



ارزیابی اقتصادی تامین نیاز حرارتی و برودتی ساختمان با انرژی زمین گرمایی

فخری میرعرب

شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان
famirarab@gmail.com

فرزاد ملیجی

شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان
farzadmali@ gmail.com

چکیده

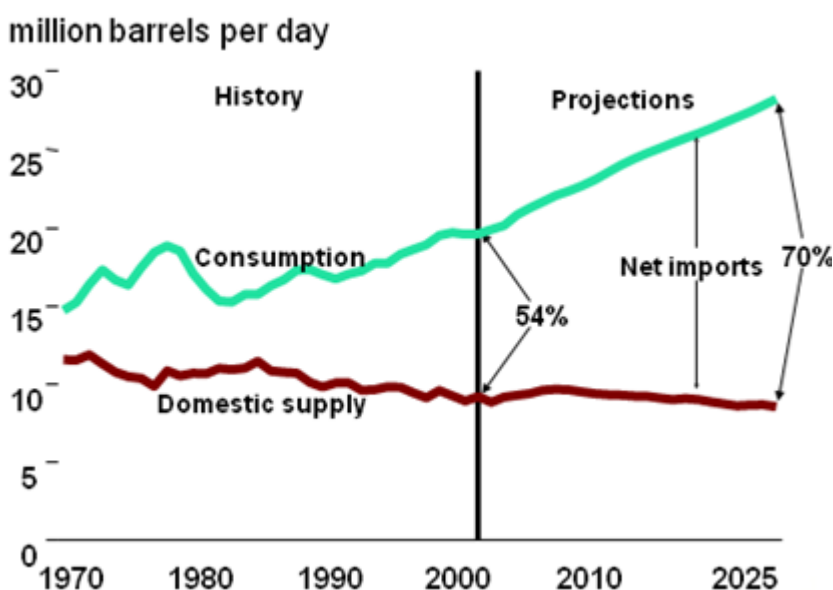
بررسی ها و تحقیقات نشان داده است که استفاده بی حد و مرز از سوخت های فسیلی و به تبع آن انتشار گازهای گلخانه ای، مهم ترین عامل بحران های زیست محیطی بوده اند. در این میان، ساختمانها به عنوان پرتعدادترین عناصر تشکیل دهنده ی مراکز زیست شهری و روستایی در جهان از مهمترین عوامل تولید کننده ی گاز کربن به شمار می روند. بنابراین استفاده از انرژی تجدید پذیر جهت تامین نیاز انرژی این بخش، ضرورتی اجتناب ناپذیر به نظر می رسد. ایده مقاله حاضر بر استفاده از انرژی زمین گرمایی به منظور تامین سرمایش و گرمایش مورد نیاز ساختمان است. به همین منظور ارزیابی اقتصادی استفاده از این سیستم برای یک آپارتمان ۲۰۰ متر مربعی نیز انجام شده است. بنابر نتایج بدست آمده استفاده از این سیستم، در تامین انرژی حرارتی و برودتی ساختمانها پیشنهاد می گردد.

واژگان کلیدی: انرژی زمین گرمایی، حرارتی، ساختمان، اقتصادی



۱-مقدمه

انرژی لازمه حیات است. در حال حاضر انرژی ارزان است که سبب پیشرفت تمدن بشر شده است. آژانس بین‌المللی انرژی پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۴۰ تقاضا برای انرژی ۳۷٪ افزایش خواهد یافت. کشورهای پیشرفته از انرژی به صورت کارآمدتری استفاده می‌کنند و رشد جمعیتی آن‌ها نیز بسیار آهسته‌تر است. چین، هند و سایر کشورهای در حال توسعه، سهم بزرگی از مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند. این در حالی است که چین اخیراً خبر داده است که تا سال ۲۰۳۰، ۲۰٪ از انرژی مصرفی خود را از سوخت‌های غیر فسیلی بدست می‌آورد. با این وجود، چین به اندازه ۸۰٪ به سوخت‌های فسیلی محتاج خواهد بود. آژانس بین‌المللی انرژی می‌گوید در آینده کشورهای در حال توسعه مقدار زغال‌سنگ بیشتری استفاده خواهند نمود. تا سال ۲۰۴۰ مصرف زغال‌سنگ ۱۵٪ افزایش خواهد یافت و پس از آن روند نزولی خواهد داشت. توجه به انواع انرژی غیر وارداتی و متفاوت از سوخت فسیلی نکته‌ای است که در بسیاری از کشورهای دنیا مبنای برنامه ریزی‌های بلند مدت قرار گرفته است. از سوی دیگر با افزایش بحران آلاینده‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی، توجه به فاکتورهای زیست محیطی توسط ارگانها و نهادهای بین‌المللی و نیز توجه برنامه ریزان به استفاده از انرژی تجدیدپذیر موجب گردیده تا امروزه به این مباحث با جدیت بیشتری پرداخته شود.



