همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری
Conference on Recent Research in Science and Technology

بررسی نمک‌زدایی آب با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

سعید صمدزاده باغبانی
کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام شهرری
s.samadzedeh@gmail.com

چکیده

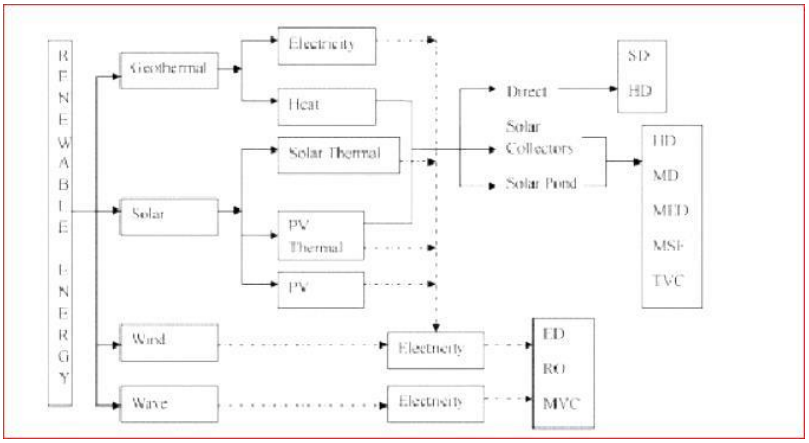
الگوریتم‌های نمک‌زدایی آب و نمک بر پایه فشار و تمرکز انرژی است که میزان انرژی بسیار زیادی مثل منابع گاز، الکتریسیته، نفت وسوخت فسیلی را مصرف می‌کند. این مراحل منجر به باقی ماندن آثار کربن می‌شود که سبب کاهش ضخامت لایه ازن و به همان نسبت خطر برای سلامتی انسان خواهد شد. همچنین باعث گرمای بیش از حد کره زمین مانند مناطق حاره‌ای و تهدیدی برای بقاء زندگی می‌شود، ایجاد نظارت بر انرژی‌های تجدیدپذیر کارآمدتر و برای تبدیل انرژی به گرما موثرتر خواهد بود. جداسازی حرارتی در مراحل کاربردی با دمای پایین‌تر با ذخیره‌سازی زمان برای تولید آب به مدت ۱۰ تا ۱۵ سال می‌باشد. در این مقاله، روش‌های نمک‌زدایی حرارتی خورشیدی مختلف مانند روش‌های مستقیم و غیر مستقیم و نمک‌زدایی آب با استفاده از انرژی باد، موج و زمین گرمایی مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در نمک‌زدایی آب به دلیل هزینه کم‌تر نسبت به دستگاه‌های نمک‌زدایی فسیلی و نیز رایگان بودن انرژی و محیط زیست سالم‌تر بسیار با صرفه‌تر می‌باشد.

کلمات کلیدی: نمک‌زدایی، نمک زدایی با انرژی خورشید (مستقیم و غیر مستقیم)، انرژی باد، انرژی زمین گرمایی، انرژی امواج.

۱. مقدمه

در حدود ۹۷/۵٪ از حجم منابع آب زمین از آب شور تشکیل شده و جمعیت انبوهی در جهان در نزدیکی آب‌های شور به سر می‌برند[۱]. بهترین راه برای تهیه آب آشامیدنی برای جمعیت‌های در حال رشد، جدا سازی نمک از آب اقیانوس، دریا، رودخانه و دریاچه می‌باشد. بسیاری از برنامه‌های جداسازی قدیمی گران هستند و بسیار انرژی مصرف می‌کنند. برای غلبه بر محدودیت‌ها در پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری و طراحی سیستم تجدید نظر شده که کمک به کاهش هزینه و افزایش کیفیت سیستم‌های جدا سازی انجام شد[۲]. بی‌شک در آینده‌ای نه چندان دور انرژی‌های تجدیدپذیر جایگاه مهمی در تأمین انرژی بشر خواهند داشت. بحران‌های ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی توجه به این مقوله را روز به روز با اهمیت‌تر می‌کند. انرژی‌های تجدید پذیر بسترهای مناسب شغلی و سرمایه گذاری ایجاد می‌کند. طبق آمار گزارش شده منابع نفتی با این نرخ استفاده در ۵۰ سال آینده رو به اتمام خواهد بود. بنابراین برای داشتن آینده‌ای پایدار کاربردهای انرژی تجدید پذیر باید به صورت جدی‌تری جایگزین شوند. شکل ۱ راه‌های ممکن استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای راه‌اندازی تکنولوژی نمک زدایی را نشان می‌دهد. هر کدام از راه‌ها شامل تکنولوژی‌های مختلف می‌شوند که بازدهی به‌خصوص خود را دارند.امروزه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد، آب و انرژی خورشید به دلیل سازگاری با محیط زیست از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.[۳]

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱– ترکیب‌های ممکن استفاده شده از انرژی‌های تجدیدپذیر با واحدهای نمک‌زدایی آب

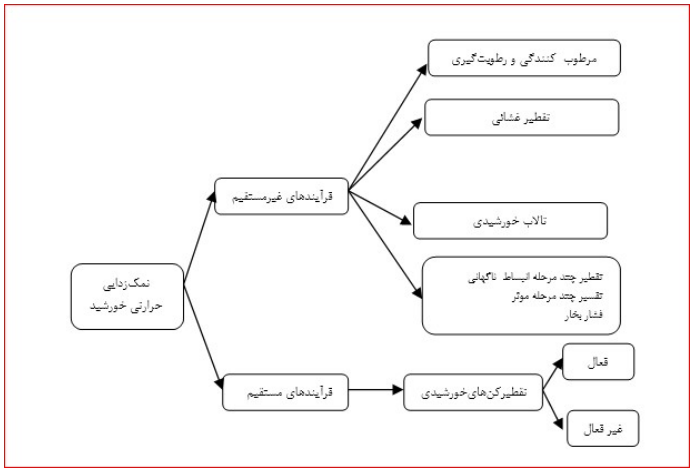
بر اساس برآورد کالوگیر و تولید ۱۰۰ متر مکعب در هر روز آب شیرین نیاز به ۱۰۰۰۰ تن نفت در هر سال دارد. این خود بسیار قابل توجه است، زیرا شامل مصرف و هزینه زیاد انرژی می‌باشد که بسیاری از مناطق خشک، کم آب و کم درآمد جهان باید آن را بپردازند. کارخانه‌های بزرگ نمک‌زدایی آب که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند بیشتر در یک سوی کشورهای نفت خیزی قرار دارند که مکمل با منابع نفتی عرضه آب است.[۴] در تاریخچه فرآیندهای نمک‌زدائی نقاط عطفی به شرح زیر وجود دارد:

- در اواخر سال ۱۹۵۰ پیشرفت‌های گسترده در فرآیندهای تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای با تلاش پروفسور سلیور (silver) انجام شد.[۵]
- آقای خلیل‌زاده و همکاران مدلسازی عددی ترموالکتریک و ژنراتور خورشیدی و بررسی پارامترهای مؤثر بر عملکرد آن را انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از موازنه انرژی بر روی سطوح این دستگاه و حل معادلات ترمودینامیکی و انتقال حرارت حاکم، به بررسی پارامترهای مؤثر از جمله میزان تشعشع خورشید و دمای محیط بر روی عملکرد این دستگاه پرداخته شد.[۶]
- ملتمسی و همکاران ایشان به شبیه سازی و تحلیل فنی سیستم فتو ولتائیک متمرکز با آینه‌های تخت جهت افزایش برق تولیدی پرداختند.[۷]
- غنای و همکاران ایشان به تحلیل و ارزیابی نیروگاه‌های آب شیرین کن خورشیدی و شبکه‌ای پرداختند.[۸]
- رومل بررسی سیستم‌های آب شیرین کن حرارتی خورشیدی با در نظر گرفتن کلکتورهای بدون خوردگی پرداخت.[۹]
- فورمت می‌یر و همکاران به مطالعه امکان‌سنجی در آب شیرین کن‌های بادی با دو روش اسمز معکوس و فشرده‌سازی مکانیکی بخار پرداختند. هزینه‌های تولید آب شیرین با استفاده از انرژی بادی به خصوص در مناطقی با منابع خوب انرژی بادی با سیستم‌های نمک‌زدایی معمولی رقابت می‌کنند.[۱۱]
- الهزمی به امکان نسبی اقتصادی و حرارتی فناوری نمک‌زدائی MSF در ترکیب با یک خنک کننده می‌پردازد که نشان می‌دهد نصب خنک کننده در MSF یک تکنیک امیدوار کننده است و میزان تولید آب شیرین را افزایش می‌دهد.

