



راه کارهای بوم سازگار* کاهش مصرف انرژی در ساختمان با نگرش انرژی های نوشونده*



وحید رضا افخمی
دانشجوی دکتری سازه



رامتین حاتمی
کارشناس مهندسی مکانیک



آرین دلیر
کارشناس مهندسی مکانیک



رضا جاهدی
استادیار دانشکده مهندسی مکانیک



چکیده

انرژی های نوشونده (تجدیدپذیر) به علت فراوانی منابع و آسیب نرساندن به محیط زیست از محبوبیت جهانی برخوردار هستند. ساختمان ها از بخش های اصلی مصرف کننده انرژی در جهان هستند و در این مقاله تلاش شده است راه کارهایی از کاربرد انرژی های نوشونده و کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها معرفی شوند. از آن جایی که تلاش های مختلفی در جهان برای استانداردسازی روش هایی در جهت بهینه سازی مصرف انرژی شکل گرفته است، این مقاله تکنولوژی و راه های رسیدن به این هدف را بررسی می کند. نتایج نشان می دهد که با استفاده از طرح خانه های بوم سازگار می توان مصرف انرژی را تا پنجاه درصد کاهش داد و از این انرژی می توان در بخش های مختلف صنایع استفاده کرد. خانه های بوم سازگار با دقت به شرایط آب هوایی تلاش می کند که با استفاده از منابع انرژی نوشونده، مصرف انرژی در ساختمان را کاهش دهد. همچنین، داده ها نشان می دهند که با استفاده از این تکنولوژی ها نه تنها می توان در راستای حفظ محیط زیست قدم برداشت؛ بلکه می توان شرایط راحت تر و آرامش مطبوعی را نیز در محیط ساختمان ها به وجود آورد. طرح خانه های بوم سازگار در کشورهای اروپایی مانند آلمان و همچنین، در کشورهای آمریکای شمالی از جمله کانادا همواره مورد استفاده قرار گرفته و بهینه بودن این ساختمان ها ثابت شده است.

کلیدواژه ها: انرژی نوشونده، مصرف بهینه انرژی، خانه های بوم سازگار، خانه های کم مصرف، انرژی خورشید، ذخیره انرژی

۱. مقدمه

بنابر $10 \times 2/04$ ژول در بخش ساختمان مورد استفاده قرار گرفته است. بنابر آمارهای مدیریت اطلاعات انرژی انتظار می رود که مصرف انرژی تا سال ۲۰۳۵ با نرخ ۴.۱٪ سالانه افزایش یابد.

بیش تر انرژی تأمین شده در جهان از سوخت های فسیلی به دست می آید و از آن جایی که ساختمان ها از مصرف کنندگان اصلی انرژی هستند، آن ها از عوامل اصلی انتشار و تولید گازهای گلخانه ای نیز به شمار می روند. برخی از منابع ادعا می کنند که ساختمان ها مسئول انتشار ۴۰٪ از گاز دی اکسید کربن هستند (۱). اکنون این باور در دنیا وجود دارد

امنیت و راحتی دو اولویت مهم در ساختمان های امروزی هستند؛ اما نمی توان به مصرف انرژی در ساختمان ها بی توجه ماند. نرخ ساخت ساختمان ها با سرعتی در حال رشد است که ۳۶٪ مصرف سالیانه انرژی و ۵۰٪ تقاضای برق در جهان را به خود اختصاص داده اند (۱). بنابراین، ساختمان های امروزی سومین مصرف کننده انرژی در جهان، بعد از صنعت و کشاورزی هستند. کل انرژی مصرفی در جهان از منابع مختلف در سال ۲۰۱۳ بیش از $10 \times 5/67$ ژول بوده که از این مقدار

* نگارندگان برای «renewable energy»، «انرژی های تجدیدپذیر» و برای «passive» واژه منفعل را به کار برده بودند. برای این دو واژه، «انرژی های نوشونده» و دیگری «بوم سازگار» را بر ساختام که این واژه ها در متن به کار رفت، چرایی این واژه سازی را در جای دیگر خواهیم گفت. ا. کیوان نریمانی

که با کاهش مصرف انرژی در ساختمان می‌توان وابستگی به سوخت‌های فسیلی و در نتیجه انتشار گازهای گل‌خانه‌ای را کاهش داد. مزایایی مانند کاهش هزینه‌های عملیاتی انرژی ساختمان باعث افزایش علاقه در بین سیاست‌گذاران، جامعه‌ی فنی و عموم مردم در پرداختن به موضوع‌های انرژی ساختمان و بررسی راه‌حل‌های کاهش مصرف انرژی ساختمان شده است. بنابراین، پتانسیل بسیار بالایی برای صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها وجود دارد. به همین علت استانداردهای ساختمانی مختلفی در کشورهای اروپایی از جمله اسپانیا و آلمان و مینرزی در سوییس برای کاهش مصرف انرژی معرفی شده‌اند (۲). از این رو، اهمیت ارزیابی پایداری ساختمان‌ها برای برآوردن نیازهای توسعه‌ی پایدار بیش‌تر می‌شود. اهداف اصلی طراحی پایدار، کاهش سرعت مصرف منابع بحرانی موجود از جمله آب و انرژی، کنترل و جلوگیری از تخریب محیط زیست و ایجاد محیط‌های ایمن و مؤثر برای استفاده از منابع انرژی نوشونده است.

درحالی‌که بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی در دستور کار ساخت‌وسازهای جدید قرار گرفته است، اما ساختمان‌های موجود با رویکردهای سابق، درصد بالایی از کل ساختمان‌های آینده را تشکیل می‌دهند. این نشان می‌دهد که فرصتی برای کاهش سهم بخش ساختمان در مصرف انرژی جهانی از طریق کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود وجود دارد. با این حال، برای کاهش قابل توجه مصرف انرژی در ساختمان جدا از روش‌های استاندارد بهره‌وری بهینه از منابع انرژی، تکنولوژی‌های اثبات شده‌ی انرژی‌های نوشونده نیز باید در خانه‌های بوم‌سازگار به کار برده شوند (۳). خانه‌ی بوم‌سازگار از مزیت آب و هوا برای حفظ دامنه‌ی دمای آرامش‌بخش و مناسب در خانه استفاده می‌کند. طرح بوم‌سازگار نیاز به گرم‌کننده یا خنک‌کننده‌ی کمکی را کاهش می‌دهد و در ادامه‌ی این مقاله به صورت کامل به این موضوع می‌پردازیم. محقق آلمانی ولفگانگ فیست به همراه محقق سوئدی بو آدسون، اولین کسانی بودند که طرح ساخت خانه‌ی بوم‌سازگار را دادند (۴). در سال ۱۹۹۰ در شهر دارمشتات آلمان اولین خانه بر مبنای مصرف انرژی پایین ساخته شد و این فرصت را برای توسعه‌ی تکنولوژی‌های لازم در خانه‌های بوم‌سازگار فراهم کرد. این آزمایش موفقیت‌آمیز بود و برای تحقیقات بیش‌تر، آقای فاستوم مؤسسه‌ی اسپانیا را در سال ۱۹۹۶ در شهر دارمشتات تأسیس کرد. از آن سال تا به امروز، این مؤسسه بیش از پانزده هزار خانه را ساخته است (۶).

چهار جنبه‌ی اصلی برای بهره‌وری بهینه از منابع انرژی در ساختمان‌ها جهت توسعه‌ی پایدار در این مقاله مورد بحث قرار می‌گیرند. جنبه‌ی اول مربوط به طراحی گرمایش و سرمایش بوم‌سازگار بر اساس شرایط آب و هوایی حاکم است. در کشورهای سردسیر، طراحی گرمایش بوم‌سازگار قسمت اصلی این ساختمان‌ها به شمار می‌رود. به عنوان مثال، فضای آفتاب‌گیر، دیوار جاذب گرما و پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی از اهمیت زیادی در هوای سرد برخوردار هستند. در مناطق آب و هوایی گرم و خشک، طرح‌های سرمایش بوم‌سازگار شامل طراحی خنک‌کننده‌ی دیوار و سقف با استفاده از تخییر آب، طراحی بافت سقف، پمپ‌های حرارتی منبع هوا، تبرید خورشیدی و... است. جنبه‌ی دوم در مورد مصالح ساختمانی کم انرژی است (مانند آجرهای تقویت شده با لیاف، چوب و بلوک‌های خشتی تثبیت شده). این مواد در خاورمیانه، اروپا، ایالات متحده‌ی آمریکا و انگلیس محبوبیت زیادی دارند. انرژی اولیه‌ی ساختمان باید به اندازه‌ی پایین باشد که معیارهای توسعه‌ی پایدار زیستگاه را راضی کند. جنبه‌ی سوم مربوط به استفاده از سیستم‌های انرژی نوشونده اثبات شده مانند آبگرم‌کن خورشیدی برای گرم کردن آب، توربین بادی کوچک یا فتوولتائیک خورشیدی برای تولید برق در پشت‌بام ساختمان‌ها است. جنبه‌ی آخر نیز مربوط به ذخیره‌سازی مصرف انرژی با استفاده از وسایل

کم مصرف است.

۲. ذخیره‌سازی انرژی در ساختمان‌ها

با پیشرفت دانش و پژوهش‌های نوین، روش‌های متعددی برای کاهش مصرف و ذخیره‌سازی انواع انرژی در ساختمان و صنایع ارائه شده‌اند. رویکرد ساختمان‌های بوم‌سازگار و راه‌کار آن می‌تواند مکمل و طرحی نوآور در طراحی تأسیسات مکانیکی ساختمان‌های امروز باشد.

۱.۲. طرح ساختمان بوم‌سازگار

طرح بوم‌سازگار از مزیت آب و هوا برای حفظ دامنه‌ی دمای آرامش‌بخش و مناسب در خانه استفاده می‌کند. طرح بوم‌سازگار نیاز به گرم‌کننده یا خنک‌کننده‌ی کمکی را کاهش می‌دهد. دست‌یابی به این هدف با استفاده از طرح خورشیدی بوم‌سازگار و هم‌چنین، استفاده از عایق‌سازی بهینه، تهویه‌ی مطبوع و پنجره‌های پیشرفته قابل دست‌یابی است. توجه به اصول خوب طراحی بوم‌سازگار ساختمان برای اقلیم‌های مختلف باعث کاهش مؤثر هزینه‌های گرمایش و سرمایش و انتشار گازهای گل‌خانه‌ای خواهد شد (۵).

