

طراحی و مدلسازی یک سیستم آب شیرین کن خورشیدی نوین برای مناطق کویری

ابوالفضل اکبرپور، محمد رضا فرزانه، حمید رضا رشیدی جهان آباد

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند، دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب بیرجند، کارشناس مکانیک از دانشگاه شیراز

چکیده - دو مشکل اساسی بحران آب و بحران انرژی روز به روز زندگی بشر را تهدید می کند. بشر در حال حاضر با استفاده از سوخت های فسیلی و منابع آب های سطحی این دو بحران را تا حدودی حل نموده ولی در آینده نه چندان دور با کاهش منابع آب سطحی و نیاز به استفاده از آب هایی با قابلیت استحصال مشکل و کیفیت نامناسب که خود نیاز به استفاده از یک منبع انرژی دارند، بشر را به سمت جایگزینی انرژی های تجدیدپذیر بمنظور استفاده در فرایندهای آبی سوق می دهد. یکی از راه حل های مناسب در این زمینه استفاده از انرژی خورشید بمنظور تصفیه آب به روش تقطیر می باشد. در این پژوهش هدف طراحی یک سیستم آب شیرین کن و مدلسازی آن می باشد. در این تحقیق بر اساس آمار و اطلاعات هواشناسی شهر بیرجند در دوره آماری ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ و خصوصیات فیزیکی سیستم، طراحی و مدلسازی صورت گرفت و میزان آب تصفیه شده و راندمان سیستم در ماه های مختلف محاسبه گردید. بطور کلی بر اساس فرآیند مدلسازی سیستم آب شیرین کن، می توان چنین نتیجه گرفت که پیش گرم کردن آب و پیش گرم کردن هوایی که باعث جابجایی اجباری در سیستم می شود و استفاده از سیستم منعکس کننده درونی باعث افزایش چشمگیر راندمان سیستم در مقایسه با آب شیرین کن های خورشیدی که تاکنون ساخته شده گردیده است.

واژه های کلیدی - تقطیر، آب شیرین کن خورشیدی، بیرجند

مقدمه

کمبود آب آشامیدنی در بسیاری از مناطق دنیا از جمله مناطق خشک یکی از مشکلات قدیمی و درعین حال یکی از چالش های آینده ی این مناطق است. رشد روز افزون جمعیت و صنایع باعث افزایش مصرف آب شیرین شده است. [۲۰] بنابراین دو مشکل اساسی بحران آب و بحران انرژی روز به روز زندگی بشر را تهدید می کند. بشر در حال حاضر با استفاده از سوخت های فسیلی و منابع آب های سطحی این دو بحران را تا حدودی حل نموده ولی در آینده نه چندان دور با کاهش منابع آب های سطحی و نیاز به استفاده از آب هایی با قابلیت استحصال مشکل که خود نیاز به استفاده از یک منبع انرژی دارند، بشر را به سمت جایگزینی انرژی های تجدیدپذیر سوق می دهد. [۶]. با توجه به اینکه ایران روی کمربند خورشیدی قرار گرفته است و یکی از کشورهای بسیار مستعد جهت بهره گیری از انرژی خورشیدی است، به طوریکه میزان تابش متوسط روزانه ی آفتاب در آن به ۴ کیلو وات ساعت بر متر مربع می رسد و متوسط تعداد ساعات آفتابی، از ۲۸۰۰ ساعت در سال بیشتر است [۱]. لذا بدین منظور، استفاده از انرژی خورشیدی راهکاری مناسب بمنظور رفع بحران آبی در کشور می باشد [۶]. استفاده از این انرژی از سومین قرن قبل از میلاد مسیح توسط ارشمیدس و ۱۰۰ سال بعد از میلاد مسیح توسط Heron of Alexandria آغاز شد. درسال ۱۶۱۵ توسط Salomon deguss و در سال ۱۷۷۴ به وسیله Joseph priestly ادامه یافت [۴]. در قرن ۱۹ Giovanni

