

انرژی زمین گرمایی برای پنج اکوسیستم

نویسنده: André-Benoît Allard, Eng, Member ASHRAE

مترجم: حسین عبدی - کارشناس ارشد مهندسی مکانیک (abdi@greenhvac.ir)



مجموعه گنبد زیستی، بخشی از مجموعه مونترال جایی برای زندگی است که بزرگترین مجموعه موزه علوم طبیعی در کاناداست این گنبد صدها گیاه و جانور از ۵ اکوسیستم متفاوت را درحالی که نیازهای حرارتی، رطوبتی و نورپردازی بسیار متفاوتی دارند در خود جای داده است.

مجموعه گنبد زیستی (Biodôme) بخشی از مجموعه "مونترال جایی برای زندگی" است که بزرگترین مجموعه موزه علوم طبیعی در کاناداست که همچنین شامل باغ گیاه شناسی، مجموعه حشره شناسی و رصدخانه می باشد. مجموعه گنبد زیستی ساختمانی خاص است که با گیاهان و جانورانی از پنج اکوسیستم شبیه سازی شده متفاوت قاره آمریکا پر شده است. با اینکه این اکوسیستم ها همگی زیر یک سقف قرار دارند، اما درجه حرارت، رطوبت و میزان نور مورد نیاز برای صدها گیاه و جانورانی که زیر گنبد زندگی می کنند، بسیار متفاوت است. چهارگونه از این اکوسیستم ها-جنگل درختان افرای لارنتین، خلیج سنت لارنس، جزایر مجاور قطب جنوب و سواحل لابرادور- باید در تمام طول سال سرد شوند در حالی که اکوسیستم جنگل استوایی باید همواره گرم شود.



مجریان پروژه

مجموعه گنبد زیستی به شدت به حفظ محیط زیست و حفظ تنوع زیستی متعهد است. به علاوه، هزینه‌های انرژی این ساختمان همواره به طور ثابت بالا بوده است، زیرا در حالی که ساختمان دارای مناطقی است که همواره نیاز به گرم شدن دارد بخشهای دیگر ساختمان نیازمند حذف حرارت اضافی می‌باشند. پیش از اجرای این پروژه، این امر با استفاده از آب سرد (سالانه حدود ۳۳۰ تن) و بخار (سالانه حدود 3000 lb/h یا 0.38 kg/s) و به واسطه یکی از ساختمان‌های مجاور انجام می‌شد. دیماند الکتریکی مورد نیاز نیز حدود ۳۲۰۰ کیلووات بوده است.

در نهایت سیستم الکترومکانیکی تامین کننده گرمایش، سرمایش و نورپردازی همواره نیازمند ارتقا و بهبود بود. به این دلیل موسسه تصمیم گرفت تا پروژه ای بلندپروازانه در زمینه بهسازی و بهینه سازی مصرف انرژی با هدف کاهش قابل توجه مصرف انرژی و کاهش گازهای گلخانه ای را اجرا نماید.

شرح پروژه

اجرای طرح صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ به طول انجامید. این پروژه در قالب قرارداد بهبود مصرف انرژی با تیمی از متخصصان این امر منعقد شد. با همراهی و همکاری تیم فنی مجموعه گنبد زیستی، پروژه به گونه ای طراحی شد تا ساختار مصرف انرژی با هدف کاهش هزینه‌ها بطور کامل بررسی گردد و شرایط گونه‌های زیستی موجود، افراد مستقر در بخش‌های اداری و بازدیدکنندگان بهبود یابد.

اجرای این پروژه ۸٫۱ میلیون دلاری در نهایت منجر به کاهش ۵۲٪ مصرف انرژی و کاهش ۸۰٪ آلودگی ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای گردید. نرخ بازگشت هزینه‌های این پروژه ۵٫۲ سال است که شامل مجموع سود ناشی از کاهش مصرف انرژی در ساختمان و مشوق دریافتی ۱٫۶ میلیون دلاری از دولت می‌باشد.

این پروژه به صورت قرارداد بهینه سازی مصرف انرژی منعقد شد که شامل کلیه خدمات انرژی است و تمامی صرفه جویی‌ها در مصرف انرژی در قرارداد مذکور گارانتی شده بودند.