- طرح بوم‌سازگار خورشیدی

گرمایش و سرمایش بوم‌سازگار خورشیدی، که گاهی اوقات از آن به عنوان طرح خورشیدی بوم‌سازگار یاد می‌شود، فرایند استفاده از سیستم‌های خاص برای کمک به تنظیم دمای داخلی ساختمان با استفاده از انرژی خورشید، در تلاش برای بهبود بهره‌وری انرژی است. در این سیستم‌ها، خود ساختمان یا بعضی از قسمت‌های آن از ویژگی‌های طبیعی مواد هنگامی قرار گرفتن در معرض نور خورشید استفاده می‌کنند. بنابراین، هنگامی که خورشید می‌تابد، خانه‌ی بوم‌سازگار خورشیدی گرما را گرفته و آن را ذخیره می‌کند که به آن جرم حرارتی می‌گویند. خانه‌هایی با طراحی مناسب در طول سال نورگیر هستند و آسایش لازم را برای ساکنان خود در فصول سرد و گرم فراهم می‌کنند (۶). از آن‌جا که هدف اصلی طرح بوم‌سازگار خورشیدی، بهره‌گیری از انرژی حرارتی خورشید با کاهش تجهیزات مکانیکی است، طراحان و سازندگان توجه ویژه‌ای به خورشید دارند که نیازهای گرمایش و سرمایش را به حداقل برسانند. بتن، سنگ و کاشی‌ها از این توانایی در ساختمان‌ها برخوردارند.

- گرمایش بوم‌سازگار خورشیدی

هدف همه‌ی سیستم‌های گرمایش بوم‌سازگار خورشیدی، جذب انرژی حرارتی خورشید در داخل عناصر ساختمان و آزاد کردن آن گرما در دوره‌هایی است که نور خورشید وجود ندارد. در زمانی که عناصر (یا مواد) ساختمان در حال جذب گرما هستند، می‌توان از انرژی گرمایی ذخیره شده در آن‌ها برای کنترل دما استفاده کرد (۶). برخی از عوامل و راه‌کارهای اصلی گرمایش بوم‌سازگار خورشیدی عبارت‌اند از:

* جرم حرارتی برای جذب ذخیره و توزیع گرما؛

* عایق‌کاری و آب‌بندی؛

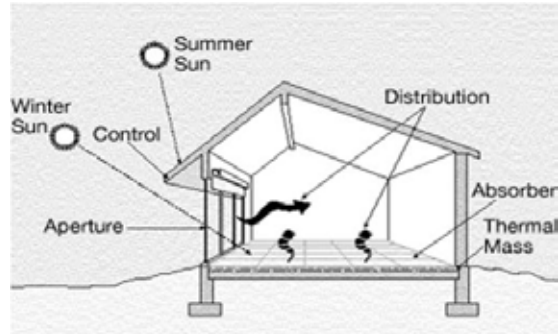
* سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی کمکی؛

* به‌کار بردن بیش‌تر سطح شیشه‌ها در ضلع جنوبی در نیم‌کره‌ی شمالی و برعکس.

طراح ساختمان، این عوامل را با استفاده از تکنیک‌های طراحی بوم‌سازگار خورشیدی که شامل افزایش مستقیم، افزایش غیرمستقیم و افزایش ایزوله است، به کار می‌برد. افزایش مستقیم، اساسی‌ترین شکل جذب انرژی خورشیدی است. در این سیستم، محل زندگی تبدیل به یک کالکتور خورشیدی می‌شود. انرژی خورشیدی از طریق شیشه‌های جنوبی به داخل خانه وارد شده و از طریق جرم حرارتی مورد استفاده در



کف و دیوارها جذب می‌شود. این سیستم بین ۶۰٪ تا ۷۵٪ از انرژی خورشید که از پنجره‌ها وارد می‌شود را مورد استفاده قرار می‌دهد (شکل ۱). در روش افزایش غیر مستقیم جرم حرارتی بین خورشید و محل زندگی واقع شده است.



شکل ۱: افزایش مستقیم با جذب گرما در جرم حرارتی

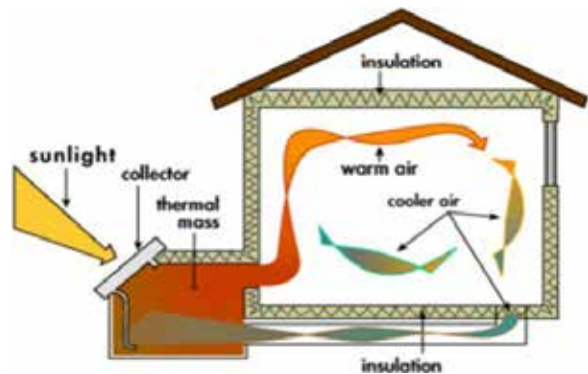
فرار به سمت بالا خارج می‌شود. در همین زمان هوای خنک‌تر می‌تواند از طریق منافذ در سطح پایین‌تر جذب شود. این درجه در پایین ساختمان در محلی قرار داده شده است که درختان در کنار ساختمان سایه‌ای برای خنک کردن هوا در بیرون فراهم کنند. دودکش حرارتی نمونه‌ی دیگری از این تکنولوژی است.

