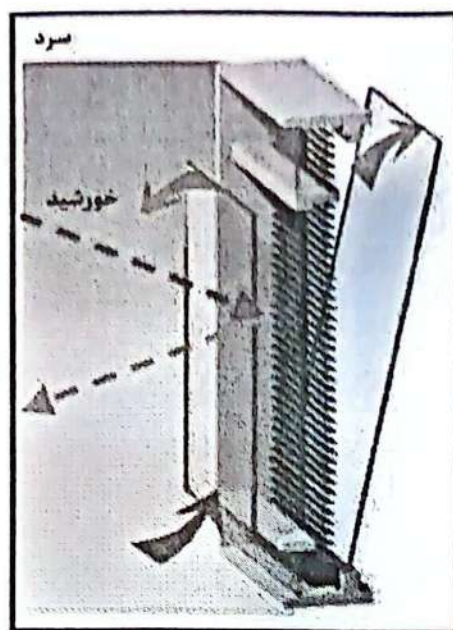
تصویر ۵-۲۰- حداقل تهویه مکانیکی با سایبان (تابستان)

(<http://www.mdpi.com/1996-1073/8/2/1336/htm>)

۵-۳-۳- بازشوهای نمای خارجی

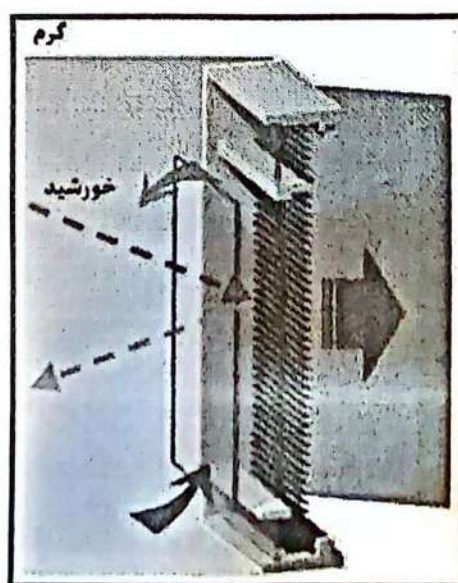
استرله ادعا می‌کند که اصول به‌کاررفته در المان‌های ورود هوا مشابه بازشوهای خروج هوا می‌باشد. وی می‌گوید:

«حالت گردبادی ممکن است به کمک جریان‌های مخالف که در گوشه‌ها و انحنای تولید می‌شود، در مسیر حرکت هوا ایجاد شود. این آشفتگی‌های جریان هوا، موجب کاهش سطح مؤثر بازشوها می‌شود. در صورتی که امکان حرکت قطری برای جریان هوا وجود داشته باشد، میزان آشفتگی‌های جریان هوا کاهش می‌یابد.» (Oesterle, 2001)



تصویر ۵-۲۱- حداکثر تهویه مکانیکی با سایبان (فصول با دمای متوسط)

(<http://www.mdpi.com/1996-1073/8/2/1336/htm>)



تصویر ۵-۲۲- تهویه طبیعی مناسب با سایبان (فصول با دمای متوسط)

(<http://www.mdpi.com/1996-1073/8/2/1336/htm>)

وی این موضوع را به کمک یک وسیله شبیه ساز CFD تشریح می کند.

استرله و همکارانش (۲۰۰۱) بیان می‌دارند که در نماهای دوپوسته، اصول به‌کاربرده شده برای اجزای درونی در بازشوهای ورودی هوا، برای بازشوهای خروجی نیز به کار می‌رود. مطابق با نظر نویسندگان «گردبادهایی ممکن است در طول مسیر جریان هوا با چرخش‌های گرد آبی در طول لبه‌ها و منحنی‌های بسته به وجود آید. زمانی که این جریان‌های گردآبی شکل گرفتند، آن‌ها می‌توانند ناحیه مؤثر یک بازشورا به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش دهند. پس مقطع عرضی قابل‌دسترسی برای جریان هوا، ناحیه باقیمانده جدا از گردباد است که فقط ابعاد این مقطع باید در محاسبات استفاده شود». (Poirazis, 2004, 30)

هندس (عموماً عمق و ارتفاع حفره) و مشخصات سایبان‌ها (مقدار جذب، بازتاب و عبور) می‌تواند نوع جریان هوا را در حفره تحت تأثیر قرار دهد. در هنگام طراحی نمای دوپوسته مشخص کردن نوع نما، سایز و موقعیت بازشوهای داخلی و خارجی حفره دارای اهمیت می‌باشد، چرا که این پارامترها نوع جریان و سرعت هوا و در نتیجه دمای حفره را تحت تأثیر قرار می‌دهند (در ساختمان‌های بلندمرتبه بیش‌تر دارای اهمیت می‌باشد). طراحی بازشوهای داخلی و خارجی همچنین برای جریان هوای داخلی و در نتیجه میزان تهویه و آسایش حرارتی ساکنین بسیار حائز اهمیت می‌باشد. درنهایت، همه‌ی این موارد به همراه استراتژی «اچ وی ای سی» باید به‌منظور موفقیت در افزایش کیفیت محیط داخلی و کاهش مصرف انرژی بررسی شود. (Streicher, 2005, 24)

۵-۴- انتخاب مصالح

در انتخاب مصالح این نوع نما تنوع بسیاری وجود دارد. می‌توان از شیشه‌های دودی^۱ استفاده کرد و سایبان‌ها می‌تواند از فلز یا پلاستیک به‌صورت رنگ‌شده یا براق مشبک یا توپر باشد. سازمان‌دهی این لایه‌ها به طرح مسیر هوا بستگی دارد. چنانچه هوا به سمت خارج بنا تهویه شود، جام شیشه داخل عایق‌بندی می‌شود و شیشه‌ای هم در سمت خارج قرار می‌گیرد و بالعکس، در صورتی که تهویه به داخل بنا باشد، از شیشه عایق‌بندی شده در پوسته خارجی استفاده می‌شود. مصالح به‌کاررفته در این نماها متنوع است، اما انتخاب مصالح پوسته خارجی به دلیل تماس با اقلیم بیرون با دقت بیشتری صورت می‌گیرد. (باب الحوانجی و دیگران، ۱۳۹۰)

به هنگام انتخاب مصالح استفاده شده برای ساختار نمای دوپوسته، باید به نوع قاب و وسایل سایه اندازی توجه شود. اتو (۲۰۰۱) متریال محافظ استراکچر را برای نمای اشاره شده توضیح می دهد. بر طبق نظر او «طراحان باید به هنگام انتخاب مصالحی که همراه با شیشه استفاده می شود مراقب باشند. این امر به دلیل ناسازگاری های ممکن در خصوصیات طبیعی مصالح پایه نظیر ضریب انبساط حرارتی کار ساده ای نیست. همچنین به دلیل استفاده از پوشش ها که ممکن است ناسازگار باشد و یا ممکن است احتیاج به تعمیر داشته باشد، انجام دادن آن بدون گرمایش شیشه یا پوشش های آن در بعضی روش ها دشوار است».

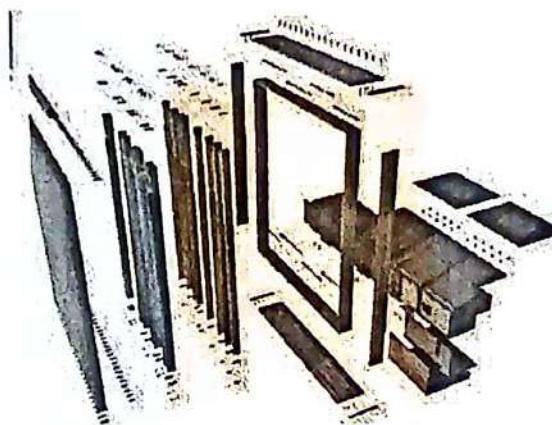


تصویر ۵-۲۳- جایگذاری شیشه های نمای دوپوسته

(<http://www.archiexpo.com/prod/aden-metal/product-149704-1711118.html>)

در طراحی نماهای دو پوسته باید به مصالحی که به همراه شیشه استفاده می شود داشته باشیم به دلیل اینکه ممکن است ناسازگاری در ویژگی های طبیعی مصالح اصلی وجود داشته باشد مانند ضریب انبساط حرارتی. در انتخاب شیشه معمولاً برای پوسته ی داخلی از دو یا سه قاب شیشه ای عایق حرارتی، استفاده می شود که این قاب ها معمولاً ثابت شده یا به صورت شناور در پوسته هستند و

شکاف بین قاب‌ها با هوا، آرگون و کریپتون پر می‌شود. برای پوسته‌ی خارجی از یک قاب شیشه‌ای استفاده می‌شود، گاهی اوقات می‌توان به جای آن از شیشه‌ی چندلایه استفاده کرد. (Harris, 2004,31)

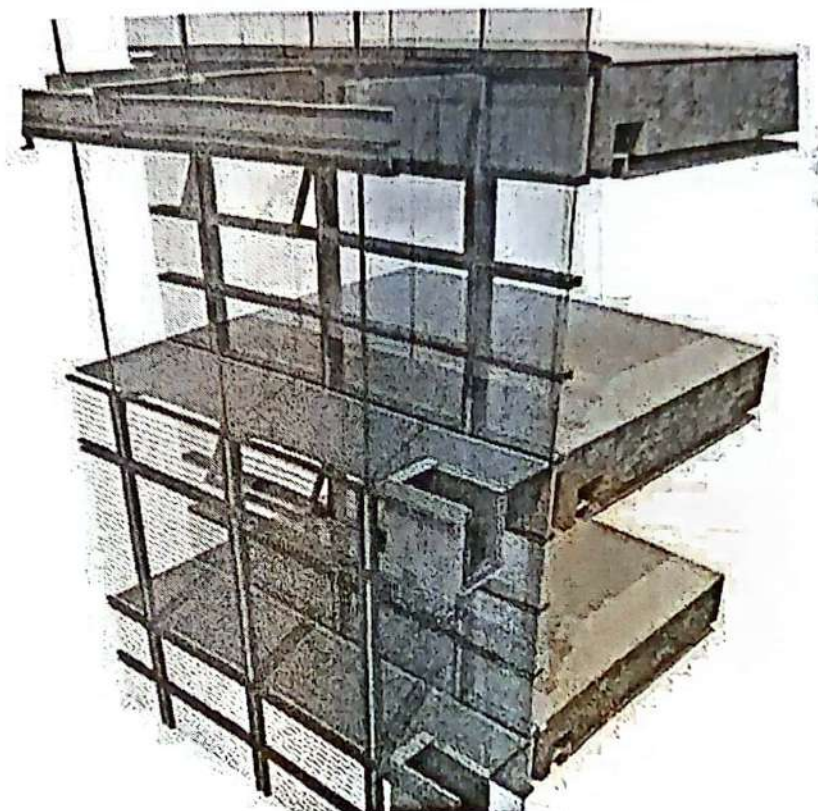


تصویر ۵-۲۴- قاب‌های داخلی و خارجی شیشه‌ها

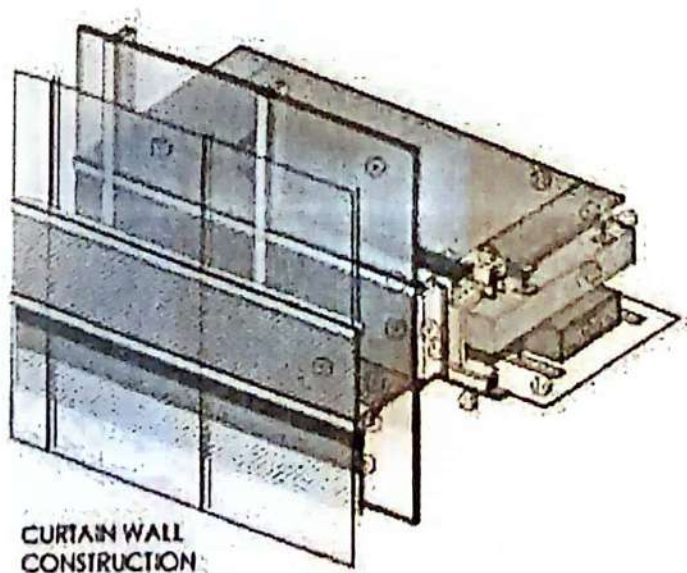
در انتخاب مصالح تشکیل دهنده نمای دوپوسته، توجه به نوع شیشه و سایه‌اندازها از اهمیت فراوانی برخوردار است. در عین حال، این موضوع بدان معنا نیست که طراح از انتخاب مصالح سازه نگهدارنده شیشه غافل شود. طراحان می‌بایست به ناهمخوانی‌هایی که در خواص پایه‌ای مصالح وجود دارد، مانند ضریب انبساط حرارتی توجه داشته باشند و پوشش‌های محافظ این مصالح را به درستی انتخاب کنند. این پوشش‌ها می‌بایست با توجه به اقلیم مورد نظر و شرایط تعمیر و نگهداری نما، انتخاب شوند. (تحصیل دوست، ۱۳۸۴)

۵-۴-۱- شیشه

انتخاب در مورد نوع شیشه برای قاب داخلی و خارجی به تیپولوژی نما بستگی دارد. در مورد نمایی که به وسیله‌ی هوای بیرون تهویه می‌شود، قاب عایق‌بندی شده (دولایه شیشه‌ی بسته) معمولاً به عنوان مانع حرارتی در سمت داخلی و قاب تک لایه در سمت خارج قرار داده می‌شود. در مورد نمایی که به وسیله‌ی هوای داخل تهویه می‌شود، قاب عایق‌بندی شده معمولاً در سمت خارج و قاب تک لایه در سمت داخل قرار داده می‌شود.



تصویر ۵-۲۵- قاب پوسته‌ی خارجی نما



تصویر ۵-۲۶- قطعات اتصالات شیشه

برای چند نوع خاص از نما، امکان باز شدن پنجره‌ی داخلی توسط استفاده‌کنندگان و اجازه‌ی تهویه‌ی طبیعی در داخل ساختمان وجود دارد. (Muldayi, 2012, 25)

انواع قاب‌های رایج برای نماهای دپوسته عبارت‌اند از:

- برای پوسته داخلی (نما): معمولاً شامل یک قاب عایق گرمایی دوجداره یا سه جداره می‌شود. قاب‌ها معمولاً شیشه شناور سخت شده یا سخت نشده هستند و فاصله بین آن‌ها به وسیله هوا، آرگون یا کریپتون پر می‌شود.

- برای پوسته خارجی (نما): معمولاً یک قاب منفرد سخت شده (گرما دیده) است. بعضی اوقات می‌توان به جای آن از شیشه‌ی لمینیت استفاده کرد. لی^۱ و همکاران ادعا می‌کنند که متداول‌ترین لایه خارجی از شیشه ایمن تقویت‌شده^۲ به وسیله گرما یا شیشه ایمن روکش‌دار^۳ می‌باشد. دومین لایه جداره داخلی شامل پنجره‌های ثابت یا بازشو، دو یا تک جداره و جعبه پنجره^۴ می‌باشد. روکش کم کننده تشعشع (شیشه‌ی دودی) بر روی شیشه‌ی جداره داخلی، گرمای تابشی داخل را کاهش می‌دهد.

اوسترله و همکاران (۲۰۰۱)، برای داشتن درجه بالاتری از شفافیت پیشنهاد دادند که از بلور می‌توان به عنوان لایه خارجی استفاده کرد. نظر به اینکه تعداد لایه‌ها و ضخامت پنل‌ها بیشتر از ساختار تک لایه است، نگهداری لایه شفاف از اهمیت فراوانی برخوردار است. ایراد اصلی این روش، هزینه بالای ساخت آن است؛ چون بلور گران‌تر از نوع معمولی است. اگر مسائل ایمنی ویژه رعایت شود (به عنوان مثال خمیدگی شیشه یا قوانین جلوگیری از ریزش شیشه)، آنگاه می‌توان از شیشه‌های ایمن سخت شده و به هم چسبیده و یا بخشی به صورت سخت شده و یا روکش‌دار و لمینیت شده استفاده کرد.

به نظر می‌رسد که نمای پنجره جعبه‌ای یا کریدوری، الزاماً نباید از قطعات و قابهای داخلی و خارجی متفاوتی نسبت به هم برخوردار باشند. لذا نوع قطعات و اجزا و وسایل سایه‌اندازی در تمام انواع نماهای دپوسته یکسان می‌باشد.

1. Lee

2. heat-strengthened safety glass

3. laminated safety glass

4. hopper window

پویرازیس^۱ و روزنفلد^۲، در سال ۲۰۰۳م چهار جداره دپوسته متفاوت را مقایسه کردند که در آن‌ها از قطعات متفاوتی استفاده شد تا جریان هوا، درجه حرارت در ارتفاع‌های متفاوت حفره و سایر مشخصات محاسبه شود. قطعات مورد استفاده در جدول ۵-۳ نمایش داده شده است.

جدول ۵-۳- توضیحات قاب‌های شیشه‌ای که برای انواع مختلف نماهای دپوسته بکار می‌رود

(Poirazis, 2004, p 32)

مورد	۱	۲	۳	۴
شیشه خارجی	۸ میلیمتر شیشه فلوت شفاف	۸ میلیمتر شیشه فلوت شفاف	۸ میلیمتر شیشه فلوت شفاف	۶ میلیمتر شیشه کنترل خورشیدی
شیشه میانی	۴ میلیمتر شیشه فلوت شفاف	۴ میلیمتر شیشه فلوت شفاف	۶ میلیمتر شیشه کنترل خورشیدی	۴ میلیمتر شیشه فلوت شفاف
شیشه داخلی	۴ میلیمتر شیشه فلوت شفاف	۴ میلیمتر شیشه low-e	۴ میلیمتر شیشه فلوت شفاف	۴ میلیمتر شیشه low-e

همان‌طور که نویسندگان نتیجه گرفتند، مورد اول بیش‌ترین مقدار U را به دست می‌دهد؛ و مورد سوم اندکی پایین‌تر از U مورد اول به دست می‌دهد. موردهای دوم و چهارم تقریباً مقدار برابری نشان می‌دهند که کمتر از مقادیر گفته شده در بالا است. در موارد اشاره شده مقدار میانگین در مقایسه با مورد دو و چهار تقریباً، ۳۹/۶ درصد برای مورد اول و ۳۴/۴ درصد برای مورد سوم است. از دست دادن گرما (Q_{loss}) مورد اول و سوم اتلاف بیشتری نسبت به مورد دو و چهار نشان می‌دهد. (Poirazis, 2004, 32)

به‌طورکلی، شیشه ایده‌آل به شیشه‌ای گفته می‌شود که حداکثر نور را از خود عبور دهد، ولی جابجایی انرژی در آن کم باشد. تنها در سال‌های دهه ۱۹۹۰م بود که پیشرفت بزرگی در زمینه تولید نوع ویژه‌ای از شیشه‌های ضد آفتاب با قابلیت عبور نور بالا به دست آمد (قابلیت عبور نور بالا هم‌زمان با کم بودن فاکتور عبور انرژی).

1. Poirazis
2. Rosenfeld

این شیشه‌ها راه‌حل مناسبی برای شرایطی هستند که امکان نصب سیستم‌های آفتاب‌شکن قابل تنظیم بر روی آن‌ها وجود ندارد. پیشرفت‌های بعدی در راستای مرغوبیت بخشی در زمینه فیزیک ساختاری بود. امروزه زمینه انتخاب گسترده‌ای برای تهیه سیستم‌های افتراق نور و موانع نوری مستقیم وجود دارند. به‌طور مثال، عایق‌های حرارتی شفاف، لوورهای شیشه‌ای، شبکه‌های ریز و منشورها (که برای تولید اشکال گرافیکی هولوگرام‌ها نیز قابل استفاده بود که قادر به ایجاد اشکال سه‌بعدی هستند)، همه و همه قابل تهیه می‌باشند.

امروزه، انواع شیشه‌های رنگی نیز مانند الکتروکرومیک، ترموکرومیک و فتوکرومیک وجود دارند.^۱ (کلانتر مهرجردی، ۱۳۸۷)

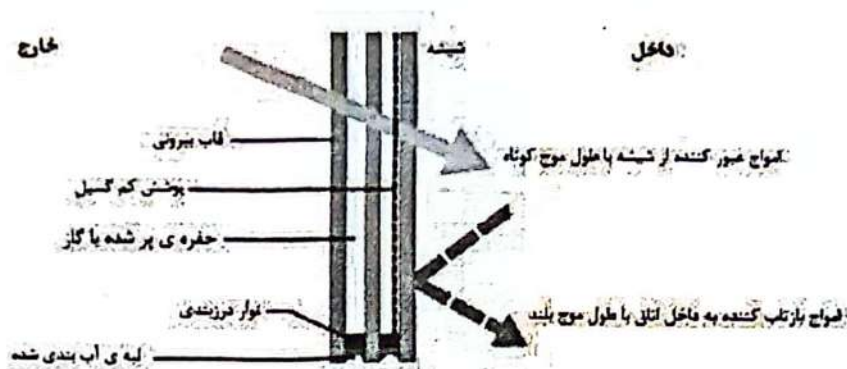
۵-۴-۱-۱- انتخاب نوع شیشه

نوع شیشه: شیشه‌های مورد استفاده در پوسته‌ی داخلی، معمولاً به‌عنوان عایق حرارتی و به‌صورت دولایه و یا سه‌لایه از نوع مقاوم یا غیر مقاوم می‌باشند. حفره بین شیشه‌ها از هوا، آرگون و یا کریپتون انباشته شده است. در پوسته خارجی معمولاً از شیشه‌های ساده مقاوم و در بعضی مواقع از شیشه‌های لمینت (دارای پوشش محافظ) استفاده می‌شود. لی و همکارانش بیان می‌دارند: «بیشتر لایه‌های پوسته خارجی از شیشه‌های مقاوم گرمایی و یا شیشه‌های لمینت شده می‌باشند. همچنین استفاده از پوشش‌هایی با ضریب انتشار پایین، تابش گرما به فضای داخل را کاهش می‌دهد.» (Lee et al, 2002)

استرله و همکاران پیشنهاد می‌نمایند: «برای افزایش درجه شفافیت لایه‌های خارجی از شیشه‌های بلوری استفاده شود. این در حالی است که ضمن افزایش تعداد لایه‌ها و ضخامت شیشه‌ها، هزینه‌های آن بسیار زیاد می‌باشد.» (Oosterlr, 2001)

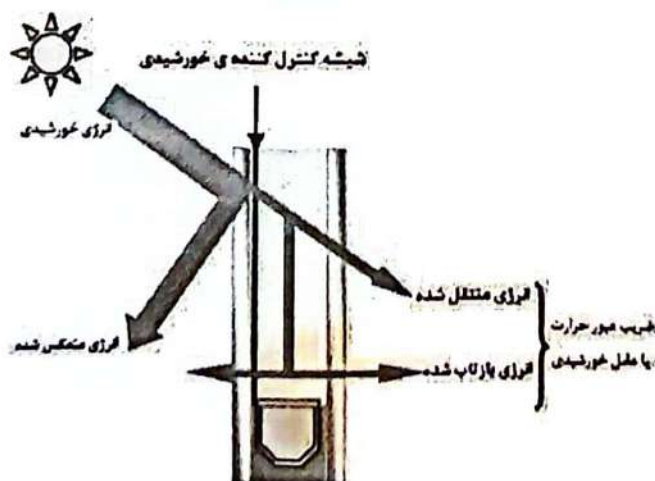
از نظر انرژی و دمای آسایش کاربران، جنس شیشه‌های نمای دو پوسته در تغییرات دمای حفره مؤثر می‌باشد. میزان جذب، بازتاب و عبور تابش خورشید برای انواع شیشه در شکل ۵-۲۷ ارائه شده است.

همچنین دمای حفره در "دی اس اف" در صورت استفاده از شیشه‌های ساده بازتاب‌کننده و جاذب در پوسته داخلی، به ترتیب $32/3$ درجه سانتی‌گراد، 36 درجه سانتی‌گراد، $40/3$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شیشه‌های جاذب و بازتاب‌کننده به دلیل برگشت مقدار زیادی از تابش به فضای حفره سبب افزایش دمای حفره می‌گردد. دمای سطحی پوسته داخلی بر روی شرایط آسایش حرارتی و دمای فضای داخلی بسیار تأثیرگذار می‌باشد. همچنین باید جهت جلوگیری از خمش شیشه یا احتمال سقوط آن به پایین، از شیشه‌های سخت شده و مقاوم در پوسته خارجی استفاده گردد.



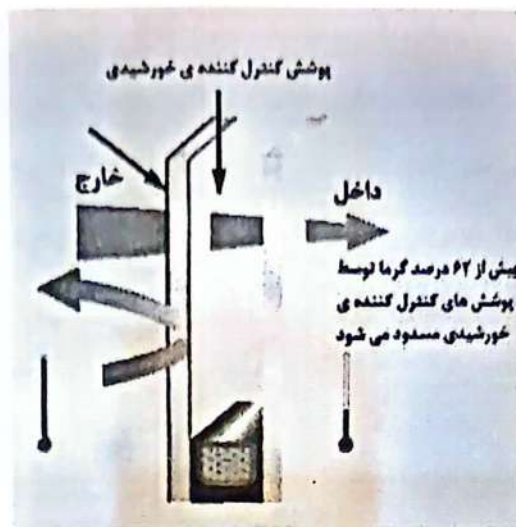
تصویر ۵-۲۷- عملکرد سه لایه‌ی شیشه‌ی نما در عبور و بازتاب امواج

(<http://www.tectonica-online.com/images>)



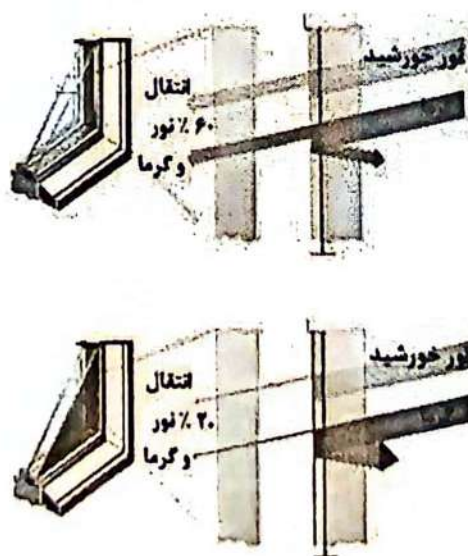
تصویر ۵-۲۸- شیشه کنترل کننده خورشیدی

(<http://www.tectonica-online.com/images>)



تصویر ۵-۲۹- شیشه‌هایی با پوشش‌های کنترل‌کننده‌ی نور خورشید

(<http://www.dijlaira.com/uploads/images/glass/bioclean-cool-lite-diagram.jpg>)



تصویر ۵-۳۰- تفاوت نور و گرمای دریافتی فضای داخل با بهره‌گیری از شیشه‌های متفاوت

(<http://fmarchitecture.archwebsite.com>)

طرح کلی نمای شیشه‌ای ساختمان ضمن ترکیب شکل و ابعاد پانل‌های شیشه‌ای و درزگیر در طراحی مشخص می‌شود. در کنار جنبه‌های زیباشناختی، شرایط کارکرد نما نیز در انتخاب نوع شیشه‌کاری و طرح‌نما تاثیرگذار است. اگر طراحان بنا ترجیح بدهند ساختار درونی را بدون تغییر

نگه‌دارند و پروفیل‌های آلومینیومی یا فلزی و قسمت درزگیر شیشه‌ها معلوم نباشد، انتخاب آن‌ها شیشه‌ی رفلکس (آینه‌ای یا بازتابنده) خواهد بود. با توجه به اینکه در شیشه‌های شفاف، نوارهای طرفین نگهدارنده شیشه، در معرض دید می‌باشند لذا مطلوب‌تر است که به اتصالات در لبه‌ها و کناره‌ها توجه خاصی صورت گیرد؛ ضمن آنکه، نوع شیشه نیز باید متناسب و مناسب با نوارهای درزگیر باشد. مهم‌تر از همه، این کار برای نوع پوشش روی شیشه اهمیت دارد؛ چراکه این شیشه روی لبه‌های شیشه‌ای که مربوط به ساختار درزگیردار است، سوار می‌شود. بنابراین ممکن است از نظر ساختاری باری را متحمل شود. در ساخت درزگیر یا شیشه باید آزمایشی انجام‌شده و گزارشی تهیه شود که مناسب بودن آن تائید شود. اگر انجام این آزمایش امکان‌پذیر نباشد، می‌بایست از طریق آزمایش‌های مشابه، تأیید مطلوبیت آن حاصل گردد. در ادامه، توضیح مختصری در خصوص تولید شیشه‌های مناسب جهت نیل به این اهداف ارائه می‌شود.

۵-۴-۱-۲- شیشه شفاف یا شیشه با رنگ کم^۱

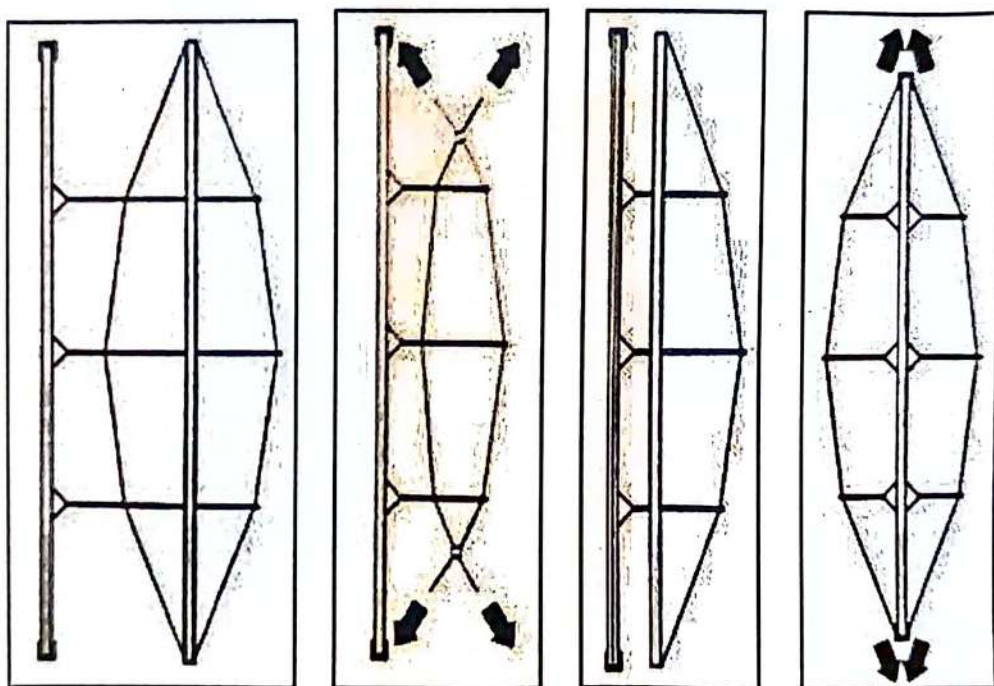
وقتی از شیشه‌ی شفاف استفاده می‌کنیم، ساختار داخلی قابل مشاهده می‌شود (داخل بنا). برای این منظور، ضمن در نظر گرفتن روش قرارگیری درزگیر در ساختار داخلی، باید به اهمیت زیباشناختی آن نیز توجه خاصی داشت. یکی از روش‌ها می‌تواند پوشاندن قسمت عبور دهنده باشد که با رنگ کردن صفحه (ی شیشه‌ای) انجام می‌شود؛ مثل همان کاری که در صنعت خودروسازی صورت می‌گیرد. شیشه‌ی رنگی را می‌توان بدون بروز مشکلی استفاده کرد. قسمت داخلی بستگی به رنگ شیشه، یا دیده نمی‌شود یا به سختی دیده می‌شود.

۵-۴-۱-۳- شیشه رنگی یا روکش‌دار

در اکثر موارد، از پنل‌های شیشه‌ای رنگ‌شده یا روکش‌دار به همراه درزگیر برای نماهای شیشه‌ای استفاده می‌شود. در این حالت، بدلیل یکدست بودن سطح نما چارچوب سازه دیگر دیده نمی‌شود و تفاوت میان شیشه‌کاری بخش‌های مختلف سازه مثل طاق‌ها و ستون‌ها و همچنین قسمت‌های شفاف و پنجره‌ها کمتر تشخیص داده می‌شود. روکش باید تا لبه‌های شیشه کشیده شود، یعنی روی

1. body-tinted float galss

سطوح چسبیده به سازه هم قرار بگیرد. اما همه روکش‌ها هم برای این کار مناسب نیستند. برای قسمت‌های متصل به سازه می‌توان از روکش‌های سخت پیرولیتیک استفاده کرد. روکش‌هایی که در اثر حرارت تغییر شیمیایی پیدا می‌کنند و نرم می‌شوند، در سطوح چسبیده به سازه نباید مورد استفاده قرار گیرند. روکش‌های نقره‌ای رنگ را برای این نوع شیشه نباید به کار برد، چون این روکش‌ها وقتی پوسیده می‌شوند، خطرناک هستند و موجب بازشدن اتصالات می‌شوند.



تصویر ۵-۳۱- انواع شیوه‌های اجرای نماهای تمام شیشه‌ای

۵-۴-۱- شیشه نیمه پیش تنیده یا کاملاً پیش تنیده^۱

این شیشه‌ها در مقابل شدت حرارت بسیار مقاوم هستند. به دلیل خمیدگی بیشتر و قدرت انبساط و کشیدگی زیاد، احتمال شکستن نما کاهش می‌یابد. نداشتن برش‌هایی در بیرون موجب می‌شود ناهموار بودن صفحه‌ی شیشه‌ای خیلی زود تشخیص داده شود که ممکن است به دلیل کشش‌های اعمال شده طی فرایند فشرده شدن مقدماتی باشد.

1. semi-and fully pre-stressed glass

۵-۴-۱-۵- شیشه خم و لمینیت

این نوع شیشه، ترکیبی از دو یا چند صفحه شیشه است که به وسیله‌ی یک یا چند ورقه‌ی PVB یا لایه‌ی پلاستیک به صورت لایه‌لایه روی هم قرار می‌گیرند و قالب زده می‌شوند. بدلیل لایه‌لایه بودن صفحه شیشه و بدلیل تماس مستقیم بین این ورقه و درزگیر سیلیکونی، ممکن است این ورقه بدون رنگ شود یا رنگ آن کنده شود. نکته قابل توجه آنکه هنوز هیچ‌گونه استاندارد ETA یا CEN در مورد این نوع شیشه وجود ندارد و هیچ نتیجه‌ی آزمایشی در رابطه با شیشه‌ی لایه‌لایه با یک پلاستیک قالبی وجود ندارد. چون وقتی از یک صفحه شیشه‌ای لایه‌دار استفاده می‌کنیم، هر دو صفحه‌ی شیشه‌ای باید نگه‌داشته شوند تا از جداشدن صفحات و تغییر مکان آن‌ها جلوگیری شود. (Renckens, 1996)

۵-۴-۱-۶- شیشه یا مات‌کننده

برای مسدود کردن عبور نور محیطی از شیشه، لاک الکل سیاه‌رنگ یا نوارچسب تیره به کار می‌رود؛ هم‌چنین این مواد برای زیبا کردن هم به کار می‌روند. مات‌کننده درجه دو برای شیشه‌ی تکی و مات‌کننده درجه چهار برای شیشه‌های دابل به کار می‌رود. بسته به نوع مات‌کننده، استفاده از آن در سطوح چسبیده به سازه متوقف می‌شود.

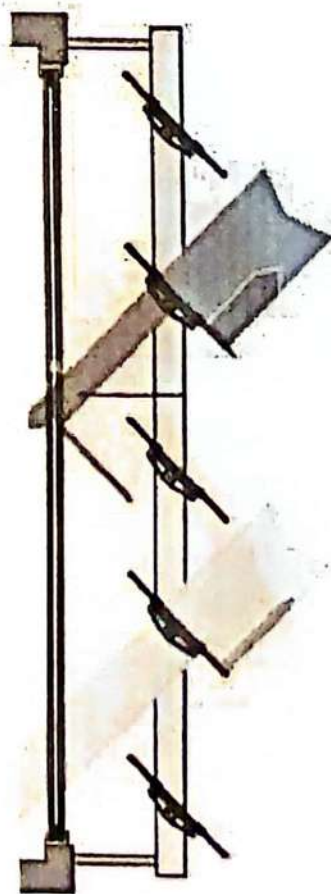
۵-۵- سایبان

تعیین نوع سایبان‌ها در هر نمای دو پوسته با مسائل خاصی در زمینه طراحی روبه‌روست. انتخاب نوع شیشه و نوع جریان هوا در حفره میانی می‌تواند نقش مهمی در رفتار حرارتی سایبان‌ها داشته باشد. علاوه بر این سایبان‌ها می‌توانند پوشش کاملی بر فضای پشت خود ایجاد کنند و یا فقط بخشی از آن را بپوشانند؛ بنابراین برای انتخاب دقیق سایه‌اندازها بهتر است بررسی دقیقی در خصوص ترکیب شیشه و سایه‌انداز، سیستم تهویه و زاویه لوورها انجام پذیرد. (Oesterlr, 2001)

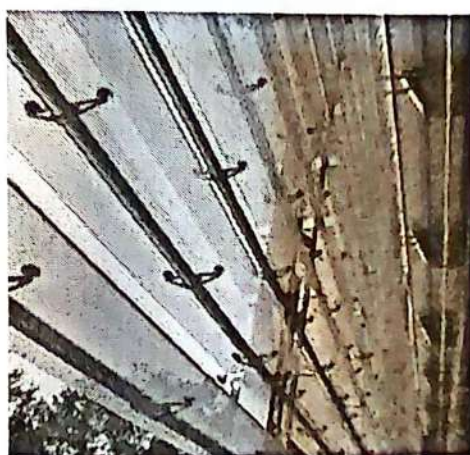
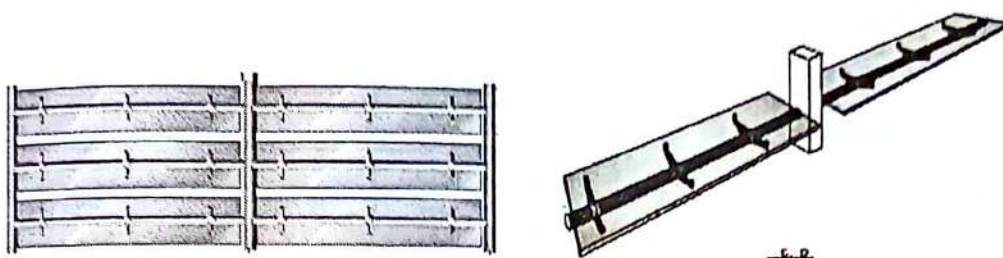
سایبان‌ها در بدنه ساختمان

سایبان یکی از انواع متنوع پوشش پنجره است که برای مدل‌های گوناگون پنجره مناسب بوده و می‌تواند به اشکال مختلف، به‌تنهایی و یا همراه پرده‌های تزینی مورد استفاده قرار گیرد. اولین

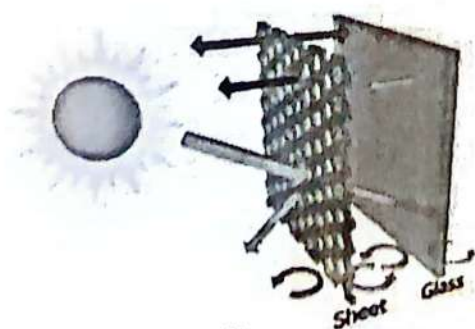
نمونه‌های سایبان با اهداف صرفاً کاربردی و تنها به جهت پوشاندن پنجره و سد نور شدید آفتاب مورد استفاده قرار می‌گرفتند. این سایبان‌ها که اغلب از پارچه‌های نیمه شفاف مانند گاز دوخته می‌شدند برای حفاظت از پرده‌های گران‌قیمت اصلی در برابر نور شدید آفتاب و جلوگیری از رنگ پریدگی آنها بین پرده اصلی و پنجره نصب می‌شدند. اگرچه دنبال کردن تاریخچه دقیق تغییر و تکامل سایبان‌ها کاری مشکل است اما شواهد به جامانده حاکی از وجود دو نوع سایبان متفاوت در قرن هفدهم است. یکی به شکل پرده‌ای ساده که با دو بند در بالا جمع شده و به صورت والانی در بالای پنجره قرار می‌گرفت و دیگری یکپارچه چهارگوش ساده و هم‌اندازه با ابعاد پنجره که به تخته‌های چوبی متصل شده و در فرورفتگی قاب پنجره نصب می‌شد. در قرن هجدهم فرم سایبان کمی پیچیده‌تر شد.