Batista Della Porta اولین دانشمندی بود که در زمینه تقطیر خورشیدی چندین روش ارائه نمود که مهمترین آن‌ها ساخت یک دستگاه تقطیر خورشیدی بود که آب شور را به آب تازه تبدیل می‌کرد. سپس در سال ۱۸۷۲ یک مهندس سوئدی به نام Carlos Wilson، در شمال شیلی معروف به Las Salinas به منظور تهیه آب سالم برای استفاده‌ی کارگران معادن سدیم نترات و نقره از انرژی خورشید در تقطیر آب شور استفاده کرد. این دستگاه‌ها از حوضچه‌های چوبی که یک پوشش شیشه‌ای در بالای آن‌ها قرار داشت ساخته شده بودند که شامل ۶۴ حوضچه به مساحت ۴۴۵۰ متر مربع در زمینی به مساحت ۷۸۹۶ متر مربع که حدود ۲۲/۷ متر مکعب در روز آب تولید می‌کرد [۹]. تقطیر خورشیدی در سال‌های ۱۹۰۲ و ۱۹۰۸ مورد توجه بیشتری قرار گرفت که این کار توسط schuman انجام شد که یک دستگاه خورشیدی ساخت که به وسیله پمپاژ آب عمل می‌کرد [۴]. سال ۱۹۱۳، Boys یک دستگاه تقطیر در نزدیکی مصر ساخت و مورد استفاده قرار داد و سپس تا سال ۱۹۵۰ انرژی خورشیدی به دلیل قیمت ارزان و کارایی مناسب سوخت‌های فسیلی، کنار گذاشته شد [۴]. در سال ۱۹۵۲ (Office saline water)OSW واقع در فلوریدا تشکیل شد که مطالعاتی در زمینه نمک زدایی از آب دریاها انجام دادند و همچنین یک پایگاه نمک زدایی دایر کردند و همچنین چند نوع مختلف دستگاه خورشیدی را مورد مطالعه قرار داد که نتیجه حاصل از آن این بود که آب تولید شده، هزینه‌های جانبی و ساخت دستگاه را جبران نمی‌کند و از آن پس مطالعات روی برآورد اقتصادی دستگاه‌ها انجام شد و مرحله‌ی بعدی بهتر کردن بازده عملیاتی این دستگاه‌ها بود، تحقیقات زیادی در زمینه بالا بردن میزان آب بخار شده و چگالش یافته به وسیله گردش هوا در دستگاه تقطیر به منظور افزایش میزان خروجی آب تازه انجام شد. این کارها توسط استفاده از گرمای نهان تبخیر و همچنین گرمایش مجدد آب شور انجام شد [۷، ۹] در سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ به ترتیب در استرالیا و یونان پایگاه‌های مشابه ساخته شد که در شکل‌های (۴-الف) و (۴-ب) نشان داده شده است [۹]. در سال ۱۹۸۲ دانشمند بزرگ فرانسوی لاوازیه، از یک متمرکزکننده خورشیدی برای تقطیر در یک فلاسک استفاده کرد [22]. یک نمونه ساده و طرح عملی تقطیر کننده‌های خورشیدی نوع تک حوضچه‌ای یا پلکانی می‌باشد و همچنین نوع فیتیل‌ای نیز مورد بررسی قرار گرفت که این کارها توسط Telks در سال ۱۹۹۵ انجام شد. بیشتر دستگاه‌های ساخته شده و مورد مطالعه قرار گرفته شده بر اساس یک اصل ساخته شده بودند و به طور کلی بیشتر تغییرات روی هندسه دستگاه، مواد و روش‌های ساخت و عملیاتی صورت گرفته بود [۱]. در سال ۲۰۰۱، Nabil Hussain [18] روش‌های ذخیره گرما در تقطیر کننده‌ها را بررسی کرد. در سال ۲۰۰۳، M. Rdhwan Abdulhaiy به بررسی ذخیره انرژی با توجه به گرمای نهان در سیستم‌های چند مرحله‌ای پرداخت [۱۳]. در سال ۲۰۰۸، A. Azade et al [5] به بررسی مکان مناسب استقرار طرح‌های خورشیدی پرداخت. در سال‌های اخیر بیشتر مطالعات بر روی مدل‌سازی و مطالعات تجربی این دستگاه‌ها صورت گرفته است در سال ۲۰۰۵ Hikmet [12] مدلی برای برای دستگاه شیب‌دار ارائه کرد. سایر افراد نیز مطالعاتی روی مدل‌سازی آب شیرین‌کن‌های خورشیدی انجام داده‌اند که می‌توان اشخاصی از جمله Cooper [۸]، Mowla [۱۶]، Palacio [۱۷]، Kumar [۱۴]، Maalej [۱۵]، Shawaqfeh [۱۳]، Toyoma Rhee & Yoon و Rheinlander را نام برد.