۲.۲. انرژی اولیه در ساختمان‌ها^۲

صنعت ساخت‌وساز یکی از بزرگ‌ترین صنایع در به‌کارگیری نیروی انسانی و حجم مواد تولید شده (سیمان، آجر، فولاد و سایر مواد) است. هدف مهم برای بخش ساختمان تولید ساختمان‌هایی با حداقل تأثیرات مخرب زیست محیطی است. مصرف انرژی یک مسئله‌ی اصلی است؛ زیرا انرژی عظیمی در ساخت‌وساز ساختمان‌ها استفاده می‌شود (۸). انرژی اولیه، انرژی مصرفی برای تمام فرایندهای مرتبط با تولید ساختمان، از دستیابی به منابع طبیعی و معادن تا تحویل محصول، ساخت مواد و تجهیزات است (۹). در جدول ۱ برخی از مواد و انرژی مورد نیاز برای تولید آن‌ها آورده شده است.

رتبه بندی	مواد و مصالح ساختمانی	انرژی اولیه (MJ/kg)
انرژی بسیار بالا	آلومینیوم	۲۰۰-۲۵۰
	پلاستیک	۵۰-۱۰۰
	فلز مس	+۱۰۰
	فولاد ضد زنگ	۱۰۰
انرژی بالا	فولاد	۲۰-۶۰
	سرب، روی	+۲۵
	شیشه	۱۲-۲۵
	سیمان	۵-۸
	تخته گچ	۸-۱۰
	انرژی متوسط	آهک
انرژی کم	آجر و کاشی خشت	۲-۷
	گچ	۱-۴
	بتن	۰.۸-۱.۵
	In situ	۰.۸-۳.۵
	بلوک	۱.۵-۸
	پیش ساخته	۰.۸-۱.۲
	آجر آهک ماسه ای	۰.۱-۵
چوب (اره)	۰.۵	
انرژی کم	شن	<۰.۵
	خاکستر, RHA,	<۰.۵
	خاکستر آتشفشانی	<۰.۵
	خاک	<۰.۵
	خشت	<۰.۵

جدول ۱: انرژی لازم برای تولید حجم واحد از مواد اولیه‌ی ساختمانی



شکل ۲: افزایش ایزوله با کالکتورهای خورشیدی

جرم حرارتی انرژی گرمایی خورشید را جذب می‌کند و با جابه‌جایی آن را به محل زندگی انتقال می‌دهد. این سیستم بین ۳۰٪ تا ۴۵٪ از انرژی خورشید را مورد استفاده قرار می‌دهد. یکی از مثال‌های این روش، دیوار جذب گرما^۲ است. این دیوار در سمت آفتابی یک ساختمان در زمستان نصب شده و از یک لایه‌ی بیرونی شیشه‌ای و یک لایه‌ی داخلی با ظرفیت گرمایی بالا ساخته شده که به‌وسیله‌ی یک لایه‌ی هوا جدا می‌شود. افزایش ایزوله شامل استفاده از انرژی خورشیدی برای انتقال گرما از و یا به فضای زندگی با استفاده از سیال مانند آب یا هوا با استفاده از جریان همرفت طبیعی و اجباری است (۷). برای طراحی سیستم ایزوله، جداسازی این سیستم از محل اصلی زندگی مهم است. این سیستم بین ۱۵٪ تا ۳۰٪ از انرژی دریافتی را جذب می‌کند (شکل ۲).

– سرمایه‌ی بوم سازگار خورشیدی

سرمایش بوم سازگار خورشیدی برای کاهش نرخ انتقال حرارت به ساختمان و همچنین، خارج کردن حرارت اضافی از ساختمان استفاده می‌شود. ترکیبی از عایق‌بندی مناسب درها و پنجره‌ها، روشنایی طبیعی در روز و تهویه‌ی طبیعی معمولاً باعث می‌شود خانه‌ها با مصرف انرژی کم خنک شوند (۶). تهویه‌ی طبیعی به این صورت کار می‌کند که با فراهم کردن منافذ در سطح بالایی ساختمان، هوای گرم با همرفت و

1. Passive house
2. Trombe Wall
3. Embodied energy in buildings

۳.۲. فن‌آوری‌های ادغام شده در ساختمان‌ها^۴

انرژی نوشونده از فرآیندهای طبیعی حاصل می‌شود که به طور مداوم تکرار می‌شوند.