تصویر ۵-۳۲- سایبان‌های بازتاب دهنده



تصویر ۵-۳۳- سایبان‌های متحرک شیشه‌ای



تصویر ۵-۳۴- سایبان‌های ثابت مجوف

(<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0360132314002595-gr2.jpg>)

استفاده از سایبان یک روش متداول برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان و ایجاد شرایط آسایش برای ساکنین است که در کشورهای توسعه‌یافته از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. سایبان‌ها در دو گروه کلی سایبان‌های ساختمانی و سایبان‌های الحاقی (غیر ساختمانی) تقسیم

می شوند. سایبان های الحاقی غیر ساختمانی سایبان هایی هستند که عموماً در محل های دیگری ساخته شده و سپس در داخل و یا خارج پنجره ها نصب می شوند. از مزیت های عمده این سایبان ها می توان به قابل تعویض بودن آن ها، انعطاف پذیری بیشتر، قیمت مناسب و تنوع در انتخاب سایبان متناسب با سلیقه های گوناگون اشاره نمود. همچنین به واسطه وجود منافذ مناسب در این سیستم ها، تهویه هوا بطور مناسب انجام می گیرد و زمانی که هوا ابری است با تنظیم یا جمع کردن آن ها می توان از روشنایی مناسب بهره مند شد. علاوه بر آن با توجه به قابل تنظیم بودن، کنترل بهتری در جلوگیری از ورود تابش مستقیم خورشید داشته و با استفاده از آن ها می توان به دلخواه شدت انرژی گرمایی ورودی و یا میزان روشنایی ساختمان را در صورت نیاز تغییر داد. (خراسانی زاده، حسین. سبز پوشانی، مجید. شیخزاده، قنبر علی، ۱۳۸۵)

۵-۵-۱- انواع سایبان

۱. سایبان متحرک

۲. سایبان ثابت

سایبان متحرک قابل کنترل بوده و می تواند انتقال نور خورشید را به دلخواه کنترل کند. سایبان های ثابت عملکرد مشخص دارند که به جهت و شکل هندسی ساختمان و تغییر موقعیت خورشید در فصل های مختلف بستگی دارد.

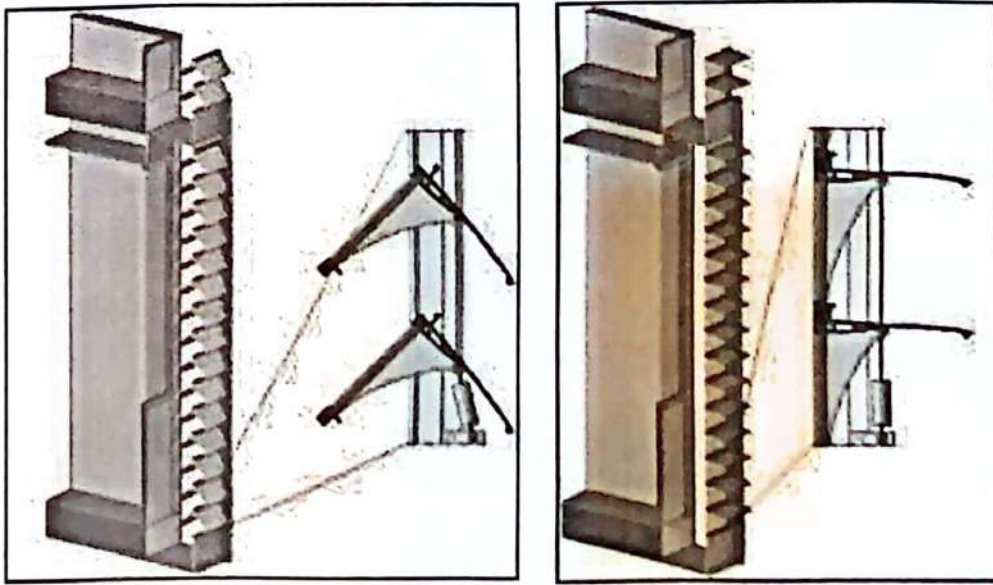
۵-۵-۲- ویژگی های سایبان متحرک

۱. معمولاً به شکل افقی یا عمودی است.
۲. در دو نوع داخلی و خارجی وجود دارد که نوع خارجی آن کارا تر است.
۳. دارای رنگ های مختلفی است که هر چه رنگ آن تیره باشد، اختلاف بین کارایی آن ها بیشتر است.
۴. سایبان های نوع پنجره های کرکره ای، چوبی از کارایی بالاتری برخوردارند.

۵-۵-۳- ویژگی های سایبان های ثابت

۱. در تمام فصول سال ثابت است

۲. کارایی آن به موقعیت ساختمان تغییرات روزانه و سالانه موقعیت خورشید بستگی دارد.
۳. معمولاً مؤثرترین آن‌ها بر روی پنجره‌های جنوبی یا جنوب شرق یا جنوب غربی قرار می‌گیرد.



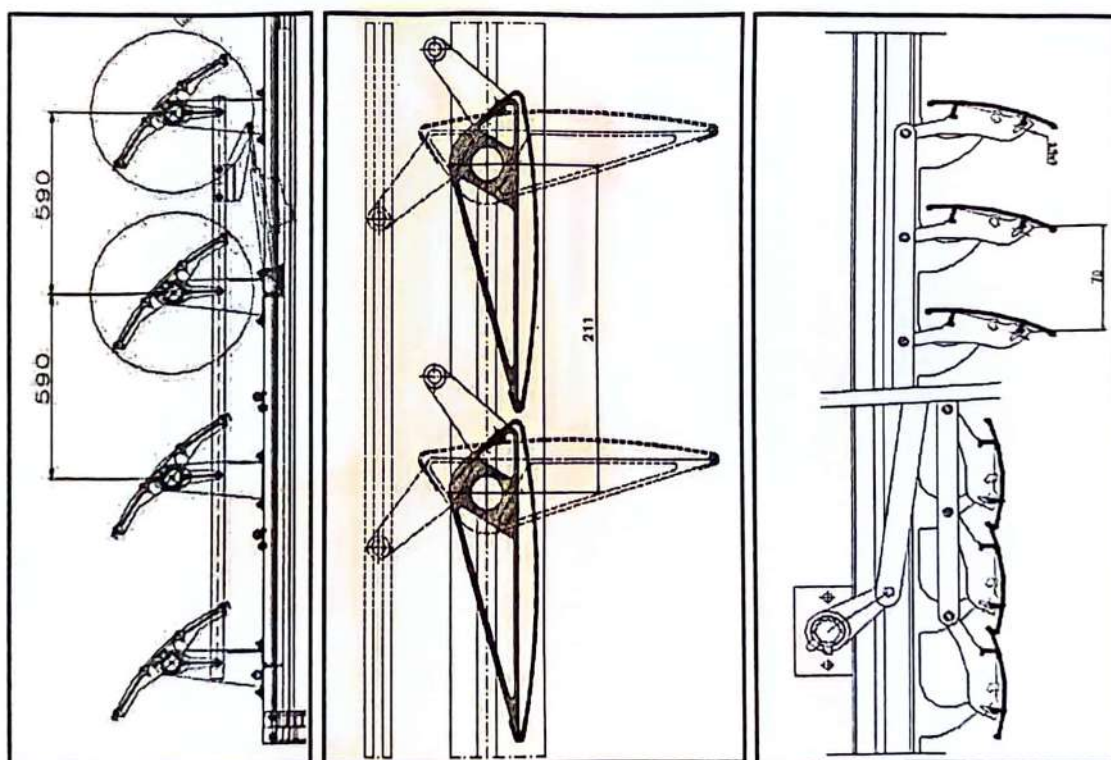
تصویر ۵-۳۵- ابزارهای سایه‌انداز متحرک

(<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1364032109002792-gr3.jpg>)

۵-۴- نقش سایبان

۱. کنترل تابش مستقیم آفتاب داخل
 ۲. کنترل نور
 ۳. منظره‌ی طبیعی و دید در ساختمان
 ۴. جلوگیری از بارش باران به دیواره
- سایبان‌های طبیعی شامل درخت، مهم‌ترین ویژگی درخت این است که در وضعیت حرارتی ساختمان تأثیر بسزایی دارد. از جمله درختان مؤثر می‌توان از سرو و کاج نام برد که:
۱. میزان فشار باد بر ساختمان را کاهش می‌دهند.
 ۲. از اتلاف حرارت در فصل زمستان جلوگیری می‌کنند.

۳. در فصل تابستان باعث ایجاد هوای خنک بین درخت و ساختمان می‌شوند.
 ۴. رطوبتی که به علت وجود درخت در محیط ایجاد شده باعث هدایت هوای مطبوع به داخل ساختمان می‌گردد.
 ۵. به علت داشتن برگ‌های نوک تیز نور خورشید به داخل می‌تابد اما باد و بوران به واسطه‌ی وجود این درختان از شدت آن‌ها کاسته می‌شود.
- نکته: درختی که به‌عنوان سایبان مورد استفاده قرار می‌گیرد هنگام کاشتن باید توجه شود که ارتفاع آن‌ها پس از گذشت چندین سال به ۴/۵ الی ۶ متر برسد.



تصویر ۵-۳۶- پروفیل‌های کماتی سایبان‌های خارجی نماهای شیشه‌ای

(www.merlosrl.com)

۵-۵-۵- استراتژی‌های سایه

هر دو گزینه؛ هم سایبان‌های داخلی و هم سایبان‌های بیرونی می‌توانند برای محافظت از پنجره‌ها در مقابل تابش خورشید مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی برای جلوگیری از نور خورشید قبل از

رسیدن به پنجره بهترین هستند. انواع استراتژی‌های سایبان که در زیر نشان داده شده است در اجرای این هدف مؤثر می‌باشد.

۵-۵-۶- استراتژی‌های سایبان‌های بیرون پنجره

سایبان‌های خارجی نور خورشید را گرفته و منعکس‌کننده بخشی از آن به‌دوراز پنجره هستند بعضی از سایبان‌های بیرونی نیمه شفاف هستند، به‌طوری‌که مقداری از برخورد تابش از طریق آن‌ها به پنجره‌ها عبور می‌کند. بقیه توسط سایبان جذب می‌شود. گرمای جذب‌شده توسط سایبان بیرونی تا حد زیادی به‌دوراز پنجره به‌وسیله جریان‌های همرفت، تابش و هوا منتقله جاری انجام می‌شود.

۵-۵-۷- استراتژی سایبان‌های داخلی پنجره

سایبان‌های داخلی نیز می‌توانند مؤثر باشند. در برخی شرایط، آن‌ها باید به روشنی منعکس‌کننده به سمت خارج باشند؛ به‌طوری‌که تابش خورشیدی و پذیرفته‌شده از طریق شیشه، توسط سایبان از پنجره منعکس و بیرون برگردانده شود؛ بنابراین کمی از گرمای تابشی خورشید می‌تواند در داخل ساختمان باقی بماند.

۵-۵-۸- طراحی سایبان

طراحی سایبان‌ها می‌تواند کاملاً پیچیده باشد. برنامه‌های کامپیوتری با دقت به شکل سایبان، برای مقاصد بسیار خاصی وجود دارد. با این حال، در غیاب آن‌ها و با درک کمی از مکانیک، موقعیت خورشید و نمودار مسیر خورشید، روش‌های دستی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. سایبان‌های خارجی مؤثرتر و ارجح‌تر از سایبان‌های داخلی هستند. این موضوع شامل سایبان‌های خارج از پنجره به‌صورت ثابت و یا متصل به پوشش ساختمان نیز می‌باشد. از جمله واحدهای قابل علاج و درمان، تعبیه هواکش‌هایی ساخته‌شده از چوب یا فلز، پنجره، پرده، کرکره، آویزها و سایبان‌های ثابت یا متحرک هستند. همان‌طور که شما باید از تجربه شخصی خود آگاهی داشته باشید، مهم‌ترین مشخصه موقعیت خورشیدی تغییرات فصلی آن است. در طول تابستان در نیمکره جنوبی، خورشید آرام‌آرام از جنوب شرق بالا می‌رود و آرام‌آرام از جنوب غرب پایین می‌آید. در زمستان این فاصله

افزایش می‌یابد و بهتر است در نیمکره‌ی شمالی مجموعه کمی به سمت شمال شرق و در نیمکره‌ی جنوبی به سمت شمال غرب باشد. توجه شود، در نیمکره شمالی، شمال و جنوب عوض می‌شود. هدف از طراحی یک سایبان خوب این است که برای استفاده از این ویژگی، معمولاً بیرون راندن نور به طور کامل در تابستان و در معرض حداکثر نور قرار دادن در فصل زمستان بهترین مزیت می‌باشد.



تصویر ۵-۳۷- لوورهای افقی

(www.reliablelouvers.com)

از دیدگاه محل نصب سایبان نسبت به پنجره، سایبان‌های الحاقی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱. سایبان‌های خارجی ۲. سایبان‌های داخلی ۳. سایبان‌های میانی
۱. سایبان‌های خارجی: در بیرون ساختمان و خارج از پنجره قرار می‌گیرند. در صورت عدم تعبیه سایبان‌های ساختمانی از این نوع سایبان‌ها استفاده می‌شود. سایبان‌های خارجی بیشترین تأثیر را در کاهش حرارت اکتسابی خورشید دارند؛ زیرا این سیستم‌ها بخش بزرگی از تشعشعات خورشید را قبل از اینکه به سطح دیوار یا پنجره ساختمان برسد مهار می‌کنند.

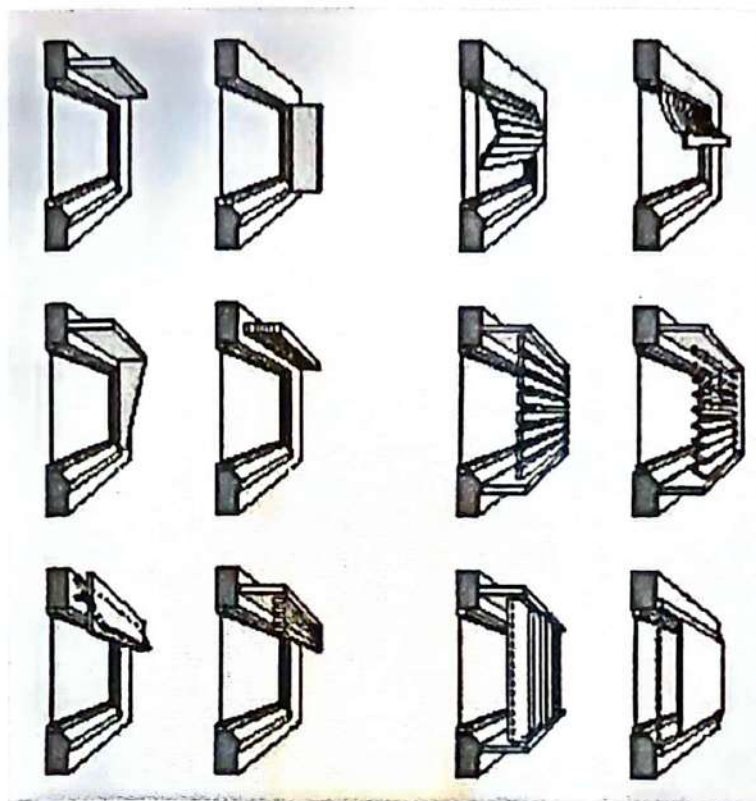
ضمناً این سیستم‌ها تأثیر زیادی در زیبایی نمای ساختمان دارند. انواع گیاهان از جمله درخت مو و یا درخت همیشه سبزی مثل کاج و سرو که در جلو پنجره‌ها کاشته می‌شوند از سایبان‌های خارجی محسوب می‌شوند سایبان‌های ثابت خارجی شامل انواع مختلفی مثل پرده‌های عمودی، لوورهای ثابت، صفحات انعکاسی، دریچه‌های ثابت، آینه‌های سهمی.

شکل و سایبان‌های کرباسی ثابت می‌باشد. سایبان‌های متحرک خارجی شامل لوورهای متحرک، دریچه‌های متحرک، پرده‌های عمودی و افقی، سایبان‌های کرباسی متحرک و سایبان‌های پرده کرکره‌ای است. (تصاویر ۵-۳۷، ۵-۳۸) (www.ifco.ir)



تصویر ۵-۳۸- لوورهای افقی درون نمای دوپوسته

(<http://www.sta-design.com/wp-content/uploads>)



تصویر ۵-۳۹- چند نوع سایبان خارجی

(خراسانی زاده، حسین، سبزویشانی، مجید، شیخزاده، قنبرعلی، ۱۳۸۵)

در فصول گرم سال با استفاده از آنها می توان علاوه بر جلوگیری از ورود مستقیم نور خورشید، از انتقال حرارت به داخل ساختمان جلوگیری کرد و در فصل سرد سال با برداشتن یا تنظیم آنها می توان از انرژی گرمایی خورشید برای افزایش بهره گرمایی سود برد.

۲. سایبان های داخلی: در داخل ساختمان، در فضای اتاق و در مجاورت پنجره ها نصب می گردند و کارایی این سایبان ها در جلوگیری از ورود نور و انرژی گرمایی خورشید کمتر از سایبان های خارجی و میانی است.

انواع مختلف این نوع سایبان عبارتند از: پرده ها، آفتاب گیرهای عمودی، آفتاب گیرهای غلطکی، لوورهای فلزی سهمی شکل، لوورهای فلزی تاخورده، لوورهای اکریلیک منشوری، صفحات انعکاسی و آینه های سهمی شکل.

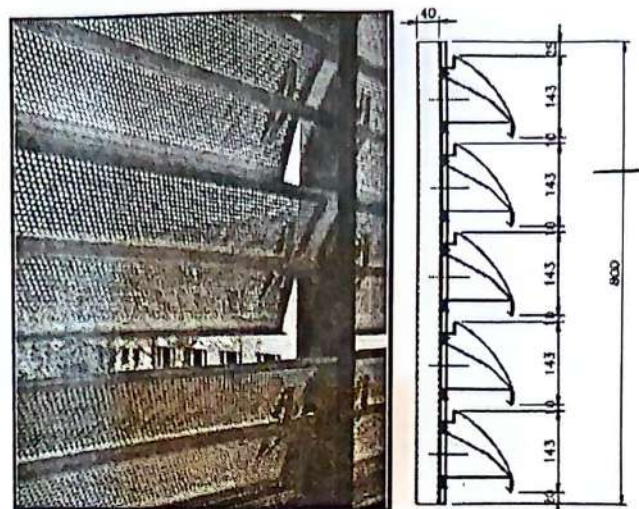
از معایب این نوع سایبان‌ها این است که هنگامی که پرده کاملاً بسته باشد، هوای بین پنجره و پرده گرم شده و همین امر موجب هدایت گرمایی به سمت داخل ساختمان می‌شود. (تصویر ۵-۴۰)

۳. سایبان‌های میانی: معمولاً به سایبان‌هایی گفته می‌شود که در بین دو جدار شیشه پنجره‌ها قرار می‌گیرند. کاربرد این نوع سایبان‌ها در ایران بسیار محدود است و چندان مرسوم نیست. با این حال این نوع سایبان نسبت به سایبان‌های داخلی از عملکرد مطلوب‌تری در جلوگیری از ورود انرژی گرمایی خورشید برخوردار است. نمونه‌هایی از این نوع سایبان‌ها عبارت از پرده کرکره‌ای میانی، شیشه‌های شبکه‌ای، پروفیل‌های فلزی متقارن و نامتقارن، آفتاب‌گیرهای غلطکی میانی، پنل‌های منشوری آکرلیک و پنل‌های آکرلیک با برش لیزری می‌باشند. (www.ifco.ir) از میان سایبان‌های الحاقی معرفی‌شده، به بررسی سایبان پرده کرکره‌ای به دلیل استفاده زیاد و کارایی بهتر این نوع سایبان می‌پردازیم.



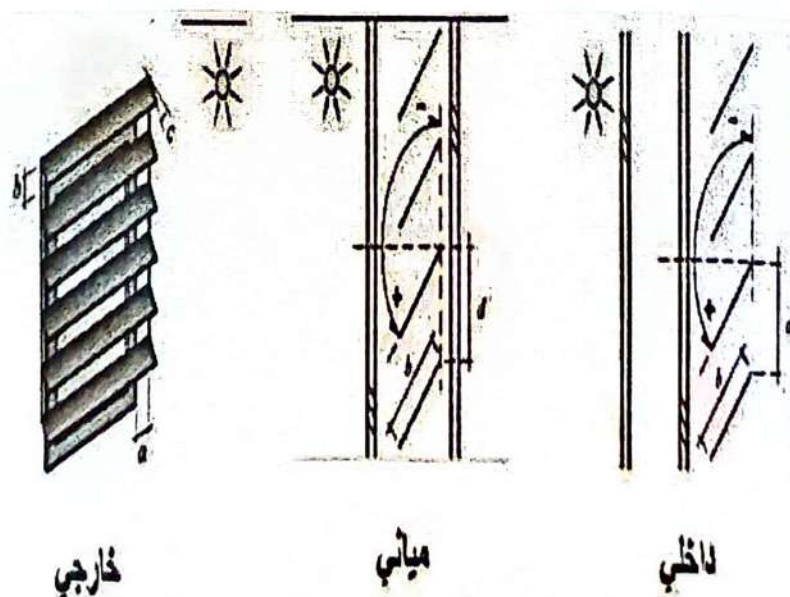
تصویر ۵-۴۰- لوورهای فلزی سهمی شکل

(www.lu.se)



تصویر ۵-۴۱- لوورهای فلزی کمانی شکل

(www.merlosrl.com)



تصویر ۵-۴۲- دسته‌بندی سایبان کرکره‌ای از نظر محل نصب (www.elib.unikom.ac.id)

بررسی سایبان پرده کرکره‌ای

این سایبان دارای انواع مختلف داخلی، خارجی و میانی است و از متداول‌ترین نوع سایبان‌های غیر ساختمانی می‌باشد. این سایبان از تیغه‌هایی ساخته می‌شود که زاویه آنها قابل تنظیم و تغییر است و امکان جمع‌آوری کلی آن نیز وجود دارد. (تصویر ۷)

نتایج آزمایشات انجام شده در دانشگاه لوند سوئد که مربوط به اندازه گیری های تجربی بین ساعت ۱۲ تا یک بعد از ظهر یک روز آفتابی است، در جدول ۴-۵ نشان داده شده و عملکرد این نوع سایبان در حالت های ممکن مورد استفاده، بررسی می شود.

یک سیستم کامل به صورت مجموع پنجره و سایبان تعریف می شود. معادله ضریب کلی انتقال انرژی سیستم (نسبت انرژی تابشی گرمایی عبور کرده به برخوردی) به صورت:

$$g_{\text{system}} = Q_{\text{sun}} / IG.AW$$

شدت تابش خورشید Q_{sun} شدت تابش برخوردی به پنجره IG مساحت پنجره AW

و معادله ضریب سایه سیستم به صورت زیر تعریف می شود:

$$g_{\text{system}} = g_{\text{window}} \times g_{\text{sunshade}}$$

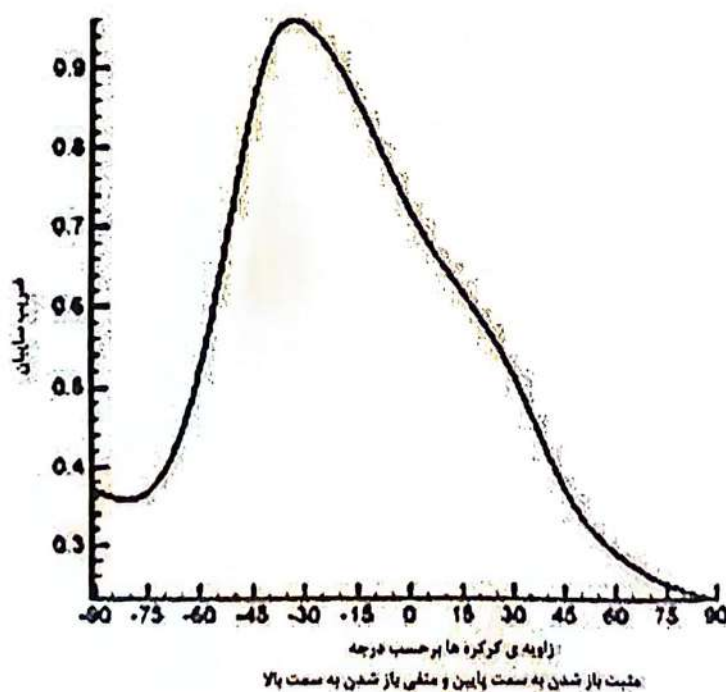
جدول ۴-۵- ضرایب اندازه گیری شده مربوط به سایبان پرده کرکره ای خارجی (www.lup.lub.lu.se)

g system	g window	g sunshade	ماه	نوع سایبان پرده کرکره ای خارجی
۰/۱۷	۰/۶۱	۰/۲۸	جولای	تیغه با پهنای ۵۰ میلیمتر و زاویه صفر حالت کاملاً باز
۰/۰۸	۰/۵۳	۰/۱۵	آگوست	تیغه با پهنای ۵۰ میلیمتر و زاویه ۴۵ حالت نیمه باز
۰/۱۴	۰/۵۶	۰/۲۵	جولای	تیغه با پهنای ۸۰ میلیمتر و زاویه صفر حالت کاملاً باز
۰/۰۷	۰/۵۴	۰/۱۳	آگوست	تیغه با پهنای ۸۰ میلیمتر و زاویه ۴۵ حالت نیمه باز

پرده کرکره خارجی که در آزمایش بکار رفته است، در دو نوع با تیغه های به پهنای ۵۰ میلیمتر و ۸۰ میلیمتر به رنگ نقره ای می باشد و در هر دو حالت، پرده در وضعیتی که تمام سطح پنجره را پوشانده، قرار گرفته است و زاویه تیغه ها یک بار افقی یعنی زاویه صفر نسبت به پنجره و بار دیگر مایل یعنی با زاویه ۴۵ درجه به سمت پایین در نظر گرفته شده است. (Kvist, Hasse and Hellström, Bengt, June 14-19, 2003)

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱ ملاحظه می‌شود که در هر دو نمونه استفاده‌شده، ضریب انتقال انرژی سایبان در حالت کاملاً باز حدود دو برابر حالت نیمه‌باز می‌باشد. استفاده از پرده کرکره‌ای پهن‌تر تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش تأثیر سایبان‌های الحاقی و نمای دوپوسته در کاهش مصرف انرژی ضریب سایبان نداشته است و پهن‌تر نمودن تیغه‌ها کارایی را به نسبت افزایش هزینه افزایش نمی‌دهد. برای افزایش کارایی بهتر است در فصل‌های گرم سال با بستن کرکره‌ها از ورود انرژی گرمایی به ساختمان ممانعت گردد.

نتیجه اندازه‌گیری ضریب سایبان برای پرده کرکره‌ای خارجی به رنگ متالیک در زوایای مختلف تیغه‌ها در نمودار ۱ نشان داده شده است.

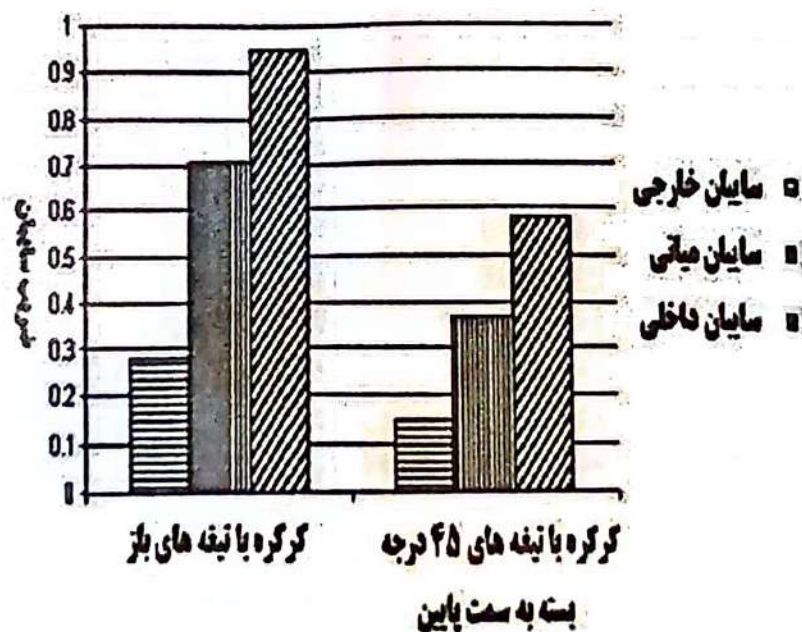


نمودار ۱-۵- ضریب سایبان برای زاویه مختلف تیغه‌ها

(www.lup.lub.lu.se)

از نمودار ۱-۵ ملاحظه می‌شود که بستن تیغه‌ها به سمت پایین باعث کاهش ضریب سایبان می‌شود؛ بنابراین می‌توان زاویه‌ای مثل ۶۰ درجه را به عنوان یک زاویه بهینه از لحاظ جلوگیری از ورود انرژی گرمایی مزاحم و اجازه ورود نور برای تأمین روشنایی پیشنهاد نمود. با تغییر زاویه تیغه‌ها

به سمت بالا، اجازه ورود انرژی بیشتری به ساختمان داده می‌شود. در اقلیم‌های سرد در زمستان می‌توان با باز کردن کرکره‌ها به سمت بالا گرمای موردنیاز ساختمان را تا حدی تأمین نمود. تحقیقات دیگری نیز بر روی انواع دیگر سایبان‌های پرده کرکره‌ای انجام شده است؛ که به منظور مقایسه این سه نوع سایبان پرده کرکره‌ای داخلی، میانی و خارجی نتایج تجربی مطابق با نمودار ۲ نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که پرده کرکره‌ای با تیغه‌های نیمه بسته دارای کارایی بسیار بهتری نسبت به حالت تیغه باز است. از مقایسه نتایج مربوط به محل نصب مشخص است که سایبان خارجی، دارای کارایی بسیار بهتری می‌باشد. به‌طورکلی، درصدی از نور خورشید پس از برخورد به تیغه‌ها منعکس می‌گردد، درصدی عبور می‌کند و درصدی هم باعث گرم شدن سایبان و افزایش دمای خود پرده کرکره می‌گردد.



نمودار ۲-۵- مقایسه ضریب سایبان پرده کرکره‌ای از لحاظ محل نصب و زاویه تیغه‌ها

(خراسانی‌زاده، حسین، سبزویشانی، مجید، شیخزاده، قنبرعلی، ۱۳۸۵)

حال اگر سایبان در بیرون ساختمان و روی پنجره نصب شود، بیشترین میزان انعکاس به فضای بیرون ساختمان انجام می‌شود و فقط آن قسمت از انرژی خورشیدی که از سایبان عبور می‌کند، امکان ورود به ساختمان را دارد. برای سایبان میانی، درصد بیشتری از انرژی انعکاسی به محیط

داخل ساختمان منتقل می‌گردد و در نتیجه، ضریب سایبان میانی بیشتر از ضریب سایبان خارجی خواهد بود؛ اما در سایبان پرده کرکره‌ای داخلی، علاوه بر اینکه درصد زیادتری از انرژی انعکاسی به محیط داخل ساختمان وارد می‌گردد، تمام انرژی جذب شده توسط خود پرده کرکره نیز با مکانیزم انتقال حرارت جابجایی به درون ساختمان راه می‌یابد. در نتیجه برای کاهش بار برودتی ساختمان استفاده از سایبان پرده کرکره‌ای خارجی ارجحیت دارد. (خراسانی‌زاده، حسین. سبزپوشانی، مجید. شیخزاده، قنبرعلی، ۱۳۸۵)

کاهش گرمای ورودی ناشی از تابش مستقیم نور خورشید و درعین حال بیشینه کردن استفاده از نور طبیعی، عامل اصلی در طراحی سایبان می‌باشد. سایبان‌ها به دودسته سایبان‌های ثابت و متحرک تقسیم می‌شوند. سایبان‌های متحرک خود دارای دو گروه دستی و موتوردار هستند. با توجه به تغییر موقعیت نسبی خورشید در طول روز و همچنین ناچیز بودن مصرف انرژی موتورهای الکتریکی، سایبان‌های موتوردار بهترین گزینه برای کنترل میزان گرما و نور ورودی می‌باشند.

در این زمینه، مطالعات مختلفی انجام شده که تفاوت‌های اصلی در این مطالعات، طرح سایبان موردبررسی، هدف کنترل (کمینه کردن تابش ورودی، بیشینه کردن استفاده از نور طبیعی و هردو به‌طور همزمان) و ابزار شبیه‌سازی می‌باشند. به‌عنوان مثال درزمینه سایبان، ندال و دیگران (N.Tamimi, S.Fadzil, 2011) چهار طرح سایبان^۱ را با استفاده از نرم‌افزار آی ایی اس^۲ شبیه‌سازی نمودند تا بهترین گزینه جهت کاهش تابش ورودی و پایین آوردن دمای داخل ساختمان مورد مطالعه را بیابند. (M.David, M.Donn, F.Garde, A.Lenoir, 2011)

در مطالعه دیگر دیوید و همکارانش، چهار طرح دیگر از سایبان را باهدف کاهش همزمان تابش ورودی و انرژی الکتریکی مصرفی جهت تأمین روشنایی سایبان به کمک نرم‌افزار انرژی پلاس^۳، شبیه‌سازی نمودند و ابعاد بهینه این سایبان‌ها را برای ساختمان مورد مطالعه قراردادند. سایبان متحرک موتوردار چرخان پایین به بالا را که برخلاف نوع متداول آن، از پایین پنجره به سمت بالا باز می‌شود، با استفاده از مدل روشنایی که خود توسعه داده و با آزمایش‌های تجربی اعتباربخشی نموده‌اند، جهت کمینه کردن انرژی الکتریکی مصرفی برای روشنایی و همچنین اطمینان از تأمین

1. Horizontal shading, Curve shading, Egg-crate shading

2. IES

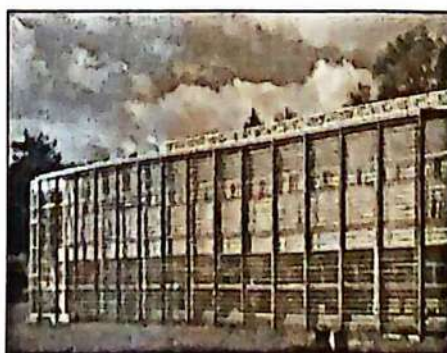
3. ENERGY PLUS

شرایط مناسب روشنایی و جلوگیری از تابش مستقیم خورشید بررسی نموده‌اند. در این زمینه طرح‌های متفاوتی از سایبان متحرک (مطابق شکل‌های ۳۱ و ۳۲) بررسی شده است. جهت بهره‌وری افزایش طرح، علاوه بر ترکیب سیستم سایبان متحرک با سیستم هوشمند روشنایی، گزینه استفاده از سلول‌های خورشیدی نیز در سایبان بررسی شده است، به این معنی که در هر لحظه، زاویه بهینه سایبان با در نظر گرفتن همزمان سه هدف، کمینه کردن تابش ورودی، کمینه کردن استفاده از روشنایی مصنوعی و بیشینه کردن برق تولیدی تعیین شده است. همچنین، امکان‌سنجی اقتصادی طرح نیز انجام شده است. (K.Kapsis, A.Tzempelikos, A.Athienitis, RG.Zmeureanu, 2010)



تصویر ۵-۴۳- سایبان‌های کشویی

(www.weavingideas.com)



تصویر ۵-۴۴- سایبان‌های کرک‌های

(www.coltinfo.co.uk)

سایبان در نمای دو پوسته

به طور کلی، سایبان‌ها به صورت یکپارچه و یا کرکره‌ای می‌باشند. در DSF سایبان‌ها معمولاً در فضای بین دو پوسته قرار می‌گیرند. موقعیت آن‌ها داخل حفره، بر مقدار انتقال حرارت به فضای داخلی و تنش حرارتی به لایه‌های داخلی، تأثیرگذار می‌باشد. در صورت عدم تهویه فضای داخلی DSF، جریان هوای ناکافی اطراف سایبان ممکن است انتقال حرارت را به صورت هدایت یا تابش به فضای داخلی افزایش دهد. موقعیت سایبان‌های نزدیک به پوسته خارجی باید به گونه ای باشد که فضای کافی جهت چرخش هوا را در دو سمت سایبان فراهم آورد. با افزایش سرعت تهویه توسط باد یا نیروی شناوری، پره‌های سایبان‌ها باید به گونه‌ای باشند که سبب تولید لرزش و سروصدا ننمایند. رنگ سایبان‌ها نیز در جذب و بازتاب تابش بسیار مهم می‌باشد. در شکل‌های زیر، تأثیر رنگ و موقعیت سایبان‌ها به روی دمای پوسته داخلی و میزان بار سرمایشی مورد نیاز در شرایط عدم تهویه حفره ارائه شده است.

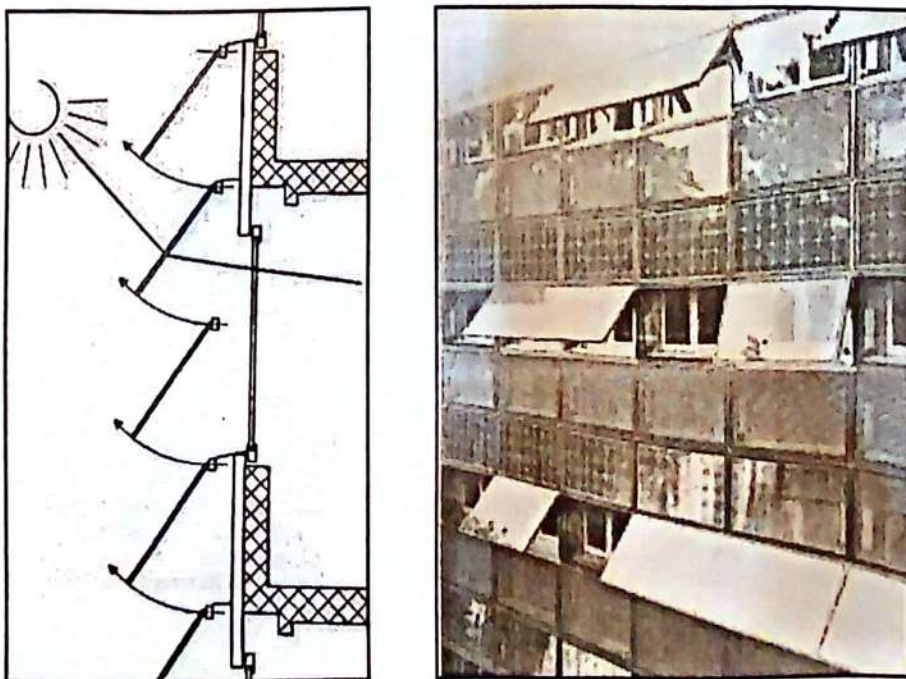
نور طبیعی به دو دلیل دارای اهمیت می‌باشد: اول به دلیل کاهش نیاز به نور مصنوعی و دوم به دلیل کیفیتی که نور طبیعی به نور مصنوعی می‌دهد. نمای دوپوسته با افزایش سطح شیشه‌ای دستیابی به نور روز را بهبود می‌بخشد. همچنین باعث نفوذ نور در عمق پلان شده و فاصله‌ی بین کف و سقف را افزایش می‌دهد. نور طبیعی، تغییرات آن و طیف ترکیبی آن اهمیت زیادی در رفاه و سلامت روانی دارد. نور طبیعی یک جزء اساسی زندگی ما و همچنین کمکی در تولید ویتامین D بدن و یک عنصر مهم ضد سرطان است.

پنجره‌ها و شکاف‌های نما نور طبیعی را برای ساختمان فراهم می‌کنند. در نماهای دوپوسته سطح وسیعی از نما شفاف بوده و به این ترتیب، افزایش سطح شفاف موجب ورود نور و حرارت شدید در زمان‌های خاصی از روز می‌شود که برای جلوگیری از آن باید از وسایل سایه‌اندازی مابین نمای دوپوسته استفاده کرد. (Meyer Boake, 2003, 11)

کنترل افزایش حرارت خورشیدی در نمای دوپوسته از طریق ابزار سایه‌اندازی که درون حفره‌ی هوا قرار گرفته است، میسر می‌شود، معمولاً سایبان‌های افقی به همان اندازه‌ای که حفره به تنهایی توانایی جذب تابش‌های خورشیدی را دارد، انرژی خورشیدی را جذب می‌کنند. آرایش‌های مختلفی برای این ابزارهای سایه‌اندازی افقی وجود دارد. آن‌ها هم می‌توانند به صورت عناصر و هم معمولاً به صورت واحدهای متحرک باشند که یا به وسیله‌ی ساکنین و یا به وسیله‌ی سنسورهای داخل

ساختمان کنترل می‌شوند. ابزارهای سایه‌اندازی بدون محافظ در ساختمان‌های بلندمرتبه به دلیل هزینه‌های نصب و ملزومات ایمنی گران‌قیمت هستند. آن‌ها معمولاً ثابت بوده و همیشه برای همه‌ی وضعیت‌های زاویه‌ای خورشید مؤثر نیستند، مخصوصاً برای زاویه‌های تابشی پایین در صبح و انتهای بعدازظهر. نمای دپوسته به دلیل این‌که از اجزای ابزار سایه‌اندازی حفاظت می‌کند دارای اهمیت می‌باشد. مؤثرترین روش برای جلوگیری از گرم شدن فضا تا بالاتر از حد آسایش توسط تابش خورشیدی، ممانعت از ورود اولیه‌ی گرما به داخل فضا می‌باشد. ابزارهای سایه‌اندازی خارجی مؤثرترین روش برای کاهش جذب حرارت خورشیدی در ساختمان‌های شیشه‌ای بلند هستند.