در این پژوهش ضمن در نظر گرفتن نتایج تحقیقات پیشین و اضافه کردن ایده‌های تکمیلی، به طراحی و مدل‌سازی یک سیستم آب شیرین کن نوین پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش یک سیستم آب شیرین کن نوین طراحی و برای مدل‌سازی آن، ابتدا آمار و اطلاعات هواشناسی شهر بیرجند در دوره آماری ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ دریافت گردید. پس از آن، سری‌های متوسط ماهانه: تعداد ساعات آفتابی، سرعت باد، شدت تابش و دما از آمار اطلاعات هواشناسی استخراج گردید.

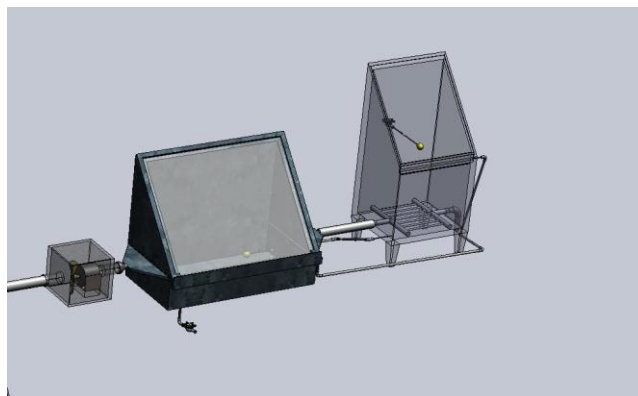
پس از مدلسازی سیستم، به بررسی راندمان سیستم و تغییرات میزان آب تصفیه شده در ماه های مختلف پرداخته شد.

طراحی سیستم آب شیرین کن نوین

همانطوریکه در شکل (۱) نشان داده شده است، سیستم مذکور دارای ۳ قسمت مجزا می باشد که از سمت راست ابتدا مخزن آب تصفیه نشده قرار گرفته است که آب ابتدا وارد این مخزن شده و به دو صورت پیش گرم می شود: از یک سو بوسیله نور خورشید از بالا و از سوی دیگر بوسیله گرمای حاصل از بخارات آبی که بوسیله سیستم جابجایی اجباری از داخل حوضچه به زیر مخزن می آیند. در قسمت دوم حوضچه تقطیر قرار گرفته که تفاوت این حوضچه با دیگر حوضچه ها، دو مجرای سمت چپ و راست آن می باشد از سمت چپ هوای پیش گرم شده وارد و با عبور از روی آب، ملکول های بخار آب داخل حوضچه را از سمت راست به زیر مخزن آب اولیه منتقل می کند. در قسمت سوم یک فن تعبیه شده که هوا را از یک سو مکیده و از سوی دیگر به داخل حوضچه می دمند. این هوا در یک سیکل بسته پس از خروج از زیر مخزن آب تصفیه نشده بوسیله یک لوله، مجدداً به پشت فن انتقال پیدا می کند. بدلیل افزایش راندمان سیستم، جنس جداره داخلی حوضچه بگونه ای انتخاب شد که نور را بطور کامل بازتاب نماید و یا عبارتی از سیستم منعکس کننده درونی استفاده گردید.

در این سیستم همزمان از سه طریق آب تصفیه می شود:

- ۱- ناودان تعبیه شده در مخزن آب تصفیه نشده
- ۲- ناودان تعبیه شده در حوضچه
- ۳- لوله های خروجی که در زیر مخزن آب اولیه تعبیه شده اند.