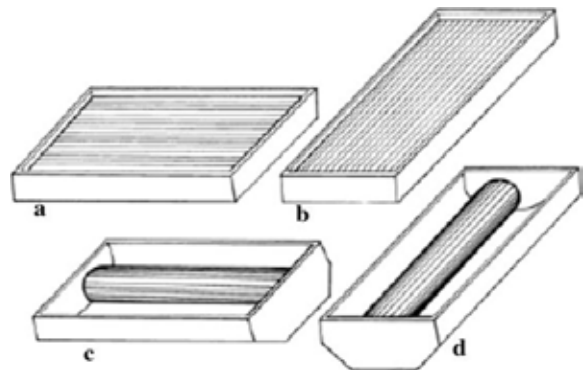
اشکال مختلفی از انرژی‌های نوشونده از خورشید یا گرمای حاصل از درون زمین حاصل می‌شود. هدف ما در این جا معرفی برخی فن‌آوری‌هایی است که می‌توانند در ساختمان‌ها برای دستیابی به انرژی نوشونده درون ساختمان، ادغام شوند.

فن‌آوری خورشیدی سازگار با محیط زیست است و می‌تواند برای انواع مختلف ساختمان‌ها مانند هتل‌ها، مراکز ورزشی و حتی ساختمان‌های تاریخی (۱۰) مورد استفاده قرار گیرد تا نیازهای گرمایش، سرمایش، برق و روشنایی خود را پوشش دهد. با به کارگیری مواد و عایق‌های جدید حرارتی از طریق استاندارد خانه‌ی بوم سازگار، ساختمان‌ها می‌توانند بیش از ۵۰٪ کم‌تر انرژی مصرف کنند (۱۱). اگر این استاندارد رایج شود، روزانه مقدار زیادی انرژی صرفه‌جویی می‌شود.

(۱) واحدهای ترموسیفون صفحه‌ی تخت (FPTU) و یکپارچه‌سازی

ذخایر کالکتورها (ICS)^۶

ترموسیفون روشی برای تبادل گرما در سیستم بوم سازگار است که بر اساس همرفت طبیعی بدون نیاز به پمپ مکانیکی، سیال را به گردش درمی‌آورد. این سیستم‌ها، آبگرمکن‌های خورشیدی با اندازه‌ی کوچک هستند که می‌توانند نیازهای داخلی حدود ۱۰۰-۲۰۰ لیتر آب گرم در روز را تأمین کنند (۱۲). سیستم‌های خورشیدی ICS ساده‌تر بوده و هزینه‌ی کم‌تری نسبت به سیستم‌های FPTU دارند، زیرا این مجموعه‌ها کالکتور خورشیدی و مخزن ذخیره آب هستند که در یک دستگاه واحد نصب شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳: سیستم‌های ICS با مخزن ذخیره‌سازی مسطح و لوله‌ای

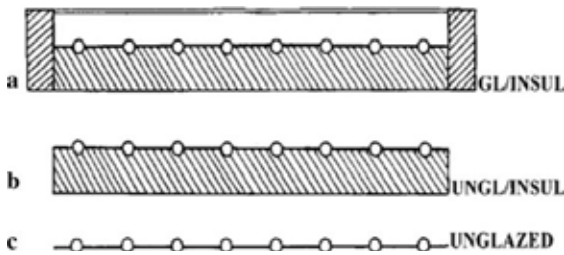
(II) کالکتورهای خورشیدی با بازتابنده‌های تقویت کننده^۷

ساختمان‌های بسیاری وجود دارد که دارای سقف افقی هستند و کالکتورهای خورشیدی را می‌توان در ردیف‌های موازی نصب کرد و در فاصله‌ی مناسب قرار داد تا از افتادن سایه روی کالکتور در طول زمستان جلوگیری شود. با قرار دادن بازتابنده‌های تقویت کننده از بالای کالکتور یک ردیف تا پایین کالکتور ردیف بعدی، می‌توان از فضای بین ردیف‌های موازی برای جمع‌آوری تابش خورشید اضافی بر روی سطح دیافراگم جمع استفاده کرد. این بازتابنده‌ها می‌توانند در افزایش تولید انرژی حرارتی

حدود ۲۰ تا ۵۰٪ کمک کنند و از بهار تا پاییز این نوع نصب برای عملکرد کالکتور در دماهای بالاتر مناسب است؛ بنابراین، با نیازهای سرمایشی خود را تطبیق می‌دهند (۱۳ و ۱۱).

(III) کالکتور خورشیدی بدون لعاب^۸

برای رهایی از رنجش نوری ناشی از نور منعکس شده، استفاده از روکش‌های شیشه‌ای که باعث انتشار نور منعکس شده می‌شوند، مناسب‌ترین راه‌حل است. در بیش‌تر مواقع و برای جلوگیری از مشکلات ناشی از تابش شدید، استفاده از کالکتورهای خورشیدی بدون پوشش (بدون لعاب) برای کاربردهای با درجه‌ی حرارت پایین (استخرها، پیش گرم کردن آب و ...) ارزشمند است. کالکتورهای خورشیدی بدون لعاب برای گرم کردن آب تا حدود ۳۵ درجه‌ی سانتیگراد می‌توانند جایگزینی برای کالکتورهای معمولی با لعاب باشند (شکل ۴).



شکل ۴: کالکتورهای خورشیدی: (الف) عایق‌بندی شده با لعاب، (ب) عایق‌های بدون لعاب، (ج) بدون لعاب

(IV) ادغام سیستم‌های خورشیدی / باد در ساختمان

موضوع مهم دیگری که مورد بررسی قرار گرفته است، ادغام سیستم‌های انرژی خورشیدی و باد در ساختمان است. به نظر می‌رسد که هر دو سیستم در میان منابع انرژی نوشونده برای ساختمان‌ها بسیار جالب هستند. نما و سقف‌های افقی یا شیب‌دار خانه‌ها، هتل‌ها، مراکز ورزشی و ساختمان‌های دیگر، از انواع سطوح مناسبی است که برای کارکرد سیستم‌های تبدیل انرژی خورشیدی مناسب هستند؛ زیرا آن‌ها به ترتیب نقش پانل‌های فتوولتائیک و کالکتورهای حرارتی را برای برق و گرما ایفا می‌کنند. همچنین، توربین‌های بادی کوچک (WT) را می‌توان در سقف‌های ساختمانی، عمدتاً در مکان‌هایی با پتانسیل سرعت باد مطلوبی سوار کرد. اخیراً استفاده از WT کوچک در ساختمان‌های مسکونی معمولی، هتل‌ها و ... که به شبکه متصل می‌شوند، توصیه شده است؛ چراکه می‌توانند برق مورد نیاز را تأمین کنند و اغلب برای کاربردهای غیر مرکزی مناسب هستند. علاوه بر این، آن‌ها می‌توانند به‌طور مؤثر در کار با کالکتورهای حرارتی فتوولتائیک و خورشیدی ترکیب شوند (۱۴). سیستم‌های مختلفی با این هدف ایجاد شده است، مانند توربین‌های بادی با محورهای افقی (HAWT) و یا عمودی (VAWT) و یا کنسانتره‌های باد. سیستم‌های فتوولتائیک بادی یا دیزل ترکیبی می‌توانند توانایی‌های بسیار خوبی در تولید انرژی بر اساس انرژی خورشیدی و باد ارائه دهند. در مناطقی که شرایط آفتاب و باد بسیار مناسب است، مانند جزایر یونان، استفاده‌ی ترکیبی از توربین‌های فتوولتائیک و بادی نتایج بسیار خوبی را در بیش‌تر روزهای شب و همچنین، برای مدت بسیار زیاد در سال به دست می‌آورد و کالکتورهای حرارتی، نیازهای حرارتی در تمام طول سال را

4. Technologies integrated into buildings
5. Flat Plate Thermosyphon Units
6. Integrated Collector Storage
7. Solar Collectors with Booster Reflectors

8. Unglazed Solar Collectors
9. Wind Turbine
10. Wind turbines of horizontal axis
11. Wind turbines of vertical axis

گرمایش اضافی هوای تهویه نیز به دلیل کوئل گرمایش مرکزی همراه با گرمکن آبی - خورشیدی رخ می‌دهد (۱۶). کاربر می‌تواند با سنسورهای کنترل هوشمند برای کارکرد کنترل کارآمد پمپ یا همان **EWHE** که در زیر زمین قرار دارد و سنسور **AAHE**، هوای تهویه‌ای که به فضاهای مختلف خانه اختصاص داده شده است را با نرخ‌های مختلفی در روز یا شب تعیین کند. این خانه‌ها که در بلژیک قرار گرفته‌اند، از آن‌جا که با واحد کنترل هوای هوشمند برای عملیات گرمایش هوای اتاق ادغام شده‌اند، هوای کمی از این اتاق‌ها به بیرون و در نتیجه، به هدر می‌رود.

۳. نتایج و بحث‌ها

استاندارد طراحی خانه بوم سازگار یک استاندارد تازه کار شده است و ادغام فن‌آوری‌های انرژی نوشونده در ساختمان‌هایی که از طراحی خانه‌ی بوم سازگار استفاده می‌کنند، می‌تواند تا ۵۰٪ مصرف انرژی کم‌تری داشته باشند. با استفاده از روش‌های یاد شده، ساختمان‌ها می‌توانند از نظر انرژی بهینه باشند و انرژی‌های نوشونده می‌توانند تأثیر عمده‌ای بر این موضوع داشته باشند.

این مقاله عمدتاً به مصرف انرژی در سراسر جهان و راه‌هایی که انرژی نوشونده می‌تواند به کاهش این مقدار کمک کند، بحث می‌کند، اما می‌توان مطالعات بیش‌تری برای تجزیه و تحلیل نتایج به‌طور خاص در ایران انجام داد. ایران بیستمین مصرف‌کننده انرژی از تمام منابع موجود و نوزدهمین تولیدکننده همان نوع انرژی در جهان است (۱۴). ایران دومین ذخایر نفتی بزرگ در جهان (۱۰٪ از کل ذخایر نفتی اثبات شده در جهان که این رقم معادل حدود ۶۰۳۷ میلیارد بشکه‌ی نفت می‌شود) را داراست و ۳۰٪ از انرژی ایران در ساختمان‌ها مصرف می‌شود. ایران سرمایه‌گذاری زیادی در صنایع نفت کرده است، اما تغییر عمده در ساختمان‌ها به طور بالقوه می‌تواند به ایران برای کاهش مصرف انرژی کمک کند و بنابراین، هزینه‌های سالانه ایران را کاهش می‌دهد.