سایبان افقی اجازه‌ی استفاده‌ی مداوم از نور روز و برقراری دید اندکی به بیرون را می‌دهد. فضای هوای میانی به‌تنهایی توانایی منحرف کردن برخی از تابش‌های اولیه‌ی به دام افتاده در این ناحیه را دارند. جریان هوا از طریق انتقال حرارت همرفتی هوای گرم شده را به‌طرف بالا منتقل می‌کند و از طریق شکاف موجود در بالای حفره به‌طرف بیرون حرکت می‌کند. (Meyer Boake, 2003, 10)



تصویر ۵-۴۵- سایبان‌های متحرک از نوع کلکتور خورشیدی

(خانه‌ی سوا در بازل، اثر هرزوک و دمورن ۱۹۸۸-۱۹۹۳)

بنا بر نظر اوسترله^۱ و همکاران، تعیین ویژگی‌های اثرگذار سایه بان در هر نمونه مشکلات خاص خود را در مرحله برنامه‌ریزی را به وجود می‌آورد؛ زیرا مشخصات می‌توانند با توجه به نوع شیشه و تهویه سیستم سایه بان متنوع باشد. سایه بان می‌تواند یک نمای کامل از پشت آن ارائه دهد یا ممکن است در حالتی که لوورها در موقعیت به اصطلاح بسته قرار دارند باشد. همان‌طور که این محققان بیان می‌دارند:

«برای پروژه‌های با مقیاس بزرگ باید تحقیق جامعی برای تعیین دقیق مشخصات ترکیب شیشه و سایه بان انجام شود. همچنین بهتر است تا تهویه ایجاد شده در فضای میانی در رابطه با زاویه لوورها مورد بررسی قرار گیرد».



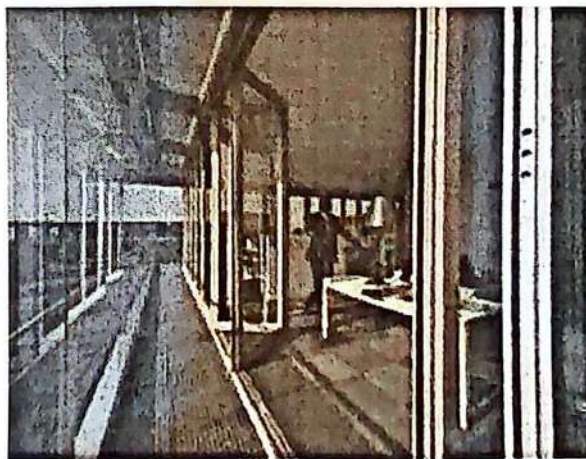
تصویر ۵-۴۶- فضای کاربردی حفره‌ی میانی

لی^۲ و همکارانش و همچنین استرله و همکارانش (۲۰۰۱) بر اهمیت موقعیت قرارگیری وسایل سایه‌اندازی درون حفره‌ی نمای دوپوسته تأکید دارند. آنان ادعا می‌کنند که به‌منظور محافظت

1. Oesterle

2. Lee

سیستم‌های سایه‌اندازی خورشیدی از باران، باد و ...، توصیه می‌شود که آن‌ها درون حفره‌ی میانی قرار داده شوند. در نتیجه فضای حفره به دوزیر حفره تقسیم خواهد شد. موقعیت سایبان درون این فضا، نقش مهمی در توزیع گرمای به‌دست‌آمده در درون فضای میانی بازی می‌کند. دمای فضای کوچک‌تر نسبت به فضای بزرگ‌تر به میزان بیشتری گرم می‌شود. اگر سایبان خورشیدی دقیقه جلوی نمای داخلی قرار بگیرد و فضای داخلی بین دولایه به‌صورت بهینه تهویه نشود، هوای جلوی پنجره می‌تواند به‌طور قابل توجهی گرم شود، یک پدیده‌ی غیرقابل قبول بدون توجه به اینکه پنجره‌ها باز یا بسته باشند.



تصویر ۵-۴۷- بازوهای سرتاسری نمای داخلی

بنابراین سایبان خورشیدی باید در نیمه‌ی خارجی فضای میانی قرار بگیرد. موقعیت ایده‌آل تقریباً در یک‌سوم حفره‌ی نما و با تهویه‌ی خوب برای فضای خارجی بالا و پایین سایبان خورشیدی می‌باشد. البته نباید بیش‌ازحد نزدیک به قاب شیشه‌ای بیرونی باشد تا از افزایش گرمایش و بار حرارتی این لایه جلوگیری شود. برای دلیل بیان‌شده و باهدف تهویه‌ی مناسب توصیه می‌شود که یک‌فاصله‌ی حداقل ۱۵ سانتی‌متری بین سایبان خورشیدی و پوسته‌ی خارجی نما ایجاد شود. بر طبق نظر جاگر (Jager) جذب وسایل سایه‌اندازی نباید از ۴۰ درصد تجاوز کند و وسیله‌ی سایه‌اندازی مناسب پیشنهادشده، پرده‌های ونیزی است.

آرونز (Arons) به این نکته اشاره می‌کند که مصالح مختلف پرده‌های میانی روی آسایش حرارتی و مصرف انرژی در طول دوران استفاده تأثیر می‌گذارد. گرمای جذب‌شده به‌وسیله‌ی ابزار

سایه اندازی خورشیدی می تواند از طریق انتقال حرارت همرفتی حذف شود و این امر در صورتی اتفاق می افتد که هوا در طول سطح سایبان حرکت کرده و از حفره خارج شود. اثربخشی حذف این گرما به وسیله ی کاهش ضریب جذب گرمای خورشیدی مشهود است. به علاوه، اگر گرمایی که از درون حفره عبور می کند سردتر از هوای بیرون باشد، اختلاف دمای هوای عبوری از سمت شیشه ی داخلی کاهش خواهد یافت. این نتایج در جریان سردتر عبوری از سمت قاب داخلی به وسیله ی کاهش مقدار U مشهود است. پارامتر SF را می توان با تنظیم کردن پرده ها تنظیم کرد. در طول مدت گرما اگر پرده ها مقداری گرما جذب کنند که موجب افزایش دمای حفره و کاهش اختلاف در دمای بین حفره و فضای داخلی شود، مقدار U می تواند بهبود یابد. (Poirazis, 2004, 56)

۵-۵-۹- نحوه عملکرد سایبان

نفوذ مستقیم آفتاب به فضاهای داخلی، عمده ترین عامل گرم شدن این فضاها در مواقع گرم است. اشعه خورشید با طول موج کوتاه پس از عبور از شیشه و برخورد با مبلمان و عناصر معماری داخلی تبدیل به اشعه با طول موج بلند می شود. چون شیشه نسبت به اشعه با طول موج بلند به صورت سطحی کدر عمل می کند، بنابراین اشعه مزبور در پشت شیشه حبس شده و باعث افزایش دمای فضای داخل می شود. این شیوه گرم شدن پدیده گلخانه ای را به وجود می آورد. ایجاد سایه بر روی پنجره ها یا دیوارهای شیشه ای از تابش مستقیم آفتاب به سطح شیشه جلوگیری نموده و در نتیجه، حرارت ایجاد شده ناشی از تابش آفتاب در فضاهای پشت شیشه به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. البته این تقلیل حرارت، به محل سایه ایجاد شده بستگی دارد. وقتی سایه بر سطح خارجی شیشه ایجاد شود، مقدار بسیار کمی از انرژی حرارتی خورشید به فضای پشت شیشه انتقال می یابد؛ اما هنگامی که برای جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب به فضاهای داخل از انواع کرکره های داخلی استفاده شود، اشعه حرارتی ساطع شده از این کرکره ها خود باعث گرم شدن فضای داخلی می شود. در نتیجه سایبانهای خارجی می تواند تا ۹۰ درصد و سایبانهای داخلی تنها ۲۰ تا ۲۵ درصد اثر حرارتی تابش آفتاب را تقلیل دهد. به همین دلیل است که سایبانهای خارجی همواره به عنوان مناسب ترین وسیله جهت کنترل تابش آفتاب بر سطوح شفاف جدارهای خارجی شناخته شده است. البته، استفاده از شبکه های متحرک در پشت پنجره ها به عنوان سایبان، استفاده از جلوآمدگی بام،

ایوان سرپوشیده یا بالکن برای ایجاد سایه کامل بر سطوح شیشه‌ای نیز از جمله روش‌های متعارف برای کنترل تابش آفتاب بر جداره‌های ساختمان محسوب می‌شود.

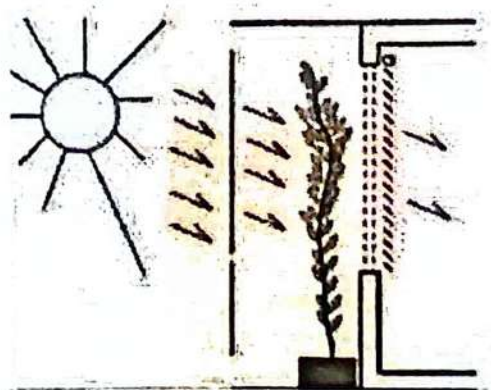
اما نکته مهم در تعیین عمق سایبان پنجره‌ها، فراهم ساختن امکان نفوذ آفتاب به فضاهای داخلی در زمان‌های سرد سال است. در اکثر شهرهای ایران، دمای هوا در زمستان پایین‌تر و در تابستان بالاتر از حد آسایش حرارتی است؛ بنابراین می‌توان برای گرم کردن فضاهای داخلی ساختمان در زمستان، از حرارت ناشی از تابش رایگان خورشید استفاده کرد؛ اما علیرغم این نیاز و به دلیل گرم بودن هوا در فصل تابستان، لازم است در این فصل از نفوذ آفتاب به فضاهای داخلی ساختمان جلوگیری شود. برای بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در گرمایش فضاهای داخلی، پنجره‌های ساختمان باید در جهتی قرار گیرد که در مواقع سرد سال قادر به دریافت تابش مستقیم آفتاب باشد. همچنین، پنجره‌های ساختمان باید دارای جزئیاتی باشد که علیرغم فراهم ساختن امکان دریافت تابش آفتاب در مواقع سرد، با ایجاد سایه بر سطح خارجی آنها، از تابش مستقیم آفتاب به فضاهای داخلی در مواقع گرم جلوگیری نماید.

شاید در وهله اول تأمین این دو مورد، یعنی هدایت آفتاب به فضاهای داخلی در مواقع سرد و جلوگیری از تابش آفتاب به این فضاها در مواقع سرد و جلوگیری از تابش آفتاب به این فضاها در مواقع گرم، مشکل یا غیرممکن به نظر رسد؛ اما تغییر موقعیت خورشید نسبت به سطح زمین در طول ماه‌های مختلف سال که با نیازهای حرارتی انسان در طول سال منطبق است، این امکان را به سادگی فراهم می‌سازد. یکی از ساده‌ترین راه‌های جلوگیری از نفوذ مستقیم آفتاب به فضاهای داخلی در مواقع گرم سال، استفاده از سایبان‌های خارجی افقی یا عمودی است؛ اما از آنجاکه بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در گرمایش فضاهای داخلی در مواقع سرد یکی از عمده‌ترین اهداف طراحی اقلیمی در اکثر نقاط کشور محسوب می‌شود، لازم است برای پنجره‌ها سایبانهایی در نظر گرفته شود که در عین محافظت آنها در مقابل تابش آفتاب تابستان، به هیچ وجه مانع از نفوذ اشعه خورشید به فضاهای داخلی در مواقع سرد سال نشود (فیاض، کسمایی، ۱۳۸۹: ۷-۵).

۵-۵-۱۰- تجهیزات سایبان‌ها

از ویژگی‌های مهم نماهای دوپوسته، امکان قرارگیری تجهیزات سایه‌انداز در داخل حفره می‌باشد. این امر علاوه بر کاهش هزینه تعمیر و نگهداری این تجهیزات نسبت به موقعیت آن‌ها در خارج

ساختمان، کارایی بهتری در محافظت از ساختمان در مقابل تابش خورشیدی دارا می باشد. غلطک های پرده ای و لوورهای کرکره ای دو نوع سایه بان موسوم در نماهای دوپوسته می باشند. این لوورها می توانند به صورت دستی و اتوماتیک کنترل شوند (Pappas et al, 2008). در دوره گرما، دمای تجهیزات به میزان قابل توجهی بالا می رود که این امر سبب می شود گرمای زیادی از طریق سایه بان ها به لایه داخلی منتقل شود، بدین سان بار سرمایی ساختمان افزایش می یابد. در مواردی این بار سرمایشی، در ساختمان های همراه با نمای دوپوسته می تواند کاهش یابد، برخی از ایده های جدید برای سیستم های سایه اندازی به قرار زیر می باشد:



تصویر ۵-۴۸- استفاده از سایبان متحرک در نمای دوپوسته (صالحی و دیگران، ۱۳۹۰)

- استفاده از گیاه

گیاهان توانایی پراکنده نمودن تابش خورشیدی جذب شده در گرمای نهان و محسوس خود را دارند. خصوصاً به سبب انتقال گرمای نهان، دمای آنها کم تر از سایه بان های کرکره ای می باشد. تصویر شماره ۳ نصب گیاه در نمای دوپوسته را نمایش می دهد. استک^۱ عملکرد نمای دوپوسته با گیاه را شبیه سازی نموده است. نتایج نشان می دهد که در یک وضعیت مشابه در تابستان، بالاترین دمای گیاه در حدود ۲ برابر کمتر از دمای سایه بان های مرسوم می باشد. به علاوه دمای گیاه هرگز از ۳۵ درجه سانتی گراد تجاوز نمی کند، در صورتی که دمای سایه بان های کرکره ای می تواند از ۵۵ درجه نیز بالاتر رود. (Stec and others, 2005)

- سایه بان های متحرک

با هدف مقابله با پدیده افزایش شدید گرما در نماهای دوپوسته، نوع جدیدی از سایه بان در تصویر شماره ۴ نمایش داده شده است. لایه خارجی از تجهیزات سایه انداز و شیشه متحرک ساخته شده است. در تابستان و اکثر فصول معتدل (بهار و پاییز)، فضاها ی داخلی این ساختمان ها می توانند به وسیله تغییر شکل لایه خارجی متحرک (به صورت باز)، به خوبی از تهویه طبیعی بهره مند شوند. در حالت بسته نیز می تواند به عنوان یک محافظ گرمایی در زمستان مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی طراح باید تأثیر تجهیزات بر روی جریان هوای داخل حفره و همچنین اثر گرمایی آن را بر روی لایه داخلی بررسی نماید. (Juan and others, 2010)

در مجموع، عملکرد حرارتی حفره ای نماهای دوپوسته، با چهار شاخص می تواند تشخیص داده

شود:

- سرعت جریان هوا از طریق دریچه های حفره
- دمای هوای متوسط حفره
- دمای هوای حداکثر و بالای حفره
- انتقال حرارت منتقل شده از طریق شیشه داخلی (Pappas and others, 2008)

بخش زیادی از این متغیرها می‌تواند توسط برنامه دینامیک سیالات محاسباتی^۱، با حل معادلات پیوستگی، مومنتوم و انرژی محاسبه گردد.

۵-۶- وسایل روشنایی

وسایل روشنایی می‌تواند در سیستم پوشش دوپوسته قرار بگیرد. لی Lee و همکارانش یک نمونه‌ی موردی که یک قاب منشوری خارجی بکار گرفته است را نشان دادند. معمار این طرح هرزوغ و دمورن Herzog and De Meuron است و ساختمان در باسل سوئیس قرار گرفته است. همان‌طور که نویسنده‌ها بیان می‌کنند: نماهای دوپوسته اتلاف گرما در زمستان و افزایش حرارت در تابستان را از طریق کنترل نور خورشید کاهش می‌دهند. در ارتفاع یک طبقه، نمای دوپوسته می‌تواند به سه قسمت تقسیم شود. قسمت بالایی از عایق شیشه‌ای با پنل‌های یکپارچه منشوری ساخته شده است که به‌طور خودکار خود را به‌عنوان تابعی از ارتفاع خورشید تنظیم می‌کند. این قاب دو عملکرد دارد: بازتاب نور به سمت بیرون و ورود نور روز به سمت فضای داخلی. پنجره‌ای که دید دارد از شیشه‌ی عایق شفاف ساخته شده و به‌طور دستی به‌وسیله‌ی ساکنین در طول روز باز و بسته می‌شود. پنجره‌ی طبقات پایین هنگامی که عایق حرارتی و تابشی مطلوب می‌باشد، به‌صورت اتوماتیک کنترل می‌شود تا بسته بماند. (Poirazis, 2004, 57)

فصل ششم: نمونه‌های موردی

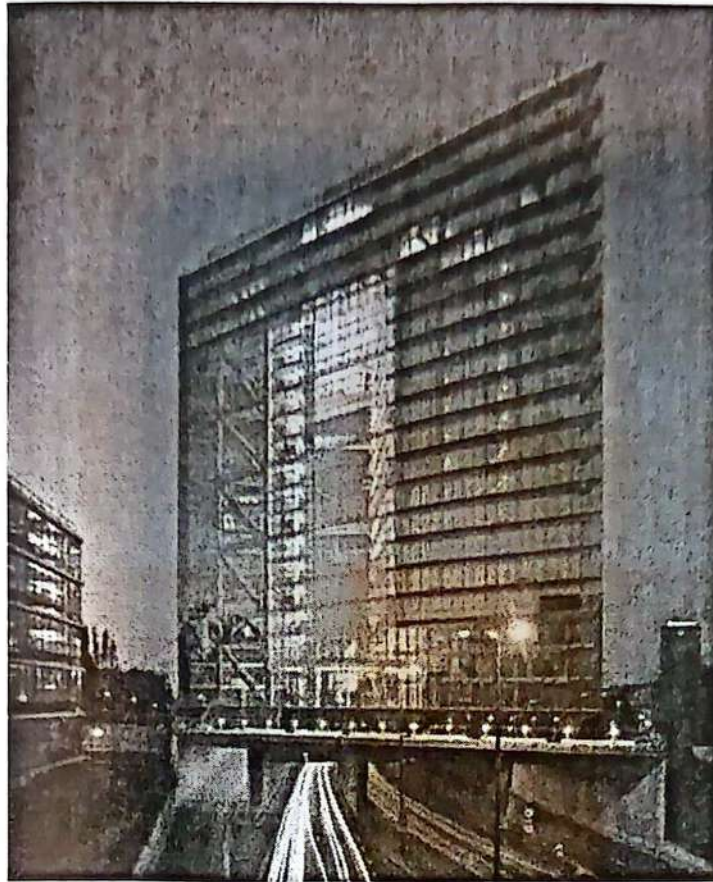
۱-۶- آلمان

۱. دروازه شهر دوسلدورف^۱

- مکان ساختمان: آلمان، دوسلدورف
- معمار: پتزینکا^۲
- زمان تکمیل پروژه: ۱۹۹۱-۱۹۹۷
- مدل نما: نما به شکل یک دهلیز سر پوشیده است. فضای میانی بین دو جداره به سطح هر طبقه نزدیک شده است.
- ساختمان نما: ساخت کامل دو جداره شیشه‌ای
- تمامی ساختمان در یک پوشش شیشه‌ای قابی شکل محصور شده، بنابراین فضای دهلیز ۵۶ متری در مرکز ایجاد شده است. پوشش بیرونی شامل شیشه‌ایمنی ۱۲ میلی متری و قسمت داخلی هم دارای قاب چوبی است. دو پهنه راهرو در ساختمان به اندازه‌های ۹۰ و ۱۴۰ می‌باشند.
- ویژگی نمای شیشه‌ای: دوجداره، درپوش‌هایی با انعکاس بالا در حفره / در هر طبقه یک دهلیز و راهروی سرپوشیده هوای تازه را میان جداره‌ها می‌چرخاند و امکان تهویه طبیعی در بیش از نیمی از سال را فراهم می‌آورد.

1. Düsseldorf city gate

2. Petzinka



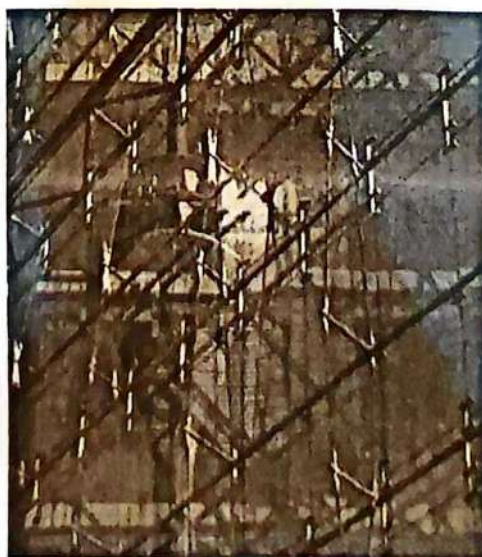
تصویر ۶-۱- نمای جنوبی دروازه

- نوع سایبان: کرکره‌های خورشیدی نزدیک به لایه شیشه‌کاری شده لعابی خارجی قرار می‌گیرند.
- HVAC: تهویه طبیعی در فضای میانی امکان تهویه طبیعی اتاق‌ها با هوای بیرون را در طول دوره‌های طولانی سال می‌دهد اولین سال بهره‌برداری نشان می‌دهد که ساختمان می‌تواند به شکل طبیعی برای ۷۰ تا ۷۵ درصد سال عمل تهویه را انجام دهد. تهویه کاملی از اتاق‌های اداره نصب نشد. این اتاق‌ها مجهز به سقف خنک‌کننده شدند.
- تهویه محفظه: هوایی که از دریچه‌ها در لایه نمای بیرونی خارج و تأمین می‌شود، در نزدیکی سقف و طبقه قرار می‌گیرد، آن‌ها به شکل شطرنجی از دهانه‌ای به دهانه دیگر قرار گرفتند تا از مانع استخراج هوا از یک طبقه و ورود آن بلافاصله به فضای طبقات بالایی شود.

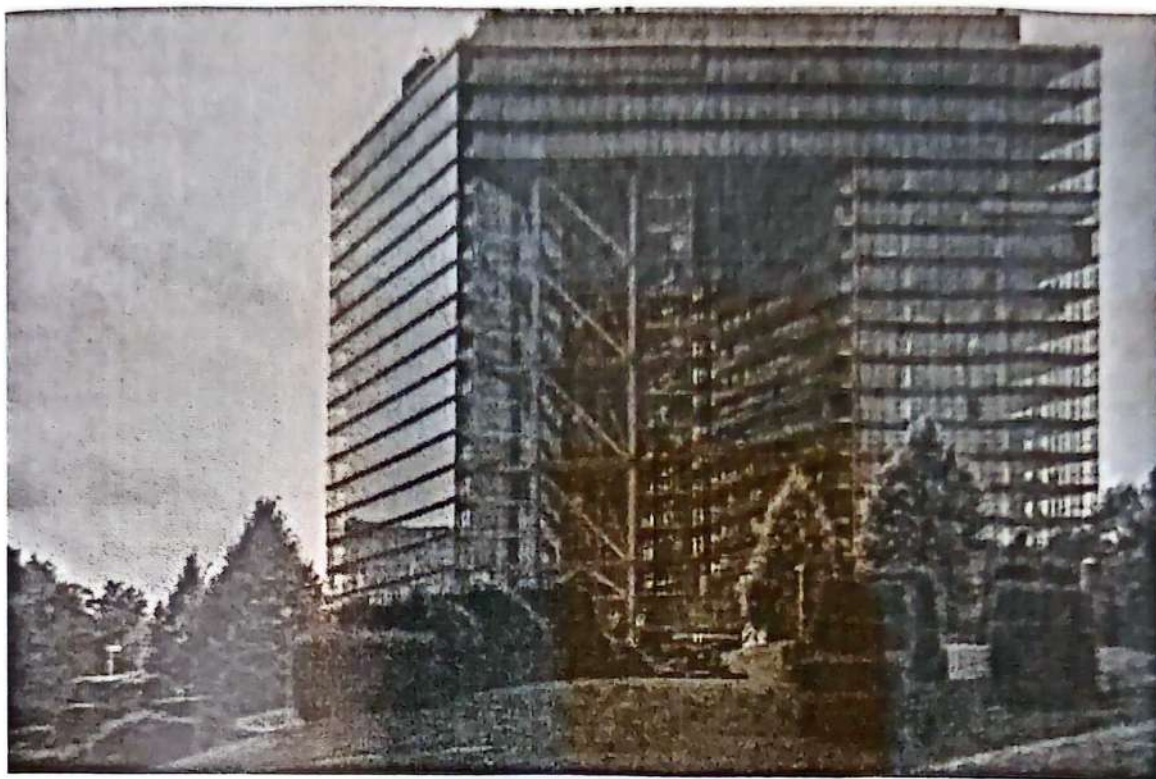
- توضیحات: برج ۱۶ طبقه با دهلیز ۵۶ متری در مرکز آن ساختمان شیشه‌ای دو جداره با طراحی قدیمی و قابلیت‌های کاربردی قرن بیستم سیستم‌های بهره‌وری انرژی در آن بسیار پیشرفته هستند از حسگرهای تابشی گرفته تا تهویه مؤثر فضا.



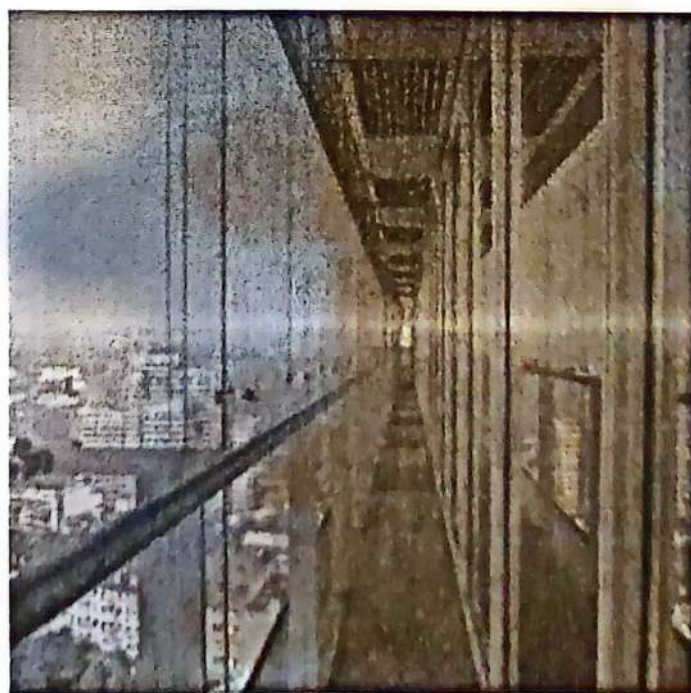
تصویر ۲-۶- نمای شیشه‌کاری داخلی



تصویر ۳-۶- نمای حفره DSF



تصویر ۴-۶- نمای کلی از ساختمان



تصویر ۵-۶- فضای میانی نمای دو پوسته

۲. برج اراگ ۲۰۰۰^۱

- مکان ساختمان: آلمان، دوسلدورف
- معمار: RKW، دوسلدورف، با همکاری نورمن فاستر، لندن
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۰
- مدل نما: به عنوان یک سیستم ستون جعبه‌ای طراحی شده است.

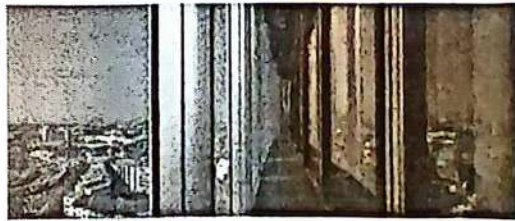


تصویر ۶-۶- نمای کلی ساختمان

(<http://images.skyscrapercenter.com>)

- ساختمان نما: نما به صورت سیستم شفت مستطیلی طراحی می‌شود. سطح نمای داخلی با شیشه‌های آلومینیومی عمود محور ساخته شده‌اند. لایه داخلی نما با نوع آلومینیومی با شیشه‌کاری E کوچک به طور عمودی ساخته می‌شود.

- نوع سایبان: درپوش‌های منفذ در سومین فضای میانی به عمق ۷۰ سانتی‌متر در میان سطوح نما ساخته شده است.
- HVAC: تهویه از طریق پنجره‌ها در ۶۰ درصد از سال امکان‌پذیر است. در طول آب‌وهوای بسیار سخت، سطح بالایی از آسایش گرمایی توسط تهویه‌ی مکانیکی به دست می‌آید.
- تهویه محفظه: در هر پنجره مربعی دریچه‌ی هوایی ۱۵ سانتی‌متر خود را دارد و به شکل یک فلپ باز و بسته می‌شود. هوای ناپاک از طریق یک میان‌بر به درون محور هوای خارجی استخراج می‌شود. دهانه به نوبه خود از طریق منافذ در جلوی طبقه خدماتی تهویه می‌شود. برای بهره‌برداری از تأثیر جمع‌کننده‌های فضای میانی نما در طول زمستان، دهانه هوای خروجی طوری طراحی شده که در مواقع نیاز نزدیک باشد.



تصویر ۶-۷- حفرة داخلی

(<http://rkw.plus>)

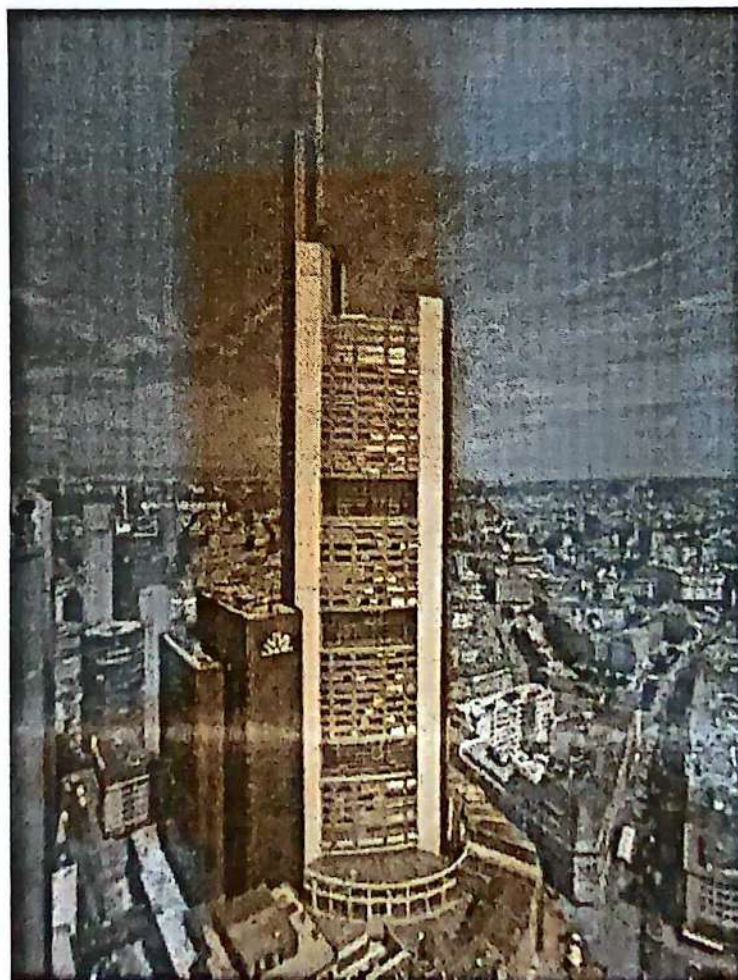


تصویر ۶-۸- نمای دو پوسته

(<http://www.loversiq.com>)

۳. مرکز کار کامرزبانک^۱

- مکان ساختمان: فرانکفورت
- معمار: فاستر و همکارانش
- زمان تکمیل پروژه: ۱۹۹۷
- مدل نما: شامل پوشش بیرونی سه طبقه و حفره پیوسته و یک نمای داخلی با پنجره‌های کاربردی است.



تصویر ۶-۹- نمای کلی ساختمان

(<http://web.mit.edu/meelena>)

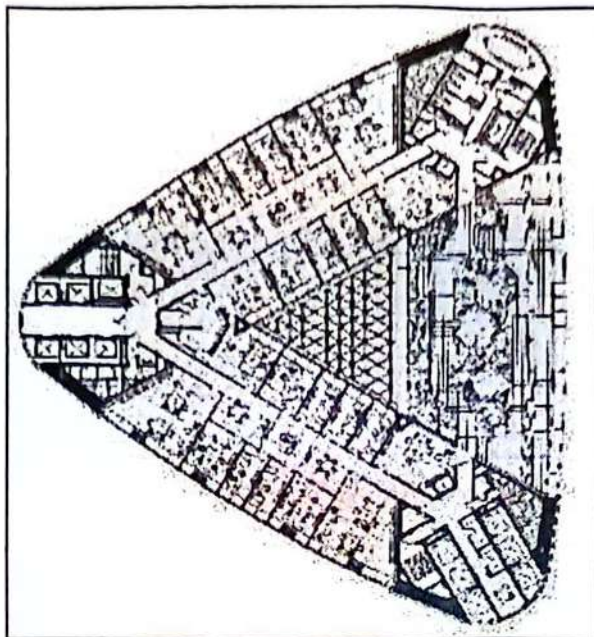
1. Headquarters of Commerzbank

- ساختمان نما: پوشش خارجی شامل قاب ورقه‌ای فلزی ۱/۴ - ۲/۲۵ میلی و شیشه‌ی ۸ میلی متری است ورودی و خروجی‌ها به ارتفاع ۱۲ سانتی متر در بالا و پایین پوشش شیشه لعابی در دیواره قرار گرفته.
- این منافذ قابل بسته شدن نیستند.
- نوع سایبان: منافذ در پایین و بالای حفره قرار گرفته‌اند.
- تهویه محفظه: دو متغیر بر اصل منطقه بافر برای تهویه طبیعی اداره‌ها در نظر گرفته شده است. یکی به‌عنوان نمای دو جداره و دیگری به‌عنوان یک باغچه زمستانی.
- توضیحات: ساختمان در واقع مثلثی با دهلیزی مرتفع در مرکز است، دهلیزهای ۴ طبقه واقع در میان سطح داخلی و خارجی لایه‌ی شیشه‌ای در تمانی کناره‌های هر هشت طبقه قرار گرفته‌اند. این طراحی مبتکرانه امکان دسترسی هر طبقه به دهلیز بزرگ در کنار مثلث را می‌دهد.



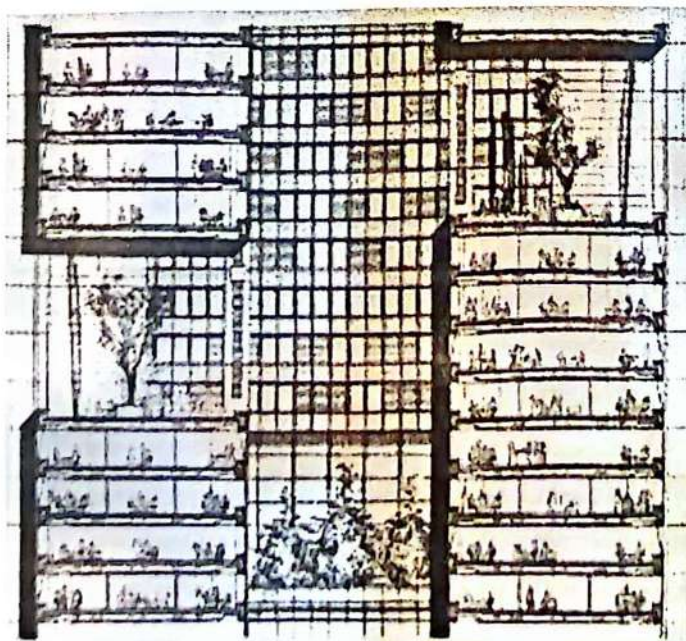
تصویر ۱۰-۶- نمای داخلی

(<http://web.mit.edu/meelena>)



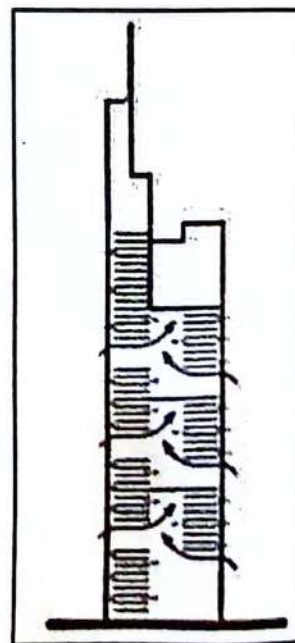
تصویر ۶-۱۱- پلان ساختمان

(<http://web.mit.edu/meelena>)



تصویر ۶-۱۲- مقطع ساختمان

(<http://web.mit.edu/meelena>)



۴. یوروتیم^۱

- مکان ساختمان: فرانکفورت
- معمار: نووتی مانر^۲ و همکارانش
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: شبکه نما ۱۳۵۰ میل هنا و ۳۳۵۰ میل بلندی دارد. هر واحد پیش ساخته شامل فاصله شبکه ای ۶ و ارتفاع ۱ طبقه است.



تصویر ۶-۱۳- نمای کلی ساختمان

(<https://hausinvest.de>)

1. Eurotheum
2. Novotny Mähner

- ساختمان نما: پوشش داخلی شامل پنجره‌های یک سویه‌ی چرخشی و قاب آلومینیومی پل شکل است که با دست کنترل می‌شود. پوشش خارجی شامل پنجره واحد با قاب واحد است.
- نوع سایبان: درپوش‌ها در حفره دهلیز ۳۴ سانتی قرار گرفته‌اند.

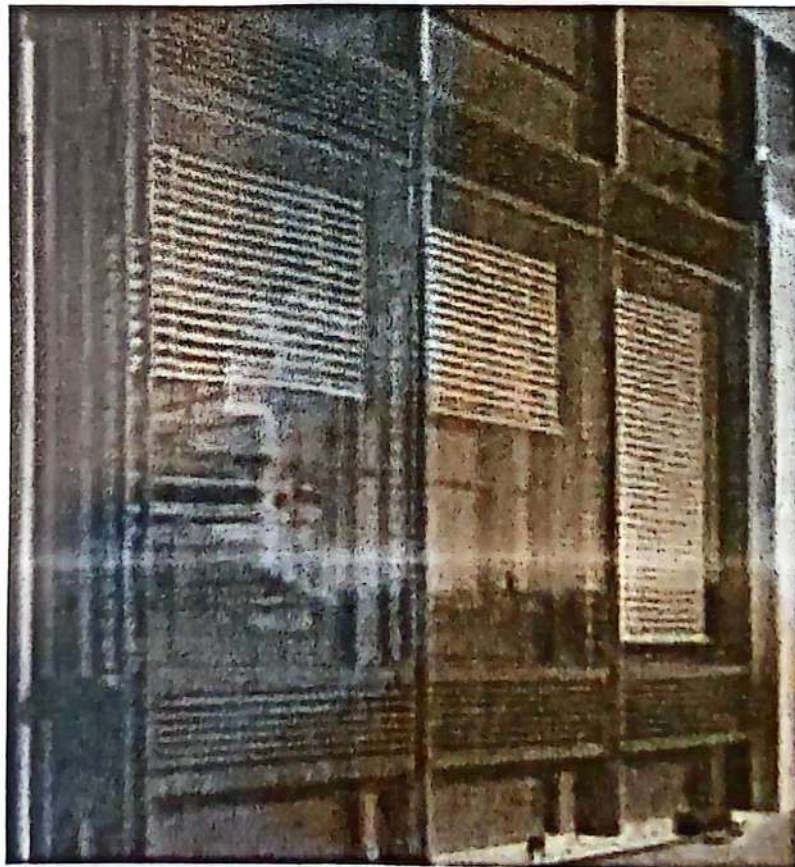


تصویر ۶-۱۴- نمای داخلی آتریوم

(www.glassonweb.com) (Poirazis, 2004, P82)

- HVAC: اطلاعاتی در این زمینه ذکر نشده، این ساختمان مسکونی و اداری در حدود ۱۰۰ متر ارتفاع و چهارگوشی با مساحت ۲۸ در ۲۸ است. تنها بخشی از ساختمان با نمای دو جداره طراحی شده است که تهویه طبیعی برای بیشتر سال را فراهم می‌کند. فضای اداری بخش پایینی یوروم را اشغال می‌کند درحالی‌که ۷ طبقه بالایی برای اهداف سکونتی استفاده می‌شود.