شکل (۱) اجزاء مختلف سیستم آب شیرین کن نوین پیشنهادی

داده ها و اطلاعات مورد نیاز :

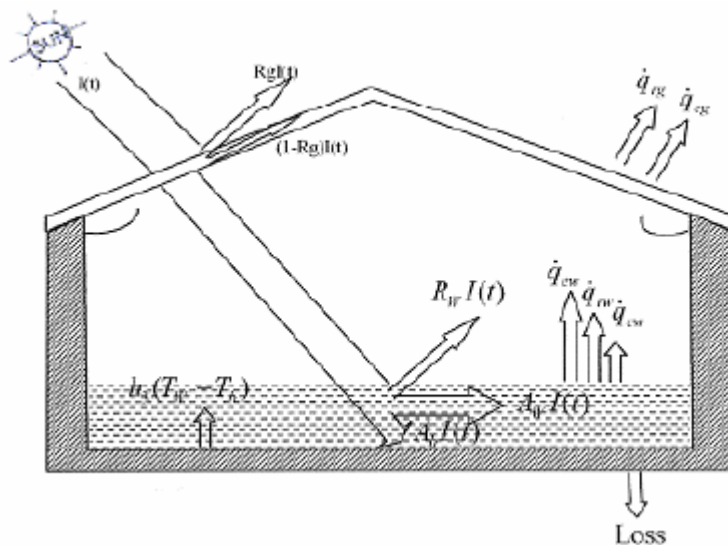
بمنظور مدلسازی سیستم نیاز به داده های هواشناسی از جمله سرعت باد، تعداد ساعات آفتابی، شدت تابش و دما می باشد که در این پژوهش از داده های ماهانه استفاده گردید. به جز داده های هواشناسی مشخصات فیزیکی دستگاه نیز در مدلسازی آورده می شود که این داده ها در جدول (۱) بطور کامل ارائه گردیده است.

جدول (۱) مشخصات دستگاه و خصوصیات فیزیکی [3]

A_g	سطح شیشه	۱/۱۳۷	M_w	جرم آب	۰/۰۱۸۰۱۵
A_w	سطح آب	۰/۸۹۳	μ_w	لزجت آب	$۸/۵۵ * 10^{-۴}$
m_g	جرم شیشه	۱۱/۳۷	μ_a	لزجت هوا	$۱/۸۴ * 10^{-۵}$
m_b	جرم کف	۲۳	D	ضریب نفوذ بخار آب در هوا	$۲/۶ * 10^{-۵}$
L	گرمای نهان تبخیر	۲۴۳۸	P_r	عدد پرند	۵/۸۳
σ	ضریب تابش	$۵/۶۷ * 10^{-۸}$	U_b	ضریب محاسبه میزان انرژی عبوری از کف	۰/۱۸
ρ_w	چگالی آب	۹۹۸	K_a	ضریب رسانش هوا	۰/۰۲۶۳
ρ_a	چگالی هوا	۱/۱۶۱۴	K_w	ضریب رسانش آب	۰/۶۱۳
β_w	β آب	$۲۷۶/۱ * 10^{-۸}$	C_{p_g}	ظرفیت گرمایی شیشه	۰/۸
R_g	ضریب رفلکس شیشه	۰/۰۷۳۵	C_{p_b}	ظرفیت گرمایی کف	۸۴۵
α_g	ضریب جذب شیشه	۰/۰۴۷۵	C_{p_w}	ظرفیت گرمایی آب	۴/۲۱۷
α_b	ضریب جذب کف	۰/۹۵	R	ثابت جهانی گازها	۸/۳۱۵
α_w	ضریب جذب آب	۰/۰۵	Vol_f	سرعت در جابجایی اجباری	۱۲
E_g	ضریب صدور شیشه	۰/۸۸	d_f	ضریب نفوذ بخار آب در هوا در شرایط جابجایی اجباری	۶۰
ε_w	ضریب صدور آب	۰/۹۶	V_f	حجم هوا در حالت جابجایی اجباری	۲۵۰۰

مدلسازی آب شیرین کن پیشنهادی

شکل (۲) شماتیکی از حوضچه و انرژی های دریافتی، جذب شده و خروجی از تک تک قسمت های آنرا که در فرآیند مدلسازی لحاظ شده است ارائه می کند.