شکل ۱- مقایسه میزان مصرف و تولید بشکه نفت خام تا سال ۲۰۵۰

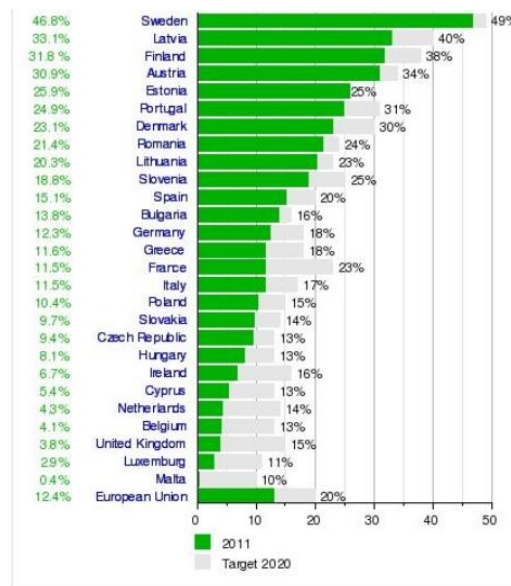
انرژیهای تجدیدپذیر شامل منابع متنوع و مختلفی بوده که از انرژیهای طبیعی و قابل دسترس به وجود می‌آیند با توجه به اینکه این انرژیها صورتی آرمانی ندارند اما استفاده از آنها موجب کاهش مصرف فرآورده های نفتی و اشتغال زایی شده و میزان آلاینده‌گی محیط زیست را نیز کاهش میدهد. چشم انداز استفاده از این انرژی در کشور ما نیز همانند سایر کشورهای توسعه یافته از اهمیت قابل توجهی برخوردار بوده به گونه ایکه دولت در برنامه پنجم توسعه برنامه ریزی لازم را صورت داده لذا با توجه به سیاستهای جهانی توسعه این انرژیها در کشور ما بمنظور حل مشکلات و ایجاد اشتغال اجتناب ناپذیر خواهد بود.



۲۱
February
2016
۲ اسفند
۱۳۹۴

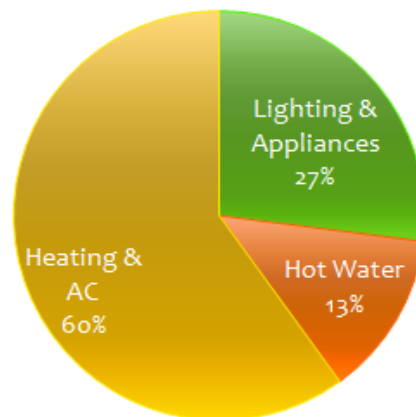
بررسیهای صورت گرفته در این رابطه حاکی از این بوده که توسعه استفاده از انرژیهای نو می تواند نقش بسزایی در افزایش درجه امنیت سیستم انرژی کشور ایفا نماید.