- تهویه محفظه: هوای تازه از طریق منفذ ۷۵ دایمتری در تیغه‌های فلزی عمودی بر هر گوشه واحد شیشه‌ای فراهم شده است. هوای گرم از میان یک دریچه خارجی در سطح سقف به بیرون استخراج می‌شود. این دریچه مجهز به منافذی برای جلوگیری از نفوذ باران است و با شبکه ضد پرنده پوشیده شده.
 - توضیحات: ساختمان ترکیبی از ابعاد ساکن را داره ای با ارتفاع ۱۰۰ میلی‌متر دارای ۲۸×۲۸ متر صفحه طرح در برنامه است. فقط قسمتی از ساختمان با نما دو جداره‌ای طراحی می‌شود که تهویه طبیعی را برای آن‌ها فراهم می‌آورد.
- فضا اداره کوچکترین بخش شهر یوروتیم را در زمان نوع هفت طبقه‌ای بالا مورد استفاده برای ساکنان اشغال می‌کنند.



تصویر ۶-۱۵- سایبان‌ها

(www.glassonweb.com) (Poirazis, 2004, P82)

۵. مرکز کار دبیس^۱

- مکان ساختمان: برلین
 - معمار: رنزو پیانو^۲ (پاریس) در همکاری با کریستف کلبر^۳
 - زمان تکمیل پروژه: ۱۹۹۷
 - مساحت پروژه: ۱۰۷۰۰۰ مترمربع
 - مدل نما: نمای دهلیزی
 - ساختمان نما: پوشش داخلی از نمای قابی شیشه‌ای با عایق در قاب‌های آلومینیومی تشکیل شده است در هر دهانه نما قاب‌های آویخته به سمت پایین وجود دارد.
- جداره داخلی شامل نما نوع پنجره با شیشه‌کاری عایق شده E کوچک در قاب‌های آلومینیومی می‌شود در هر تاقدیس نما، یک زاویه و قاب لولایی پنجره آویزان و معلق به طرف پایین وجود دارد که به وسیله نور بالایی متمایل و معلق به طرف پایین با عملکرد موتوری تهیه می‌شود دیواره‌های محکم در نما اتاق به پانل‌های عایق‌کاری شده با پوشش شیشه‌ای سالم لمسی متصل هستند در زاویه غربی ساختمان، دیوارهای بالایی با عناصر سفالی ثابت جهت ساختار محافظت آلومینیومی را می‌پوشاند که بخش داخلی عناصر خارجی سه تاقدیسی یا سه رونی را تشکیل می‌دهد.
- طبقه‌ها با کریدورهای نمایی شامل ورقه‌های شیشه‌ای سالم قابل لمس توری فلزی هستند. این ساختار ابزارهای ضد رود ما بین طبقات و اشکوب‌ها را توزیع می‌کنند.
- تیربست‌های گذرگاه در هر کف طبقه با فضا داخلی به عرض ۷۰ سانتی‌متر نصب می‌شوند و با شیشه پوشانده می‌شوند که از دود عمود بر پخش و پراکنده شده ما بین کف طبقه‌ها جلوگیری می‌کنند.

پرده‌های کرکره‌ای نوع سایه بان در مقابل نما داخلی نصب شدند که باعث جلوگیری از آفتاب می‌شود در جداره داخلی قرار می‌گیرد. در حالی که هنوز با جریان هوا مورد نیاز اتاق‌ها مواجه می‌شوند در موقعیت بسته، شکاف پیرامون و سطحی ۱ سانتی‌متری در اطراف کرکره

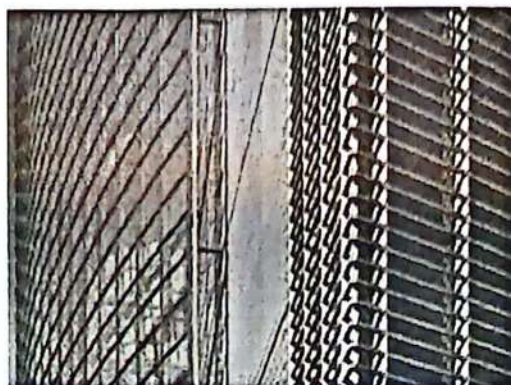
1. Debis headquarters
2. Renzo Piano
3. Christoph Kohlbecker

به وجود می‌آید. جداره خارجی و بیرونی شامل کرکره‌های شیشه‌ای ورقه شده به ضخامت ۱۲ سانتی‌متر می‌شود حداقل تبادل هوا در کرکره هنگام بسته شدن رخ می‌دهد.

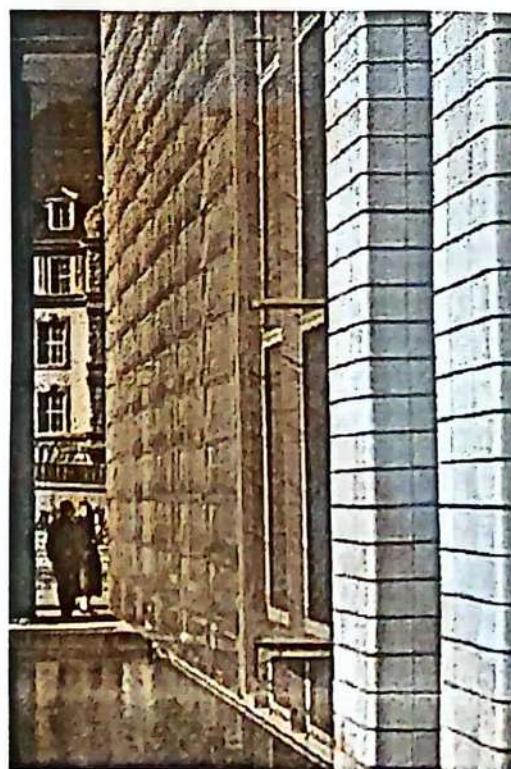


تصویر ۶-۱۶- نمای کلی از ساختمان

(<https://www.mimoa.eu>)



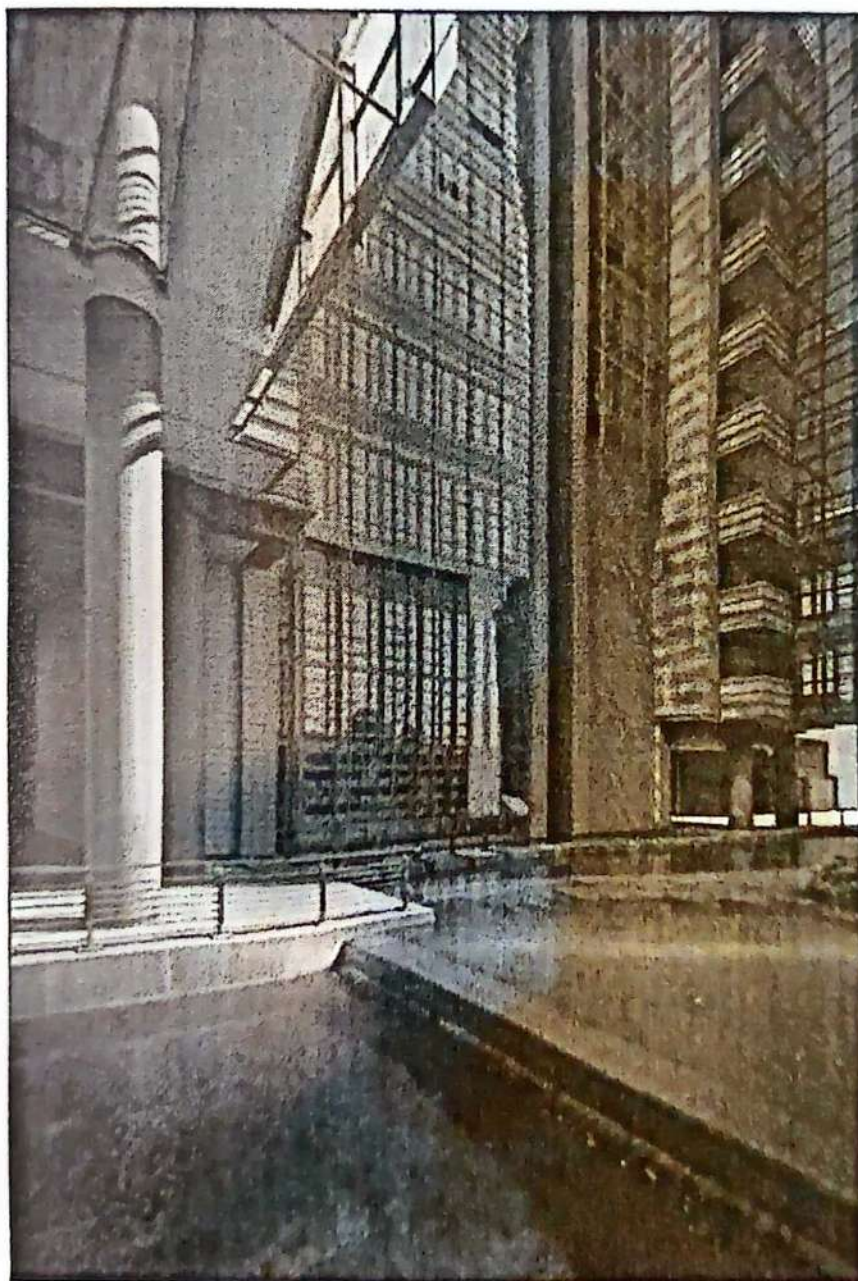
تصویر ۶-۱۷- نحوه‌ی شیشه کاری



تصویر ۶-۱۸- بخشی از نمای ساختمان

- نوع سایبان: درپوش‌های منافذ در جلوی نمای داخلی نصب شده‌اند.
 - HVAC: امکان تأمین تهویه از طریق پنجره برای اتاق‌ها بررسی شده
- امکان فراهم آوردن تهویه هوا از پنجره‌ها به اتاق مورد بررسی قرار گرفت؛ بنابراین تهویه طبیعی از پنجره‌ها تقریباً ۵۰ درصد در عملکرد قسمت بالایی ساختمان و ۶۰ درصد در

قسمت پایینی ساختمان صورت می گیرد. پلان تهویه مکانیکی به منظور فراهم آوردن تهویه هوا در زمستان و تابستان هنگام شرایط اقلیمی و آب و هوایی نهایت سرد یا گرم و معتدل و شرجی نصب شد.

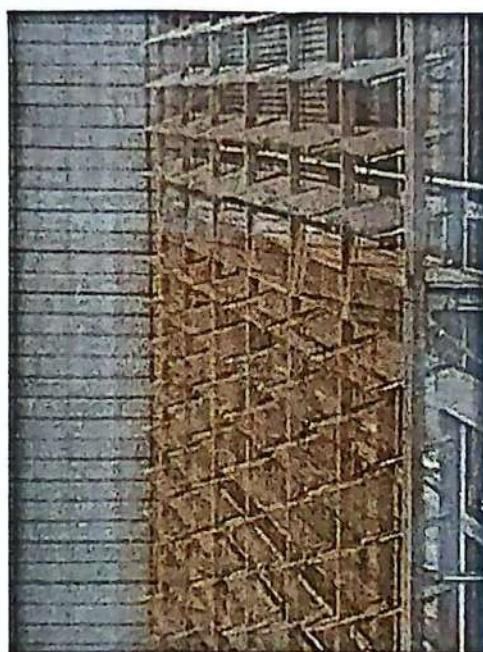


تصویر ۶-۱۹- محوطه‌ی داخلی

(<https://www.mimoa.eu>)



تصویر ۶-۲۰- حفره‌ی داخلی



تصویر ۶-۲۱- سایبان

ساختمان در طی دوره‌های پیک یا اوج زمستان و تابستان از لحاظ مکانیکی تهویه می‌شود. هوا تهویه شده باهم سرد و گرم است و اتاق‌ها دائماً تغذیه می‌شوند تا از تغییر هوا سه فولدی هر ساعت مطمئن شوند.

گزارشاتی راجع به اهداف عمده مشتریان و برنامه‌ریزی و طراحی فراهم گردید تا استمرار بخشی و تداوم پذیری محیطی و ساختمان دوستانه کاربر را به وجود آورند.

اندازه‌گیری متعددی با این روند ذهنی انجام شد:

سیستم طبیعی تهویه برای ادارات و دفاتر تهیه و فراهم شد و دستگاه تهویه بخش‌های حساس را محدودتر کرد و عایق‌بندی حرارتی بهینه‌سازی شود و مفاهیم بهبود شرایط

- اقلیمی محدودتر بهبود یافتند باز یافت آب باران و ایجاد نواحی برای آب مقیاس های بزرگ و کار تحقیق به منظور رسیدن به این اهداف مورد بررسی قرار گرفتند.
- تهویه محفظه: یک شکاف محیطی ۱۲ سانتی در اطراف منافذ است. گشایش منافذ به یک زاویه بزرگتر منجر به افزایش کمی در میزان تبادل هوا می شود؛ به عبارت دیگر گشایش
 - جدار بیرونی به یک زاویه ی بالا تأثیر مثبتی بر تهویه دارد. چراکه به زدودن گرما در منطقه تهویه کمک می کند. در طول تابستان منافذ شیشه بیرونی برای ایجاد تبادل هوای بیرونی نوسان دارند.
- در موقعیت بسته، فاصله شکاف سطحی پرده ها ۱ سانتی متر است با هم پوشی ۵ سانتی متر باز کردن کرکره ها در زاویه بزرگتر فقط به افزایش کمی از میزان مبادله هوا منجر می شود از طرف دیگر باز کردن جداره خارجی در درجه بزرگتر بر تهویه تأثیر مثبت دارد؛ و به از بین بردن گرما در فضا بینابین کمک می کند کرکره های شیشه ای داخلی در طی تابستان با تبادل هوا خارجی کنج و متمایل یا خمیده می شوند. مصرف کنندگان می توانند پنجره های داخلی را جهت تهویه طبیعی باز کنند. سرما شبانه در زمستان بسته می شوند. مصرف کننده می تواند پنجره های داخلی را برای ورود هوا گرم به ساختمان در روزهای آفتابی باز کند.
- توضیحات: انرژی مصرفی کمتر و کاهش تولید آلودگی
- طراحی شده برای استفاده بیشتر از نور روز و کاهش سرما و گرما ساختار دوجداره برای به دام انداختن گرما جهت تهویه هوا در دماهای مفرط بیرون نمی رود.
- تهویه مکانیکی فردی در تمامی نقاط اداره در دسترس است، ولی در مورد دستگاه های مرطوب ساز و رطوبت بر چنین نیست.
- در نواحی با تولید گرمای داخلی بالا، سقف های خنک کننده به کار رفته اند.
- عایق حرارتی بالا
- مصرف انرژی سالانه 70 kw/m
- تمام اقدامات مصرف انرژی اولیه را تا ۵۰ درصد در مقایسه با تهویه هوای ساختمان های معمولی کاهش می دهد.

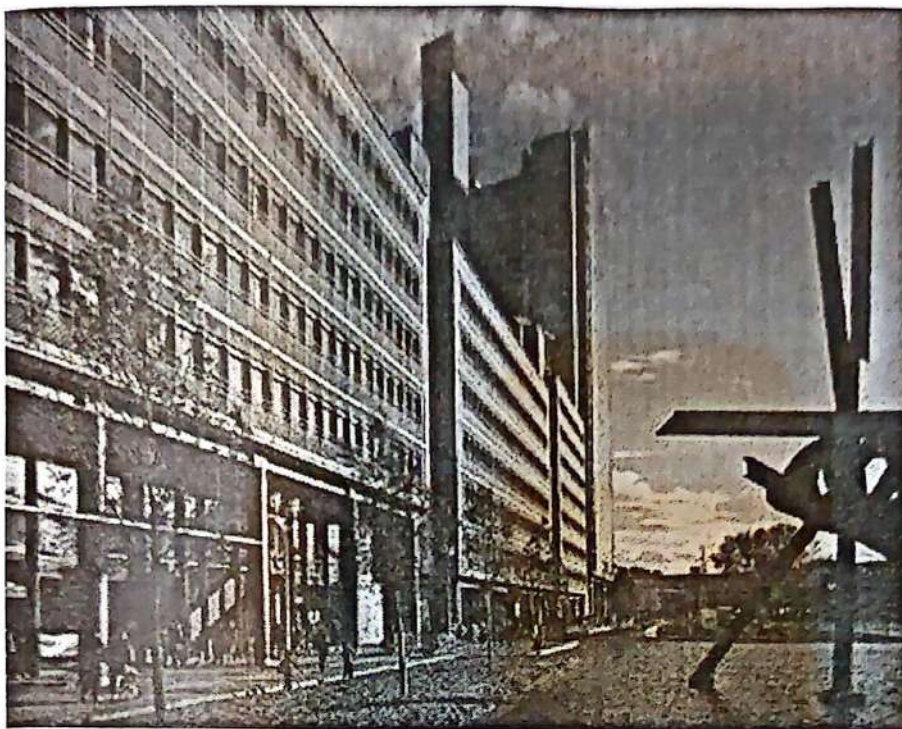
پنل‌های شیشه‌ای کاربردی با ۶۸۰ مترمربع مساحت در خارج از دیوار شیشه‌ای داخلی قرارگرفته است.

پنل‌های شیشه‌ای خارجی تا زاویه ۷۰ درجه‌ای باز می‌شوند. آن‌ها توسط سنسورهایی که برنامه‌ریزی شدند در طول شب باز شده و در طول روز هوای داخل را تهویه می‌کند. ترکیب دیوارهای دوجداره و دستگاه‌های سایه‌افکن در کاهش نفوذ گرما بسیار مؤثر است و در زمستان اثر گلخانه‌ای را ایجاد می‌کند.



تصویر ۶-۲۲- نمای کلی ساختمان

(<https://www.mimoo.eu>)



تصویر ۶-۲۳- بخشی از نمای ساختمان

(<https://www.mimoo.eu>)



تصویر ۶-۲۴- نمایی شیشه‌ای

۶. مرکز کار جی اس دبلیو^۱

- مکان ساختمان: برلین
- معمار: سایر بروچ هوتن^۲
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: ۲۱ طبقه ساختمان اداری با پهنای ۱۱ متر و تهویه مقطعی
- ساختمان نما: ساخت نما شامل نوع شیشه دوطرفه و اتوماتیک با پنجره‌های سه جداره‌ای از شیشه ما بین پرده‌های کرکره‌ای شیشه‌ای هستند. نما غربی شامل نما دو جداره‌ای با پنجره‌های شیشه‌ای دوجداره داخلی است که به‌صورت دوطرفه و خودکار عمل می‌کند و لایه شیشه‌کاری شده بیرون ۱۰ میلی‌متری درزگیری می‌شود و عرض فضا داخلی ۰/۹ متر است. شیشه‌های فلزی کرکره‌ای بیرونی نوع سایه بان نیز در نما شرقی بوده که هوا تازه و آزاد را از پنجره‌ها به‌طور مستقل وارد می‌کنند در عرض نمای غربی کرکره‌های آلومینیومی مشبک عمودی در این فضا داخلی قرار گرفتند که بطور اتوماتیک در یک ردیف قرار گرفته و بطور متقابل و دوطرفه قابل تنظیم هستند. کرکره‌ها را می‌توان با سایه کامل بر نما غربی بسط و گسترش داد.
- HVAC: حفره هوایی ما بین نما چندلایه‌ای در طی فصل گرما، به‌صورت بافر گرمایی در زمان پنجره‌های بسته عمل می‌کنند هوا گرم به دستگاه مرکزی از طریق بالا برنده‌های بهبود گرما برمی‌گردند. هوا تازه از سیستم کفی تهیه می‌شود. گرما در سقف و کف با استفاده از زیر نما بتنی و سیستم‌های اندو و رشده خلا سیمانی ذخیره می‌شوند و سیستم‌های متعدد ساختمان نظیر نورگیرها و پخش‌کن‌ها هم در زیر نما و هم در راندودوسنگ خلا باهم ترکیب می‌شوند.
- تهویه محفظه: این ساختمان امکان تهویه مقطعی را میسر می‌کند. هوای بیرون از نمای شرقی وارد و تهویه مقطعی به نمای غربی را وارد می‌کند جهت پنجره‌ها از سمت شرق است. نمای غربی به‌عنوان یک شفت ۲۰ طبقه عمل می‌کند.

1. GSW Headquarters

2. Sauerbruch Hutton



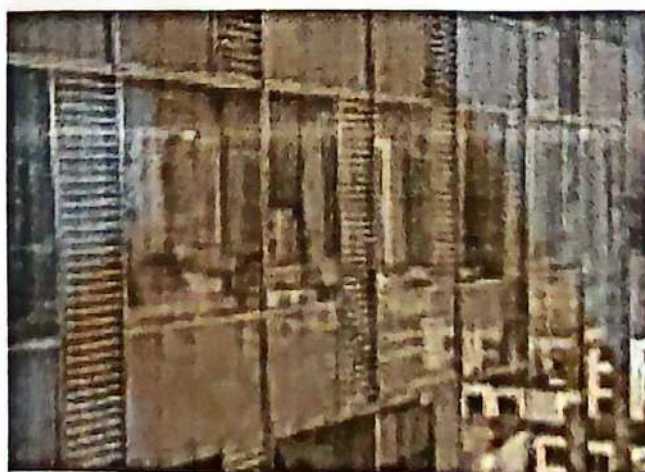
تصویر ۶-۲۵- نمای خارجی ساختمان

(www.slideshare.net)



تصویر ۶-۲۶- نمای داخلی از قسمت شرقی نمای سه گانه

(Poirazis,2004,P87)

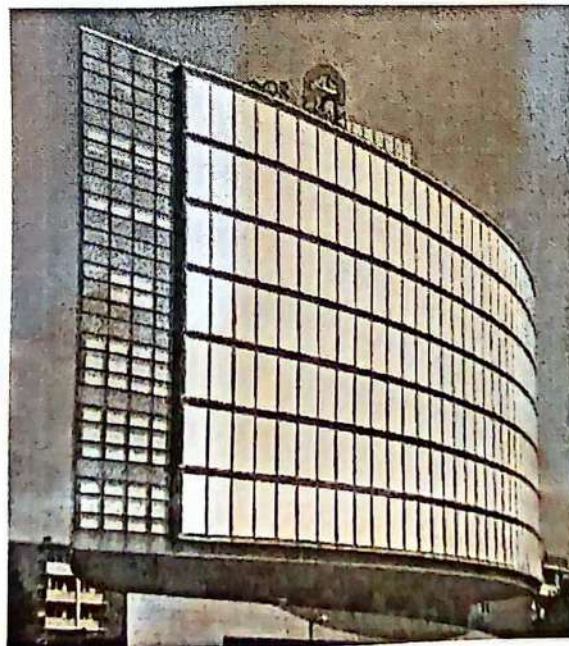


تصویر ۶-۲۷- نمای داخلی

(Poirazis,2004,P87)

۷. هالینسیتراپی^۱

- مکان ساختمان: برلین
 - معمار: لیون هیلد^۲ و ولهاگ کنراد^۳
 - زمان تکمیل پروژه: -
 - مدل نما: هفت طبقه نما غربی بالایی ساختمان
- دوطبقه‌ای با نما دوجداره‌ای طراحی می‌شوند، نماها در سایر موقعیت‌ها پنجره‌های تک لایه‌ای قرار می‌گیرند.
- تهویه هوا تازه و آزاد گودال از کف بطور مکانیکی طراحی می‌شود و از فضا بینابین نما دوجداره‌ای کانال‌های عمودی می‌شود و از فضا بینابین نما دوجداره کانال‌های عمودی در دو انتها کریدور می‌گذرد هوا از کانال‌های در مرکز نماها به صورت مناسبی قرار می‌گیرند.

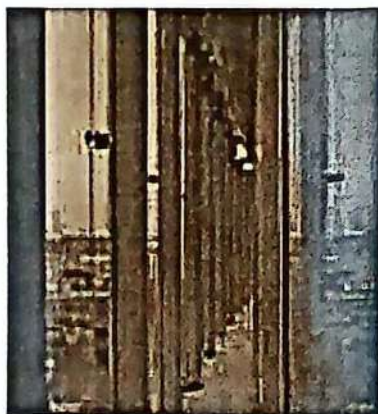


تصویر ۶-۲۸- نمای خارجی ساختمان

(upload.wikimedia.org)

1. Halenseestraße
2. Hilde Léon
3. Konrad Wohlhage

- ساختمان نما: جداره بیرونی تک شیشه‌ای ۲ میلی متری نما دوجداره‌ای نوع شیشه درزمان ایجاد جداره درونی شامل درهای شیشه‌ای دوجداره‌ای اسلایدی کاملاً درزگیری می‌شوند.
- نوع سایبان: سایه‌بان کرکره‌ای ۸۵ سانتی متر در فضا داخلی ۱ طبقه‌ای نصب شد.
- HVAC: کرکره‌های را در طی تابستان می‌توان برای مسدود کردن تابش خورشیدی درزمان تهویه مکانیکی فضا داخلی به کاربرده بهره‌های گرما داخلی در شب با تهویه مکانیکی از بین می‌رود پیش گرمایش بهره‌های خورشیدی در زمستان با هوای فضا داخلی صورت می‌گیرد.
- اطلاعات پروژه: نما دوجداره‌ای سروصدای بزرگتر مجاور غرب را کاهش می‌دهند.



تصویر ۶-۲۹- حفره

(Poirazis,2004,P89)

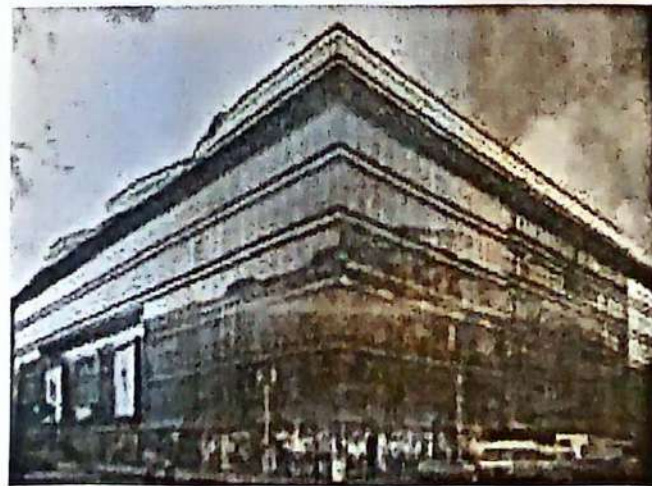


تصویر ۶-۳۰- سایبان

(Poirazis,2004,P89)

۸. گالری‌های لافیتی^۱

- مکان ساختمان: برلین
- معمار: جین نیوول^۲
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: حفره تقسیم‌بندی شده به‌طور افقی

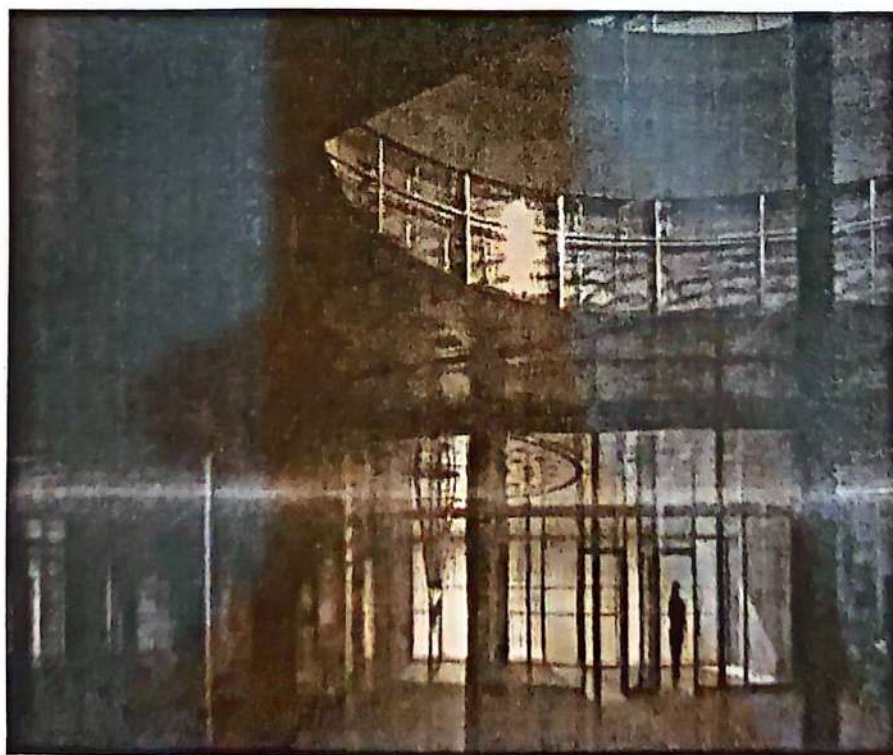


تصویر ۶-۳۱- نماهای خارجی ساختمان

(<https://en.wikipedia.org>)

1. Galleries Lafayette
2. Jean Nouvel

- ساختمان نما: واحد شیشه‌ای عایق دار با ضمانت ۲۹ میلی متر با نوع شیشه ۸ میلی متری در خارج و شیشه روکش دار E کوچک از درون با آرگون حفره را پرکرده است. پرده‌های کرکره‌ای مشبک نوع سایبان فولاد زنگ نزن به صورت کنترل خورشیدی در حفره‌ای به عرض ۲۰۰ میلی متر متناسب می شود.
- HVAC: نما می تواند تهویه طبیعی ادارات را در سال های متمادی تهیه کند اگر دما خارج از ساختمان بسیار پایین یا بسیار بالا باشد، سیستم تهیه متصل و نصب می شود.
- تهویه محفظه: هواکش های داخلی و خارجی در هر طبقه قرار می گیرد، پایین ترین درجه گرمایش هوا و مؤثرترین سطح مؤثر تهویه طبیعی در حد انتظار راست.
- توضیحات: نما دوجداره‌ای طراحی شده غیر معمولی به صورت حامل اطلاعات و به صورت جذب بهینه عمل می کند و همچنین در مقابل نویز خارجی حمایت و محافظت می شود.



تصویر ۶-۳۲- داخل ساختمان

(<http://www.jeannouvel.com>)

۹. پلاتزیست دامرا^۱

- مکان ساختمان: برلین
- معمار: هانس کولنهوف^۲
- زمان تکمیل پروژه: -

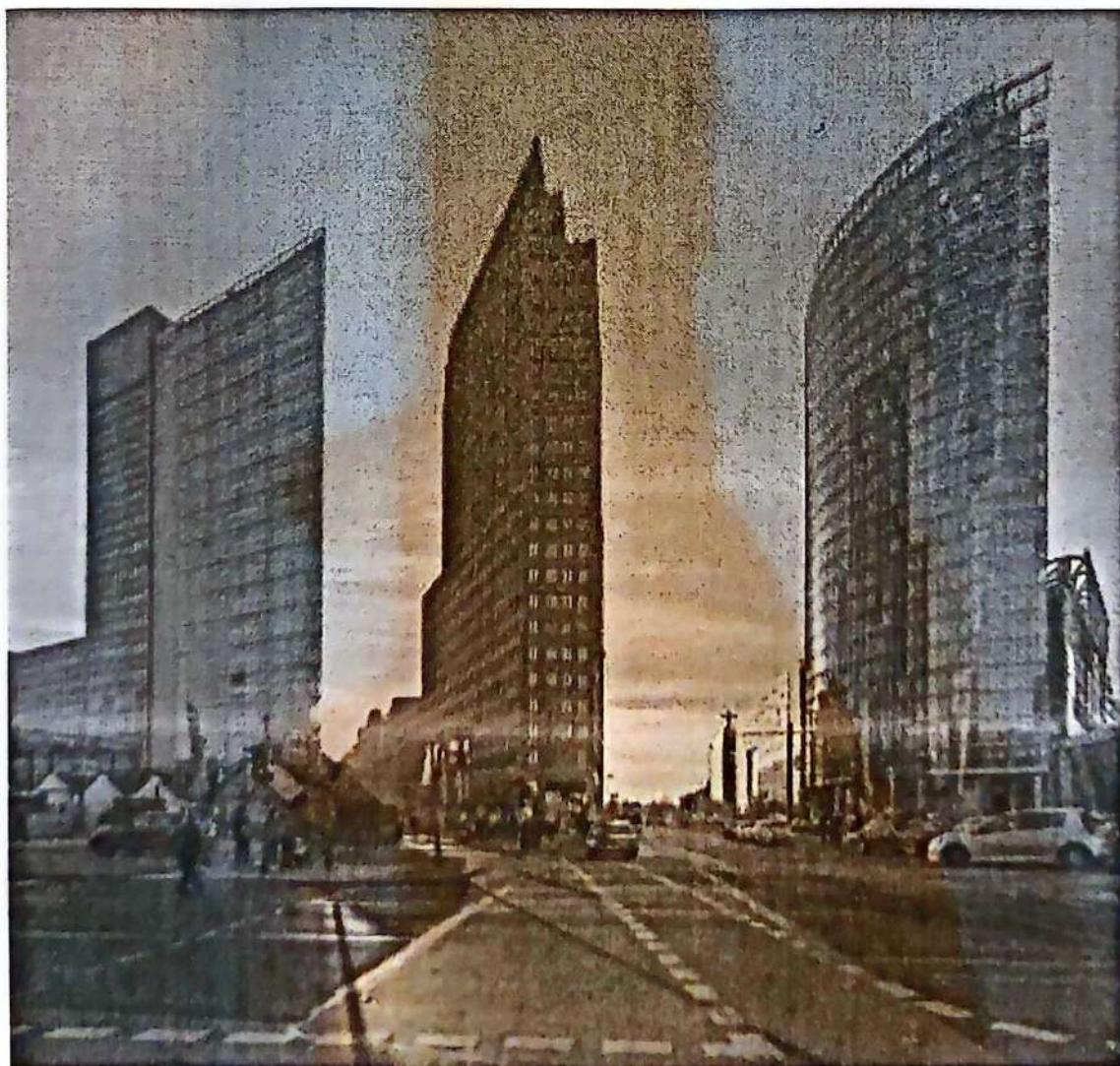


تصویر ۶-۳۳- نمای خارجی ساختمان

(potsdamerplatz.de)

1. Potsdamer Platz 1
2. Hans Kollhoff

- مدل نما: نما آجری مهندسی قدیمی با پنجره‌های باز مستطیلی (با مساحت پنجره جعبه‌ای شکل)
 - ساختمان نما: پنجره داخلی به صورت قاب پنجره لولایی آویزان از ته آن با نوع تک شیشه‌ای با شیشه‌کاری E کوچک در قاب حاشیه‌دار و با پوشش آلومینیومی از طرف بیرون طراحی می‌شود.
- فضا بینابینی ما بین لایه‌های نمایی به عمق ۲۲ سانتی‌متر است.



تصویر ۶-۳۴- نمای دیگر از ساختمان

(upload.wikimedia.org)

- نوع سایبان: پرده کرکره‌ای نوع A نصب می‌شود و موقعیت و جایگاه آن با توجه به تهویه محدودش با طراحی کرکره‌ای بالایی نصب و بهینه‌سازی شه و در زاویه مسطح‌تر و یکنواخت‌تر ثابت نگه‌داشته می‌شود بنابراین آن‌ها حتی در زمان نصب پرده کرکره‌ای کوچک‌تر دائماً باز می‌مانند.
 - HVAC: ترکیب تهویه هوا با حمایت و محافظت مکانیکی اضافی تحت شرایط اقلیمی اجازه می‌دهد که درجه بسیار بالا آسایش و راحتی گرمایی فراهم شود.
 - تهویه محفظه: شیشه‌های خارجی در قاب پنجره لولایی آویزان و معلق تک زاویه‌ای و یک‌طرف قرار می‌گیرند.
- تهویه فضا بینابین و اتاق‌های داخلی از طریق شکاف و فاصله ۶ سانتی‌متر زیر قاب پنجره لولایی محور خارجی تأثیرگذار است.



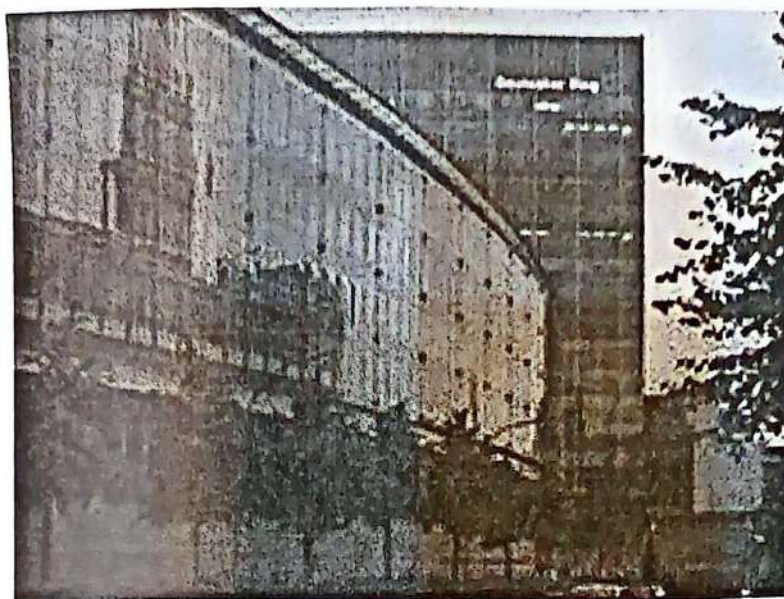
تصویر ۶-۳۵- نمای شب ساختمان

(<http://www.ieee-icnp.org>)

۱۰. داش‌رینگ و روالتونگس گبیود^۱

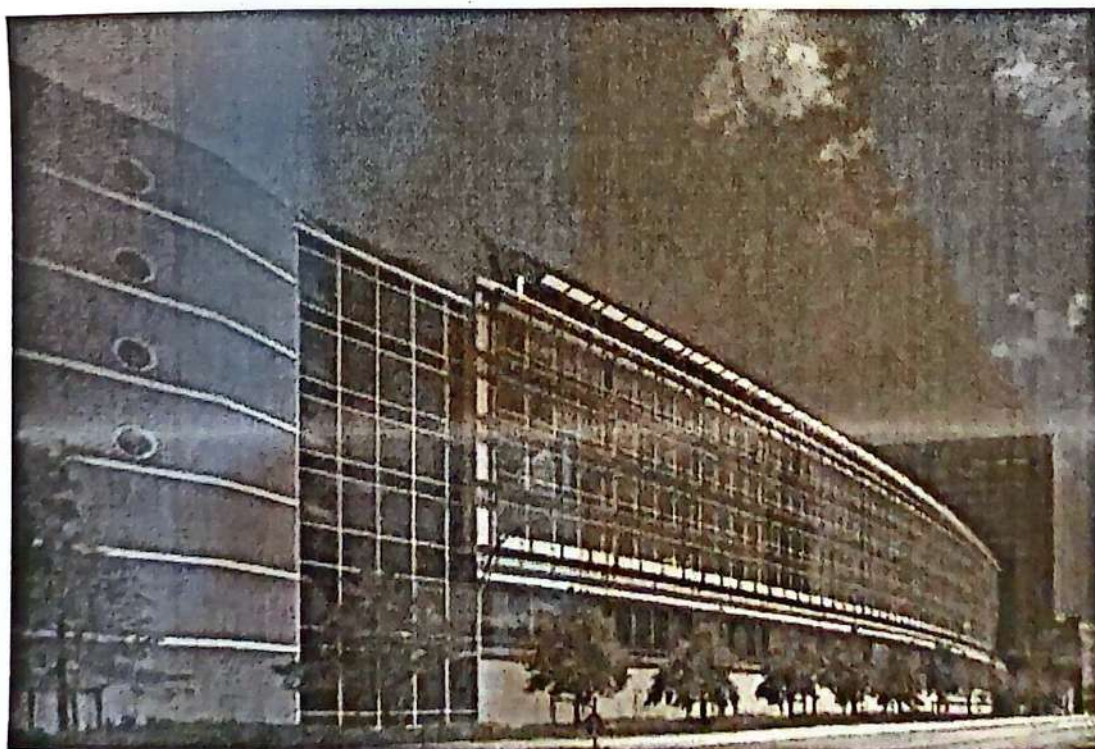
- مکان ساختمان: هامبورگ
- معمار: ون باسویت^۲، پت شال^۳، هاپرتز^۴ و لیمبرگ^۵
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: نمای دوجداره
- ساختمان نما: پوشش بیرونی ثابت، سخت و دارای شیشه تک قاب است. پوش داخلی دارای شیشه‌های دوتایی، پنجره‌های سوراخ شده و پشت بغل‌ها هستند. دریچه‌های خروجی شطرنجی در پایه‌ی جدار دیوار وجود دارند. برخی پنجره‌ها امکان شست و شوی فضای درون حفره‌ای را فراهم می‌کنند.
- جداره خارجی یک نوع ثابت نقطه‌ای با کنترل خورشیدی شیشه تک جامی است جداره داخلی شامل پنجره‌های فشرده تک شیشه‌ای و روکش E کوچک و شه گوش هستند. پنجره‌های باز خارجی در دیواره پرده‌ای سه تنظیم می‌شوند هر طبقه مشخص نمی‌شود و نما چهار طبقه‌ای مشخص می‌گردد. برخی پنجره‌های داخلی با تمیزکاری فضا داخلی کار می‌کنند. تیر بست های گذرگاه در هر کف طبقه‌ای در این فضا درونی نصب می‌شوند.
- نوع سایبان: درپوش‌ها در پنجره‌های شیشه‌ای داخلی قرار گرفته‌اند.
- تهویه محفظه: بالای نمای ۴ طبقه دارای یک دریچه‌ی ضد آب با قاب‌های شیشه‌ای هم‌پوشانی ست که اجازه تبادل هوا را می‌دهد. برای خنک‌سازی تشعشعات خورشیدی جذب‌شده و توسط لایه‌ی شیشه‌ای بیرونی طی فرایند همرفت طبیعی از میان دریچه بالای طبقه چهارم خارج می‌شود.