روند اجرای پروژه با جمع آوری و آنالیز هزینه‌های انرژی ساختمان در ۵ سال اخیر آغاز شد. یکی از این سال‌ها به عنوان "سال پایه" انتخاب گردید. مطالعات اولیه و مطالعات نهایی نشان داد که طرح مذکور کلیه الزامات بخش‌های ۵٫۵ و ۵٫۳ استاندارد ASHRAE

100 در زمینه "بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود" را پوشش می‌دهد. طرح نهایی همچنین شامل سایر سرویس‌های انرژی از جمله فاز مانتورینگ کارایی سیستم و گارانتی

ساختمان در یک نگاه

گنبد زیستی مونترال، موسسه جایی برای زندگی

مکان: مونترال، کانادا

مالک: شهرداری مونترال

کاربری: موزه محیط زیست با موجودات زنده

شامل: اکوسیستم های شبیه سازی شده، گیاهان و جانوران، بخش اداری

کارمندان / افراد مقیم: ۸۵۰ هزار بازدید کننده در سال، ۱۵۰ الی

۲۵۰ کارمند (متغیر در فصول مختلف)

سطح ناخالص (متر مربع): ۳۴۶۰۰ متر مربع

فضای تهویه شده: ۳۴۶۰۰ متر مربع

شروع بهره برداری: ژوئن ۱۹۹۲

جوایز و افتخارات: اتحادیه شهرداری های کانادا (FCM):

جایزه جوامع پایدار و جایزه قهرمانی سبز

سرویس‌های ارائه شده می‌باشد که تا ۵ سال پس از اجرای طرح مد نظر قرار می‌گیرد.

بازیافت حرارت و انتقال بین اکوسیستم‌ها

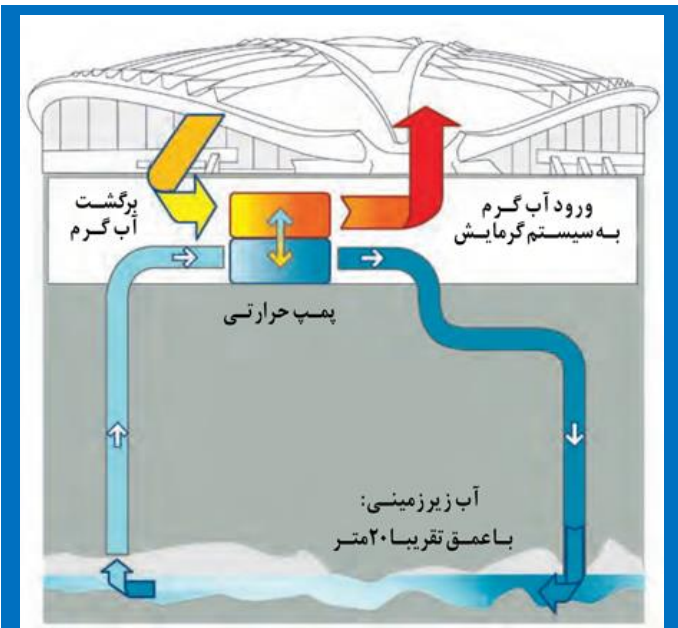
هسته اصلی طرح، بر اساس سیستم بازیافت انرژی و انتقال انرژی بین اکوسیستم‌های مختلف است که برای خنک کردن یا گرم کردن بخش‌های دیگر ساختمان استفاده می‌شود. سیستم بازیافت حرارت شامل ۴ پمپ حرارتی (Heat pump) با مجموع ظرفیت ۱۴۵۰ تن تبرید (۵۱۰۰ کیلووات) می‌باشد. طراحی به گونه ای اطمینان بخش انجام شده است که در صورت مواجه شدن یکی از هیت پمپ‌ها با مشکلات فنی نیز، سیستم به کار خود ادامه دهد.

چیلرها (یا پمپ‌های حرارتی) طرح جدید از مبرد R-134a استفاده می‌کنند. طرح جدید دارای ۳ پمپ حرارتی با ظرفیت ۴۵۰ تن تبرید برای سرمایش بوده و چهارمین پمپ حرارتی با ظرفیت ۲۵۰ تن تبرید به بخش آب و هوای قطبی مجموعه اختصاص داده شده است که مخلوط آب - گلیکول سردتری در آن مورد نیاز است.

این ترکیب اجازه می‌دهد تا سه پمپ حرارتی با رنج بازده بهتری کار کنند. پمپ‌های حرارتی برای گرمایش و سرمایش از تکنیک‌های بازیافت استفاده می‌نمایند. سیستم سرمایش و گرمایش

که از طریق مخلوط آب - گلیکول به بخش‌های مختلف ساختمان سرویس می‌دهند، مجدداً به طور کامل طراحی شدند تا از حداکثر پتانسیل بازیافت حرارتی پمپ‌های حرارتی استفاده گردد.

