ارتقاء کارکرد سرمایشی و تهویه‌ای بنا با استفاده از اجزاء پیش‌آمده پوسته‌های خارجی*

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۲۸
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۲/۹/۲

زهرا سخندان سرخابی ـ محمدعلی خانمحمدی*****

چکیده

در مقاله حاضر، راهکار نوینی برای ارتقاء کیفیت سرمایشی و تهویه‌ای بنا با استفاده از اجزای پیش‌آمده پوسته‌های خارجی مانند سایبان‌ها ارائه شده است. در فصول گرم، هوای گرم بالا آمده، عامل بالقوه‌ای در افزایش گرمایش تابشی فضا محسوب می‌شود که تنها راهکار ایستا، دفع آن به واسطه پدیده دودکشی است. لیکن در پاره‌ای از موارد، به دلیل بادهای نامطلوب و رطوبت نسبی بالا، امکان هدایت جریان هوا به داخل بنا و تخلیه هوای گرم به حداقل می‌رسد، پس ضرورت به کار بستن سامانه‌ای که بتواند بدون ورود جریان هوا از بیرون به داخل و صرف هزینه قابل‌توجه، به تهویه و سرمایش فضا بپردازد، اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. جهت دستیابی به هدف مذکور در مقاله، با مطالعه خصوصیات منطقه‌ای ارسباران شمالی مانند پوشش گیاهی انبوه، بادهای متنوع و همچنین خصوصیات تابشی اجزاء پوسته خارجی بنا، سامانه‌ای طراحی گردید که با تبدیل حجم توپر لبه‌های پیش‌آمده سایبان‌ها به احجام توخالی، جایگذاری یک تیغه جمع‌کننده آب در قسمت میانی و همچنین استفاده از کارکرد ترکیبی جریان هوا و پوشش گیاهی در قسمت فوقانی آن، کارکرد مؤثری را ایجاد کرده و بدون دخالت هیچ نوع انرژی پویا، چرخه ایستای سرمایش و تهویه را در بنا دایر ساخت. پژوهش حاضر از نوع تحقیقات توسعه‌ای است و به روش موردی و تحلیلی صورت گرفته است. نتایج حاصل از آزمایش و مشاهدات محلی، بیانگر کارآمدی و اقتصادی بودن کارکرد این سامانه در منطقه هدف می‌باشد.

واژگان کلیدی: تهویه، سامانه ایستا، لبه پیش‌آمده، هوای گرم بالا آمده، پوشش گیاهی.

* این مقاله بر گرفته از بخشی از رساله کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان «طراحی مجموعه توریستی تفریحی قلعه دره سی با نگاهی به روش‌های بهینه‌سازی عملکرد ساختمان‌ها از نظر انرژی» با راهنمایی آقای دکتر محمدعلی خانمحمدی در گروه معماری دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران می‌باشد.

** دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی معماری پایدار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
Email: Zahra.sokhandan@gmail.com

*** استادیار معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

مقدمه

با ظهور معماری پایدار و بحران انرژی، تأمین نیازهای سرمایشی و گرمایشی بنا، با صرف حداقل هزینه و منابع، ضرورت یافت (Azarbayjani, Mofidi, 2003, p. 349). معمار معاصر همواره به دنبال راهکارهایی بود که با استفاده حداکثر از انرژی و امکانات تجدیدپذیر محیطی، حوزه گسترده‌تری از آسایش را در بناها ایجاد کند (Gholshani et al., 2009, p. 2)، او همواره در تلاش بود که عوامل تشدیدکننده نیازهای گرمایشی و سرمایشی را در داخل بنا به حداقل برساند. یکی از این عوامل در مناطق گرم، هوای گرم بالا آمده است که عامل بالقوه‌ای در افزایش گرمایش تابشی فضا محسوب می‌شود (Noruzian maleki et al., 2009, p. 21) و تنها راهکار رایج دفع آن از بنا، استفاده از بازشوهایی در سقف است که با تخلیه هوای گرم به بیرون از بنا، آسایش حرارتی را در فضای داخلی ایجاد می‌کند (Gholshani et al., 2009, p. 4)، اما در بعضی از مناطق، به دلیل عواملی مانند بادهای نامطلوب و یا رطوبت نسبی بالا، امکان استفاده از بازشوها به حداقل رسیده است، که راهکاری را برای تأمین نیازهای سرمایشی، بدون دخول و خروج جریان هوا و صرف هزینه می‌طلبد. مسأله اصلی پژوهش این است که آیا می‌توان از هوای گرم بالا آمده در داخل فضا برای تولید سرمایش ایستا بهره جست؟ که برای پاسخگویی به آن باید به سؤالات زیر نیز پاسخ داد:

۱ـ آیا می‌توان سامانه ایستایی را طراحی کرد که با استفاده از هوای گرم بالا آمده، سرمایش ایستا ایجاد کند و هوای گرم به عنوان نوعی انرژی تجدید پذیر، برای خنک کردن و تهویه فضا به کار گرفته شود؟

۲ـ چه امکانات و قابلیت‌هایی از محیط و بنا می‌توانند در تبدیل هوای گرم بالا آمده به عامل سرمایشی و تهویه‌ای بنا کمک کنند؟

