کانال مهندسی آب و فاضلاب

برای عضویت در کانال عبارت : **@mohandesifazelab**

را برای دوستانتان فرستاده و یا در گروهی به اشتراک بگذارید و سپس روی آن کلیک کرده تا وارد کانال شوید

برای تکمیل عضویت حتما گزینه **join** را بزنید

آب شیرین‌کن‌های خورشیدی، فرصتی برای جهان امروز

مجید گودرزی[1]، مصیب حسین‌زاده[2] [i]

[1] کارشناس فنی نیروگاه، شرکت بهره برداری و تعمیراتی مپنا (O&M) - نیروگاه تولید همزمان آب و برق قشم؛ mgoodarzi@pgs.usb.ac.ir
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه سیستان و بلوچستان؛ mhoseinzadeh@pgs.usb.ac.ir

چکیده

پیشرفت صنایع، افزایش جمعیت و کاهش منابع آبی بشر را مجبور به شیرین سازی آب های شور نموده، در حالی که این کار مستلزم صرف انرژی و هزینه های فراوان است. از طرفی روش های مختلف نمک زدایی به دلیل استفاده از سوخت های فسیلی باعث کاهش منابع تجدید ناپذیر و منجر به افزایش آلودگی محیط زیست شده اند در حالی که نتوانسته اند به تامین همه نیازهای جهان بپردازند. نمک زدایی آب به وسیله انرژی های نو مانند انرژی خورشیدی و باد که سازگاری بیشتری نسبت به محیط زیست دارند می تواند راهکاری برای رفع این مشکلات باشد. هر چند به رغم وفور و رایگان بودن منابع تجدید پذیر استفاده از این منابع در ابتدای مسیر نورآوری و کاربرد اقتصادی قرار دارد. در این مقاله بعد از یک مقدمه آماری درباره واحدهای شیرین سازی آب، به ضرورت استفاده از آب شیرین کن های خورشیدی و پتانسیل های موجود آن پرداخته و چگونگی عملکرد آنها را مورد بررسی قرار می دهیم.

کلمات کلیدی

آب شیرین کن خورشیدی، انرژی تجدید پذیر، محیط زیست، سوخت فسیلی

Solar desalination, Opportunity for the world today

M. Goodarzi[1], M. Hossein-zadeh[2]

MAPNA Operation & Maintenance Company

ABSTRACT

Considering to industrial development, population growth and reduction of water resources, human forced to desalination brackish water while it takes a lot of energy and money. Furthermore, different methods of desalination caused fossil fuels reduce and increased pollution in the world and failed to fulfill all needs. Water desalination by Renewable energy such as solar and wind power that are more compatiblity to environment can be a mechanism to solve these problems. However, despite the free and abundance of renewable resource, they are in trailhead innovation and economic use.

In this paper, after a statistics introduction to water desalination units, Necessitates of the use of solar desalination and its potential and how this units operation are survey.

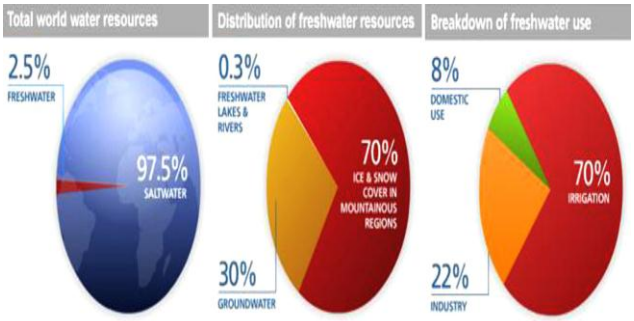
KEYWORDS

Solar desalination, renewable energy, environment, fossil fuels.

[i] مصیب حسین‌زاده، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده مهندسی شیمی، شماره تماس: ۰۹۳۵۸۰۰۵۶۸۳

