تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال شانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹
Volume 16, No. 4, Winter 2021 (IR-WRR)
۳۰۱-۲۹۶

یادداشت فنی

بهبود عملکرد آب‌شیرین‌کن ساده خورشیدی با استفاده از ماسه: بررسی اثر ارتفاع نسبی آب داخل ماسه

رضا نامنی[۱]، ابوالفضل فرزی[۲*] و حمید اسداللهی یزدی[۳]

چکیده

امروزه به دلیل افزایش تقاضای آب و تجدیدناپذیری و آلایندگی انرژی‌های فسیلی، شیرین‌سازی خورشیدی آب‌های شور، به عنوان یک گزینه پایدار تأمین آب مطرح است. راندمان پایین آب‌شیرین‌کن‌های ساده خورشیدی، باعث شده است که بهبود عملکرد آنها یکی از زمینه‌های مورد تحقیق در سراسر جهان باشد. یکی از روشهای مورد استفاده در این زمینه استفاده از مواد ذخیره کننده انرژی مانند ماسه در داخل حوضچه آب‌شیرین‌کن است. در این تحقیق، اثر ارتفاع نسبی آب داخل ماسه بر عملکرد آب‌شیرین‌کن ساده خورشیدی مطالعه شده است. برای این منظور چهار دستگاه آب‌شیرین‌کن حوضچه‌ای خورشیدی در شرایط اقلیمی اسفراین، ایران (عرض جغرافیایی ۳۶٫۲۰ و طول جغرافیایی ۵۷٫۶۷) ساخته شد و اثر ارتفاع نسبی آب به ماسه و تأثیر مویینگی آب در داخل ماسه مطالعه گردید. ارتفاع ماسه داخل آب‌شیرین‌کن‌ها ۱۰ سانتیمتر و نسبت ارتفاع آب به ماسه در ۴ تیمار، ۱، ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها در ۴ روز در اواخر تیرماه و اوایل مرداد ماه سال ۱۳۹۹ هر روز به مدت ۱۶ ساعت انجام شد. نتایج حاکی از آن بود که آب‌شیرین‌کن حاوی ماسه، در حالت تماس کامل آب و ماسه (ارتفاع نسبی ۱)، عملکرد و بازده حرارتی بهتری نسبت به حالت‌های دیگر که سطح آب نسبت به ماسه پایین‌تر بوده، داشته است. بنابراین، به نظر می‌رسد قرار دادن ماسه در حوضچه آب‌شیرین‌کن خورشیدی و در تماس کامل با آب، می‌تواند گزینه مناسبی برای افزایش راندمان آن باشد.

کلمات کلیدی: شوری‌زدایی، آب شیرین کن خورشیدی، ماسه، ارتفاع نسبی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۶/۲۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۱۱/۷

۱- گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسفراین، اسفراین، ایران.
۲- گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسفراین، اسفراین، ایران.
۳- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسفراین، اسفراین، ایران.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۴۰۰ امکانپذیر است.

Technical Note

Improving the Performance of Simple Solar Still Using Sand: Assessing The Effect of Water Height Inside the Sand

R. Nameni[1], A. Farzi[2], and H. Asadollahi[3]*

Abstract

Nowadays, due to the increasing demand for water and the non-renewability and pollution of fossil fuels, solar desalination is encountered as a sustainable altervative for water supply. The low performance of simple solar stills has made them one of the most research fields in the world. The use of energy storage materials such as sand inside the water-desalination basin is amongst the methods for improving the efficiency. In this study, the effect of relative height of water in sand on the performance of a simple solar desalination plant has been studied. To this end, four solar stills were built in Esfarayen, Iran (latitude 36.20 and longitude 57.67) and the effect of relative height of water to sand and the capillary effect of water in sand were studied. The height of sand in the solar stills was 10 cm and the relative water to sand heights were considered 1, 0.75, 0.5 and 0.25. The experiments were performed for 4 days in late July 2020 for 16 hours every day. The results indicated that the sand containing solar still, in the state of full contact of water and sand (relative height=1), had the best productivity and thermal efficiency in comparison with the other cases that the water level was lower than sand surface. Therefore, it seems that placing sand in a solar desalination pond in full contact with water can be a good option to increase its efficiency.