از دیرباز راهکارهای مختلفی جهت ایجاد سرمایش ایستا در بنا به کار بسته می‌شد که این راهکارها، در حال حاضر نیز به کار بسته می‌شوند. یکی از اولین راه‌حل‌ها برای سرمایش، استفاده از سایه اجزای طبیعی بود که سرمایش را در مجاورت پوسته خارجی بنا ایجاد می‌کرد (Moore, 2003, p. 227). در گام بعدی راهکارهایی برای سرمایش داخلی ارائه شد، که یکی از متداول‌ترین این راهکارها، بلندتر ساختن سقف‌ها بود، تا هوای گرم در بخش فوقانی فضا جمع شود (Arnold, 1980, p. 715) و سپس از طریق پنجره‌های زیر سقفی به بیرون هدایت شود (Mofidi, et al., 2009, p. 15)، راهکار دیگر ساختن کانال‌هایی بود که هوای گرم را دریافت کرده و آن را در انباره‌های حرارتی برای شب ذخیره می‌کرد (Noruzian maleki et al., 2009, p. 26)، در موارد دیگر، کانال‌های عمودی، صرفاً برای دفع گرما به وسیله پدیده دودکشی ایجاد می‌شدند (Shoarian et al., 2013, p. 498) و یا به نوعی گرمای موجود، اتلاف شده و برای کارکرد گرمایشی ذخیره می‌شد (Roaf & Fuentes, 2003, p. 123)، در راهکارهای پیشین همواره راهی برای دفع گرمای بالا آمده از فضا، به نحوی که هیچ مزیتی در کوتاه مدت ایجاد نشود، استفاده می‌شد، درحالی‌که هدف نویسنده این است که تهدیدی مانند هوای گرم بالاآمده را به منبعی در دسترس برای رسیدن به سرمایش ایستا تبدیل کند و مانع هدررفت انرژی فضای داخلی بنا شود. در این مقاله از هوای گرم بالاآمده در داخل فضاهای پیش‌آمده پوسته خارجی، به عنوان منبع ارزشمند انرژی جهت ایجاد سرمایش و تهویه بالاخص رطوبت زدایی استفاده شده است، بدون اینکه هیچ نوع انرژی پویایی در این فرآیند به آن کمک کند. در اثر ترکیب خصوصیات الگوهای طبیعی جریان هوا و سرمایش تابشی تولید شده توسط پوشش گیاهی، رطوبت هوای گرم بالاآمده به قطرات آب تبدیل شده و برای استفاده‌های بعدی ذخیره شده است. همچنین با تابش سرمایشی پوشش گیاهی، به واسطه یک عنصر میانی مانند محفظه‌ای مسی و با بکار بستن قابلیت ظرفیت حرارتی آب در ترکیب با آن، هوای گرم بالا آمده به هوای سردی مبدل شده که بدون دخول هیچ نوع جریان هوای خارجی تولید شده است. در فرآیند پژوهش، ابتدا به مطالعه خصوصیات سامانه۱های رایج مانند استفاده از پوشش گیاهی و الگوهای جریان هوا به صورت کتابخانه‌ای و اینترنتی پرداخته شده است و پس از مطالعات موردی خصوصیات محیطی منطقه ارسباران شمالی، اجزای مناسب برای ایجاد سامانه‌های جدید در پوسته‌های خارجی بنا، بالاخص لبه‌های پیش‌آمده مانند سایبان‌ها، با تحلیل اطلاعات، شناسایی شده و با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های رایج انرژی و فیزیکی مواد و به روش توسعه‌ای، سامانه جدیدی وابسته به نیازهای منطقه طراحی شده است، که کارکرد آن به صورت تجربی با استفاده از یک آزمایش جزء اثبات شده است. سامانه مذکور به نوعی طراحی شده است که با استفاده از خصوصیات هوای گرم بالا آمده، پوشش گیاهی و الگوهای جریان هوا در اجزای پوسته خارجی، کارکرد سرمایشی و تهویه‌ای ایجاد کند. جهت ممانعت از دخول رطوبت مازاد منطقه به داخل بنا، سامانه‌های مورد طراحی باید به حالت تابشی طراحی شوند. تصاویر تحلیلی کارکرد سامانه در متن مقاله به متخصص انرژی ارائه شده و تأیید کارکرد آن گرفته شده است. همچنین نتیجه مشاهدات محلی و یک آزمایش تجربی در یک واحد مسکونی در منطقه ارسباران شمالی، میزان بازدهی سامانه را مورد قبول و اقتصادی ارزیابی کرده است.

ارسباران شمالی به عنوان نمونه موردی، دارای زمستان سرد و تابستان گرم و مرطوب است که در پژوهش حاضر با استفاده از هوای گرم بالا آمده که تهدیدی جدی در فصول گرم محسوب می‌شود، سامانه‌ای با کارکرد سرمایشی و تهویه‌ای ایجاد می‌شود. در این سامانه، هدف استفاده از هوای موجود در داخل بناست که بتوان آن را به هوای خنک مطبوع تبدیل

کرد. کارکرد کلی سامانه سرمایشی و تهویه‌ای است ولی می‌تواند دارای کارکرد گرمایشی روزانه نیز در زمستان باشد.
ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است:
در بخش اول سرمایش ایستا که شامل دو بحث پوشش گیاهی و الگوهای جریان هواست، معرفی می‌شود و سپس در بخش دوم به طراحی سامانه سرمایشی با توجه به دو زیر بخش مخزن آب مصرفی و فرایند خنک کردن آب حوضچه شیشه‌ای پرداخته می‌شود. بخش سوم به معرفی کارکرد رطوبت زدایی سامانه پرداخته و در بخش چهارم نتیجه‌گیری ارائه می‌شود. بخش پنجم و پایانی مقاله نیز به کارهای آینده اختصاص دارد.