به منظور حفظ بازار فعلی و آینده انرژی به نظر می رسد تا سال ۲۰۴۰ نوع سومی از انرژی، که ترکیبی از انرژیهای امروزه و تجدیدپذیر خواهد بود، بوجود می آید. کشورهای مختلف دنیا، اهداف مختلفی را در زمینه بکارگیری از انرژی ها نو تدوین نموده اند. (شکل ۲)



شکل ۲- اهداف تعیین شده برای استفاده از انرژی نو در کشورهای اروپایی تا سال ۲۰۲۰

در این میان بخش عظیمی از مصرف انرژی در ساختمانها و جهت سرمایه گذاری یا گرمایش استفاده می شود. نمودار ۳ نشاندهنده میزان انرژی مصرفی در بخش خانگی است. به همین دلیل در این مقاله به بررسی تامین انرژی مورد نیاز گرمایشی و سرمایشی ساختمان از طریق منبع انرژی زمین گرمایی پرداخته شده و با یک مثال نمونه برای آپارتمان ۲۰۰ متر مربعی، کارایی این سیستم مورد ارزیابی اقتصادی قرار می گیرد.



شکل ۳- نمودار مصرف انرژی در یک منزل مسکونی



۲- انرژی زمین گرمایی و کاربرد آن در مناطق مناسب

واژه زمین گرمایی یا همان ژئوترمال Geothermal از ترکیب دو کلمه یونانی Geo به معنی زمین و Therme به معنی گرما تشکیل شده به عبارت ساده تر انرژی ژئوترمال در واقع گرمایی زا بوده که از درون لایه های زمین به بیرون از زمین هدایت می شود. بخار و آب داغی که در اعماق زمین تولید می شود برای گرم کردن ساختمان ها و یا تولید برق مورد استفاده قرار می گیرد. انرژی زمین گرمایی یک منبع انرژی تجدیدپذیر مناسب می باشد زیرا بارش باران موجب جایگزین شدن آب شده و گرما هم نیز متناوباً در اعماق زمین تولید می شود. (vinay and nirmal,2012)(kavanaugh and rafferty,1997)

انرژی زمین گرمایی در عمق ۴۰۰ مایلی زیر سطح زمین تولید می شود. حرارتی که به خاطر پوسیدگی آرام ذرات رادیواکتیو در داخل زمین و در لایه سنگ ها تولید می شود از گرمای سطح خورشید بیشتر می باشد از طرفی زمین دارای لایه هایی متفاوت بوده و هسته زمین نیز دو لایه دارد یک هسته جامد داخلی و یک هسته بیرونی که از سنگ های بسیار داغ ذوب شده تشکیل شده و «ماگما» نامیده می شود. «جبه» که هسته را فراگرفته و حدود ۱۸۰۰ مایل ضخامت دارد. جبه از ماگما و سنگ تشکیل شده اما پوسته خارجی ترین لایه زمین می باشد که قاره ها و سطح اقیانوس ها را تشکیل می دهد و حدود ۳ تا پنج مایل در زیر اقیانوس ها و ۱۵ تا ۲۵ مایل در زیر قاره ها ضخامت دارد. پوسته زمین به بخش های متفاوتی تقسیم شده که به آنها «پلیت» می گویند.

در اقصی نقاط جهان از طریق حفر چاه های عمیق و پمپاژ آب داغ یا بخار داخل زمین به سطح زمین، انرژی «زمین گرمایی» تولید می شود و برای گرم کردن خانه ها و تولید الکتریسیته مورد استفاده قرار می گیرد. در پاره ای موارد نیز از منافذ طبیعی می توان انرژی گرمایی تولید نمود. اغلب منابع «انرژی زمین گرمایی» در اعماق زمین جای داشته و نشانه مشخصی هم برای یافتن آنها در سطح زمین وجود ندارد. بعضاً انرژی زمین گرمایی به صورت آتشفشان، انتشار دود و بخار از شکاف دهانه آتشفشان، چشمه های آب گرم و آبفشان ها به سطح زمین منتقل می شود. بیشترین فعالیت های آتشفشانی در دنیا در ناحیه ای که حلقه آتش نامیده می شود به وقوع می پیوندد. بعضی از کاربردهای انرژی زمین گرمایی از دمای نزدیک سطح زمین استفاده می نمایند در حالی که برخی دیگر نیازمند حفر چاه های بسیار عمیق در زمین بوده لذا سه کاربرد اصلی انرژی زمین گرمایی شامل موارد زیر است:

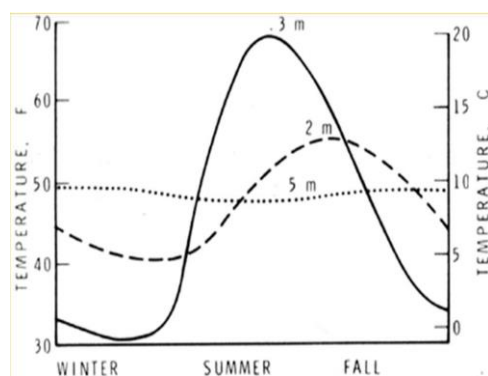
- ۱) سیستم های گرمایز و استفاده مستقیم از آب گرمی که در چشمه ها و مخازن آب نزدیک سطح زمین قرار دارند.
- ۲) تولید الکتریسیته در نیروگاه ها که نیازمند آب و یا بخاری بوده که درجه حرارت بسیار بالایی داشته باشد. نیروگاه های زمین گرمایی معمولاً در مکانی احداث می شوند که منابع انرژی زمین گرمایی در عمق یک یا دو مایلی از سطح زمین واقع شده اند.
- ۳) پمپ های حرارتی زمین گرمایی که از زمین محکم و سخت و حرارت آب نزدیک سطح زمین استفاده می نماید تا دمای هوا را در روی زمین کنترل نمایند. (nagano and katsura,2006)

۲-۱- تعریف پمپ حرارتی زمین گرمایی

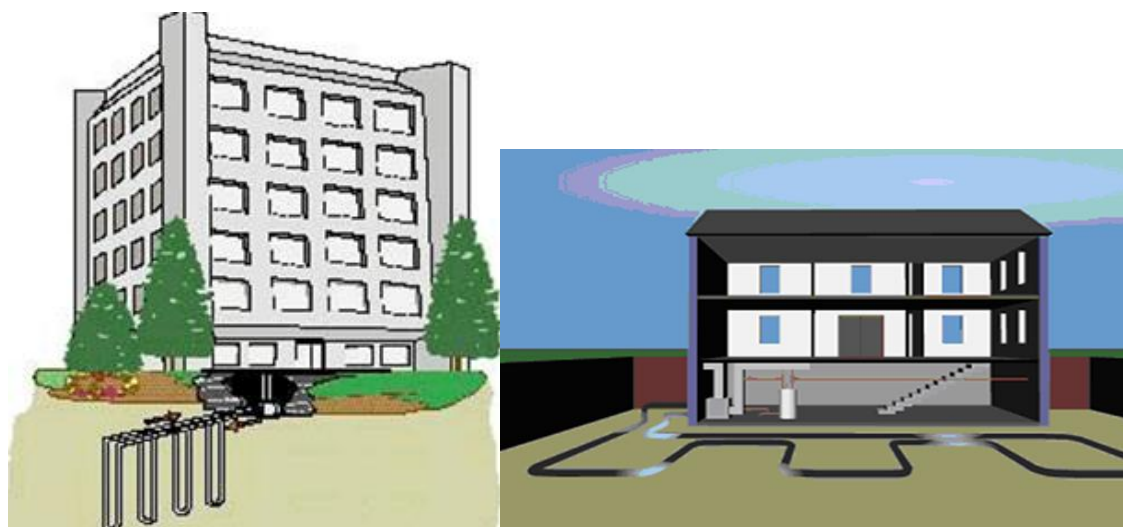
اگر منحنی تغییرات دمای هوا و دمای زمین در اعماق را در طول یک سال رسم نماییم مشاهده می شود که هرچه به عمق زمین بیشتر شود، میزان تغییرات دمای زمین در طول سال دارای تغییرات کمتری خواهد بود. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می شود از حدود عمق ۳ الی ۴ متری از سطح زمین تغییرات دما و نوسانات آن در طول یک سال بسیار ناچیز می



باشد. این در حالی است که میزان تغییرات دمای هوا دارای نوسانات بسیار زیادی می باشد. (sanave and niroomand,2009)



شکل ۴- شماتیک میزان نوسانات دمای خاک در یک سال در اعماق ۳، ۲، ۰،۳ و ۳ متری از سطح زمین



شکل ۵- استفاده از سیستم انرژی زمین گرمایی در ساختمانها

این امر بدین معنی است که زمین منبع خوبی برای تامین گرمایش در ماههای سرد سال است و می توان از حرارت زمین برای تامین گرمایش ساختمان ها استفاده نمود و همچنین از آن می توان برای تامین سرمایش در ماههای سرد سال استفاده بهینه نمود. شکل ۵.