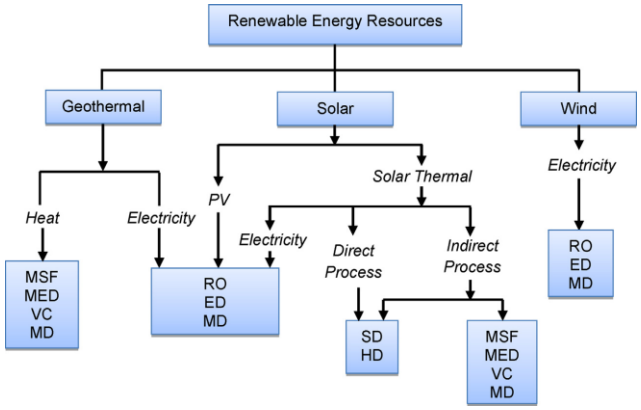
۱- مقدمه

در دهه های اولیه قرن بیست و یکم میلادی، بحران آب یکی از مهمترین بحرانهای کشورهای جهان خواهد بود. بیش از ۷۰ ٪ سطح کره زمین را آب پوشانده است (نزدیک به ۳۶۰ میلیون از ۵۱۰ میلیون کیلومتر مربع)؛ با وجود این حجم عظیم تنها ۲/۵درصد از آبهای کره زمین شیرین قابل شرب است و ۹۷/۵ درصد بقیه آب شور است که به علت محلول بودن نمک ها خصوصا نمک طعام غیر قابل استفاده است [۱]. حجم عظیمی از منابع آب شیرین در قطب ها و مناطق کوهستانی پوشیده از برف قرار دارد(۷۰ درصد) و مابقی آن به صورت آبهای زیر زمینی بوده (در حدود۳۰ درصد) و تنها درصد بسیار کمی از آب شیرین در رودخانه ها و دریاچه ها جاری می باشد. از اینرو بشر همواره بدنبال تامین آب مورد نیاز خود از طریق نمک زدایی و شیرین سازی آب اقیانوس ها و دریاها می باشد. آب شیرین مصرفی جهان به صورت استفاده های خانگی (نوشیدن، پخت و پز و بهداشت فردی)، مصارف صنعتی و کشاورزی می باشد. استفاده های خانگی تنها ۸ درصد مصرف جهانی آب را تشکیل می دهد. این رقم در ایران به ۶ درصد کاهش می یابد. صنعت در حدود ۲۲درصد مصرف جهانی آبشیرین را به خود اختصاص می دهد. در عصر کنونی، اساسا آب جز لاینفک بسیاری از پروسه های صنعتی است. سهم صنعت از مصرف آب شیرین در ایران حدود ۲ درصد است. بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده منابع آب شیرین دنیاست که در حدود ۷۰ درصد مصرف آب شیرین را به خود اختصاص می دهد. در ایران نیز عمده ترین مصرف کننده آب شیرین، بخش کشاورزی حدود ۹۲ درصد می باشد [۲].



شکل۱-توزیع آب در جهان [۳]

در حال حاضر تعداد ۱۴۴۵۱ واحد آب شیرین کن در سراسر دنیا وجود دارد که بیش از شصت میلیون متر مکعب در روز آب تولید می کنند و انتظار می رود این تعداد واحد تا سال ۲۰۲۰ به صد و بیست میلیون متر مکعب در روز برسد که چهل میلیون متر مکعب آن تنها برای خاور میانه پیش بینی شده است [۴]. از آنجا که این آب شیرین کن ها با سوخت فسیلی کار می کنند علاوه بر گران بودن هزینه های سوخت، آلودگی و مشکلات زیست محیطی ناشی از آنها به طور فزاینده ای افزایش پیدا کرده است. همچنین واحد های متعددی وجود دارد که از لحاظ اقتصادی به هیچ وجه به صرفه نمی باشند به گونه ای که حتی برخی از این واحدها در کنار آب های دریا و اقیانوس ها قرار گرفته اند. بسیاری از این مناطق، هزینه های گران سوخت های فسیلی و کمبود تامین آب آشامیدنی و الکتریسته را تجربه کرده اند.داده های آماری آژانس بین المللی انرژی IEA نشان می دهد که استفاده از تکنولوژی های انرژی تجدید پذیر به سرعت در حال افزایش است به گونه ای که به زودی بر گاز غلبه کرده و بعد از زغال سنگ به عنوان دومین منبع تولید انرژی در جهان قرار میگیرد و تا سال ۲۰۳۰ حدود ۴۰ درصد از تولید نیروی جهان را به خود اختصاص می دهد [۵]. در سال ۲۰۰۶ در حدود ۱۲/۳ درصد از انرژی مصرف شده در جهان توسط نیروهای تجدید پذیر همراه با مقدار ۱۰/۱٪ از منابع زیست توده سنتی در حدود ۱۶ درصد از تولید الکتریسیته جهان را بر عهده داشته اند. پتانسیل استفاده از انرژی های تجدید پذیر در آب شیرین کن ها در مقیاس کوچک در جوامع دور افتاده مورد توجه قرار گرفته است. ادغام منابع انرژی تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی، باد و انرژی زمین گرمایی با سیستم های آب شیرین کن نوید بخش مقابله با کمبود آب و پتانسیلی عملی برای حل مشکلات تغییرات آب و هوایی و کمبود آب است [۶].