شکل (۲) شماتیکی از حوضچه و انرژی های دریافتی، جذب شده و خروجی از تک تک قسمت ها (۳)

- با توجه به سیستم طراحی شده، فرضیات زیر در مراحل مدلسازی سیستم آب شیرین کن در نظر گرفته شد:
- با توجه به در نظر گرفتن سیستم منعکس کننده درونی، تلفات رسانش از جداره ها ناچیز و جسم عایق فرض شده است.
 - با توجه به انتقال انرژی آب و هوای خروجی از بابت سیستم جابجایی اجباری، به مخزن آب تصفیه نشده، دمای آب ورودی و خروجی سیستم مساوی اتخاذ گردیده است.
- حال با توجه به فرضیات ارائه شده به موازنه انرژی برای قسمت های مختلف حوضچه شامل پوشش شیشه ای، آب و کف حوضچه پرداخته می شود. بمنظور محاسبه نرخ حرارتی تبخیر شده از سطح آب و در نتیجه بررسی راندمان سیستم در ماه های مختلف، پس از نوشتن معادله ترمودینامیکی در تک تک اجزاء، بوسیله برنامه نویسی و صحیح و خطا به محاسبه $Q_{evp,w-g}$ و راندمان سیستم (η) پرداخته شد.
- موازنه انرژی برای پوشش شیشه ای:

$$A_g m_g C_p \frac{dT}{dt} = A_g \left[T_1 H_s + \frac{A_w}{A_g} Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g} + Q_{evp,w-g} - Q_{r,g-sky} - Q_{c,g-a} \right] \quad (1)$$

در این رابطه، Q نرخ حرارت بر حسب $\frac{W}{m^2}$ ، H_s شدت تشعشع بر حسب $\frac{W}{m^2}$ ، A مساحت بر حسب متر مربع، T دما بر حسب درجه سلسیوس، t زمان بر حسب ثانیه، C_p و به ترتیب گرمای ویژه و جرم ماده بر حسب $\frac{Kj}{Kg.K}$ هستند. زیرنویس های w و g به ترتیب معرف پوشش شیشه ای و آب، r مربوط به تابش، c جابجایی آزاد، evp تبخیر، sky آسمان و a معرف محیط پیرامون دستگاه است. T_1 کسری از انرژی می باشد که توسط شیشه جذب می شود.

$$T_1 = (1 - R_g) \alpha_g \quad (2)$$

ضریب انعکاس و α ضریب صدور است.

$Q_{c,w-g}$ انتقال حرارت جابجایی آزاد بین سطح آب و پوشش شیشه ای می باشد.

$$Q_{c,w-g} = h_{c,w-g} (T_w - T_g) \quad (3)$$

ضریب جابجایی آزاد بین سطح آب و پوشش شیشه ای $h_{c,w-g}$ از رابطه (۴) تعریف می شود. H بر حسب $W/m^{20}C$ است.

$$h_{c,w-g} = 0.884 \left[T_w - T_g + \frac{(P_w - P_g)(T_w + 273.15)}{268.9 \times 10^3 - P_w} \right]^{1/3} \quad (4)$$

در رابطه ۴، P فشار جزئی بخار آب بر حسب پاسکال است.

با توجه به اینکه در دستگاه تقطیر کننده از یک فن استفاده می شود که هوای گرم را از یک طرف مکیده و از سوی دیگر باعث جابجایی اجباری در حوضچه و انتقال مقداری از ملکول های آب به زیر مخزن آب تصفیه شده می گردد خواهیم داشت:

$$Q_{f,w-g} = h_{f,w-g} (T_w - T_g) \quad (5)$$

زیرنویس f معرف جابجایی اجباری است.

$h_{f,w-g}$ ضریب انتقال حرارت جابجایی اجباری، از رابطه (۶) محاسبه می شود.

$$h_{f,w-g} = 0.037 Re^{0.8} Pr^{0.33} \quad (6)$$

Re و Pr اعداد بدون بعد پرانتل و رینولدز هستند.