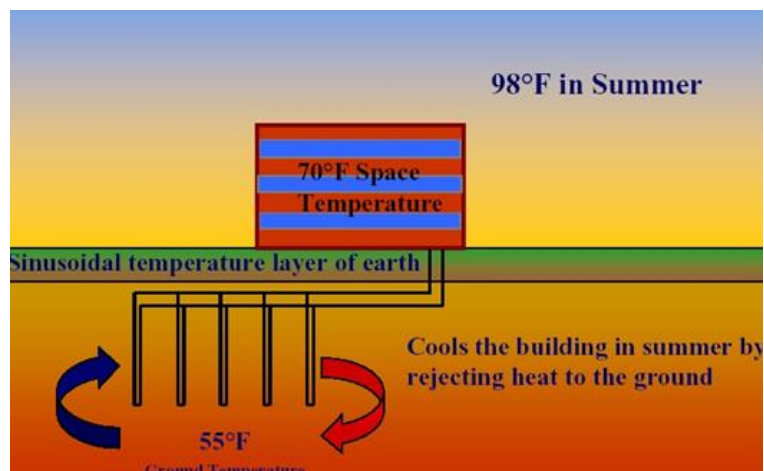
فرآیند انجام شده در این سیستم به این صورت است که در فاز سرمایش هوای گرم داخل اطاق از طریق مکنده دستگاه وارد دستگاه شده و پس از سرد شدن به داخل اطاق دمیده می شود. در داخل دستگاه حرارت به مبرد منتقل شده و پس از عبور مبرد از سیکل مربوطه (سیکل تبرید)، حرارت موجود در مبرد توسط یک مبدل دو لوله ای به آب داخل کویل زمینی که در

21
February
2016
۲ اسفند
۱۳۹۴

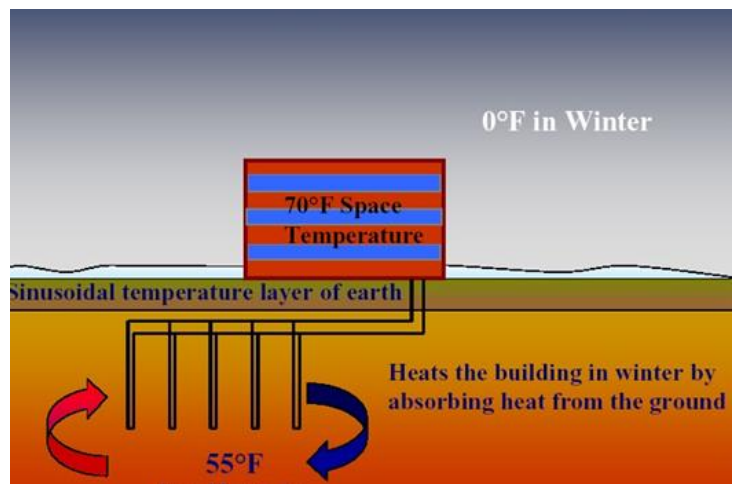
دومین کنفرانس بین المللی پژوهش در
مهندسی، علوم و تکنولوژی
2nd International Conference
on Research in
Engineering, Science and Technology



داخل لوله های پلی اتیلنی نصب شده در داخل زمین است منتقل می شود (شکل ۶). بالعکس در فاز گرمایش با استفاده از حرارت موجود در زمین، گرمای مورد نیاز ساختمان تامین می شود (شکل ۷). محاسبه مقدار طول لوله، طراحی آرایش و چیدمان بهینه لوله های پلی اتیلن در داخل زمین مهم ترین عامل در افزایش راندمان سیستم GHP و کاهش هزینه نصب آن می باشد.