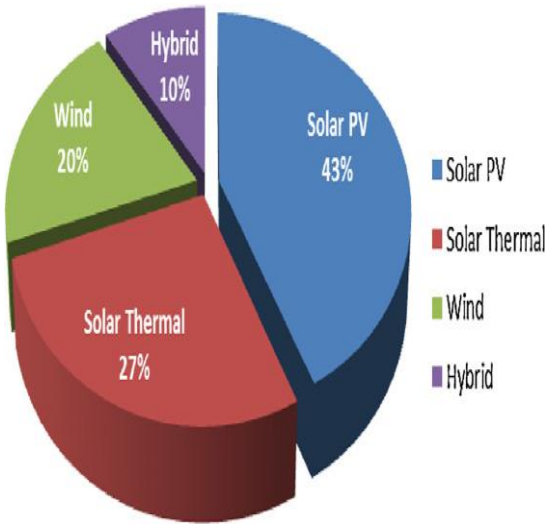


شکل۲- یکپارچه سازی منابع انرژی تجدید پذیر با فن آوری های آب شیرین کن [۷]

در عین حال، هزینه های آب شیرین کن و سیستم های انرژی تجدید پذیر به طور پیوسته کاهش می یابد، در حالی که قیمت سوخت های فسیلی به سرعت در حال افزایش است و نگرانی ها جهانی زیادی در مورد کاهش امنیت منابع انرژی وجود دارد. واحد های نمک زدایی با انرژی تجدید پذیر در کشور های دور افتاده منحصر به تولید جریان الکتریسیته برای مناطقی مانند مناطق نظامی است که فقدان آب و الکتریسته لازم است [۸]. در سال ۲۰۰۸، ۱۰ درصد از انرژی الکتریسته تولید شده جهان از منابع تجدید پذیر مانند انرژی زمین گرمایی، برق آبی، زیست توده، سوخت های زیستی خورشیدی، زیست توده بوده است در حالی که تنها ۱ درصد

از کلیه واحدهای نمک زدایی از این منابع برای تولید آب شیرین استفاده کرده‌اند [۹]. در ارزیابی های اخیر توسط اداره اطلاعات انرژی آمریکا انجام شده پیش بینی می کند تا سال ۲۰۳۵، انرژی های تجدید شونده در حدود ۱۴٪ از کل انرژی جهان را تولید می کند که نشان دهنده بیشترین رشد جهانی ظرفیت تولید برق می باشد [۱۰]. موارد گفته شده انگیزه لازم در استفاده از فن آوری نمک زدایی آب با منابع انرژی تجدید پذیر را ایجاد می نماید.

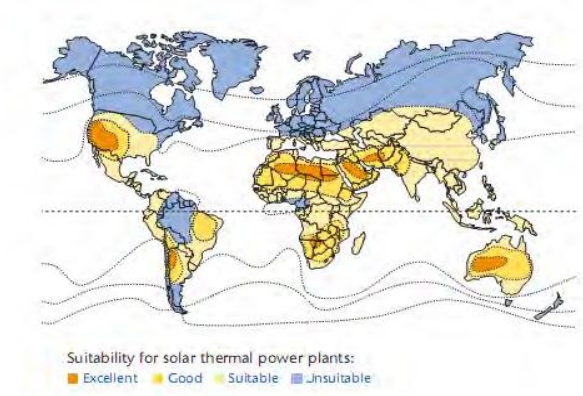
سیستم های آب شیرین کن با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر را می توان به سه دسته بادی، خورشیدی (فتوولتائیک یا جمع خورشیدی) و انرژی زمین گرمایی تقسیم بندی کرد. این منابع انرژی تجدید پذیر را می توان با سیستم های تقطیر یا آب شیرین کن غشای حرارتی برای تولید آب ادغام کرد. تصمیم گیری در مورد انتخاب بهترین منبع انرژی مورد استفاده، باید بر اساس ملاحظات اقتصادی، زیست محیطی و ایمنی صورت پذیرد. عده ای بر این باور بودند با توجه به مزیت های زیست محیطی و ایمنی مطلوب انرژی خورشیدی، این انرژی باید به جای انرژی های حاصل از سوخت های فسیلی ، حتی زمانی که هزینه های شرکت کمی بالاتر باشد استفاده شود [۱۱].