تیواری کار آزمایشگاهی را دو سیستم تقطیر خورشیدی معلوم و مجهول هدایت کرد و دستگاه‌های خورشیدی با شیب دوگانه را پیشنهاد کرد. برای نمک‌زدایی آب با استفاده از انرژی خورشید روش‌های متفاوتی وجود دارد که به طور عمده به روش مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شوند.

Archive of SID

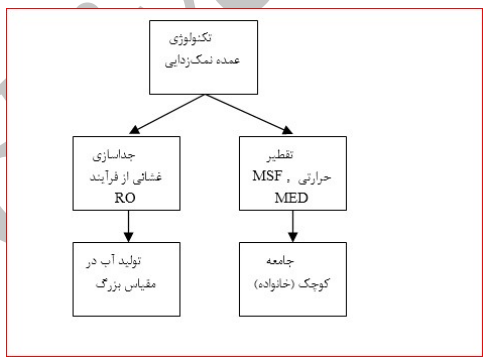
www.SID.ir



شکل ۲ – انواع روش‌های نمک‌زدایی آب با انرژی خورشید

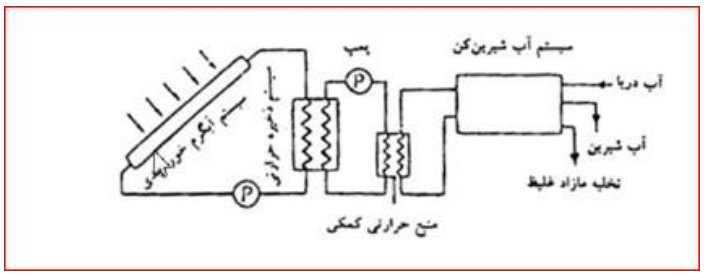
۲. روش‌های غیر مستقیم

روش‌های غیر مستقیم مراحل نمک‌زدایی آب با انرژی خورشیدی شامل دو شاخه فرعی و واحد آب شیرین کن می‌باشد. انواع مختلف گردآونده‌های خورشیدی از قبیل قاب‌های پهن، لوله تخلیه و لوله بازکن لوله‌های گرمایی و ... با مراحل نمک‌زدایی حرارتی از قبیل تقطیر غشائی (MD) تقطیر چند مرحله انبساط ناگهانی (MSF) فشار بخار (VC)، تبخیر چندگانه مؤثر (MED)، اسمز معکوس (RO)، تالاب خورشیدی (Solar Pond)، الکترو دیالیز (ED)، جوشش چند اثره (NEB) موجود می‌باشد.[۴۰] اسمز معکوس مؤثرترین تکنیک انرژی برای شیرین کنندگی در حد وسیع که بیش از kwh/m^s ۱/۸ برای نمک‌زدایی آب می‌باشد. MSF و MED هزینه انرژی را با دو برابر کردن از طریق تمرکز کننده‌های خورشیدی که در سطح جوامع کوچک تناسب دارد کاهش می‌دهد.[۱۴]



شکل ۳ – روش‌های عمده نمک‌زدایی آب

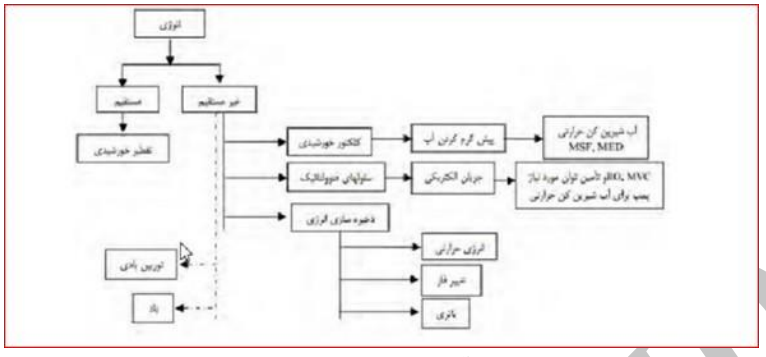
شکل ۴ شماتیک روش کلی نمک‌زدایی آب (غیر مستقیم) را نشان می‌دهد.[۱۵]



شکل ۴ – ساختمان آب شیرین کن به روش غیر مستقیم

www.SID.ir

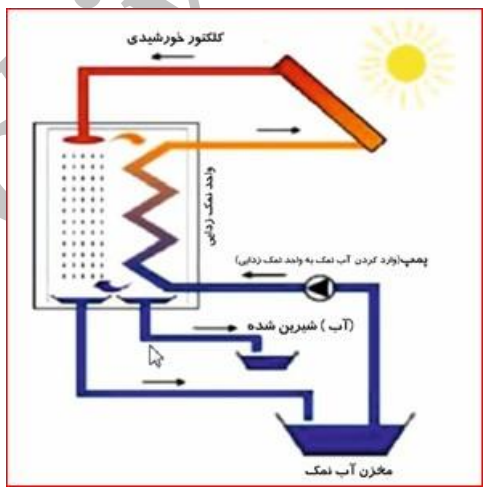
در نمک‌زدایی با انرژی خورشیدی به روش غیر مستقیم، اگر منشأ نمک‌زدایی حرارتی باشد برای راه‌اندازی واحدهای آب شیرین کن MD، MSF، MED مناسب می‌باشد.اگر منشأ نمک‌زدایی خورشیدی به صورت الکتریسیته باشد، برای واحدهای آب شیرین کن RO، ED مناسب خواهد بود.[۱۵] (شکل۵)



شکل ۵ – آب شیرین کن‌های خورشیدی

۱-۲. فرآیند مرطوب کنندگی و رطوبت‌گیری خورشید[1]

در مراحل مرطوب کنندگی و رطوبت‌گیری خورشیدی آب شور تحت حرارت قرار می‌گیرد و هوا مرطوب شده و آب شیرین با ایجاد فشار از طرف هوای مرطوب در فشار جوی نرمال تولید می‌شود. [۱۶] افزایش دمای هوا قادر است مقادیر بالای بخار آب را در خود جای دهد. [۱۷] محققان بسیاری به بررسی نمک‌زدایی آب به روش مرطوب‌کنندگی و رطوبت‌گیری با مدل‌های مختلف تهیه شده پرداختند.[۱۸] هدف این عملیات بر پایه تبخیر آب و فشار بخار از هوای مرطوب است. در مسیر انتقال هوای مرطوب بین تبخیر کننده و کندانسور (ایجاد فشار) در گردش است که هوای مرطوب را همانند شکل ۶ در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخاند.