۱. سرمایش ایستا

در مدیریت سرمایشی بنا، می‌توان دو نوع کارکرد سرمایشی را در نظر گرفت، ابتدا با استفاده از روش‌های گوناگون به تولید هوای سرد پرداخت و در مراحل بعدی آن را حفظ کرده و به حداکثر بهره‌وری رساند (Bulter, 1987, p. 171). برای این منظور چهار مرحله در نظر گرفته می‌شود:
۱ـ سرد کردن یا سرد نگه‌داشتن هوای مجاور پوسته خارجی بنا
۲ـ سرد کردن یا سرد نگه‌داشتن خود پوسته
۳ـ سرد کردن یا سرد نگه‌داشتن هوای مجاور پوسته داخلی
۴ـ سرد کردن یا سرد نگه‌داشتن هوای داخلی بنا
باید توجه داشت که دمای هوای مجاور پوسته داخلی وابسته به دمای داخلی فضا و دمای خود پوسته است و دمای درونی پوسته نیز متغیری از دمای هوای مجاور پوسته خارجی است، پس مدیریت دمای هوای مجاور پوسته خارجی حائز اهمیت است. باید توجه داشت که با مکان‌یابی مناسب پنجره‌ها، می‌توان تغییراتی در هوای داخلی بنا با هدایت جریان هوا به داخل آن انجام داد و با استفاده از الگوهای حرکتی هوا، آن را در محدوده مورد نیاز به کار بست. چنانچه هوای واقع در ۱۰ سانتیمتری پوسته بنا، به عنوان هوای مجاور پوسته خارجی پذیرفته شود، امکان گرم شدن آن از طرق مختلفی وجود دارد، که مهم‌ترین این طرق، تابش مستقیم نور خورشید بر پوسته‌های خارجی و گرم شدن آن‌هاست، پس بایستی به دنبال راهکارهایی بود که تأثیر تابش را بر روی آن کاهش دهد. استفاده از پوشش گیاهی در مجاورت پوسته خارجی، ابتدایی‌ترین تصمیمی است که می‌توان اتخاذ کرد. استفاده از سامانه الگوهای حرکتی هوا و پوشش گیاهی علاوه بر مزایای قابل‌توجه، محدودیت‌ها و مسائلی را به همراه دارد که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۱ـ۱ـ پوشش گیاهی

تأثیر قابل‌توجه گیاهان در خنک‌سازی هوای اطرافشان بر کسی پوشیده نیست. گیاهان با تبخیر آب از روی برگ‌هایشان و انعکاس ۲۰ تا ۳۰ درصد تابش آفتاب، میزان پراکنش حرارت را کاهش می‌دهند، همچنین حائل مناسبی بین هوای مجاور پوسته خارجی و هوای اطراف بنا ایجاد کرده و به عنوان عایقی مناسب در فصول سرد به کاربسته می‌شوند. باید توجه داشت که با به کار بستن گیاهان برای رسیدن به کارکرد سرمایشی در مناطق مرطوب بهتر است خصوصیت رطوبت زایی آن‌ها کنترل شود (Watson & Lab, 2005, p. 184).

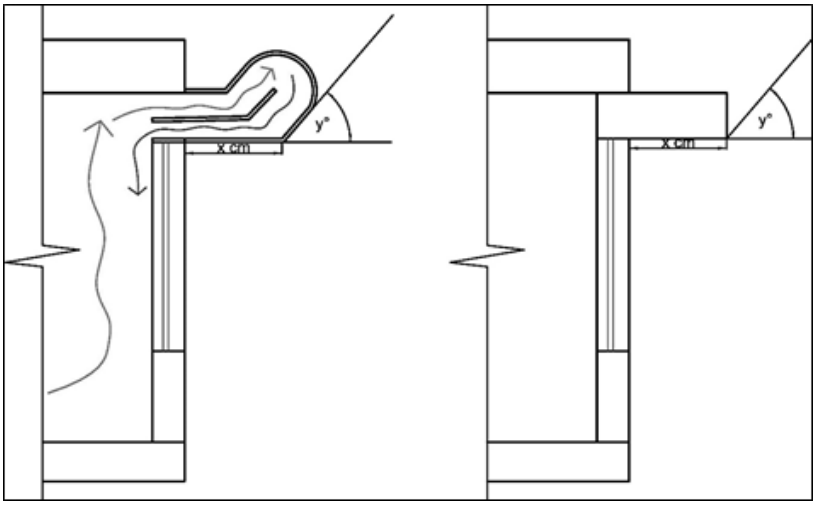
۲ـ۱ـ الگوهای جریان هوا

امروزه یکی از شناخته‌شده‌ترین سامانه‌های سرمایشی، استفاده از جریان هوا برای سرد کردن فضاست. جهت بهره‌وری مناسب، معمولاً از عناصری برای هدایت جریان هوا به محدوده مورد نظر استفاده می‌شود. این عناصر می‌توانند الگوهای خاص چیدمان دیوارهای داخلی، مکان‌یابی پنجره‌ها و سایبان‌ها برای ایجاد فشارهای مثبت و منفی در پوسته‌های خارجی و همچنین استفاده از تجهیزاتی مانند فن[۲]ها باشند، تا در داخل فضا با به جریان در آوردن هوا، مانع گرم شدن بیش از حد آن شوند. لیکن با به کار بستن فن هوای داخل اتاق به جریان در می‌آید، اما در کیفیت هوای موجود تفاوتی ایجاد نشده و هزینه و انرژی زیادی نیز مصرف می‌شود. پس باید در جستجوی راهکاری بود که کیفیت سرمایشی و تهویه‌ای هوای موجود در داخل فضا را ارتقاء دهد (Kasmayi, 2006, p. 76).
از آنجایی که منطقه مورد طراحی سامانه، ارسباران شمالی است و این منطقه دارای تابستان گرم و مرطوب و زمستان سرد است. در تابستان، حفظ فضای درونی بنا از رطوبت بیرونی در اولویت اول قرار می‌گیرد. بنابراین بررسی جداگانه الگوهای هوا در فضای داخلی و خارجی مد نظر می‌باشد، به نحوی که حوزه تأثیر این دو محدوده به صورت غیرمستقیم و تابشی مورد بررسی قرار می‌گیرد و مطالعه الگوهای فضای داخلی، به صورت محصور مد نظر است.
در یک فضای محصور، الگوی حرکتی جریان هوا رو به بالاست، به نحوی که هوا در محدوده زیست، گرم شده و به سمت بالا می رود. پژوهش حاضر فرآیند تبدیل هوای گرم بالاآمده را به هوای سرد و خشک مورد نیاز ساکنین، در فضاهای سرپوشیده منطقه ارسباران که دارای رطوبت نسبی بالاست، توضیح می‌دهد.