انتقال حرارت ناشی از تبخیر آب و انتقال جرم از رابطه (۷) و (۹) محاسبه می شود. $Q_{evp,w-g}$ انتقال حرارت ناشی از انتقال جرم بر اثر جابجایی آزاد است.

$$Q_{evp,w-g} = h_{evp,w-g} (T_w - T_g) \quad (7)$$

$$h_{evp,w-g} = 16.273 \times 10^{-3} h_{c,w-g} \frac{(P_w - P_g)}{(T_w - T_g)} \quad (8)$$

$Q_{evpf,w-g}$ انتقال حرارت ناشی از انتقال جرم بر اثر جابجایی اجباری می باشد.

$$h_{evp,w-g} = h_m C \frac{(T_g - T_m)}{(T_g T_m)} \quad (9)$$

که در آن زیر نویس m معرف هوای درون دستگاه می باشد.

$$h_m = 0.03 \text{Re}^{0.8} \text{Sc}^{0.33} \left(\frac{D}{d_h} \right) \quad (10)$$

$$C = P_2 \frac{\bar{M}_w L}{R} \quad (11)$$

در روابط بالا Sc عدد اسمیت، $D(\text{m}^2/\text{s})$ ضریب نفوذ بخار آب در هوا، $d_h(\text{m})$ قطر هیدرولیکی آب شیرین کن، $L(\text{kJ/kg})$ گرمای نهان تبخیر آب، $P_2(\text{Pa})$ فشار بخار اشباع در دمای هوای درون دستگاه، $M(\text{kg})$ جرم ملکولی و R ثابت جهانی گازها بر حسب kJ/kmolK است. $Q_{r,g-sky}$ انتقال حرارت تابشی از سطح شیشه به آسمان است.

$$Q_{r,g-sky} = \frac{\sigma(T_g^4 - T_{sky}^4)}{\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_{sky}} + 1} \quad (12)$$

ϵ ضریب نشر و σ ثابت استفان-بولتزمن بر حسب $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ است. T_{sky} از رابطه (۱۳) بدست می آید.

$$T_{sky} = T_a - 6 \quad (13)$$

نوع دیگری از انتقال حرارتی که اتفاق می افتد، انتقال حرارت جابجایی به محیط می باشد.

$$Q_{c,g-a} = h_{c,g-a} (T_g - T_a) \quad (14)$$

که در آن

$$H_{c,g-a} = 4.5 = 2.9 V_{wind} \quad (15)$$

V_{wind} سرعت باد پیرامون دستگاه است.

موازنه انرژی برای آب درون حوضچه

$$A_w m_w C_p \frac{dT_w}{dt} = A_w [T_2 H_s + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g} + Q_{evp,w-g} - Q_{c,b-w}] \quad (16)$$

T_2 کسری از انرژی می باشد که توسط آب جذب می شود، $Q_{c,b-w}$ حرارت منتقل شده از کف به آب می باشد که مشابه حالت قبل بدست می آید.

$$T_2 = (1 - R_g) (1 - \alpha_g) \alpha_w \quad (17)$$

$Q_{c,b-w}$ انتقال حرارت از کف به آب می باشد.

$$Q_{c,b-w} = h_{c,b-w} (T_b - T_w) \quad (18)$$

ضریب انتقال حرارت جابجایی کف به آب از رابطه (۱۹) بدست می آید.

$$\text{Nu} = \frac{h_{c,b-w} \times X}{k} = 0.54 (\text{Gr.Pr})^{1/4} \quad (19)$$

$$h_{c,b-w} = 0.54 \frac{k}{X} \left[\frac{X^3 p^2 g \beta (T_b - T_w)}{\mu^2} \times \frac{C_p \mu}{k} \right]^{1/4} \quad (20)$$

$Q_{r,w-g}$ ، انتقال حرارت تابشی بین سطح آب و پوشش شیشه ای می باشد، که به صورت رابطه (۲۱) تعریف می شود.

$$Q_{r,w-g} = \frac{\sigma(T_w^4 - T_g^4)}{\frac{1}{\varepsilon_w} + \frac{1}{\varepsilon_g} - 1} \quad (21)$$

موازنه انرژی برای کف حوضچه

$$A_b m_b C_{pb} \left(\frac{dT_b}{dt} \right) = A_b [T_3 H_s + Q_{c,b-w} + Q_{loss}] \quad (22)$$