Keywords: Desalination, Solar Still, Sand, Relative Height.

Received: September 11, 2020
Accepted: January 26, 2021

1- Department of Civil Engineering, Esfarayen Branch, Islamic Azad University, Esfarayen, Iran. Email: nameni_reza@ymail.com
2- Department of Civil Engineering, Esfarayen Branch, Islamic Azad University, Esfarayen, Iran. Email: farziabolfazl@yahoo.com
3- Department of Mechanical Engineering, Esfarayen Branch, Islamic Azad University, Esfarayen, Iran. Email: asadollahi@iauesf.ac.ir
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

امروزه شوری‌زدایی از آب‌های شور، به عنوان یکی از راه‌حل‌های پایدار برای تأمین آب در بسیاری از جوامع انسانی مطرح است. عمده تکنولوژی‌های رایج شوری‌زدایی، مصرف انرژی بالایی دارند که این انرژی عمدتا از سوخت‌هـای فسـیلی تأمین می‌شود که تجدیدناپذیر و همراه با اثرات نامطلوب محیط زیستی هستند (Manju and Sagar, 2017). آب شیرین‌کن‌های خورشیدی از مهم‌ترین واحدهای شیرین‌سازی با منابع تجدیدپذیر هستند که با توجه به بحران کم‌آبی در سراسر جهان، موضوع مورد علاقه بسیاری از محققان جهان قرار گرفته‌اند (Gorjian and Ghobadian, 2015). آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی در ابعاد و اشکال مختلفی ساخته شده‌اند. یکی از انواع آب‌شیرین‌کن خورشیدی، آب‌شیرین‌کن ساده حوضچه‌ای است. در این آب‌شیرین‌کن‌ها که از اولین انواع آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی، محسوب می‌شوند، آب شور در داخل یک مخزن جاذب حرارت خورشیدی قرار گرفته و تبخیر می‌شود و بخار آب بر روی دیواره مایل فوقانی، تقطیر شده و آب شیرین تولید می‌گردد. مشکل اصلی این آب‌شیرین‌کن‌ها راندمان نسبتا پایین آنها است. بنابراین عمده تحقیقات مربوط به این نوع از آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی عمدتاً بر روش‌های افزایش راندمان آنها تمرکز داشته‌اند.

در برخی از تحقیقات مربوط به بهبود عملکرد آب‌شیرین‌کن‌های ساده، به بررسی مواد ذخیره‌کننده گرما برای استفاده از گرمای ذخیره شده در آنها برای ساعات شب و غیرآفتابی، پرداخته‌اند. یکی از روش‌های مورد استفاده در این مورد، استفاده از ماسه به عنوان ذخیره‌کننده انرژی است. استفاده از یک مخزن ماسه‌ای ذخیره گرما در زیر حوضچه آب‌شیرین‌کن خورشیدی ساده توسط Tabrizi and Sharak (2010) مطالعه شده است. این مخزن حرارتی باعث افزایش ۷۵ درصدی عملکرد نسبت به حالت معمولی شد. Madhu et al. (2017) با استفاده از یک سیستم ذخیره انرژی ماسه‌ای به ۳۰ درصد بهبود در راندمان اگزرژی دست یافتند. Kabeel et al. (2018) نیز با استفاده از یک سیستم ذخیره انرژی حاوی ماسه ۱۸ درصد بهبود در تولید آب را گزارش کرده‌اند. همچنین، Dumka et al. (2019) با استفاده از کیسه‌های حاوی شن در داخل آب شیرین‌کن ساده به حدود ۳۰ درصد بهبود در عملکرد نسبت به حالت بدون کیسه ماسه‌ای دست یافتند.