۲. طراحی سامانه سرمایشی

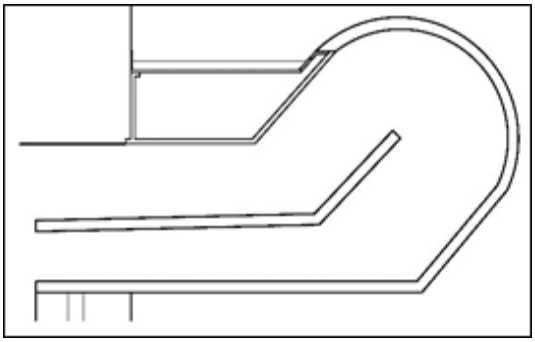
هوای گرم در داخل فضا بالا می‌آید و در یک سوم فوقانی آن جمع می‌شود. اولین قدم برای ایجاد کارکرد سرمایشی، هدایت آن به مکانی است تا فرآیند خنک‌سازی در آن، بدون دخالت در فضای اتاق انجام شود. بنابراین بهتر است، فضاهای پیش‌آمده در پوسته بنا که در محدوده یک سوم فوقانی هستند، به صورت تو خالی ساخته شوند، به نحوی که بتوان هوای گرم را به داخل آن هدایت کرد. در این پژوهش فضای پیش‌آمده سایبان برای انجام فرآیند خنک‌سازی انتخاب شده است. چنانچه در شکل ۱ دیده می‌شود با تبدیل حجم صلب یک سایبان به فضایی U شکل خمیده و تفکیک آن به واسطه یک پانل میانی به فضای فوقانی و تحتانی، می‌توان هوای گرم را از محفظه بالایی دریافت کرده و پس از خنک‌سازی، از قسمت تحتانی به داخل فضا هدایت ساخت (باید توجه داشت که جریان هوای گرم همواره تمایل به بالا رفتن دارد، بنابراین فضای داخل سایبان U شکل، باید بلندترین قسمت اتاق باشد تا جریان هوای گرم به صورت خودبه‌خود به داخل آن وارد شود، به همین جهت محفظه U شکل به صورت خمیده ساخته شده است).

شکل ۱: تبدیل سایبان بنایی به شکل U خمیده و الگوی دریافت هوای گرم و ایجاد هوای سرد در حجم پیش‌آمده سایبان



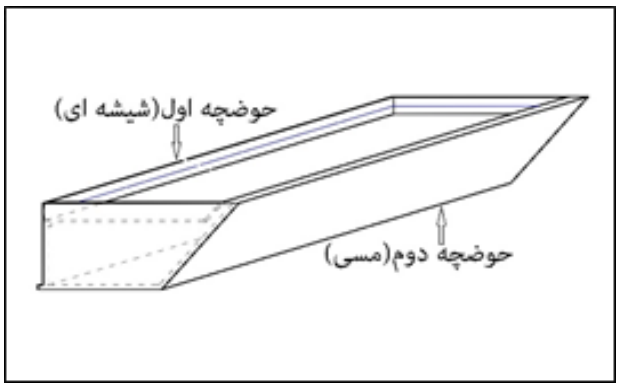
در گام بعدی باید تمهیداتی انجام شود تا بتوان دمای هوای داخل محفظه بالایی را تقلیل داد. برای انجام این کار، در بدنه فوقانی فضای U شکل، دو حوضچه به کار بسته می‌شود.

شکل۲: حوضچه‌ها و مکان‌یابی آن‌ها بر روی حجم پیش‌آمده سایبان



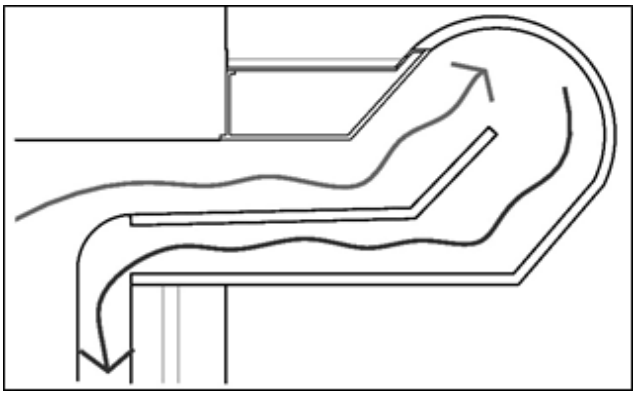
دو حوضچه با جنس‌های مختلف بر روی هم قرار می‌گیرند. حوضچه بالایی از جنس شیشه‌های نشکن به صورت دو جداره است که امکان انتقال حرارتی در آن به حداقل رسیده است. درحالی‌که حوضچه تحتانی از مصالحی ساخته‌شده، تا بیشترین انتقال حرارتی را فراهم کند. از آنجایی که مس بیشترین ضریب انتقال حرارتی را در بین فلزات داراست، ساخت حوضچه دوم، با فلز مس پیشنهاد می‌شود. باید توجه کرد که اتصال این دو حوضچه به هم برای ممانعت از خروج هوا باید کاملاً بدون درز انجام شود.

شکل۳: وضعیت قرارگیری حوضچه‌ها نسبت به هم



آب حاصل از نزولات جوی به داخل حوضچه شیشه‌ای هدایت شده و پس از سرد شدن، از طریق دریچه انتقالی به داخل حوضچه مسی ریخته می‌شود. مس به سرعت خنکای آب را جذب کرده و آن را به سطح تحتانی‌اش منتقل می‌کند و بدنه تحتانی حوضچه مسی که ارتباط مستقیمی با فضای درونی محفظه U شکل سایبان دارد، خنک می‌شود، تا حدی که قابلیت تابش سرما را به داخل محفظه به دست می‌آورد. هوای گرم بالا آمده در اثر ورود به داخل محفظه U شکل به سطح تحتانی حوضچه مسی برخورد کرده و گرمای خود را از دست می‌دهد و در اثر ورود هوای گرم جدید، به محفظه تحتانی فضای U شکل رهنمون شده و از آنجا به داخل فضا هدایت می‌شود. چنانچه در شکل ۴ دیده می‌شود در صورتی که با استفاده از صفحه‌ای، هوای خنک به قسمت تحتانی تر اتاق هدایت شود، بازدهی بهتری به دست خواهد آمد.

شکل۴: نحوه هدایت هوای خنک شده به قسمت‌های تحتانی‌تر فضا

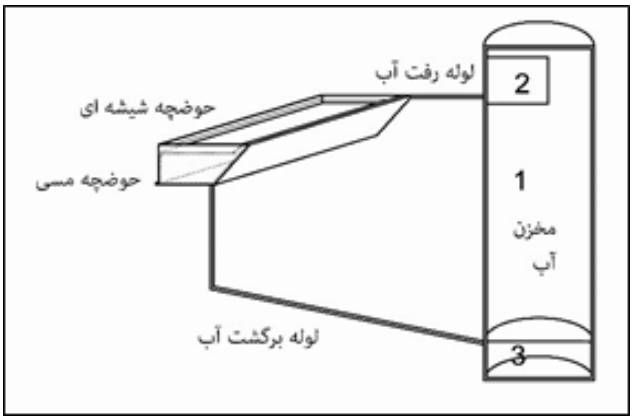


برای کارکرد ایستای این سامانه، باید چند مشکل اساسی بر طرف شود:
الف: تأمین آب مورد نیاز سامانه و بازگشت آب حوضچه مسی به حوضچه شیشه‌ای.
ب: خنک کردن آب موجود در حوضچه شیشه‌ای که منبع اصلی سرمایشی سامانه است.

۱ـ۲ـ مخزن آب مصرفی

منبع اصلی آب موجود در سامانه، آب جمع‌آوری شده از نزولات جوی است که در مخزنی با ارتفاع یک طبقه ذخیره می‌شود. در این سامانه آب گرم شده در داخل حوضچه مسی از درون دریچه تخلیه، وارد لوله‌های انتقال به مخزن شده و در اثر فشار معکوس، آب جدید از طریق لوله‌های انتقال فوقانی به حوضچه شیشه‌ای ریخته می‌شود. برای حفظ چرخه تأمین آب، همواره باید همه اجزاء به جز حوضچه مسی و لوله انتقال آب گرم به مخزن، پر از آب باشند تا با تخلیه آب داخل حوضچه شیشه‌ای به داخل حوضچه مسی به ترتیب آب به جزء بعدی منتقل شود، تا ظرفیت برای دفع آب گرم شده، وجود داشته باشد. برای انتقال طبیعی جریان آب بهتر است همه لوله‌های انتقال با شیب مناسب ساخته شوند.

شکل ۵: چرخه تأمین آب



چنانچه در شکل ۵ دیده می‌شود، آب گرم شده در حوضچه مسی از طریق لوله‌های برگشت آب، وارد مخزن سه می‌شود و آب جدید از مخزن دو به حوضچه شیشه‌ای منتقل می‌شود. یک شناور[۳]، سطح آب را در داخل مخزن‌های یک و سه مدیریت خواهد کرد. باید توجه داشت که یک ترموستات، آب داخل حوضچه شیشه‌ای را بعد از سرد شدن وارد حوضچه مسی می‌کند و همچنین بعد از گرم شدن آب داخل حوضچه مسی، اجازه ورود آن را به لوله‌های برگشت آب خواهد داد.

۲ـ۲ـ فرآیند خنک کردن آب حوضچه شیشه‌ای

مهم‌ترین مشکل در سامانه طراحی‌شده، خنک کردن آب حوضچه شیشه‌ای است. از آنجایی که منطقه ارسباران، دارای بادهای غالب مطلوب و قوی است، بنابراین می‌توان با گذراندن این بادها از روی حوضچه شیشه‌ای، آب موجود در آن را خنک کرد.

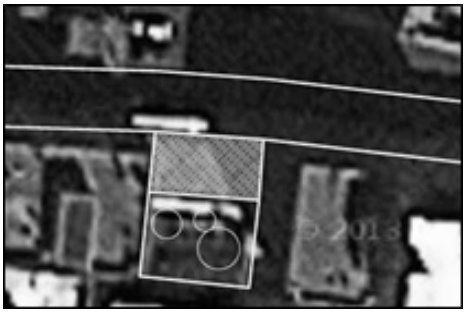
۱ـ۲ـ۲ـ کانالیزه کردن باد با پوشش گیاهی

چنانچه قبلاً توضیح داده شد، یکی از راه‌کارهایی که در سرمایش بنا قابل توجه است، استفاده از پوشش گیاهی در مجاورت پوسته خارجی است، که قابلیت حبس هوا را در اطراف پوسته خارجی، ایجاد می‌کند. پس می‌توان با اتخاذ فاصله مناسب بین پوشش گیاهی و بنا، به این قابلیت دست یافت (Watson et al., 2005, p. 183). بنابراین بهتر است با در نظر گرفتن قدرت و سرعت بادهای موجود در منطقه، فاصله مناسبی را از پوسته خارجی، برای ایجاد دیواره‌ای از پوشش گیاهی در نظر گرفت که بتواند جریان هوا و مخصوصاً بادهای محلی را در خود کانالیزه کند. منظور از کانالیزه کردن باد، هدایت آن در بین پوسته خارجی و پوشش گیاهی است. با انجام این کار هوای موجود در اطراف بنا که همان هوای بین پوسته خارجی و بدنه سبز است، سرد تر از هوای بیرون خواهد بود (شکل ۸)، چرا که جریان باد کانالیزه شده، هوای گرم را با خود از داخل کانال خارج می‌کند و پوشش گیاهی به خنک‌تر شدن آن کمک می‌کند. در منطقه ارسباران شمالی با توجه به سرعت و قدرت بادها و تجربیات محلی، فاصله ۶۰ تا ۷۰ سانتیمتری، مناسب به نظر می‌رسد.

شکل ۶: پوشش گیاهی منطقه

جهت دست‌یابی به نتایج عددی از کارایی سرمایشی پوشش گیاهی با فاصله مذکور از بدنه بنا، یک آزمایش در واحد مسکونی (شکل ۷) با همجواری شمالی به کوچه (بدون پوشش گیاهی) و جنوبی به حیاط (با پوشش گیاهی انبوه) انجام شده است و تفاوت دمای هوای دو همجواری در اوقات مختلف روز در اردیبهشت ماه ارائه شده است.

شکل ۷: موقعیت واحد مسکونی مورد آزمایش



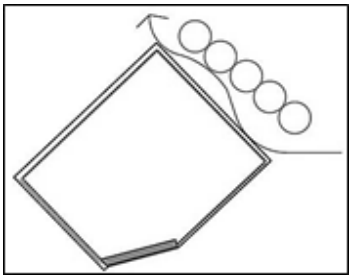
(maps.google.com)

جدول۱: تفاوت دما در موقعیت‌ها و ساعات مختلف روز

دما در وضعیت‌های خاص در ساعات	۷	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۱۹
کوچه شمالی	۱۵	۱۹	۲۳	۲۵	۲۶	۲۲	۲۱
حیاط جنوبی زیر پوشش گیاهی	۱۳	۱۷	۱۷	۱۸	۱۸	۱۸	۱۷
داخل اتاق در مجاورت حیاط جنوبی	۱۵	۱۸	۲۲	۲۲	۲۳	۲۰	۱۹
دمای آب در زیر پوشش گیاهی همزمان با وزش باد	۱۲	۱۵	۱۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶

چنانچه در جدول ۱ دیده می‌شود، دمای زیر پوشش گیاهی در ساعات ۹ تا ۱۵ که ساعات آفتاب‌گیری بنا محسوب می‌شوند، تنها یک درجه سانتیگراد تفاوت دما داشته، درحالی‌که تفاوت دمای هفت درجه در کوچه شمالی رخ داده است. پس پوشش گیاهی می‌تواند تعدیل دمایی مناسبی برای سامانه داشته باشد. حتی در اتاق‌های مجاور حیاط جنوبی، به عنوان مثال در ساعت ۱۵، تفاوت دمایی پنج درجه می‌تواند به داخل فضا تابش کند، که می‌توان گفت با همراهی باد، دمای زیر پوشش گیاهی در ساعات گرم روز بین یک تا دو درجه نیز سردتر خواهد بود.
از آنجایی که بادهای غالب منطقه ارسباران دارای سرعت زیادی هستند، برای حفظ این بادها در داخل کانال‌ها، می‌توان بنا را با چرخش ۲۰ تا ۴۵ درجه در مسیر باد قرارداد تا سرعت باد با برخورد به بدنه‌ها کاهش‌یافته و مقداری از آن در میان شاخ و برگ گیاهان حبس شود.

شکل۸: کانالیزه کردن باد برای استفاده حداکثر از قابلیت آن

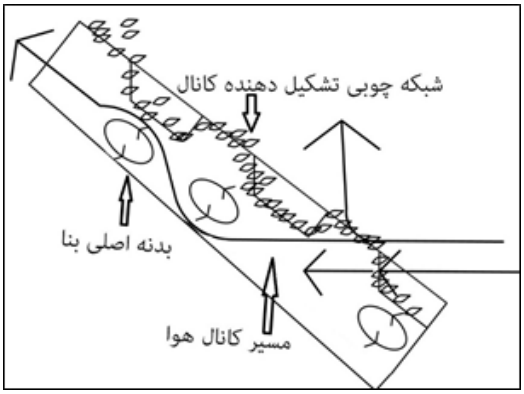


پس از چرخاندن بنا در مسیر باد، باید شبکه‌ای چوبی را بر روی پوسته خارجی به نحوی ساخت که حداقل ۶۰ سانتیمتر از پوسته بنا فاصله داشته باشد و چنانچه بر روی این شبکه چوبی، پوشش گیاهی رونده (همیشه سبز) استفاده شود، سامانه در فصول سرد نیز کارایی مناسبی خواهد داشت. از آنجایی که باد وارد شده به داخل کانال سبز، می‌تواند از لابه‌لای گیاهان خارج شود، بهتر است تمهیداتی برای حفظ آن در داخل کانال سبز اندیشیده شود. برای حفظ باد در داخل کانال می‌توان شبکه چوبی را به حالت فرو رفته و برآمده ایجاد کرد (شکل۹)، که با به وجود آمدن فشار مثبت، جریان هوای ورودی در داخل کانال حبس شود.

شکل ۹: کانال هوای پوشش یافته توسط گیاهان همیشه سبز

برای ایجاد حداکثر تنش در جریان هوای داخل کانال، بهتر است زاویه برخورد باد را با شبکه چوبی به ۹۰ درجه رساند که برای دست‌یابی به این هدف، چنانچه در شکل ۱۰ دیده می‌شود، کافی است ضلع روبروی جریان باد را در فضای فرورفته در مقابل باد، ۹۰ درجه، در نظر گرفت. اگر بادهای موجود در منطقه، بادهایی با سرعتی بیش از سرعت مطلوب باشند، بهتر است بدنه تو رفته‌ای را که با جریان هوا، زاویه ۹۰ درجه می‌سازد، با گیاهان رونده پوشاند وگرنه در حالت معمولی این ناحیه برای دخول باد بهتر است دارای پوشش گیاهی نباشد.