شکل۳- درصد میزان استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در شیرین سازی آب [۱۲]

۲- پتانسیل دسترسی جهان به انرژی خورشیدی

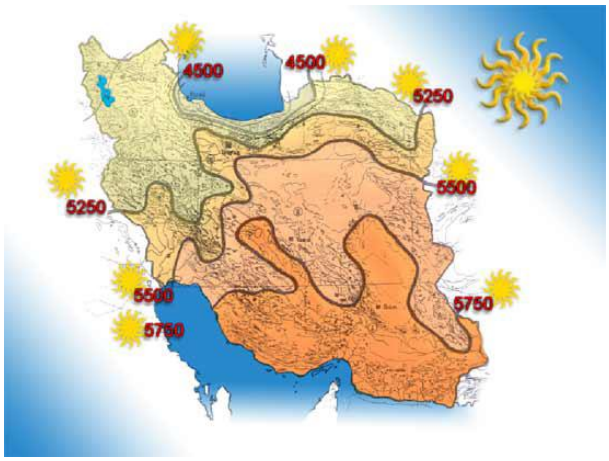
فرآیند نمک زدایی آب شور به کمک انرژی خورشیدی، به حدود سال های ۱۹۵۰ باز می گردد وقتی که تقطیر کننده های خورشیدی ساده مورد استفاده قرار گرفتند تا در نواحی بیابانی و ساحلی مورد استفاده قرار گیرند. طراحی های انجام شده در آن زمان چنان بود که همواره تولید آب با سادگی تجهیزات نیز همراه باشد چون طراحی ها معمولا برای مناطق فقیر انجام شده است. اما به علت ارزانی قیمت لوله ها و پمپ ها و پایین بودن هزینه انرژی در قرن بیستم، تقطیر کننده های خورشیدی در مقیاس های صنعتی مورد کمتر استفاده قرار گرفتند. اما در قرن بیست و یکم با افزایش هزینه ها و کاهش منابع فسیلی مورد استفاده گسترده تری دارند. تحقیقات صورت گرفته نشان می دهد که انرژی خورشیدی را می توان به عنوان یک منبع انرژی مناسب برای تولید آب شیرین از آب شور به ویژه در بسیاری از کشورهای آفریقایی و آسیایی، منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا که در آب و هوای نیمه خشک و آفتابی قرار گرفته اند مورد استفاده قرار داد [۱۳].



شکل ۴- دسترسی به انرژی خورشید در جهان

۳- پتانسیل انرژی خورشیدی ایران

کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته و در منطقه ای است که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت برمتر مربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است. در ایران به طور متوسط سالیانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه می باشد [۱۴].



شکل۵- اطلس انرژی خورشیدی کشور [۱۴]

۴- ضرورت استفاده از آب شیرین‌کن های خورشیدی

شرایط خشکسالی بخصوص در سالیان اخیر در مناطق مختلف ایران بویژه در جنوب کشور منجر به کاهش دسترسی به آب آشامیدنی گردیده است .در این مناطق عموماً آب شیرین به صورت