کویل‌های گرمایشی جدید روی سیستم هوارسانی نصب گردیدند و به گونه ای انتخاب شدند که حداکثر استفاده از مخلوط آب-گلیکول دما پایین در سیستم گرمایشی و حداکثر تبادل حرارتی و اختلاف دمای (ΔT) بین مسیر رفت و برگشت سیستم گرمایشی را داشته باشند. این طراحی به مجموعه گنبد زیستی اجازه می‌دهد تا کلیه نیازهای گرمایشی و سرمایشی در خود در طول سال را از طریق پمپ‌های حرارتی تامین نماید و نیاز به استفاده از بخار را به طور کامل حذف می‌نماید.



شکل ۱- آب زیرزمینی برای گرمایش و سرمایش استفاده می‌شود. در زمستان، حرارت آب زیرزمینی برای گرم کردن ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تابستان حرارت اضافی از ساختمان به آب زیرزمینی انتقال می‌یابد. (حالت زمستانی)

بازیافت حرارتی در تابستان

بخش‌های آب و هوای دریایی و قطبی گنبد، به طور مکانیکی در تمام طول سال به وسیله پمپ‌های حرارتی سرد و رطوبت زدایی می‌گردند. انرژی بازیافت شده نیز برای برای فرآیندها و گرمایش مجدد در مجموعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طول تابستان، حرارت بازیافت شده از سیستم بیش از نیازهای حرارتی بخش‌های مختلف آن است. شایان ذکر است که بخش جنگل‌های استوایی گنبد در تمام طول سال نیاز به گرمایش دارد. انرژی گرمایی اضافی در این ایام توسط پمپ‌های حرارتی به سیستم اگراست اصلی، برج خنک کننده و سیستم زمین گرمایی سیکل باز تخلیه می‌گردد.

بازیافت حرارتی در زمستان

گرمایش محیطی ساختمان پیش از این توسط رادیاتورهای الکتریکی و همچنین کویل‌های الکتریکی موجود در سیستم هوارسانی انجام می‌شد. در طرح جدید این گرمایش علاوه بر حرارت بازیافتی از پمپ‌های حرارتی توسط مخلوط آب و گلیکول انجام می‌گیرد. در زمستان مخلوط آب-گلیکول گرم در داخل کویل‌های موجود در سیستم هوارسانی جریان می‌یابند. گرمایش عمدتاً به وسیله سیستم هوارسانی تامین می‌گردد. رادیاتورهای الکتریکی نیز اگرچه حفظ شده اند ولی بسیار کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ظرفیت گرمایشی پمپ‌های حرارتی رابطه مستقیم با بار سرمایشی ساختمان دارد. در فصل زمستان، ظرفیت کاهش می‌یابد؛ به همین