شکل ۱۰: جزئیات پلان الگوی حرکت هوا در کانال باد کنار پوسته خارجی با توجه به حالات فرورفتگی

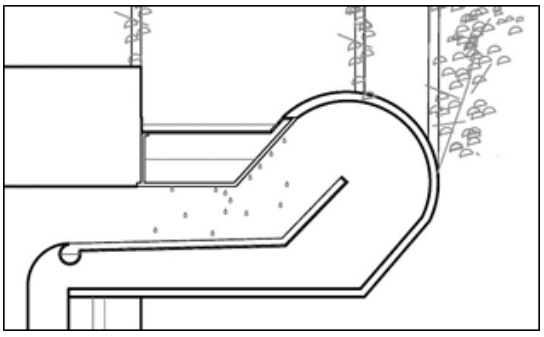


چنانچه در شکل ۱۰ می‌بینید، با برخورد باد به بدنه فرو رفته، هوا وارد کانال می‌شود، اما با برخورد آن به بدنه برآمده، مقداری از باد، واردشده و مقداری برگشت می‌یابد که همین مقدار برگشتی، با فشار مثبتی که ایجاد می‌کند، مانع خروج جریان هوایی می‌شود که قبلاً وارد شده است. در این صورت جریان هوای ورودی با توجه به الگوهای باد در داخل کانال حرکت کرده و هوای داخل کانال را سردتر می‌کند و پوشش گیاهی با توجه به توضیحاتی که داده شد، مانع خروج آن از میان شاخ و برگ‌ها می‌شود. در این صورت می‌توان گفت هوای مجاور پوسته خارجی علیرغم تابش آفتاب در بیرون از کانال خنک می‌ماند. چنانچه از این سامانه بر روی لبه‌های برآمده بنا استفاده شود، هوای خنک موجود در داخل کانال، دمای آب موجود در حوضچه شیشه‌ای را تقلیل می‌دهد و کارکرد سامانه به حالت ایستا کامل می‌شود.

۳. کارکرد رطوبت زدایی سامانه

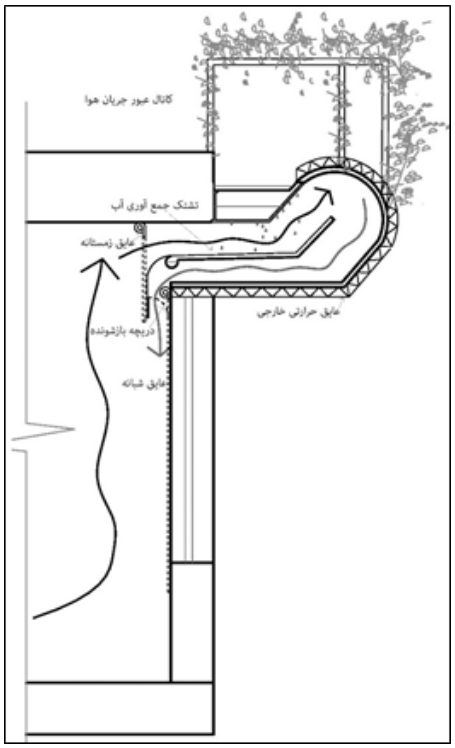
کارکرد دوم سامانه[1] دفع رطوبت ورودی از بیرون و رطوبت ایجاد شده در فضاهایی مانند آشپزخانه‌هاست که ایده اولیه کارکرد آن، قطره‌های آبی هستند، که بر روی درپوش‌های فلزی ظروف غذا، به دلیل سردی درپوش و گرم و مرطوب بودن هوای داخل ظرف ایجاد می‌شوند، این رطوبت به دلیل برخورد به درپوش سرد به قطره‌های آب تبدیل می‌شود. می‌توان از همین خاصیت سامانه بهره جست و هوای گرم و مرطوب بالا آمده را به واسطه برخورد به قسمت تحتانی حوضچه دوم، رطوبت زدایی کرد. در این مرحله قطره‌های آب در زیر حوضچه دوم که مسی است، شکل می‌گیرند و تنها کار لازم این است که قبل از تبخیر دوباره این آب در اثر هوای گرم بالا آمده، آن‌ها را جمع‌آوری کرد. پس می‌توان ظرفی با ضریب انتقال حرارتی پایین را به حالت شیبدار در روی تیغه میانی قرار داد و در منتهی الیه شیب، لوله‌ای با ضریب انتقال حرارتی پایین کار گذاشت که به این طریق چنانچه در شکل ۱۱ دیده می‌شود، آب جمع‌آوری شده، در فضای سر پوشیده‌ای قرار گرفته و به بیرون از سامانه هدایت می‌شود.