این مقاله می‌تواند در زمینه‌هایی مانند مسائل اقتصادی این طرح و قیمت‌گذاری مناسب ادامه یابد. این موضوع می‌تواند نشان دهد که چگونه سایر فن‌آوری‌های نوشونده می‌توانند به بهبود بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های بوم سازگار کمک کنند تا مصرف انرژی را کاهش دهند. جنبه‌ی دیگری که می‌تواند در پی این مقاله حاصل شود، نتایج حاصل از به‌کارگیری این فن‌آوری‌ها و طراحی خانه بوم سازگار در ساختمان‌های ایران و چگونگی ذخیره‌ی انرژی مورد نیاز در کشور است.

۴. نتیجه‌گیری

ساختمان‌های مدرن به شدت به انرژی وابسته هستند و از همان ابتدای فاز ساخته شدن تا عملیاتی شدن و در نهایت، مراحل نگهداری، انرژی بالایی مصرف می‌کنند. با توجه به بحران جهانی انرژی، استراتژی‌های مناسبی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها باید در نظر گرفته شود. روش‌های مختلفی برای کاهش مصرف انرژی سنتی به دست آمده از سوخت‌های فسیلی برای تأمین نیاز انرژی ساختمان وجود دارد. ترکیبی از جنبه‌های مختلف طراحی بوم سازگار خورشیدی به راحتی می‌تواند بر اساس موقعیت، جهت‌گیری ساختمان و شرایط آب و هوایی محلی در ساختمان‌های جدید ادغام شود. بازسازی دیوار جاذب گرما به عنوان مفاهیم طراحی گرمایش بوم سازگار خورشیدی در ساختمان نتایج امیدوارکننده‌ای را برای گرمایش در زمستان نشان داده بود. به همین ترتیب، استفاده

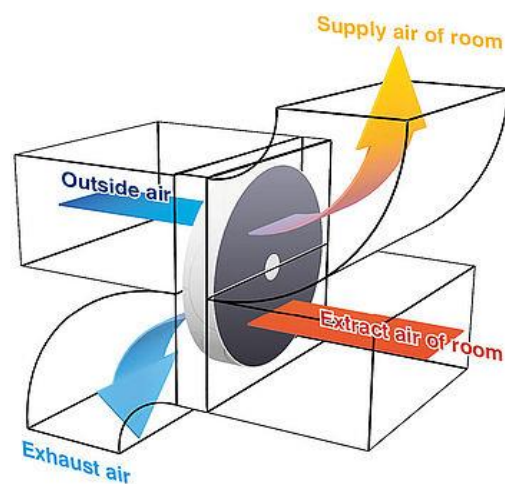


شکل ۵: نمونه ای از ادغام توربین های بادی در ساختمان مرکز تحقیقات پزشکی اوکلانها

پوشش می‌دهند. نکته‌ی جالب توجه در سیستم‌های ترکیبی تولید انرژی، عملکرد تکمیل‌کننده‌ی پنل‌های فتوولتائیک و توربین بادی است. پنل‌های **PV** فقط در روز و تحت تابش خاص خورشیدی مفید هستند. از طرف دیگر، **WT** فقط وقتی می‌تواند انرژی تولید کند که سرعت باد بالاتر از یک نرخ مشخص باشد. بنابراین، سیستم‌های **PV** و **WT** می‌توانند به طور مؤثری با **PV** برای روزهای آفتابی و **WT** در شب‌های بادی یا برای روزهای ابری ترکیب شوند. همچنین، در طول زمستان که اشعه‌ی خورشیدی به‌طور کلی شدت کمی دارد، سیستم‌های **PV** نمی‌توانند عملکرد کافی کسب کنند؛ درحالی‌که **WT** می‌تواند مقدار زیادی برای تأمین انرژی ارائه دهد. در طول ماه‌های تابستان، سیستم‌های **PV** نتایج خوبی دارند که می‌تواند عملکرد ناپایدار **WT** را جبران کند.

(V) واحد انتقال هوشمند هوا از یک ساختمان بوم سازگار در بلژیک

در شرایط آب و هوایی سرد، پیش گرم کردن هوای محیط و تازه، با استفاده از ظرفیت پیش گرم شده‌ی مبدل حرارتی زمین - آب که با مبدل حرارتی هوا - آب ادغام شده است (**WAHE**)، استفاده می‌شود (۱۵). گرمایش بیش‌تر هوای تهویه به دلیل تبادل گرما بین هوای اتاق تخلیه و هوای تازه‌ی گرم شده‌ی تهویه در مبدل حرارتی هوا - هوا (**AAHE**)^{۱۳} اتفاق می‌افتد.



شکل ۶: چگونگی عمل‌کرد مبدل حرارتی هوا - هوا

12. Photovoltaic
13. Air-air heat exchanger
14. Earth-water heat exchanger

(10), 2012, 70-79 .