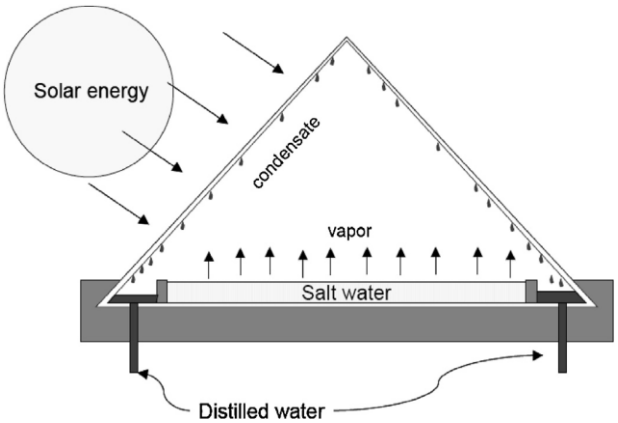
جاری وجود نداشته و تامین آب از طریق حفر چاههای بسیار عمیق امکان پذیر است .این موضوع علاوه بر هزینه های گزاف، مشکل غیر بهداشتی و شور بودن آبهای زیرزمینی را نیز در بر دارد .از طرفی تامین آب آشامیدنی از طریق انتقال آب از شهرهای بزرگ به مناطق محروم مشکلات دیگری شامل هزینه های بالای انتقال و احداث شبکه آبرسانی دارد که این امر را غیر اقتصادی می نماید. روش متداولی که برای تامین آب شرب در مناطق خشک بکار گرفته می شود استفاده از سیستمهای معمول آب شیرین کن می باشد که مشکلات تامین انرژی و سوخت مورد نیاز، تکنولوژی بالا، هزینه بالای ساخت و تعمیر و نگهداری، ظرفیت بالا و عدم کاربری آن برای مناطق با جمعیت محدود باعث می شود که استفاده از اینگونه سیستم ها در روستاها امری غیرممکن باشد. بررسی ها نشان میدهد تنها سیستمی که بتواند حائز تمامی شرایط فوق باشد، سیستمهای آب شیرین کن خورشیدی می باشند، اساس کار اینگونه سیستمها بر مبنای سیکلی است که در طبیعت طی می گردد. یعنی آب شور بواسطه انرژی حرارتی خورشید تبخیر و سپس پس از سرد شدن تقطیر شده که قطرات حاصله عاری از هرگونه نمک یا مواد معدنی یا میکرو ارگانیزم ها می باشد. آب شیرین کن های خورشیدی بعنوان فرآیندی نوین و سازگار با محیط زیست، می توانند بعنوان راهکاری مناسب در راستای توسعه پایدار و تامین آب مورد نیاز، جهت نمک زدایی از آبهای شور در کشور مورد استفاده قرار گیرند .این سیستم نسبت به سایر فرآیندهای متعارف آب شیرین کن شامل نانو فیلتراسیون و اسمز معکوس، تقطیر چند مرحله ای و غیرهدارای تکنولوژی ساده تر، ارزانتر و دارای سازگاری بیشتر با شرایط اقلیمی ایران می باشد .لذا استفاده از آب شیرین کن های خورشیدی برای تامین آب مورد نیاز صنایع از جمله نفت و گاز، کشاورزی و نقاط کم جمعیت و روستاها ضروری می نماید [۱۵].

۵- آب شیرین کن های خورشیدی

با توجه به اینکه انرژی خورشید به عنوان یک منبع رایگان، دربیشتر نقاطی که نیاز به شیرین سازی آب دارند، با شدت تابش نسبتاً مناسبی در دسترس است، لذا استفاده از این منبع انرژی یکی از مناسب ترین گزینه ها برای تولید غیرمتمرکز آب شیرین می‌باشد [۱۴]. مهم‌ترین عامل موثر در آب شیرین کن های خورشیدی شدت نور خورشید می باشد زیرا میزان تولید آب شیرین با شدت تابش خورشید نسبت مستقیم دارد. بعلاوه عواملی چون دمای محیط، سرعت باد و دمای آب شور در مقداربازدهی دستگاه موثر می باشد.

۵-۱- آب شیرین کن های خورشیدی مستقیم

نخستین آب شیرین کن های خورشیدی از نوع تقطیر کننده های خورشیدی مستقیم بوده اند که در آنها از انرژی خورشید مستقیماً برای تقطیر آب شور و تهیه آب شیرین استفاده شده است مشکل عمدهٔ این سیستم ها ظرفیت پایین، اشغال فضای زیاد و هزینه سرمایه گذاری بالا است. این آب شیرین کن برای در مناطقی که در آن تقاضا آب شیرین کمتر از ۲۰۰ m3/day است مناسب می باشد [۱۴]. در سیستم های تقطیر خورشیدی آب شور را به ظرف کم عمقی که کاملا آب بندی شده و با هوای خارج ارتباطی ندارد، وارد می کنند. پوشش شفافی مانند شیشه و یا پلاستیک، سطح فوقانی ظروف مربوطه را می پوشانند. انرژی خورشید با طول موجهای مختلف از شیشه گذشته و نور خورشید با آب داخل ظرف و سطح جاذب برخورد نموده و آب گرم می شود، پوشش شفاف مانع خروج اشعه های خورشید از محفظه شده و باعث می شود که افت گرمایی از طریق جابجایی به مقدار زیاد کاهش یابد. به این ترتیب انرژی گرمای خورشید در دستگ ه آب شیرین کن محصور شده و موجب افزایش دمای بخار آب و تولید بخار آب در محفظه می گردد. به تدریج که رطوبت نسبی در محفظه افزایش می یابد، بخار آب در اثر دفع گرما از شیشه، روی سطح داخلی شیشه تقطیر شده و آب شیرین حاصله به طرف محل جمع آوری در انتهای پوشش حرکت می کند و به این ترتیب با استفاده از انرژی خورشید و عمل تقطیر، آب شیرین تهیه می شود .آب نمک غلیظ شده نیز بطور مداوم و متناوب از دستگاه خارج می شود [۱۶].

