خانه ای با انرژی صفر: سیستمی از شبکه های فتوولتاییک، پخت و پز هیبریدی خورشیدی، به علاوه دیگر خصوصیات منحصر به فرد در حفظ انرژی

نویسنده: Larry Schlusser, Ph.D.

خلاصه:

دو سال پیش من به خانه ای نقل مکان کردم که در آن تولید انرژی بیش از مصرف آن بود. در سال اولی که آنجا اقامت داشتم من از هیچ سوخت فسیلی استفاده نکردم و مقدار انرژی تولیدی سیستم شبکه های فتوولتاییک خورشیدی (سیستم تولید برق از انرژی خورشید) به طور قابل توجهی بیشتر از انرژی مصرفی بود. دلیل این امر بهره گرفتن از ویژگی های منحصر به فرد صرفه جویی در انرژی و همین طور سیستم شبکه ای PV بود. در سال دوم، یک بخاری گازی درون خطی به عنوان منبع ثانویه گرمایش محیط مورد استفاده قرار گرفت و الکتریسیته همچنان در بخش آب گرم خانگی به عنوان منبع ثانویه یا پشتیبان به کار می رفت. پس از آن و در طول سال دوم سکونتم، در نتیجه نحوه کاربردم، توانستم الکتریسیته بیشتری را وارد شبکه کنم که خود باعث کاهش تولید کربن می شد.

به واسطه اتخاذ چندین استراتژی اضافه تر در راستای صرفه جویی در انرژی همچون دوشی که سبب صرفه جویی در انرژی می شد، پخت و پز هیبریدی خورشیدی، سرویس بهداشتی کود ساز و تعدادی دیگر از برنامه های کاربردی منحصر به فرد؛ مصرف انرژی به حداقل رسید.

۱- معرفی

هدف از طراحی این پروژه، ساخت خانه ای بود که در آن تولید انرژی بیشتر از مصرف آن باشد و هیچ گونه سوخت فسیلی در آن به کار نرود. این هدف با اتخاذ چندین استراتژی منحصر به فرد در حفظ انرژی محقق شد: صرفه جویی انرژی در لوازم، فضاهای نورگیر، سامانه غیر فعال خورشیدی، سیستم شبکه ای PV و سیستم حرارتی خورشیدی که آب را برای گرمایش فضا، آب گرم خانگی و مصارف پخت و پز گرم می کند. در سال اول میزان تولید انرژی الکتریکی سیستم PV در شبکه بیشتر از میزان مصرف انرژی بود. سیستم حرارتی خورشیدی به عنوان منبعی جایگزین یا ثانویه در آب گرم کن های الکتریکی دیواری استفاده می شدند.

در طی سال دون من استراتژیم را مورد تجدید نظر قرار دادم و تصمیم گرفتم از یک آب گرم کن گازی دیواری به عنوان منبعی جایگزین یا ثانویه در گرمایش محیط استفاده کنم. پس از آن توانستم الکتریسیته بیشتری را وارد شبکه کنم و به این ترتیب مقدار مصارف اساسی (اولیه) و همین طور مقدار CO^2 وارد شده به هوا (تقریباً سه واحد انرژی حرارتی تبدیل به یک واحد انرژی الکتریکی می شد) را کاهش دهم.

شکل ۱. فضای نورگیر در سمت دیوار جنوبی

۲- ویژگی های اصلی

این خانه با مساحت ۸۹ متر مربع (۹۶۰ فوت مربع) و دو اتاق خواب در منطقه Arcata ایالت کالیفرنیا (یک شهر ساحلی در نزدیکی اورگان) واقع شده است. Arcata دارای اقلیم آب و هوایی خاصی است؛ زمستان ها معتدل و بارانی و تابستان ها خنک و غالباً مه آلود هستند. این منطقه خنک ترین دما را در طول روز در میان همه شهرهای ایالات متحده دارد. در نتیجه فصل گرمایش طولانی است و نسبتاً دمای بالایی در طول روز برای گرمایش ثبت می شود (HDD ۴۶۵۰). در تابستان های خنک، گرمایش اضافی با توجه به طراحی سامانه غیر فعال خورشیدی نگرانی عمده ای محسوب نمی شود. در Arcata به طور متوسط سالانه در روز ۴ ساعت تابش نور خورشید وجود دارد.

شکل ۲. دیوارهای جنوبی و شرقی

شکل ۳. فضای نورگیر

نمای روبرویی خانه در سمت جنوبی و اتاق خواب ها در سمت شمالی قرار گرفته اند. تیرهای عمودی داخل دیوار خانه دارای ۳۹ سانتی متر (۶ اینچ) عایق فایبرگلاس هستند. مسیر ورودیه فضای نورگیر دارای حدود ۶/۵ متر مربع (۷۰ فوت مربع) پنجره دو جداره و دیگر دیوارهای جنوبی دارای بیش از ۶/۵ متر مربع (۷۰ فوت مربع) پنجره دو جداره هستند. دو جداره کردن شیشه ها برای کاهش جذب نور خورشید در ضلع جنوبی خانه انجام نشد تا بیشترین دریافت نور و انرژی خورشید حاصل شود. از عایق ها در سمت جنوبی و داخلی پنجره ها استفاده شد به طوری که مقدار R (مقاومت در برابر هدایت گرما) در پنجره ها دو برابر شد. ارتفاع پنجره ها زیاد بود تا خورشید به داخل نفوذ کند و گرمایش محیط و روشنایی آن در روزهای

آفتابی تأمین شود. ذخیره حرارتی در دیوارهای سنگی، کف های چوبی و مبلمان در یک روز معمولی زمستانی محیط خانه را تا حدود ساعت ۱۱ شب گرم و راحت نگه می دارد. در حالتی که عایق ها در ساعات شب بسته شوند، دما در صبح روز بعد حدود ۱۶ درجه سانتی گراد (۶۰ درجه فارنهایت) خواهد بود. دمای هوا در ساعات ابتدایی یک روز زمستانی حدود ۴/۵ درجه سانتی گراد (۴۰ درجه فارنهایت) می باشد.

شکل ۴. پنل های حرارتی خورشیدی و سیستم PV

شکل ۵. مخزن ذخیره (سمت چپ پایین)، مخزن ۴۰ گالنی تحت فشار (سمت راست بالا)

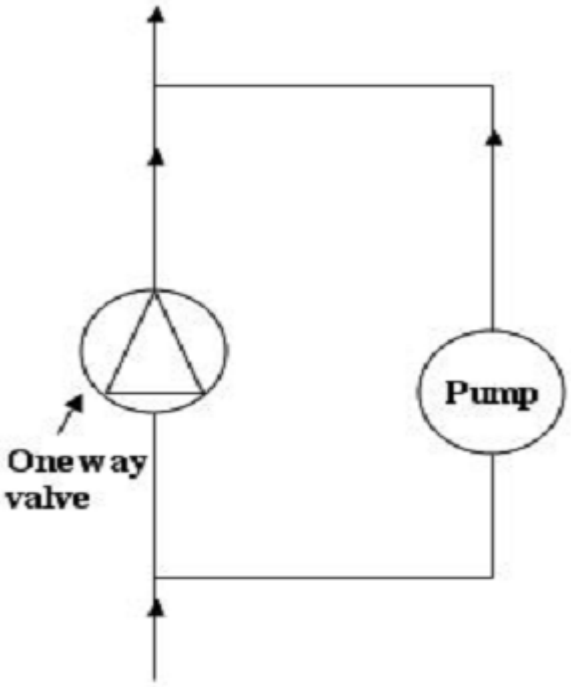
۲/۱ آب گرم در سیستم حرارتی خورشیدی

سیستم مخزن ذخیره انرژی حرارتی خورشید حدود ۷ متر مربع (۸۰ فوت مربع) از سطح یک پنل خورشیدی دو جداره است. یک پمپ کوچک آب را بین منبع ذخیره ۱۶۰ گالنی (۶۰۵ لیتر) و پنل های خورشیدی به گردش در می آورد. در ابتدا این

سیستم توسط یک ترموستات دیفرانسیلی کنترل می شد اما پس از این که مشکلاتی جزئی در رابطه با ترموستات رخ داد، من تصمیم گرفتم ترموستات را حذف و پمپ را مستقیماً به پنل های PV متصل کنم. هیچ کدام از این سیستم های معرفی شده به طور کامل قابل کنترل نیستند. به طور مثال PV سیستم را به گونه ای کنترل می کند که در پایان روز هنوز مقدار اندکی آب در گردش است، در حالی که خروجی مخزن خنک تر از آب در سطح فوقانی تانک ذخیره ساز است. زمانی که سیستم توسط ترموستات کنترل می شد، هنگامی که فرآیند جمع آوری آب گرم هنوز ادامه داشت، پمپ خاموش می شد. به لحاظ کاربردی هر دو سیستم قابل قبول هستند اما من سادگی سیستم PV را ترجیح می دادم.

شکل ۶. مبدل های موازی گرما در سیستم آب گرم تحت فشار

آب گرم در مصارف خانگی، پخت و پز و گرمایش محیط استفاده می شد. از یک مبدل حرارتی سفارشی در قسمت فوقانی مخزن ذخیره استفاده می شد تا آب گرم برای پخت و پز تأمین شود. برای گرمایش محیط و مصارف خانگی از مبدل سفارشی دیگری به منظور انتقال ترموسیفونی (سیستم پمپاژ آب با استفاده از گرمای خورشید) آب به مخزن تحت فشار ۴۰ گالنی استفاده می شد. مبدل های حرارتی از ۱۶ قسمت موازی برای به گردش در آوردن آب استفاده می کردند تا مقاومت در برابر جریان به حداقل برسد. این حلقه دارای یک پمپ هم هست – در زمانی که من سیستم را طراحی می کردم از نحوه کار پمپ ترموسیفون اطلاعی نداشتم. حلقه پمپاژ در زیر نشان داده شده است. دریچه یک طرفه موازی با پمپ دربردارنده یک شناور است تا مقاومت در برابر جریان در حلقه ترموسیفون به حداقل برسد.



شکل ۷. پمپ ثانویه در حلقه ترموسیفون

از یک بخاری اضطراری (ضروری) به عنوان جایگزین یا پشتیبان در سیستم حرارتی خورشیدی استفاده می شد. از مزایای اصلی این بخاری این است که هنگام گرم شدن آب توسط خورشید، آبی گرم نمی کند. به عنوان مثال، در سیستمی که تانک خورشیدی به صورت سری در کنار یک تانک گرم فعال قرار دارد، پس از یک روز ابری، در ساعت ۷ صبح، تانک خورشیدی خنک خواهد بود. پس از چند استحمام در ساعات اولیه صبح، تانک ثانویه پر از آب سرد از مخزن خورشیدی خواهد شد. در این حالت از گاز یا الکتریسیته برای گرمایش تانک ثانویه استفاده می شود. اگر پس از آن یعنی بین ساعت های ۱۰ صبح تا ۵ بعد از ظهر خورشید بیرون بیاید، تانک خورشیدی از آب گرم پر خواهد شد. با این حال، تانک گرم فعال به طور غیر ضروری توسط گاز یا الکتریسیته گرم می شود. اگر آب گرم کن اضطراری به صورت سری در کنار تانک خورشیدی باشد، این مشکل برطرف خواهد شد.

در سال اول سکونت در خانه ام، من نمی خواستم که از هیچ گونه سوخت فسیلی استفاده کنم، بنابراین من از یک آب گرم کن ۵KW به عنوان منبعی پشتیبان استفاده کردم. در آن سال میزان تولید انرژی من بیش از مصرف بود. اخیراً من از یک بخاری گازی اضطراری به عنوان منبعی پشتیبان در گرمایش محیط استفاده می کنم، در حالی که هنوز از بخاری الکتریکی اضطراری به عنوان منبع پشتیبان در نیازهای مربوط به آب گرم خانگی استفاده می شود. در این سیستم، از سوخت های فسیلی استفاده می کردم، با این حال، در سوخت استفاده شده صرفه جویی می کردم و مقدار کربن وارد شده به هوا را نیز کاهش می دادم. برای تولید یک واحد انرژی الکتریکی باید سه واحد انرژی سوخت فسیلی استفاده شود. بهره وری بخاری گازی اضطراری حدود ۸۳ درصد است. اگر گاز جایگزین الکتریسیته در تولید یک واحد گرما در سیستم پشتیبان شود، من خواهم توانست ۲/۵ واحد الکتریسته بیشتر را برای مصرف انتقال دهم.

۲/۲ سیسم کاهنده پیشنهادی

در حال حاضر صرفه جویی من در سوخت ها افزایش یافته است اما هزینه های قبض های مصرفی نیز افزایش داشته اند. قبض های من در هر سال یک بار به ازای مصارف اصلی الکتریسیته ارسال می شود. با این حال، اگر تولید شما بیش از مصرف باشد، شما هزینه ای بابت تولید کیلووات ساعت اضافه برای شما در نظر گرفته نمی شود. با این که من در مصرف سوخت فسیلی اضافه تر صرفه جویی می کنم اما در حال حاضر با قبض گاز روبرو هستم. دوست دارم سیستم کاهنده خانگی را ببینم که بر اساس مصارف اصلی انرژی در خانه کار می کند و یک واحد انرژی الکتریکی از سه واحد انرژی گاز طبیعی حاصل

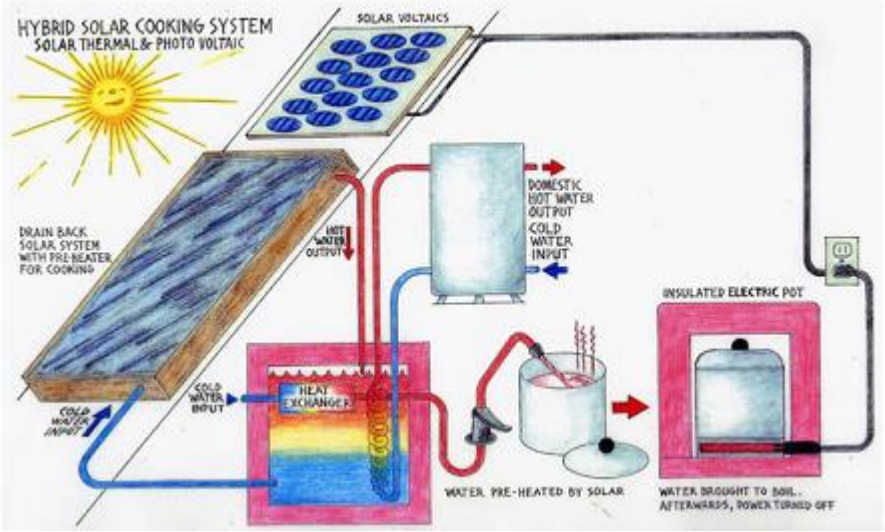
می شود. مصرف انرژی در یک خانه با متوسط مصرف یک خانه با اندازه مشابه مقایسه می شود. ویژگی شاخص این سیستم این است که مالک می تواند از مقرون به صرفه ترین اقدامات در صرفه جویی انرژی بهره بگیرد. برای انجام یک اقدام مؤثر و قابل توجه در رابطه با مصرف انرژی به شیوه مقرون به صرفه، باید در ابتدا مقرون به صرفه ترین اقدامات اتخاذ شوند. حفظ منابع طبیعی و جهت گیری خورشید از مواردی هستند که باید در ابتدا لحاظ شوند. هنگامی که مصرف خانه ای به حدود صفر برسد، به جای پرداخت هزینه های ناشی از انرژی مصرفی، به مالک یک تخفیف قابل توجه شاید حدود ۵ سال تعلق می گیرد؛ به عبارت دیگر بهره وری انرژی به طور قابل توجهی نسبت نرخ مصرف افزایش می یابد. اگر مالک خانه نتواند سرمایه گذاری قابل توجهی در این راستا انجام دهد، می تواند از چراغ های کنترل کننده و ترموستات بهره بگیرد. برای تشویق سازندگان به ساخت خانه هایی با بهره وری بیشتر در انرژی، سازنده و مالک می توانند از تخفیف های ۵ ساله بهره ببرند. این امر سازندگان را تشویق به مشارکت در استراتژی های صرفه جویی در انرژی به نحو مقرون به صرفه می کند.

۳- پخت و پز هیبریدی خورشیدی

پخت و پز خورشیدی را شرایط آب و هوایی و دسترسی به نور خورشید محدود می کند. سیستمی که من به آن پخت و پز هیبریدی خورشیدی می گویم، انعطاف پذیری بیشتری دارد. این سیستم متشکل از سه جزء است: یک ذخیره کننده حرارت خورشید، یک اجاق گاز که از سوخت های تجدیدپذیر استفاده می کند و ابزار پخت و پز عایق بندی شده.

۳/۱ نیازمندی های انرژی در پخت و پز

بسیاری از روش های پخت و پز در سطح بالایی ناکارآمد هستند. گرم شدن آشپزخانه در هنگام پخت و پز نشان دهنده این است که اغلب گرما به هدر می رود. هر فرد به طور متوسط حدود ۵ پوند غذای گرم در روی مصرف می کند و حدود ۷۰۰ BTU (۰/۲ kWh) انرژی برای گرم کردن مواد غذایی از دمای اتاق تا نقطه جوش لازم است. بیشتر غذاها در دمای ۸۲ در جه سانتی گراد یا ۱۸۰ درجه فارنهایت پخته می شوند). این مقدار معادل یک پنجم kWh، یک دهم انرژی در چوب یا ۶ درصد از انرژی در یک گالن گازوئیل است. اگر پخت و پز تنها ۳۳ درصد در Arcata کارآمد بود، به ۰/۶kWh برای پخت مواد غذایی در هر روز نیاز است که این مقدار از ۱۶۵ وات حاصل از ماژول های خورشیدی به دست می آید. این صفحات تقریباً به صورت مادام العمر قادر به تولید انرژی هستند.



شکل ۸. سیستم پخت و پز هیبریدی خورشیدی

شکل ۹. مبدل های حرارتی در سیستم پخت و پز هیبریدی خورشیدی

در سیستم پخت و پز هیبریدی خورشیدی، این مقدار کاهش بیشتری دارد چرا که ذخیره کننده حرارت خورشید آب را قبلاً گرم کرده است. در خانه من این سیستم به همراه مبدل های حرارتی در بالای تانک ذخیره کننده، آب گرم مورد نیاز در پخت و پز را تأمین می کند. مبدل حرارتی متشکل از ۶ لوله مسی به صورت سری در کنار هم است و ظرفیتی حدود ۱/۵ گالن دارد. به دلیل موقعیت قرارگیری مبدل حرارتی و همچنین ظرفیت آن، آب گرم با دمایی مشابه در تانک ذخیره به سینک آشپزخانه منتقل می شود. زمانی که همه ۱/۵ گالن آب مصرف شود، دمای آب به طور قابل توجهی کاهش می یابد. از لوله هایی ۶ میلی متری (۰/۲۵ اینچی) در انتقال آب از مبدل حرارتی به آشپزخانه استفاده می شود. قطر کوچک این لوله ها سبب به حداقل رسیدن هدر رفت انرژی و آب می شود و همچنین زمان انتقال آب گرم به سینک آشپزخانه را نیز کاهش می دهد. در یک روز آفتابی بهاری، تابستانی یا پاییزی، دمای پیش گرمایش آب حدود ۸۰ درجه سانتی گراد (۱۸۰ درجه فارنهایت) است به طوری که دمای مورد نیاز برای یک فنجان چای را دارد.

قابلمه هایی که مورد استفاده قرار می گیرند، از انواعی هستند که دارای اجزای حرارتی و ترموستات خاموش/ روشن می باشند. این اجزای حرارتی تقریباً همه حرارت تولید شده از الکتریسیته را به قابلمه منتقل می کنند. یک قوری از این نوع حدود ۹۰ درصد بهره وری دارد در حالی که مایکروویو من تنها حدود ۵۰ درصد بهره وری دارد. با وجود این که به سه واحد انرژی حرارتی برای تولید یک واحد انرژی الکتریکی نیاز است؛ اما زمانی که همه جوانب در فرآیند پخت و پز شامل مقدار کم انرژی مورد نیاز در پخت و پز بهینه؛ لحاظ شوند، من ترجیح می دهم که از یک سیستم پخت و پز الکتریکی با طراحی مناسب استفاده کنم. در مورد قابلمه ها و اجاق های گاز انتقال و کنترل مؤثر حرارت به واسطه استفاده از ابزار گرمایش الکتریکی، کار آسان تری خواهد بود. علاوه بر این، بخار اب و آلاینده های تولید شده به واسطه شعله های در معرض و باز در داخل خانه حذف می شوند. یک قابلمه عایق بندی شده ایده آل، دارای یک ترموستات و یک سیستم بررسی کننده از راه دور است تا دمای غذای پخته شده و دمای عضو بیرون دهنده گرما اندازه گیری شود. گرما به طور یکسانی به تمام سطح تحتانی قابلمه منتقل می شود. عضو بیرون دهنده گرما به صورت متغیر، غذا را در حال جوش با صرف نیروی بسیار کمی نگه می دارد. یک قابلمه عایق بندی شده امکان سوختن غذا را کاهش می دهد چرا که تغییرات حرارتی در قابلمه ها حداقل میزان را دارد. در قابلمه من از دو لایه برای عایق سازی استفاده کردم. در غذاهایی مثل برنج قهوه ای، ۳۰ وات انرژی دمای غذا را درحدود نقطه جوش نگه می دارد. پس از اینکه محتویات درون قابلمه گرمای اولیه را جذب کردند، ۳۰ وات از مقدار انرژی ورودی به واسطه عایق بندی بیشتر کاهش می یابد. به تازگی من برنج و عدسی پختم که در آن از ۱/۹ لیتر آب (۰/۵ گالن) و ۰/۹ کیلوگرم برنج و عدس (۲ پوند) استفاده کردم. اگر این غذا را برای مصرف یک نفر فرض کنیم، کالری لازم برای

۱/۵ روز او تأمین می شود. در این فرآیند تنها ۰/۲ kWh انرژی مصرف شد.

سرخ کردن نیز به واسطه استفاده از اجاق گاز نوع George Foreman با بیشترین بهره وری انجام می شود. این نوع اجاق گاز دارای دو سطح گرم کن است که یکی از بالا و دیگری از پایین به غذا حرارت می دهند. این تدبیر سبب می شود که هدر رفت گرما به حداقل برسد و سرعت پخت غذا را نیز بالا می برد. در این نوع اجاق گاز معمولا هیچ عایقی بین صفحات گرماده الکتریکی و پوشش های خارجی وجود ندارد. در این اجاق گاز من از نوع پنبه با درجه اشتعال بالا به عنوان عایق استفاده کردم. من همچنین از تابه هایی استفاده کردم که حرارت آن به وسیله الکتریسیته تأمین می شد. این تابه در زمانی که نیاز است به وسیله عایق هایی پوشانده می شود. در صورتی که اجاق گاز به خوبی عایق بندی شده باشد و ذخیره حرارتی گاز به حداقل برسد، می توان پخ و پز را به صورت بهینه انجام داد و مصرف انرژی رابه حداقل رساند. من فذی ساختم که طول آن ۲۱ اینچ، ارتفاع آن ۱۰ اینچ و عرض آن برابر با ۸ اینچ بود. این فر که به صورت یک جعبه عایق است روی عضو گرماده الکتریکی قرار گرفته است. در این فر پخت سه قرص نان تنها ۰/۳ kWh انرژی مصرف می کند. با این حال، من بیشتر پخت و پز را در یک اجاق همرفتی خریداری شده انجام می دادم. قبل از نصب این فر، من آن را از هم باز کردم و یک عایق به قسمت های داخلی آن اضافه کردم- هیچ کدام از دیواره های داخلی در ابتدا عایق بندی نشده بودند.

۳/۲ پخت و پز هیبریدی خورشیدی در کشورهای در حال توسعه

شکل ساده پخت و پز هیبریدی خورشیدی سبب بهره وری و انعطاف پذیری بیشتر در فرآیند پخت در کشورهای در حال توسعه می شود. یک عضو حرارتی خورشیدی در سیستم می تواند تنها شامل یک قابلمه سیاه در آفتاب باشد. یک اجاق گاز کارآمد چوبی می تواند مواد درون قابلمه را به جوش بیاورد. در صورتی که این قابلمه ها با پوشش های عایق مانند پوشانده شوند، این فرآیند بدون صرف هر گونه انرژی اضافه تر نیز انجام شود. مزیت استفاده از عایق ها در قابلمه ها این است که هوای گرم بالارونده از ظرف خارج نمی شود. این فرآیند دمای بالا را به مدت طولانی تری در قابلمه های بزرگ تر نگه می دارد چرا که نسبت سطح به حجم کاهش می یابد.

۳/۳ ابزار دیگر

شکل ۱۰. یخچال فریزر خورشیدی، شیر آب های با کنترل پدالی و سیستم پخت و پز هیبریدی خورشیدی

شکل ۱۱. سیستم تولید کننده کمپوست خورشیدی

در قسمت سرمایش، آشپزخانه دارای یک یخچال فریزر خورشیدی است که تنها ۰/۲۷ kWh انرژی به صورت روزانه مصرف می کند. غذاها در یک دستگاه ضایعات خور تبدیل به کمپوست می شوند. در صورتی که خانه دارای یک سکنه باشد، این دستگاه هر چند سال یک بار نیاز به تخلیه دارد. سیستم کمپوست بهره وری بیشتری به نسبت سیستم دفع زباله دارد و همچنین این امکان را فراهم می کند تا مواد مغذی بازیافت شوند. پنجره های بزرگ جنوبی نور طبیعی خوبی را فراهم می کنند. علاوه بر این، از یک سری پنجره مرتفع در سمت دیوارهای شرقی و غربی استفاده شد است تا نور اضافه تری در قسمت انتهایی آشپزخانه و نشمین تأمین شود. لامپ های روشنایی به طور عمده از جنس فلورسنت هستند. لامپ های روشنایی خارجی به گونه ای قرار داده شدند تا نور را در جایی که نیاز است با حداقل اندازه لامپ تأمین شود.

شکل ۱۲. کوتاه کردن چمن ها نیز به صورت طبیعی صورت می گیرد.

۴- سیستم آب گرم خانگی

با استفاده از صفحات خورشیدی که آب را گرم می کنند و با بهره وری انرژی در حمام ها، انرژی مورد نیاز برای افزایش دما و تأمین آب گرم در حمام معمولاً اندک است. اگر نیم گالن آب در یک دقیقه (۱/۹ لیتر در دقیقه) در حمام مورد نیاز باشد و

دمای آب گرم خورشیدی ۹۰ درجه فارنهایت باشد؛ تنها ۱kWh (۳۵۰۰ Btu/hours) برای سیستم گرمایش پشتیبان نیاز است. آب گرم کن گازی اضطراری تنها با حدود ۴/۷kWh (۱۶۰۰۰ Btu/hours) قابل تنظیم است. با این حال، یک گرم کن الکتریکی جایگزین، مقدار مورد نیاز ۳۵۰۰ Btu/hours را تأمین می کند. با استفاده از یک گرم کن برقی ثانویه به جای نوع گازی آن، مصرف انرژی به نصف رسید و همچنین مصرف آب من نیز کاهش یافت. همچنین با استفاده از یک گرم کن گازی بزرگ، منبع آب سرد باید افزایش یابد تا دمای آب تا ۴۰ درجه سانتی گراد (۱۰۵ درجه فارنهایت) کاهش یابد.

۵- گرمایش محیط

من ذخیره حرارتی اضافه تری برای خانه در نظر نگرفتم. در Arcata، دوره های آب و هوای بارانی در ماه های زمستانی طولانی مدت هستند. با در نظر گرفتن اقلیم آب و هوایی و سبک زندگی، ذخیره حرارتی اضافه تر موجب ضرر است. هنگامی که در طول روز خانه خالی از سکنه است، گرمایش مورد نیاز نیست. در روزهای بارانی، من می خواهم که خانه سریع گرم شود – صبح هنگام و زمانی که هنگام شب به خانه می رسم. زمانی که ذخیره حرارتی اضافه تری وجود داشته باشد، خانه به سرعت گرم نمی شود اما در طول شب و هنگامی که من خواب هستم فضا گرم تر می ماند. در این منطقه هوا به ندرت آن قدر سرد می شود که نیاز به گرمای اضافه تر باشد. صبح هنگام که خانه گرم است و خانه خالی از سکنه است محیط به مدت طولانی تری گرم می ماند. گرم نگه داشتن خانه زمانی که ضرورت ندارد، هدر رفت گرما و مصرف انرژی را افزایش می دهد، حتی اگر گرما توسط ذخیره حرارتی (جرم حرارتی) تأمین شده باشد. زمانی که هیچ گونه ذخیره حرارتی در روزهای آفتابی فصل زمستان وجود نداشته باشد، خانه تا زمانی که من بخوابم در دمای رفاه باقی می ماند. زمانی که دمای خارجی حدود ۵ درجه سانتی گراد (۴۰ درجه فارنهایت) باشد، دمای داخلی معمولاً حدود ۱۶ درجه سانتی گراد (۶۰ درجه فارنهایت) در صبح روز بعد خواهد بود. این خانه حدود ۷ متر مربع (۸۰ فوت مربع) صفحات حرارتی خورشیدی دارد که ۶۰۵ لیتر (۱۶۰ گالن) آب را گرم می کنند. این آب برای آب گرم خانگی، پخت و پز و گرمایش محیط استفاده می شود. هنگامی که من نیاز به گرما داشته باشم در صورتی که روز قبل آفتابی بوده است، گرمای ذخیره شده در منبع آب داغ، خانه را گرم خواهد کرد؛ اما زمانی که بارش باران در ماه نوامبر آغاز می شود، سیستم حرارتی خورشیدی من همیشه مقدار گرمای مناسب را تولید نخواهد کرد؛ بنابراین من آب گرم کن الکتریکی اضطراری ۵۵۰۰ واتی را روشن می کنم تا دمای آب افزایش یابد.

شکل ۱۳. گرمایش فن کویل. هوا از سمت راست بالا داخل و از سمت چپ پایین خارج می شود.

شکل ۱۴. آویزهای حوله که در عین حال به صورت رادیاتوری عمل گرمایش را نیز انجام می دهند.

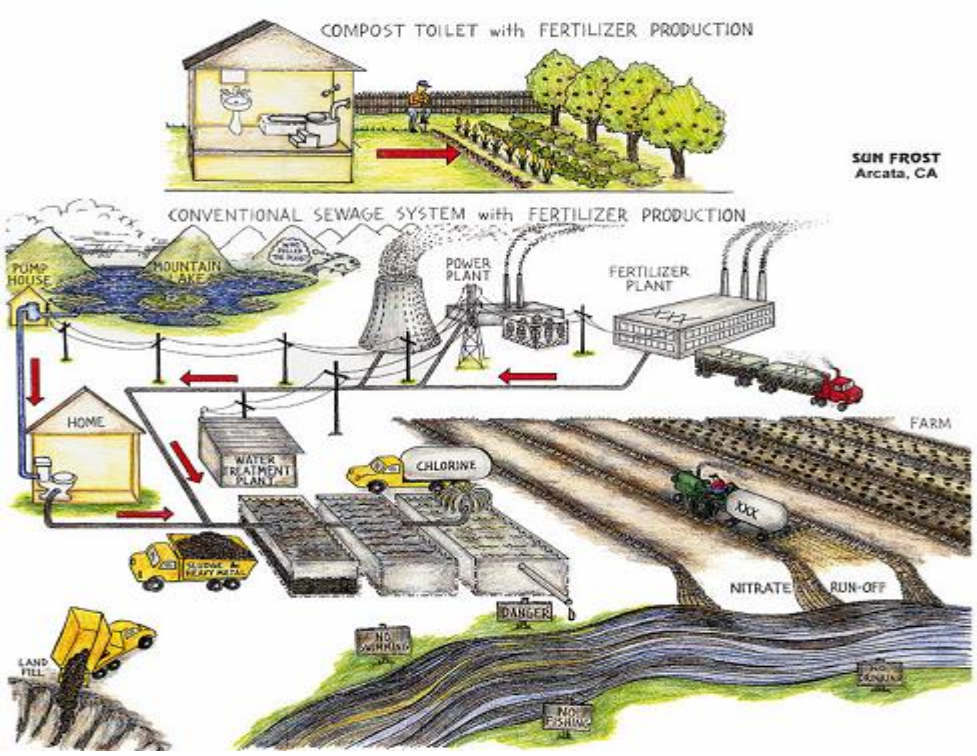
برای گرمایش محیط، گرم کن های فن کویلی آب گرم را توزیع می کنند. این وسایل شبیه به رادیاتور خودرو عمل می کنند. برای این که حمام گرم شود، من از سیستم شکل ۱۴ استفاده کردم. فن کویل ها بزرگ بودند در نتیجه، شرایط مناسب و راحت با دمای نسبتاً پایین در آب داغ حاصل می شوند – این یکی از مزیت های آب گرم در سیستم خورشیدی است به این دلیل که بهره وری ذخیره کننده های انرژی خورشید کمتر می شود چرا که آب، گرم تر شده است.

۵/۱ گرمای تابشی در مقابل همرفتی

گرمای تابشی یک راه عالی در تأمین راحتی، آسایش و دمای یکنواخت است اما گرمای همرفتی هم جایگاه خود را دارد. در گرمایش همرفتی، هوا گرم تر از سطوح اطراف است. فن کویل هایی که من مورد استفاده قرار دادم از نوع گرم کننده های همرفتی هستند. مزیت این روش گرم کردن سریع محیط و عدم حفظ گرما پس از رسیدن به گرمای مورد نیاز است. در این روش حدوداً ۲۰ برابر انرژی بیشتر در گرمایش ذخیره حرارتی خانه نسبت به گرمایش هوا استفاده می شود. به طور معمول، زمانی که سیستم روشن می شود، هوا تا حدود ۴ درجه سانتی گراد (۷۰ درجه فارنهایت) گرم تر از ذخیره حرارتی اطراف خواهد شد. آسایش حرارتی وابسته به دمای هوا و میانگین دمای تابشی (دمای سطوح اطراف) دارد.

۶- حفظ منابع آبی

این خانه شامل تعدادی از ویژگی ها در جهت حفظ منابع آب نیز هست. در آشپزخانه و حمام نیز یک شیر آب معمولی یا یک پدال پایی می تواند جریان را کنترل کنند. زمان شستن ظروف یا مسواک زدن، این وسیله ها سبب صرفه جویی در منابع آبی می شوند.



شکل ۱۵. مقایسه سیستم های سرویس بهداشتی تولید کننده کود و فاضلاب معمولی

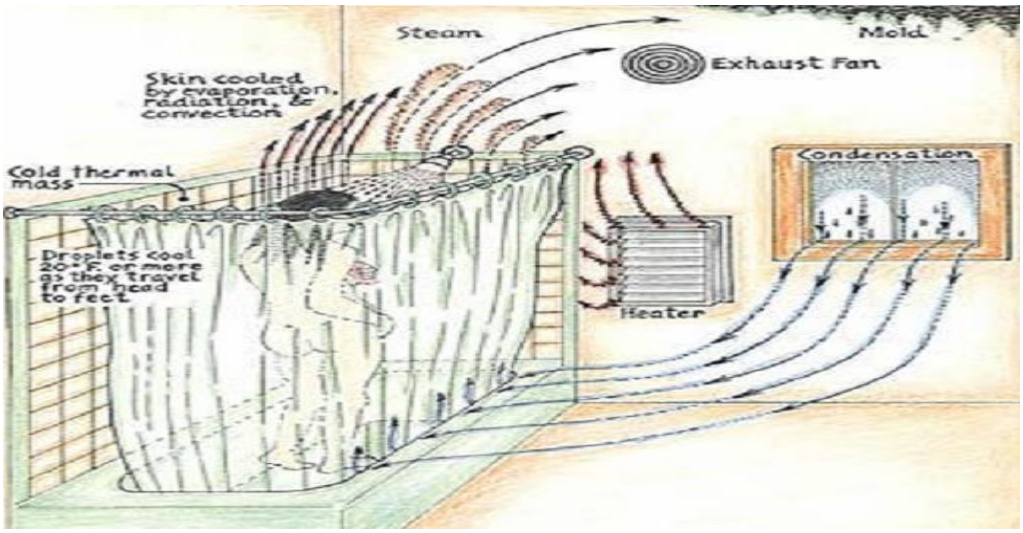
من همچنین در قسمتی از سرویس بهداشتی تولید کننده کود به صورت خورشیدی نیز استفاده می کنم. این سرویس بهداشتی ها نیاز به هیچ گونه سیستم تخلیه ندارند. سرویس بهداشتی های تولید کننده کود سبب صرفه جویی در آب و انرژی می شوند. اگر این سیستم در سطح گسترده ای استفاده شود تا حد زیادی زیرساخت های شهری ساده می شوند. در این سیستم آلاینده های بالقوه به اصلاح کننده های با ارزش خاک تبدیل می شوند. در این سیستم از سرویس بهداشتی ها تنها ۴ وات انرژی در فن تهویه هوا استفاده می شود. این فن سبب خروج هوا از محفظه تولید کمپوست می شود بنابراین جریان هوا همیشه در سرویس بهداشتی وجود دارد. این فن نیاز به فن دیگر را برای تهویه هوا در هنگام استفاده از سرویس بهداشتی حذف می کند چرا که گازها مستقیماً خارج می شوند. این سرویس بهداشتی در یک اتاق پشت خانه قرار دارد. برای رعایت استاندارد ها در خانه از سرویس بهداشتی معمولی نیز استفاده می شود. سرویس بهداشتی معمولی نیز شامل سیستم تهویه هوای مشابهی است. دریچه هایی بین پیچ های نگه دارنده صندلی سرویس بهداشتی واقع شده اند که هوا را به سمت فضای زیرین خانه هدایت می کنند. این سیستم در کنترل بو و همچنین صرفه جویی در الکتریسیته کارایی بسیار بالایی دارد و نفوذ ناخواسته را نیز کاهش می دهد.

در کشورهای در حال توسعه یا جنگ زده مثل عراق، سرویس بهداشتی های تولید کننده کود بهره وری بالایی دارند چرا که نیاز به سیستم های پیچیده در سیستم تصفیه فاضلاب حذف می شود. یک سرویس بهداشتی که به خوبی طراحی شده باشد به نحو مؤثری به کنترل عوامل بیماری زا می پردازد؛ بنابراین از کود می توان به طور بی خطری در اصلاح خاک و حذف بسیاری از بیماری های منتقله از طریق آب در رابطه با فاضلاب تصفیه نشده استفاده کرد.

شکل ۱۶. تهویه هوا در سرویس بهداشتی معمولی

۷- حمام هایی با بهره وری در انرژی

۷/۱ مشکل



شکل ۱۷. جریان رطوبت و انرژی در یک حمام معمولی

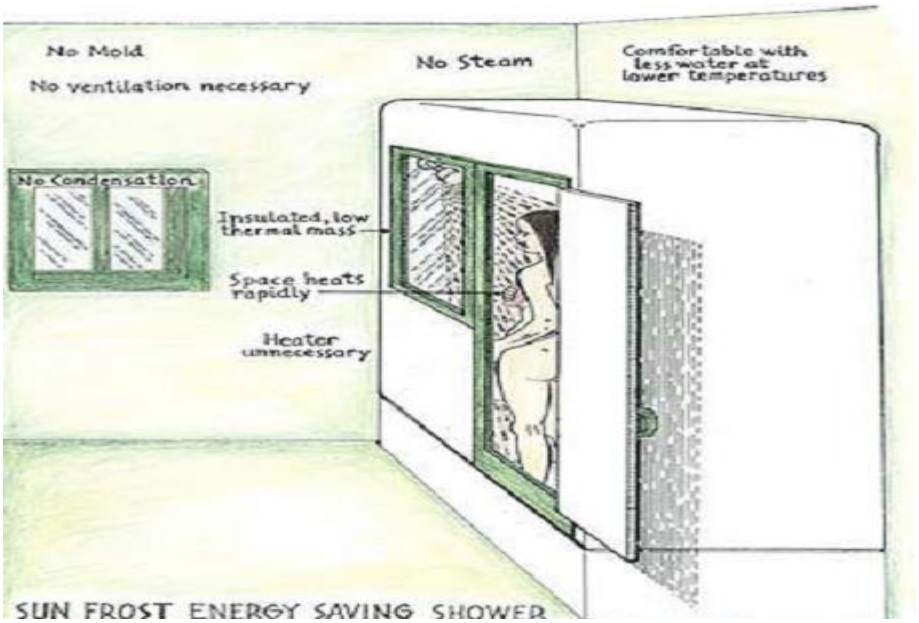
از خصوصیات طراحی حمام های معمولی، به حداقل رساندن آسایش حرارتی، به حداکثر رساندن مصرف انرژی و آب و در عین حال تشدید مشکلات رطوبتی است. اغلب این اثرات منفی ناشی از تبخیر هستند. هنگام ریزش قطرات کوچک آب از سر دوش، سرعت بالای ذرات آب داغ سرمایش تبخیری قطرات را به حداکثر می رساند. ذرات آب را می توان هنگام سقوط از سر دوش تا منفی یک درجه سانتی گراد (۳۰ درجه فارنهایت) خنک کرد. جریان هوای همرفتی و رطوبت کم نیز سبب سرعت بخشیدن به تبخیر می شوند. در حالتی که حمام دارای پرده باشد، محفظه پوشیده شده با پرده مانند یک دودکش برای حرارت عمل می کند به این صورت که هوای سرد از زیر پرده داخل و پس از آن هنگام گرم شدن از بالا خارج می شود. رطوبت در جریان هوا به واسطه متراکم شدن بار رطوبتی روی سطوح سرد حمام به مقدار کمی حفظ شده است. این حالت اغلب اوقات منجر به رشد کپک، ورقه ورقه شدن دیوارها یا سقف و عایق های رطوبتی می شود؛ این مشکل می تواند به خصوص در ساخت و سازهای کاه گلی سبب وقوع بحران شود.

رطوبت حمام اغلب به وسیله فن های تهویه کنترل می شود. این فن هوای اشباع از رطوبت را مکش می کند و پس از آن هوای خشک خارج را وارد می کند. در فصل زمستان سطح رطوبت در هوای خارجی به طور ویژه ای کم است؛ بنابراین نرخ شتاب تبخیر بیشتر می باشد. علاوه بر این، این فن میزان نفوذ و بار حرارتی را افزایش می دهد.

تبخیر همچنین از منابع اصلی هدر رفت گرما از سطح پوست ما نیز هست. رطوبت کمتر منجر به افزایش هدر رفت گرما از فرد حمام کننده و همچنین نیاز به آب داغ تا تأمین شرایط رفاه اصلی می شود. اگر یک پنجره برای کنترل رطوبت باز شود، دمای حمام کاهش خواهد یافت و فرد حمام کننده آب داغ را باز خواهد کرد تا دما در حد مناسب باقی بماند.

دیوارهای حمام غالباً از مصالحی با ذخیره حرارتی بالا مانند کاشی های سرامیکی پوشانده می شوند. کاشی ها معمولاً دارای دمایی پایین تر از سطح پوست هستند در نتیجه گرمای اضافه از طریق جریان همرفتی یا تابشی از دست می رود. فرد حمام کننده مجدداً در پی جبران گرمای از دست رفته بر می آید و آب داغ را بیشتر باز می کند.

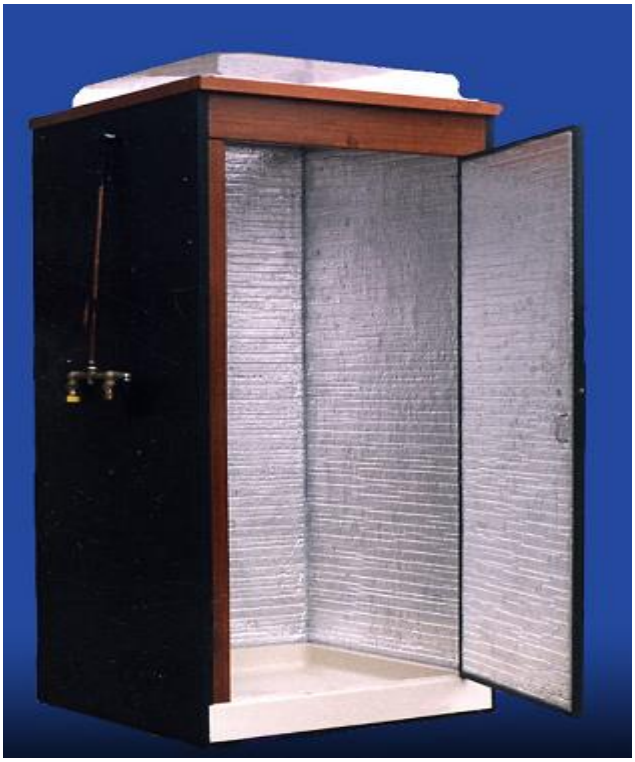
۷/۲ راه حل



شکل ۱۸. جریان رطوبت و انرژی در حمام حفاظت شده

یک راه حل ساده در این مشکلات بی شمار مربوطه؛ جلوگیری از ورود و خروج جریان هوا به داخل محفظه استحمام است. مزایای بیشتر را می توان از طریق عایق بندی دیوارها با مصالحی دارای ذخیره حرارتی کم کسب کرد به گونه ای که گرمایش سریع صورت می گیرد. نتیجه این می شود که جریان هوا در محفظه استحمام به حداقل می رسد، رطوبت افزایش می یابد و هوا گرم تر می شود. همه این اثرات رفاه حرارتی را افزایش و مصرف انرژی و آب را کاهش می دهند.

اگر دیوارهای حمام به طور نسبی دارای ذخیره حرارتی کمی باشند، محفظه حمام به سرعت گرم می شود و در نتیجه می توان استحمام راحتی حتی در زمانی که حمام گرم هم نیست، داشت. اتاقک استحمام ذخیره حرارتی بسیار کمی دارد؛ دیوارها با ورق های حباب دار آلومینیومی پوشانده شده اند. سطح فوقانی حمام با حباب های پلاستیکی شفاف پوشانده شده است. حمام در یک گلخانه غیرگرم واقع شده است. در طول زمستان، زمانی که دمای گلخانه تا ۳/۳ درجه سانتی گراد (۳۸ درجه فارنهایت) پایین می آید، هوز هم می توان استحمام مناسب و راحتی داشت.



شکل ۱۹. محفظه استحکام با ذخیره حرارتی کم

در خانه من دوش و وان فایبرگلاس با تخته چند لا و پلکسی گلس درز بندی شدند. این اقدام سبب می شود تا استحمام حتی در زمانی که دمای حمام تا ۱۰ درجه سانتی گراد (۵۰ درجه فارنهایت) کاهش می یابد نیز به راحتی صورت بگیرد. پس از استحمام، من می توانم خود را در حمام گرم خشک کنم. این موضوع سبب می شود تا من در حمام سرد هم استحمام راحتی داشته باشم در حالی که در هر دقیقه ۱/۹ لیتر (۰/۵ گالن) آب مصرف می کنم. در بسیاری از حمام ها حدود ۱۱ لیتر (۳ گالن) آب در دقیقه توسط دوش مصرف می شود.

شکل ۲۰. دوش احاطه شده توسط پرده و یک پوشش شیشه ای آکریلیک. پوشش شیشه ای به صورت افقی تا روی پرده نیز ادامه دارد.

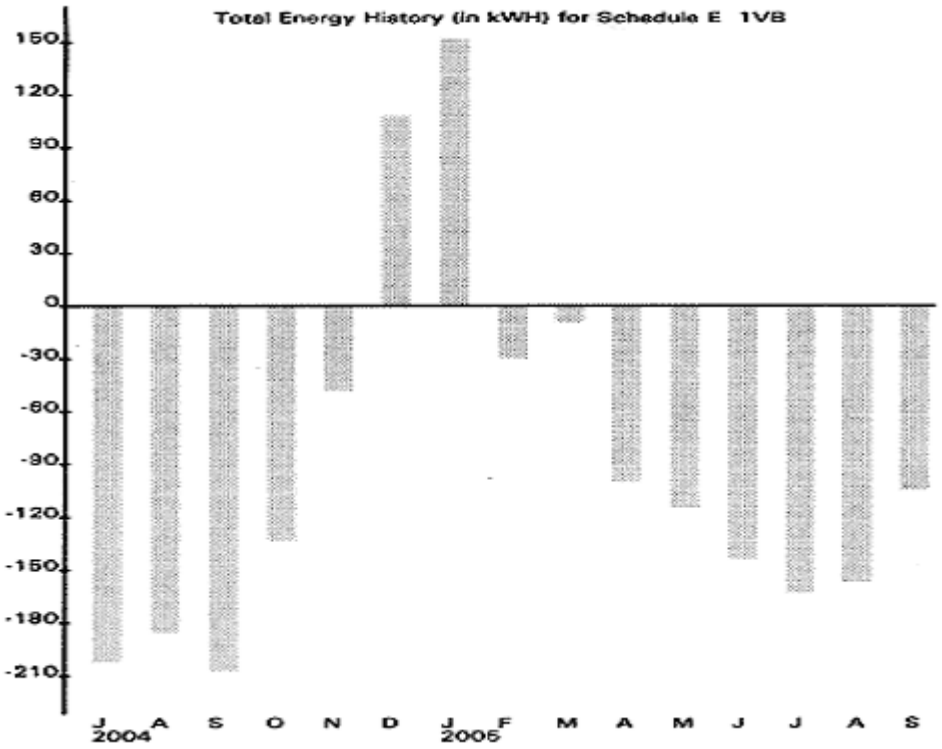
۷/۳ کاربرد در خانه های خورشیدی و کشورهای در حال توسعه

این دوش با کارایی انرژی که دارد به همراه سیستم گرمایش خورشیدی مؤثر استفاده می شود، به این دلیل که امکان استحمام نسبتاً راحت را حتی در زمانی که دمای آب تا ۳۲ درجه سانتی گراد (۹۰ درجه فارنهایت) پایین می آید نیز فراهم می کند (دمای معمول آب برای استحمام حدود ۴۰/۵ درجه سانتی گراد (۱۰۵ درجه فارنهایت) است). در کشورهای گرمسیری غالباً حمام ها گرم نیستند. معمولاً آب به اندازه کافی گرم نمی شود تا بتوان استحمام راحتی داشت.

برای افزایش دمای آب، از یک آب گرم کن الکتریکی در سر دوش استفاده می شود. یک حمام درزبندی شده می تواند موجب انتقال آب به محیط راحت و حذف گرم کن الکتریکی شود.

۸- سیستم PV

سیستم الکتریکی – خورشیدی ۱۶۷۰ واتی من شامل ده واحد خورشیدی ۱۶۷ واتی است. در طول سال، از ۲۱ سپتامبر ۲۰۰۴ تا ۱۳ آوریل ۲۰۰۵، تولید شبکه من برابر با میزان مصرفم بود و سیستم PV من و سیستم حرارتی خورشیدی همه انرژی من را تأمین می کند به صورتی که نیازی به هیچ گونه سیستم پشتیبان نداشتم. در طول ماه های تابستان، من چند کیلو وات ساعت وارد شبکه شرکت گاز و برق Pacific (PG&E) کردم.



شکل ۲۱. قبض مصرفی در سال اول سکونت

در Arcata متوسط میزان تابش خورشید به صورت سالانه روی یک سطح مورب با زاویه ۲۶ درجه حداکثر مقدار را دارد. این مشابه زاویه سقف خانه من است. مقدار متوسط ساعت هایی که خورشید به صورت کامل بر سقف خانه من می تابد، تقریباً برابر با ۴/۴ ساعت در هر روز است. برای محاسبه میزان خروجی روزانه PV، هر دو اینورترها در پنل های PV مورد برآورد قرار داده شدند. اینورترها حدود ۹۲ درصد بهره وری دارند. (من اینورتر را در فضای داخلی قرار دادم بنابراین، من می توانستم همیشه عملکرد آن را پیگیری کنم و همچنین از هدر رفت ۸ درصد انرژی تولید شده جلوگیری کنم.)

هدر رفت در پنل های PV در درجه اول ناشی از گرمایش خورشیدی است. به ازای هر درجه فارنهایت بالاتر از ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ درجه سانتی گراد) در پنل، مقدار خروجی ۲۷ درصد کاهش می یابد. دمای آرایه ها معمولاً حدود ۲۲ درجه سانتی گراد (۴۰ درجه فارنهایت) و بالاتر از دمای محیط است. در کالیفرنیای داخلی که دما تا بالاتر از ۹۰ درجه فارنهایت

(۳۲ درجه سانتی گراد) می رود، هدر رفت تنها بیشتر از ۲۲ درصد است.
با استفاده از یک حرارت سنج مادون قرمز، من تخمین زدم که سلول ها دارای دمای ۳۴ درجه فارنهایت (۶۲ درجه فارنهایت) و بالاتر از دمای محیط هستند. با میانگین دمای محیط ۱۶ درجه سانتی گراد (۶۰ درجه فارنهایت)، میانگین هدر رفت ۱۲ درصد خواهد بود. افزایش دمای پنل می تواند باعث کاهش بهره وری شود.
محاسبات من نشان می دهد که بازده کلی حدود ۸۱ درصد است. در این بهره وری، نهایت ۴/۴ ساعت نور خورشید در روز، خروجی سیستم باید ۵/۹۵ کیلووات ساعت در هر روز یا ۲۱۷۲ کیلووات ساعت در هر سال باشد. در واقع، خروجی اندازه گیری شده در طول ۱۲ ماه حدود ۲۱۳۰ کیلووات ساعت یا ۵/۸ کیلووات ساعت در هر روز بود. به صورت سالانه، سیستم الکتریکی – خورشیدی من ۳/۵ کیلووات ساعت در هر روز به ازای هر کیلووات از آرایه های خورشیدی انرژی تولید می کند. این نسبت برای مشاهده اندازه مورد نیاز آرایه در راه اندازی سیستم مفید است. به عنوان مثال، یخچال فریزر خورشیدی ۰/۲۷ کیلووات ساعت در هر روز انرژی مصرف می کند. ۷۷ وات یا کمتر از نیمی از یک واحد ۱۶۷ واتی می تواند سبب راه اندازی یخچال شود.
هزینه نصب سیستم شبکه ای از ۶۵۰۰ تا ۱۱۰۰۰ دلار به ازای هر کیلووات است که این مقدار به سهولت نصب، هزینه تجهیزات، هزینه کارگر و اندازه سیستم بستگی دارد. با فرض اینکه هزینه هر کیلووات ۸۵۰۰ دلار در Arcata باشد و میانگین تولید هر واحد خورشیدی ۳/۵ کیلووات است، سرمایه ای حدود ۲۴۴۴ دلار برای تولید یک کیلووات در هر روز نیاز است.

۹- نتیجه گیری

استراتژی های متعددی برای کاهش مصرف انرژی در خانه می توان اتخاذ کرد. اگر ما بخواهیم تأثیرگذاری قابل توجهی در مصرف انرژی جامعه داشته باشیم، مقرون به صرفه ترین استراتژی باید مورد تأکید قرار گیرد.

مترجم: بهاره بهرامی

منبع به پیوست خبر ضمیمه می گردد.