شکل ۶- فرایند سرمایشی پمپ حرارتی زمین گرمائی

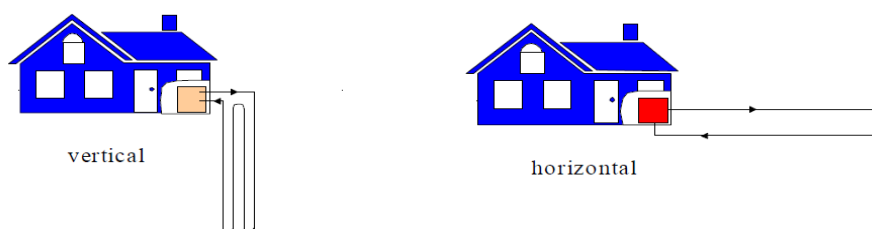


شکل ۷- فرایند گرمایشی پمپ حرارتی زمین گرمائی

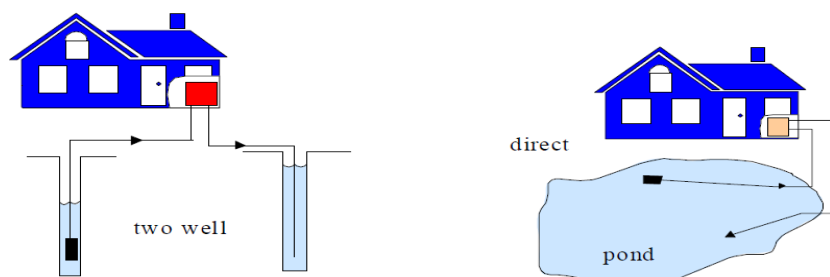


۲-۲- چیدمان های مختلف کویل زمینی پمپ حرارتی زمین گرمایی

سیستم آب زیرزمینی: سیستم آب زیرزمینی (مدار باز) از پتانسیل طبیعی زمین به عنوان چشمه حرارتی/منبع حرارتی استفاده می نماید. آب در این چیدمان از سفره های زیرزمینی به وسیله چاه تغذیه برداشت شده و پس از عبور از مبدل حرارتی دستگاه پمپ حرارتی زمین گرمایی، جایی که بین آب و میرد تبادل حرارتی صورت می گیرد، از طریق چاه برگشت یا آب های سطحی به سفره زیرزمینی بازگردانده می شود. دمای آب های زیرزمینی با اینکه دمای هوای محیط در طول سال در بازه گسترده ای تغییر می نماید، ثابت باقی مانده و دستگاه GHP دمای اتاق را با ضریب عملکرد بالا و بدون تاثیر گرفتن از تغییرات دمایی محیط در مقدار تنظیم شده به عنوان دمای اتاق، حفظ می نماید. سیستم آب های زیرزمینی برای مکانهایی که چاه آب موجود است یا پتانسیل مناسب برای حفر چاه وجود دارد ایده آل می باشد. زمانی که دسترسی به آبهای زیرزمینی فراهم باشد استفاده از این روش دارای کمترین هزینه نصب می باشد.



شکل ۸- چیدمان سیستم به صورت افقی و عمودی



شکل ۹- چیدمان سیستم به صورت دریاچه ای و آب زیرزمینی

سیستم عمودی: سیستم عمودی (مدار بسته) از پتانسیل طبیعی دمای زمین در حالتی شبیه سیستم آب زیرزمینی بهره گرفته است. در این چیدمان بر خلاف سیستم آب زیرزمینی که آب از زمین برداشت شده و بعد از مصرف مجدداً به زمین بازگردانده می شود، آب یا سیالی که در مقابل یخ زدگی مقاوم است در طول شبکه ی حلقه بسته ی لوله های پلاستیکی که در داخل سوراخ های عمودی حفر شده در زمین قرار می گیرند، گردش می کنند. چاه های عمودی در این سیستم معمولاً با عمق های ۱۰۰ تا ۳۰۰ فوت به ازای هر تن گرمایش یا سرمایش حفر می شوند. (entchev et al, 2014)



سیستم عمودی برای استفاده در مکان هایی که فضای موجود (سطح زمین) محدود است بسیار ایده آل میباشد. همانند سیستم آب زیرمینی، سیستم عمودی از تاثیر نوسانات گسترده دمای هوای محیط بر ثبوت کارایی بالای دستگاه و آسایش و راحتی مکانی که مورد تهویه قرار گرفته است، جلوگیری می نماید.