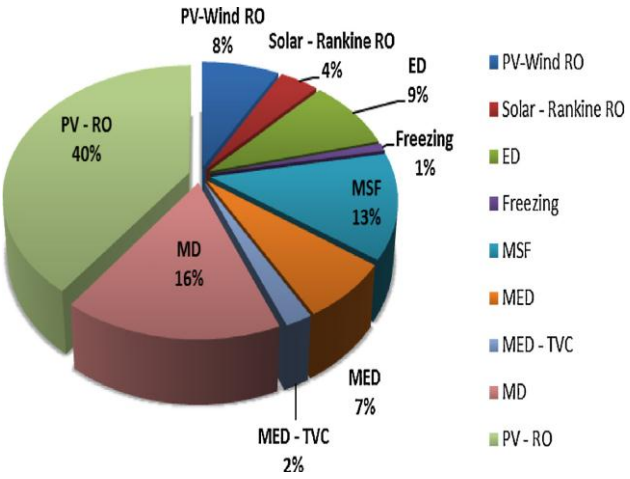


شکل ۶- نمونه ای از یک تقطیرگر خورشیدی [۱۷]

۵-۲- آب شیرین کن خورشیدی غیر مستقیم

در این گونه آب شیرین کن ها ابتدا در یک بخش انرژی خورشید جمع آوری شده و سپس در بخش دیگری، تقطیر و شیرین سازی آب انجام می شود. انرژی خورشید در روش غیر مستقیم به دو صورت می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در حالت اول از انرژی خورشید برای پیش گرم کردن آب ورودی به تقطیر کننده استفاده شده و انرژی اصلی واحد از طریق بخار یا الکتریسیته تامین میگردد که گاهی لفظ کمک خورشیدی (Solar Assisted) به آن اطلاق می شود. در حالت دوم بخش اعظم انرژی از طریق خورشید تامین می گردد [۱۸]. این گونه سیستم ها شامل دو زیر سیستم کلکتور های خورشیدی و واحد های نمک زدایی می باشند. کلکتور های خورشیدی که به صورت صفحات تخت، لوله های خلا و متمرکز کننده های خورشیدی هستند می توانند با یکی از انواع فرآیندهای

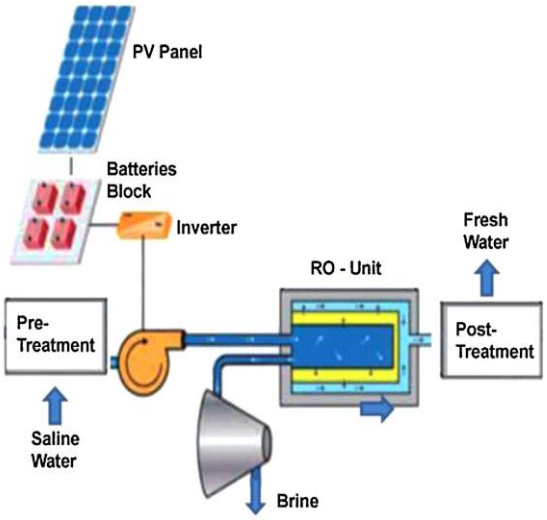
حرارتی نمک زدایی تقطیر ناگهانی (MSF)، تراکم مکانیکی بخار (VOC)، آب شیرین کن چند مرحله‌ای (MED) و تقطیر غشایی (MD) که از قانون تقطیر و کندانس شدن تبعیت می کنند متصل گردند.



