ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2020.210648.2058

تحلیل رفتار باد در تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی در بنای مسکونی مبتنی بر معماری بومی، مورد مطالعاتی: تأثیر ابعاد و جانمایی بازشو بر تهویه طبیعی در شهر آمل

رضا رهسپار منفرد[۱*] - سعید عظمتی[۲]

۱. کارشناسی ارشد معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
۲. استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۵ تاریخ اصلاحات: ۹۹/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۹/۰۸/۱۰ تاریخ انتشار: ۰۰/۰۶/۳۱

چکیده

بالا بودن متوسط میزان مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در بخش مسکونی و عدم بهره‌وری از تکنیک‌های غیر فعال که معمولاً بر پایه مفاهیم و اصول معماری بومی و اقلیم استوار است، منجر به هدر رفت انرژی و افزایش هزینه‌ها شده است. شهر آمل به دلیل وجود رطوبت و گرمای بیش از حد در فصل تابستان هنگام ظهر از شرایط آسایش حرارتی خارج شده و نیاز به تهویه طبیعی می‌باشد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر ابعاد و جانمایی بازشو بر تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی می‌باشد. در گام نخست با بررسی پیشینه تحقیق، تهویه طبیعی مؤلفه اصلی طراحی ساختمان در این اقلیم تعیین و اصول اجرایی مؤلفه معرفی شده با استفاده از نرم‌افزار Climate Consultant استخراج شد. از بین اصول اجرایی با استفاده از روش AHP میزان سطح بازشو معیار اصلی طراحی اقلیمی تعیین شد. با شبیه‌سازی یک ساختمان مسکونی یک طبقه با مساحت ۷۵ متر مربع در اقلیم آمل در نرم‌افزار Envi-met و همچنین ورود اطلاعات اقلیمی به‌دست آمده از آنالیز نرم‌افزار Climate Consultant در Envi-met جهت باد از سمت شمال و شمال غربی به‌دست آمد. ساختمان مورد بررسی در نرم‌افزار Design Builder شبیه‌سازی شده و با مقایسه نسبت درصد پنجره به سطح و میزان مصرف انرژی سالیانه، نسبت ۳۰ درصد با کم‌ترین میزان مصرف انرژی معادل ۶۸۳۹.۸۷ kwh ملاک بررسی تأثیر بازشو در نظر گرفته شد. پنجره‌های بنای مسکونی برای بررسی تأثیر ابعاد بازشو به صورت سه‌بخشی در نظر گرفته و در دو جبهه شمالی و جنوبی حالتی که یک سوم پنجره بسته در نظر گرفته شود، کم‌ترین میزان مصرف انرژی به صورت مجموع بار سرمایش و گرمایشی معادل ۷۲۹۸.۹۳ kwh را دارا می‌باشد که نشان‌دهنده تأثیر ابعاد بازشو در تهویه طبیعی ساختمان در اقلیم معتدل و مرطوب می‌باشد.

واژگان کلیدی: تهویه طبیعی، معماری بومی، آسایش حرارتی، شبیه‌سازی مصرف انرژی، بازشو.

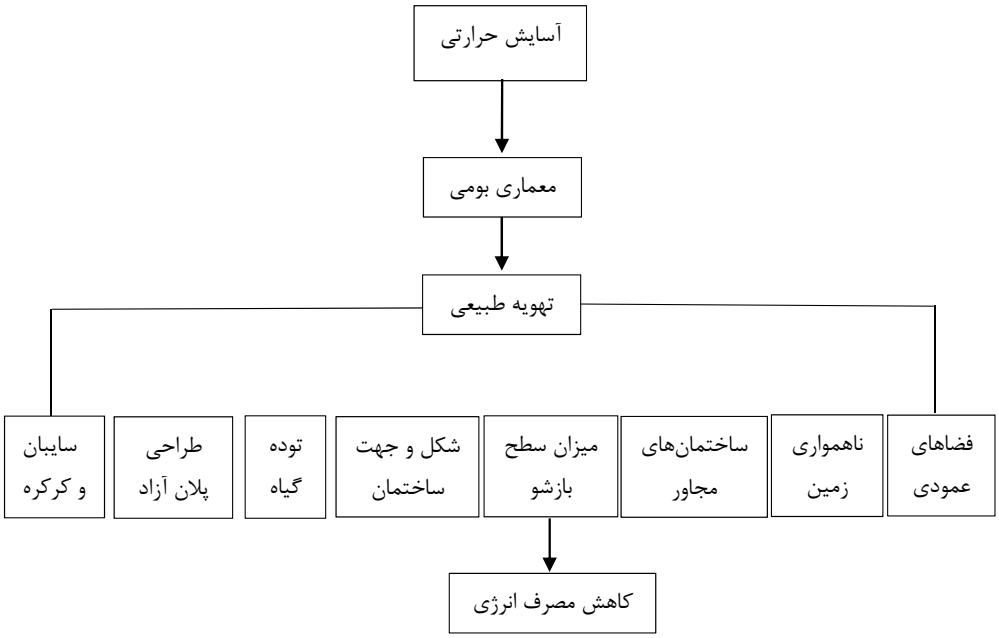
* E_mail: reza.rmonfared@yahoo.com

۱. مقدمه

با افزایش بهای انرژی در دنیا در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ در اکثر نقاط جهان، مهندسین به فکر ساخت خانه‌هایی با مصرف انرژی کم افتادند (غیاثی، گلگار و حاجی زاده، ۱۳۹۴، ۲۵). متوسط مصرف انرژی در بخش مسکونی در ایران بیش از ۴۰ درصد مصرف انرژی کل کشور می‌باشد که بیش از مصرف متوسط جهانی در بخش انرژی مسکونی و به‌طور تقریبی ده برابر کشورهای پیشرفته در زمینه انرژی همچون ایالات متحده و برخی کشورهای اروپایی می‌باشد (ذاکری، گرجی و حسین زاده، ۱۳۹۳، ۲). ارتقای راندمان انرژی ساختمان‌ها می‌تواند مصرف سالیانه بخش مسکونی را کاهش داده و هزینه انرژی خانواده‌ها را کاهش دهد. در مصرف بهینه انرژی دو رویکرد کلی وجود دارد: تکنیک‌های فعال و تکنیک‌های غیر فعال. تکنیک‌های غیرفعال شامل رویکردهای ساده‌تر و معمولاً غیرمکانیکی می‌شود، در حالی که تکنیک‌های فعال به تکنولوژی‌های پیشرفته‌تری نیاز دارد. در برخی رویکردهای غیرفعال نیاز به مشارکت فعال است؛ مانند باز و بسته کردن پنجره‌ها یا ایجاد تهویه، در حالی که برخی از رویکردهای کاملاً فعال (مثل صفحات فتوولتائیک یا لامپ‌های خودکار کنترلی) اصلا نیازی به دخالت انسان ندارد (رهنما، ۱۳۹۶، ۴۳).