سیستم افقی: سیستم افقی (حلقه بسته) از سطح گسترده زمین و خاصیت زمین بهه می گیرد. همانند سیستم عمودی، آب یا سیالی که در مقابل یخ زدگی مقاوم است در سراسر شبکه ی حلقه بسته ی لوله های پلاستیکی که آب بند و هواگیری شده و در داخل زمین دفن می شوند، گردش می نماید. برخلاف سیستم عمودی که لوله ها در داخل حفره های عمودی قرار میگیرند، در این سیستم لوله ها در داخل کانال هایی افقی که معمولا عمق آنها در حدود ۴ تا ۶ فوت و طول آنها بین ۷۵ تا ۶۰۰ فوت به ازای هر تن سرمایش یا گرمایش می باشد، دفن می شوند. با اتخاذ روش های جدید در نوع چیدمان لوله های افقی، این سیستم به صورتی درآمده که در شرایط کارکرد یکسان، هزینه نصب کاهش می یابد. معمولا در مکان هایی که سطح زمین موجود نسبتا محدود نباشد بایستی سیستم افقی نصب شود. میزان صرفه جویی انرژی چیدمان سیستم های افقی به همان میزان سیستم عمودی است.

سیستم دریاچه ای/رودخانه ای: سیستم دریاچه ای/رودخانه ای (حلقه بسته) در مقایسه با تمامی سیستم های حلقه بسته از نظر نصب اقتصادی تر است و دارای مزایای بسیاری نسبت به سیستم هایی با بهره وری انرژی، دارد. در این سیستم از یک منبع آبی مانند برکه یا دریاچه که در نزدیکی محل نصب دستگاه GHP موجود باشد، استفاده می شود. همانند سیستم افقی و عمودی، حلقه بسته ای از لوله های پلاستیکی آب بند و هواگیری شده که آب یا سیال مقاوم در برابر یخ زدگی در داخل آن گردش می کند استفاده می شود. با این تفاوت که بر خلاف قراردادن لوله ها در حفره های عمودی در سیستم عمودی یا خواباندن لوله ها در کانالهای افقی در سیستم افقی، در این سیستم لوله ها در داخل آب (دریاچه یا برکه) جایی که دمای آب ثابت و شار حرارتی مورد نظر به آب منتقل شود، غوطه ور می شوند. عدم نیاز به حفر چاه و کاهش حجم حفر کانال موجب ده است تا در این سیستم هزینه نصب کاهش یابد.

۳- مزیت های استفاده از سیستم GHP

- ۱- قابلیت تامین همزمان گرمایش و سرمایش با صرفه جویی انرژی به میزان ۵۰ الی ۷۰ درصد
- ۲- امکان نصب سیستم GHP در تمامی مناطق و تمامی اقلیم ها
- ۳- کاهش دهنده میزان رطوبت و تامین کننده سرمایش بطور همزمان در مناطق دارای رطوبت زیاد
- ۴- تولید کمتر آلاینده های محیط زیستی در مقایسه با سایر سیستم های گرمایشی - سرمایشی
- ۵- کاهش تولید آلودگی صوتی
- ۶- امکان استفاده از سیستم GHP برای مناطق دور از شبکه خط لوله انتقال گاز
- ۷- امکان استفاده از سیستم GHP برای تامین آب گرم و سرد (تهویه مطبوع با فن کویل)
- ۸- امکان انتقال هوای گرم و سرد با استفاده از کانال
- ۹- امکان استفاده از سیستم GHP در ظرفیت های متفاوت (نیم تن تبرید تا هزار تن تبرید)
- ۱۰- قابلیت تامین آب گرم مورد نیاز ساختمان و استخرهای شنا
- ۱۱- امکان استفاده از GHP در مراکز پرورش دام، طیور، آبزیان گرمایی، ذوب برف معابر و فرودگاهها و صنایع مختلف
- ۱۲- امکان نصب سیستم GHP بصورت متمرکز یا مجزا در ساختمان ها



۴- صرفه جویی انرژی

سیستم حرارت مرکزی موجود که امروزه بسیار فراگیر هستند، شامل بویلر، پمپ ها، لوله ها و رادیاتورها می باشد که دمای آب را به حدود متوسط ۵۰ درجه می رسانند. بازدهی این سیستم ها به ندرت از ۲۵٪ تجاوز خواهد نمود. همچنین در فصل های گرم نیز سیستم های سرمایشی متداول مانند اسپیلت ها، چیلرها یا پکیج ها مورد استفاده قرار می گیرند که بازدهی این نوع سیستم ها نیز حدود ۴۰٪ می باشد.