بر خلاف تحقیقات فوق که استفاده از ماسه به عنوان ماده ذخیره‌کننده حرارت، جدا از آب شور، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، در برخی از تحقیقات، ماسه و یا مواد سنگی در تماس با آب مورد استفاده قرارگرفته است. Sellami et al. (2016) ماسه سیاه شده را در ترکیب با سیمان پرتلند به عنوان جاذب در کف حوضچه استفاده نموده‌اند. Mohamed et al. (2019) با استفاده از مواد سنگی بازالتی حدود ۳۲ درصد بهبود در بازده حرارتی را گزارش نموده و Gholizadeh and Farzi (2020)، با استفاده از ماسه به ۲۲ درصد بهبود در عملکرد دست یافته‌اند. این تحقیق، در ادامه تحقیق Gholizadeh and Farzi (2020) که دو تیمار حاوی ماسه و بدون ماسه را با یکدیگر مقایسه کرده‌اند، به بررسی اثر ارتفاع نسبی آب به ماسه و به عبارتی اثر مویینگی بر عملکرد آب‌شیرین‌کن حاوی ماسه، پرداخته است.

۲- مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق چهار دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی مطابق شماتیک شکل ۱ ساخته شد. بدنه حوضچه از جنس ورق کامپوزیت ساخته شد و پس از آب‌بندی، داخل حوضچه با رنگ سیاه مات رنگ‌آمیزی شد. زاویه پوشش شیشه‌ای متناسب با عرض جغرافیایی شهرستان اسفراین به اندازه ۳۶ درجه در نظر گرفته شد. شیشه مورد استفاده از نوع شیشه ساده به ضخامت ۴ میلیمتر بود. به منظور عایق‌بندی بیشتر بدنه دستگاه، از پشم شیشه استفاده شد. برای آب ورودی و آب خروجی دو شیر در بدنه و کف دستگاه ایجاد شد. آب تقطیر شده بر روی شیشه، توسط یک لوله با قطر ۳ سانتی‌متر و زاویه شیب ۲۰ درجه که در انتهای پایین شیشه تعبیه شده بود، جمع و به یک ظرف جمع‌آوری در بیرون دستگاه منتقل می‌گردید.

آزمایش‌ها در چهار تیمار مختلف انجام شد (شکل ۲). در همه تیمارها ارتفاع ماسه ۱۰ سانتیمتر درنظر گرفته شد. در تیمار اول به اندازه‌ای آب به ماسه افزوده شد تا سطح ماسه و آب بر هم منطبق گردند. به عبارتی ارتفاع نسبی آب به ماسه در تیمار اول ۱ درنظر گرفته شد. مقادیر آب و در نتیجه ارتفاع نسبی آب به ماسه در تیمارهای دوم تا چهارم به ترتیب ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تیمار اول درنظر گرفته شد. چهار دستگاه در حالت بسته (batch) مورد بهره‌برداری و آزمایش قرار گرفتند. غلظت آب شور مورد استفاده ۱۵ گرم بر لیتر بود که به طور مصنوعی با افزودن نمک دریا در آب شرب تهیه شد. مدول نرمی و ضریب یکنواختی ماسه مورد استفاده، به ترتیب ۲/۸۳ و ۴/۵ بود.

بعد از طراحی و ساخت چهار دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی، آزمایش‌ها طی چهار روز تابستانی در اواخر تیر و اوایل مرداد ۱۳۹۹ در شهرستان اسفراین، ایران (۵۷/۵۵۳۳ طول و ۳۶/۹۲۰۳ عرض جغرافیایی) از ساعت ۷ صبح تا ۲۲ شب انجام شد. دمای هوای محیط در محل انجام آزمایش با استفاده از دماسنج دیجیتال TMP-10 اندازه‌گیری شد. داده‌های مربوط به سرعت باد و میزان تابش خورشید