بالا بودن متوسط مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در بخش مسکونی و عدم بهره‌وری از تکنیک‌های غیرفعال که معمولاً بر پایه مفاهیم و اصول معماری بومی و اقلیم استوار است، منجر به هدر رفت انرژی و افزایش هزینه‌ها شده است. بنابراین سؤال پژوهش، تأثیر ابعاد بازشو در سطوح بنا تا چه میزان در صرفه‌جویی انرژی بناهای اقلیم معتدل و مرطوب مؤثر می‌باشد که تحقیق فوق بر مبنای آن تدوین شد. در دو جبهه‌ای از ساختمان که در معرض باد و پشت به باد قرار دارد استفاده از میزان حداکثری بازشو باعث تهویه و صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود که به‌عنوان فرضیه پژوهش در نظر گرفته شده است.

شکل۱: دستیابی به کاهش مصرف انرژی از طریق آسایش حرارتی



۲. مرور ادبیات پژوهش

آسایش محیطی از مؤلفه‌های مهم و اساسی محیط‌های انسان ساخت محسوب می‌شوند، زیرا برای سکونت و زندگی، خانه باید از صفات و مزایایی برخوردار باشد تا سکونت و زندگی را مطلوب و آسایش بخش سازد، بر اساس تحقیقات معیارهای آسایش محیطی عبارت‌اند از: ۱. آسایش حرارتی شامل مؤلفه‌های: آب و هوا، کنترل حرارتی، کیفیت و آلاینده‌های هوا، تهویه طبیعی و مطبوع، ظرفیت فضا؛ ۲. آسایش بصری: کیفیت و تراکم نور و رنگ، فضاهای دارای پنجره، محرمیت با امکان دید به اطراف، ارتباط نزدیک با طبیعت؛ ۳. آسایش صوتی: سر و صدا و الزامات صدابندی، مکانیابی و تراکم فضایی (طاهرطلوع دل و امینی‌فر، ۱۳۹۵، ۵).

۲-۱- آسایش حرارتی

در تعریف، اصطلاح آسایش حرارتی تعابیر متفاوتی دارد. اشری آسایش حرارتی را شرایط ذهنی می‌داند که بیان‌کننده میزان رضایت افراد از حرارت محیط است (حجازی‌زاده و کربلائی درئی، ۱۳۹۴، ۴۶). در اصل آسایش حرارتی در یک محیط به چگونگی تعادل انسان با محیط حرارتی‌اش بسته است. وقتی مردم درباره احساس گرمی و سردی اظهارنظر می‌کنند، در واقع درباره میزان انرژی

گرمایی که از بدن به محیط داده‌اند و نیز کیفیت هوا قضاوت می‌نمایند. عوامل اصلی در این قضاوت‌ها، دما، رطوبت نسبی، جریان هوا و کیفیت آن است. پیشینه تحقیق در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در زمینه ارزیابی وضعیت آسایش حرارتی در جهان به انجام رسیده است (پوردهیمی، ۱۳۹۰، ۶۸). در همین زمینه، مقاله‌ای در دانشگاه آزاد لاهیجان درباره ارزیابی کاهش مصرف انرژی در ساختمان مسکونی با توجه به جهت‌گیری بهینه و درصد بازشوها در شهر انزلی با قرار دادن ساختمان در زاویه صفر و چرخش‌های ۱۰ درجه‌ای ساعتگرد در هر تحلیل تا ۳۶۰ درجه چرخش و در زمینه بررسی سطح بهینه پنجره به نمای ساختمان از صفر درصد تا ۱۰۰ درصد نسبت بازشوها به نما، نتایج مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی و روشنایی ثبت شد که نشان‌دهنده مطلوبیت سطح پنجره ۵۰ درصد در نمای شمال و ۶۰ درصد در نمای جنوب می‌باشد (راستی و روشن، ۱۳۹۶، ۹۱).

۲-۲- اقلیم و سایت

استان مازندران با وسعتی حدود ۲۳۷۵۶.۴ کیلومتر مربع نزدیک به ۱.۴۶ از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. شهرستان آمل در بخش میانی استان مازندران و با وسعتی بالغ بر ۲۹۱۰.۱ کیلومتر مربع ۱۲ درصد از کل مساحت استان را داراست. از نظر جغرافیایی منطقه آمل از سه حوزه اقلیمی جلگه‌ای، کوهپایه‌ای، کوهستانی تشکیل شده است. در بخش جلگه‌ای اختلاف دما در طی شبانه روز و فصول سال اندک می‌باشد در حالی‌که در بخش کوهستانی با افزایش ارتفاع شرایط آب و هوایی شکل سرد به خود می‌گیرد (محمود پاتی، نیک‌پور و محمودی، ۱۳۹۵، ۵).

۲-۳- ویژگی‌های معماری بومی مناطق معتدل و مرطوب

این مناطق که کرانه‌های دریای خزر و دامنه‌های شمالی کوه‌های البرز را شامل می‌شود، به‌طور کلی دارای ویژگی‌های زیر است:

۱. در نواحی بسیار مرطوب کرانه‌های نزدیک به دریا برای حفاظت ساختمان از رطوبت بیش از حد زمین، خانه‌ها بر روی پایه‌های چوبی ساخته شده‌اند. ولی در دامنه کوه‌ها که رطوبت کم‌تر است. معمولاً خانه‌ها بر روی پایه‌هایی از سنگ و گل به شکل گربه روها بنا شده‌اند.

۲. برای حفاظت اتاق‌ها از باران، ایوانک‌های عریض و سرپوشیده‌ای در اطراف اتاق‌ها ساخته‌اند. این فضاها در بسیاری از ماه‌های سال برای کار و استراحت و در پاره‌ای موارد برای نگهداری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳. بیش‌تر ساختمان‌ها با مصالحی با حداقل ظرفیت حرارتی بنا شده‌اند و در صورت استفاده از مصالح ساختمانی سنگین، ضخامت آن‌ها در حداقل میزان ممکن حفظ شده است (در این مناطق بهتر است از مصالح ساختمانی سبک استفاده شود. زمانی که نوسان دمای روزانه هوا کم است، ذخیره حرارت هیچ اهمیتی ندارد و علاوه بر این، مصالح ساختمانی سنگین تا حدود زیادی تأثیر تهویه و کوران را که یکی از ضروریات در این منطقه است کاهش می‌دهند.