شکل ۶- روش رطوبت‌گیری و مرطوب کنندگی (HD)

جعبه انفرادی که با حرارت عایق‌بندی شده شامل دو سیستم کندانسور و تبخیر کننده است که در آن جای گرفته است. آب شیرین شده با انرژی حرارتی تبخیر می‌شود و به کندی توزیع شده و به پایین چکیده می‌شود. هوا در یک شمارنده به طرف آب شور از میان تبخیر کننده و هوا حرکت کرده و به حد اشباع می‌رسد. [۱۹]

[1] HD

www.SID.ir

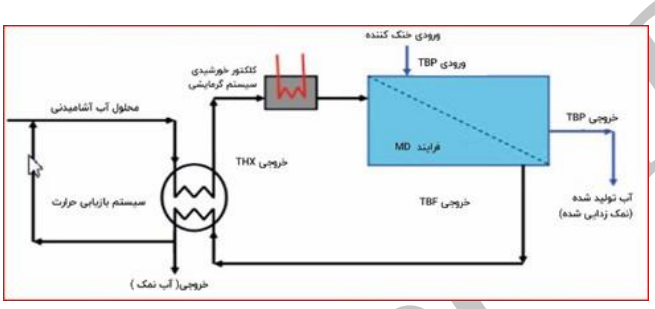
۲-۲. فرآیند تقطیر غشائی[2](دیواره)

در مراحل تقطیر غشائی آب تزریق شده حرارت یافته و مجاز به عبور از خلل و فرج دیواره خواهد بود که در حال از دست دادن آب است. فشار بالا و نیروی الکتریسیته در بخار آب به کار گرفته می‌شود تا آب شیرین از آب شور به دست آید. [۲۰] اختلاف فشار بخار در عرض دیواره سبب می‌شود مولکول‌های بخار آب جریان پیدا کنند و در طرف دیگر دیواره فشرده و متراکم شود.

مشخصات دیواره‌ای که برای تقطیر به کار گرفته می‌شود:

* خلل و فرج زیاد، نفوذناپذیری آب و هدایت گرمایی پایین
* قطر دیواره باید کاهش پیدا کند و برای افزایش سرعت جریان منافذ به تعداد بسیار نگه داشته شود.

پارامترهای عملیاتی که تحت تأثیر تقطیر هستند مانند سرعت جریان، قطر خلأ هوا، قطر دیواره منافذ، عملکرد طولانی، انتقال گرمای دیواره، هنوز چالشی وسیع وجود دارد که تکنولوژی دیواره موثر را گسترش دهیم. این سیستم انرژی بالائی هدر می‌دهد. [۲۱] (شکل ۷)



شکل ۷- روش تقطیری غشائی MD

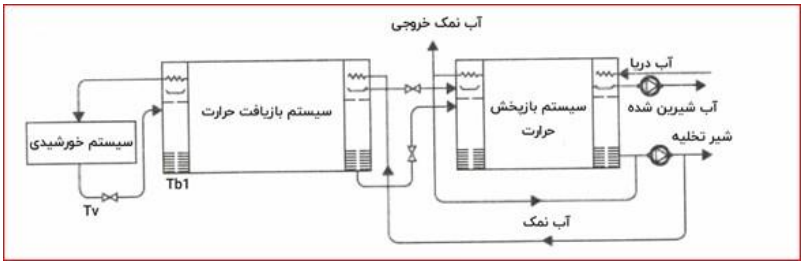
۲-۳. فرآیند تقطیر چند مرحله انبساط ناگهانی[3]

در سیستم آب شیرین کن خورشیدی، دمای آب شور تزریق شده به بالای نقطه‌ی اشباع در گرم کننده آب شور افزایش می‌یابد و باید مرحله به مرحله در فشار پایین پیاپی جرقه بزند. جایی که فشار پایین در هر مرحله که از لوله مکش استفاده می‌شود ابقا شود. آب شور تخلیه شده از هر مرحله در مراحل پیاپی قابل جرقه زدن است و بخار تشکیل شده در مرحله‌ی بعدی در کندانسور فشرده شده، همان مکان که آب شور داخل شده از قبل به دمای بالا رسیده است. [۲۳-۲۲] بسیاری از مناطق دور و ساحلی فاقد منابع نیروی الکتریسیته برای تولید آب قابل حمل و استفاده از آن در تکنیک‌های نمک‌زدائی مرسوم از قبیل اسمز معکوس و فشار بخار و الکترودیالیز می‌باشند. مراحل متداول مانند MSF مقادیر زیادی انرژی به شکل انرژی حرارتی نیاز دارند[۲۵] :

این مراحل به طور معمول یک بخار خروجی در دمای حدود $100\ ^{\circ}c$ نیاز دارد. باقی ماندن در سیستم در حالت خلأ بسیار دشوار است. حداکثر دمای عملکرد با تشکیل دماسنج محدود شده، بنابراین عملکرد ترمودینامیک این مراحل همچنین محدودیت دارد. بیشتر برنامه‌های نمک‌زدایی که از این تکنولوژی از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند در نتیجه شاهد وجود کربن به طور وسیع از این روش (اگر از سوخت فسیلی استفاده شود)[۲۶] خواهیم بود. سیستم MSF شامل قسمت‌های بازپخش حرارت (Heat rejection) و بازیافت گرما (Heat recovery) می‌باشد. آب شور ورودی از قسمت بازپخش حرارت، تغذیه حرارتی می‌شود. در این قسمت انرژی حرارتی از قسمت‌های مختلف دریافت شده تا محصول و آب شور خروجی در پایین‌ترین دمای ممکن تخلیه شوند تا از دمای آن‌ها برای آب تغذیه استفاده شود. [۲۷] (شکل ۸)

[2] MD
[3] MSF

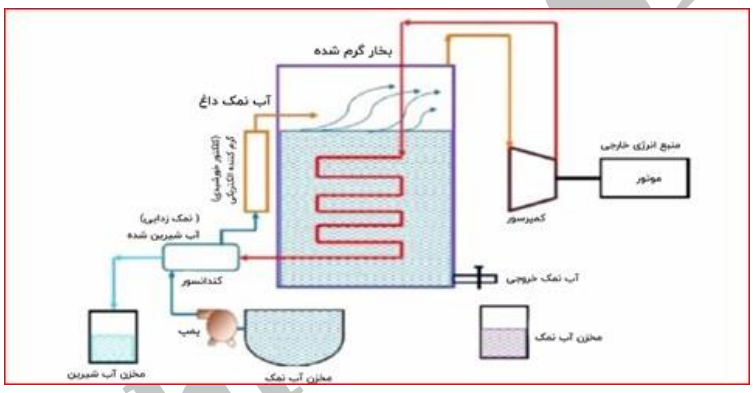
www.SID.ir



شکل ۸: تجهیزات فرایند تقطیر ناگهانی چند مرحله‌ای (MSF)

۲-۴. فرآیند فشار بخار[4]

در مرحله آب شیرین کن از طریق فشار بخار و تحت تأثیر انرژی خورشیدی آب شور تزریق شده تحت دمای بالا قرار می‌گیرد. بخار تولید شده سپس با کمک کمپرسور بخار مکانیکی یا کمپرسور بخار حرارتی برای افزایش دما و فشار بخار تحت فشار قرار می‌گیرد. جریان تحت فشار قرار گرفته برای گرم کردن همان آب شور تزریق شده در مراحل دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمودار شماتیک این سیستم نمک‌زدائی آب (vc) در شکل ۱۷ نشان داده شده است. این واحد نمک‌زدائی آب به سیستم هیبریدی مجهز می‌شود $PV/diesel$ اما این سیستم نیاز به انرژی در سطح بالا و هم چنین تولید کننده دی اکسید کربن می‌باشد. [۲۰] (شکل ۹)



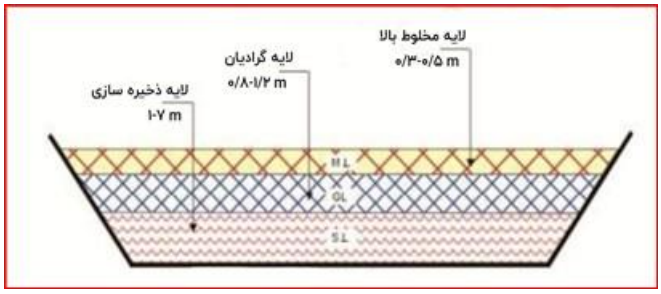
شکل ۹- روش فشار بخار vc

۲-۵. فرآیند تالاب خورشیدی[5]

تالاب‌های خورشیدی می‌توانند به عنوان باطری‌های حرارتی در بیشتر مراحل نمک‌زدائی آب مورد استفاده قرار گیرند. حتی به هنگام تابش خورشید و شب هنگام برای به دست آوردن تولیدات آبی همیشگی و ثابت با ذخیره انرژی گرمایی می‌توانند استفاده شود. منطقه تالاب خورشیدی در حدود $3000\,m^2$ نزدیک دریای مرده تعبیه شده و قادر به تولید میانگین محصولات سالانه $4/31\text{min}$ آب مقطر می‌باشد. تالاب‌های خورشیدی توانایی‌های انحصاری در ذخیره انرژی حرارتی خورشیدی به مدت ماه‌ها حتی در فصول ابری و ناسازگار را دارند و این یک امتیاز مشخص و مناسب در بین روش‌های دیگر مجموعه خورشیدی است. در دریاچه طبیعی انرژی حرارتی خورشید به پایینی دریاچه ساطع می‌شود و آب را گرم می‌کند. لایه گرم شده آب سبک‌تر از لایه بالایی است و به سطح بالای آب دریاچه می‌آید و امواج ایجاد شده گرما را به سمت اتمسفر سوق می‌دهد و به این ترتیب دمای آب دریاچه معمولاً پایداری می‌ماند. [۲۹-۲۸] (شکل ۱۰)

[4] VC
[5] solar pond

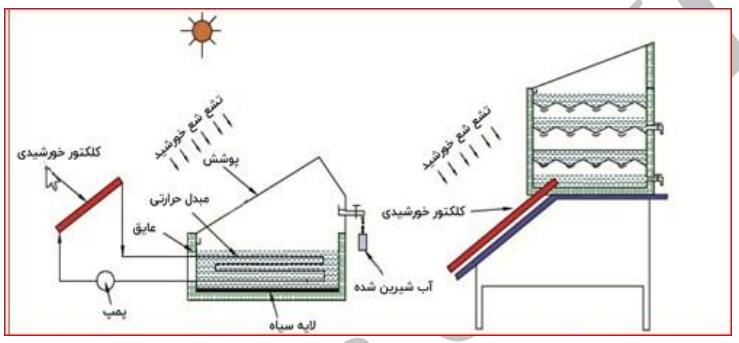
www.SID.ir



شکل ۱۰- روش تالاب خورشیدی

۲-۶. فرآیند تقطیر چند مرحله‌ای موثر[6]

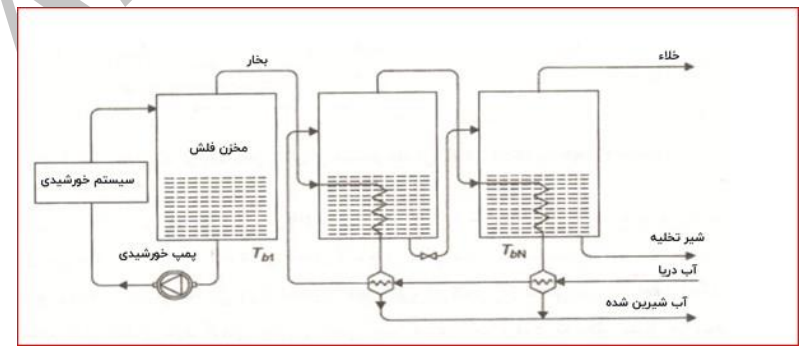
در واحد تقطیر MED گرمای ساطع شده از سطح تراکم از دستگاه قبلی انتقال داده شده تا آب را از قبل در دستگاه بعدی گرم کند. انرژی حرارتی مورد نیاز برای عمل تبخیر از انرژی خورشیدی به دست می‌آید. گرمای بدست آمده از عمل تبخیر به مرحله بعد منتقل می‌شود. آب تقطیر شده به دست آمده سه برابر تأثیر انفرادی است [۳۰] (شکل ۱۱)



شکل ۱۱-a) تک خورشیدی b) چند اثره (MED) خورشیدی هنوز هم با یک گردآورنده خورشیدی همراه است.

۲-۷. فرآیند جوشش چند اثره[7]

فرآیند جوشش چند اثره از چند قسمت به نام اثر[8]تشکیل شده است. بخار ناشی از یک اثر به عنوان جریان حرارتی در اثر بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد و فرآیند تقطیر باعث جداسازی بخار از محلول شور می‌شود. در این فرآیند، بخار از طریق دو روش اسپری و جوشاندن تولید می‌شود. همانند فرآیند تقطیر ناگهان چند مرحله‌ای، ورود آب شور در این فرآیند، ابتدا از یک سوی گرمکن عبور کرده، سپس به مرحله بعد وارد می‌شود و گرمایش بخار باعث افزایش دمای آن تا دما و فشار اشباع در همان اثر می‌شود. از کلکتورهای خورشیدی برای تولید بخار در این فرآیند می‌توان استفاده کرد. [۳۲-۴۰] (شکل ۱۲)



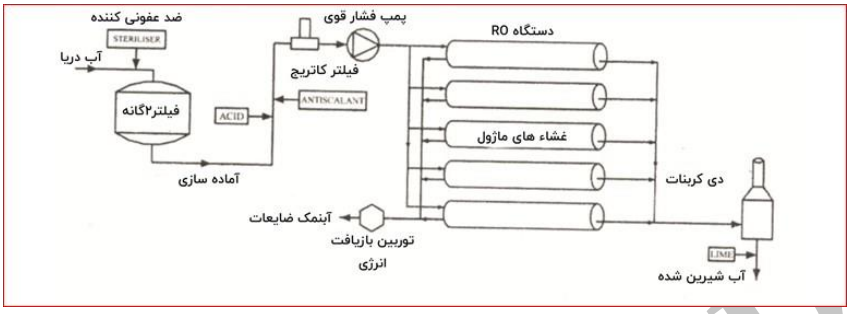
شکل ۱۲- فرایند جوشاندن چند اثره (MEB)

[6] MED
[7] MEB
[8] Effect

www.SID.ir

۲-۸. فرآیند اسمز معکوس[۹]

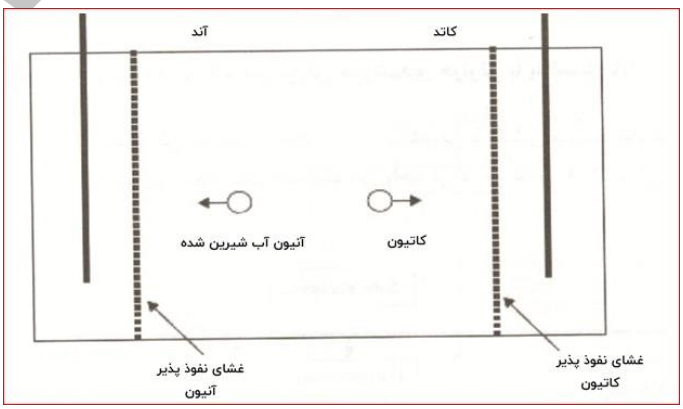
در این فرآیند از غشاهای نیمه تراوا برای جداسازی آب شیرین از محلول نمک استفاده می‌شود. فشار اعمالی در این فرآیند به حدود ۸۰-۵۰ اتمسفر جهت عبور آب شور از غشاء می‌رسد. در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود که آب ورودی تحت فشار بالای پمپ قرار گرفته و جریان در میان سطح غشاء ایجاد شده است. آب ورودی تحت این فشار بالا از غشاء عبور کرده و بیشتر جامدات محلول در آب از آن حذف و آب شیرین تولید می‌شود. [۳۱-۳۲]



شکل ۱۳- فرایند اسمز معکوس

۲-۹. فرآیند الکترودیالیز[۱۰]

در این فرآیند از طریق کاهش شوری با انتقال یون‌ها از تجزیه آب تغذیه در غشای تحت تأثیر اختلاف پتانسیل الکتریکی کار می‌کند. این فرآیند از میدان الکتریکی DC برای جابه‌جائی یون‌های نمک در آب شور استفاده می‌کند. آب شور ورودی شامل نمک‌های حل شده با یون‌های کلرید بار منفی و سدیم با بار مثبت می‌باشد. این یون‌ها به سمت الکترود دارای بار مخالف که در آب فرو برده شده است، حرکت می‌کنند، یعنی یون‌های مثبت (کاتیون‌ها) به سمت الکترود منفی (کاتو) و یون‌های منفی (آنیون‌ها) به سمت الکترودهای مثبت (آند) جذب می‌شوند. اگر غشاهای مخصوص به صورت متناوب کاتیون نفوذپذیر و آنیون نفوذ پذیر باشند، الکترودها مجزا می‌شوند و آب باقی مانده در میان این غشاها عاری از نمک می‌شود. برای اجتناب از رسوب‌گذاری سیستم، مبدل‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا قطبیت میدان الکتریسیته را در هر بیست دقیقه تغییر دهند. از آن‌جایی که فرآیند الکترودیالیز با توان DC کار می‌کند انرژی خورشیدی را در آن می‌توان از طریق تولید مستقیم اختلاف ولتاژ مورد نیاز توسط پانل‌های فتو ولتاییکا مورد استفاده قرار داد. [۳۲-۳۱] [شکل ۱۴] فرآیند الکترودیالیز از اوایل دهه ۶۰ یعنی حدود ۱۰ سال قبل از اسمز معکوس (Ro) به بازار عرضه شد. طراحی و ساخت سیستم الکترودیالیز راه موثری برای کاهش هزینه در فرآیند نمک‌زدایی آب‌های کم نمک ابداع کرد و در این زمینه موفقیت قابل ملاحظه‌ای به دست آورد. در فرآیند ED غشاها را می‌توان طوری ساخت که به صورت انتخاب شده عبور آنیون‌ها یا کاتیون‌ها را امکان‌پذیر کنند. [۴۱-۴۲]



شکل ۱۴- اصول کار فرآیند الکترودیالیز (ED)

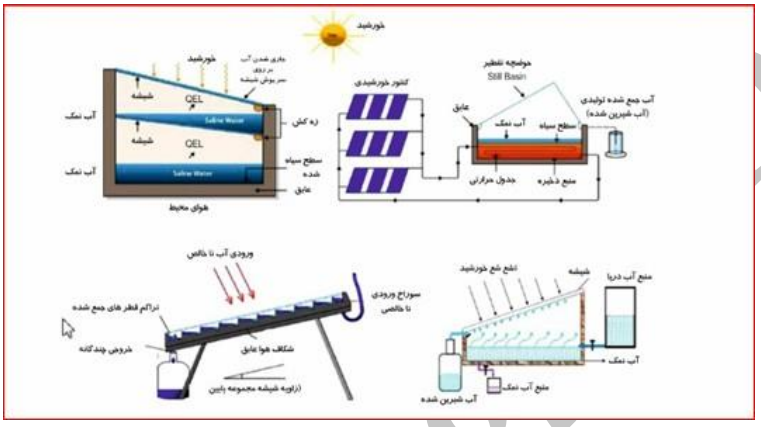
[9] Ro
[1] ED [0]

www.SID.ir
Archive of SID

۳. روش مستقیم

۳-۱. فرآیند تقطیرکن خورشیدی[11]

در سیستم مستقیم هر دو عمل تبخیر و تقطیر (سرد کردن) با هم در یک دستگاه انجام می‌شود که بیشتر مناسب خانه‌های مسکونی و جوامع کوچک می‌باشد. دستگاه‌های خورشیدی بسیار ساده و ارزان هستند و انرژی خورشیدی را به کار می‌گیرند و به انرژی سطح بالایی نیازندارند (شکل ۱۵) به این ترتیب گازهای زیان آوری که خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد تولید نخواهد کرد. علاوه بر این ساخت و عملکرد دستگاه‌های خورشیدی آسان می‌باشد. دستگاه‌های خورشیدی بیش از تکنولوژی‌های دیگر آب شیرین کن صرفه اقتصادی دارد که در تهیه آب برای خانه‌های مسکونی و جوامع کوچک کاربرد دارد. طرح و ساخت دستگاه‌های خورشیدی که حدوداً $4-61\ m^2$ در روز آب تولید می‌کنند ساده هستند و برای خانواده مناسب می‌باشند. [۳۳]



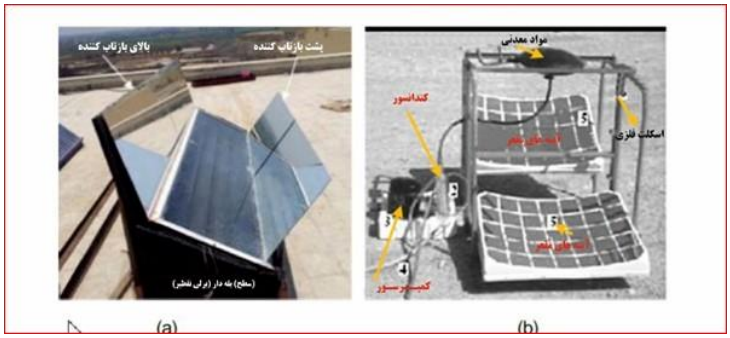
شکل ۱۵- تقطیرکن‌های خورشیدی (به روش مستقیم)

عملکرد دستگاه خورشیدی شیب‌دار انفرادی با توجه به تأثیرات مختلف مانند رنگ آب، انعکاس دهنده، افزودن رنگ سیاه، رنگ قرمز، قطعات زغال و سطح شناور قطرهای مختلف (۱۵mmو ۱۰ و ۶ و ۳) با غلظت مختلف ($15, 20, 24\ {kg}/{m^3}$) مورد بررسی قرار و انجام شد. [۳۴] آزمایش برای تأثیر عمق‌های مختلف آب ($7cm, 6, 5, 4, 3, 2, 1$) انجام شد. رنگ تیره آب مقدار انرژی تابشی بیشتری جذب می‌کند که گرما را به سرعت به طرف بالا می‌برد. حداکثر میزان به دست آمده با ورقه شناوری است که غلظت آن $20\ {kg}/{m^3}$ با قطر $3\ mm$ می‌باشد. استخرهای خورشیدی به صورت کم عمق با گرادیان آب شور عمودی می‌باشد. به طوری که آب شور چگال‌تر در انتهای استخر باقی مانده و با لایه فوقانی آب شیرین ترکیب نمی‌شود. در نتیجه آب شور پایین به شدت داغ می‌شوند، (دمای $70\ ^\circ c$ تا $85\ ^\circ c$) این گرما را می‌توان برای تولید برق با منابع گرمایی دیگر استفاده کرد که انرژی را برای کمک‌زدایی آب شور و تأمین فضای انرژی گرمایی ساختمان فراهم می‌کند. اسمز خورشیدی یک کلکتور خورشیدی حرارتی است که دارای یک سیستم ذخیره‌ای مخصوص به خود است. یک اسمز خورشیدی، انرژی خورشیدی را با جذب نور خورشید مستقیم و انتشار آن جمع‌آوری می‌کند. این مشکل از سه لایه آب شور با غلظت‌های مختلف املاح است، استخرهای خورشیدی گرادیان نمک دارای غلظت‌های بالای املاح نزدیک به کف است که یک لایه گرادیان میانی نمک بدون همرفت است و نیز یک لایه همرفت سطحی با غلظت نمک اندک است. نور خورشید بر سطح استخر تابیده و در لایه انتهایی به دلیل غلظت بالای املاح به دام می‌افتد. آب فوق‌العاده شور گرم شده توسط انرژی خورشید در کف استخر جذب شده به دلیل چگالی بالای خود قادر به بالا آمدن نیست. این لایه به سادگی در انتهای استخر باقی مانده و تا حد نقطه جوش داغ می‌شود (اگر چه لایه‌های سطحی آب نسبتاً سرد باقی می‌مانند) لایه‌ی انتهایی در استخر خورشیدی، موسوم به ناحیه ذخیره است که بسیار چگال و متراکم بوده و تا دمای $100\ ^\circ c$ حرارت‌دهی می‌شود. این آب شور داغ

[1] Solar still

www.SID.ir

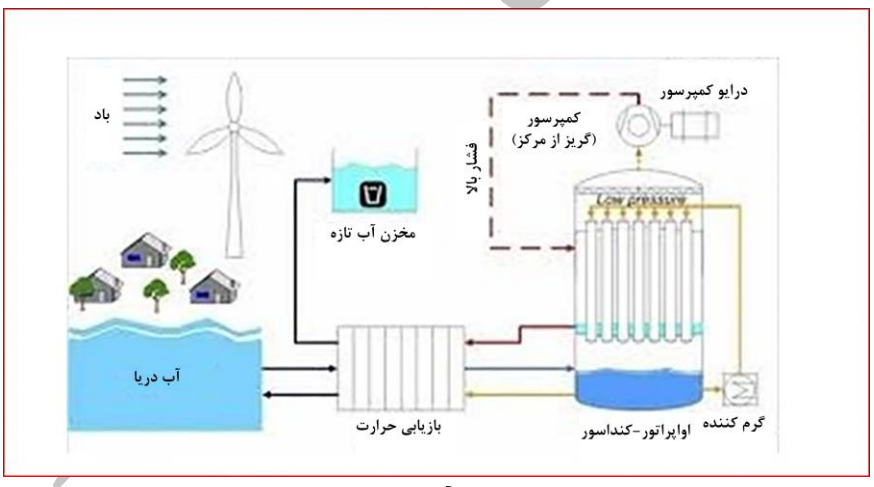
رامی‌توان به عنوان صبح حرارت روزانه یا شبانه استفاده کرد که با یک توربین دارای سیالی آلی می‌تواند تولید الکتریسیته کرد. [۳۵] در شکل ۱۶ انواع نمک‌زدایی آب به صورت فرآیند مستقیم تابش خورشید با آینه‌های مقعر را نشان می‌دهد. [۳۶]



شکل ۱۶- فرآیند مستقیم تابش خورشید با استفاده از آینه‌های مقعر

۴. نمک‌زدایی آب با استفاده از انرژی باد

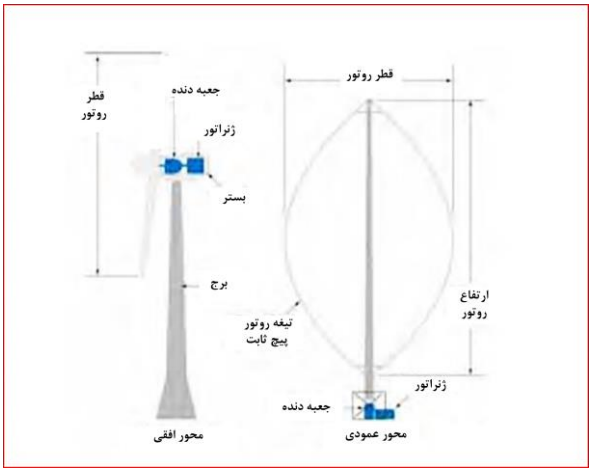
توربین‌های باد می‌توانند برای تأمین الکتریسیته و یا توان مکانیکی برای واحدهای آب شیرین کن استفاده شوند. توربین‌های باریک انتخاب مناسب برای نمک‌زدایی آب می‌باشد، مخصوصاً برای مناطقی که منبع انرژی باد به مقدار زیاد قابل دسترس است. از انرژی باد برای راه اندازی واحدهای آب شیرین کن VC, ED, RO استفاده می‌شود. یک سیستم ترکیبی باد فنوولتائیک معمولاً برای مناطق دور افتاده استفاده خواهد شد. کاربردهای اندکی از انرژی باد برای راه اندازی واحدهای آب شیرین‌کن MVC گزارش شده . در شکل ۱۷ نمایی از توربین‌های بادی در حالت افقی و قائم‌شان نشان داده شده است.[۳۷]



شکل ۱۷- نمک‌زدایی آب با استفاده از انرژی باد

توربین بادی به توربینی گفته می‌شود که برای تبدیل انرژی جنبشی باد به انرژی مکانیکی به کار می‌رود که توان بادی نام دارد. توربین‌های بادی در دو نوع با محور افقی و با محور عمودی ساخته می‌شوند. توربین‌های بادی کوچک برای کاربردهایی مانند شارژ کردن باتری‌ها با توان کمکی در قایق‌های بادبانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حالی که توربین‌های بادی بزرگتر با چرخاندن ژنراتور و تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی، به عنوان یک منبع تولید انرژی الکتریکی به شمار می‌روند. توربین‌های بادی انرژی جنبشی باد را به توان مکانیکی تبدیل می‌نمایند و این توان مکانیکی از طریق شفت به ژنراتور انتقال پیدا کرده و در نهایت انرژی الکتریکی تولید می‌شود، که از این انرژی الکتریکی می‌توان برای نمک زدائی آب بهره برد. [۳۸]

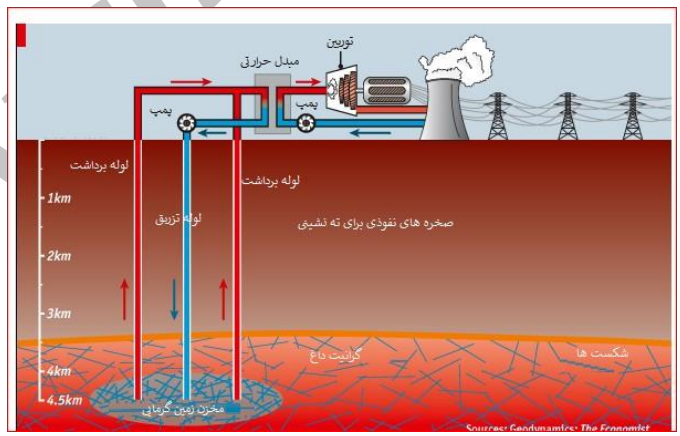
www.SID.ir



شکل ۱۸- توربین باد

۵. نمک زدایی آب با استفاده از انرژی زمین گرمایی[۱۲]

منشأ گرما در پوسته و جبه‌ی زمین، به طور عمده تجزیه‌ی مواد رادیواکتیو است. طول عمر زمین، این گرمای درونی به طور آرام تولید شده و در درون زمین محفوظ و محبوس مانده است. انرژی زمین گرمایی از حرارت طبیعی مواد مذاب درون زمین سرچشمه می‌گیرد بنابراین عمداً در اطراف کوه‌های آتشفشانی و نواحی فعال و در روی کمربندی زمین لرزه جهانی متمرکز شده است. از نشانه‌های بارز انرژی زمین گرمایی در روی زمین می‌توان به چشمه‌های آبگرم، اشاره کرد. درجه حرارت زمین به طور گسترده وسیع بوده و انرژی زمین گرمایی درجه حرارتی بیش از ۱۴۰ درجه سانتیگراد را دارا می‌باشد. حوضچه‌های انرژی زمین گرمایی به دو دسته با درجه حرارت پایین (کمتر از ۱۵۰ درجه سانتیگراد) یا با درجه حرارت بالا بیشتر از ۱۵۰ درجه سانتیگراد) تقسیم می‌شوند. حوضچه‌های با درجه حرارت بالا، مناسب برای تولید تجاری برق می‌باشد. ا ین انرژی، یک انرژی خانگی مقرون به صرفه، با قابلیت تجدیدپذیری و مزایای محیط زیست می‌باشد. با توجه به تجدیدپذیر بودن انرژی زمین گرمایی، هزینه کم، نداشتن آلودگی محیط زیست در مقایسه با سوخت‌های فسیلی در کشور ما کار تحقیقاتی بیشتری روی این انرژی لازم می‌باشد.[۳۶]



شکل ۱۹- نمک زدایی آب با استفاده از انرژی زمین گرمایی

۶. نمک‌زدایی آب با استفاده از انرژی امواج[۱۳]

[1] Geothermal
[1] Wave energy
[2]
[3]

www.SID.ir

امواج دریا از منابع مهم تولید انرژی هستند که با استفاده از تکنولوژی و وسایل مدرن می‌توان آن را به انرژی مورد نیاز جهت مصارف مختلف به خصوص در حوزه فعالیت‌های مربوط به صنایع دریایی تبدیل نمود. درسال‌های اخیر روش‌های تبدیل انرژی امواج و فناوری‌های موجود، بررسی گردیده و دستگاه‌های متفاوتی برای استحصال انرژی موج به کار رفته است که بر اساس شیوه ی تبدیل انرژی (حرکت بالا و پایین رونده، غلتش، ضربه، حرکت به طرف داخل و بالا)، مکان (خط ساحلی، نزدیک ساحلی، برون ساحلی)، نوع (تضعیف کننده‌ها، جاذب‌های نقطه‌ای، پایان‌دهنده‌ها و شیوه‌های عملکرد (تفاضل فشار غوطه‌وری، امواج بلند نوسانی، ستون آب نوسانی، بالابرنده‌ها) دسته‌بندی می‌شوند. روش‌های تولید انرژی قابل بازیافت و تجدیدپذیر برای تولید الکتریسیته ارزان و تأثیرات کم بر روی اکوسیستم و جانداران پیرامونی و انواع روش‌های موجود برای تولید انرژی الکتریسیته با استفاده از جریان‌های دریایی و نیروی امواج با توجه به شرایط محلی و توپوگرافی، عمق دریا، فشار آب و جریان‌های دریایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. انرژی تولید شده در دریا را می‌توان به صورت‌های جریان‌های زیردریایی، امواج ناشی از باد و امواج مدی با طول موج زیاد بیان نمود. [۳۹]

شکل ۲۰- نمک‌زدایی آب با استفاده از انرژی امواج

۷. نتیجه‌گیری

حتی اگر از انرژی تجدیدپذیر به بهترین شکل استفاده نمود ولی نمی‌تواند در حد کمال مطلوب باشد. به علت تجهیزات گران قیمتی که به ناچار در سیستم به کار برده می‌شود. بنابراین نیاز بیشتری به تحقیقات در این زمینه هست که این تکنولوژی بهبود پیدا کند. تجهیزات به کار رفته باید به صرفه اقتصادی، اتلاف انرژی کم‌تر و عملکرد بالاتر منجر شود. در این مقاله ما به بررسی انواع نمک‌زدایی آب با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر پرداختیم. هزینه‌های تجهیزات انرژی‌های تجدیدپذیر برای نمک‌زدائی آب، هر چند با قیمت بالا هستند، اما نسبت به تجهیزات نمک‌زدائی با انرژی‌های فسیلی بسیار به صرفه‌تر و ارزان‌تر هستند. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر باعث کاهش هزینه و سالم ماندن محیط زیست و کاهش مقدار کربن در محیط زیست می‌باشد که امتیاز بسیار بالائی نسبت به انرژی‌های فسیلی دارد. ما می‌توانیم برای بهره بردن بیش از پیش از انرژی‌های تجدیدپذیر برای نمک زدائی آب، این روش‌ها را با هم ترکیب کنیم که باعث افزایش راندمان و کاهش هزینه تجهیزات و سالم ماندن محیط زیست می‌شود. نمک‌زدائی به روش Ro و wind و MED و MSF در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد اما روش زمین گرمایی به مقدار کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته است در صورتی که کشور ایران دارای مناطق بسیار مناسبی برای استفاده از انرژی زمین گرمایی را داراست.

www.SID.ir

فهرست علائم

MSF: Multi Stage Flash
MED: Multiple Effect Desalination
MD: Membrane Desalination
VC: Vapor Compression
ED: Electro Dialysis
HD: Humification & Dehumidification
RO: Reverse Osmosis
MEB:Multi Effect Boiling

منابع

1) Shannon MA, Bohn PW, Elimelech, Menachem, Georgiadis JG, Marinas BJ, Mayes AM. Science and technology for water purification in the coming decades, Nature 2008; 452 (2) : 187-200 http://dx.doj.org/10.1038/nature06599.

2) Elimelech M. Philip WA, The future of seawater desalination: energy, technology and environment 2012, 333(2):712-7
http://dx.dol.org/12.1126/sceience.1200488
http:/science.sciencemag.org/contentent333/6043/712

3) Veera Gnaneswar Gude, Nagamany Nirmalachan dan, shuguang Deng, "Renewable and sustainable approaches for desalination, "Renewable and sustainable energy review, 2010

4)Hazim Mohammed Qiblawey,Fawzi Banat, solar, Elsevier 2017, thermal desalination technologies.

۵) اکبر ادیب فر، کتاب شیرین سازی آب (مبانی و روش‌ها) گروه مینا، ۱۳۸۹

6) Karagholi A, Kazmerskill, Energy consumption and water production cost of conventional and renewable, energy powerd descelination processes-renew sustain Energy 2013/ 24: 343-56.

۷) مجیدی، غلامرضا و فرهاد حسین نژاد، تحلیل ترمو اگزرژی اجزای سیکل آب شیرین کن خورشیدی رطوبت زنی و رطوبت زدایی، اولین کنفرانس بین‌المللی فناوری‌های نوین در علوم، آمل، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، ۱۳۹۶.

8) Grid – tied and stand – alone hybrid solar power system for desalination plant, chaouki Chenai, Adel Merabet Tareg, slaeh Erola, colon pigem, Deslination, Volume 432, 1 june 2018 page 172-180.

