

نقش جداره‌های ساختمان در تأمین آسایش حرارتی ساکنین و کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی

دکتر منصوره طاهباز، مهندس شهربانو جلیلیان، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی

مقدمه

تنوع و سختی شرایط اقلیمی ایران، ساختمان سازی را همواره با مشکلاتی مواجه ساخته است. شدت عوامل آب و هوایی نظیر سرما و گرما، شرعی و میعان، بادهای نامطلوب، کج باران، تابش شدید آفتاب، یخبندان، پدیده ذوب و انجماد، ... از یک طرف برای انسان نامطلوب بوده و از طرف دیگر نقش مهمی در فرسایش مصالح ساختمانی دارد. بنابراین ساختمان باید به نوعی طراحی و از مصالحی ساخته شود که در دسترس و قابل اجراء بوده و از دوام کافی برخوردار باشد، ضمن اینکه شرایط دشوار اقلیمی را تا حد امکان تعدیل نموده و از مصرف بی‌رویه انرژی‌های فسیلی برای مقابله با آن شرایط، جلوگیری کند.

محدوده آسایش حرارتی انسان از ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتیگراد است که از حداقل ۱۸ درجه در مناطق سردسیر تا حداکثر ۲۸ درجه در مناطق گرمسیر قابل گسترش می‌باشد. دمای هوای خارج به ندرت در داخل این محدوده قرار می‌گیرد، بنابراین تأمین و حفظ دمای آسایش در داخل ساختمان منوط به استفاده از جداره‌های خارجی مناسب و یا بهره‌گیری از وسائل گرماساز و سرماساز است. مشکل تأمین انرژی‌های فسیلی و هزینه‌های تحمیلی این گونه سیستم‌ها، اهمیت جداره‌ها در تأمین شرایط آسایش را روشن می‌سازد. هر قدر دما و رطوبت هوای خارج نسبت به منطقه آسایش اختلاف بیشتری داشته باشد، نقش جداره حساستر می‌شود. بنابراین باید انتخاب مصالح و جزئیات اجرایی با دقت بیشتری صورت گیرد.

انتخاب جداره‌های مناسب برای تعدیل شرایط داخلی به صور گوناگون انجام می‌شود، اما در ایران در حال حاضر تنها روش پیشنهادی استفاده از عایق حرارتی است. این روش برای همه پهنه‌های اقلیمی مناسب نبوده و در عین حال موجب قطع ارتباط فضای داخل با خارج می‌شود که بهره‌برداری از انرژی‌های طبیعی نظیر انرژی خورشیدی، باد، تشعشع گرمایی ساختمان و..... را غیر ممکن می‌سازد. استفاده از انرژی‌های طبیعی علاوه بر اینکه کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی را در پی دارد، ارتباط منطقی ساکنین ساختمان را با طبیعت حفظ نموده و از بروز مشکلاتی، مشابه آنچه کشورهای شمال اروپا با آن مواجهند، جلوگیری می‌کند. در کشورهای اسکاندیناوی به دلیل سرمای زیاد، ساختمان‌ها به طور کامل ایزوله می‌شوند. این امر عواقبی نظیر افزایش ناخواسته دمای داخل در زمانهای اوج استفاده از بنا را در پی دارد که در نتیجه علی‌رغم سردی هوا در بیرون از ساختمان، نیاز به استفاده از تجهیزات خنک کننده برای تأمین آسایش داخلی را در پی داشته است. امروزه این کشورها در صدد هستند تا به جای قطع ارتباط ساختمان با هوای بیرون که عایق کامل جداره‌ها را می‌طلبد، از روشهای جدیدی استفاده کنند که تغییرات دمای بیرون را در استفاده از تجهیزات گرمایشی، مد نظر قرار می‌دهد.

از نظر ارتباط بین محیط بیرون و فضای درون ساختمان، سه تیپ جداره قابل تعریف می‌باشد:

۱- جداره عایق که موجب قطع ارتباط بیرون و درون ساختمان شده و می‌توان دمای داخل را به کمک تجهیزات مکانیکی گرمایش و سرمایش به طور کامل تحت کنترل در آورد. این نوع جداره برای مناطقی که همواره دمای هوا پایین‌تر یا بالاتر از دمای آسایش انسان قرار دارد مناسب است.

۲- جداره خازن که قادر به ذخیره سازی حرارت و ایجاد تأخیر در انتقال حرارت از یک طرف جدار به طرف دیگر آن می‌باشد. در این شرایط گرمای بیرون با تأخیر زمانی به فضای داخل وارد می‌شود. این نوع جداره برای مناطقی که

اختلاف دمای روز و شب زیاد بوده و در طی یک شبانه روز تغییرات دمای هوا از محدوده آسایش انسان عبور می‌کند، مناسب است.

۳- جداره سبک که گرما را در خود ذخیره نکرده و مانع انتقال آن نیز نمی‌شود. این نوع جداره برای مناطق معتدلی که معمولاً دمای هوا در محدوده دمای آسایش قرار دارد مناسب می‌باشد.

با کمی دقت در وضعیت اقلیمی مناطق مختلف ایران، ملاحظه می‌گردد که ایران از جمله کشورهایی است که از تنوع اقلیمی چشمگیری برخوردار می‌باشد. مطالعات انجام شده نشان داده است که در ایران حداقل هشت پهنه اقلیمی و پنج پهنه معماری وجود دارد. لذا جداره مناسب ساختمان در اقلیم مختلف ایران باید با دقت تعیین شده و پیشنهاد تنها یک نوع جداره برای همه مناطق اقلیمی منطقی نیست.

با بررسی نحوه تأثیر پدیده‌های جوی بر جداره‌ها از یک طرف و شناخت پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران از طرف دیگر می‌توان جداره مناسب هر پهنه را مشخص نمود، تا ضمن تأمین آسایش حرارتی برای ساکنین ساختمان، استفاده از تجهیزات گرمایشی و سرمایشی به حداقل ممکن کاهش یابد. مقاله حاضر به انجام این مهم پرداخته است.

وضعیت جداره‌ها در مقابل پدیده‌های جوی

۱ - وضعیت جداره‌ها در مقابل حرارت

به طور کلی جداره‌های ساختمان در برابر انتقال حرارت به سه صورت عمل می‌کنند. بعضی از جداره‌ها هادی حرارت بوده و مقاومت ناچیزی در برابر انتقال حرارت از خود نشان می‌دهد. این گروه از مصالحی ساخته می‌شوند که قابلیت هدایت حرارتی زیادی دارند. مثلاً شیشه و فلزات خیلی سریع گرما و سرما را از خود عبور می‌دهند و دما در دو طرف آنها تقریباً یکسان می‌شود. بعضی از جداره‌ها به صورت عایق حرارت عمل می‌نمایند، به این ترتیب که مانع انتقال حرارت از یک سمت به سمت دیگر خویش می‌شوند. این جداره‌ها از موادی ساخته می‌شوند که دارای قابلیت هدایت حرارتی کم یا مقاومت حرارتی زیاد است. بنابراین ممکن است اختلاف دمای چشمگیری میان هوای دو طرف آنها وجود داشته باشد. مصالحی که دارای خلل و فرج و هوا در داخل خود هستند، می‌توانند تا حدودی نقش عایق را ایفا نمایند. بعضی از جداره‌ها نقش خازن و ذخیره کننده حرارت را دارند یعنی حرارت دریافتی را در خود انبار کرده و با تأخیر زمانی منتقل می‌کنند. بنابراین دمای هوا در دو سمت این قبیل جداره‌ها ممکن است متفاوت باشد. جداره‌های ساخته شده از مصالح ساختمانی سنگین نظیر آجر، بتن، خشت و غیره دارای چنین خاصیتی هستند.

خاصیت انتقال حرارت از یک سمت به سمت دیگر جداره را با کمیتی بنام ضریب انتقال حرارت اندازه‌گیری می‌کنند که با علامت U مشخص شده و واحد آن وات بر مترمربع درجه سانتیگراد است. هر قدر مقدار U کمتر باشد جداره مقاومت بیشتری در مقابل انتقال حرارت از خود نشان می‌دهد، به عبارت دیگر عایق‌تر است و بالعکس.

در جداره‌های مختلف انتقال حرارت از یک سمت به سمت دیگر با سرعت‌های متفاوتی صورت می‌گیرد که زمان تأخیر نامیده شده و واحد آن ساعت است. هر قدر انتقال حرارت از یک سمت به سمت دیگر جداره کندتر صورت گیرد، نشان دهنده زمان تأخیر بیشتر برای جداره است. چنین جداره‌هایی دارای قابلیت هدایت حرارتی کم یا مقاومت زیاد و قابلیت جذب گرمای زیاد هستند. قابلیت جذب گرما بستگی به وزن مخصوص و گرمای ویژه جسم دارد. هر قدر وزن مخصوص و گرمای ویژه بیشتر باشد، خاصیت جذب گرما بیشتر خواهد بود. در مصالحی با قابلیت هدایت زیاد نظیر فلزات، گرما به سرعت از یک سمت به سمت دیگر منتقل می‌شود در حالیکه مصالح با گرمای ویژه بالا نظیر آجر دارای سرعت انتقال کندتری است زیرا بیشتر حرارت دریافت شده در وهله اول صرف گرم کردن خود مصالح خواهد شد. در چنین وضعیتی افت حرارتی نیز پیش می‌آید بدین معنی که کل حرارت دریافتی به سمت مقابل منتقل نمی‌شود، چرا که با حذف منبع حرارت هنوز هم دمای مصالح بیشتر از دمای طرفین جداره بوده، قسمتی از حرارت دریافتی مجدداً به محیط پس داده می‌شود. جداره‌های مختلف می‌توانند زمانهای تأخیر متفاوتی

داشته باشند که انتخاب آن به شرایط آب و هوایی و جهت استقرار جداره بستگی دارد. به عنوان مثال در شرایط گرم جداره‌های رو به شرق چنانچه دارای زمان تأخیر کم حدود ۵-۴ ساعت باشد، انتقال حرارت در اوج گرمای بعد از ظهر صورت می‌گیرد، در حالیکه چنین جداره‌ای با زمان تأخیر زیاد حدود ۱۴-۸ ساعت، گرما را تقریباً بعد از غروب آفتاب که هوای بیرون خنک شده است به داخل هدایت می‌کند. جداره‌های ساختمانی سبک نظیر جداره‌های چوبی یا متخلخل دارای زمان تأخیر کم حدود صفر تا ۵ ساعت و جداره‌های سنگین نظیر خاک، آجر، بتن، خشت دارای زمان تأخیر زیاد حدود ۶ تا ۱۴ ساعت و یا بیشتر هستند.

۲- وضعیت جداره‌ها در مقابل رطوبت

رطوبت از سه طریق بر ساختمان تأثیر می‌گذارد: اول ریزشهای جوی، دوم بخار آب موجود در هوا، سوم رطوبت موجود در خاک.

ریزش های جوی از یک طرف باعث شستشو و فرسایش سطوح خارجی بنا شده و از طرف دیگر به داخل جداره‌ها نفوذ می‌کند. تأثیر این عامل بر سطح بام بیشتر است اما چنانچه باران با باد همراه باشد، سطوح خارجی دیوارها و بازشوها نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. کاهش مشکلات فوق از طریق انتخاب مصالح غیر حلال و نفوذ ناپذیر در برابر آب باران و ایجاد شرایط تخلیه سریع بارش های جوی و درزبندی صحیح بازشوها، امکان پذیر است. بخار آب موجود در هوا دارای فشار است. اگر فشار بخار آب در دو سمت جدار یکسان باشد مشکلی به وجود نمی‌آید، در غیر این صورت رطوبت از سمت فشار زیاد به درون جداره نفوذ نموده، باعث افزایش هدایت حرارتی جدار از یک طرف و فرسودگی ناشی از خیسی مصالح از طرف دیگر می‌شود. برای حل این مشکل باید از عایق رطوبتی در جداره‌ها استفاده کرد. بروز شرعی به معنی افزایش فشار بخار آب محیط خارج و بروز میعان ناشی از افزایش فشار بخار آب در داخل بنا است. بنابراین در شرایط بروز شرعی، قسمت خارجی جدار، و در شرایط بروز میعان، قسمت داخلی جدار باید دارای پوشش مقاوم به رطوبت باشد.

انتقال رطوبت خاک به بنا از طریق پی و کف صورت می‌گیرد و به سطح آبهای زیر زمینی بستگی دارد. برای جلوگیری از بروز این مشکل باید از عایق رطوبتی در حد فاصل خاک و کف ساختمان استفاده کرد. نفوذ رطوبت یا آب به درون مصالح همراه با افت دما تا نقطه انجماد، موجب بروز یخبندان در جدار و فرسایش آن می‌شود. در این شرایط استفاده از عایق حرارتی برای جلوگیری از افت دمای جدار و یا عایق رطوبتی برای ممانعت از نفوذ آب یا بخار آب به داخل جدار مفید است. رنگهای روغنی، پلی اتیلن، ورق آلومینیوم، اندود قیر از جمله مصالح مقاوم در برابر رطوبت است.

۳- وضعیت جداره‌ها در مقابل تابش

جذب انرژی خورشیدی توسط سطوح خارجی ساختمان موجب افزایش دمای جداره نسبت به دمای محیط می‌شود که آن را دمای خورشید و محیط می‌نامند. این افزایش بستگی به رنگ و جنس جداره، شدت تابش خورشید، اثر خنک کنندگی جریان هوای پیرامون ساختمان و کاهش حرارتی ناشی از تابش ساختمان به محیط خنک اطراف دارد.

سطوح تیره دارای خاصیت جذب کنندگی زیاد و سطوح سفید دارای خاصیت انعکاسی زیاد می‌باشد. در سطوح فلزی براق تابش موجب بالا رفتن درجه حرارت سطح می‌شود زیرا اگر چه سطوح سفید و براق هر دو به یک اندازه تابش آفتاب را منعکس یا جذب می‌کند، سطح سفید رنگ، بیشتر حرارت جذب شده را دوباره به خارج می‌تاباند در صورتی که در مورد سطح فلزی براق این چنین نیست و بنابراین به درجه حرارت بالاتری خواهد رسید. نماهای ساختمان برحسب نرمی و زبری، دارای لایه هوای ساکنی در مجاورت سطح خویش می‌باشند که این لایه در مقابل انتقال حرارت از سطح نما به اطراف مقاومت می‌کند. هر چه سطح نما زبرتر باشد، این لایه

ضخیم‌تر بوده و مقاومت بیشتری در مقابل خروج حرارت از خود نشان می‌دهد. بنابراین نماهای زبر و خشن در برابر آفتاب، نسبت به نماها نرم و صاف، گرم‌تر می‌شوند.

شدت تابش خورشید بستگی به زاویه برخورد اشعه با سطح مورد نظر دارد. بنابراین غیر از مناطق قطبی، در سایر نقاط سطوح افقی بیشترین میزان انرژی را از خورشید دریافت می‌کند. دیوارها بر حسب آن که رو به کدام جهت باشد میزان و زمان دریافت متفاوتی خواهند داشت. در عرضهای میانی نیمکره شمالی دیوارهای رو به جنوب بیشترین میزان تابش را حوالی ظهر زمستان دریافت می‌کنند در حالی که دیوارهای رو به شرق، صبح‌ها و دیوارهای رو به غرب، عصرها بیشترین میزان اشعه تابشی را دریافت می‌کنند. دیوارهای رو به شمال تقریباً از دریافت انرژی خورشید محروم هستند.

مقدار کل دفع یا جذب گرما توسط یک تابش کننده به رابطه متقابل آن با هوای اطراف بستگی دارد، به عبارت دیگر کاهش حرارتی ناشی از تابش ساختمان به محیط، تابع دما و رطوبت هوا است. اختلاف دمای آسمان و هوای محیط به رطوبت هوا بستگی دارد. هر نوع پوشش ابر به شدت قدرت سرمایش آسمان را تقلیل می‌دهد. بنابراین خنک شوندگی تابشی برای مناطق گرم و مرطوب مناسب نمی‌باشد. بیشترین سرمایش تابشی مربوط به مناطق خشک است که آسمان در تابستان صاف و شبها خنک است.

۴- وضعیت جداره‌ها در مقابل باد

باد به دو طریق شرایط داخلی بنا را تحت تأثیر قرار می‌دهد: اول نفوذ به داخل، دوم افزایش تبادل حرارتی با خارج. نفوذ باد به داخل ساختمان از طریق بازشوها و منافذ صورت می‌گیرد، این امر تابع زاویه برخورد باد با سطوح مزبور است. هر قدر جهت وزش باد نسبت به سطح بازشو، به زاویه قائم نزدیکتر باشد، نفوذ باد شدیدتر است. ابعاد بازشوها و درزبندی آنها نیز در این زمینه موثر است.

اساسی ترین عامل در جریان انتقال حرارت بین سطح جداره و هوا، مقدار انرژی است که بین این دو رد و بدل می‌شود. مقدار حرارت هدایت یافته به هوا، به مدت زمانی که هوا در مجاورت سطح می‌باشد، بستگی دارد، یعنی هوایی که به سرعت از روی سطحی عبور می‌کند، انتقال حرارت بیشتری نسبت به هوایی که مجاور سطح ثابت است انجام می‌دهد. بنابراین افزایش تبادل حرارتی ساختمان با محیط خارج به سرعت وزش باد و همچنین دمای هوا بستگی دارد و برای تامین شرایط آسایش انسان در داخل بنا علاوه بر انتخاب مصالح مناسب، باید به محل استقرار، جهت و فرم ساختمان و شکل و ابعاد بازشوها در مقابل باد، نیز توجه نمود.

وضعیت جداره‌ها در شرایط مختلف اقلیمی

علی رغم این که جداره‌های مختلف در برابر هر یک از پدیده‌های جوی عکس العمل خاصی نشان می‌دهند، تأثیر جمعی این پدیده‌ها بر جداره متفاوت است که خصوصیات جداره مناسب شرایط آب و هوایی مختلف ناشی از آن می‌باشد.

۱- شرایط مرطوب

در صورتی که نوسان روزانه دما کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد باشد، رطوبت هوا زیاد است. در چنین وضعیتی استفاده از جداره‌های خازن به منظور بهره‌گیری از خاصیت تأخیر حرارتی ضرورت ندارد، ولی از نظر ممانعت از انتقال سرما و گرما به داخل در شبهای زمستان و روزهای تابستان لازم می‌باشد. در صورت استفاده از جداره سبک، باید از عایق حرارتی در قسمت داخلی جداره استفاده شود تا مانع انتقال گرما یا سرمای ناخواسته به داخل گردد.

در این شرایط به دلیل بالا بودن فشار بخار آب در تابستان، بخار از سطح بیرونی جداره به داخل حرکت می‌کند و در آنجا تبدیل به قطرات آب می‌شود. در فصل تابستان جهت حرکت بخار آب از خارج به داخل و در فصل زمستان مانند مناطق سرد از داخل به خارج است. لذا استفاده از پوشش‌های مقاوم به رطوبت در هر دو سمت جداره و یا ایجاد امکان تهویه و کوران مستمر ضروریست. در این شرایط به دلیل تابش کم خورشید، استفاده از رنگهای تیره در سطوح خارجی بنا بدون اشکال می‌باشد.

۲- شرایط سرد

در شرایطی که دمای هوا پائین‌تر از منطقه آسایش باشد، جداره باید مانع ورود سرما به داخل شده و از پرت حرارتی ساختمان جلوگیری به عمل آورد. هر چه سرما شدیدتر باشد، دمای جداره کاهش یافته و نسبت به دمای تنظیم شده داخل، تفاوت بیشتری می‌یابد. چنانچه اختلاف دمای جداره و هوای داخل بیشتر از ۳- درجه باشد، به دلیل ایجاد عدم تعادل در دمای تابش متوسط محیط، آسایش انسان مختل می‌شود. برای مقابله با این مشکل، پوسته ساختمان باید خازن باشد تا موجب پایداری شرایط حرارتی گردد. عایق حرارتی در قسمت بیرونی جداره، مانع انتقال گرمای ذخیره شده به خارج خواهد شد.

طبق تحقیقات انجام شده چنانچه معدل دمای سردترین ماه، کمتر از صفر درجه سانتیگراد باشد، جداره علاوه بر خازن بودن باید از مصالح و با ضخامتی ساخته شود که تبادل حرارتی هوا به هوای آن (U) کمتر از ۱/۲ وات بر مترمربع درجه سانتیگراد باشد. با کاهش دمای هوا، میزان U نیز باید کاهش یابد. در شرایطی که هدف تأمین احتیاجات حرارتی سالانه ساختمان از طریق منابع معمولی داخلی نظیر چراغ‌های برق، افراد، پخت و پز و غیره باشد، جداره‌هایی با U کمتر از ۰/۲۴ مورد نیاز است. در صورت قرارگیری کف ساختمان روی زمین، کف‌یست عایق حرارتی به صورت عمودی در قسمت بیرونی کرسی چینی تعبیه شود تا از ورود سرما به پی و کف جلوگیری به عمل آورد.

بخار آب موجود در هوای داخل ساختمان بر روی جداره‌هایی که دمای کمتر از نقطه شبنم هوا دارند، تبدیل به قطرات آب شده و به درون آن نفوذ می‌کند. این پدیده میعان نامیده می‌شود. جلوگیری از میعان مستلزم استفاده از مصالح نفوذناپذیر در مقابل رطوبت در سطح داخلی جداره است. در این شرایط بهتر است در سطح خارجی ساختمان، از مصالحی با سطح خشن و رنگ تیره استفاده شود تا بیشترین میزان انرژی حرارتی را از خورشید جذب کند.

۳- شرایط گرم

در شرایطی که در بخش اعظم سال، دمای محیط بالای منطقه آسایش و نوسان روزانه دما زیاد باشد (بیش از ۱۰ درجه)، جداره‌ها باید مانع ورود گرما به داخل شده و از پرت بروود ایجاد شده به خارج ساختمان جلوگیری به عمل آورد. هر چه گرما شدیدتر باشد نقش جداره حساس‌تر می‌شود زیرا در چنین شرایطی، علی‌رغم تنظیم دمای داخل، دمای جداره‌ها تحت تاثیر دمای خارج گرم‌تر از داخل شده و چنانچه اختلاف دمای داخل و سطح درونی جداره بیشتر از ۳+ درجه باشد، موجب عدم آسایش می‌گردد. برای مقابله با این مشکل، جداره باید خازن باشد تا باعث پایداری شرایط حرارتی گردد. با توجه به اینکه جداره خازن مقدار قابل توجهی از گرمای ذخیره شده در خود را با تأخیر زمانی به داخل ساختمان منتقل می‌کند، در مواقع گرم اینگونه جداره‌ها باید حتی‌المقدور در سایه باشند. در صورتی که نوسان دمای روزانه در چنین شرایطی بیش از ۱۵ درجه سانتیگراد باشد، جداره‌ها باید علاوه بر خازن بودن، دارای U کمتر از ۱/۲ برای دیوارها و ۰/۸ برای سقفها باشند.

در این شرایط به دلیل بالا بودن میزان تابش، سطوح خارجی ساختمان باید تا حد امکان دارای بافت نرم و روشن بوده و در مواقع گرم حتی‌المقدور در سایه قرار داده شود.

۴- شرایط گرم و مرطوب

در وضعیتی که علاوه بر بالا بودن دما، رطوبت نیز زیاد باشد (که به تبع آن نوسان دمای روزانه زیاد نیست)، استفاده از جداره‌های خازن نمی‌تواند مفید باشد. در این حالت استفاده از جداره‌های سبک با تأمین U کمتر از ۱/۱ برای سقفها و کمتر از ۲ برای دیوارها ضروریست.

به دلیل بالا بودن فشار بخار آب همراه با دمای زیاد، رطوبت معمولاً از سطح خارجی جداره به داخل نفوذ می‌کند. بنابراین استفاده از عایق رطوبتی قسمت‌های خارجی جداره و یا تأمین تهویه و کوران مستمر ضروریست.

۵- شرایط تا حدودی گرم، تا حدودی سرد

در شرایطی که دمای هوا در طول شبانه روز حوالی منطقه آسایش باشد، یعنی ساعاتی از روز در داخل منطقه آسایش، حوالی ظهر بالای خط آسایش، و شبها زیر منطقه آسایش واقع شود، و در شرایطی که نوسان روزانه دما زیاد، یعنی بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد باشد، می‌توان از خاصیت تأخیر حرارتی مصالح جدار خارجی ساختمان استفاده کرد، زیرا نوسان زیاد دما در زمان محدود موجب ایجاد ناراحتی از نظر گرمایی خواهد شد. سقف و دیوار در این شرایط باید دارای خاصیتی باشند که نوسان روزانه را تعدیل کنند. دیوارها و سقفهای با گنجایش حرارتی زیاد، می‌توانند این نوسان را کاهش دهند به طوری که تغییرات دما در داخل ساختمان تنها ۲۰ - ۱۵٪ نوسان دمای خارج باشد. این کاهش نوسان دمای داخل می‌تواند با تأخیر زمانی نیز همراه باشد، که باید بعد از سرد شدن هوای خارج، داخل ساختمان شود. زمان تأخیر از ۸ تا ۱۴ ساعت قابل قبول است. زمان تأخیر بیشتر یعنی ۲۰ تا ۳۰ ساعت دیگر مفید نخواهد بود زیرا با دوره گرمای روز بعد توأم خواهد شد.

در چنین شرایطی استفاده از زیرزمین چنانچه عمق آبهای زیرزمینی بالا نباشد، مفید است زیرا می‌توان از خاصیت جرم حرارتی زمین که موجب تعدیل نوسانات حرارتی روزانه و سالیانه می‌شود، استفاده کرد. در صورت احداث زیرزمین در زیر ساختمان، کف و دیوارهای آن نیاز به عایق رطوبتی دارند. جداره‌های خارجی طبقات فوقانی در صورتی که در بخشی از سال پدیده میعان رخ دهد، احتیاج به پوشش مقاوم رطوبت در سطح داخلی دارند.

برای پوشش سقفها باید از رنگهای روشن که دارای ضریب جذب کمتر از ۰/۴ باشد، استفاده شود. برای دیوارها می‌توان از رنگ تیره استفاده کرد تا در مواقع سرد گرمای بیشتری جذب کند مشروط براینکه در مواقع گرم در سایه باشند.

پهنه های آب و هوایی ایران

بر اساس مطالعات انجام شده توسط نگارندگان، ایران دارای ۸ پهنه متنوع آب و هوایی به شرح زیر می باشد:

پهنه اقلیمی ۱- شامل نقاط حاشیه دریای خزر، دشت ترکمن صحرا، دشت مغان و ... که دارای تابستانهای نسبتاً گرم و زمستانهای نسبتاً سرد و میزان رطوبت زیاد است. در این اقلیم تأمین آسایش انسان به دلیل رطوبت زیاد بامشکلاتی همراه است. شهرهایی چون آمل، بابل، ساری، لاهیجان، انزلی، آستارا، رشت، گرگان و گنبد در این گروه اقلیمی قرار دارند.

پهنه اقلیمی ۲- شامل مناطق کوهستانی با ارتفاع زیاد است. که دارای تابستانهای مطبوع و زمستانهای بسیار سرد است. در این اقلیم تأمین آسایش انسان در مواقع سرد بامشکلاتی همراه است. شهرهایی نظیر آمل، لار، پلور، لیمقان و سراب دارای این اقلیم هستند.

پهنه اقلیمی ۳- شامل مناطق کوهپایه‌ای نسبتاً مرتفع که دارای تابستانهای تا حدودی گرم و زمستانهای سرد است. در این اقلیم تأمین آسایش انسان هم در مواقع گرم و هم در مواقع سرد بامشکلاتی همراه است. شهرهای زیادی چون ارومیه، خوی، اردکان فارس، تبریز، خوانسار، زنجان، سقز، شهرکرد، قوچان، گلپایگان، مهاباد، میمه و همدان دارای این اقلیم می‌باشند.

پهنه اقلیمی ۴- شامل مناطق کوهپایه‌ای کم ارتفاع که دارای تابستانها و زمستانهای گرمتر از گروه سوم است. در این اقلیم تأمین آسایش انسان هم در مواقع گرم و هم در مواقع سرد بامشکلاتی همراه است. شهرهایی چون سنندج، قزوین، تفرش، کرمانشاه، مشهد، نطنز، اراک، تربت حیدریه، کرمان و ملایر در اقلیم کوهپایه‌های کم ارتفاع قرار دارند.

پهنه اقلیمی ۵- شامل مناطق واقع در دشت‌های مرکزی ایران که دارای تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای سرد است. در این اقلیم تأمین آسایش انسان هم در مواقع گرم و هم در مواقع سرد بامشکلاتی همراه است. شهرهایی چون اردستان، اصفهان، سمنان، سبزوار، شیراز، تهران و یزد در اقلیم دشتی واقع شده‌اند.

پهنه اقلیمی ۶- شامل مناطق واقع در حاشیه کویرهای مرکزی ایران که دارای تابستانهای بسیار گرم و کویری و زمستانهای نسبتاً سرد است. در این اقلیم تأمین آسایش انسان بخصوص در تابستان بامشکلاتی همراه است. شهرهایی چون خور بیابانک، طبس، بم، قم، کاشان و گچسار در اقلیم کویری واقع شده‌اند.

پهنه اقلیمی ۷- شامل بخشهایی از خوزستان و حوزه آبریز جازموریان که دارای تابستانهای بسیار گرم و نیمه خشک و زمستانهای معتدل است. در این اقلیم تأمین آسایش انسان در تابستان با مشکلاتی همراه است. در این اقلیم به دلیل بالا بودن رطوبت نسبی هوا، نمی‌توان همچون مناطق کویری از برودت تبخیری برای خنک کردن محیط به خوبی استفاده کرد. شهرهایی نظیر آبادان، اهواز، دزفول، شوشتر، خرمشهر، مسجد سلیمان و ایرانشهر دارای این اقلیم می‌باشند.

پهنه اقلیمی ۸- شامل سواحل و جزایر خلیج فارس و دریای عمان که دارای تابستانهای بسیار گرم و مرطوب و زمستانهای معتدل است. در این اقلیم تأمین آسایش به دلیل گرمای شدید توأم با رطوبت بالا بامشکلاتی همراه است. شهرهایی چون بندر دیر، بندر لنگه، بندر چاه‌بهار، بندرعباس، بوشهر، جاسک، جزایر خارک، قشم و کیش دارای این اقلیم می‌باشند.

تیپ‌بندی جداره‌ها بر اساس پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران

پس از تعیین پهنه‌های اقلیمی ایران و با توجه به تأثیرات شرایط اقلیمی بر جداره‌ها و در نتیجه تشابه موجود میان خصوصیات پاره‌ای از این جداره‌ها، ۵ تیپ جداره مختلف برای این پهنه‌ها قابل توصیه می‌باشد:

۱- جداره تیپ ۱ (مناسب پهنه اقلیمی ۱)

مناطق واقع در اقلیم ۱ که دارای معدل دمای سردترین ماه بین صفر و ۵ درجه و معدل حداکثر دمای گرم‌ترین ماه بین ۲۸ تا ۳۲ درجه هستند، یک تا دو ماه از سال دمای بالاتر از ۳۰ درجه دارند. غیر از ایستگاه‌های واقع در کنار دریا، بقیه ۲ تا ۱۲ ماه از سال دارای نوسان دمای روزانه بیش از ۱۰ درجه بوده و فاقد نوسان بیش از ۱۵ درجه می‌باشد. در این مناطق تا ۴ ماه از سال احتمال وقوع میعان وجود دارد و پدیده شرجی در بیش از ۳ ماه رخ می‌دهد. یخبندان به ندرت (کمتر از یک ماه) اتفاق می‌افتد.

با توجه به این توضیحات مشکل این مناطق سرما و گرمای نسبی و بروز پدیده شرجی می‌باشد. در این شرایط جداره‌ها می‌توانند دارای ظرفیت حرارتی زیاد (خازن یا سنگین) و یا ظرفیت حرارتی کم (سبک) همراه با عایق حرارتی برای سقف باشد با این شرط که برقراری جریان هوا در داخل ساختمان در مواقع گرم از طریق بازشوها فراهم شده و در مواقع سرد از نفوذ بادهای مزاحم به داخل جلوگیری به عمل آید. در صورت سبک بودن جداره‌ها، سقف با $U = 0.85$ و دیوارها با $U = 0.95$ و در صورت سنگین یا خازن بودن، سقف با $U = 0.22$ ، دیوار غربی $1/2$ $U =$ و سایر دیوارها $1/28$ مناسب‌تر است. تامین سایه در مواقع گرم برای دیوارهای شرقی، غربی و جنوبی ضروری است که در این شرایط استفاده از رنگ تیره برای دیوارهای مزبور بلامانع است. دو سمت جداره‌ها باید بوسیله پوششهای مقاوم رطوبت محافظت شده و یا امکان تهویه و کوران مستمر در مجاورت آنها فراهم باشد. به دلیل بارندگی زیاد در این مناطق، بام باید شیبدار بوده و نماهای رو به باد با استفاده از مصالح نفوذ ناپذیر و یا به طریق دیگر محافظت شود.

۲- جداره تیپ ۲ (مناسب پهنه اقلیمی ۲ و ۳)

کلیه نقاط واقع در اقلیم ۲ و ۳ دارای معدل حداقل دمای سردترین ماه سال کمتر از ۵- درجه سانتیگراد و معدل حداکثر دمای گرم ترین ماه سال ۳۴ - ۲۵ درجه است. این مناطق معمولاً دارای کمتر از ۳ ماه با معدل حداکثر حدود ۳۰ درجه می‌باشد. تقریباً در تمام طول سال بیشتر (از ۱۰ ماه از سال) دارای نوسان دمای روزانه بیش از ۱۰ درجه است که گاه به بالاتر از ۱۵ درجه نیز می‌رسد. در این مناطق ۵ - ۳ ماه از سال شبها حتماً میعان اتفاق می‌افتد. در ۷ - ۵ ماه شب‌ها و تا ۴ ماه روزها احتمال وقوع میعان وجود دارد. در این مناطق شرجی رخ نمی‌دهد. ۳/۵ تا ۵/۵ ماه از سال یخبندان وجود دارد.

با توجه به این توضیحات مشکل اصلی این گونه مناطق سرمای شدید و طولانی و یخبندان های متوالی است که بروز میعان در جداره‌ها را نیز موجب می‌شود.

در چنین شرایطی جداره‌های خارجی باید دارای عایق حرارتی در سطح بیرونی باشد تا از اتلاف حرارت ساختمان جلوگیری شود، در عین حال داشتن ظرفیت حرارتی زیاد (خازن) می‌تواند نقش مهمی در حفظ گرمای تولید شده در داخل بنا ایفا نماید. این جداره‌ها باید از مصالح با ضخامتی ساخته شود که دیوارها دارای $U = 0.85$ و سقف دارای $U = 0.9 - 1.02$ باشد. سطوح خارجی جداره باید با رنگ های تیره و بافت صاف و صیقلی پوشیده شود. همچنین از وزش باد در مواقع سرد به بنا جلوگیری به عمل آمده و درها و پنجره ها درزبندی شود. سطوح داخلی جداره‌ها باید با مصالح مقاوم در برابر نفوذ رطوبت پوشش شود. سطوح خارجی کرسی چینی باید دارای عایق رطوبتی قائم بوده و حداقل تا ارتفاع متعارف برف منطقه با مصالح نفوذ ناپذیر در مقابل رطوبت ساخته شود. به طور کلی بهتر است که سطوح خارجی دیوارها و سقف ها از مصالح مقاوم در برابر آب پوشیده شود تا احتمال آسیب دیدگی مصالح در اثر یخبندان کاهش یابد.

۳- جداره تیپ ۳ (مناسب پهنه اقلیمی ۴ و ۵ و ۶)

مناطق واقع در اقلیم ۴ و ۵ و ۶ که دارای معدل حداقل سردترین ماه بین صفر و ۵- درجه و معدل حداکثر دمای گرم ترین ماه بین ۳۴ تا ۳۸ هستند، معمولاً دارای ۳ تا ۵ ماه با معدل دمای حداکثر ۳۰ درجه می‌باشد. همه ماهها نوسان دمای روزانه بیشتر از ۱۰ درجه و گاه بالاتر از ۱۵ درجه دارند. در این ایستگاهها شبها بین ۱ تا ۳ ماه حتماً و ۳ تا ۵ ماه احتمالاً میعان اتفاق می‌افتد. بروز پدیده شرجی در این اقلیم مشاهده نمی‌شود. در حدود ۳/۵ - ۱/۵ ماه از سال یخبندان وجود دارد.

با توجه با این توضیحات مشکل این مناطق گرما و سرمای نسبی و یخبندان و میعان در پاره ای از ایام زمستان است.

در چنین شرایطی جداره‌ها باید علاوه بر ظرفیت حرارتی زیاد (خازن)، از مصالح و با ضخامتی ساخته شود که سقف دارای $U = 1/22 - 1/02$ ، دیوار جنوبی و شرقی $U = 1/5$ و دیوار شمالی $U = 1/28 - 0/85$ و دیوار غربی $U = 1/2$ باشد. استفاده از رنگ روشن برای بام ضروری است. رنگ تیره برای دیوارهای جنوبی، شرقی و غربی به شرط تامین سایه در مواقع گرم، بلامانع می‌باشد. بافت سطوح خارجی باید زبر و ناهموار باشد. از عایق رطوبتی باید در جداره‌های زیرزمین و پشت بام و از پوشش‌های مقاوم رطوبت در سطوح داخلی جداره‌ها بهره گرفت. قسمت پایین جداره‌های خارجی که در تماس با زمین قرار دارد، حداقل تا ارتفاع متعارف برف منطقه باید با مصالح نفوذ ناپذیر در مقابل رطوبت ساخته شود.

۴- جداره تیپ ۴ (مناسب پهنه اقلیمی ۷)

مناطق واقع در اقلیم ۷ که دارای معدل حداقل سردترین ماه بین صفر تا ۱۰ درجه و معدل حداکثر دمای گرم‌ترین ماه بین ۳۸ تا ۴۶ هستند، ۵ تا ۷ ماه دمای بالاتر از ۳۰ درجه دارند. نوسان دمای روزانه همیشه بیشتر از ۱۰ درجه و در ۶ تا ۱۲ ماه از سال بیش از ۱۵ درجه می‌باشد. در این مناطق تا ۴ ماه از سال شب‌ها احتمال بروز میعان وجود دارد. شرحی اتفاق نمی‌افتد. یخبندان به ندرت (کمتر از یک ماه) رخ می‌دهد.

با توجه با این توضیحات مشکل این مناطق گرمای شدید و نوسان روزانه بالاست.

در چنین شرایطی جداره‌ها باید علاوه بر ظرفیت حرارتی زیاد (خازن)، از مصالح و با ضخامتی ساخته شود که سقف دارای $U = 0/8$ ، دیوار جنوبی $U = 1/6$ و دیوارهای شرقی و غربی $U = 0/9$ باشد. به طور کلی رنگ روشن و بافت ناهموار برای کلیه سطوح خارجی و تامین سایه برای دیوارهای شرقی، غربی و جنوبی توصیه می‌شود.

۵- جداره تیپ ۵ (مناسب پهنه اقلیمی ۸)

مناطق واقع در اقلیم ۸ که دارای معدل حداقل سردترین ماه بیش از ۱۰ درجه و معدل حداکثر دمای گرم‌ترین ماه بین ۳۵ تا ۳۸ هستند، ۶ تا ۸ ماه دمای بالاتر از ۳۰ درجه دارند. نوسان دمای روزانه غالباً کمتر از ۱۰ درجه است (غیر از ۲ تا ۳ ماه از سال). میعان و یخبندان اتفاق نمی‌افتد اما در نیمی از سال شرحی رخ می‌دهد.

با توجه با این توضیحات مشکل این مناطق گرمای شدید و بروز پدیده شرحی است.

در این شرایط جداره‌ها می‌توانند دارای ظرفیت حرارتی کم (سبک) همراه با عایق حرارتی برای سقف باشد و از مصالح و با ضخامتی ساخته شود که سقف‌ها دارای $U = 1/1$ و دیوارها دارای $U = 1/65$ بوده و از رنگ روشن و بافت ناهموار و خشن پوشیده شود. دیوارهای خارجی باید در مواقع گرم در سایه قرار داشته و برای بهبود شرایط داخلی بنا جریان هوا را از خود عبور دهد. استفاده از پوشش‌های مقاوم رطوبت در سطح خارجی نما و یا ایجاد امکان تهویه و کوران دائمی هوا در داخل و خارج ساختمان ضروری است.

جمع بندی

از آنچه گفته شد می‌توان نتیجه گرفت که در پهنه‌های سرد استفاده از عایق حرارتی مناسب‌تر است در حالیکه در پهنه‌های گرم و خشک مصالح خازن کارایی بیشتری دارند. در پهنه‌های مرطوب مصالح سبک ، همراه با عایق حرارتی برای بام توصیه می‌شود.

جزئیات جداره در اقلیم ۱ (جداره تیپ ۱)

سطح خارجی جدار		محل عایق (۱)				سرعت انتقال حرارت زمان تأخیر	ضریب انتقال حرارت فاکتور U	ظرفیت حرارتی جدار	جداره مناسب اقلیم
		رطوبتی		حرارتی					
رنگ	بافت	خارجی	داخلی (۳)	خارجی	داخلی (۲)	ساعت	w/m2c		واحد
آزاد (۵)	آزاد	**	-		**	۰-۴	۰/۸۵	کم	بام (۴)
هموار (۶)	آزاد				-	۸-۱۴	۱/۲۲	زیاد	
آزاد	آزاد	-	-		*	۰-۵	۰/۹۵	کم	دیوار شمالی
آزاد	آزاد				-	۸-۱۴	۱/۲۸	زیاد	
آزاد	آزاد	-	-		*	۰-۵	۰/۹۵	کم	دیوار جنوبی (۷)
آزاد	آزاد				-	۸-۱۴	۱/۲۸	زیاد	
آزاد	آزاد	-	-		*	۰-۵	۰/۹۵	کم	دیوار شرقی (۷)
آزاد	آزاد				-	۱۰-۱۶	۱/۲۸	زیاد	
هموار	آزاد	*	-		*	۰-۵	۰/۹۵	کم	دیوار غربی
هموار	آزاد				-	۶-۱۴	۱/۲	زیاد	
		-	**		-			زیاد	کف

(۱) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره ضروری است **

پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره توصیه می شود *

پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره موردی ندارد -

(۲) در این اقلیم سیستم «جداره‌های سرد» یا پیش بینی عایق حرارتی در سمت داخل توصیه می‌شود.

(۳) توصیه می شود جداره‌ها از سمت داخل با مصالح مقاوم رطوبت برای مقابله با میعان پوشش شود.

(۴) بام شبیدار برای تخلیه سریع آب باران توصیه می‌شود.

(۵) رنگ (تیره، روشن، ...) و بافت سطوح خارجی محدودیت اقلیمی ندارد.

(۶) سطوح صاف، متراکم و مقاوم نفوذ حرارت توصیه می‌شود.

(۷) ایجاد سایه روی سطوح تیره در مواقع گرم توصیه می‌شود.

شرایط انتخاب مصالح و نگهداری ساختمان در اقلیم ۱

جزئیات جداره		نکات مهم در رابطه با انتخاب مصالح و نگهداری	مشکلات	هدف
زمان تأخیر	U			
۶-۱۴	۱/۲-۱/۲۸	استفاده از مصالح خازن یا سبک با عایق حرارتی در سقف	سرما و گرما	تأمین آسایش انسان
۰-۵	۰/۵۸-۰/۹۵	استفاده از مصالح مقاوم به رطوبت با تهویه مناسب	رطوبت	
عایق رطوبتی در سطح خارجی		استفاده از مصالح مقاوم در برابر رطوبت و آب	شرجی	سازگاری با اقلیم
عایق رطوبتی در سطح داخلی			میعان	
عایق رطوبتی در جبهه کج باران			کج باران	

شرایط اجرای ساختمان در اقلیم ۱

هدف	مشکلات	نکات مهم در رابطه با اجرای ساختمان
قابلیت اجرا	سرما	چاره اندیشی برای اجرا در دمای کمتر از ۵ درجه
	شرجی	دقت در میزان آب مصالح و ملات‌ها

جزئیات جداره در اقلیم ۲ و ۳ (جداره تیپ ۲)

سطح خارجی جدار		محل عایق (۲)				سرعت انتقال حرارت زمان تأخیر (۱)	ضریب انتقال حرارت فاکتور U	ظرفیت حرارتی جدار	جداره مناسب اقلیم ۲ و ۳
		رطوبتی		حرارتی					
بافت	رنگ	خارجی (۵)	داخلی (۴)	خارجی	داخلی (۳)	ساعت	w/m2c		واحد
هموار (۷)	تیره	**		**		-	۰/۹-۱/۰۲	زیاد	بام
هموار	تیره	-		*		-	۰/۸۵-۰/۸۹	زیاد	دیوار شمالی
هموار	تیره	-		*		-	۰/۸۵-۰/۸۹	زیاد	دیوار جنوبی
هموار	تیره	-		*		-	۰/۸۵-۰/۸۹	زیاد	دیوار شرقی
هموار	تیره	-		*		-	۰/۸۵-۰/۸۹	زیاد	دیوار غربی
-	-	-	**	-		-	-	زیاد	کف

(۸) در این اقلیم تا حد امکان باید مانع تبادل حرارتی جداره‌ها شد.

(۹) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره ضروری است

** پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره توصیه می‌شود

*

- پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره موردی ندارد

(۱۰) در این اقلیم سیستم «جداره‌های گرم» یا پیش بینی عایق حرارتی در سمت خارج توصیه می‌شود.

(۱۱) توصیه می‌شود جداره‌ها از سمت داخل با مصالح مقاوم رطوبت برای مقابله با میعان پوشش شود.

(۱۲) عایق رطوبتی در سطح خارجی جداره‌ها تا ارتفاع بیشترین برف منطقه ضروری است.

(۱۳) بام با شیب زیاد توصیه می‌شود.

(۱۴) سطوح صاف، متراکم و مقاوم نفوذ حرارت توصیه می‌شود.

شرایط انتخاب مصالح و نگهداری ساختمان در اقلیم ۲ و ۳

جزئیات جداره		نکات مهم در رابطه با انتخاب مصالح و نگهداری	مشکلات	هدف
زمان تأخیر	U			
	۰/۸۵-۱/۲۰	استفاده از مصالح خازن و عایق حرارتی	سرما و گرما	تأمین آسایش انسان
عایق حرارتی در سطوح خارجی		استفاده از مصالح مقاوم به دمای کمتر از صفر درجه	سرما	
		استفاده از مصالح مقاوم به نوسان بیش از ۱۵ درجه	نوسان دما	
پوشش مقاوم به رطوبت در سطوح داخلی		استفاده از عایق رطوبتی یا مصالح مقاوم به رطوبت	میعان	سازگاری با اقلیم
پوشش مانع نفوذ آب در سطوح خارجی رو به باد		استفاده از مصالح مقاوم به رطوبت و جلوگیری از نفوذ آب	کج باران *	
پوشش مانع نفوذ آب در سطوح خارجی تا ارتفاع برف منطقه			ذوب و انجماد	
رنگ تیره با بافت هموار در سطوح خارجی		استفاده از مصالح با رنگ ثابت	شدت تابش	

شرایط اجرای ساختمان در اقلیم ۲ و ۳

هدف	مشکلات	نکات مهم در رابطه با اجرای ساختمان
قابلیت اجرا	سرما	چاره اندیشی برای اجرا در دمای کمتر از صفر درجه
	گرما	چاره اندیشی برای اجرا در دمای بیشتر از ۳۰ درجه
	نوسان دما *	چاره اندیشی برای اجرا در نوسان دمای بیش از ۱۵ درجه
	ذوب و انجماد	مقابله با پدیده ذوب و انجماد در زمان اجرا

* این مشکل تنها در پاره ای از این مناطق وجود دارد.

جزئیات جداره در اقلیم ۴ و ۵ و ۶ (جداره تیپ ۳)

سطح خارجی جدار		محل عایق (۱)				سرعت انتقال حرارت زمان تأخیر	ضریب انتقال حرارت فاکتور U	ظرفیت حرارتی جدار	جداره مناسب اقلیم ۴ و ۵ و ۶
		رطوبتی		حرارتی (۲)					
بافت (۵)	رنگ (۴)	خارجی (۳)	داخلی	خارجی	داخلی	ساعت	w/m2c		واحد
ناهموار	روشن	**	-	*		۸-۱۴	۱/۲۰-۱/۲۲	زیاد	بام
ناهموار	آزاد	-	-			۸-۱۴	۰/۸۵-۱/۲۸	زیاد	دیوار شمالی
ناهموار	روشن یا تیره	-	-			۸-۱۴	۱/۵	زیاد	دیوار جنوبی
ناهموار	روشن یا تیره	-	-			۱۰-۱۶	۱/۵	زیاد	دیوار شرقی
ناهموار	روشن یا تیره	-	-			۶-۱۴	۱/۲	زیاد	دیوار غربی
-	-		*	-		-	-	زیاد	کف

(۱۵) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره ضروری است

** پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره توصیه می‌شود

*

-

پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره موردی ندارد

(۱۶) در صورت استفاده از سیستم‌های حرارتی و یا برودتی مکانیکی فعال، جداره‌های با ظرفیت حرارتی کم همراه با عایق حرارتی

توصیه می‌شود.

(۱۷) توصیه می‌شود جداره‌ها از سمت داخل با مصالح مقاوم رطوبت برای مقابله با میعان پوشش شود.

(۱۸) ایجاد سایه روی سطوح تیره در مواقع گرم توصیه می‌شود.

(۱۹) سطوح زبر، متخلخل و سایه دار توصیه می‌شود.

شرایط انتخاب مصالح و نگهداری ساختمان در اقلیم ۴ و ۵ و ۶

جزئیات جداره		نکات مهم در رابطه با انتخاب مصالح و نگهداری	مشکلات	هدف
زمان تأخیر	U			
۶-۱۶	۰/۸۵-۱/۵	استفاده از مصالح خازن	سرما و گرما	تأمین آسایش انسان
عایق حرارتی در سطوح خارجی		استفاده از مصالح مقاوم به دمای کمتر از صفر درجه	سرما	سازگاری با اقلیم
		استفاده از مصالح مقاوم به نوسان بیش از ۱۵ درجه	نوسان دما	
پوشش مقاوم به رطوبت در سطوح داخلی		استفاده از عایق رطوبتی یا مصالح مقاوم به رطوبت	میعان	
پوشش مانع نفوذ آب در سطوح خارجی رو به باد		استفاده از مصالح مقاوم به رطوبت و جلوگیری از نفوذ آب	کج باران *	
پوشش مانع نفوذ آب در سطوح خارجی تا ارتفاع برف منطقه			ذوب و انجماد	
رنگ تیره با بافت هموار در سطوح خارجی		استفاده از مصالح با رنگ ثابت	شدت تابش	

شرایط اجرای ساختمان در اقلیم ۴ و ۵ و ۶

هدف	مشکلات	نکات مهم در رابطه با اجرای ساختمان
قابلیت اجرا	گرما	چاره اندیشی برای اجرا در دمای بیشتر از ۳۰ درجه
	سرما	چاره اندیشی برای اجرا در دمای کمتر از صفر درجه
	نوسان دما *	چاره اندیشی برای اجرا در نوسان دمای بیش از ۱۵ درجه
	ذوب و انجماد	مقابله با پدیده ذوب و انجماد در زمان اجرا

* این مشکل تنها در پاره ای از این مناطق وجود دارد.

جزئیات جداره در اقلیم ۷ (جداره تیپ ۴)

سطح خارجی جدار	محل عایق (۱)					سرعت انتقال حرارت زمان تأخیر	ضریب انتقال حرارت فاکتور U	ظرفیت حرارتی جدار	جداره مناسب اقلیم ۷
	رطوبتی		حرارتی						
رنگ	بافت (۴)	خارجی (۳)	داخلی	خارجی (۲)	داخلی	ساعت	w/m2c		واحد
روشن	ناهموار	**		*		۸-۱۴	۰/۸	زیاد	بام
روشن	ناهموار	-		-		۸-۱۴	۰/۸	زیاد (۳)	دیوار شمالی
روشن	ناهموار	-		-		۸-۱۴	۱/۶	زیاد (۳)	دیوار جنوبی
روشن	ناهموار	-		-		۱۰-۱۶	۰/۹	زیاد (۳)	دیوار شرقی
روشن	ناهموار	-		-		۶-۱۴	۰/۹	زیاد (۳)	دیوار غربی
-	-		*	-		-	-	زیاد	کف

(۲۰) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره ضروری است

(۲۱) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره توصیه می شود

(۲۲) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره موردی ندارد

(۲۳) در صورت استفاده از سیستم های حرارتی و یا برودتی مکانیکی فعال، جداره های با ظرفیت حرارتی کم همراه با عایق حرارتی توصیه می شود.

(۲۴) ایجاد سایه روی جداره ها در مواقع گرم توصیه می شود.

(۲۵) سطوح زیر، متخلخل و سایه دار توصیه می شود.

شرایط انتخاب مصالح و نگهداری ساختمان در اقلیم ۷

جزئیات جداره		نکات مهم در رابطه با انتخاب مصالح و نگهداری	مشکلات	هدف
زمان تأخیر	U			
۶-۱۶	۰/۸-۱/۶	استفاده از مصالح خازن	سرما و گرما	تأمین آسایش انسان
		استفاده از مصالح مقاوم به نوسان بیش از ۱۵ درجه	نوسان دما	سازگاری با اقلیم
پوشش مانع نفوذ آب در سطوح خارجی		استفاده از مصالح مقاوم به رطوبت و جلوگیری از نفوذ آب	شرجی *	
رنگ روشن با بافت ناهموار در سطوح خارجی		استفاده از مصالح با رنگ ثابت	شدت تابش	

شرایط اجرای ساختمان در اقلیم ۷

هدف	مشکلات	نکات مهم در رابطه با اجرای ساختمان
قابلیت اجرا	گرما	چاره اندیشی برای اجرا در دمای بیشتر از ۳۰ درجه
	سرما	چاره اندیشی برای اجرا در دمای کمتر از صفر درجه
	نوسان دما	چاره اندیشی برای اجرا در نوسان دمای بیش از ۱۵ درجه
	شرجی	دقت در میزان آب مصالح و ملاتها

* این مشکل تنها در پاره‌ای از این مناطق وجود دارد.

جزئیات جداره در اقلیم ۸ (جداره تیپ ۵)

سطح خارجی جدار (۲)		محل عایق (۱)				سرعت انتقال حرارت زمان تأخیر	ضریب انتقال حرارت فاکتور U	ظرفیت حرارتی جدار (۳)	جداره مناسب اقلیم ۸
		رطوبتی		حرارتی					
بافت	رنگ	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی (۴)	ساعت	w/m2c		واحد
هموار (۷)	روشن	**	-	-	**	۰-۳	۱/۱	کم (۶)	بام (۵)
ناهموار (۸)	روشن	-	-	-		۰-۵	۱/۵۶	کم (۶)	دیوار شمالی
ناهموار	روشن	-	-	-		۰-۵	۱/۵۶	کم (۶)	دیوار جنوبی
ناهموار	روشن	-	-	-		۰-۵	۱/۵۶	کم (۶)	دیوار شرقی
ناهموار	روشن	-	-	-		۰-۵	۱/۵۶	کم (۶)	دیوار غربی
		-	**	-		-	-	-	کف

(۲۶) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره ضروری است

(۲۷) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره توصیه می‌شود

(۲۸) پیش بینی عایق در سمت داخل یا خارج جداره موردی ندارد

(۲۹) سطوح خارجی جداره‌ها از مصالح مقاوم به رطوبت برای مقابله با شرجی پوشش شود.

(۳۰) در صورت استفاده از خنک کننده های مکانیکی، مقاومت حرارتی جداره‌ها زیاد و در شرایط سخت همراه با عایقهای حرارتی پیش‌بینی شود.

(۳۱) در این اقلیم «سیستم جداره‌های سرد» یا پیش بینی عایق حرارتی در سمت داخل توصیه می‌شود.

(۳۲) بام با شیب کم یا مسطح توصیه می‌شود.

(۳۳) ایجاد سایه روی جداره‌ها در مواقع گرم توصیه می‌شود.

(۳۴) سطوح صاف، متراکم و مقاوم در برابر نفوذ رطوبت توصیه می‌شود.

(۳۵) سطوح زبر، متخلخل و سایه دار توصیه می‌شود.

شرایط انتخاب مصالح و نگهداری ساختمان در اقلیم ۸

جزئیات جداره		نکات مهم در رابطه با انتخاب مصالح و نگهداری	مشکلات	هدف
زمان تأخیر	U			
۵-۰	۱/۱-۱/۵۶	استفاده از مصالح سبک با عایق حرارتی در سقف	گرما	تأمین آسایش انسان
		استفاده از مصالح مقاوم به رطوبت با تهویه مناسب	رطوبت	
پوشش مانع نفوذ آب در سطوح خارجی		استفاده از مصالح مقاوم به رطوبت و جلوگیری از نفوذ آب	شرجی	سازگاری با اقلیم
رنگ روشن با بافت ناهموار در سطوح خارجی با تأمین سایه		استفاده از مصالح با رنگ ثابت	شدت تابش	

شرایط اجرای ساختمان در اقلیم ۸

هدف	مشکلات	نکات مهم در رابطه با اجرای ساختمان
قابلیت اجرا	گرما	چاره اندیشی برای اجرا در دمای بیشتر از ۳۰ درجه
	شرجی	دقت در میزان آب مصالح و ملاتها

فهرست منابع:

- ۱- آموروسو و فاسینا، «فرسودگی سنگ و حفاظت از آن»، ترجمه رسول وطن دوست، سازمان میراث فرهنگی کشور، تهران، ۱۳۷۰.
- ۲- بادیک و جین، «مکانیک چوب و فراورده های مرکب آن»، ترجمه قنبر ابراهیمی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۶۸.
- ۳- بدیعی، ربیع، «جغرافیای مفصل ایران»، جلد اول، مؤسسه اقبال، تهران، ۱۳۶۷.
- ۴- پوردیهیمی، شهرام، «اصول انتقال حرارت»، نشریه صفا شماره ۱۰-۹، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۷۲.
- ۵- حامی، احمد، «مصالح ساختمان»، دانشکده پلی تکنیک تهران، تهران، ۱۳۵۸.
- ۶- چرنین، «شیمی و فیزیک سیمان برای مهندسين راه و ساختمان»، ترجمه مهندس عزیزیان، شرکت مهندسی و قطعات سیمان ایران، بی جا، ۱۳۶۴.
- ۷- «سالنامه های هواشناسی»، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ۱۳۴۹ تا ۱۳۷۶.
- ۸- سید عسگری، نرمین، «آسیب دیدگیهای بتن، علل و عوامل آن»، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۶۶.
- ۹- رازجویان، محمود، «آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم»، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۶۷.
- ۱۰- رازجویان، محمود، «آسایش در پناه باد»، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۷۹.

- ۱۱- ریاضی، جمشید، «اقلیم و آسایش در ساختمان»، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۵۶.
- ۱۲- ریاضی، جمشید، «اتلاف حرارت و میعان در ساختمانهای متداول»، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۶۹.
- ۱۳- ریاضی، جمشید، حسین اسلامی، «عملکرد عایقکاری حرارتی در ساختمان و بهینه سازی آن»، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۶۹.
- ۱۴- شورای جهانی تحقیقات، مطالعات و مدارک ساختمانی CIB، «توصیه های بین المللی برای طرح و اجرای سازه های بنایی غیر مسلح و مسلح»، ترجمه کامران مالکی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۷۰.
- ۱۵- صمیمی، جلال، «انرژی خورشیدی برای ایران»، مجله فیزیک، تهران، ۱۳۶۴.
- ۱۶- طاهباز، منصوره، «آسایش در فضاهای باز و معابر»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۶۹.
- ۱۷- طاهباز، منصوره، «تأثیر کج باران بر نمای ساختمان»، نشریه صفا شماره ۱۸-۱۷، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۷۴.
- ۱۸- طاهباز، منصوره، شهربانو جلیلیان، «مقررات و معیارهای طراحی و اجرایی جزئیات تیپ ساختمانی»، جلد اول، «اقلیم و ویژگی های ساختمانی»، دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان برنامه و بودجه، تهران، ۱۳۷۷.
- ۱۹- طاهباز، منصوره، شهربانو جلیلیان، «اصول طراحی معماری همساز با اقلیم در ایران، با رویکرد به معماری مسجد»، دفتر فنی آموزشی پژوهشی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی به سفارش وزارت مسکن و شهرسازی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، در دست چاپ.
- ۲۰- طاهباز، منصوره، شهربانو جلیلیان، جزوات تهیه شده در مورد معماری همساز با اقلیم در شهرهای مختلف ایران، منتشر نشده.
- ۲۱- قائمی، هوشنگ، «مبانی هواشناسی»، انتشارات دانشگاه ملی ایران (شهید بهشتی)، تهران، ۱۳۵۷.
- ۲۲- کاویانی، محمد رضا، «بررسی اقلیمی پدیده شرجی در سواحل و مناطق جنوب کشور»، نشریه جغرافی دانان ایران، تهران، ۱۳۶۰.
- ۲۳- کباری، سیاوش، «مصالح شناسی»، انتشارات قائم، تهران، ۱۳۷۱.
- کنسبرگر و همکاران، «راهنمای طراحی اقلیمی»، ترجمه مرتضی کسمایی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۶۸.
- ۲۵- گلبادهای تعدادی از شهرهای کرانه های جنوبی ایران، سازمان هواشناسی کشور، آمار سی ساله.
- ۲۶- مسترز و برانت، «پیش بینی عمر مفید مصالح و اجزاء ساختمان»، ترجمه مهرآسا خانپور، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۶۹.
- ۲۷- نشریه شماه ۵۵، «مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی»، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، سازمان برنامه و بودجه، تهران، ۱۳۷۳.
- ۲۸- واتسون - داندل، لب - کنت، «طراحی اقلیمی»، اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان، ترجمه وحید قبادیان، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۷۲.
- ۲۹- هنربخش، حسن، «اصول انتقال حرارت»، هنرهای عالی، تهران، ۱۳۴۸.