Q_{loss} حرارت تلف شده از کف دستگاه به محیط و از آنجایی که جداره داخلی حوضچه سیستم منعکس کننده درونی داشته و کف حوضچه نیز عایق می باشد این اتلاف بسیار ناچیز و قابل صرف نظر کردن می باشد. و T_3 کسری از انرژی است که توسط کف سیاه حوضچه جذب می شود.

$$T_3 = (1 - R_g) (1 - \alpha_g) (1 - \alpha_w) \alpha_b \quad (23)$$

$$Q_{loss} = U_b (T_b - T_w) \quad (24)$$

بدلیل اینکه سیستم به گونه ای تعبیه شده که هوای درون دستگاه انرژی خود را به شیشه منتقل می کند، از نوشتن معادلات مربوط به هوای درون دستگاه صرف نظر شده است.

هدف از محاسبات فوق بدست آوردن میزان تولید دستگاه تقطیر کننده می باشد. M_w نرخ تولید آب شیرین است که از رابطه (۲۵) بدست می آید.

$$M_w = \frac{Q_{evp,w-g}}{L} \quad (25)$$

راندمان تقطیر کننده از رابطه (۲۶) محاسبه می شود.

$$\eta = \frac{Q_{evp}}{H_s} \quad (26)$$

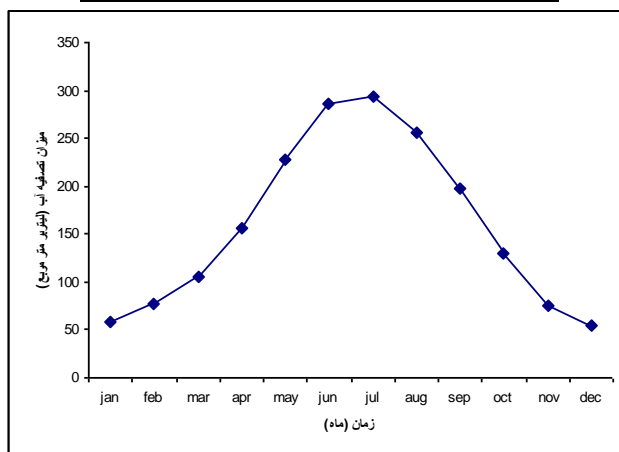
Q_{evp} کل گرمای تبخیر در یک روز و H_s نیز کل تشعشع دریافتی از خورشید می باشد. همانطور که مشخص است هرچه گرمای تبخیر نسبت به تشعشع خورشید بیشتر باشد، راندمان دستگاه بالاتر خواهد بود [۳].

بحث و نتیجه گیری

با توجه به داده های متوسط ماهانه برای ۱۲ ماه میلادی، مدل سازی صورت گرفت و نتایج آن در جدول (۲) ارائه گردید

جدول (۲) راندمان سیستم و میزان تصفیه آب در ماه های مختلف به ازاء هر متر مربع

ماه	میزان تولید آب شیرین (لیتر بر متر مربع)	راندمان
Jan	58.8	83.25
Feb	76.84	81.76
Mar	106.08	81.84
Apr	155.48	81.89
May	227.6	82.58
Jun	286.23	82.98
Jul	294.27	82.91
Aug	255.28	82.36
Sep	198.45	81.84
Oct	130.66	81.43
Nov	74.96	81.37
Dec	55.08	81.86



شکل (۲) نمودار میزان تصفیه آب در ماه های مختلف

همانطوری که در شکل نشان داده شده است بیشترین میزان تولید مربوط به ماه های Jun و Jul است که مربوط به ماه های گرم سال بوده که در این ماه ها شاهد بیشترین میزان دما و تعداد ساعات آفتابی و شدت تابش هستیم. راندمان سیستم در ماه های مختلف تفاوت اندکی داشته که دلیل این امر تفاوت در پارامترهای ورودی مدل از قبیل سرعت باد، میزان تابش و... می باشد. مثلاً با تفاوت میزان تابش، دمای تعادل بین قطعات و در نتیجه میزان جذب تغییر یافته و باعث تغییر در راندمان سیستم می شود.