9) mattias Rommel, solar thermally driven desalination system with corrosion – free collectors, Renewable Energy, volume 14, Issues 1-4 , may August 1998. Pages 275-280.

۱۰) زین‌العابدین صادقی، حمیدرضا حرجی، مهلا صفی نتاج، مقایسه اقتصادی شیرین کردن آب خلیج فارس با استفاده از انرژی‌های نو و فسیلی، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۱۴۳ تا ۱۷۱.

11) Talavera D.L., No Fuentes, G., Aguilera J & Fuentes m (2007) Tables for the estimation of the internal rete or return of photovoltaic grid connect ed system. Renewable and Sustainable Energy Reviewms, 11, 447-446.

12) Albazmy M.M. (2014) Economic and thermal feasibility of multi stage flash desalination plant with brine – feed maxing and cooling. Energy, 76. 1029-1035.

13) Abdallah s. Badran O. Sun tracking system for productivity enhancement of solar still Desalinaton 220 (13) (2008) 669-676 Europeah Desalination society and center for research and Technology Hellas (CE & TH) , sani Resort 22, 25 Aprill (2007)

14) Cohen-Tanugi D. Grossman JC, Water desalination across nanoporous gra phene. Nano, let 212 http://dx.doi.org/100.1021/n13012853.

16) The encyclopedia of desalination and water resource (des ware) http://www.desware.net/.

17) Parekh S. Farid M, Selman J, Al – hallag S. Solar desalination with ahumidification dehumidi fication technique a comprehensive rechnical review Desalination 2004; http://dx.doi.org/10000.16)sodl-9164(04)

18) Orfi J, Galanis N, Laplante M. Air humidi ficationde humid-fication for a water desalination system using solar energy Desalination 2007; 203 (13): 471-81 http://dx.doi.ogr/10.106/i.desanl.2006.04.022

19) Orifi Galanis N. Laplante M.Air Humitificantion dehumidification for a mater desalinationsystem solar energy. Desalination 2007; 203 (13) : 47-81 http//dx.doi.org/10.1016/j.desal.2006.04.022

Archive of SID
www.SID.ir

20) Shoron H. Reddy K.A review of solar energy driven desalination technology . renew sustain Energy Rev 2015; 41:1080-118 http://dx.doi.org/10.1016/
21) Ali MT, Fath HE Armstrong PR. A comprehensive techno-economical review of indirect solar desalination. Renew Sustain Energy Rev 2011: 15 (8) : 4187-99. http://dx.doi.ogr/10.1016/j.rser.2011.05.012
23) Xiao G, Wang X. NIM, Wang F, Zhu W, Luo Z. et al. A review on solar stills for brine desalination. Appl energy 2013: 103: 642-52 http://dx.doi.org/10.1016/japenergy.2012.10.029
24) Bhardwaj R. ten kortenaar M. Mudde R. Maximized production of water by increasing area of condensation surface for solar distillation. Appl Energy 2015; 154: 048-90. http://dxx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.060
25) Narayan GP. Sharqawy MH. Summers EK Lienhard JH, Zubir SM, Antar M. The Potential of solar – driven humidificationdehumidification desalination for small-scale decentralized water production renew sustain energy Rev 2010: 14(4) : 1187-201. http://dx.doi.org/10.1016/i.rser.2009.11.014
26) LIC.Coswami Y.Stefanakos E. Solar assisted sea water desalination: are view. Renew Sustain Energy Rev 2013; 19: 136-63. http://dx.doi.org/10.106/j.iser.2012.04.059
۲۷) سعید فرساد – امین بهزادمهر – کتاب آب شیرین‌کن‌های خورشیدی – شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور- شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی – انتشارات قلم – بهار ۹۶
28) Seleh A Qudeiri J. Al-Nimr M. Performance investigation of a salt gradient solar pond coupled with desalination facility near the dead sea. Energy 2011; 36 (2): 922-31. http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.12.018
29) U. Fisher, J. Weinberg and B. Doron, Integration of solar pond with water, ormat Indeustries ltd (2000)
30) Chandrashekare M, Avadhesh Ydav, Renewable and Sustainable Energy Review, water desalination system using solar heat; Elsevier; 2017
۳۱) سعید فرساد – امین بهزادمهر – کتاب آب شیرین‌کن‌های خورشیدی – شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور – شرکت آب فاضلاب روستایی خراسان جنوبی – انتشارات قلم - بهار ۹۶
32) kalogirou, Soteris, Solar energy engineering Elsevier (2009)
33) Al – Karaghouli A, renne D. Kazmerski LL. Solar and wind opportunities for water desalination in the arab tegions. Renew sustain Energy Rev 2009: 13 (9) : 2397-407. http://dx.doi.ogr/10.1016/j.reser.2008.05.007
34) El-Haggar S. Awn A. optimum conditions for a solar still and its use for a greenhouse using the nutrient film technique Desalination 1993: 94 (1): 55- G8: http://dx.doi.org/10.1016/0011-9164(93)80154-F.
۳۵) علی ولی پور طیبی، محمد دشتبان، حمید مقدم دیمه «آب شیرین کن خورشیدی و بررسی پارامترهای موثر بر بازده ترمودینامکی» مجموعه مقالات نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، ۱۳۸۹.
36) Kumars. Tiwart G. Life cycle cost analysis of single stope hybrid (pv/t) active solar still. Appl Energy 2009: 86 (10) : 1995 – 2004 . http://dx.doi.ogr/10.1016/i.apenergy.2009.03.005
37) Ali Al – karagholi * David Renne, Lawrence L. Kazmerski "Solar and wind opportunities for water desalination in the Arab regions," Journal of scienceditect desalination Faculgy, Reneiwable and sustainable Energy Reviews Ls, Vol . 13, p. 2397-2407, 2009
۳۸) ایان گراهام، کتاب انرژی باد، نشر الهام ص ۲۲
۳۹) کیوان سلطانی، احمد نوحه‌گر، معینی صادق گوهری. «بررسی انرژی‌های نو و تاثیر آن در حل بحران آب در ایران در همایش بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی در هزاره سوم تهران تیر ۱۳۹۴.
40) Shata M, worall M. Riffat S. oppurtunities for Solar water desalination world wide, review, Sustain citics soc 2013; http://dx.doi.org/10.1016/J.scs.2013.3.004.
۴۱) جتبی میرزاخانی سیاهکلرودی دانشجوی کارشناسی مکانیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
42) S. K. thampy. P.K. Narayana. W.P. Harkare, K.P Govinda. Sawater Dealination by electrodialysis part II: a novel approach to combat scaling is seawater desalination by electrodalysis.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation of water desalination using renewable energy

Saeed Samadzadeh
Department of Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Islamic Azad University of Shahr Rey, Address, Iran, Rey, E-mail: s.samadzedeh@gmail.com

Abstract. Water and salt desalination algorithms are based on the pressure and concentration of energy that consumes a lot of energy, such as gas, electricity, oil and fossil fuels. These steps lead to carbon residue, which reduces the thickness of the ozone layer and equally compromises the health of the human body. It also causes excessive heat of the planet, such as tropical areas, and threats to survival, more efficient monitoring of more renewable energies, and more efficient energy conversion. Thermal separation is at lower application temperatures with time storage for water production for 10 to 15 years. In this paper, different solar thermal desalting techniques such as direct and indirect methods and desalinating water using wind, wave and geothermal energy have been investigated. The use of renewable energy in water desalination is much more cost effective than fossil desalination plants, as well as free energy and a healthier environment.

Keywords: Desalting, desalting solar energy (direct and indirect), wind energy, geothermal energy, wave energy.

Archive of SID

www.SID.ir