در مقابل سیستم های حرارتی و سرمایشی زمین گرمایی حداقل ۳ برابر بیشتر از سیستم های سوخت سنتی دارای بازدهی هستند. مطالعات نشان داده است که حدود ۷۰٪ انرژی مصرف شده در سیستم های سرمایشی و گرمایشی زمین گرمایی از انرژی زمین بدست می آید.

به منظور بررسی دقیق تر، فرض می کنیم ساعات کارکرد یک سیستم سنتی حرارتی در پنج ماه سرد سال و روزی ۵ ساعت باشد. بنابراین کل ساعات کارکرد در زمستان برابر است با:

$$5hrs * 30days * 5mon. = 1500hrs$$

برای آپارتمانی با مساحت تقریبی ۲۰۰ مترمربع بویلری با ظرفیت ۴۰۰۰۰ وات مورد نیاز خواهد بود. بنابراین مصرف سوخت بویلر:

$$40000w / 10000wh / ltr = 4ltr / hr$$

بنابراین کل هزینه انرژی مصرفی سیستم گرمایشی ساختمان در زمستان به صورت زیر محاسبه خواهد گردید:

$$4ltr * 0.231\$ * 1500hrs = 1386\$ / year$$

اما در مقابل، پمپ حرارتی زمین گرمایی دارای مصرف ۰/۸۲۱ kw/hr به ازای هر تن می باشد. بنابراین برای به کار انداختن این سیستم در شرایط مشابه سیستم سنتی، در یک آپارتمان با شرایط مشابه قبل، هزینه انرژی بصورت زیر محاسبه خواهد گردید.

$$0.821kw / hr / ton * 40kw / 3.571 * 0.0441\$ / kw * 1500hrs = 608.33\$ / year$$

بنابراین بازدهی سیستم زمین گرمایی بصورت زیر محاسبه خواهد گردید:

$$608.33 / 1386 = 43.89\%$$

بنابر نتایج بدست آمده استفاده از سیستم زمین گرمایی به منظور ایجاد گرمایش در ساختمان، مقرون به صرفه و اقتصادی خواهد بود.

۵- بحث و نتیجه گیری

مصرف انرژی در ساختمان های کشورمان و به خصوص ساختمان های مسکونی بسیار زیاد و در مواردی چندین برابر میانگین جهانی است. استفاده و بهره گیری مناسب از انرژی های تجدید پذیر از جمله انرژی زمین گرمایی می تواند در کاهش میزان مصرف انرژی فسیلی و کاهش گازهای گلخانه ای بطور مثری ایفای نقش نماید. ارزیابی اقتصادی انجام شده در این مقاله استفاده از این نوع از انرژی تجدید پذیر را برای سیستم گرمایشی ساختمان مقرون به صرفه میدانند.



همچنین پیشنهاد می گردد به منظور بهبود بیشتر استفاده ترکیبی از این نوع انرژی به همراه سایر منابع از جمله خوریدی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- Kavanaugh S. P., Rafferty K., 1997 "Ground-Source Heat Pumps: Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings", ASHRAE Inc., Atlanta
- Nagano K., Katsura T., Takeda S., 2006, "Development of a design and performance prediction tool for the ground source heat pump system", Applied Thermal Engineering, Vol. 26, 1578-1592.
- Sanaye S., Niroomand B., 2009, "Thermal economic modeling & optimization of vertical ground coupled heat pump", Energy Conversion & Management, Vol. 50, 1136- 1147.
- Vinay k, nirmal.kr, international journal of advances in engineering and technology, sept 2012, issn:2231-1963
- E.entchev, m.ghorab, assessment of renewable technologies applications for netzero communities, current advanced in energy research caier volume 1, issue 2 sep 2014, pp35-43

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop