



تأمین انرژی فرایند نمک‌زدایی از نفت خام با بهره‌گیری از استخر خورشیدی

محمد افتاری^۱ ■ کارشناس ارشد مهندسی مکانیک تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

مقدمه

نمک‌زدایی، اولین مرحله در پالایش نفت خام است که در این فرایند ترکیبات نامطلوب قبل از ورود به واحد اصلی از نفت خام تفکیک می‌شوند. عمل اصلی یک دستگاه نمک‌زدا تفکیک نمک و آب از نفت خام است. علاوه بر نمک و آب باید دیگر مواد زائد موجود در نفت، همچون گل و لای، زنگ و... نیز جدا شوند؛ زیرا این مواد می‌توانند باعث خوردگی و خرابی دستگاه، جرم‌گرفتنی و خوردگی لوله‌ها، تأسیسات، پمپ‌ها و سایر تجهیزات فرآیند شوند. همچنین قطرات پراکنده آب نمک در نفت خام، اثر کاتالیست‌ها را خنثی می‌کند. جداسازی امولسیون آب در نفت از نظر صنعتی و همچنین حفظ محیط زیست بسیار اهمیت دارد. دستگاه نمک‌زدا اصلی‌ترین منبع فاضلاب در یک پالایشگاه است؛ بنابراین از بین بردن آب و نمک معلق از نفت خام دلایل تجاری دارد. جداسازی آب و نمک از نفت خام، نیازمند انرژی است که می‌توان آن را با استفاده از استخرهای خورشیدی تأمین کرد.

اساس کار یک استخر خورشیدی که برای ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی استفاده می‌شود، یک ناحیه گرادانی - چگالی پایدار است که روی ناحیه چگالی ذخیره‌ساز که از نظر شعوری و دما یکنواخت است (لایه آمیخته)، قرار می‌گیرد. این ناحیه گرادانی از

حرکات همرفتی که باعث انتقال انرژی به طرف سطح استخر و اتلاف آن می‌شود، جلوگیری می‌کند و باعث ذخیره‌شدن این انرژی در لایه ذخیره‌ساز کف استخر می‌شود و به این ترتیب می‌توان از این انرژی ذخیره‌شده خورشیدی استفاده کرد.

فرآیند نمک‌زدایی از نفت خام

نفت خامی که از چاه‌های نفت استخراج می‌شود، به‌خصوص در مواقع برداشت از قسمت انتهایی ظرفیت موجود در چاه‌های نفت، بیش‌تر مقداری آب نمک به صورت ذرات پراکنده دارد که این مقدار با نزدیک شدن به عمق چاه بیشتر می‌شود. اطراف این ذرات پراکنده (آب)، فاز پیوسته نفت حلقه زده است که به این مخلوط، امولسیون «آب در نفت» گفته می‌شود. بیشتر نفت خام‌های کلریدهای سدیم و منیزیم، اندکی سولفات، سلیس و اکسیدهای آهن دارند. تقریباً در همه پالایشگاه‌ها به نمک‌گیری از نفت خام اقدام می‌شود.

به‌طور عام برای نمک‌زدایی لازم است، به طریقی ذرات آب نمک را در مجاور هم قرار داد و به صورت ذرات بزرگ‌تر که قابلیت ته‌نشین شدن دارند، در آورد و در نهایت با توجه اینکه آب به دلیل سنگینی در مقایسه با نفت در زیر نفت جمع می‌شود، نفت را از آب جدا کرد. این امر با روش‌های مختلف صورت می‌گیرد و استفاده

از مواد شیمیایی نیز امری الزامی است. عمومی‌ترین روش جداسازی آب و نمک، حرارت دادن به نفت است؛ سپس با امولسیون کردن نفت خام با مواد شیمیایی و تزریق آب، مواد زائد را از نفت خام جدا می‌کنند. افزودن مواد شیمیایی، به‌خصوص باعث می‌شود ذرات آب با یکدیگر، جمع و آنقدر بزرگ شوند که بتوانند در مخلوط آب و نفت رسوب کنند، نمک‌ها در آب شستشو دهنده حل می‌شود، سپس در مخزن جداکننده، آب و نفت از هم جدا می‌شوند. این جداسدن یا بر اثر افزودن مواد شیمیایی شکننده امولسیون صورت می‌گیرد یا با ایجاد یک میدان الکتریکی با پتانسیل بالا.

در فرآیند نمک‌گیری ابتدای نفت برای اینکه به سطح ویسکوزیته مطلوب برسد با استفاده از میدل‌های گرمایی که گرمای مورد نیاز خود را از استخر خورشیدی تأمین می‌کنند، گرم و بعد درجه حرارت با فشار بخار ماده خام مصرفی محدود می‌شود.

مقدار درصد آب شستشو که با کنتور اندازه‌گیری می‌شود و در جلو دستگاه قرار دارد، عاملی است که به حل شدن نمک‌ها و رسوب‌ها کمک می‌کند. درصد آب مصرفی شستشو دهنده و دمای عملیات به چگالی نفت خام بستگی دارد که در جدول ۱ آمده است.

یادآور می‌شود، مطالب ذکر شده جنبه عمومی و کلی دارد و عملیات مربوط به نمک‌زدایی و نحوه

اصولاً دو گونه استخر خورشیدی آب‌نمک دارد: دو لایه‌ای و چند لایه‌ای. اگر آب یک استخر (با دریاچه کوچک) شور و بی حرکت باشد و مدت‌ها مقابل آفتاب قرار گیرد، از آنجا که تبخیر به‌طور مداوم جریان دارد، به تدریج لایه‌ای از آب گرم پررنگ‌تر (غلیظ‌تر) در سطح استخر تشکیل می‌شود. که به دلیل وزن خود به آهستگی به طرف پایین حرکت می‌کند و در ته استخر جمع می‌شود. اگر قطر لایه‌ای اخیر آب که گرم‌تر و شورتر است به ۱ متر برسد و به نحوی از میل طبیعی آن که صعود به طرف بالاست، جلوگیری شود تا این لایه در جای خود ثابت بماند، منبع خوبی برای ذخیره‌ی حرارت فراهم خواهد کرد. بنابراین استخرهای دو لایه به این دلیل چنین نامیده می‌شوند که دو لایه‌ی آب‌نمک در آنها، تشکیل و لایه با غلظت کمتر در بالا و لایه با غلظت بیشتر در پایین در ته استخر جمع می‌شود. این استخرهای آب‌نمکی حتی در روزهای ابری نیز قادر به کار خواهند بود. استخر آب‌نمک دو لایه‌ای در واقع تقلیدی است از طبیعت؛ این گونه استخرها را می‌توان در نقاط مختلف کره‌ی زمین مشاهده کرد، از جمله دریاچه مدوه در مجارستان، دریاچه ایلات در

بیشتر، دیواره‌های این استخر زاویه ۳۴ درجه با افق دارند. در استخر گروه بریانت، در حالی که تغییر درجه حرارت در لایه‌ی زیرین استخر کمتر از ۱/۵ درجه سانتی‌گراد بود، اختلاف درجه حرارت محیط در هوای خارج ۱۵ درجه سانتی‌گراد در شبانه‌روز را نشان می‌داد. بررسی‌ها و مطالعات این گروه نشان داد، حتی اگر یک هفته هم بر اثر ابری بودن هوا، آفتاب به استخر نتابد باز هم حرارت کف استخر ثابت می‌ماند، حتی وقتی روی استخر برای مدت دو هفته یخ بست، حرارت طبقات زیرین در شبانه‌روز فقط ۰/۴ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کرد. با اخذ حرارت از استخر ابداعی گروه تحقیقاتی پروفیسور بریانت، این امکان پیدا شد که نیازهای گرمایشی یک خانه با ۱۸۵ مترمربع زیربنا (قابل استفاده برای یک خانواده پنج نفری) برآورده شود. دمای کف استخر به ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد نیز رسید که برای پخت‌وپز استفاده می‌شد. در انگلستان آزمایش مشابهی شد و نشان داد گرمای مورد نیاز ساختمانی با همان زیربنا را می‌توان به راحتی تأمین کرد. بر اساس نظر بریانت، هزینه حرارت تولیدی از استخر آب‌نمک با هزینه کیلووات ساعت انرژی حاصل از گاز یکسان بود.

طراحی کارخانه‌های مربوطه بسیار گسترده است، اما به‌طور عام می‌توان گفت، همه این عملیات دو مرحله دارد، آبگیری و نمک‌زدایی که در این فرآیند انرژی مورد نیاز خود را از انرژی خورشیدی و با بهره‌گیری از استخرهای خورشیدی تأمین می‌کند. با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و همچنین قرارگیری بیشتر مناطق نفتخیز کشور در معرض نور بسیار عالی خورشید، می‌توان از این نعمت خدادادی به نحو بسیار خوبی حتی در حوزه‌های مختلف پالایش نفت که در اینجا فقط به فرآیند نمک‌زدایی آن اشاره شد، استفاده و بدین ترتیب می‌توان در میادین انرژی نیز در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد و از انرژی‌های نو، به‌ویژه انرژی رایگان خورشید، بهره‌کافی برد.

در ادامه به روش عملکرد سیستم‌های استخر خورشیدی که موضوع این مقاله است، پرداخته و مشخصات آن نیز تبیین می‌شود.

استخر خورشیدی

فناوری استخرهای خورشیدی یکی از روش‌های نسبتاً ساده استفاده از انرژی خورشیدی است که برای ذخیره و استفاده از انرژی‌های گرمایی خورشید ابداع شده و کاربردهای متنوعی دارد. برای اولین بار در ۱۹۵۸، نگر ردف بلوخ و دکتر هری تابور طرح یک استخر خورشیدی آب‌نمک صنعتی را تهیه کردند و این فناوری قابل اجرا شد. لوسین برونیکی، توربین حرارت پایین از گازهای آلی را ابداع و در ۱۹۶۵ شرکتی را برای ساخت و فروش این گونه توربین‌ها تأسیس کرد. با این توربین بود که گرفتن انرژی از استخرهای خورشیدی امکان‌پذیر شد؛ به طوری که در ۱۹۸۱، ۳۰۰۰ دستگاه آن در ۴۳ کشور جهان در سخت‌ترین شرایط بدون مشکل کار کرده‌اند، برای نمونه شرکت نفت آلاسکا تاکنون حدود ۳۰ میلیون ساعت بهره‌برداری کرده است. شرکت برونیکی و بنیاد تحقیقات علوم امریکا موفق شدند با همکاری یکدیگر اولین نیروگاه آزمایشی استخرهای خورشیدی آب‌نمک (Ein Bokek pilot plant) را بسازند.

در ۱۹۷۵ نیز گروه تحقیقاتی پروفیسور هاوارد بریانت، توانست در دانشگاه نیومکزیکو اولین نمونه استخرهای آب‌نمک خورشیدی دو لایه را بسازد که استخری بود، به قطر ۱۵ متر و به عمق ۲/۵ متر در عمیق‌ترین نقطه. برای جمع‌آوری انرژی خورشیدی

۱ | تاثیر API نفت در تعیین مقدار درصد آب مصرفی شست و شو دهنده و دمای مورد نیاز عملیات

API	H2O - Volume - %	Temp. C
API>40	۳-۴	۱۱۵-۱۲۵
30<API<40	۴-۷	۱۲۵-۱۳۵
API<30	۷-۱۰	۱۴۰-۱۵۰



۱ | نمونه‌ای از یک استخر خورشیدی



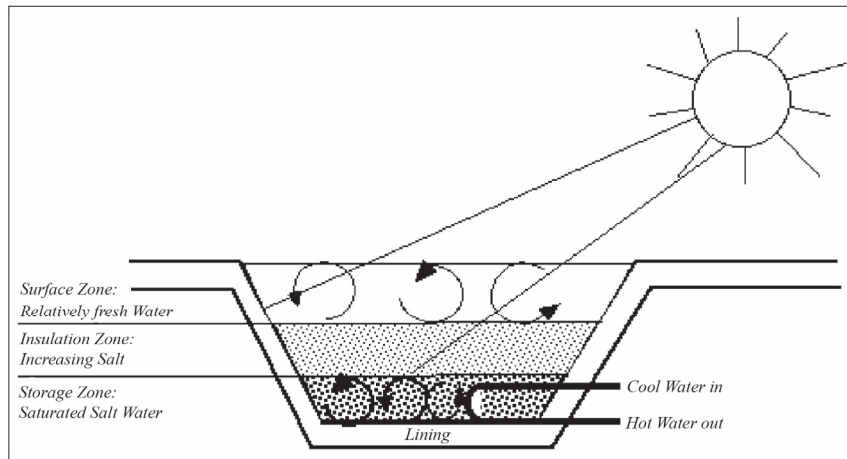
فلسطین، دریاچه اورویل در واشنگتن، دریاچه آنتیل در ونزوئلا، دریاچه‌های ارومیه، بختگان، هامون و سواحل خلیج فارس.

بعضی از این استخرهای خورشیدی طبیعی می‌توانند تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد نیز گرم شوند، اما درجه حرارت طبقه ذخیره (لایه پایینی) که از آن بهره‌برداری می‌کنند، معمولاً حدود ۸۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد باقی می‌ماند. البته حرارت طبقه سنگین و داغ استخرهای خورشیدی ساخت دست‌بشر به درجه آب‌جوش و حتی به دلیل املاح و نمک به بیشتر از آن هم می‌رسد؛ درحالی‌که درجه حرارت آب روی استخر به حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد در موقع کار استخر باقی می‌ماند.

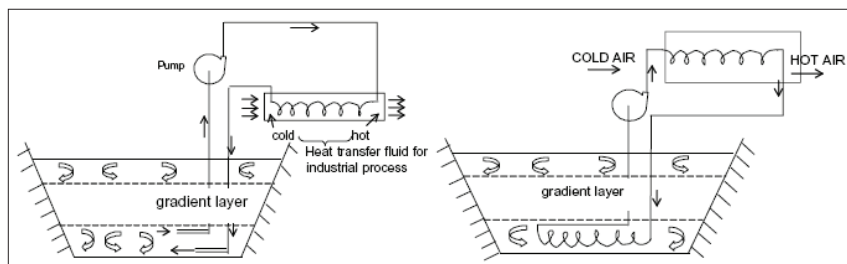
در نوع چند لایه این گونه استخرها، چند لایه آب و نمک با غلظت‌های متغیر بوجود می‌آیند و به این ترتیب از خروج جریان‌های همرفت با اختلاف غلظت لایه‌های آب نمکی جلوگیری می‌شود. در پایین‌ترین لایه، غلظت نمک محلول که می‌تواند نمک طعام معمولی یا نیترات پتاسیم باشد، با درصدی خاص شروع می‌شود و به تدریج کاهش می‌یابد تا آنکه لایه بالایی و آخری با آب بدون نمک پوشانده شود. در تجربه گروه پروفیسور بریانت، غلظت پایین‌ترین لایه ۱۵ درصد بود و به تدریج حدود یک درصد در هر لایه از آن کاسته می‌شد. در این استخرها، آب در سه ناحیه با افزایش شوری ذخیره می‌شود. حداکثر شوری در ناحیه بالایی استخر خورشیدی، در حدود شوری آب دریاست.

ضخامت این ناحیه هر چه کمتر باشد عملکرد حرارتی استخر بهتر می‌شود، اما به هر حال پیدایش این ناحیه، به دلیل عواملی از قبیل اختلاط سطحی ناشی از وزش باد یا انتقال نمک از لایه زیرین به سطح استخر خورشیدی، اجتناب‌ناپذیر است. ضخامت معمول لایه سطحی حدود ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است که در «شرایط حفاظت نشده» به ۵/۰ متر و بیشتر هم می‌رسد در لایه سطحی، به دلیل یکنواختی دانسیته، حرکت همرفتی در عمق صورت می‌پذیرد. در ناحیه وسط چگالی آب، به طور شبه خطی، با عمق افزایش پیدا می‌کند تا به حداکثر مقدار خود برسد. به دلیل افزایش چگالی حرکت همرفتی در این ناحیه امکان ندارد. عمق این لایه حدود ۱ تا ۱/۵ متر است. در لایه زیرین که سنگین‌ترین ناحیه استخر خورشیدی است، چگالی آب نمک نسبتاً یکنواخت و در حد

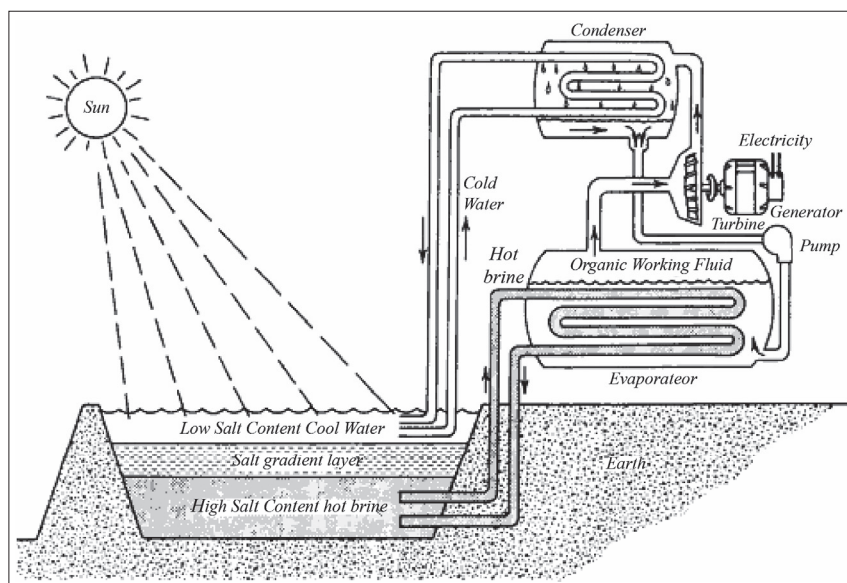
نزدیک به اشباع است؛ بنابراین، در ناحیه اخیر، حرکت همرفتی صورت می‌پذیرد. ضخامت این ناحیه متغیر است و بسته به نیاز تا ۲ متر هم می‌رسد. استخرهای خورشیدی آب نمک نیز همانند دیگر منابع انرژی مشکلات خاص خود را دارند از جمله:



شکل ۲ | شماتیکی از یک استخر خورشیدی و نحوه عملکرد آن



شکل ۳ | دریافت انرژی از استخر خورشیدی

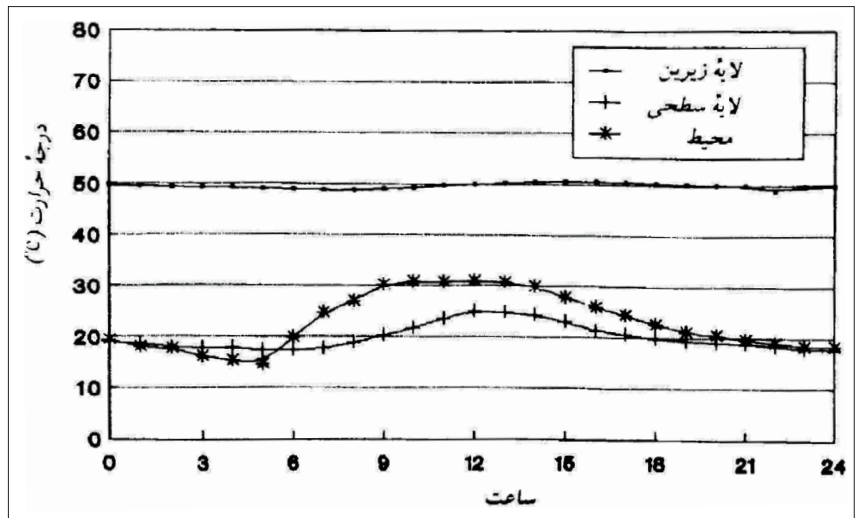


شکل ۴ | شماتیک نمونه‌ای از دریافت انرژی از استخر خورشیدی

۱۲- انتخاب لوله‌های مناسب برای بیرون آوردن حرارت از طبقه ذخیره گرما.

در ایران نیز پروژه استخر خورشیدی بررسی شده و کارهای متعددی که بیشتر جنبه تحقیقاتی داشته است، انجام شده که می‌توان به این موارد اشاره کرد:
- استخر خورشیدی کوچک با گرادیان نمک با مساحت متوسط ۱/۸ مترمربع در دانشکده ژئوفیزیک دانشگاه تهران

- استخر خورشیدی با گرادیان نمک به عمق ۱/۰۸ متر و به مساحت ۴ مترمربع در دانشگاه فردوسی مشهد که در شکل ۵ نمودار تغییرات درجه حرارت لایه‌های زیرین، سطحی و محیط در درجه حرارت محیط در شبانه‌روز در این استخر آمده است.



۵ | تغییرات درجه حرارت لایه‌های زیرین، سطحی و درجه حرارت محیط در شبانه‌روز

پیشنهاد

امکانات و مزایای طبیعی در ایران همچون شدت بالای تابش آفتاب، وجود نمک و آب شور فراوان و ارزان و میزان تبخیر پایین و زمین رایگان در بسیاری از مناطق در جزایر و سواحل جنوب یا کویرها و حواشی آنها که بیشتر مناطق نفتخیز ایران را شامل می‌شود، سبب شده است ایران جزو کشورهای باشد که پتانسیل خوبی برای اجرای پروژه استخر خورشیدی دارند؛ بنابراین با توسعه و گسترش صنعت انرژی‌های نو باید هر چه سریع‌تر کاربرد این نوع کلکتورهای خورشیدی را برای تأمین گرمایش و انرژی مورد نیاز در صنایع نفت و پتروشیمی و پالایش آغاز کرد.

سطح استخر و از دست رفتن حرارت.
۶- اغتشاش غلظت آب‌های ذخیره بر اثر استخراج حرارت.
۷- نیاز به مکانیزم‌های کنترل غلظت و درجه حرارت.
۸- تولید گاز در زمین زیر استخر و بالا آمدن گازها.
۹- نفوذ آب‌های زیرزمینی به داخل استخر.
۱۰- مسئله انتخاب زمین‌هایی که به پوشش بتونی احتیاج نداشته باشند یا انتخاب پوشش بتونی مناسب.
۱۱- امکان شکستگی کف بتونی و ازدست رفتن آب استخر و روش پیدا کردن محل آن.

تغییرات شبانه‌روزی حرارت خورشید عکس‌العمل قابل ملاحظه‌ای نشان نمی‌دهند، اما اگر در نقاطی چندین هفته هوا ابری باشد و درجه حرارت هم پایین، مشکلاتی برای کار آن پدید می‌آید.
۲- پر کردن استخرهای چند لایه، به صبر و آرامش عمل نیاز دارد تا آنکه غلظت طبقات به‌طور معجزاتشکیل شود.
۳- تیره شدن آب استخر بر اثر گیاهان آبی یا کثیف شدن آب.
۴- مخلوط شدن آب‌های سطح استخر بر اثر باد، امواج و حتی غلیان سطوح پایینی.
۵- تبخیر سطحی زیاد بر اثر تغلیظ شدید آب در

پانویس

¹ Mohammad.eftari@gmail.com

² desalter

منابع

- [۱] محمدرضا جعفرزاده، «استخرهای خورشیدی، کاربردهای آن و روش مطالعات مکانیابی در ایران»، هجدهمین کنفرانس بین‌المللی برق
- [۲] اصغر حاج‌سقطی، «اصول و کاربرد انرژی خورشیدی»، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، مرکز انتشارات ۱۳۸۰
- [۳] مرتضی حسینی، «جداسازی آب و نمک از نفت‌خام در میدان الکتریکی غیریک‌نواخت DC (دی‌الکتروفورز) با جریان مستقیم، نشریه دانشکده فنی، جلد ۴۱، شماره ۲، تیرماه ۱۳۸۶
- [۴] علی‌اکبر بیدختی، فاطمه محرابیان، علیرضا محمدتژاد، «بررسی تجربی حرکات همرفتی در لایه آمیخته یک استخر خورشیدی»، چهارمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها
- [۵] نشریه پیام سانا، سال سوم، شماره یازدهم، تیر ۱۳۸۸
- [6] J. Andrews , A. Akbarzadeh , “Enhancing the thermal efficiency of solar ponds by extracting heat from the gradient layer” Solar Energy 78 (2005) 704–716
- [7] Choubani Karim , Zitouni Slim , Charfi Kais , Safi Mohamed Joma , Aliakbar Akbarzadeh “Experimental study of the salt gradient solar pond stability” , Solar Energy 84 (2010) 24–31
- [8] www.green-trust.org
- [9] www.solarponds.com
- [10] www.freepatentsonline.com
- [11] www.mechanicenergy.ir
- [12] www.mahdis80.blogfa.com