بطور کلی با توجه به نتایج حاصل از مدلسازی می توان چنین نتیجه گرفت که پیش گرم کردن آب و پیش گرم کردن هوایی که باعث جابجایی اجباری در سیستم می شود و استفاده از سیستم منعکس کننده درونی باعث افزایش چشمگیر راندمان سیستم (بیش از ۸۰ درصد) گردیده است.

مراجع

- ۱- جعفر کاظمی، ف.، رحیمی، ب.، "استفاده از انرژی خورشیدی برای شیرین کردن آب"، همایش بین المللی شیرین سازی آب دریا، ۲۷ و ۲۸ بهمن ماه ۱۳۸۶، ص ۲۳.
- رئوفی راد، م.، "طراحی سیستم های خورشیدی ساختمان درایران"، انتشارات فدک ایساتیس، اسفند ۱۳۸۵، ص ۶۳.
- کیانی فر، ترحمی، ح.، شکیب، س. ا.، ابراهیم نیا بجستان، ا.، بقراطی، م.، "مطالعه تئوری و آزمایشگاهی یک آب شیرین کن خورشیدی با جابجایی اجباری"، یازدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، تهران، دانشگاه تربیت مدرس ۱۷ آذر ۱۳۸۵.
- 4- Abdenacer, P. K. and S. Nafila, *Impact of tempraur difference (water-solar collector) on solar still global efficiency*, *Desalination* **209** (2007), 298-305.
- 5- Azade, A., S. F. Ghaderi and A. Maghsoudi, *Location optimization of solar plants by an integrated hierarchical dea pca approach*, *energy policy* **36** (2008),
- 6- Blanco, J., Malato, S., Fernandez-Ibanez, P., Alarcon, D., Gernjak, W., Maldonado, M.I., "Review of feasible solar energy application to water processes", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2008)
- 7- Chaibi, M. T., An overview of solar desalination for domestic and agriculture water needs in remote areas, *Desalination* **127** (2000), 119-133.
- 8- Copeer, P. I., *Solar energy* **14** (1973), 451.
- 9- Delyannis, E., *Historic background of desalination and renewable energies solar energy* **75** (2003), 357-366.
- 10- El-Sebaili, A.A., Al-Ghamdi, A.A., Al-Hazmi, F. S., Adel, S. Faidah., "Thermal performance of a single basin solar still with PCM as a storage medium", *Applied Energy* **86** (2009) 1187-1195.
- 11- Gandhidasan, P., Abualhamayel, H.I., "A simple analysis of solar desalination of seawater", *Elsevier Science B.V. Amsterdam - Printed in The Netherlands*, 1994, 137-147.
- 12- Hikmaet, A. S, F. Egelioglu and U. Atikol, *An experimental study on an inclined solar water distillation system*, *Desalination* **180** (2005), 285-289.
- 13- khoshnoodi, M., *Heat transfer*.
- 14- Kumar, S. and G. N. Tiwari, *solar* **57** (1996), 459.
- 15- Maalej, A., *Desalination* **82** (1991), 207.
- 16- Mowla, D., and Karimi, G., "Mathematical Modeling of Solar Stills in Iran", *Solar Energy*, Vol. 55, No. 5, pp. 389-393, 1995.
- 17- Palacio, A. and J. L. Fernandez, *Solar energy* **1993** (1993), 469.
- 18- Rahim, N. H. A., *Utilisation of new technique to improve the efficiency of horizontal solar desalination still*, *Desalination* **138** (2001), 121-128. 3993-4004.
- 19 - Sadineni, S.B., Hurt, R., Halford, C.K., Boehm., R.F., " Theory and experimental investigation of a weir-type inclined solar still". *Energy*, 33(2008) 71-80.
- 20- Schwarzer, K., Vieria, M.E., Lehman, H., and Countinho, L., "Modular Solar Desalination System with Flat Plate Collector", RIO3-World Climate and Energy Event, Rio de Janeiro, Brazil, 1-5 December 2003.
- 21- Shukla, S.K., Soayan, V.P.S., "Thermal modeling of solar stills: an experimental validation" *Renewable Energy*, 30, 2005, 683-699.
- 22- Tiwari, G. N and H. P. Garag, *Studies on various designs of solar distillation systems, Solar & wind technology* **1** (1985), 161-165