1. Deutscher Ring Verwaltungsgebäude
2. von Bassewitz
3. Patschan
4. Hupertz
5. Limbrock



تصویر ۶-۳۶- نمای خارجی ساختمان

(<https://de.wikipedia.org>)



تصویر ۶-۳۷- نمای کلی ساختمان

(<https://www.sigantet.de>)

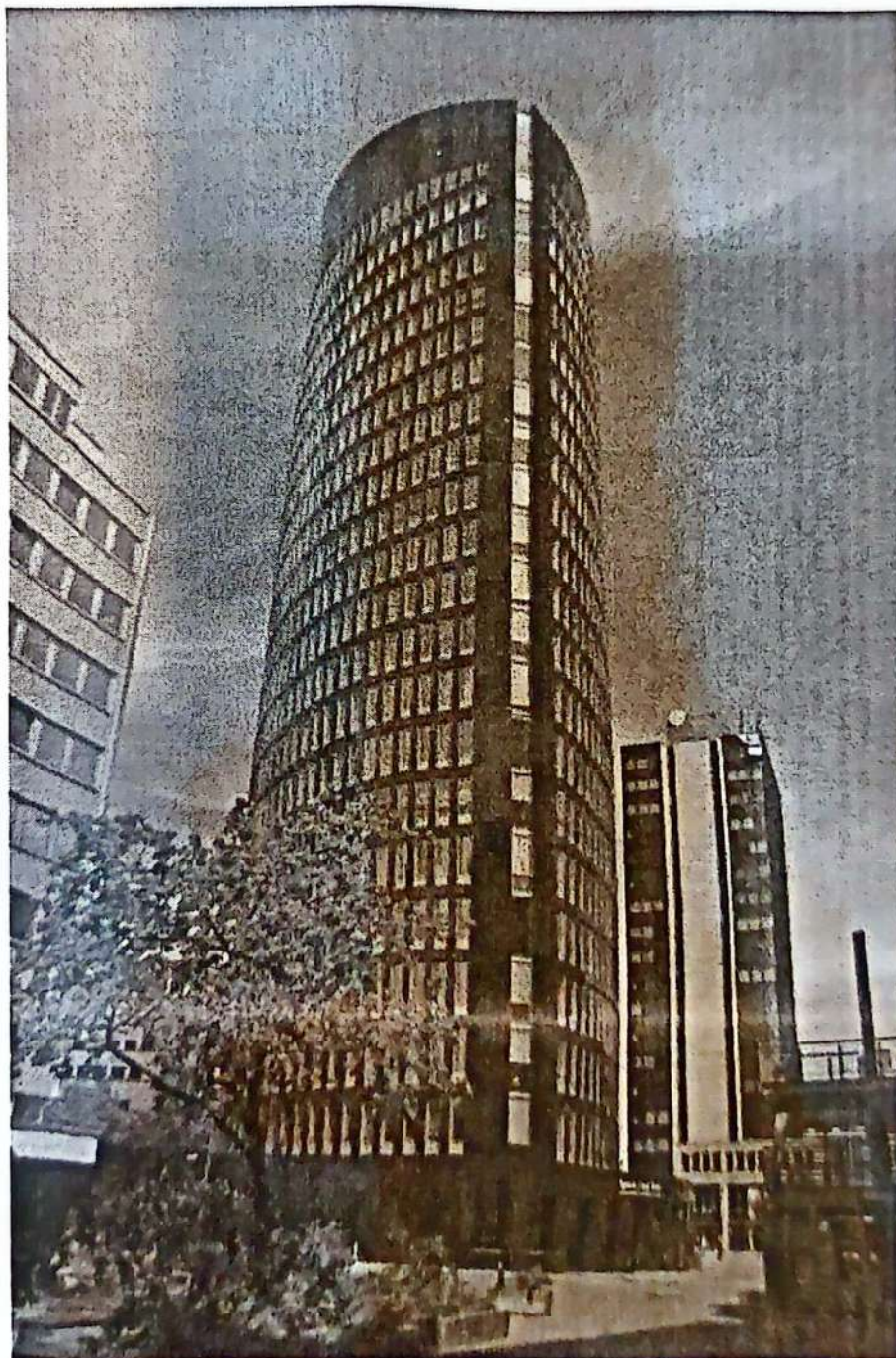
۱۱. مرکز کاری RWE AG

- مکان ساختمان: اسن^۱
- معمار: اینگن هوور اوردیک^۲ و همکاران
- زمان تکمیل پروژه: ۱۹۹۶
- مدل نما: سیستم نمای تعاملی شیشه‌ای که تمامی ساختمان را در برمی‌گیرد.
- ساختمان نما: لایه بیرونی نمای دوجداره شیشه سفید ۱۰ میل است. سطح داخلی شامل درهای شیشه‌ای دو قابی است فضای میان حفره‌ای ۵۰ سانتی به اندازه‌ی یک طبقه ارتفاع و ۱/۹۷ متر پهنا دارد.
- درب‌هایی با ارتفاع بلند و شیشه دوجایی می‌شود که می‌تواند تا عرض ۱۲/۵ سانتی‌متر به وسیله ساکنان یا کارکنان باز شود عرض فضا داخلی ۵۰ سانتی‌متری مدول یک طبقه‌ای به عرض ۱/۹۷ متر است.
- نوع سایبان: پنجره کرکره‌ای جمع شدنی در بیرون از نمای درهای شیشه‌ای کشویی قرارگرفته‌اند. روشنایی روز، تابش و حرارت با درپوش‌ها و صفحه خلا تابشی داخلی قابل کنترل‌اند.
- HVAC: حفره هوای اضافی به مانند یک بافر حرارتی عمل کرده و میزان اتلاف گرما میان داخل و خارج را کاهش می‌دهد. هوای تازه از طریق دریچه‌ها در کف وارد می‌شود و هوای گرم از دریچه‌هایی در بخش بالایی نما خارج می‌شوند. در شرایط بسیار سرد دریچه‌ها بسته می‌شوند. هوای گرم از طریق بالابرنده‌هایی برای آزادسازی گرما به تأسیسات مرکزی بازمی‌گردد. نما عایق مناسبی برای زمستان و محافظ خورشیدی مؤثری را در فصل تابستان فراهم می‌آورد.
- تهویه محفظه: هوای راه یافته درون شکاف تهویه ۱۵ سانتی به خارج از حوزه تنظیمی تهویه می‌شود. نوع تهویه قطری است.

1. Essen

2. Ingenhoven Overdieck

- توضیحات: طراحی سیستم RWE از تمایل مشتریان برای استفاده مطلوب از روشنایی روز، تهویه طبیعی و حفاظت خورشیدی تاثیر گرفته.



تصویر ۶-۳۸- نمای کلی ساختمان



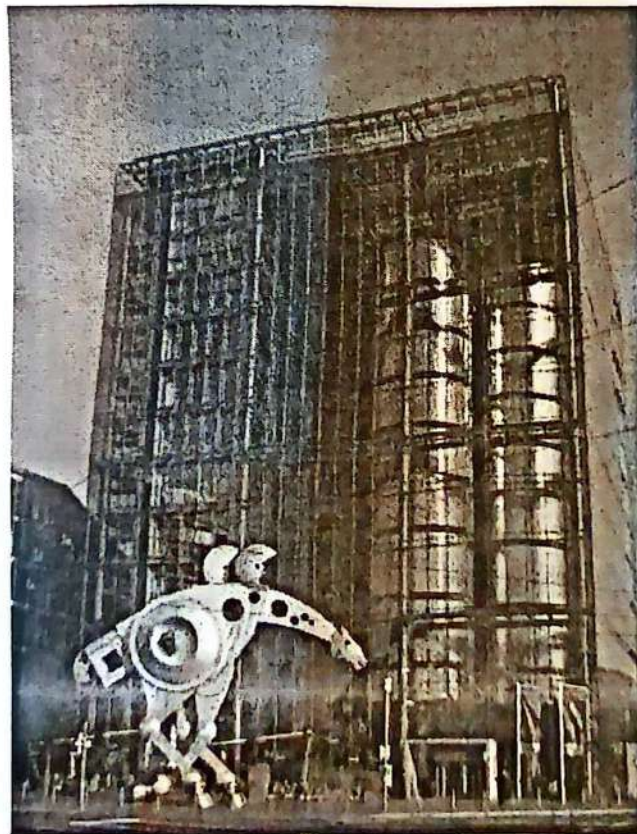
تصویر ۶-۳۹- حفره‌ی داخلی



تصویر ۶-۴۰- نمای شب ساختمان

۱۲. فرهنگستان پرینت مدیا^۱

- مکان ساختمان: هولبرگ^۲
- معمار: استودیو معماری بوشلف و شرودر^۳
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: پنجره‌های مربع شکل
- ساختمان نما: واحد مربعی شامل قاب شیشه‌ای تنها در گوشه بیرونی و قاب دو شیشه‌ای در بخش درونی است. میان این دو فضای هوای ۴۶ سانتی است.



تصویر ۶-۴۱- نمای خارجی ساختمان

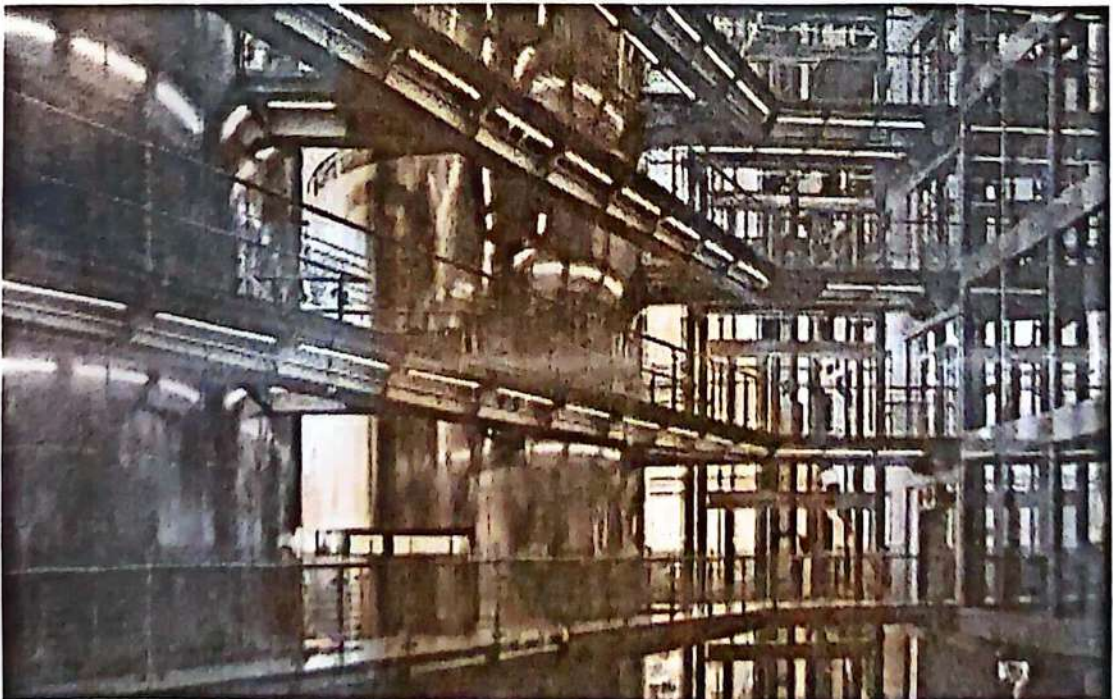
(<https://upload.wikimedia.org>)

1. Print Media Academy

2. Heidelberg

3. Bechtloff and Schroder

- نوع سایبان: یک درپوش آلومینیومی است که میزان گرمای خورشیدی را کنترل می‌کند. این درپوش‌ها در داخل حفره بر اساس زاویه تابش خورشید می‌غلتند. پوشش آلومینیومی، گرمای خورشیدی را به داخل واحد مربعی بازتاب می‌دهد و از این طریق فضای بافری را گرم می‌کند.
- HVAC: هوای تازه با بهره‌برداری از پنجره‌های کشویی داخلی به دست می‌آید. این پنجره‌ها امکان تبادل هوا از فضای اداره و حفره کم می‌کند. سپس سیستم مرکزی ساختمان میزان هوای جاری به داخل ساختمان به درون حفره را کنترل می‌کند. این امر با تنظیم منفذ شیشه بیرونی برای متعادل کردن فشار و دمای ساختمان صورت می‌گیرد.
- تهویه محفظه: تهویه از نوع متقاطع است که فضای بافری را میان شیشه‌ی بیرونی و درونی متعادل می‌کند. این امر با گشایش مجموعه منافذ شیشه‌ای صورت می‌گیرد تا به هوای بیرونی اجازه عبور از میان آن را دهد و هوای گرم را از حفره به بیرون برد و در نتیجه موجب خنک‌سازی پوشش ساختمان گردد.



تصویر ۶-۴۲- آتریوم مرکزی

(<http://ssv-architekten.de>)



تصویر ۶-۴۳- حفره ی داخلی

(Poirazis,2004,P97)



تصویر ۶-۴۴- حفره ی داخلی

(Poirazis,2004,P97)

۱۳. مجموعه ویکتوریا^۱

- مکان ساختمان: کلنه^۲
- معمار: توماس ون^۳
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: نمای دوجداره که از کف به بالا با زاویه ۱/۵ درجه به بیرون گسترده شده است.
- ساختمان نما: جداره خارجی شامل شیشه‌کاری کنترل خورشیدی نوع شیشه وروقه ورقه شده ۱۶ میلیمتری و جداره داخلی شامل شیشه‌کاری ثابت کنترل خورشیدی می‌شود.



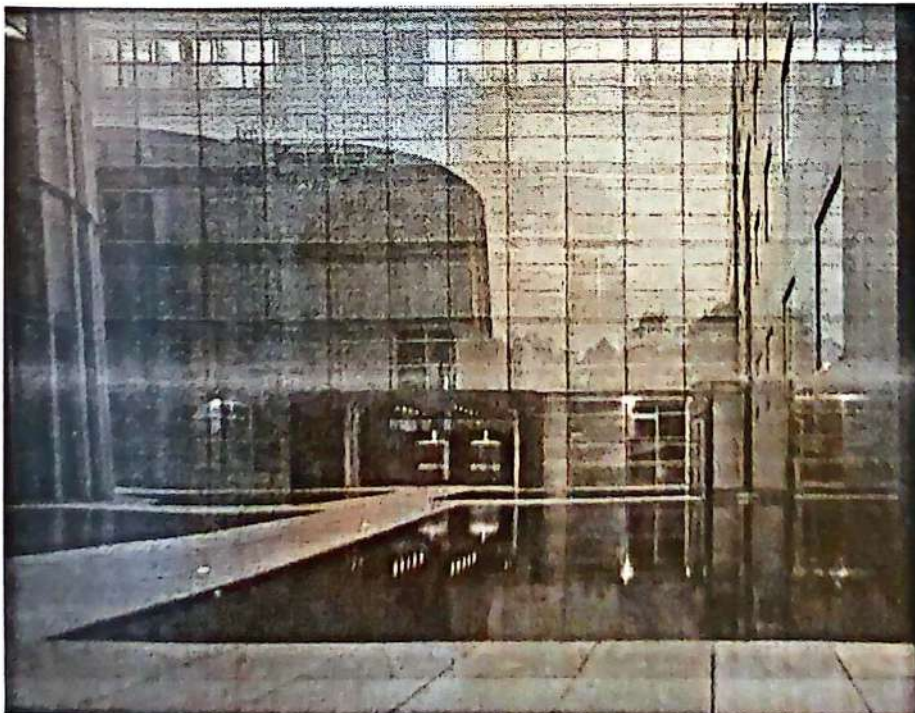
تصویر ۴-۴۵- نمای کلی ساختمان

(<http://www.baukunst-nrw.de>)

- نوع سایبان: قطعات پیوسته فلپ‌ها در اطراف ساختمان در بالا و پایین نما نصب شده‌اند. تا دما را کنترل کند. این فلپ‌ها بر طبق نیاز باز یا بسته می‌شوند.

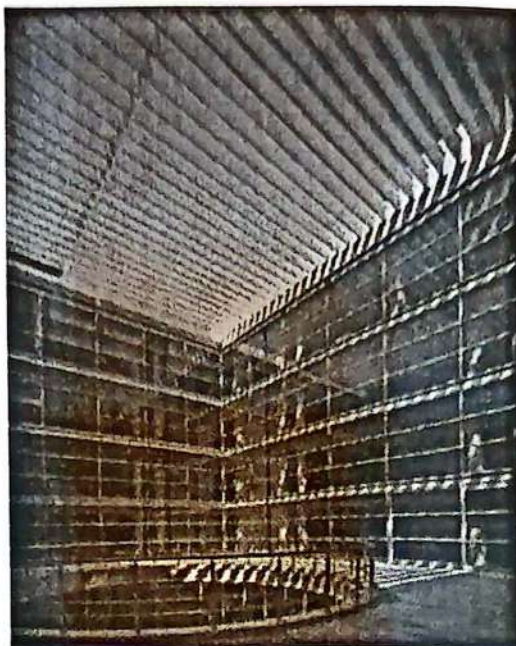
1. Victoria Ensemble
2. Cologne
3. Thomas van den Valentyn

- پرده‌های کرکره‌ای آلومینیومی به عرض ۶۹ میلی‌متر در کریدورهایی به عرض ۸۹ سانتی‌متر ترکیب می‌شوند که به تیربست‌های گذرگاه قابل دسترسی مجهز شده‌اند.
- HVAC: یک سیستم کنترل مرکزی فلپ‌ها را از زمانی که دمای بیرونی پایین است، بسته نگه می‌دارد.
- بنابراین لایه‌های هوای به دام افتاده در میان دو پوشش نما، عایق گرمایی حداکثری را تضمین می‌کند. وقتی دمای بیرونی بالا رود فلپ‌ها باز شده و امکان تهویه‌ی فضای میانی را فراهم می‌آورد.
- ساختمان با سیستم قراردادی HVAC دارای تهویه می‌شود برج‌های دوقلو مجاور در سیستم نما دوجداره‌ای استفاده نمی‌شوند.
- تهویه محفظه: نما منحصراً به‌عنوان وسیله تنظیم عایق‌کاری گرمایشی در شرایط متفاوت آب‌وهوایی به‌کاررفته. مدخل هوا از طریق شیاری در پای ساختمان است درحالی‌که هوای ناپاک از طریق سطح سقف به بیرون خارج می‌شود.



تصویر ۶-۴۶- ورودی ساختمان

(<http://www.baukunst-nrw.de>)



تصویر ۶-۴۷- آتریوم

(<http://www.baukunst-nrw.de>)



تصویر ۶-۴۸- نمای تمام شیشه‌ای

(<http://www.baukunst-nrw.de>)

۱۴. بانک گلاذ باشر / کلاذ باخر^۱

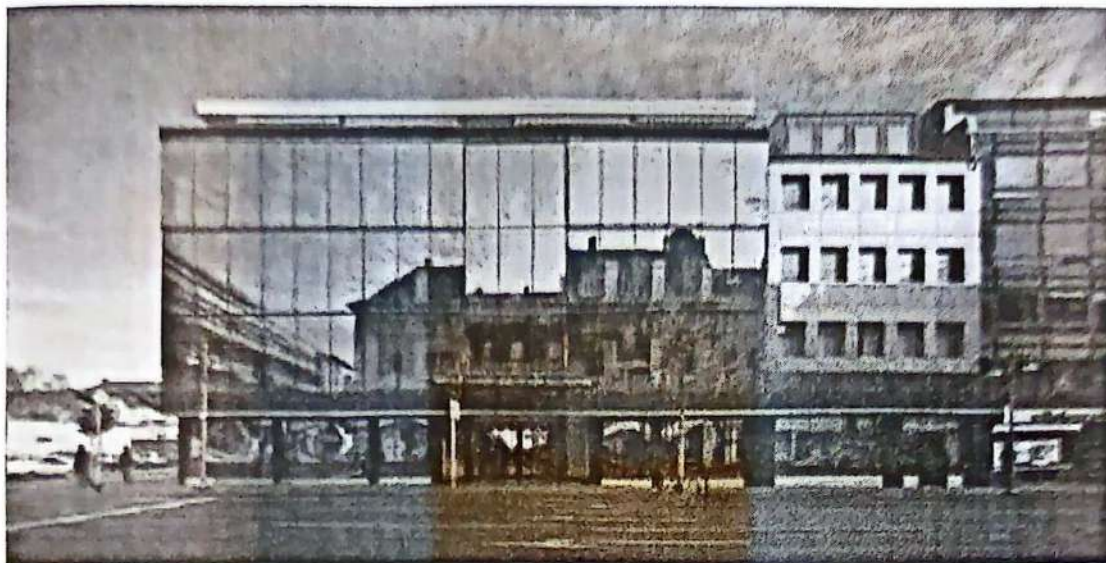
- مکان ساختمان: مونشن گلاذ باخ^۲
- معمار: شرامن^۳ و همکاران
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۱۰
- مدل نما: نمای دوجداره بخشی از پروژه‌ی تازه‌سازی است. لایه‌ی بیرونی به‌عنوان یک ساخت شیشه‌ای بدون قاب طراحی شده است؛ که به یک سری صفحات پشت پله‌ای افق متصل می‌شود. این مفهوم بر اساس اصل نما جعبه شفت یا میل ستون است.
- ساختمان نما: یک لایه از شیشه رفلکس در پوش بیرونی نصب شده است.
- نوع سایبان: سایه انداز خورشیدی قابل تنظیم در فضای میانی
- HVAC: برخاست حرارتی بر روی سه طبقه بالایی و بعد مناسب تهویه‌ی هوا و دریچه‌های خروجی، همگی ذخیره مطلوبی از هوای بیرونی برای اتاق‌ها را فراهم می‌کند.
- توضیحات: کارفرمای پروژه صرفه‌جویی‌های لحاظ شده در پروژه را در زمینه‌ی تهویه هوا شرح داده، از دید آنها طراحی شکل ساده‌ای برای حجم و همچنین تکنولوژی پیش‌سازی پیشرفته نما منجر به یک راه‌حل اقتصادی شده است.



تصویر ۶-۴۹- نمای کلی ساختمان

(<http://www.schrammen.info>)

1. Gladbacher Bank
2. Mönchengladbach
3. Schrammen



تصویر ۶-۵۰- نمای خارجی ساختمان

(<http://www.schrammen.info>)



تصویر ۶-۵۱- قسمتی از فضای داخلی

(<http://www.schrammen.info>)

۱۵. ورپورگن شوابین (ENBW)^۱

- مکان ساختمان: اشتوتگارت^۲
- معمار: لادرد، لاگنارسدوتیر، اوی^۳
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۱۶
- مدل نما: ساخت پنجره مکعبی
- ساختمان نما: نمای داخلی: قاب پنجره چوبی در شیشه لایه‌ای و چراغ‌های آویزان کناری از جنس آلومینیوم.
- نمای بیرونی: ساخت پنجره اسلاید عمودی و باز شونده به سمت بیرون که توسط موتورهای الکتریکی کار می‌کند.
- نوع سایبان: درپوش‌های منفذ آلومینیومی (پهنای منفذ: ۸۰ میلیمتر)



تصویر ۶-۵۲- نمای ساختمان

1. Energie / versorgung schuaben (ENBW)
2. Stuttgart
3. Lederer, Ragnarsdottir, Oei



تصویر ۶-۵۳- تعمیم ENBW



تصویر ۶-۵۴- نمای ورودی



تصویر ۶-۵۵- جزئیات ساخت پنجره مکعبی

۱۶. برج اداره پست^۱

- مکان ساختمان: بن^۲
- معمار: مورفی جان^۳-شیکاگو
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۲/۱۲
- مساحت: ۱۰۷۰۰۰ مترمربع
- مدل نما: ابعاد بلند و باریک، نمای در پوش با کنترل اتومات. ساخت نما موقتاً در بخش‌های ۹ طبقه بال به تعویق افتاده.
- ساختمان نما: شکل بلوری برای پوشش لایه‌ای داخلی و خارجی پیش‌بینی شده است.
- نوع سایبان: قسمت شمالی برج دارای نمای خارجی مسطح با فلپ‌های یکپارچه است. تمامی چراغ‌های ورودی در پوشش بیرونی توسط موتور الکتریکی کار می‌کنند که از یک سیستم نظارت مرکزی کنترل می‌شود.
- HVAC: مفهوم ساختاری برای انتقال بارهای افقی از طریق مجموعه‌ای از سوزن‌های بادی که در هر طبقه و محور نما قرار گرفته در دسترس است. نمای جنوبی برج، ساخت مقیاسی شکل با چراغ‌های گردان افقی دارد که امکان هواگیری متناوب و تهویه طبیعی اداره‌ها را ممکن می‌سازد. پوشش‌های نمای داخلی شامل قاب‌های آویخته در کنار و در دهانه‌های متناوب نما هستند. این‌ها همه با کمک موتور الکتریکی کار می‌کنند و تهویه محیط به شکل طبیعی انجام می‌گیرد.
- تهویه محفظه: -
- توضیحات: ساختمان نمایندگی زیرش با ۴۰ طبقه، برج اداری تمام تابشی قابلیت انعطاف بالا، افزایش کیفیت محل کار با نور و تهویه طبیعی، پنجره‌های کاربردی و کاهش کنترل فردی بر تهویه و حرارت محیط هدف کاهش هزینه‌های عملی برای سیستم گرمایشی، سرمایی و تهویه با استفاده از انرژی‌های طبیعی است.

1. Post Office Tower

2. Bonn

3. Murphy Jahn

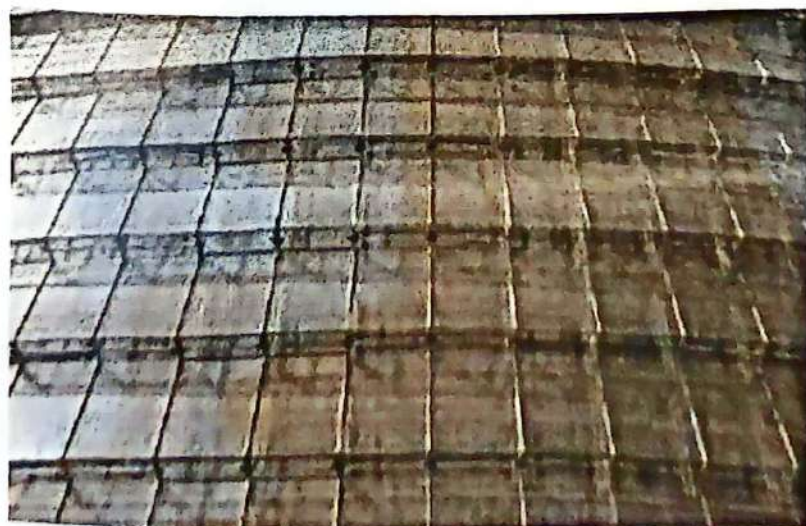
مصرف انرژی سالانه 90 kw/m / پوشش دوجداره به همراه حفاظت خورشیدی /
فعال‌سازی ترکیب ساختمان از سقف‌های عظیم / خنک‌سازی از طریق چاه‌های آب
زیرزمینی / امکان تهویه از طریق پنجره / استفاده از گرمای هدررفته به وسیله‌ی هدایت هوای
خارج از دهلیز



تصویر ۶-۵۶- نمای خارجی ساختمان



تصویر ۶-۵۷- نمای داخلی



تصویر ۶-۵۸- پوشش تمام شیشه‌ای ساختمان

۱۷. برج تجاری^۱

- مکان ساختمان: نورنبرگ^۲
- معمار: گروه دورشینگر، بنفیک / جرج اسپنگیلر^۳
- طراحی نما: GmbHDC، اشتوتگارت
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: نمای دوجداره به همراه حفره تهویه دائمی، سیستم ساختمانی واحد به همراه سطح بالایی از پیش ساخت
- ساختمان نما: نمای داخلی: ساخت قاب آلومینیومی پیش‌ساخته با پنجره‌های آویخته زیرین و کناری و فلپ‌های درگاهی هر یک در هر دهانه ثانوی
- نمای خارجی: ساخت قاب ویژه‌ی آلومینیومی پیش‌ساخته با قاب‌های شیشه‌ای پوشش چابی در کناره‌های صفحات
- نوع سایبان: درپوش‌های منفذ آلومینیومی (پهنای منفذ: ۱۰۰ میلیمتر)



تصویر ۶-۵۹- دید هوایی به ساختمان

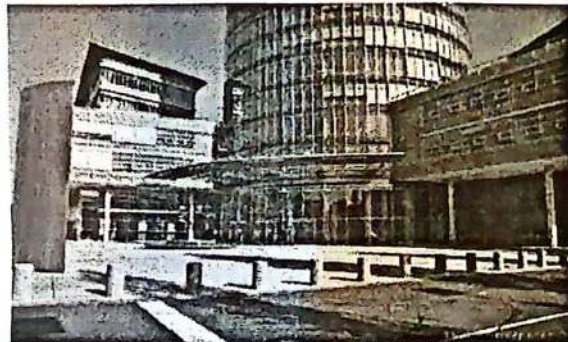
(<http://www.bbschwaben.de>)

1. Business Tower
2. Nuremberg
3. ürschinger, Biefang / Jörg Spengler



تصویر ۶-۶۰- نمای خارجی ساختمان

(<http://digitale-emotionen.de>)



تصویر ۶-۶۱- ورودی برج تجاری

(<http://www.thehighrisepages.de>)



تصویر ۶-۶۲- نمای شب ساختمان

(<http://pfphoto.com>)

۱۸. مرکز تکنولوژی و پیشرفت اقتصادی^۱

- مکان ساختمان: دیز برگ^۲
- معمار: فاستر و همکارانش در همکاری با کایسر باتچینگ^۳
- زمان تکمیل پروژه: ۱۹۹۳
- مدل نما: نمای دو جداره منحنی
- ساختمان نما: درخشش انحصاری نما شامل قاب شیشه‌ای ۵/۱*۳۰/۳ و قاب‌های پهن ۱۲ میلی‌متری معلق در جرزهای آلومینیومی عمودی‌اند. پوشش نمای داخلی از پنجره‌های کناری بلند به همراه مقاطع عرضی آلومینیومی و واحدهای شیشه‌ای عایق‌کاری شده‌اند. قسمت بیرونی یک فلات گلس ۶ میلی‌متری و قسمت درونی یک شیشه چند لایه ۸ میلی‌متری است و حفره میانی با گاز آرگون پر شده است.
- نوع سایبان: منافذ آلومینیومی تحت کنترل کامپیوتر درون حفره و میان دو پوشش جا گرفته‌اند.
- HVAC: از آنجاکه ساختمان در نزدیکی یک خیابان بسیار شلوغ قرار گرفته است، به گزینه تهویه هوای کامل بر دیگر راهکارها با تهویه‌ی طبیعی ارجحیت داده شده است. یک سیستم تهویه هوای تعویضی مورد استفاده قرار گرفته. هوای تازه از طریق شکاف‌های باریک در طول پنجره به داخل جریان می‌یابد و از طریق کف به بیرون پخش می‌شود.
- تهویه محفظه: هوا بیش از فشار پیرامون به داخل قسمت پایینی حفره تزریق می‌شود و اثر گرمایی منجر به تأثیر تهویه طبیعی می‌شود. این هوا گرما را از درپوش‌های منافذ بلند می‌کند و می‌زداید و به سمت بالا حرکت می‌کند تا از طریق دریچه‌های کوچکی در حاشیه سقف به درون هوای آزاد خارج گردد.
- توضیحات: از زمانی که ساختمان به بهره‌برداری رسید مشکلات وجود حرارت زیاد در طبقات بالایی ساختمان نمودار گشت.

1. Business Promotion Centre and the Technology Centre

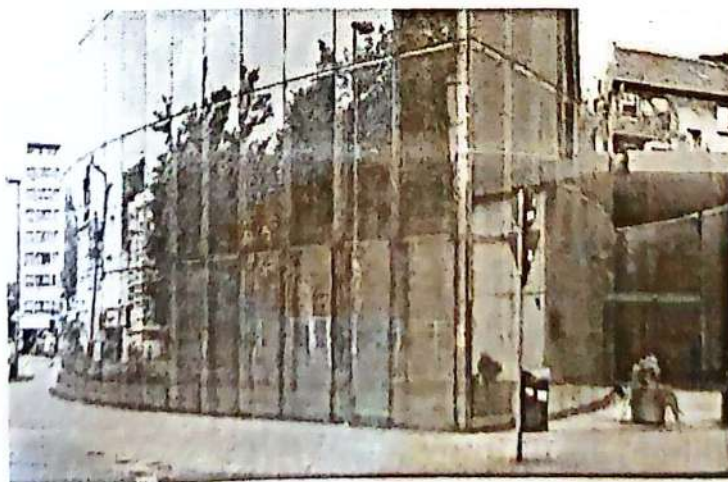
2. Duisburg

3. ser Bautechnik



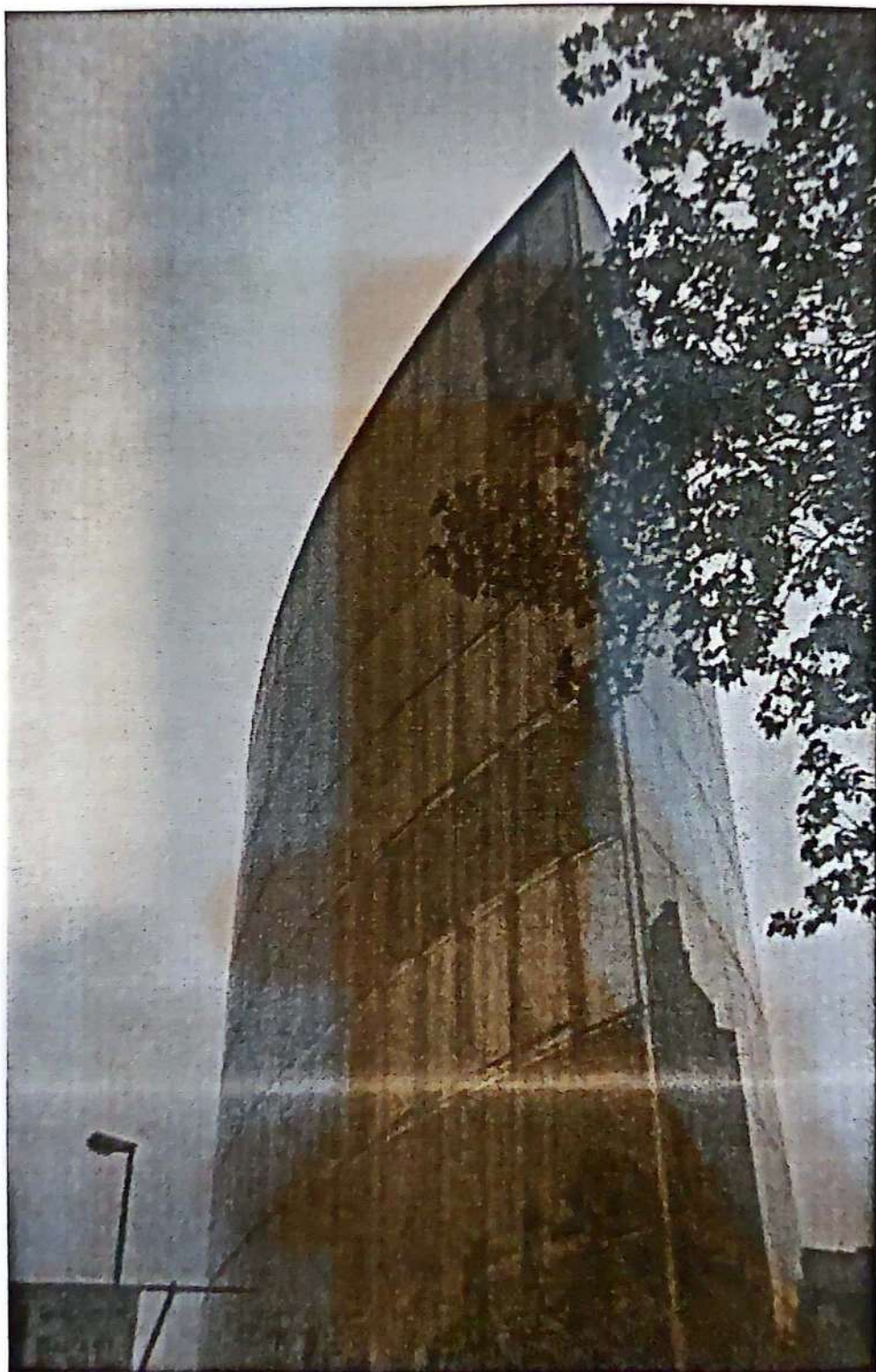
تصویر ۶-۶۳- نمای کلی ساختمان

(mgs.abduzeedo.com)



تصویر ۶-۶۴- بخشی از نمای ساختمان

(https://files.structurae.de)



تصویر ۶-۶۵- نمای ساختمان

(<https://www.mimoo.eu>)

۶-۲- فنلاند

۱. ساختمان سانو مالالو^۱

- مکان ساختمان: هلسینکی^۲
- معمار: جان سادر لاند و شرکت اوی^۳
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: نماهای شرقی، غربی و جنوبی ساختمان، دوجداره‌اند. شکل نما از پنجره‌های مربع شکل است.
- ساختمان نما: پوشش داخلی از سه قاب خوابیده شیشه‌ای تشکیل شده است.
- شیشه داخلی ک شیشه‌ی سخت و لایه‌ای ۴+۶ میلی‌متر در میان یک PVB ۰/۷۶ میلی‌متری
- شیشه میانی: شیشه حفاظ خورشیدی روکش دار ۶ میلی‌متری
- شیشه بیرونی: شیشه حفاظ خورشیدی روکش دار ۶ میلی‌متری
- فضا: پر شده با گاز آرگون
- پوشش خارجی: سخت و لایه‌ای شده با قاب‌های شیشه‌ای ۶+۶ میلی‌متری
- پهنای محیط میانی ۷۰۰ میلی‌متر است.
- نوع سایبان: درپوش‌ها درون پوشش داخلی وجود دارند.
- HVAC: -
- تهویه محفظه: حفره توسط هواکش‌های مکانیکی در سقف و کف خای می‌شود.
- توضیحات: یک گاندو لای نگه‌دارنده که بر تیرآهن‌های سقف ثابت شده است، سرویس و نگهداری فضای بیرونی را ممکن می‌سازد. این گاندو لا دارای یک قفسه برای قاب شیشه‌ای است.