شکل ۷- فن آوری های آب شیرین کن کوپل شده با منابع انرژی خورشیدی در سرتاسر جهان [۱۹]

۵-۲-۱- پدیده فتوولتائیک

بر اساس این پدیده که برای اولین بار توسط آلبرت انیشتین شرح داده شد، سل های خورشیدی که از جنس سیلیکون و یا مواد نیمه رسانا و یا ترکیبی از هر دو می باشند نور خورشید را مستقیما تبدیل به جریان الکتریسیته می گردد و انرژی مورد نیاز برای یک واحد نمک زدایی را فراهم می کند. وقتی که امواج الکترومغناطیسی خورشید بر سلولهای خورشیدی می تابد، جفت ماده‌ها (الکترون و پوزیترون) در نوار نیمه رسانا به تعداد زیاد تولید می شود و تولید جفت می کند، در نتیجه برهم کنشهای فیزیکی بین این ذرات صورت می گیرد که نهایتاً منجر به یک پیل خورشیدی می شود. ژنراتورهای فتوولتائیک قابلیت اتصال به آب شیرین کن های اسمز معکوس و الکترودیالیز را دارا می باشند. در شکل زیر نمونه ای از این آب شیرین کن نشان داده شده است که دارای یک ست باتری برای تامین الکتریسیته مورد نیاز برای واحد اسمز معکوس وهمچنین تنظیم کردن نوسانات انرژی خورشیدی و یک کنترل کننده برای حفاظت کردن از باتری ها در مقابل کاهش یا افزایش بار می باشد که با یک واحد اسمز معکوس به یکدیگر متصل گردیده اند [۱۹].



شکل ۸- آب شیرین کن اسمز معکوس کوپل شده با ژنراتور فتوولتائیک [۱۹]

۶- مزایای استفاده ازآب شیرین کن های خورشیدی

با استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید آب شیرین، سه مشکل اصلی کمبود آب شیرین، تخلیه انرژی های فسیلی و تخریب محیط زیست به دلیل انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی هیدروکربنی را می توان کاهش داد. نیروگاه های آب شیرین کن خورشیدی ضمن تولیدآب و برق هیچگونه آلودگی در هوا نداشته و مواد سمی و مضر تولید نمی کنند در صورتیکه نیروگاه های فسیلی هوا و محیط اطراف خود را با مصرف نفت، گاز و یا ذغال سنگ آلوده کرده و نیروگاههای اتمی با تولید فضولات هسته ای خود که بسیار خطرناک و رادیواکتیو هستند محیط زندگی را آلوده و مشکلات عظیمی را برای ساکنین کره زمین بوجود می آورند. برخلاف نیروگاههای فسیلی که قیمت آب و برق تولیدی آنها تابع قیمت نفت بوده و همیشه درحال تغییر می باشد، در نیروگاه های خورشیدی این نوسان وجود نداشته و می توان بهای آنها را برای مدت طولانی ثابت نگهداشت. نیروگاه های خورشیدی امکان تامین شکبه های کوچک و ناحیه ای را نیز به ما می دهند و در این حال از تاسیس خطوط فشار قوی طولانی جهت انتقال برق را منتفی میسازند زیرا که خورشید و زمین مواد اولیه این نیروگاه ها هستند که درهمه جا گسترده اند .اما تامین نیروگاههای فسیلی کوچک حتی با موتورهای دیزل به دلایل اقتصادی، نامطلوب هستند و تامین نیروگاههای با ظرفیت زیاد توام با شبکه انتقال سراسری، بسیار پرهزینه بوده و نگهداری آنها نیز مشکل و لذا نقاط دور دست از مزایای آنها محروم خواهند بود. نیروگاههای خورشیدی به دلایل فنی و نداشتن استهلاک زیاد دارای عمر طولانی بوده که هزینه سالانه آنها را بسیار کاهش می دهد. این نیروگاه ها احتیاج به متخصص عالی ندارد و می توان آنها را بطور اتوماتیک بکار انداخت، در صورتیکه در نیروگاه های فسیلی بخصوص در نیروگاههای اتمی وجود متخصین عالی مقام ضروری بوده و این دستگاهها احتیاج به مراقبت های دائمی و ویژه دارند. همچنین تعداد قطعات چرخنده آنها

بسیار کم بوده و کمتر احتیاج به لوازم یدکی پیدا می کنند اما نیروگاههای فسیلی و اتمی در حرارتی بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰درجه سانتیگراد و فشار ده ها اتمسفر و با چندین هزار دور و با صدها قطعه گردنده، کار می کنند که در نتیجه احتیاج به قطعات و لوازم یدکی زیاد و مخصوص دارند که تهیه آنها با مشکلات فراوان و هزینه های بسیار زیاد امکان پذیر می باشد [۲۰].