شکل۱۱: الگوی مکانی سامانه رطوبت زدایی، تیغه میانی و لوله انتقال آب



از آنجایی که سامانه برای کارکرد تابستانی در مناطق سردسیر طراحی شده است، بهتر است عایقی مانند عایق شبانه در فصول سرد بر روی برآمدگی سایبان ایجاد شود، باید توجه داشت که جنس خود لبه پیش‌آمده یا سایبان نیز نباید قابلیت انتقال حرارتی زیادی داشته باشد، پس بهتر است لبه پیش‌آمده از بیرون بنا، عایق‌کاری شود که این کار معمولاً برای جلوگیری از ایجاد پل‌های حرارتی انجام می‌شود.
این سامانه از قابلیت جریان هوا، پوشش گیاهی و تابش سرمایش بهره جسته و در نهایت به خنک کردن غیرمستقیم هوای داخلی و رطوبت زدایی در مناطق مرطوب رسیده است. تأکید نویسنده بر این است که این سامانه برای مناطقی با هوای گرم و مرطوب طراحی شده است که می‌تواند اقلیم گرم و مرطوب باشد یا مناطقی که فصولی از سال را دارای هوای گرم و مرطوب هستند. تنها عنصری که به عنوان یک جز غیرطبیعی در این سامانه به کار بسته شده، یک ترموستات است که پس از اندازه‌گیری دمای آب داخل حوضچه اول آن را به حوضچه دوم منتقل می‌کند. عنصری که می‌تواند کارکرد این سامانه را با توجه به میزان نیاز ارتقاء ببخشد، یک فن[۲] است، که می‌توان آن را در قسمت خروجی هوای سرد حاصل از سامانه قرار داد تا سرعت کارکرد سامانه را افزایش دهد. شکل ۱۲ حالت کلی سامانه را در داخل سایبان یک پنجره نشان می‌دهد.

شکل۱۲: کلیت سامانه سرمایشی و رطوبت زدایی بر روی یک سایبان



برای بهره بردن از این سامانه در زمستان، چنانچه پوشش سبز گیاهی از نوع برگ‌ریز باشد، با بستن دریچه حوضچه اول به حوضچه دوم و پر کردن حوضچه دوم از آب، می‌توان کارکرد دیوار ترومب را در داخل بنا ایجاد کرد. البته باید توجه شود که این نوع از دیواره به دلیل جنس حوضچه دوم که از مصالحی با قابلیت انتقال حرارتی بالاست، فقط به گرمایش

روز کمک می‌کند و در شب هنگام، بایستی از عایق‌های شبانه در مقابل حفره سامانه استفاده شود.

۴. نتیجه‌گیری

از دیرباز مشکلات عمده‌ای در هدایت جریان هوای داخلی در حیطه مدیریت انرژی بناها در فصول گرم و سرد وجود داشته است، به صورتی که هوای گرم بالا آمده در تابستان برای ممانعت از گرم شدن بیش از حد فضای داخل به بیرون هدایت می‌شد، در حالیکه با توجه به اصول معماری پایدار، دفع آن به بیرون فضا، اتلاف انرژی و منابع محسوب می‌شود. بنابراین در راستای اثبات فرضیه پژوهش مبنی بر امکان استفاده از هوای گرم بالا آمده به عنوان منبع تجدید پذیر تولید انرژی سرمایشی در داخل فضا، سامانه غیرفعال انرژی در قسمت داخلی لبه‌های برآمده پوسته‌های خارجی مانند سایبان‌ها طراحی شد، که کارکرد آن در منطقه ارسباران شمالی با توجه به مشاهدات محلی و آزمایش انجام‌شده، حداقل تفاوت دمایی ۵ تا ۷ درجه سانتیگراد را در قسمت‌های مختلف فضای داخلی (از جنوبی‌ترین تا شمالی‌ترین قسمت) ایجاد کرد. مورد حائز اهمیت این است که بازدهی سامانه، نسبت مستقیمی با تراکم پوشش گیاهی و سرعت بادهای منطقه دارد که در اثر کاهش میزان پوشش گیاهی به دلیل عدم حفظ سرمایش تولیدی به حداقل می‌رسد. پس بازدهی سامانه صرفاً در مناطقی که پوشش گیاهی مناسب وجود دارد، اقتصادی خواهد بود. جهت ایجاد کارکرد در سامانه در مناطقی با خصوصیات آب و هوایی متفاوت، باید تغییراتی در آن ایجاد شود. برای مثال در مناطق گرم و خشک با تبدیل کارکرد رطوبت زدایی به رطوبت دهی می‌توان به این هدف دست یافت.

۵. کارهای آینده

چنانچه در قسمت نتیجه‌گیری نیز عنوان شد با تبدیل کارکرد رطوبت زدایی به رطوبت دهی می‌توان کارکرد این سامانه را در مناطق خشک نیز به بازدهی مناسب رساند، که جزئیات اعمال این تغییرات در طراحی سامانه‌ای جدید به عنوان چشم‌اندازی برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود.

پی نوشت

1. Passive System
2. Ventilator
3. Floater

References

- Azarbayjani, M. Mofidi, S.M. (2003). *The Concept of Sustainable Architecture*. www.civilica.com .1390.4.20.
- Gholshani, M. Abedini, GH. (2009). *Sustainable Architecture.* www.civilica.com.2011.8.24.
- Barzeghar, Z. Mofidi, S.M. (2009). Climate Design Theory and Implementation of Energy Use in Buildings. *Bagh Nazar,* 15, 13-26.
- Kasmayi, M.) 2006). *the Climate and Architecture*. Esfahan: Khak.
- Moore, F. (2003). *Environmental Control Systems*. (M.A., Keinejad, R. Azari, Trans.). Tabriz: Tabriz Islamic Art University.
- Noruzian Maleki, S., Hoseini, S.B. (2009). Architecture in Climate Change. *Journal of Housing and Rural Environment*, 4, 20-32.
- Watson, D. Labs, K. (2005). *Climatic Design*. (V., Ghobadian, M. Faiz Mahdavi, Trans.). Tehran: University of Tehran.
- Roaf, S. Fuentes, M., Thomas, S. (2003). *Eco House 2, A Design Guide*. London: Architectural.
- Bulter, L. (1987). Using Natural Energy in Architectural Design. Proceedings of the Second National Passive Solar Conference, Boulder, Colorado, American Solar Energy Society, 169-172.
- Arnold, F. (1980). Design Consideration for Solar Dehumidifiers. Proceedings of the Fifth National Passive Solar Conference, Boulder, Colorado, American Solar Energy Society, 712-716.
- Shoarian, V. moosavi, M. (2013). An Analysis to Implications of Sustainability in Physical Structure of Abyaneh Village. Textroad, *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 13(1), 494-499.