1. Sanomatalo

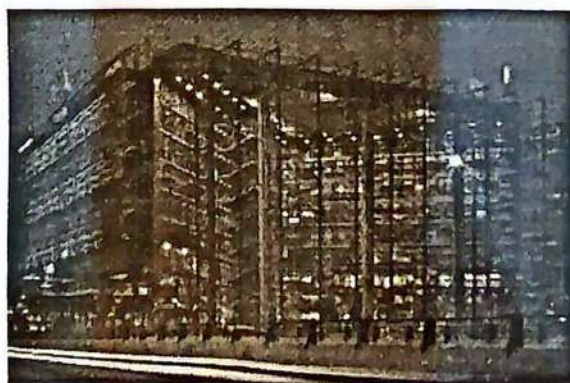
2. Helsinki

3. Arkkitehtitoimisto Jan Söderlund & Co. Oy



تصویر ۶-۶۶- نمای کلی از ساختمان

(commons.wikimedia.org)



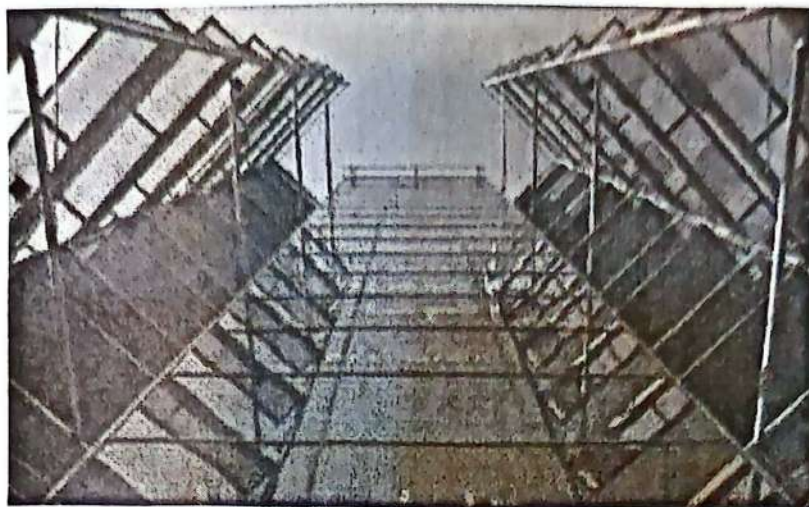
تصویر ۶-۶۷- نمای شب ساختمان

(www.trekearth.com)



تصویر ۶-۶۸- داخل ساختمان

(http://www.stadissa.fi)



تصویر ۶-۶۹- نمای شیشه‌ای

(<http://www.stadissa.fi>)



تصویر ۶-۷۰- نمای حفره

(Poirazis, 2004, P111)

۲. برج سیس اپن^۱

- مکان ساختمان: هلسینکی
- معمار: تومیلای^۲
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: نمای دوجداره ۵۸۰۰ مترمربعی با پنجره‌های مربعی شکل
- ساختمان نما: پوشش داخلی شامل شیشه‌هایی به پهنای ۲۸ میلی‌متر و پوشش خارجی از شیشه‌ای ۸ میلی‌متری تشکیل شده. پهنای حفره ۵۵۰ میلی‌متر است.
- نوع سایبان: درپوش‌های خورشیدی اتومات درون حفره قرار گرفته‌اند.



تصویر ۶-۷۱- نمای خارجی برج

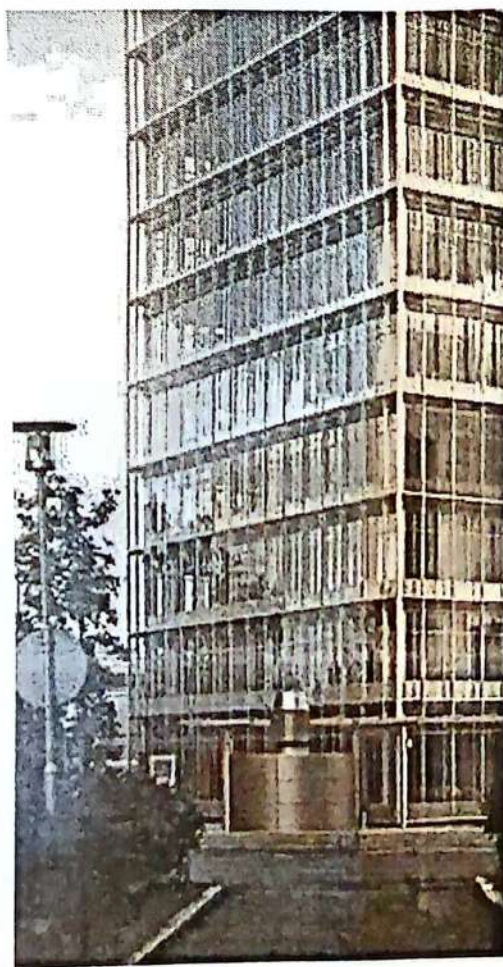
(<http://www.arktom.fi>)

1. SysOpen Tower

2. Tømmila Oy



تصویر ۶-۷۲- نمای شیشه‌ای

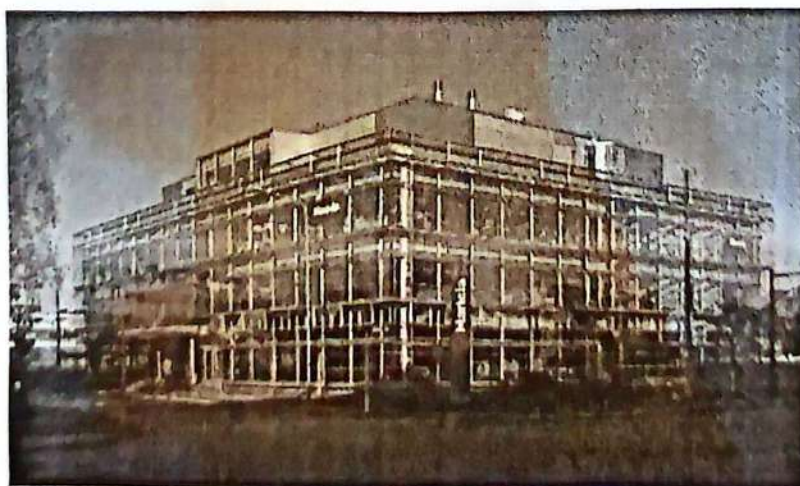


تصویر ۶-۷۳- نمای ساختمان

(<http://www.arktom.fi>)

۳. مارتلا^۱

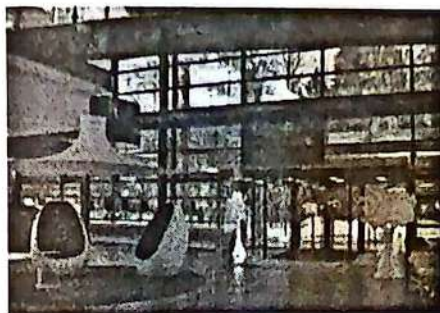
- مکان ساختمان: هلسینکی
- معمار: تومیلا اوی
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۳
- مدل نما: پوشش دوجداره که کاملاً از قاب اصلی ساختمان اداری جدا شده است. پوشش اصلی به یک ستون با مقطع عرضی I شکل متصل است که در طول لبه‌های بیرونی طبقات میانی از پایه تا به بالا امتداد دارد. سطح نمای دوجداره ۱۸۰۰ مترمربع است و از نوع پنجره مربعی می‌باشد.
- ساختمان نما: پوشش داخلی: (۸۵۰ میلی‌متر ارتفاع و ۲۷۰۰ میلی‌متر پهنای قاب) شیشه عایق‌کاری گرمایی ۴+۴ میلی‌متری
- پوشش خارجی: (به ارتفاع یک طبقه و پهنای ۱۳۵۰ میلی‌متر)
- شیشه‌های ابداده ۱۲ میلی‌متری
- پهنای پوشش خارجی قاب شیشه‌ای ۱۵ تا ۱۶ میلی‌متر بدون تکیه‌گاه میله آلومینیومی عمودی است. پهنای حفره ۷۰۰ میلی‌متر است.



تصویر ۶-۷۴- نمای کلی ساختمان

(<http://www.intermediator.fi>)

- نوع سایبان: مجموعه‌ای از درپوش‌های خورشیدی در حفره نصب شده‌اند.
- تهویه محفظه: هر طبقه دارای دو در سرویسی به حفره است. هواکش‌ها در حاشیه‌ی ناحیه‌ی حفره نصب شده‌اند. هدف آن‌ها انتقال هوای گرم از طریق کنج‌ها می‌باشد.



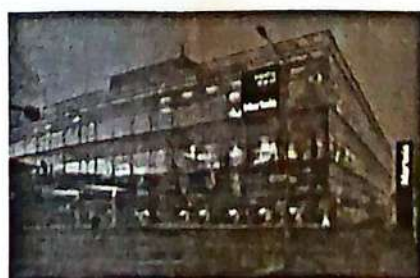
تصویر ۶-۷۵- بخش داخلی

(<http://www.intermediator.fi>)



تصویر ۶-۷۶- نمای داخلی

(<http://www.arktom.fi>)



تصویر ۶-۷۷- نمای شب ساختمان

(<http://valvomo.fi>)

۴. ای‌تا مرتوری^۱

- مکان ساختمان: هلسینکی
- معمار: شرکت هلین^۲
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۳
- مدل نما: نمای دوجداره ۴۰۰۰ مترمربعی با پنجره‌های مربعی شکل
- ساختمان نما: جدار بیرونی درخشان شامل قاب شیشه‌ای ۶-۸ میلی‌متری است. بخش محیطی ساختمان از شیشه‌های لمینتی تشکیل شده. اندازه میانگین یک قاب شیشه‌ای ۲۶۹۲ میلی‌متر عرض و ۸۵۵ میلی‌متر ارتفاع دارد و وزن آن ۳۰ کیلوگرم است. لولاهای افقی قاب دارای میله‌های براق استیل و آبگیر شده هستند و لولاهای عمودی توسط درزگیر سیلیکونی به هم چسبیده‌اند. پهنای حفره ۹۲۵ میلی‌متر است.



تصویر ۶-۷۸- نمای کلی ساختمان

(<http://www.lepolanpuusepat.fi>)

1. Itämerentori

2. Helin

- نوع سایبان: درپوش‌های سایه‌انداز خورشیدی در خارج از پنجره‌های پوشش داخلی قرار گرفته‌اند.
- HVAC: ندارد
- تهویه محفظه: پنجره‌های پوشش داخلی ثابت گزاری شده‌اند. باین حال درهای تهویه به فضای میانی باز می‌شوند. فضای میانی دارای تهویه گرایشی است.
- توضیحات: حفره هیچ سطح سرویسی ندارد. محافظت درون فضای میانی از طریق یک گانتولا صورت می‌گیرد که درون تیرآهن‌های سقف ثابت شده. گانتولا می‌تواند آزادانه درون حفره حرکت کند چراکه هیچ سطح سرویسی وجود ندارد.
- حفاظت بیرونی هم به شکل مشابهی صورت می‌پذیرد.



تصویر ۶-۷۹- دید از بالا به ساختمان

(<https://kltfiles.objektvision.se>)



تصویر ۶-۸۰- دید به ساختمان

(<https://upload.wikimedia.org>)



تصویر ۶-۸۱- نمای حفره

(Poirazis,2004,P115)

۵. روهاستی نوکیا^۱

- مکان ساختمان: هلسینکی
- معمار: هلین و شرکت سیتونن اوی^۲
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۱
- مدل نما: نمای دوجداره ۸۰۰۰ مترمربعی با پنجره‌های مربعی شکل
- ساختمان نما: پوشش داخلی - نوع قاب: شیشه عایق دوجداره
- جدار بیرونی: شیشه باریک ۶ میلی‌متری با طرح ابریشمی که بر روی آن با یک نقاشی
سرامیکی مربوط به فرایند تابکاری پخته شده است.



تصویر ۶-۸۲- نمای ساختمان

(<http://daviding.com>)

1. Nokia Ruoholahti

2. Siitonen Oy

- نوع سایبان: بالای فضای میانی دارای یک منفذ قابل تنظیم است درحالی‌که در پایین آن منافذ باز هستند. محافظت درون فضای میانی از طریق یک گاندولا صورت می‌گیرد که درون تیرآهن‌های سقف ثابت شده. سکوی تعمیری در حفره وجود ندارد.
- تهویه محفظه: پنجره‌های جدار داخلی ثابت گذاری شده‌اند باین حال درهای تهویه به فضای میانی باز است. این فضای میانی دارای تهویه گرایشی است.
- توضیحات: روکش شیشه تعیین‌کننده‌ی آب‌وهوای موضعی مطلوب داخل ساختمان است و به محدود کردن مقدار اضافه‌ی گرمای خورشیدی و سروصدای ترافیک کمک می‌کند.



تصویر ۶-۸۳- نمای شیشه‌ای

(<http://www.intomobile.com>)



تصویر ۶-۸۴- نمای حفره

(Poirazis, 2004, P116)

۶. سونرا^۱

- مکان ساختمان: هلسینکی
- معمار: سارس^۲
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۵
- مدل نما: نقطه شروع ایجاد یک بلوک اداری درون یک محیط صنعتی بود. قسمتی از نمای مشرف به خیابان تقریباً با قاب‌های شیشه‌ای لمینت چاپی و سیاه رنگ پوشیده شده. مساحت نمای دوجداره ۱۰۶۰ مترمربعی با پنجره‌های مربعی شکل است.
- ساختمان نما: پوشش درونی: شیشه‌های سبز قابی شکل ۶ میلی متری در بیرون گاز آرگون در فضای میانی شیشه اکوپلاس ۴ میلی متری در داخل پوشش بیرونی: شیشه لمینت ۴ میلی متری (در میان ورقه اپالی ۰/۷۶ میلی متری) هر دو شیشه آبکاری شده‌اند و یکی از آن‌ها شفاف و دیگری خاکستری رنگ است.
- تهویه محفظه: ساختار حفره در بالا و پایین باز است.



تصویر ۶-۸۵- نماي ساختمان

(<https://sarc.fi>)

1. Sonera
2. SARC



تصویر ۶-۸۶- بخشی از نمای خارجی
(<https://sarc.fi>)



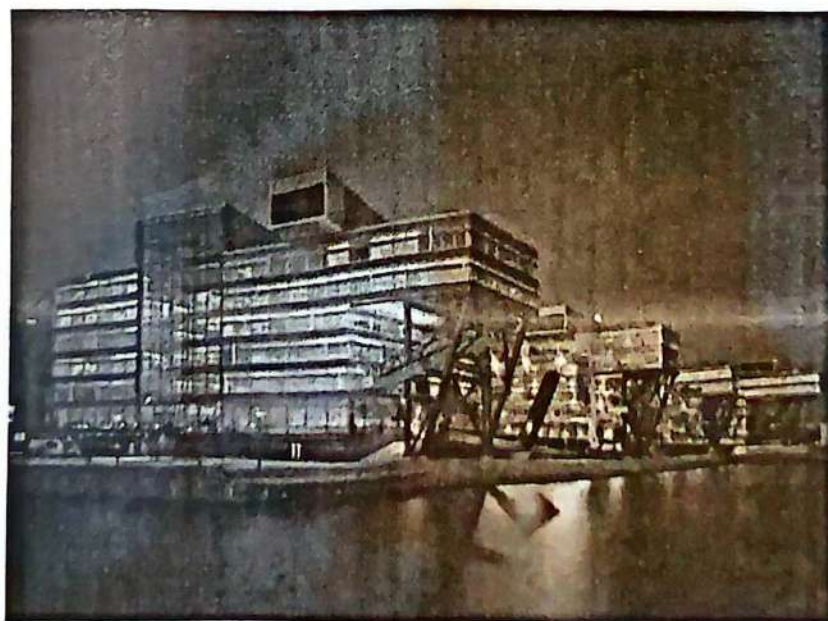
تصویر ۶-۸۷- بخش درونی
(<https://sarc.fi>)



تصویر ۶-۸۸- بخش درونی
(Poirazis, 2004, P117)

۷. مرکز فناوری مدرن^۱

- مکان ساختمان: هلسینکی
- معمار: شرکت هلین و سیتونن اوی
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: پوشش دوجداره ۱۲۰۰۰ مترمربعی، حفره در هر طبقه میانی جداشده است.
- ساختمان نما: جدار داخلی شامل دو نوع متفاوت از پنجره‌های قابی شکل است.
پنجره پایینی شامل: فلوت گلس ۶ میلی‌متری - گاز آرگون ۱۸ میلی‌متر - فلوت گلس شفاف ۶ میلی
- پنجره بالایی شامل: فلوت گلس آبکاری شده ۶ میل - گاز آرگون ۱۸ میل و چراغ‌های دیده‌بانی لوله‌ای - فلوت گلس شفاف ۶ میل
- پوشش شیشه خارجی شامل شیشه آبکاری ۱۰ میل است. لوله‌ای افقی دارای الت پنجره آلومینیومی است و لوله‌های عمودی به کمک یک شکاف ۱۰ میلی به سمت چپ باز می‌شوند. حفره تنها ۳۴۲ میل عمق و غیرقابل دسترس است.



تصویر ۶-۸۹- نمای ساختمان



تصویر ۶-۹۰- نمای ساختمان

(Poirazis,2004,P119)



تصویر ۶-۹۱- نمای حفره

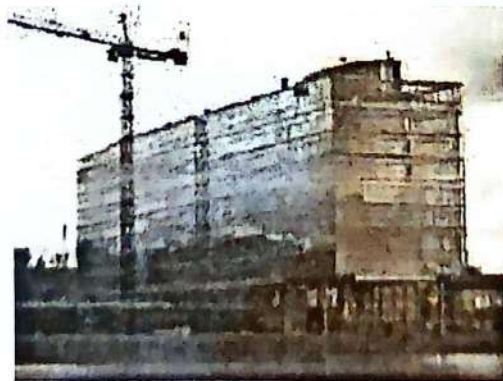
(Poirazis,2004,P119)



تصویر ۶-۹۲- نمای بخش داخلی

۸. رادیولینجا^۱

- مکان ساختمان: اسپو، کیلالاتی^۲
- معمار: تومیلای
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: نمای دوجداره $10 \times 1000 m^2$ با پنجره‌های مربعی شکل
- ساختمان نما: پنجره‌های پوشش داخلی: (قاب آلومینیومی) شیشه 6mm (داخل)
- فلوت گلاس 4mm (وسط)
- شیشه آبکاری 6mm (بیرون)
- پوشش بیرونی: (پهنای 1.3m و ارتفاع ۳/۶)
- شیشه آبکاری شده با پهنای 12mm
- عمق فضای میانی حدود 650mm است.
- نوع سایبان: در پوشش‌های سایه‌اندازی خورشیدی در حفره قرار گرفته‌اند.
- HVAC: -
- تهویه محفظه: هوای درون حفره برای اهداف سرمایشی و گرمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

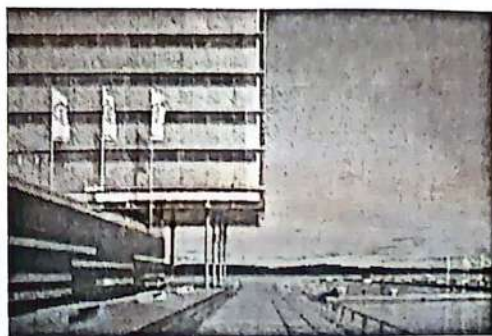


تصویر ۶-۹۳- نمای کلی ساختمان

(Poirazis, 2004, P120)

1. Radiolinja

2. Espoo, Keilalahti



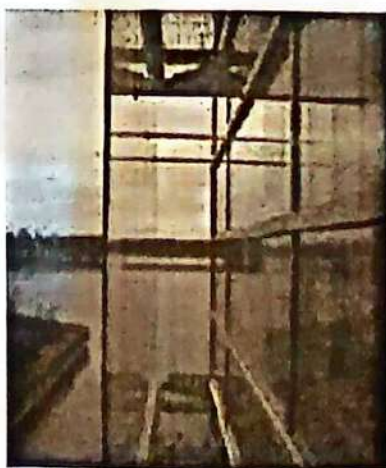
تصویر ۶-۹۴- بخشی از نمای ساختمان

(<http://www.arktom.fi>)



تصویر ۶-۹۴- حفره ی داخلی

(<http://www.arktom.fi>)



تصویر ۶-۹۵- نمای حفره

(Poirazis, 2004, P120)

۹. نوکیا کا ۲۱

- مکان ساختمان: اسپو، کیلا لاتی
- معمار: هلین و شرکت
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: نمای دوجداره $1900 m^2$ با پنجره‌های مربعی شکل
- ساختمان نما: پوشش داخلی: شیشه عایق کاری ۲ جداره پوشش بیرونی: شیشه آبکاری شده 6mm پهنای حفره 600mm است.
- نوع سایبان: در پوشش‌های سایه‌اندازی خورشیدی در حفره قرار گرفته‌اند.
- توضیحات: یک نرده محافظتی تنها در پشت بام موجود است که دسترسی به آن با بالابر مشکل است.
- پاکیزگی و شستشوی فضای میانی از سکوی تعمیر صورت می‌گیرد. یک دیرک آب درون حفره نصب شده است.



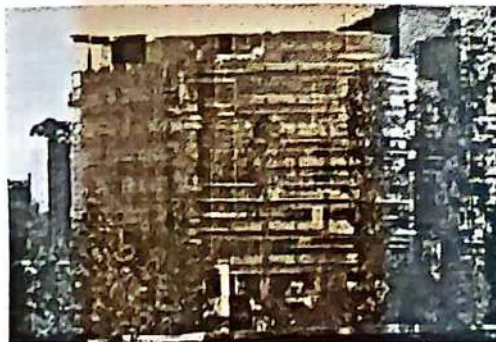
تصویر ۶-۹۶- نمای ساختمان

(www.broadbandtvnews.com)



تصویر ۶-۹۷- نمای شب ساختمان

(<http://analysadaily.com>)



تصویر ۶-۹۸- نمای ساختمان

(Poirazis, 2004, P121)



تصویر ۶-۹۹- نمای حفره

(Poirazis, 2004, P121)

۱۰. ایزو امانا مال^۱

- مکان ساختمان: اسپو، ماتینکیلا^۲
- معمار: تومیلا اوی
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: دو تا از نماها دوجداره‌اند. یکی از آنها به سمت بزرگراه لانسویلا قرار گرفته و هدف آن کاهش سروصدای ترافیک است. مساحت آن $1000m^2$ است.
- ساختمان نما: قاب‌های شیشه‌ای پوشش داخلی فلوت گلاس هستند. پوشش بیرونی از شیشه آبکاری شده $8mm$ تشکیل شده است و این قاب‌ها $26000mm$ عرض و $2000mm$ ارتفاع دارند. عرض حفره $1000mm$ است.

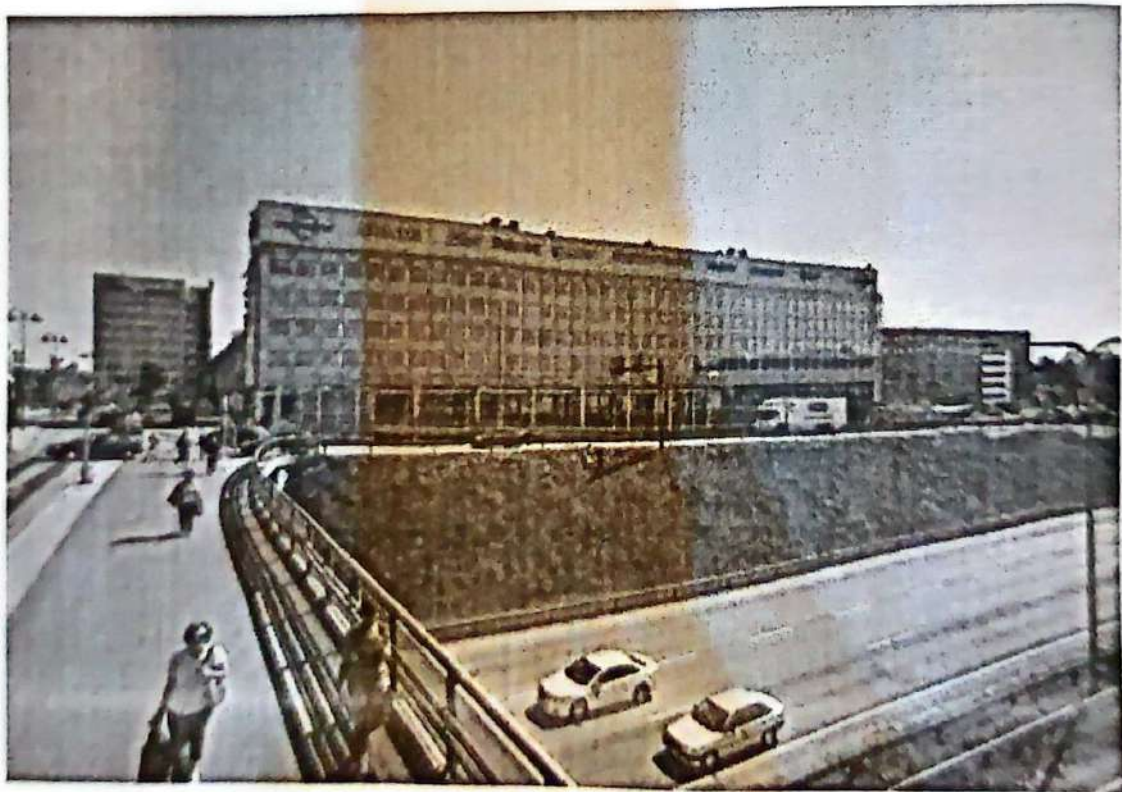


تصویر ۶-۱۰۰- دید به ساختمان از بالا

(<http://tilat.citycon.fi>)

1. Iso Omena mall
2. Matinkylä

- HVAC: سقف دارای یک پوشش نمدی و یک قالب بارانی است.
- تهویه محفظه: حفره در قسمت بالایی باز نمی‌شود. حفره به کناره‌های آن نزدیک است. قسمت پایینی آن برای جلوگیری از ورود سروصدا به داخل توسط یک شیشه امنیتی پوشیده شده است.
- توضیحات: حفاظت داخلی از طریق یک گاندولای ثابت شده بر قیر آهن‌های سقف صورت می‌گیرد. محافظت و نگهداری بیرونی هم از طریق یک بالابر هیدرولیک انجام می‌پذیرد.



تصویر ۶-۱۰۱- نمای ساختمان

(<http://tilat.citycon.fi>)



تصویر ۶-۱۰۲- ورودی فروشگاه

(<http://tilat.citycon.fi>)



تصویر ۶-۱۰۳- نمای حفره

(Poirazis, 2004, P122)

۱۱. ساختمان کن^۱

- مکان ساختمان: اسپو، کیلالتی
- معمار: سارسی اوی
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۱
- مدل نما: لایه داخلی شامل واحدهای یک طبقه است که از طبقات میانی آویخته است.
- سطح نمای دوجداره $15000m^2$ با پنجره‌های مکعبی شکل



تصویر ۶-۱۰۴- نمای بیرونی ساختمان

(images.skyscrapercenter.com)

- ساختمان نما: پوشش داخلی: (1350mm عرض و 3900mm ارتفاع) دارای قاب‌های شیشه‌ای شفاف آبکاری با پهنای 8mm و طرح ابریشمی. سطح خارجی بسته به چرخش آن دارای شیشه‌های متنوع است. علاوه بر محور بالابر، یک شیشه مقاوم و نسوز هم وجود دارد.

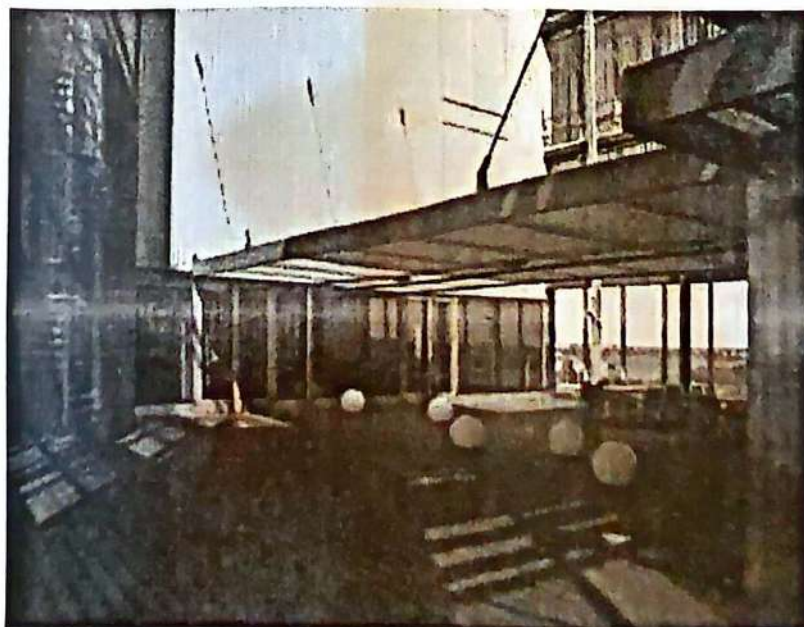
شکست شیشه بیرونی چندان مهم نیست چراکه قاب شیشه‌ای در ۴ ضلع پشتیبانی می‌شود. پهنای حفره 580mm است.

- نوع سایبان:

- HVAC:

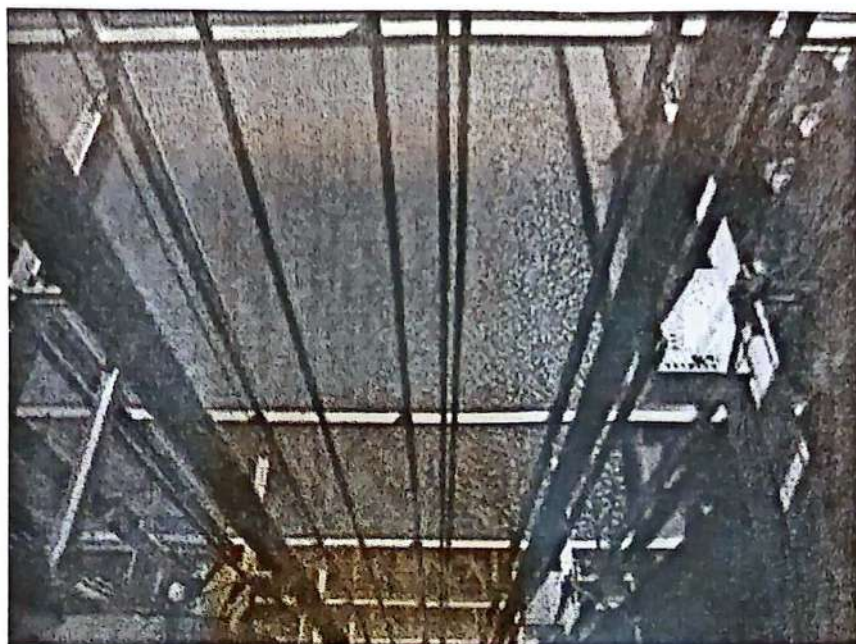
- تهویه محفظه: حفره از قسمت کف باز می‌شود و هر طبقه دارای منافذی است که می‌توانند باز شوند.

- توضیحات: حفاظت داخلی از سکوی تعمیر در حفره انجام می‌شود که با یک طناب سیمی ایمن تجهیز شده است. گاندولایی ثابت شده بر سقف، حفاظت و شست‌وشوی بیرونی را میسر می‌کند.



تصویر ۶-۱۰۵- ورودی ساختمان

(<http://www.skyscrapercenter.com>)



تصویر ۶-۱۰۵- حفره

(<http://www.skyscrapercenter.com>)

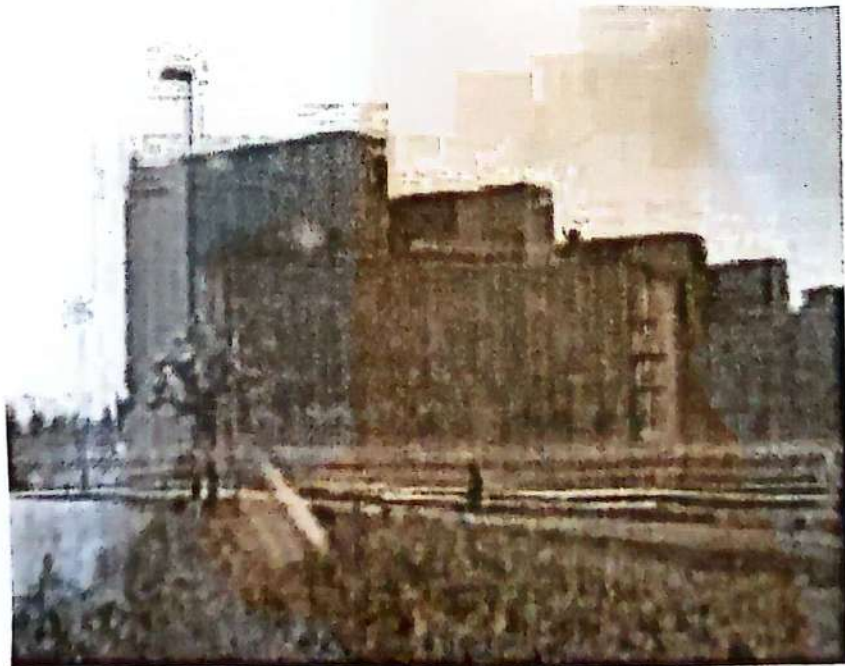


تصویر ۶-۱۰۶- نمای حفره

(Poirazis, 2004, P124)

۱۲. نوکیا کیلالاتی^۱

- مکان ساختمان: اسپو، کیلالاتی
- معمار: هلپین و سیترتن oy
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۰
- مدل نما: نمای دوجداره $28600 m^2$ با پنجره‌های مربعی شکل
- ساختمان نما: پوشش بیرونی: (1350mm عرض و 3600mm ارتفاع) دارای شیشه شفاف آبکاری 6mm
- پوشش داخلی: شیشه 12-2k6، گاز آرگون در میان قاب شیشه خارجی در میان یک میله مسطح و یک لوله ضد اسیدی قرار گرفته است. این پوشش توسط لوله بوتیل الاستیکی چسبیده شده است.
- پهنای حفره 690mm است.



تصویر ۶-۱۰۷- نمای ساختمان

(Poirazis, 2004, P125)

- نوع سایبان: درپوش‌های خورشیدی در خارج از پوشش داخلی قرار گرفته‌اند تا میزان اضافی گرمای خورشیدی را محدود کنند. در انتهای بخش میانی، دریچه‌های مکانیکی قرار دارند.
- تهویه محفظه: در تابستان منافذ باز هستند تا هوای گرم به بیرون رود و هوای تازه در کف حفره به درون جریان یابد. در زمستان برای تشکیل یک سپر عایق گرمایی همگی منافذ بسته می‌شوند.
- توضیحات: شست‌وشوی شیشه‌های بیرونی به وسیله یک بالابر صورت می‌گیرد. نرده محافظتی تنها در سقف وجود دارد که دسترسی با بالابر بدان شکل است. حفاظت داخلی و شست و شوی قاب‌های شیشه‌ای بیرونی از سوی تعمیر و خدمات صورت می‌گیرد.

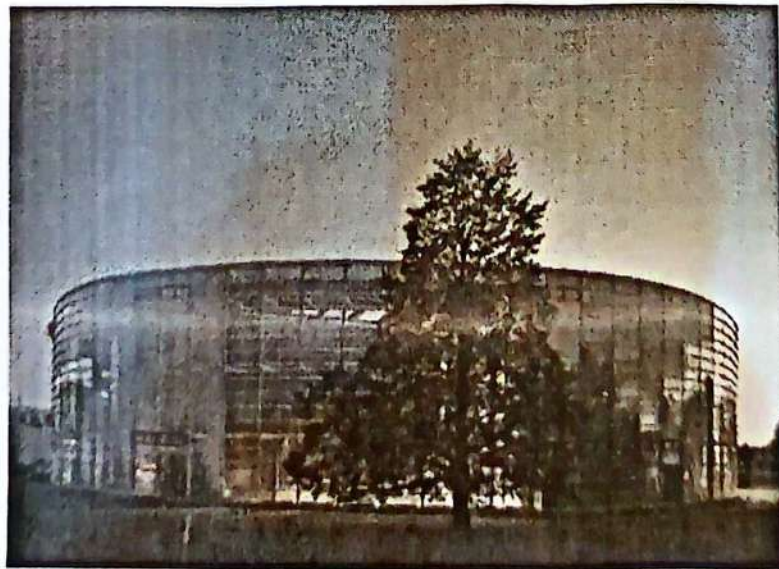


تصویر ۶-۱۰۸- نمای بیرونی ساختمان

(Poirazis, 2004, P125)

۱۳. کرونا^۱

- مکان ساختمان: ویکی
- معمار: خانه معماری آرک-اوی
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: شکل استوانه‌ای ساختمان تأثیر صرفه‌جویی در انرژی را داراست. سطح پوشش در مقایسه با حجم ساختمان کوچک است. نمای دوجداره حدود ۲/۴ از پوشش بیرونی ساختمان را در برمی‌گیرد. سطح نمای دوجداره ۲۵۰۰ مترمربع با پنجره‌های مربع شکل است.
- ساختمان نما: پنجره‌های پوشش داخلی دارای شیشه‌های عایق‌کاری 2k و قابی شکل‌اند. قسمتی از پوشش بیرونی شامل فلوت گلاس شفاف 6mm و بخش دیگر دارای شیشه گزینشی است.
- بخشی از حفره دو متر پهنا دارد و قسمت دیگری از آن باغچه‌های زمستانی را تشکیل می‌دهد.



تصویر ۶-۱۰۹- نمای خارجی ساختمان

(www.e-architect.co.uk)

- HVAC: از نتایج معلوم است که بیش از ۷۵ درصد در هزینه‌های انرژی برای ایجاد گرما صرفه‌جویی شده است.
- تهویه محفظه: در زمستان هوای تازه از بخش جنوبی ساختمان گرفته می‌شود و در سیستم HVAC مصرف می‌شود. در تابستان هوای تازه از قسمت شمالی آن گرفته می‌شود. هوای خروجی زمانی که آنتالپی حفره از میزان آنتالپی هوای بیرونی کوچک‌تر است به سمت حفره هدایت می‌شود.
- توضیحات: شست‌وشوی جداره‌های شیشه مشکل است زیرا سکوی خدماتی در گستره‌ی حفره ۱۳ متری وجود ندارد.



تصویر ۶-۱۱۰- نمای شیشه‌ای

(<https://www.e-architect.co.uk>)



تصویر ۶-۱۱۱- داخل ساختمان

(<https://www.e-architect.co.uk>)



تصویر ۶-۱۱۲- حفره

(<https://www.e-architect.co.uk>)

۶-۳- سوئد

۱. خانه نوکیا کیستا^۱ / مرکز تحقیقاتی و اداری

- مکان ساختمان: سوئد
- معمار: شرکت معماری وایت^۲
- زمان تکمیل پروژه: ۱۹۹۸-۲۰۰۱
- مساحت: سطح کف ۴۲۳۵۰ مترمربع
- مدل نما: حفره به پنج ساخت شکافی تقسیم می‌شود: لچکی‌های شیشه‌ای قابل بازشو، حفره ۷۰۰ میل با گرگانهایی در هر طبقه، پنجره کرکره‌های اتومات

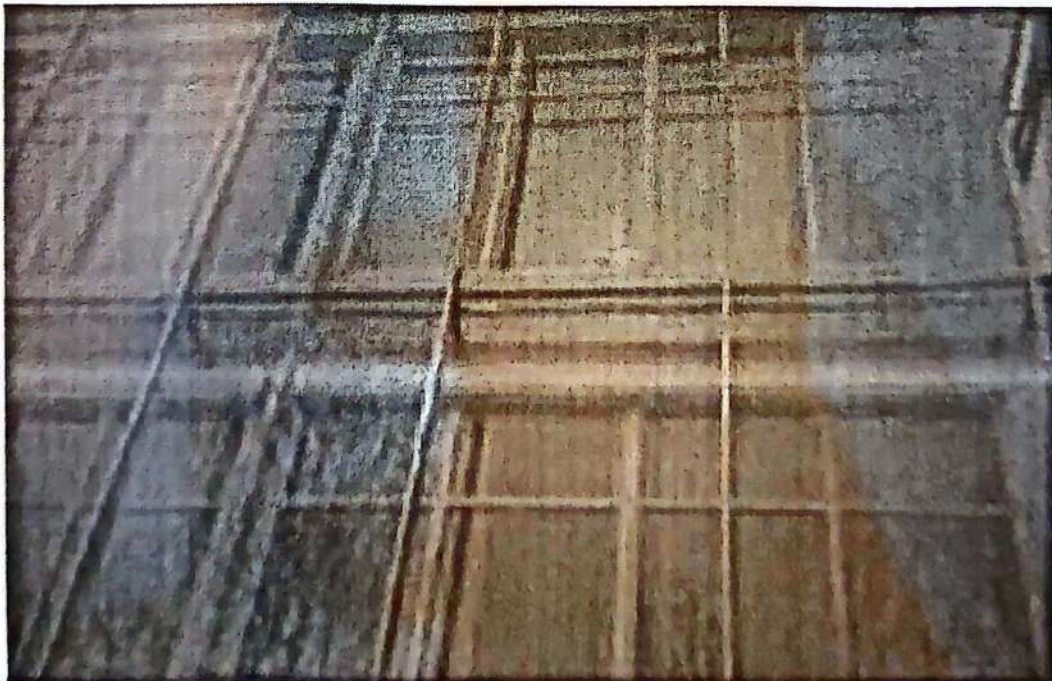


تصویر ۶-۱۱۳- نمای ساختمان

(Poirazis, 2004, P131)

1. NOKIA House, Kista
2. White

- ساختمان نما: پوشش خارجی ۱۰ میل
- پوشش داخلی: واحد شیشه‌ای آب‌بندی‌شده دوتایی به همراه قاب بیرونی پوشش نازی شیشه le
- نوع سایبان: پنجره کرکره‌های شکاف دار
- HVAC: -
- تهویه محفظه: -
- توضیحات: انگیزه ساخت: انگیزه ساخت این ساختمان کاهش نیاز سرمایشی، حفاظت پنجره کرکره، نمای مدرن و زیباییانه شناسی و کاهش سروصدای اتوبان می‌باشد.
- سیستم آب‌وهوای درون اتاق‌ها: در زمستان ۲۱+ تا ۲-+ و در تابستان ۲۳+ تا ۲-+ درجه است.
- انرژی: رادیاتورها و ستون‌های سرمایشی فعال، گرمایش ناحیه‌ای
- حریق: ساختمان مجهز به یک سیستم آفشان است.