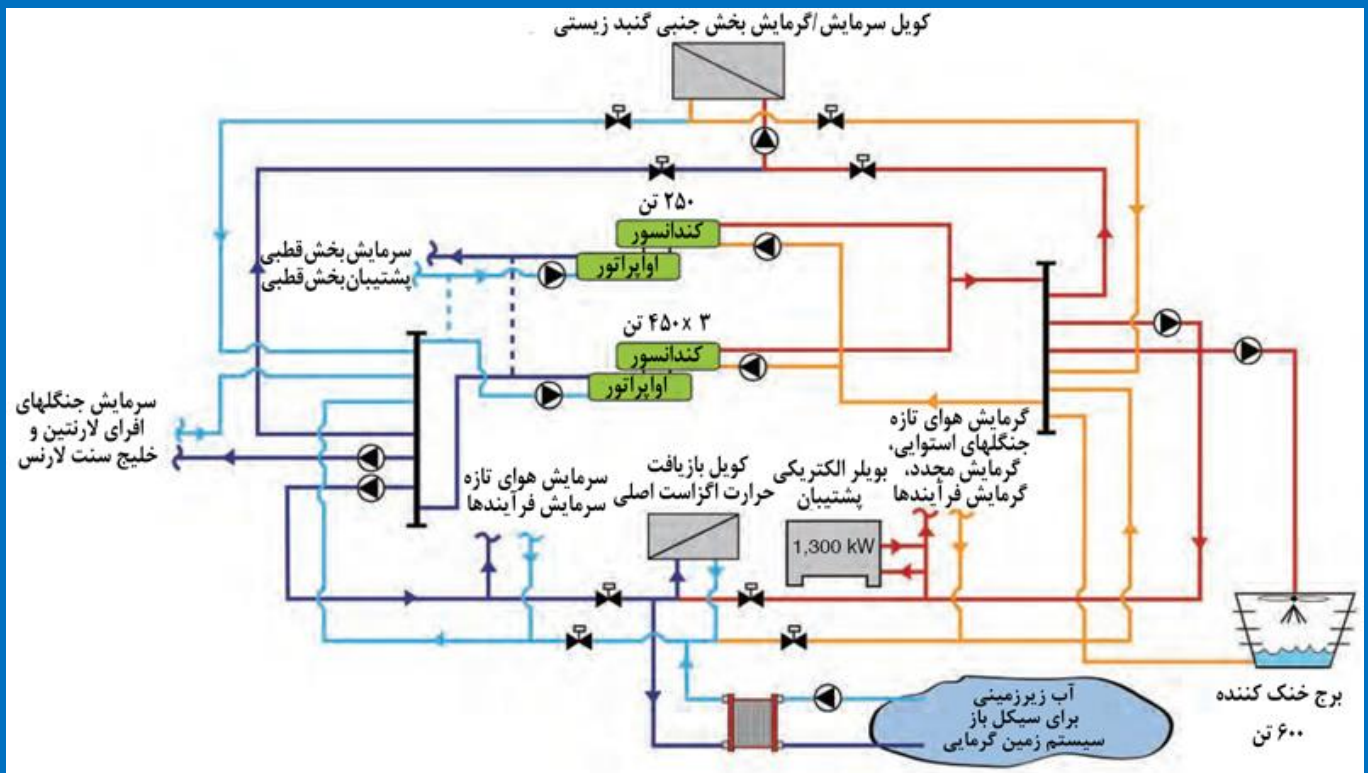
دلیل باید راهکارهای دیگری اتخاذ گردد تا تولید آب گرم توسط هیت پمپ‌ها به حداکثر مقدار خود برسد.

سرمایش طبیعی توسط بسیاری از سیستم‌های تهویه (استفاده از هوای سرد خارج) به دلیل استفاده از سیستم سرمایش مکانیکی کاهش یافت. کویل‌های تهویه مطبوع (بازیافت حرارت) داخل بسیاری از کانالهای تخلیه هوا در سیستم هوارسانی نصب گردید. این سیستم‌ها بین ۵۰۰۰۰ و ۸۰۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه (۲۳۵۹۷ و ۳۷۷۵۵ لیتر در ثانیه) هوای گرم را تخلیه می‌کنند. هر گونه کسری نیز توسط سیستم پمپ‌های حرارتی با منبع زمینی سیکل باز (open-loop ground-source heat pump) جبران می‌گردد.

پمپ‌های حرارتی با منبع زمینی سیکل باز

(open-loop ground-source heat pump)

مجموعه گنبد زیستی از یکی از بزرگترین سیستم‌های پمپ حرارتی با منبع زمینی سیکل باز در کانادا استفاده می‌نماید که در آن آب از حدود ۹۸ فوتی (۳۰ متری) زیرزمین با دبی تقریبی ۷۲۰ هزار گالن در روز (معادل ۲۷۲۵۴۹۵ لیتر در روز) استخراج می‌شود. با توجه به زمان‌های مختلف در طول سال، مجموعه با نیازهای حرارتی و بروودتی متفاوتی روبرو است که به تنهایی توسط سیستم بازیافت



شکل ۲- مجموعه گنبد زیستی یکی از بزرگترین سیستم های پمپ حرارتی با منبع زمینی سیکل باز را در اختیار دارد.

شد که نیازهای گیاهان خاص و جانوران هر چرخه زیستی را تامین می نماید. بالاست های جدیدی که به دور از اکوسیستم ها و نور خورشید نصب گردید، سبب افزایش عمر مفید آن ها و همچنین کاهش سروصدای ایجاد شده که سکوت اکوسیستم ها را مختل می کرد، گردید. جانمایی تجهیزات نیز اصلاح گردید تا از اتلاف نور توسط سازه جلوگیری به عمل آید.

در بخش های مدیریت و اداری نیز تمام بالاست های مغناطیسی و لامپ های T12 با بالاست های با راندمان بالا و لامپ های ۲۸ وات T8 تعویض گردیدند که این امر الزامات بخش ۶,۶,۵,۴ استاندارد ASHRAE 100 را برآورده می سازد.

بهینه سازی فن ها و پمپ ها

سی و شش فن و ۱۹ الکتروموتور پمپ با موتورهای با راندمان بالا تعویض گردید. سایز تعدادی از موتورها نیز بسته به باری که متحمل می شدند طبق بخش ۷,۵,۲ استاندارد ASHRAE 100 تغییر داده شد. همچنین موتورها با فرکانس متغیر تغذیه شدند.

سرعت فن ها با توجه به زمانبندی مورد نیاز و دمای تعیین شده هر اکوسیستم تنظیم شدند. تامین هوای تازه در بخش های مختلف مثل بخش آب و هوایی جنگل های استوایی نیز توسط سنسورهای CO2 تحت کنترل قرار گرفت.

حرارت قابل تامین نیست. در طول تابستان این امکان وجود دارد که حرارت از پمپ های حرارتی به آب موجود در زیرزمین انتقال یابد و برای فصل گرمایش ذخیره گردد.

بهینه سازی روشنایی

علی رغم سقف مشجر تحسین برانگیز مجموعه گنبد زیستی نورپردازی مصنوعی برای این ساختمان از ضروریات است. نور پردازی تاثیر چشم گیری در کیفیت زندگی موجودات هر اکوسیستم می گذارد. شدت نور کافی توسط گیاهشناسان و جانور شناسان مجموعه به گونه ای که در بخش ۶,۶,۲ استاندارد ASHRAE 100 گفته شده، تعیین گردید.

بهینه سازی نورپردازی مجموعه اکوسیستم ها، دیماندا الکتریکی لازم را از ۱۰۷۰ کیلووات به ۴۸۹ کیلووات کاهش داد.

برای بخش آب و هوای قطبی مجموعه به تنهایی، دیماندا و مصرف هر دو به میزان ۷۵٪ کاهش یافت. چراغ های موجود همگی با مدل های جدید T5 HO جایگزین گردیدند. در سه اکوسیستم دیگر، نورپردازی جدید امکان تنظیم بهتر شدت نور را با توجه به حجم نور طبیعی ورودی خورشید از دریچه های سقف شیشه ای را فراهم نموده است. این امر با استفاده از ترکیب لامپ های جدید ۱۰۰۰ وات فشار بالای بخار سدیم و لامپ های متال هالید ممکن

جدول ۱- مقایسه میزان صرفه جویی در انرژی بر اساس سال پایه و در طول یک سال پس از اجرای طرح

در سال پایه	پس از اجرا	میزان صرفه جویی	درصد صرفه جویی
۶۳۱,۴۱۷,۲۰	۱۸۰,۱۴,۱۵۲	۴۷۹,۴۰۳,۲	٪۱۱,۸
۴۳۲۴	۳۱۳۴	۱,۱۹۰	٪۲۸
۲۵,۷۰۲,۰۰۰	۰	۲۵,۷۰۲,۰۰۰	٪۱۰۰
۳۴,۸۳۴,۲۴۴	۰	۳۴,۸۳۴,۲۴۴	٪۱۰۰
۱۴۴,۱۱۸	۶۴,۸۵۰	۷۹,۲۶۸	٪۵۵
الکتریسته (kWh)			
الکتریسته (kW)			
بخار (mlb)			
آب سرد (mBtu)			
کل انرژی (GJ)			

صرفه جویی در انرژی

مجموعه گنبد زیستی در حال حاضر تنها از الکتریسته استفاده می‌نماید. ضریب شدت انرژی ساختمان از $367,15 \text{ Btu/ft}^2$ به $164,62 \text{ Btu/ft}^2$ (از 4170 KJ/m^2 به 1870 KJ/m^2) (محاسبه شده بر اساس مساحت ناخالص) کاهش یافت، که نشان دهنده کاهش ۵۵٪ مصرف انرژی در این ساختمان است.

نتیجه گیری

با این که این ساختمان مملو از ویژگی‌های خاص و گونه‌های زیستی متنوع است، اصول نوآوری‌های تکنولوژیکی می‌تواند در هر ساختمان بزرگی اجرایی گردد. این نمونه می‌تواند مثالی خوب از نزدیک شدن علاقه متخصصان صنعت و خواسته‌های کارفرما باشد که همانا شوق کار تیمی، نوآوری و نتایج فوق العاده است. از همه مهمتر این که، این نمونه به روشنی نشان می‌دهد که پروژه‌هایی که برای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای اجرا می‌شوند می‌تواند برای صاحبان آن ساختمان‌ها بسیار سودآور نیز باشد.

منبع:

ASHRAE Journal, vol. 55, no. 4, April 2013 –P. 32-38