[5] A . Aksamija, *Regenerative design of existing buildings for NetZero energy use*, *Procedia Eng* . 118 (2015), 72-80 .

[6] *Passive Solar Home Design*, [www .energy .gov/energysaver](http://www.energy.gov/energysaver), December 6, 2018 .

[7] *Technical Manual for Passive Home Design*, < [web .archive .org/web/20120121220047www .yourhome .gov .au/technical/fs44 .html](http://web.archive.org/web/20120121220047www.yourhome.gov.au/technical/fs44.html)> , December 6, 2018) .

[8] B . V . Venkatarama Reddy, K . S . Jagadish, *Embodied energy of common and alternative building materials and technologies*, *Energy Build* . 35 (2), 2003, 129-137 .

[9] J . Alcorn, *Embodied Energy Coefficients of Building Materials*, *Centre for Building performance research, Victoria University of Wellington, 2003, Report Series Centre For Building Performance Research Report ISSN 1172-563X* .

[10] NREL 2011 . *Kandt, Walker, Hotchkiss . Implementing Solar PV Projects on Historic Buildings and in Historic Districts* . NREL . *Draft Technical Report* . NREL/TP-7A40-51297 . May 2011 .

[11] *Energy and aesthetics of building integrated RES*< [www .inive .org/members_area/medias](http://www.inive.org/members_area/medias) > , December 6, 2018 .

[12] Y . Tripanagnostopoulos, M . Souliotis, *ICS solar systems with horizontal E-W and vertical N-S cylindrical water storage tank*, *Renewable Energy* 29 (1), 2004, 73-96 .

[13] Y . Tripanagnostopoulos, M . Souliotis, *Booster reflector contribution to performance improvement of solar collectors*, in : *Proceedings in CD, International Conference WREC 2005, Aberdeen, UK, 22-27 May, 2005*, 63-68 .

[14] *Energy Statistics 2017*, < [mospi .nic .in/](http://mospi.nic.in/)> , accessed on December 6, 2018) .

[15] *BP Statistical Review of World Energy* < [web .archive .org/web/](http://web.archive.org/web/www.bp.com/liveassets), [www .bp .com/liveassets](http://www.bp.com/liveassets) > , December 6, 2018) .

[16] [www .mehrnews .com/news/40056](http://www.mehrnews.com/news/40056) ■

از طراحی مناسب نورپردازی در روز می‌تواند منجر به کاهش چشم‌گیر استفاده از چراغ‌های مصنوعی در طول روز شود و از این طریق باعث کاهش مصرف انرژی برای روشنایی شود. از این‌رو، ادغام ویژگی‌های بوم سازگار خورشیدی در ساختمان منجر به کاهش مصرف انرژی ساختمان می‌شود که در نهایت باعث کاهش انتشار CO₂ می‌شود و به توسعه پایدار کمک می‌کند. دومین جنبه‌ی مهم استفاده از مصالح ساختمانی با انرژی اولیه‌ی پایین است که به صورت محلی برای ساخت‌وساز در دسترس هستند تا از نیاز به انرژی فوق‌العاده زیاد در ساخت‌وساز ساختمان جلوگیری کرد و در نتیجه، انتشار CO₂ از بخش ساختمان را کاهش داد. جنبه‌ی سوم کاهش مصرف انرژی ساختمان با بهره‌برداری از انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی است. بنابراین، به عنوان یک گزینه، جایگزین مناسب برای سوخت‌های فسیلی، تمرکز بر ارتقای فن‌آوری انرژی‌های نوشونده برای تأمین نیازهای انرژی ساختمان‌ها است. هنگامی که انرژی ساختمان توسط سیستم انرژی نوشونده کاملاً تأمین می‌شود، آن را به عنوان یک ساختمان سبز یا ساختمانی با انتشار گاز دی‌اکسید کربن صفر یا ساختمان صفر ۱۵ می‌شناسند. تمام کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا هدف بسیار دشواری برای تأمین انرژی از انرژی نوشونده دارند. هدف این است که ۱۲٪ از کل مصرف انرژی از منابع نوشونده تأمین شود، از این میزان تا سال ۲۰۱۰، ۲۱٪ برق مورد نیاز از سیستم‌های نوشونده تأمین می‌شود (۱۰). از این رو، نیاز به تدوین سیاست در سراسر جهان برای ساخت سیستم‌های انرژی نوشونده ادغام شده وجود دارد.

منابع

[1] *International Energy Administration*, [www .iea .org/buildings](http://www.iea.org/buildings), December 6, 2018 .

[2] W . Feist, J . Schnieders, V . Dorer, A . Haas, *Re-inventing air heating : convenient and comfortable within the frame of the Passive House concept*, *Energy Build* . 37 (11), 2005, 1186-1203 .

[3] Dorota Chwieduk, *Towards sustainable-energy buildings*, *Appl . Energy* 76 (1-3), 2003, 211-217 .

[4] S . Folkman, J . Rice, A . Sorenson, N . Braithwaite, *Survey of water main failures in the United States and Canada*, *Journal American Water Works Association*, 104