۷- نتیجه و جمع بندی

منابع آبی در اکثر نقاط دنیا در حال کاهش می باشند و نمک زدایی آب دریاها و آبهای شور مورد استقبال زیادی واقع شده اند. هر چند آب شیرین کن ها برخی از مشکلات کمبود آب را کاهش داده اند ولی به دلیل استفاده از سوخت های فسیلی باعث کاهش این منابع تجدید ناپذیر و آلودگی محیط زیست گردیده اند. آب شیرین کن های خورشیدی که دارای قابلیت اطمینان بسیار بالایی نسبت به سیستم های رایج فعلی بوده و از طرفی بدلیل استفاده از انرژیهای نو و پاک، فاقد هرگونه آلودگی زیست محیطی می باشند، می توانند بعنوان یکی از بهترین و سبزترین راه حلها جهت غلبه بر بحران آب در سطح کشور و جهان مطرح گردند [۲۱]. همچنین با توجه به این که ایران تحت شرایط اقلیمی، جمعیتی و زیست محیطی با محدودیت شدید در منابع آب رو به رو است و در آینده نزدیک در تامین آب مورد نیاز بسیاری از بخش ها با مشکل رو به رو می باشد ضروری است با توجه به پتانسیل های بالای انرژی خورشیدی و وجود منابع آب شور و لب شور در شمال، جنوب و فلات مرکزی ایران، استفاده از آب شیرین کن های خورشیدی مورد توجه قرار گیرد [۱۵].

۸- مراجع

[۱] پیکری، م.، **مبانی تصفیه آب**، فصل اول، انتشارات ارکان دانش، ۱۳۸۹، شیراز.

[۲] ببران، ص.، هنربخش، ن.، **بحران وضعیت آب در جهان و ایران**، فصلنامه راهبرد، ۱۳۸۷.

[۳] UN Water.http://www.unwater.org/statistics use.html accessed 28.09.12.

[۴] Henthorne, L (2009). *The current state of desalination*, International Desalination Association accessed 05.09.12.

[۵] *The International Energy Agency* (IEA) (2012), http://www.iea.org/weo/2008.aspaccessed 25.09.12.

[۶] Isabel, C. E., & Andrea, I. S. (2010a). *Sustainable water for the future: Water recyclingversus desalination*. Sustainability Science and Engineering, 2, iii.

[۷] Shatat, M. I. M., & Mahkamov, K. (2010). *Determination of rational design parame-ters of a multi-stage solar water desalination still using transient mathematicalmodelling*. Renewable Energy, 35(1), 52–61.

[۸] Mahmoud, M. M., & Ibrik, I. H. (2006). *Techno-economic feasibility of energy supplyof remote villages in Palestine by PV-systems, diesel generators and electric grid*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10(2), 128–138.

[۹] *Water Desalination Using Renewable Energy*, http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Water Desalination Using RenewableEnergy - Technology Brief.pdf accessed 24.09.12.

[۱۰] *US Energy information administration International Energy Outlook 2010* – High-lights http://www.eia.doe.gov (accessed 26.11.11).

[۱۱] Kalogirou, S. A. (2004). *Solar thermal collectors and applications*. Progress in Energyand Combustion Science, 30(3), 231–295.

[۱۲] Quteishat, K., & Abu-Arabi, *Promotion of solar desalination in the MENA region*, Middle East Desalination Research Center, Muscat, Oman, http://shebacss.com/rd/docs/rdresrs003.pdf accessed 24.09.12.

[۱۳] محمدزاده تهرانی، م. م.، **آب شیرین کن شناور خورشیدی با استفاده از خلاء**، کارشناسی، دانشکده مکانیک دانشگاه شریف، ۱۳۸۹.

[۱۴] عمید پور، م.، ضامن، م.، سوفاری، س.م.، **بهینه سازی مصرف انرژی در آب شیرین کن HD خورشیدی**، ششمین همایش ملی انرژی، ۱۳۸۶.