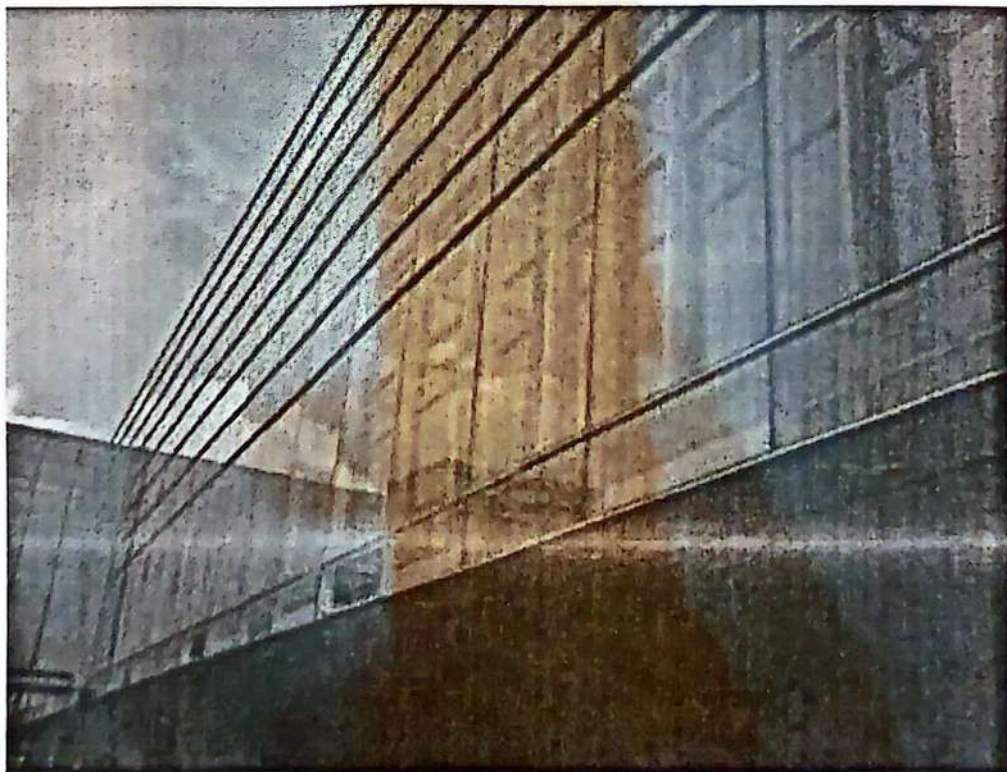


تصویر ۶-۱۱۴- نمای شیشه‌ای

(Poirazis,2004,P131)

۲. ارلاندا پیر اف^۱ / ساختمان ترمینال برای گروه انتلافی ستاره

- مکان ساختمان:-
- معمار: Khr As
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۱
- مساحت: مساحت زمین ۶۷۵۰ مترمربع
- مدل نما: حفره ۸۰۰ میل، به همراه بخش‌های عمودی شیشه‌ای در مرکز، دریچه خروجی ماشین‌ها در سقف به طول ۹۰۵ متر. پنجره کرکره‌ای غیرقابل بازشو
- ساختمان نما: پوشش خارجی: فلوت گلس ۶ میل، قاب‌های بزرگ پایینی: سکوریت ۱۲ میل.



تصویر ۶-۱۱۵- نمای بیرونی ساختمان

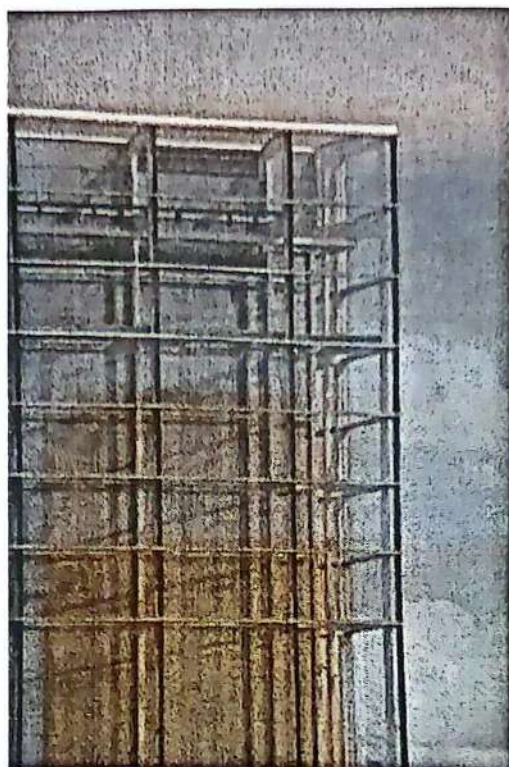
(<http://www.acc-glas.se>)

- پوشش داخلی: فضای ۲۰ میلی از گاز ارگون، شیشه شفاف.
- نوع سایبان: کاهش نیاز سرمایشی. مهندسان hvac یک عامل خورشیدی ۱۵. را به کار بردند. راهکار نمای سنتی به معنای پوشش ۵۰ درصدی نما یا سایه اندازی خورشیدی دائمی است.
- باوجود یک نمای دوجداره، حفاظت خورشیدی در شکل پنجره کرکره آرزوی معماران را محقق می کند.
- توضیحات: سیستم آب و هوای درون اتاق ها: در اتاق استراحت vip شرایط در حد بیشینه است. دمای مؤثر ۲۶ درجه و هیچ انحرافی بالاتر از آن قابل تحمل نیست.
- روشنایی روز: اجسام انتقال دهنده گرما و ستون های سرمایشی، گرمایش منطقه ای از تأسیسات پشت سر هم صورت می گیرد.
- صدا: طرح کاهش صدا از طریق نما $rw=40\text{DBA}$ است.
- سیستم اطفای حریق: سیستم آفشان نصب شده است.



تصویر ۶-۱۱۶- نمای حفره

(<http://www.acc-glas.se>)



تصویر ۶-۱۱۷- بخشی از نمای بیرونی

(<http://www.acc-glas.se>)

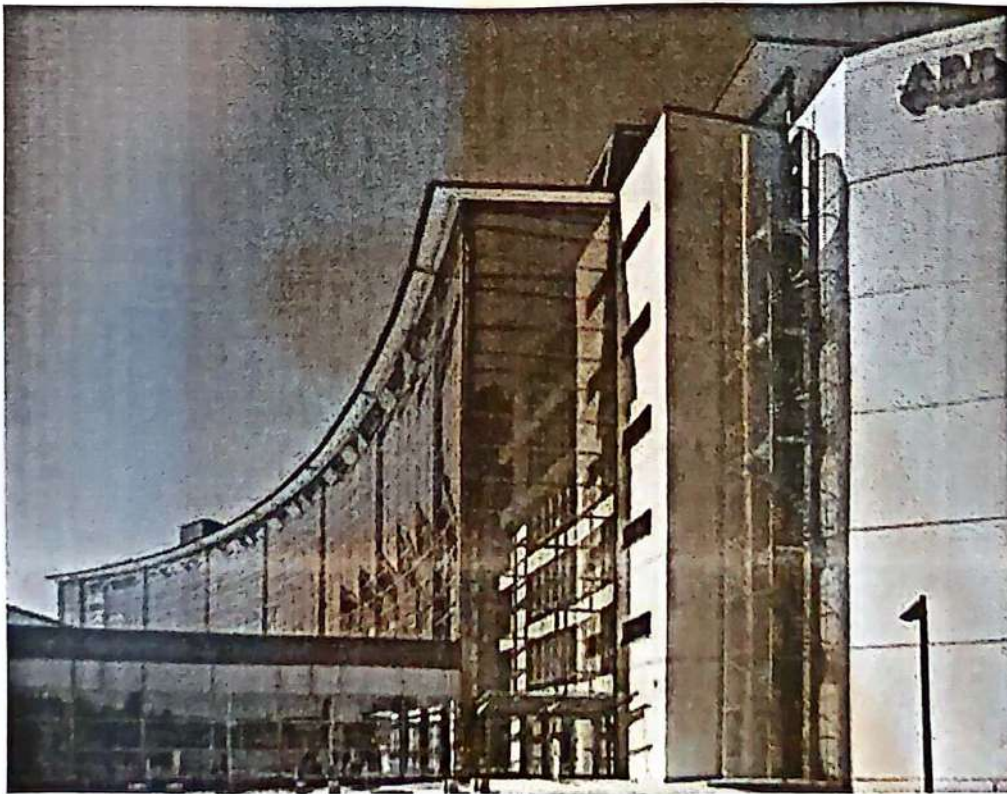


تصویر ۶-۱۱۸- بخش داخلی

(<http://www.acc-glas.se>)

۳. مرکز تجاری ای بی بی^۱

- مکان ساختمان:-
- معمار: Bsk
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۲
- مساحت: مساحت زمین ۱۸۰۰ مترمربع، مساحت نما ۳۲۰۰ مترمربع
- مدل نما: نمای دوجداره ۳۰۰۰ مترمربعی قسمت غربی را پوشش داده و بخش شمالی به ۴ محور عمودی تقسیم شده است. حفره ۸۰۰ میل به همراه پنجره کرکره‌ای اتومات و گذرگاه شبکه در هر طبقه موجود است. هوا از طریق شبکه‌ها به سمت کف وارد و از سمت بالا خارج می‌شود. پرده‌های داخلی هم برای کنترل نور به کاررفته‌اند.



تصویر ۶-۱۱۹- نمای بیرونی ساختمان

(<http://www.griparchitects.com>)

1. ABB Business Center

- ساختمان نما: چارچوب آلومینیومی با شیشه ۸ میل، در پوش خارجی و شیشه ۱۰ در پوش داخلی و فضای پر شده میانی با گاز آرگون
- توضیحات: سیستم آب‌وهوای درون اتاق‌ها: تهویه متعادل با بازیافت هوا، ستون‌های سرمایشی فعال، کانکتورها در هر طبقه از خشکی هوا جلوگیری می‌کنند. دمای محیطی در زمستان ۲۱ درجه و در تابستان ۲۵ درجه است.
- انرژی: تعادل انرژی گرمایی ناحیه‌ای با کمک bv۲f و شیشه‌سازهای ida hce صورت می‌گیرد.
- سیستم اطفای حریق: سیستم آفشان نصب شده.



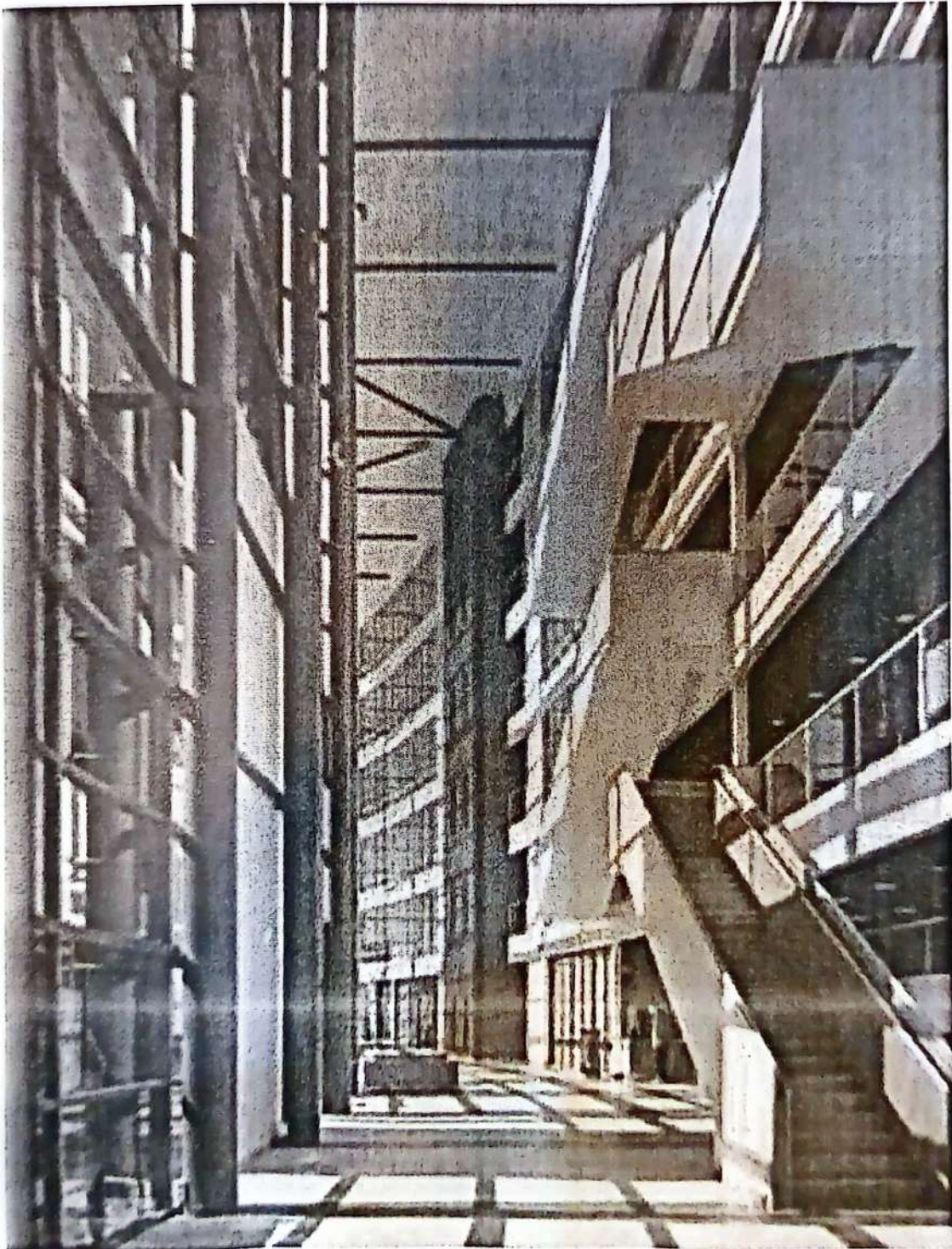
تصویر ۶-۱۲۰- نمای بیرونی ساختمان

(<http://www.bestfacade.com>)



تصویر ۶-۱۲۱- حفره

(Poirazis, 2004, P134)

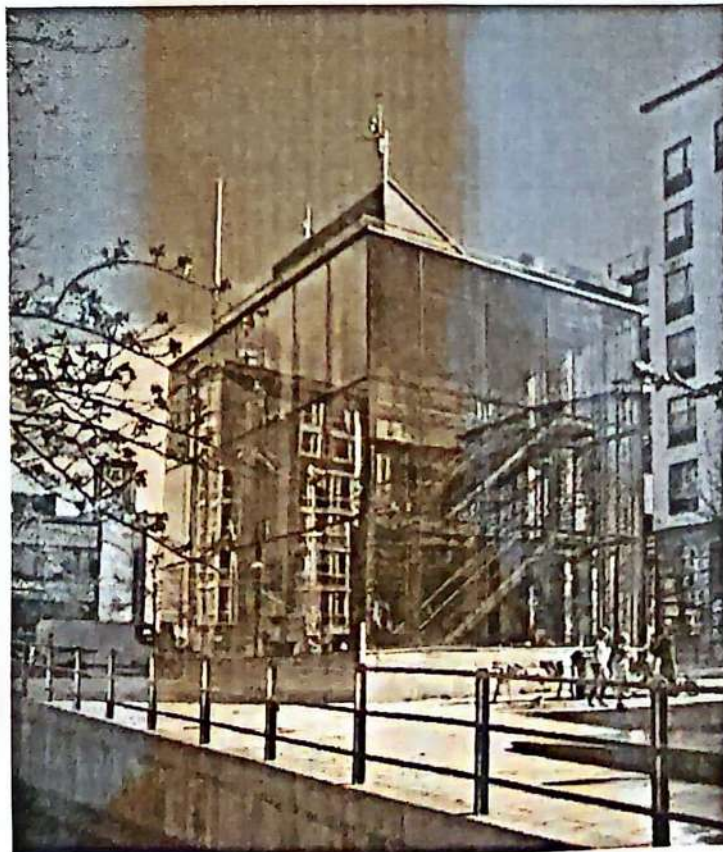


تصویر ۶-۱۲۲- نمای از فضای داخلی

(<https://www.bsk.se>)

۴. گلشوویست^۱

- مکان ساختمان: -
- معمار: استلان فریکسل^۲، مرکز معماری تنگبوم^۳ ab
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۱-۲۰۰۲
- مساحت: سه طبقه بالای زمین و دو طبقه زیرزمین. هر نقشه در حدود ۱۰۰ مترمربع است
نمای دوجداره ۱۲۵۰ مترمربع است و یک پلکان عمودی در دو طبقه بالایی ساخته شده است.



تصویر ۶-۱۲۳- نمای ساختمان

(<https://www.kth.se>)

1. Glashuset
2. Stellan Fryksell
3. Tengbom

- مدل نما: نماها به SSE گرایش دارند. این‌ها نماهای قابل تنظیم و دوجداره‌اند. نماهای متمایل به WSW شامل یک آسانسور، پلکان عمودی و دهانه عمودی‌اند. نمای دوجداره از نوع نمای دهلیزی با تهویه عمودی بر تمامی ارتفاع نماست. حفره در هر طبقه دارای گذرگاه است و به‌صورت اتومات پنجره‌های کرکره‌ای را کنترل می‌کند.
- ساختمان نما: نمای تمام شیشه امکان استفاده از نمای دوجداره برای کاهش مصرف انرژی را به دست می‌دهد.
- ساخت فولاد قائم در محل. پوشش خارجی: واحدهای شیشه‌ای آبکاری شده با گاز آرگون. بخش‌های مشابه، لمینتی و سخت شده‌اند.
- پوشش داخلی: شیشه سخت شده تک‌قابی ۸ میل است.
- نوع سایبان: هدایت جهت روشنایی به کمک پرده کرکره‌ای اتومات صورت می‌گیرد؛ که به‌صورت دستی هم قابل کنترل است.



تصویر ۶-۱۲۴- سایبان

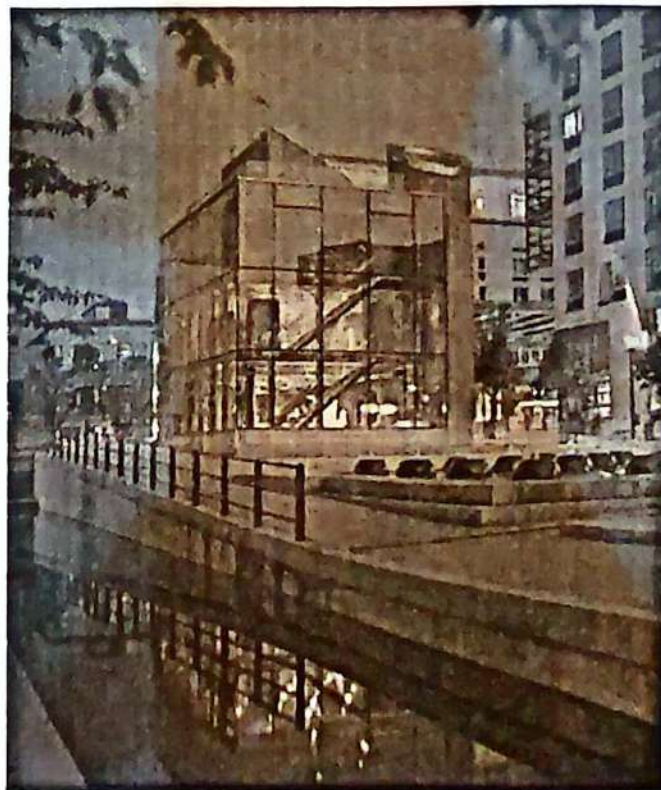
(Poirazis, 2004, P135)



تصویر ۶-۱۲۵- نمای حفره

(Poirazis, 2004, P135)

- کاربرد: نمایشگاه، اداره و سالن کنفرانس. در طبقه همکف شبکه کلید الکتریکی و ایستگاه پمپ منطقه‌ای موجود است. بخش بالایی به‌عنوان مرکز اطلاعات تکنیکی به کار می‌رود. hvac، کاربرد انرژی خورشیدی، سیستم‌های شهری و بیو گاز و ... را نشان می‌دهد.
- سیستم آب‌وهوای درون اتاق‌ها: تهویه متوازن با آزادسازی گرما، ستون‌های سرمایشی فعال.
- دمای داخلی محیط بسته به دمای بیرون است و بین ۲۲ تا ۲۶ متغیر است. شرایط هوای بیرونی در تابستان ۲۷ درجه است.
- انرژی: شبیه‌ساز cad خورشیدی و شبیه‌سازهای ide ie به کمک wsp
- سیستم اطفای حریق: سه طبقه دارای منطقه حفاظتی حریق است این امر امکان‌پذیر است زیرا طبقات مجهز به سیستم آفشان هستند.



تصویر ۶-۱۲۶- نمای شب ساختمان

(<http://media1.ledevoir.com>)

۴-۶- انگلستان

۱. هلیکون فینزبری^۱

- مکان ساختمان: فینزبری^۲، لندن
- معمار: شپارد رایینسون^۳
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۲
- مدل نما: شیشه‌های شفاف و گسترده بیرونی و درونی
- ساختمان نما: شیشه‌های خورشیدی رنگی یا آینه‌ای



تصویر ۶-۱۲۷- نمای خارجی ساختمان

(www.sheppardrobson.com)

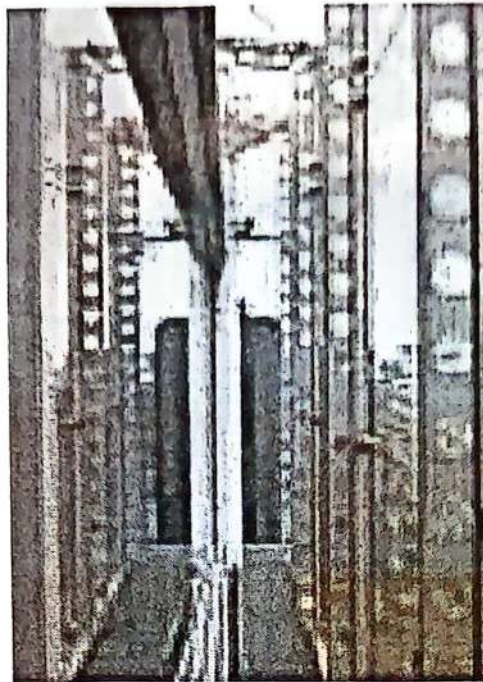
1. Helicon Finsbury
2. Finsbury Pavement
3. Sheppard Robson

- نوع سایبان: درپوش‌های منافذ میانی (۱۴ درصد مشبک سازی و ۷۰ درصد بازتاب خورشیدی)
- HVAC: ساختمان بر مبنای ذخیره هوای با دمای پایین به‌عنوان انرژی کاهشی، سقف و کف سرمایشی را تقویت می‌کند.
- تهویه محفظه: منشأ و مقصد هوایی هر دو در حفره خروجی هستند. در زمان‌هایی که تشعشعات خورشیدی وجود ندارد، پوشش خارجی حرارت اضافی را تأمین می‌کند. در زمان تابش‌های خورشیدی، پوشش به‌طور طبیعی از داخل به خارج توسط فرایند همرفت تهویه می‌شود.
- توضیحات: در کانسپت بنا حداکثر شفافیت مد نظر بوده است و لذا پوسته خارجی با سه جداره تعبیه شده که دارای تهویه طبیعی است و با منافذ بالا و پایین در تابستان فضا را خنک می‌کند. در زمستان این خلا بعنوان بافر عمل می‌کند و بسته است. در مجموع، میزان انرژی پیش بینی شده برای ساختمان ۱۷۷ کیلووات ساعت در مترمربع در سال است در حالی که مصرف انرژی معمول برای ساختمان‌های مشابه تا ۳۴۸ کیلووات ساعت در مترمربع می‌رسد.



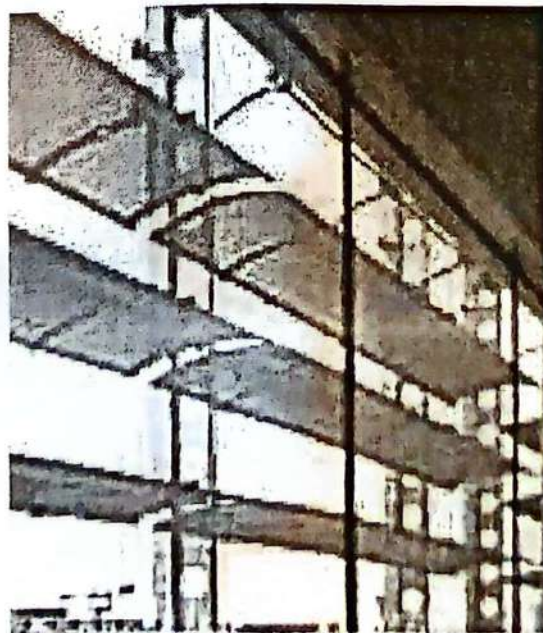
تصویر ۶-۱۲۸- نمای بیرونی

(www.sheppardrobson.com)



تصویر ۶-۱۲۹- نمای حفره

(Poirazis,2004,P138)



تصویر ۶-۱۳۰- سایبان

(Poirazis,2004,P138)

۲. خانه بریار کلیف^۱

- مکان ساختمان: فارن بروک^۲
- معمار: لسلی و گادوین^۳
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۰
- مدل نما: دیوار هوایی فعال
- ساختمان نما: واحد شیشه‌ای دوتایی بیرونی-حفره ای با عمق ۱۵۰ میل شیشه داخلی تک‌قابی



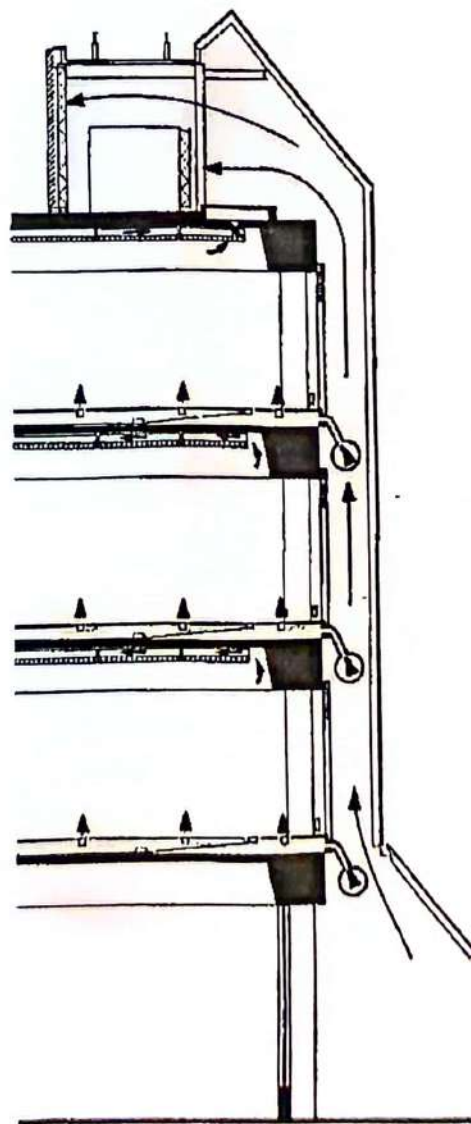
تصویر ۶-۱۳۱- نمای کلی ساختمان

(Poirazis,2004,P139)

- نوع سایبان: پنجره کرکره‌های اتومات در داخل حفره قرار گرفته‌اند.
- HVAC: دیوار فعال با یک واحد جابه‌جایی هوایی ترکیب شده تا آسودگی گرمایی را فراهم آورد. درحالی‌که هوای تهویه شده برای کنترل رطوبت و کیفیت هوای داخلی به کار می‌رود.

1. Briarcliff House
2. Farnborough
3. Leslie and Godwin

- تهویه محفظه: حفره تهویه‌ی اتومات. میزان جریان هوا M/HV۵ استیک پوشش اضافی در داخل پوشش ساختمان به کاررفته. هوای برگشتی داخلی از میان حفره نما عبور کرده و به سیستم تهویه باز می‌گردد. در دوره‌های تابش، انرژی جذب شده توسط درپوش‌ها طی فرایند تهویه زدوده می‌شود. در زمان ذخیره گرمایی، انرژی خورشیدی به وسیله‌ی مبدل‌های گرمایی رهاسازی می‌شوند.

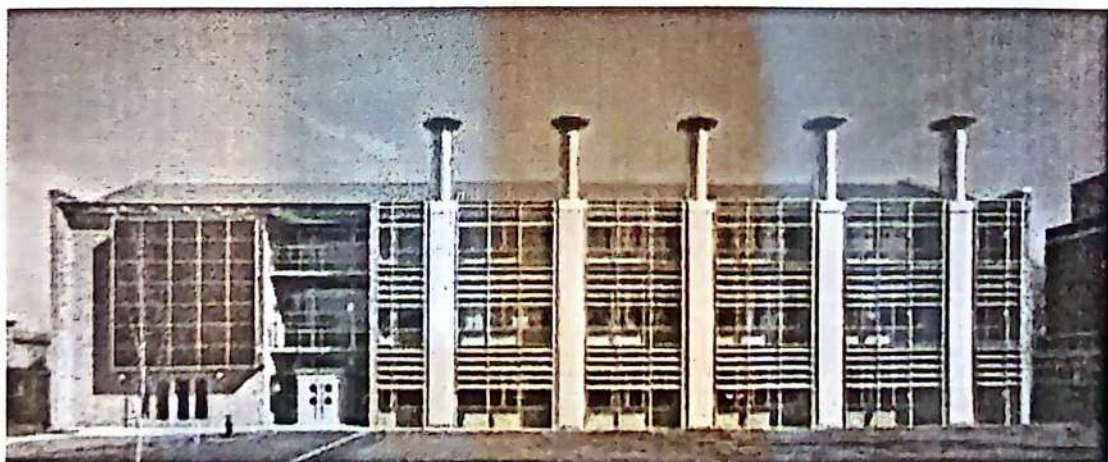


تصویر ۶-۱۳۲- گردش هوا درون حفره

(Poirazis, 2004, P139)

۳. موسسه تحقیقاتی^۱

- مکان ساختمان: گراستون^۲
- معمار: فیلدن گلگ^۳
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: ساختمانی با مصرف انرژی پایین، یک نقشه اداری آزاد با نمای شیشه‌ای پیوسته
- نوع سایبان: منافذ شیشه‌ای ماشینی اتومات توسط سیستم مدیریتی ساختمان کنترل می‌شود. این منافذ قابل چرخش برای انتشار تابش‌ها هستند.
- HVAC: نقشه ساختمان به صورت آزاد و هم به صورت ادارات خانه به خانه تقسیم شده که امکان تهویه مقطعی را می‌دهد.



تصویر ۶-۱۳۳- نمای کلی ساختمان

(<https://d1sycum4cw7t58.cloudfront.net>)

- تهویه محفظه: سیستم تهویه به عنوان راهبرد تهویه متغیر برای نقشه ادارات در طول شرایط بسیار سرد آب و هوایی طراحی شده است. دودکش‌های عمودی هوای گرم را از طریق مجراهایی در ساختار موجی شکل و پنجره‌ها و ناودان ارج می‌کند.

1. Building Research Establishment
2. Garston
3. Fielden Clegg

فن‌های پروانه‌ای با مقاومت پایین در سطح بالای طبقات نصب شده تا ذخایر گرمایی داخلی را در طول شب هم سطح کند.

- توضیحات: ویژگی مهم این ساختمان تراکم میان تهویه طبیعی و راهبردهای روشنایی است.



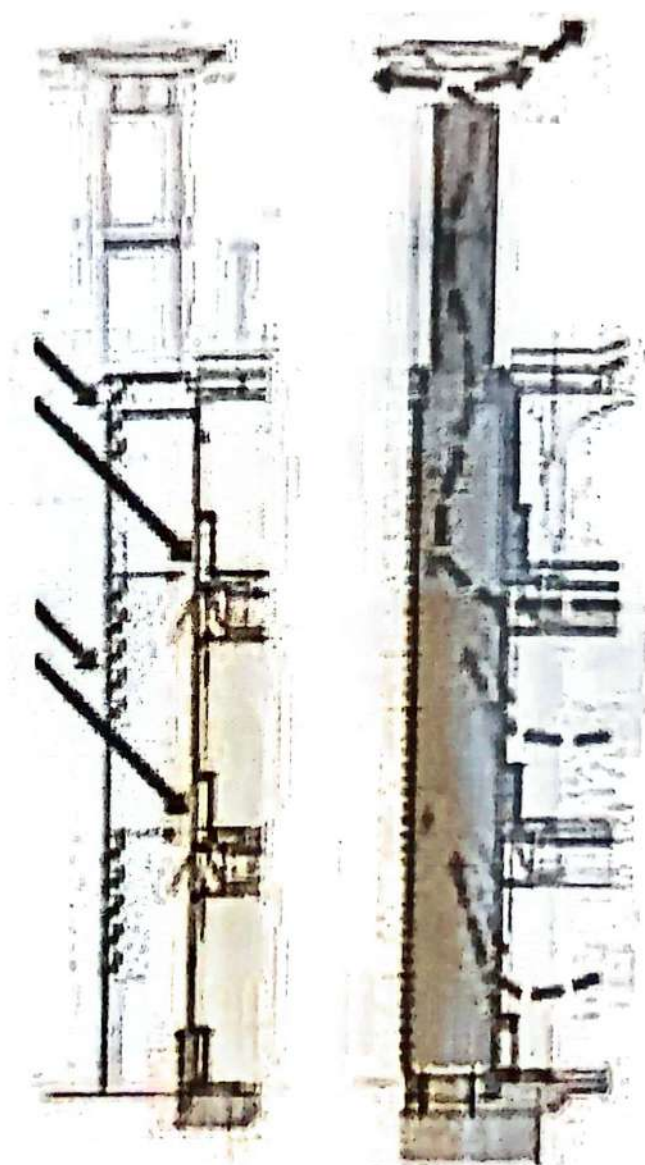
تصویر ۶-۱۳۴- نمای بیرونی ساختمان

(<https://goo.gl/images/kL1ZaH>)



تصویر ۶-۱۳۵- سایبان های نما

(<https://goo.gl/images/ZTa4Eu>)



تصویر ۱۳۶-۶ راست: مقطع عرضی از پکیج تهویه، چپ: مقطع عرضی از نما

(Poirazis,2004,P140)

۴. مرکز درآمدهای داخلی^۱

- مکان ساختمان: نوتینگهام^۲
- معمار: میشل هاپکین^۳ و همکاران
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: ساختمانی با مصرف انرژی پایین، یک نقشه اداری آزاد با نمای شیشه‌ای پیوسته
- ساختمان نما: شیشه‌های سه تایی به همراه درپوش‌های قابل تنظیم میان قابی
- نوع سایبان: ستون‌های اجرای سایه‌اندازی خورشیدی ثانوی را فراهم می‌کند.

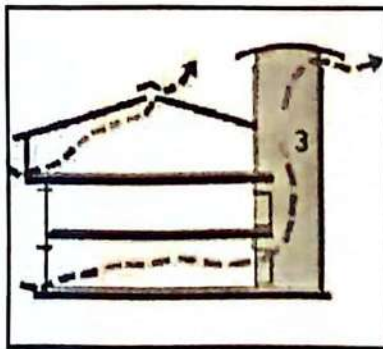


تصویر ۶-۱۳۷- نمای خارجی ساختمان

(http://www.hopkins.co.uk/usr/library/images/main/88/ir_dg_n5_standard.jpg)

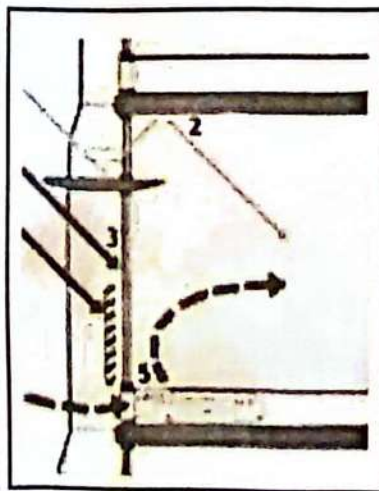
1. Inland Revenue Centre
2. Nottingham
3. Michael Hopkins

- HVAC: تهویه مقطعی در ناحیه‌ی اداری و توسط پنجره‌های باز صورت می‌گیرد.
- تهویه محفظه: هوای تازه از طریق مجرای طبقه زیرین وارد می‌شود. هوای گرم از طریق مجرای متصل به برج پلکانی خارج می‌شود. ذخیره خورشیدی در برج موجب افزایش پدیده همرفت حرارتی می‌شود. هوای گرم از طریق برج به سمت بالا رفته. سقف برج با حرکت به سمت بالا و پایین جریان هوا را کنترل می‌کند.
- توضیحات: راهبردهای اصلی ساختان، حداکثر سازی استفاده از روشنایی و تهویه طبیعی است.



تصویر ۶-۱۳۸- دیاگرامی از مقطع عرضی نحوه ی جریان تهویه

(Poirazis,2004,P142)



تصویر ۶-۱۳۹- دیاگرامی از مقطع عرضی نما

(Poirazis,2004,P142)

۶-۵- بلژیک

۱. مرکز یوسی بی^۱

- مکان ساختمان: بروکسل^۲
- معمار: انجمن ورهاگن^۳
- زمان تکمیل پروژه: ۱۹۹۹
- مدل نما: دیوار فعال هوایی
- ساختمان نما: واحد شیشه بیرونی با مقدار $U = 1.3 \text{ W/MK}$ و عمق حفره ۱۴۳ میل است.
- نوع سایبان: درپوش های اتومات در حفره تهویه قرار گرفته اند.
- HVAC: گرمایش ساختمان توسط ذخیره گرمایی صورت می گیرد که این موجب کاهش هزینه های نصب و راه اندازی می شود. هوای تهویه شده دوباره به گردش در می آید.
- خنک سازی به وسیله سقف های خنک کننده در دمای میان ۱۵ تا ۱۷ درجه به دست می آید.



تصویر ۶-۱۴۰- مرکز یوسی بی

(<http://www.assar.com/en/projects/ucb-hq>)

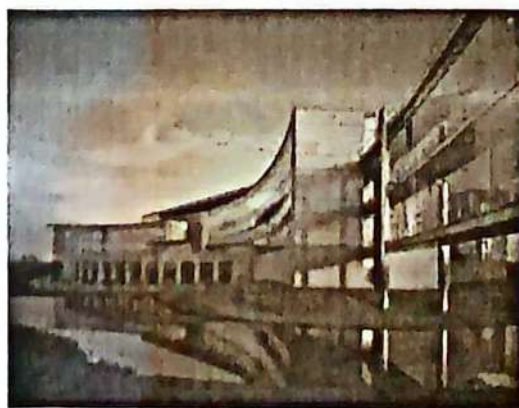
1. ucb
2. Brussels
3. E. Bureau Verhaegen

- تهویه محفظه: تهویه برای استخراج گرمای خورشیدی از حفره نما مورد نیاز است. میزان هوای در جریان 40 M/H . سرعت هوا در دهانه 0.5 در حفره 0.05 و در خروجی حفره 0.4 متر بر ثانیه است.