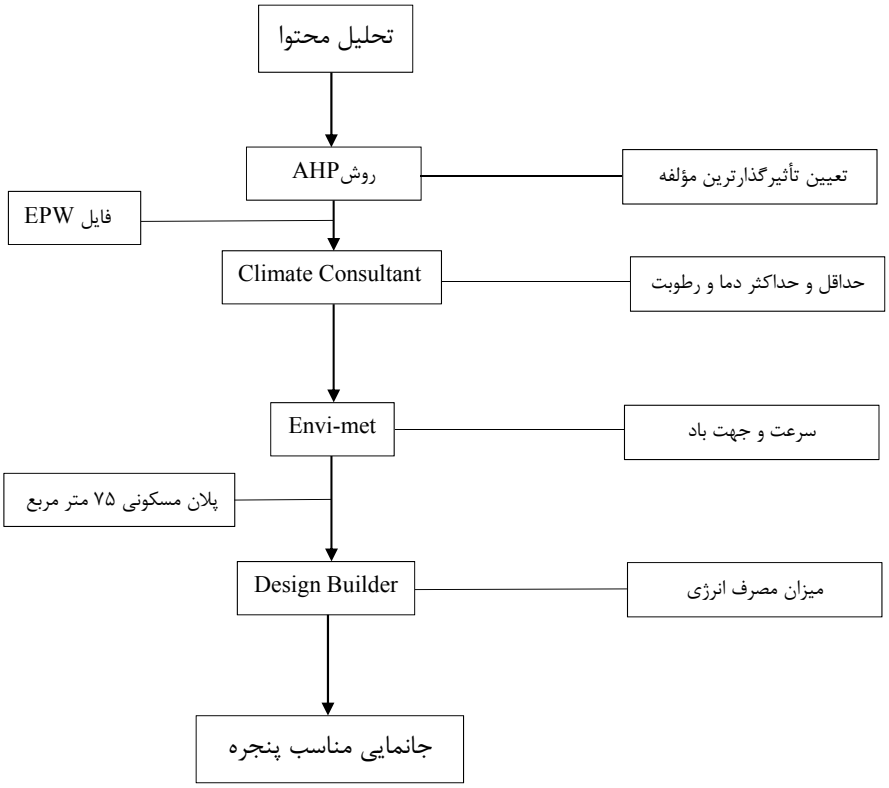
۴. در تمام ساختمان‌های این مناطق، بدون استثناء از کوران و تهویه طبیعی استفاده می‌شود. به طور کلی، پلان‌ها گسترده و باز و فرم کالبدی آن‌ها بیش‌تر شکل‌های هندسی، طویل و باریک است. به منظور حداکثر استفاده از وزش باد در ایجاد تهویه طبیعی در داخل اتاق‌ها جهت قرارگیری ساختمان‌ها با توجه به جهت وزش نسیم‌های دریا تعیین شده است. در نقاطی که بادهای شدید و طولانی می‌وزد، قسمت‌های رو به باد ساختمان‌ها کاملاً بسته است. همچنین به دلیل فراوانی آب و امکان دسترسی به آن در هر نقطه، ساختمان‌ها به صورت غیرمتمرکز و پراکنده در مجموعه سازماندهی شده است.

۵. به دلیل بارندگی زیاد در این مناطق، بام‌ها دارای شیب تند می‌باشند (کسمایی، ۱۳۹۱، ۸۰).

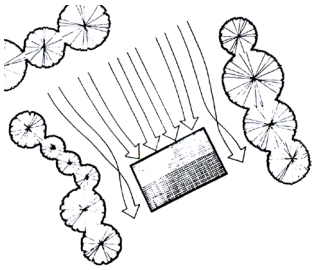
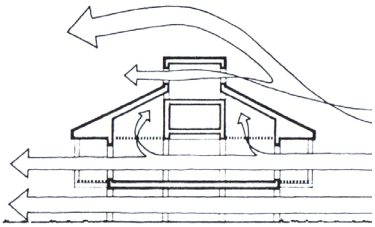
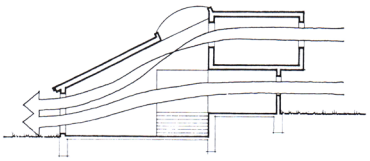
۳. روش تحقیق

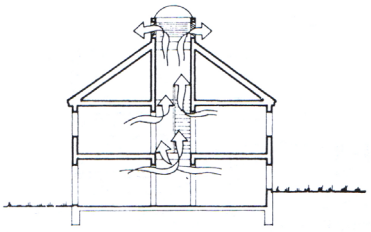
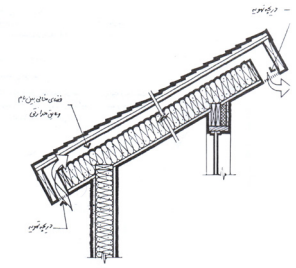
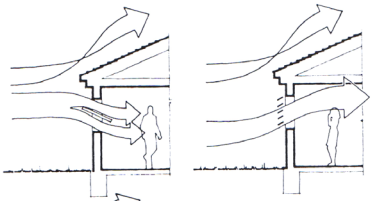
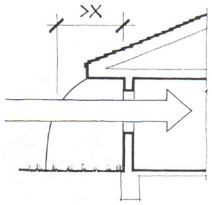
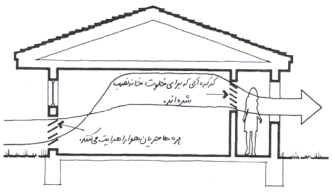
در ابتدا با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی، به مؤلفه‌های اثرگذار در تهویه طبیعی ساختمان در اقلیم معتدل و مرطوب ارائه شده در جدول ۱ دست پیدا کرده، سپس از طریق روش تحقیق پیمایشی موارد فوق در پرسشنامه محقق ساخته‌ای در بین ۱۵ نفر از اساتید گروه معماری و انرژی پخش شد تا تأثیرگذارترین مؤلفه در تهویه طبیعی مشخص شود. با روش تحلیل سلسله مراتبی AHP مؤلفه اصلی استخراج شد. سپس با استفاده از فایل EPW در نرم‌افزار Climate Consultant، اطلاعات اقلیمی منطقه و محدوده آسایش و شرایط بحرانی مورد تحلیل قرار گرفت. با وارد کردن اطلاعات اقلیمی مستخرج از Climate Consultant در بخش اطلاعات اقلیمی نرم‌افزار Envi-Met، یک بنای مسکونی به مساحت ۷۵ متر مربع در شهر آمل، در تاریخ اول تیرماه سال ۱۳۹۷ سرعت و جهت باد در اطراف بنای مسکونی در نرم‌افزار Envi-met شبیه‌سازی شد. در ادامه با شبیه‌سازی بنای فوق در نرم‌افزار Design Builder با در نظر گرفتن بهترین جانمایی بازشو با توجه به نتایج Envi-met و سطح اشغال آن میزان مصرف انرژی در چند حالت مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت که در نهایت نتایج به‌دست آمده در جداولی ارائه شد. جدول ۲ نتایج آنالیز پرسشنامه متخصصان در نرم‌افزار AHP می‌باشد:

شکل۲: تدقیق پژوهش



جدول ۱: مؤلفه‌های اثرگذار در تهویه طبیعی (تابستان)

ردیف	اصول اجرایی	تصاویر اصول اجرایی
۱	استفاده از ناهمواری‌های روی زمین، ساختمان‌های مجاور و گیاهان جهت بهره‌گیری بیشتر از نسیم تابستان	
۲	شکل و جهت دادن به بدنه ساختمان برای به حداکثر رساندن استفاده از نسیم تابستان	
۳	طراحی پلان آزاد جهت استفاده از تهویه هوا	

ردیف	اصول اجرایی	تصاویر اصول اجرایی
۴	ایجاد فضای عمودی جهت تهویه هوا و از هواکش‌های سقفی جهت تهویه عمودی هوا استفاده شود.	
۵	جهت تهویه در داخل پوسته ساختمان از بام و دیوار دو جداره استفاده شود.	
۶	درب‌ها و پنجره‌ها در جهتی نصب شوند تا نسیم‌های تابستانی به راحتی وارد شوند.	
۷	جهت هدایت بادهای تابستانی در داخل ساختمان از دیوارهای الحاقی، پیش آمدگی‌ها و کرکره استفاده شود.	
۸	از کرکره جهت کنترل جریان تهویه هوا استفاده شود.	

(قبادیان و فیض مهدوی،۱۳۹۲ ، ۱۲)

با توجه به جدول ۲ در بین مؤلفه‌ها، میزان بازشو با بالاترین شاخص گردش هوا به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در تهویه طبیعی تعیین شد. به همین منظور موقعیت پنجره و تأثیر آن در وضعیت تهویه طبیعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. مهم‌ترین اصل ایجاد شرایط تهویه مؤثر و قابل استفاده این است که قسمت‌های بازشو در دو سمت رو به باد و پشت به باد قرار داشته باشند مطالعات و آزمایش‌های انجام شده در دو دهه اخیر نشان می‌دهد که مناسب‌ترین تهویه زمانی انجام می‌شود که جهت وزش باد نسبت به سطح پنجره مایل باشد. کوران به وسیله باد، زمانی در یک اتاق ایجاد می‌شود که هر یک از دیوارهای رو به باد و پشت به باد آن دارای یک قسمت بازشوی باز باشد. در مواردی که باد به صورت مایل نسبت به سطح پنجره می‌وزد افزایش اندازه پنجره باعث افزایش سرعت هوای داخل اتاق می‌شود؛ اگر پنجره پشت به باد بزرگ‌تر از پنجره رو به باد باشد حداکثر و میانگین سرعت جریان هوای داخلی تا حد زیادی افزایش می‌یابد (فروغیان و طاهری شهرآیینی، ۱۳۹۴، ۴).

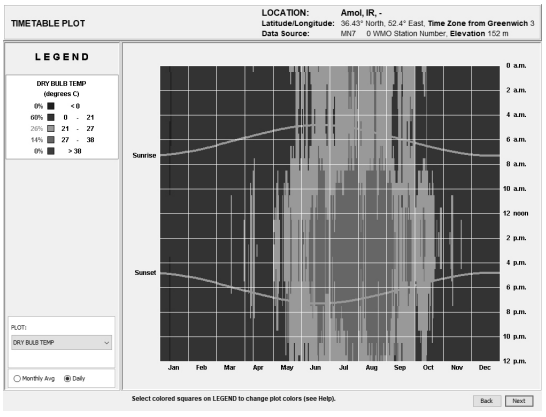
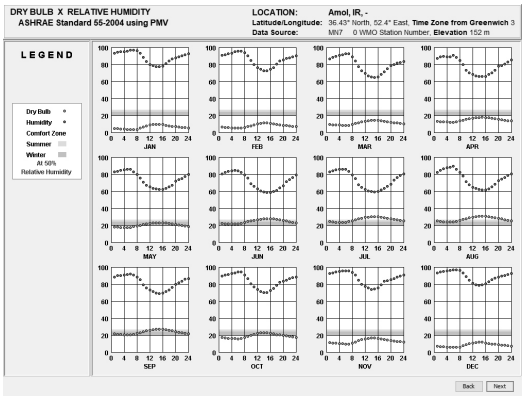
جدول ۲: وزن مؤلفه‌های تأثیرگذار در تهویه طبیعی

ردیف	مؤلفه‌های تأثیرگذار در تهویه طبیعی	شاخص گردش هوا (۰.۶)	شاخص کاهش رطوبت (۰.۴)	میانگین نهایی (۰.۵)	یکسان‌سازی
۱	استفاده از ناهمواری روی زمین	۰.۱۰۵۸۳۷	۰.۰۲۷۴۷۳	۰.۰۶۶۶۵۵	۰.۱۳۳۳۰۹
۲	ساختمان‌های مجاور	۰.۰۴۶۰۱۶	۰.۰۴۱۷۵۸	۰.۰۴۳۸۸۷	۰.۰۸۷۷۷۴
۳	توده گیاهی	۰.۰۴۴۰۹۹	۰.۰۴۲۳۰۸	۰.۰۴۳۲۰۳	۰.۰۸۶۴۰۶
۴	شکل و جهت دادن به بدنه ساختمان	۰.۰۴۲۳۳۵	۰.۰۴۱۲۰۹	۰.۰۴۱۷۷۲	۰.۰۸۳۵۴۳
۵	میزان سطح بازشو	۰.۱۷۶۳۹۴	۰.۰۲۳۶۲۶	۰.۱۰۰۰۱	۰.۲۰۰۰۲۱
۶	فضاهای عمودی جهت تهویه	۰.۰۰۸۸۲	۰.۰۵۴۳۹۶	۰.۰۳۱۶۰۸	۰.۰۶۳۲۱۵
۷	طراحی پلان آزاد	۰.۰۷۰۵۵۸	۰.۰۳۰۲۲	۰.۰۵۰۳۸۹	۰.۱۰۰۷۷۸
۸	سایبان و کرکره	۰.۰۶۲۲۵۷	۰.۰۳۵۷۱۴	۰.۰۴۸۹۸۶	۰.۰۹۷۹۷۱

۳-۱- خروجی‌های نرم‌افزار Climate Consultant

در سال‌های اخیر نرم‌افزارهای متعددی برای شبیه‌سازی و محاسبه آماری اطلاعات اقلیمی طراحی شده است. نرم‌افزار Climate Consultant جهت تحلیل اطلاعات اقلیمی منطقه می‌باشد. جهت دست‌یابی به جهت باد در منطقه مورد بررسی و آنالیز میزان بازشو در نرم‌افزار پس از وارد کردن فایل EPW شهر آمل، با مشخصات (Latitude/Longitude:36.43 North, 52.4 East-Time Zone From Greenwich 3) با شماره ایستگاه WMO 0 و ارتفاع ۱۵۲ متری از سطح دریا برای بازه ده ساله ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، جدول ۳ شامل نمودار نقاط هم دما و نمودار رطوبت نسبی و دمای خشک جهت تحلیل شرایط اقلیمی و تهیه اطلاعات ورودی به نرم‌افزار Envi met به دست آمد.

جدول۳: اطلاعات اقلیمی به‌دست آمده از نرم‌افزار Climate Consultant

نمودار نقاط هم دما	نمودار رطوبت نسبی و دمای خشک
	

با توجه به نمودار نقاط هم دما از اواخر ماه ژوئن تا اواسط ماه سپتامبر دمای هوا در ساعت‌های ۸ صبح تا ۶ عصر در بازه ۲۷ تا ۳۸ درجه می‌باشد که نشان‌دهنده دمای هوای بالاتر از حد آسایش می‌باشد و نیاز به سرمایش دارد.

با بررسی نمودار دمای بیشینه و دمای کمینه که در بالا اشاره شد، از اواخر ماه ژوئن تا اواسط ماه سپتامبر دمای هوا بالا می‌باشد و با بررسی این ماه‌ها در نمودار رطوبت نسبی و دمای خشک میزان رطوبت در این ماه‌ها در ساعت بین ۶ صبح تا ۱۲ ظهر بیش‌تر از ۶۵ درصد می‌باشد؛ که این خارج از محدوده آسایش می‌باشد و تنفس را دچار مشکل می‌کند که تهویه و سرمایش در ساعاتی که انسان در حال فعالیت کاری می‌باشد بسیار حیاتی می‌باشد.

۳-۲- آنالیز خروجی نرم‌افزار Envi-met

برای بررسی رفتار و اثر باد بر ساختمان با استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار تخصصی Envi-met به بررسی سرعت و جهت حرکت باد در سایت نمونه موردی پرداخته شد. این نرم‌افزار برای شبیه‌سازی واکنش‌های متقابل سطح، گیاه، هوا و همچنین برای محیط‌های درون شهری و تجزیه و تحلیل رژیم آسایش دمایی در مقیاس‌های خرد کاربرد دارد. جدول ۴ شامل اطلاعات حداقل و حداکثر دما و رطوبت استخراج شده از نمودارهای رطوبت نسبی و نقاط هم دما ارائه شده در جدول ۳ می‌باشد.

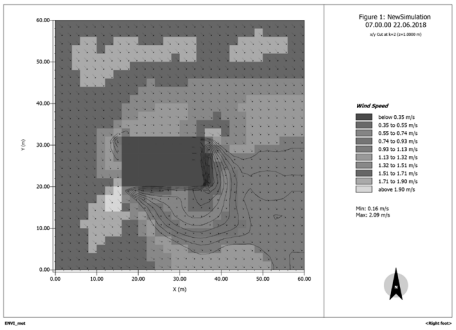
جدول ۴: اطلاعات دما و رطوبت وارد شده در نرم‌افزار Envi-met

	حداکثر		حداقل	دما
۲۷	ساعت ۱۴:۰۰	۲۰.۲	ساعت ۰۶:۰۰	
	حداکثر		**حداقل**	**رطوبت**
۸۸	ساعت ۰۶:۰۰	۶۹	ساعت ۱۴:۰۰	

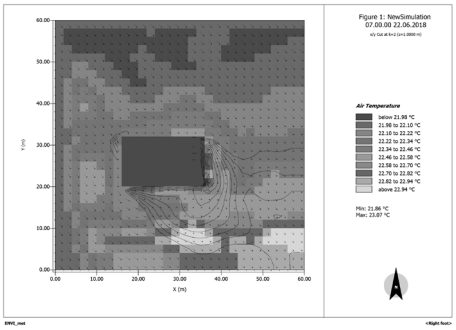
با شبیه‌سازی بنای مسکونی یک طبقه‌ای به مساحت ۷۵ متر مربع در نرم‌افزار Envi met و همچنین در نظر گرفتن شرایط محیطی سایت مورد نظر Vegetation: Bet-ula Pendula, Grass 25 cm Avar.Dense و Soil and Surface: Loamy Soil, Asphalt Road در تاریخ ۱ تیر برای بررسی دقیق سرعت و جهت باد، به تحلیل آنالیزهای به‌دست آمده می‌پردازیم.

جدول ۵: آنالیزهای به‌دست آمده از نرم‌افزار Envi-met

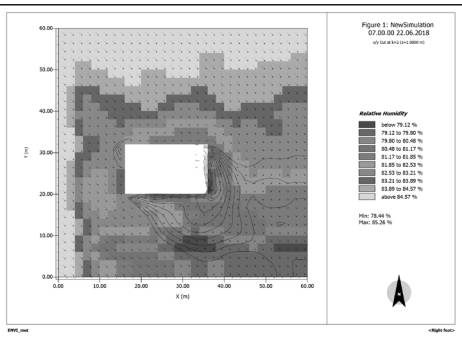
آنالیزهای تاریخ ۱ تیرماه ۱۳۹۷



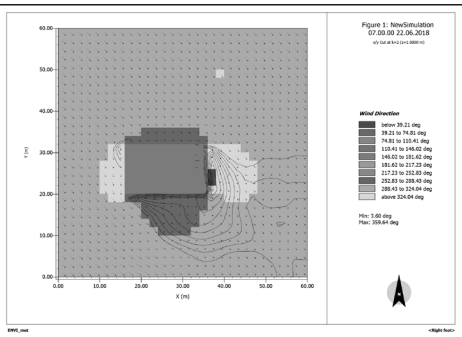
آنالیز سرعت باد
حداقل سرعت ۰.۱۶ متر بر ثانیه
حداکثر سرعت ۲.۰۹ متر برثانیه



آنالیز دمای هوا
حداقل دما ۲۱.۸۶ درجه سانتی‌گراد
حداکثر دما ۲۳.۰۷ درجه سانتی‌گراد



آنالیز رطوبت نسبی
حداقل رطوبت نسبی ۷۸.۴۴ درصد
حداکثر رطوبت نسبی ۸۵.۲۶ درصد



آنالیز جهت باد
جهت باد غالب ۲۸۸.۶۹ تا ۳۲۴.۲۸ درجه

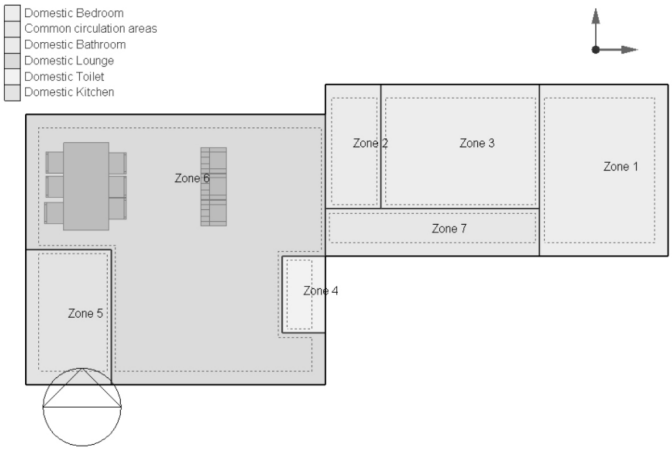
آنالیزها در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین به صورت شبیه‌سازی ۲۴ ساعته روز ۱ تیر ۱۳۹۷ به‌دست آمده که بر اساس آنالیز جهت باد جدول ۵، جهت وزش باد از جبهه شمال و شمال غربی به سمت جنوب شرقی می‌باشد. با در نظر گرفتن جدول اصول طراحی اقلیمی در منطقه معتدل و مرطوب، ساختمانی با پلان ۷۵ متر مربع در نرم‌افزار Design Builder با توجه به شرایط سرعت و جهت باد طراحی شد.

۳-۳- آنالیز میزان بازشو در Design Builder

اعتبار نرم‌افزار انرژی پلاس که موتور شبیه‌سازی دیزاین بیلدر است، بر اساس استانداردهای Bestest و اشری-۱۴ تأیید شده است. مدلسازی شبکه جریان هوای نرم‌افزار انرژی پلاس با استفاده از مقایسه نتایج مدلسازی با سری زیادی از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی با کیفیت بالا توسط لابراتوری ملی اواک ریگ (Oak Ridge National Labo-ratory) و لابراتوری علوم ساختمانی Building Science lab در مرکز انرژی خورشیدی فلوریدا Florida Solar

Energy Center اعتبارسنجی شده‌اند. زون‌های تفکیک شده در نرم‌افزار شامل دو اتاق خواب و یک سرویس حمام و یک سرویس دستشویی و سالن و آشپزخانه با مبلمان می‌باشند. تصویر پلان مورد بررسی در شکل ۳ ارائه شده است. و از آنجایی‌که ارتفاع مبلمان با okb پنجره‌ها برابر می‌باشد مانعی در گردش هوا ایجاد در فضای داخل ایجاد نمی‌کند.

شکل ۳: پلان مورد آنالیز در نرم‌افزار دیزاین بیلدر



اطلاعات ورودی در نرم‌افزار با توجه به شریط اقلیمی منطقه و شرایط آسایش برای انجام شبیه‌سازی در جدول ۶ ارائه شده است.

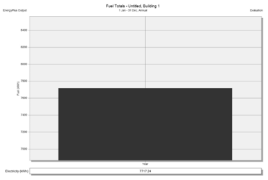
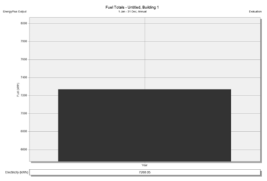
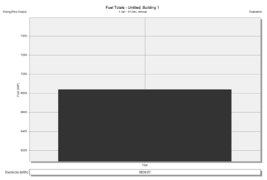
جدول ۶: اطلاعات فعالیت، بازشو، نور، تأسیسات مکانیکی، ساخت در نرم‌افزار Design Builder

فعالیت		
	فضاهای مسکونی	الگوی فعالیت
۲۰	گرم کردن	کنترل محیطی (دما سلسیوس)
۲۵.۷	تنظیم مجدد گرمایش	
۲۱.۵	خنک کننده	
۲۹	تنظیم مجدد سرمایش	
جزییات اجرایی		
۰.۷	نرخ ثابت	هوادهی
بازشو		
	دوبل با ضخامت و فاصله ۶ میلی‌متر	الگوی پنجره
۳۰	نسبت پنجره به دیوار (درصد)	ابعاد
۱.۵	ارتفاع پنجره (متر)	
۰.۸	فاصله از کف ساختمان (متر)	
۰.۰۰۸	نهایت نرخ جریان (m3/s-m)	پنجره‌های کنترل جریان هوا
نورپردازی		
	فلوئورسنت	الگوی نورپردازی
گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع		
	مجزا بدون هوای تازه	الگوی گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع
	از طریق هوای خارج از فضا	تهویه طبیعی

با توجه به پیشینه پژوهش مبنی بر این‌که نسبت درصد پنجره به دیوار برای اقلیم معتدل و مرطوب بین ۳۰ تا ۷۰ به طور کلی برای تهویه بهترین انتخاب می‌باشد (سهرابی، قدیمی و حاجی ملا علی، ۱۳۹۷، ۲۸). در گام نخست با

مقایسه سه نمونه اثر افزایش درصد پنجره به دیوار بر مصرف سوخت کلی از طریق شبیه‌سازی ساختمان فوق مشخص شد؛ در این مطالعه موردی هرچه این نسبت افزایش می‌یابد میزان مصرف سوخت نیز افزایش می‌یابد و برای بررسی میزان بازشو پنجره‌ها نسبتی که کم‌ترین میزان مصرف سوخت را دارا می‌باشد؛ ملاک پژوهش قرار گرفت. ابعاد بازشو به شکلی که پنجره شامل سه بخش باشد، در جبهه شمال- شمال غربی و جنوب ساختمان پنج حالت از جمله تمامی بخش‌های پنجره بسته، یک سوم پنجره در دو جبهه بسته، دو سوم پنجره در دو جبهه بسته، یک سوم در نمای شمالی و دو سوم در نمای جنوبی بسته، دو سوم در نمای شمالی و یک سوم در نمای جنوبی، آنالیز و اعداد میزان مصرف انرژی به شکل جداولی در زیر ارائه شد.

جدول ۷: آنالیز میزان مصرف سوخت در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

Fuel Totals- مصرف سوخت			
درصد نسبت پنجره به دیوار	۵۰	۴۰	۳۰
نمودار آنالیز			
میزان مصرف سوخت	۷۷۱۷.۲۴ Electricity (kwh)	۷۲۶۸.۰۵ Electricity (kwh)	۶۸۳۹.۸۷ Electricity (kwh)

با توجه به جدول ۸ کم‌ترین میزان مصرف انرژی برای سرمایش، مربوط به ردیف یک سوم پنجره‌ها بسته و نشان‌دهنده تأثیر تهویه طبیعی در کاهش بار سرمایش در ساختمان می‌باشد. در بعضی از روزها به دلیل تغییر دمای محیطی روزانه و همچنین باز بودن پنجره و تهویه طبیعی، نیاز به بررسی بار گرمایشی از طریق آنالیز نرم‌افزار که به صورت سالانه انجام شده، می‌باشد.

جدول ۸: میزان مصرف بار سرمایشی

ردیف	حالت‌های بازشو	تفکیک بار بر مبنای شب و روز		میزان بار سرمایشی (kwh)
۱	تمام سطح پنجره بسته	۳۶۳۲.۰۱	روز	۵۵۸۷.۶۹
		۱۹۵۵.۶۸	شب	
۲	دو سوم پنجره‌ها بسته	۳۱۸۶.۹۷	روز	۴۹۰۳.۰۲
		۱۷۱۶.۰۵	شب	
۳	یک سوم پنجره‌ها بسته	۲۷۷۷.۹۱	روز	۴۲۷۳.۷
		۱۴۹۵.۷۹	شب	
۴	یک سوم پنجره نمای شمالی و دو سوم پنجره نمای جنوبی بسته	۲۹۷۱.۰۵	روز	۴۵۷۰.۸۴
		۱۵۹۹.۷۹	شب	
۵	دو سوم پنجره نمای شمالی و یک سوم پنجره نمای جنوبی بسته	۲۹۸۸.۸۲	روز	۴۵۹۸.۱۸
		۱۶۰۹.۳۶	شب	

در جدول ۹ کم‌ترین میزان مصرف انرژی گرمایشی در حالتی می‌باشد که تمام سطح پنجره بسته می‌باشد. برای نتیجه‌گیری نهایی مجموع مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

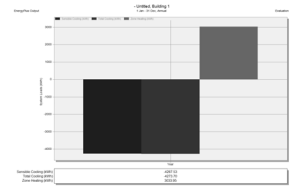
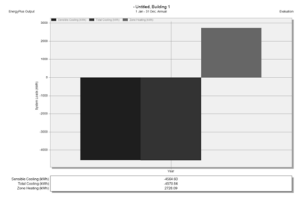
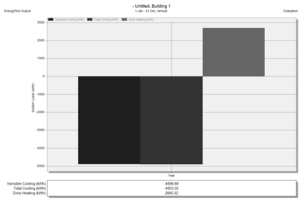
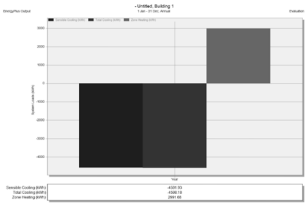
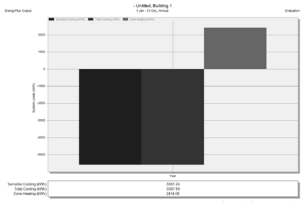
جدول ۹: میزان مصرف انرژی گرمایشی

ردیف	حالت‌های بازشو	تفکیک بار بر مبنای شب و روز		میزان بار گرمایشی (kwh)
۱	تمام سطح پنجره بسته	۱۵۶۹.۱۶	روز	۲۴۱۴.۰۹
		۸۴۴.۹۳	شب	

ردیف	حالت‌های بازشو	تفکیک بار بر مبنای شب و روز		میزان بار گرمایشی (kwh)
۲	دو سوم پنجره‌ها بسته	۱۷۵۱.۹۶	روز	۲۶۹۵.۳۲
		۹۴۳.۳۶	شب	
۳	یک سوم پنجره‌ها بسته	۱۹۷۲.۰۷	روز	۳۰۳۳.۹۵
		۱۰۶۱.۸۸	شب	
۴	یک سوم پنجره نمای شمالی و دو سوم پنجره نمای جنوبی بسته	۱۷۷۳.۲۶	روز	۲۷۲۸.۰۹
		۹۵۴.۸۳	شب	
۵	دو سوم پنجره نمای شمالی و یک سوم پنجره نمای جنوبی بسته	۱۹۴۴.۶۰	روز	۲۲۹۹۱.۶۸
		۱۰۴۷.۰۸	شب	

در جدول ۱۰ کم‌ترین میزان مصرف انرژی با در نظر گرفتن مجموع مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش، ردیف یک سوم پنجره‌ها بسته می‌باشد.

جدول۱۰: مجموع مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی

ردیف	حالت‌های بازشو	مجموع بار گرمایشی و سرمایشی(kwh)	آنالیز
۱	تمام سطح پنجره بسته	۸۰۰۱.۷۸	
۲	دو سوم پنجره‌ها بسته	۷۵۹۸.۳۴	
۳	یک سوم پنجره‌ها بسته	۷۲۹۸.۹۳	
۴	یک سوم پنجره نمای شمالی و دو سوم پنجره نمای جنوبی بسته	۷۳۰۷.۶۵	
۵	دو سوم پنجره نمای شمالی و یک سوم پنجره نمای جنوبی بسته	۷۵۸۹.۸۶	

۴. بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که میزان بازشو به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در تهویه طبیعی تعیین شد، موقعیت پنجره و تأثیر آن در وضعیت تهویه طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. مهم‌ترین اصل ایجاد شرایط تهویه مؤثر و قابل استفاده این است که قسمت‌های بازشو در دو سمت رو به باد و پشت به باد قرار داشته باشند. تأثیر اندازه پنجره‌های اتاق در شرایط تهویه داخل آن، تا حد زیادی به وجود یا عدم وجود کوران در اتاق بستگی دارد. کوران به وسیله باد، زمانی در یک اتاق ایجاد می‌شود که هر یک از دیوارهای رو به باد و پشت به باد آن دارای یک قسمت بازشوی باز باشد. در مواردی که باد به صورت مایل نسبت به سطح پنجره می‌وزد افزایش اندازه پنجره باعث افزایش سرعت هوای داخل اتاق می‌شود؛ اگر پنجره پشت به باد بزرگ‌تر از پنجره رو به باد باشد، حداکثر و میانگین سرعت جریان هوای داخلی تا حد زیادی افزایش می‌یابد. همان‌طور که از آنالیز نرم‌افزارها مشخص شد با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار، میزان مصرف انرژی سرمایشی افزایش می‌یابد و این امر نشان می‌دهد که افزایش سطح پنجره‌ها منجر به افزایش دریافت انرژی خورشیدی به ویژه در فصل تابستان می‌شود. این میزان جذب انرژی خورشید مصرف انرژی سرمایشی بالاتری را نیز در پی دارد. حال با آنالیز سرعت و جهت باد منطقه مشخص شد بیش‌ترین میزان وزش باد از جبهه شمال و شمال غربی می‌باشد. با در نظر گرفتن جهت باد میزان نسبت سطح پنجره به دیوار با سه شاخص ۳۰ درصد، ۴۰ درصد و ۵۰ درصد مقایسه و اثبات شد هر چه نسبت سطح پنجره به دیوار بیش‌تر شود مصرف سوخت افزایش می‌یابد. حال با در نظر گرفتن نسبت ۳۰ درصد سطح پنجره به دیوار به‌عنوان کم‌ترین میزان مصرف سوخت معادل ۶۸۳۹.۸۷ kwh و سه قسمتی در نظر گرفتن بازشو پنجره‌ها، تأثیر بازشو بر کاهش مصرف انرژی در پنج حالت مختلف در جبهه شمالی و شمال غربی به‌عنوان ورود هوا و جبهه جنوبی به‌عنوان خروج هوا آنالیز و مقایسه شد. در نتیجه حالتی که یک سوم پنجره‌ها بسته و دو سوم بازشو در نظر گرفته شود، به دلیل جانمایی درست ساختمان و پنجره‌ها، کم‌ترین میزان بار سرمایشی و گرمایشی معادل ۷۲۹۸.۹۳ kwh را دارا می‌باشد که این موضوع نشان‌دهنده تأثیر تهویه طبیعی بر کاهش مصرف انرژی می‌باشد.

فهرست منابع

- برگمن، دیوید. (۱۳۹۶). راهنمای کاربردی طراحی پایدار. (ترجمه حسین رهنما). تهران، انتشارات اول و آخر. (نشر اثر اصلی۱۹۵۶)، ۲(۱)، ۴۳.
- پوردهیمی، شهرام .(۱۳۹۰). زبان اقلیمی در طراحی محیطی پایدار .تهران، دانشگاه شهید بهشتی، ۶(۱)، ۶۸.
- حجازی‌زاده، زهرا، کربلائی درئی، علیرضا .(۱۳۹۴). آسایش حرارتی در ایران، *انجمن جغرافیای ایران*، ۱۳(۴۶) ،۲۱. https://www.magiran.com/paper/1490749
- ذاکری، محمدهادی؛ گرجی، مفید؛ و حسین‌زاده، مرتضی. (۱۳۹۳). خانه صفر انرژی (نمونه موردی: ساختمان مسکونی قائمشهر)، چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، (۲). تهران.https://civilica.com/doc/494269
- راستی، سپیده؛ و روشن، محسن. (۱۳۹۶). ارزیابی کاهش مصرف انرژی در ساختمان مسکونی با توجه به جهت‌گیری بهینه و درصد بازشوها در شهر انزلی، *انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*. ۴(۲)،۹۱. https://www.jrenew.ir/article_59908.html
- سهرابی، حسین؛ قدیمی، محمد؛ و حاجی ملا علی کنی، علیرضا. (۱۳۹۷). آنالیز حساسیت مصرف انرژی با توجه به نسبت پنجره به دیوار در یک ساختمان مسکونی، در شرایط اقلیمی معتدل و مرطوب (نمونه موردی: شهر رامسر)، اولین همایش ملی فناوری‌های پیشرفته در مهندسی و محیط زیست، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱(۱) ، ۲۸.https://civilica.com/doc/848761/
- طاهرطلوع دل، محمد صادق و امینی‌فر، زینت. (۱۳۹۵). بررسی متغیرهای آسایش محیطی با تأکید بر ارتقا کیفیت یادگیری در فضای آموزشی. *مجله فناوری آموزش*، ۱،۱-۹. https://www.sid.ir/fa/journal/viewpaper.aspx?id=286216
- غیاثی، محمد ایمان؛ گلکار، مسعود علی اکبر؛ و حاجی‌زاده، امین. (۱۳۹۴). طراحی مدیریت انرژی هوشمند در ساختمان با انرژی صفر با حضور منابع تجدیدپذیر و خودروهای برقی متصل به شبکه. *نشریه کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران*،۴، ۲۵. https://www.sid.ir/fa/journal/viewpaper.aspx?id=250723
- فروغیان، سمانه و طاهری شهر آیینی، مسعود. (۱۳۹۴). بررسی و شبیه‌سازی اثرات ابعاد و جهت و نوع پنجره در بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمانی (شبیه‌سازی نمونه‌ای در شهر مشهد)، کنفرانس بین المللی معماری، شهرسازی، عمران، هنر و محیط زیست؛ افق‌های آینده، نگاه به گذشته، (۴-۶) ،تهران.https://civilica.com/doc/607628/
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۹۱). اقلیم و معماری، اصفهان، *نشر خاک*، ۸۰.
- محمودی پاتی، فرزین؛ نیک‌پور، عامر؛ و محمودی، مجتبی. (۱۳۹۵). تأثیر خصوصیات اقلیمی در طراحی خانه‌های سنتی شهر آمل با رویکرد معماری پایدار، اولین همایش بین المللی و دومین همایش ملی معماری و شهرسازی هویت گرا، (۵)، مشهد.https://civilica.com/doc/593058/
- واتسون، دونالد؛ و لبز، کنت .(۱۳۹۲). طراحی اقلیمی اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان. (ترجمه وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی). تهران: انتشارات دانشگاه تهران(نشر اثر اصلی۱۹۳۷)، ۱۲.

نحوه ارجاع به این مقاله

رهسپار منفرد، رضا و عظمتی، سعید. (۱۴۰۰). تحلیل رفتار باد در تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی در بنای مسکونی مبتنی بر معماری بومی، مورد مطالعاتی: تأثیر ابعاد و جانمایی بازشو بر تهویه طبیعی در شهر آمل. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۴(۳۵)، ۱۰۳-۱۱۴.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.210648.2058

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_135472.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/