تصویر ۶-۱۴۱- نمای داخلی ساختمان

(<http://www.assar.com/en/projects/ucb-hq>)



تصویر ۶-۱۴۲- نمای ساختمان

(<http://www.assar.com/en/projects/ucb-hq>)

۲. انولا مگنا^۱

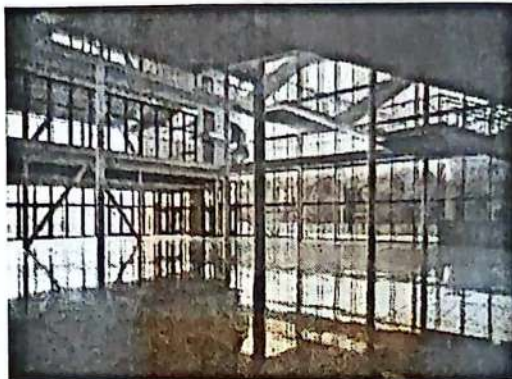
- مکان ساختمان: لوواین^۲
- معمار: سامین^۳ و همکاران
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۲
- مدل نما: هیچ تفکیک افقی درون نما وجود ندارد.
- ساختمان نما: شیشه‌های نما در دو طرف حفره قرار گرفته‌اند، عمق حفره ۷۰ میل است کنترل‌گرهای خورشیدی در حفره قرار گرفته‌اند.
- نوع سایبان: پنجره‌های کرکه‌ای ف در اصل درپوش‌ها در تمامی محیط‌ها پایین‌اند و در نزدیکی سطح شیشه داخلی قرار گرفته‌اند.
- HVAC: تمام ساختمان مجهز به سیستم تهویه خودکار است. گرمایش و سرمایش ساختمان از طریق سیستم تهویه منتشر می‌شود.
- تهویه محفظه: هیچ تعاملی میان هوای استفاده‌شده برای تهویه ساختمان و تهویه نما وجود ندارد. طرح تهویه طبیعی و بر اساس اثر توده‌ای ست. وقتی دما رد حفره از عدد مشخصی فراتر رود، پنجره‌های خودکار در کف و بالای ساختمان باز می‌شوند.



تصویر ۶-۱۴۳- ساختمان انولا مگنا

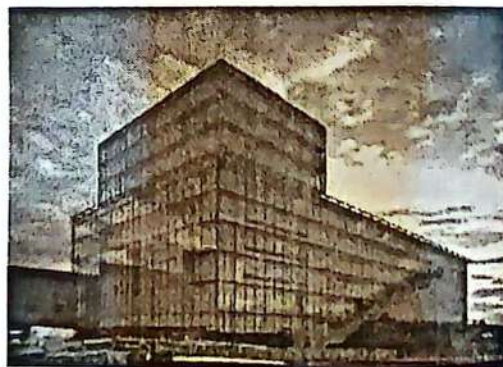
(<https://samynandpartners.com>)

1. Aula Magna
2. Luvain
3. Samyn



تصویر ۶-۱۴۴- نمای داخلی ساختمان

(<https://samynandpartners.com>)



تصویر ۶-۱۴۵- نمای بیرونی ساختمان

(<https://samynandpartners.com>)



تصویر ۶-۱۴۶- نمایش شب ساختمان

(<https://samynandpartners.com>)

۳. ساختمان دی وی وی^۱

- مکان ساختمان: بروکسل
- معمار: -
- زمان تکمیل پروژه: -
- مدل نما: نمای اقلیمی
- ساختمان نما: شامل پنجره دوتایی و تک قابی است که با فاصله ۱۵ سانت از یکدیگر جدا شده اند. پنجره منفرد یک شیشه ایمنی تک قاب است.
- نوع سایبان: کنترل خورشیدی در حفره هوایی نزدیک به لایه شیشه ای درونی قرار دارد و بر اساس چرخش طبقات نما کنترل می شود.



تصویر ۶-۱۴۷- نمای ساختمان

(Poirazis, 2004, P149)

1. DVV Building

- HVAC: تمام ساختمان مجهز به سیستم تهویه مرکزی است. هوارد مرکز تهویه می‌شود و در فضاهای اداری مختلف انتشار می‌یابد. در طول تابستان یک راهبرد سرمایه‌گذاری در صورتی که اختلاف دمای بارزی میان داخل و بیرون ثبت شود، به کار گرفته می‌شود.
- تهویه محفظه: در ادارات هوای مصرفی به همراه هوای خروجی زدوده می‌شود. سپس هوای خروجی به نمای اقلیمی وارد می‌شود. مجراها درون سقف کاذب قرار گرفته‌اند.
- توضیحات: محاسبات و توضیحات وسیعی از ساختمان در مورد پنجره‌های جریان هوا و طراحی مصرف پایین انرژی داده شده است.



تصویر ۶-۱۴۸- نمای پنجره‌ها

(Poirazis, 2004, P149)

۶-۶- ایالات متحده آمریکا

۱. مرکز قضایی سیاتل^۱

- مکان ساختمان: سیاتل
- معمار: هجدوس^۲
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۵
- مدل نما: نمای دوجداره ۹ طبقه
- ساختمان نما: شیشه مونولیتیک در بیرون نما
- نوع سایبان: وجود قفسه‌های روشنایی در ۸ فوت بالای طبقه بالایی



تصویر ۶-۱۴۹- نمای ساختمان

(<http://customer.djc.com>)

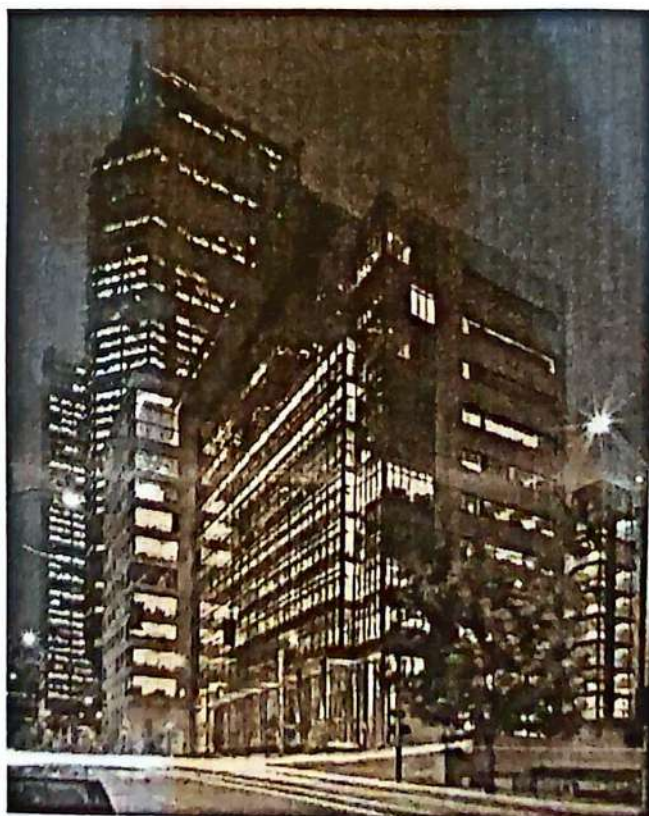
1. Seattle Justice Centre

2. Hegedus



تصویر ۶-۱۵۰- نمای حفره ساختمان

(<https://d3pxppq3195xue.cloudfront.net>)



تصویر ۶-۱۵۱- نمای شب ساختمان

(<https://d3pxppq3195xue.cloudfront.net>)

۲. مرکز شیمی اکسیدنتال^۱

- مکان ساختمان: نیویورک
- معمار: مارک مندل^۲
- زمان تکمیل پروژه: ۲۰۰۴
- مدل نما: نمای بافری به همراه فضای خلأ بخش نشده. نمای بیرونی به ۴ بخش تقسیم شده آن‌ها از هم مستقل اند فرم‌های فولادی و شکاف‌های فلزی در آن به کاررفته‌اند.
- ساختمان نما: عمق حفره ۱۲۰۰ میلی متر است.
- نوع سایبان: منافذ اتومات در فضای خلأ به همراه کنترل‌گرهای فوتو سلس وجود دارد.
- HVAC: خنک‌کننده‌های تهویه الکتریکی. تمامی سیستم‌های ساختمانی توسط یک کامپیوتر اتومات مرکزی کنترل می‌شود.

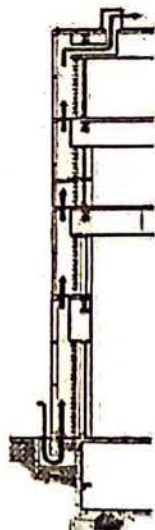


تصویر ۶-۱۵۲- نمای ساختمان اکسیدنتال

(<http://www.tboake.com>)

1. Occidental Chemical Center
2. Mark R. Mendell

- تهویه محفظه: دو سیستم یکی برای خروج هوا از داخل جدار حفره و دیگری برای تهویه فضای داخلی به کاررفته.
- توضیحات: این ساختمان از دو سیستم مختلف هواپذیری تشکیل شده است: یکی برای نما و دیگری برای تهویه مطبوع فضاهای داخلی. معماران تصمیم گرفتند تا با توجه به فضای هوای غیرقابل تقسیم مداوم در کل نمای ساختمان از میراگرهای موتوری برای جذب هوا در درجه و منافذ در بالا استفاده کنند. طرح اصلی سیستم نما، نیاز سیستم های مکانیکی را به نصف کاهش داده و در نتیجه هزینه پوست دوم را جبران کرده است. دیگهای بخار گازی که نصب شده بودند، هرگز حتی در هوای شدید زمستان نیز نیازی به گرم کردن ساختمان نداشتند.



تصویر ۶-۱۵۳- جریان هوا درون حفره DSF

(Poirazis,2004,P153)



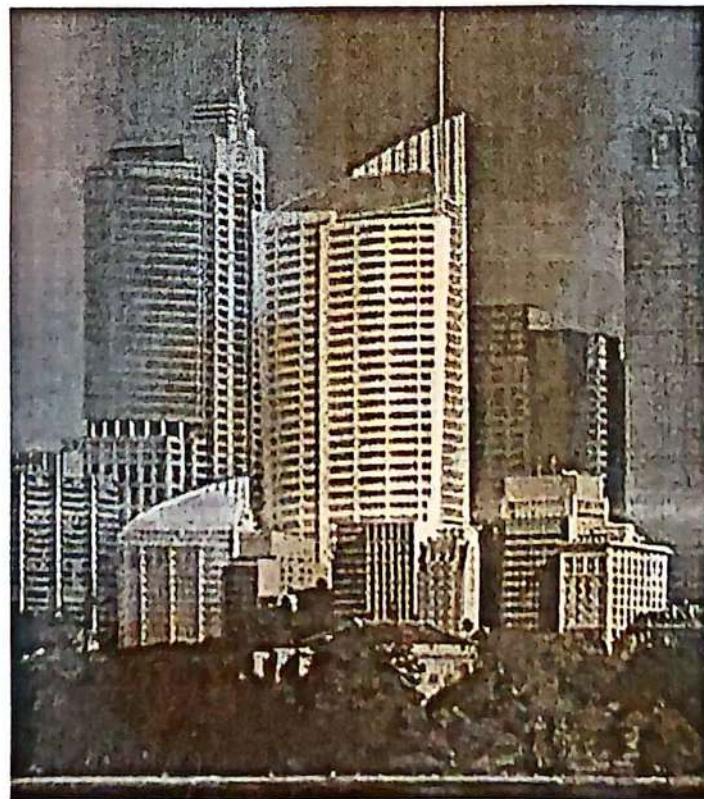
تصویر ۶-۱۵۴- نمای حفره

(<https://buildingscience.com>)

۶-۷- استرالیا

۱. برج اداری و اقامتی آورو^۱

- مکان ساختمان: سیدنی
- معمار: رنزو پیانو
- زمان تکمیل پروژه: ۱۹۹۶-۲۰۰۰
- مدل نما: نمای دوجداره با منافذ شیشه‌ای تهویه فضاهای اداری در بخش غربی و شرقی نما قرار گرفته‌اند و بخش‌های سرویس‌دهی در میان آن‌ها هستند.
- ساختمان نما: شیشه‌ها در ناحیه‌ی بیرونی نما عایق حرارتی و به رنگ شفاف هستند. پوشش خارجی از شیشه لمینتی و پهنای ۶ میل تشکیل شده در قسمت داخلی جداره، ورقه ۶ میلی از فلوت گلاس با میزان پایین E به کاررفته.



تصویر ۶-۱۵۵- برج اداری مسکونی آورو

1. Aurora Place office tower and residences

- نوع سایبان: -
- HVAC: بر اساس نقشه ساختمان نمای داخلی توسط درها، واحدهای شیشه‌ای ثابت و پنجره‌های آویخته برای تهویه شکل گرفته‌اند.



تصویر ۶-۱۵۶- نمای نزدیک از ساختمان

(<https://i.pinimg.com>)



تصویر ۶-۱۵۷- نمای ساختمان

منابع

- افشین مهر، وحید. عارف، فهیمه. ۱۳۹۲. بهینه یابی تهویه طبیعی در نماهای دو پوسته در اقلیم گرم و خشک جهت کاهش استفاده از سیستم های تهویه مطبوع و در نتیجه کاهش مصرف انرژی. مجموعه مقالات اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار. همدان.
- باب الحوانجی، نگار، میرزاده، بهاره. ۱۳۹۰. «تاثیر نماهای دو پوسته در صرفه جویی انرژی ساختمان‌ها». مجموعه مقالات دومین همایش ملی معماری پایدار، مرکز آموزشی و فرهنگی سما همدان
- تقی، ندا. منتظر معتمدی، سمیه. ۱۳۸۵. بکارگیری نمای دوپوسته و سیستم HVAC در ساختمان‌های بلندمرتبه. پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.
- حیدری، شاهین. ۱۳۸۴. بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان با تکیه بر استاندارد نوین آسایش حرارتی در ایران. وزارت نیرو. معاونت امور انرژی
- حیدری، شاهین. ۱۳۹۱. برهم کنش جریان هوا، دما و راحتی در فضاهای باز شهری. مطالعه موردی اقلیم گرم و خشک ایران. نشریه هنرهای زیبا. دوره ۱۷، شماره ۲.
- حسین پور، محمد امین. ۱۳۹۱. بررسی عوامل موثر بر رفتار حرارتی نماهای دو پوسته در اقلیم شهر تهران و طراحی یک ساختمان اداری با نمای دو پوسته. پایان نامه کارشناسی ارشد معماری. دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
- قیابکلو، زهرا. ۱۳۸۹. مبانی فیزیک ساختمان ۲، تنظیم شرایط محیطی. نشر: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر.
- رایگان، زهرا؛ محمودی زرنندی، مهناز. ۱۳۹۶. امکان سنجی استفاده از سلول‌های فتوولتائیک در نمای دو پوسته. کنفرانس بین المللی شهر هوشمند و محیط زیست. تهران
- رشیدی، علی. شریفی، مهدی. ۱۳۸۸. بررسی جایگاه نماهای دوپوسته در کاهش مصرف منابع انرژی. مجموعه مقالات اولین همایش معماری پایدار، همدان.
- سلطان دوست، محمدرضا. ۱۳۹۰. اقلیم، معماری، تهویه مطبوع. نشر: یزدا. تهران

- شیخ زاده، قنبر علی؛ فتاحی، ابوالفضل؛ خرم، علی. ۱۳۸۹. شبیه سازی عددی انتقال حرارت از یک پنجره دو جداره و بررسی ابعاد بهینه فاصله و نوع گاز بین دو جداره. دومین کنفرانس بین المللی گرمایش سرمایش تهویه مطبوع، تهران
- شهریاری، شهرزاد. کریم زاده، منصور. ۱۳۹۰. نماهای دوپوسته راهکاری نو در راستای استفاده بهینه از انرژی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی معماری پایدار.
- علیخانی، پرواز؛ محمودی زرنندی، مهناز. ۱۳۹۳. بررسی نمونه های نمای دو پوسته در اقلیم سرد و نسبتا سرد و ارائه پارامترهای اولیه طراحی نما های دو پوسته برای این اقلیم ها. کنفرانس ملی شهرسازی مدیریت شهری و توسعه پایدار
- کسمایی، مرتضی. ۱۳۸۲. اقلیم و معماری. نشر خاک. اصفهان
- کلاتر، و. زارع، و. باقری، م. ۱۳۹۲. اثرات وجود پره درون دودکش خورشیدی بر عملکرد آن. مجموعه مقالات سومین کنفرانس انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران. فروردین ۱۳۹۲.
- کلاتر چاهوکی، ولی. ۱۳۸۲. تهویه طبیعی ساختمان ها با استفاده از بادگیر و انرژی های تجدید پذیر بدون استفاده از سوخت های فسیلی. سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.
- کلاتر مهرجردی، نگار. ۱۳۸۴. نماهای دو پوسته، طراحی یکپارچه. فصلنامه معماری و ساختمان. شماره ۸.
- کوخ نیلسن، هالگر. ۱۳۸۴. تهویه طبیعی، راهنمای طراحی اقلیمی مناطق گرم. ترجمه: محمد احمدی نژاد، اصفهان، نشر: خاک.
- کوخ نیلسن، هالگر. ۱۳۸۸. معماری همساز با اقلیم. ترجمه: فرزانه سفلائی. تهران: مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری.
- لطیفی، محمد. علیزاده گوهری، نغمه. ۱۳۹۰. «نماهای دو پوسته، تدبیری برای یک معماری پایدار». مجموعه مقالات دومین همایش ملی معماری پایدار، مرکز آموزشی و فرهنگی سما همدان.
- مقررات ملی ساختمان ایران. ۱۳۸۹. مبحث ۱۹: صرفه جویی در مصرف انرژی. وزارت مسکن و شهرسازی. معاونت امور مسکن و ساختمان
- مطیعی، بابک. نصیری، محمدعلی. ۱۳۸۵. نماهای دوجداره. مجله الکترونیکی معماری و شهرسازی آرک نیوز، سال اول، شماره ۳.
- محمودی زرنندی، مهناز؛ هود، سیده دل افروز. ۱۳۹۲. نمای دو پوسته راهکاری برای مصرف بهینه انرژی در اقلیم های مختلف. کنفرانس بین المللی عمران معماری توسعه پایدار. تهران
- محمودی زرنندی، مهناز؛ علیخانی، پرواز. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر فاصله بین دو لایه نمای دو پوسته بر عملکرد آن در اقلیم های سرد و گرم. کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در مهندسی عمران، معماری، محیط زیست و مدیریت شهری
- محمودی، مهناز. ۱۳۸۳. مبانی طراحی پایدار در راستای اهداف توسعه پایدار. نشریه راه و ساختمان، شماره ۱۹، صص ۹۰-۹۳.

- محمودی، مهناز. ۱۳۸۷. فن آوری بادگیر در ایران، نشریه معماری و ساختمان. شماره ۱۶، صص ۹۷-۱۰۲.
- محمودی، مهناز. پورموسی، محبوبه. ۱۳۸۹. پتانسیل سنجی انرژی باد و نقش بنیادین آن در تهویه مطبوع و زدودن رطوبت، نمونه موردی: شهرستان رشت. مجله آرمانشهر. شماره ۴. بهار و تابستان ۱۳۸۹.
- محمودی، مهناز. مفیدی شمیرانی، سید مجید. ۱۳۸۷. هویت ایرانی بادگیر و پیشینه یابی آن در معماری ایران. نشریه هویت شهر، شماره ۳، صص ۲۵-۳۳.
- محمودی، مهناز. مفیدی، سید مجید. ۱۳۹۰. بررسی چگونگی تأثیر گذاری پلان معماری بادگیرها در کاهش دمای محیط. نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره سیزدهم، شماره یک، بهار ۱۳۹۰.
- محمودی، مهناز. موسوی، سیده مطهره. ۱۳۸۸. فن آوری سایبان خورشیدی (برایس سولیل) در نماهای ساختمان. نشریه معماری و ساختمان. شماره ۱۹، صص ۱۳۴-۱۳۹.
- می، یر، لنو. ۱۳۸۶. سیستم های حجم هوای متغیر در سیستم های تهویه مطبوع. ترجمه: مزدک صدری افشار. نشر یزدا. تهران
- وکیلی نژاد، رزا. ۱۳۸۷. نماهای شیشه ای هوشمند. مجله معمار شماره ۵۰.
- هادیان پور، م؛ زرکش، ا؛ مهدوی نژاد، م ج. ۱۳۹۳. چگونگی استفاده از نماهای دو پوسته در راستای استفاده بهینه از انرژی در ساختمان ها. ماهنامه فنی تخصصی نما. سازمان نظام مهندسی اصفهان
- Arons, D. 2000. **Properties and applications of double-skin building facades**. M.sc thesis in building technology. Massachusetts Institute of technology MIT. Usa. Available on: <http://libraries.mit.edu/docs>
- Arons, D. 2003. **Double skin, airflow facades: will the popular European model work in the USA**. ACE 2000. Energy Efficiency in buildings
- American Society of heating refrigerating and air conditioning engineers (ASHRAE). 1999. Ashrae handbook. Usa
- Andreotti, Giulia, 2003, **from single to double-skin façade**, available on: http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding_org/fdp/paper9.pdf 2012
- Azarbayjani, Mona, 2010, **Energy performance of a new, naturally ventilated double skin façade configuration for a high- rise office building in Chicago**. Ph.D thesis. University of Illinois. Available on: https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/17026/Azarbayjani_Mona.pdf?sequence=4 2012
- Barkkume, Allen, 2007, **Innovative Building Skin**, available on: http://www.academia.edu/180367/Innovative_Building_Skins_Double_Glass_Wall_Ventilated_Facade/2012

- Baker, Nick. Steemers, Koen. 2000. **Ventilation, Energy and Environment in Architect**. Cambridge university. Tylor & Francis Ltd. London
- Baldinelli, G. 2009. **Double skin façade for hot climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system**. Building & Environment, 44, 1107-1118
- Ballestini, G. De Carli, M. Masiero, N. Tombola, G. 2005. **Possibilities and limitations of natural ventilation in restored industrial archeology buildings with a double skin façade in mediterranean climates**. Building & Environment, 40. 983-995
- Balocco, C. 2004. **A nondimensional analysis of a ventilated double façade energy performance**. Energy & Buildings. 36. 35-40
- Balocco, C. Colombari, M. 2006. **Thermal behavior of interactive mechanically ventilated double glazed façade: nondimensional analysis**. Energy & Buildings. 38. 1-7
- Bayram, A. 2003. **Energy performance of double skin façade in intelligent office buildings: A case study in Germany**, Ph.D thesis, Middle East Technology University
- Boak, T. Harrison, K. Collins, D. Balbaa, T. Chatham, A. Lee, R. 2003. **The tectonics of the double skin: what are double facades and how do they work?**. University of Waterloo. Canada
- Cen, X. R. Zhan, J.M. Yang, S.C. Ma, Y. 2008. **CFD simulation and optimization design of double skin façade**. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni. 47 (2). 18-21
- Cerver, F.A. 1997. **The Architecture of skyscrapers**. London
- Chaira, J. Gallender, J. 1990. **Timesaver standard for building types**, 3th edition. McGrawhill
- Chew Wong, Pow. 2008. **Natural Ventilation in Double-Skin Façade Design for Office Buildings in Hot and Humid Climate**, available on: <http://www.unswworks.unsw.edu.au/fapi/datastream/unswworks:3782/SOURCE1>
- Cody, Brian, 2006, **Double Skin Building Envelope** ATIC, Brussels, available on: http://www.atic.be/F/documents/10_Cody2_english.pdf
- Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) (1999). **Environmental design, Guide A**. CIBSE. London.
- Chan, A.S. Chow, T.T. Fong, Fong, K.F. Lin, Z (2009). **Investigation on energy performance of double skin facade in Hong Kong**. Energy and Buildings, 41, pp1135-42.

- Charron, R. Athientis Andreas, K (2006). **Optimization of the performance of double facades with intergraded photovoltaic panels and motorizes blinds**. Solar Energy;80, PP482-91.
- Chow, W.K. Hung, W.Y. Gao, Y, Zou, G.Dong, H(2007). **Experimental study on smoke movement leading to glass damages in double skinned façade**. Construction and Building Materials;21,PP556-66.
- Chow, W.K. Hung, W.Y(2006). **Effect of cavity depth on smoke spreading of double skin facade**. Building and Environment; 41,PP970-9.
- Claessens, J., & DeHerte, A.(2002) **Active Solar Heating and Photovoltaics Solar Energy in European Office Buildings**. Energy Research Group, School of Architecture, University College of Dublin, Ireland. Web address: http://erg.ucs.ie/mid_career/mid_career.html
- Clements-croome, D. Intelligent buildings for 21 th century, 2001, Retrieved Aug.04,2003 <http://agilearchitecture.com>
- Coggan, D. Intelligent building simplyExplained. Retrieved july 28, 2003, <http://www.coggan.com/aboutintelligentbuildings.html>
- Collins, D. (2000). **Case study 2 - Tectonics if the Double skin**. School of Architecture, University of Waterloo. Compagno, A,(2002). **Intelligent Glass Facades** (5th revised and updated edition).Berlin: Birkhauser.
- Compagno, A.(2002). **Intelligent Glass Facades(5th revised and updated edition)**. Berlin: Birkhauser.
- Crane, D, (1991). **Architects data sheet, office spaces**. Architecture design & technology Press. London.
- Crespo, A. M (2000). **History of the Double Skin Façade**. Graduate School of Design, Harvard University
- Ding. G.D., Pederson, C.O., McCulley,M. T., & Rao K. R.(1984).**Simulation Studies of Building Energy Performance in Warm and Humid Climates**. In: **Energy Conservation in the Design of Multi-Story Buildings**. New York: Pergamon Press.
- Ding. W., Yuji,H., & Tokiyoshi Y(2005). **Natural ventilation Performance of a double skin façade with a solar chimney**. Energy and Buildings, 37,411-418.

- Ding, W. Hasemi, Y(2006). **Smoke control through a double skin façade used for natural ventilation**. ASHRAE Journal;112(Part 1),PP181-8
- Faggembauu, D, Costa, M. Soria, M, Oliva, (2003). **Numerical analysis of the thermal Behaviour of ventilated glazes facades in Mediterranean climates. Part I. Development and Validation of a numerical model**. Solar Energy;75, pp217-28.
- Faggembauu, D. Costa, M. Soria, M. Oliva, A(2003). **Numerical Analysis of the thermal Behaviour of ventilated glazes facades in Mediterranean climates. Part II. Applications and analysis of results**. Solar Energy; 75,pp229-39.
- Faist, A. P (1998). **Double Skin Walls**. Institut de technique du batiment. Department d Architecture. Ecole Polytechnique Federal de Lausanne (EPFL), Switzerland.
- Gavan. V. Woloszyn, M. Kuznil, FRoux, JJ .(2010). **Experimental study of a Mechanically ventilates double skin façade with venetian sun shading device: A full scale investigation in controlled environment**. Solar Energy: 84,PP 183-195
- Grabe, J.V(2002). **A prediction tool for the temperature field of double facades**. Energy and Buildings, 36, 137-146.
- Gratia, E., & Deherde. A(2007). **The most efficient position of shading devices in a double skin façade**, Energy and buildings,39, 364-373
- Gratia, E., & De Herde ,A(2007). **Greenhouse effect in double skin façade**. Energy and buildings;39:pp99-211
- Gratia, E., & De Herde ,A(2007). **Guidelines for improving natural daytime ventilation an office building with a double skin façade**. Solar Energy;81.pp435-48
- Gratia, E., & De Herde ,A. (2004).**Natural cooling strategies efficiency in an office building with a double-skin façade**. Energy and Buildings ,36 ,pp139-1152.
- Gratia, E., & De Herde ,A .(2007). **Are energy consumption decreased with the addition of a double skin?**, Energy and Buildings;39.PP605-19.,
- Harrison, K.,& Meyer-Boake, T. (2003). **The Tectonics of the Environmental Skin**. University of Waterloo, School of Architecture. Available on: http://www.fes.uwaterloo.ca/architecture/faculty_projects/terri/ds/double.pdf
- Hashemi, N., Fayaz, R., Sarshar, M. (2010). **Thermal behavior of a ventilated double skin façade in hot arid climate**. Energy and buildings, 42, 1823- 1842
- Heathcote, E.(2000) **Bank Builders**, Wiley Academy Pres. Canada.

- Hendriksen, O.(2000). **Double skin facades- fashion or a step towards sustainable buildings**. In: Eurosun 2000,19-22/06/2000, ISES Europe. Copenhagen. Available on: http://ptp.irb.hr/upload/mape/kuca/01_Ole_Juhl_Hendriksen_Double_Skin_Facades_Fashion_or_a_step_.pdf
- Hien, W. N. (2005). **Effect of glazed façade in energy consumption, thermal comfort and condensation for a typical office building in Singapore**. Energy and buildings, 37,563-572.
- Hamza,N.(2008).**Double versus single skin facades in hot arid areas**. Energy and buildings, 40, 240-248.
- Hanby, V.I. Cook, M.J. Infield, D.G. Ji, Y. Loveday, D.L. Mei ,L. Holmes , M.J.(2008) **Nodal network and CFD simulation of airflow and heat transfer in double skin facades with blinds**. Building Services Engineering Research and Technology129,pp45.
- Hashemi, N. Fayaz, R., Sarshar, M.(2010). **Thermal behavior of a ventilated double skin façade in hot arid climate**. Energy and buildings, 42,1823-1842.
- Haase, M. (2008). **Double skin facades for Hong Kong**, PhD Thesis University of Hong Kong; July.,
- Hensen, J., Bartak, M., & Drkal, F.(2002) **Modeling and simulation of Double-Skin Façade System**. ASHRAE Transation;1080
- Hirsch, James J.(2009). **equest introductory tutorial** . Available on: <http://www.doe2.com/download/equest/eQUESTv3-Overview.pdf>
- Hoseggan, R., Wachenfeldt, B.H., & Hassan, S.O. (2008). **Building simulation as an assisting tool in decision making. Case study: With or without a double skin façade**. Energy and buildings, 40,821-827.
- Jager, W.(2003). **Double Skin Facades- Sustainable Concepts**, Persentation of Hydro for Syd Bygg, Malmo, Sweden
- Kim. SY & Song, KD.(2007). **Determining photo sensor condition of a daylight dimming control system using different double skin envelope configurations**. Indoor and Built Environment,16,pp411.
- Kim, Y.M. Kim, S.Y. Shin, S.W. Sohn, J.Y.(2009). **Contribution of natural ventilation in a double skin envelope to heating load reduction in winter**. Building and Environment,44,pp2236-44

- Kleiven, T.(2003).**Natural Ventilation in Buildings, Architectural concepts, consequences and possibilities**. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor. History and Technology, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Art Department of Architectural Design.
- Kohn, A. E., & Katz, P. (2002). **Building type basics for office building**. John Wiley & Sons Inc. Canada.
- Kragh, M. (2000). **Building envelopes and Environmental Systems**. Paper presented at Modern Facades of Office Buildings Delft Technical University, the Netherlands, http://www.permadteelida.com/upload/docs/pub_TUDO2001.pdf
- Krewinkel, H. W(1998).**Glass Building**. Brikhauser, Berlin
- Lee,E., Selkowitz, S., Bazjanac, V., Inkarojrit, V., & Kohler,C. (2002). **High-Performance Commercial Building Facades. Building Technologies Program**, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory(LBNL), University of California, Berkeley, USA(LBNL)available on:: <http://gaia.lbl.gov.hpbff/documents/LBNL50502.pdf>
- Li, Shang- Shiou. (2001).**A Protocol to Determine the Performance of south Facing Double Glass Façade System**. MSc in Architecture Virginia Polytechnic Institute and State University, USA. Available on: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etc-04212001-152253/unrestrictes/>
- Lou, D. Luo, WJ. Chen, Y. Tang, JC.(2005).**Study on ventilation in double skin facades by numerival simulation**. Jjournal of Zhejiang University (Engineering Science), 39(Part),pp46-50
- Lou, W. Jin, H. Chen, Y. Cao, L. Yao, J.(2005). **Wind tunnel test study on wind load Characteristics for double skin façade building with rectangular shape**. Journal of Building Structures; 26(Part 1), PP65-70.,
- Loncour,X.Deneyer , A. Blasco , M. flamant , G. Wouters, P (2004). **Ventilated double Facades, Classidication & Illustraion of Façade Concepts**, Belgian Building Research Institute.
- Manz, H (2004). **Total solar energy transmittance of glass double facades with free convection**. Energy and Building Envelope Systems and Technologies(ICBEST). Bath University, UK.

- Neubert, S (1999). **Double Skin Facades, A contribution to Sustainability?**. Master's Thesis, European Postgraduate Studies in Architecture and Sustainability.
- Neufert, E (2002). **Neufert Architects Data**, fifth international Edition, Blackwell Science, USA.
- Nyuk Hien, W. Liping, W. Noplie Chandra, A. Rana Pandey, A. Xiaolin, W, (2005). **Effects of double glazes façade on energy consumption, thermal comfort and condensation for a typical office building in Singapore**. *Energy and Buildings*, 37, pp563-72.
- Oestele, E., Lieb, R.D., Lutz, M., & Heusler, W. (2001). **Double skin Facades - Integrated Planning**. Prestel Verlag: Munich, Germany.
- Park, C.S. Augenbroe, G. Messadi, T. Thitisawat, M. Sadegh, N (2004). **Calibration of a lumped simulation model for double skin façade systems**. *Energy and Buildings*; 36, pp1117-30.
- Pappas, A. Reilly, S. (2006) **Energy Performance of a double skin**. In: International Solar Energy Conference
- Pappas, A. Zhai, Z (2008). **Numerical investigation on thermal performance and correlations of double skin façade with buoyancy driven airflow**. *Energy and Buildings*; 40, pp466-75.
- Park, C.S. - Augenbroe, G. Sadegh, N. Thitisawat, M. Messadi, T (2004). **Real time optimization of a double skin façade based on lumped modeling and occupant preference**. *Building and Environment*; 39, pp939-48.
- Park, C.S. Augenbroe, G. Sadegh, N. Thitisawat, M. Messadi, T. (2004). **Realtime optimization of a double skin façade based on lumped modeling and occupant preference**. *Building and Environment*; 39, pp939-48
- Pasquay, T. (2004). **Natural ventilation in high-rise building with double skin façade, saving or waste of energy**. *Energy and buildings*, 36, 381-389.
- PerezGrande, I, Meseguer, J. Alonso, G (2005). **Influence of glass properties on the performance of double glazed facades**. *Applies Thermal Engineering*; 25, PP 163-75.
- Poirazis, H., & Rosenfeld, J.L.J. (2003). **Modeling of Double Skin Facades Results obtained using WIS**, Technical University of Denmark (DTU) Sagsrapport,
- Poirazis, Harris. (2004). **Double Skin Facades for Office buildings**, Report No EBD-R—04/3 Kund University.

- Poirazis, H (2005). **Introductory Report for the Glazed Office Buildings Project**, Internal Report, Report EBDR-05/10, Division of Energy and Buildings Design , Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology, Lund University.
- Roth,K. Lawrence & T. Brodrick, J.(2007) .**Double skin façade**. ASHRAE Journal.
- Safer, N.Woloszyn & M. Jacquese Roux,J.(2005). **Three dimensional simulatuin with a CFS tool of the airflow phenomena in single floor double skin façade quipped with a venetian blind**.Solar Energy, 79,pp 193-203
- Selkowitz, S.E.(2001). **Integrating Advanced Facades in to high Performance Buildings**. In: 7th International glass Processing Days, Tampere, Finland, June 18-21. <http://www.library.lbl.gov/docs.LBNL/479/48/PDF/NBNL-47948.pdf> Schittich, C., Stain, G., & Balkow D.(1999). Glass construction manual, Brikhauser. Berlin .
- Saelens, D. (2002). **Energy Performance Assessments of Single Storey Multiple-Skin Facades**. PhD thesis, Laboratory for Building Physics, Department of Civil Engineering Catholic University of Leuven, Belgium.
- Sinclair, D. P. Mezhibovski, V(2009). **Ventilationg facsdes**, ASHRAE Journal; April .
- Stec, W., & Van Paassen, A.H.C(2000). **Integration of the Double Skin Façade with the buildings**. Energy in Built Environment, Energy Technology, TI Delft, The Netherlands,
- Stec, W., & Van Paassen, A.H.C. (2003). **Defining the Performance of the Double Skin Façade with the Use of the Simulation Model**. In: Building Simulation '03. 1243-150 Eindhoven. Netherlands.
- Stec, W.J. van Paassen, A.H.C. Maziarz, A .(2005). **Modelling the double skin façade with plants**. Energy and Buildings; 37, pp419-27.
- Streicher, W. (2005).**Best Practice for Double Skin Facades**, WP 1 Report "State of the Art", Institut of Thermal Engineering, Graz University of Technology,
- Uuttu, S. (2001). **Study of current structures in Double-Skin facades**. MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics. Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology(HUT), Finland. Available on: <http://www.hut.fi/Units.Civil/Steel/SINI2.pdf>
- Viljoen, A. Dubile, J.Wildon, M. Fontoyont, M. (1997). **Investigations for improving the daylighting potential of double skinned office buildings**. Solar Energy; 59-(4-6), pp179-94.

- Wang, PC (2008). **Natural Ventilation in Double Skin Façade Design for Office Buildings in Hot and Humid Climate**, PhD Thesis, University of New South Wales, Australia, December.
- Xiao-li Xu, Zhao Yang (2008). **Natural ventilation in the double skin façade with venetian blind**, Energy and Buildings, 40, pp 1498–1504
- Yellamraju, Vifiaya. (2004). **Evaluation and design of double skin façade for office building in hot climates**. Texas A&M University.
- Yilmaz, Z. Cetintas, F (2005). **Double skin façade's effects on heat losses of office buildings in Istanbul**. Energy and Buildings; 37, pp691–7.
- Y.J.i. cook, M. J. Hanby, B. I. Infield, D. G. Loveday, D.L. Mei, L(2007). **CFD Modelling of Double skin facades with Venetian Blinds** Proceedings: Building Simulation.
- Yoog Jong, H. Lee Euy, J, Hensen, J (1997). **Integrated thermal analysis of a three story experimental building with a double skin and a ground coupled heat exchanger**, in International Solar Energy Conference, pp 7–13
- Zollner, A. Winter, E.R.F. Viskanta, R(2002). **Experimental studies of combined heat transfer in turbo lent mixed convection fluid flows in double skin facades**, International Journal of Heat and Mass Transfer; 45, pp4401–8
- Zheng, M. Lou, WJ.Chen, Y. (2008). **Wind pressure distribution and gust factor on double skin facades of high rise buildings with rectangular shape**. Journal of Zheliang University(Engineering Science); 42(Part 1), PP54–9.
- Zhou, J. Chen, Y.M.Fang, S.S(2009). **ventilated double skin facades in hot summer and winter zones in China**. Journal of Hunan University Natural Sciences, 36(Part SUPPL), pp160–2
- Zhou, J. Chen_y (2010). **A review on applying ventilated double skin façade to buildings in hot summer and cold winter zone in China**, Renewable and Sustainable Energy Reviews_14, pp1321–1328

Double skin facades in energy efficient design

Mahnaz Mahmoudi Zarandi (Ph.D)

Associate professor, Architecture department,
North tehran branch, Islamic azad university

2021

Double Skin Facades in Energy Efficient Design

Mahnaz Mahmoudi Zarandi

نمای دوبوسته به نماهایی گفته می‌شود که در آن، بدنه ساختمان متشکل از دو لایه پوسته بیرونی است. فاصله بین این دو پوسته، فضای حائلی را بین آن دو ایجاد می‌کند. این فضا و پوسته بیرونی می‌توانند نقش مهمی در کنترل شرایط تأثیرگذار بیرونی بر فضای درون آن داشته باشند. اجزای کلی نماهای دوبوسته شامل حفره، بازشوها، عمق فضاهای حائل میانی و ابزارهای سایه‌انداز هستند که نقش مهمی در چگونگی کارکرد این نماها به عنوان عامل کنترل کننده دارند. طراحی هندسه نماهای دوبوسته بر چگونگی رفتار جریان هوا بسیار تأثیرگذار بوده و بر عملکرد حرارتی برودتی ساختمان و میزان بهره‌وری انرژی مصرفی ساختمان مؤثر است. با توجه به اهمیت تهویه طبیعی در دوران کرونا و پسا کرونا و نقشی که این نماها در بهبود تهویه و کیفیت هوای داخل دارند، لذا شناخت و به کارگیری آن‌ها به ویژه در ساختمان‌های اداری می‌تواند راه گشا باشد.