در روزهای آزمایش، از اداره هواشناسی اسفراین دریافت گردید. دمای شیشه و دمای آب داخل حوضچه توسط دماسنج‌های دیجیتال مدل TMP-10 اندازه‌گیری شد. دقت اندازه‌گیری این دماسنج‌ها ∓ 0.1 درجه سانتی‌گراد و دامنه دمای قابل اندازه‌گیری توسط آن‌ها ۵۰- تا ۱۱۰+ درجه سانتی‌گراد بود. حجم آب تولیدی توسط دستگاه نیز با فواصل یک ساعته در طول روز از ۷ صبح تا ۲۲ شب، با استفاده از لوله‌ی مدرج اندازه‌گیری شد. حجم آب تولیدی شبانه از ساعت ۲۲ تا ۷ صبح روز بعد نیز، در ساعت ۷ صبح روز بعد، به منظور بررسی ذخیره انرژی خورشید توسط ماسه و تولید آب شبانه، اندازه‌گیری شد. در طول آزمایش به منظور جبران آب تبخیر شده و حفظ سطح آب و ثابت ماندن ارتفاع نسبی، مقادیر آب شیرین تولیدی در هر ساعت، به داخل دستگاه بازگردانده می‌شد.

به منظور محاسبه و مقایسه بازده حرارتی چهار دستگاه، این پارامتر با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\eta_d = \frac{h_{fg} \times \sum m_{dss}}{t \times A \times \sum I} \qquad (۱)$$

که در آن m_{dss} جرم آب تقطیرشده بر حسب گرم، h_{fg} گرمای نهان تبخیر آب (۲۳۳۵ J/g)، I شدت تابش خورشیدی بر حسب $\frac{w}{m^2}$، t زمان بر حسب ثانیه و A مساحت سیستم بر حسب m^2 است.

۳- نتایج و بحث

آزمایش‌ها برای بررسی اثر ارتفاع نسبی آب به ماسه بر عملکرد آب‌شیرین‌کن ساده منفعل خورشیدی در ۴ روز تابستانی انجام شد. پارامترهای محیطی شامل سرعت بـــاد و شدت تابش خورشیدی، از ایستگاه هواشناسی اسفراین دریـافت شد و دمـــای محیط در محل آزمایش اندازه‌گیری شـــد. سرعت متوسط باد در این چهار روز بین ۱/۴ km/h تا ۴/۷ km/h نوسان داشته و دارای یک پیک در ساعت ۲۱ بوده است.

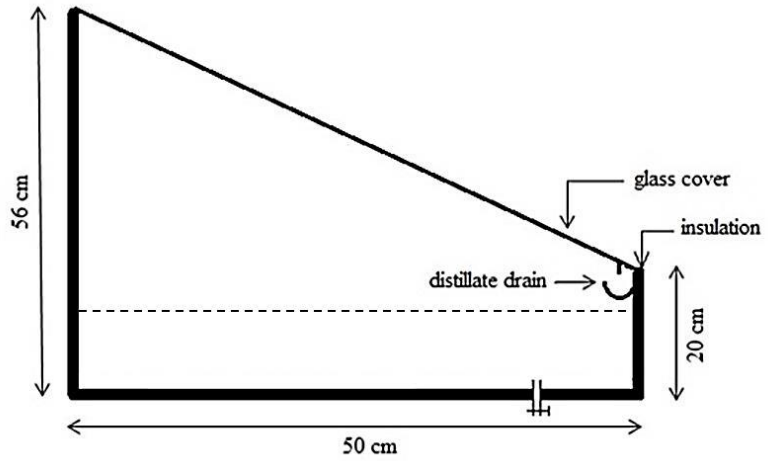

Fig. 1- Schematic of device dimensions
شکل ۱- طرح‌واره‌ای از ابعاد دستگاه

Relative height=0.25	Relative height=0.5	Relative height=0.75	Relative height=1

Fig. 2- Image of four solar stills used in the experiment
شکل ۲- تصویری از چهار آب‌شیرین‌کن مورد استفاده در آزمایش

حداکثر تابش خورشیدی در ساعت ۱۳ رخ داده و مقدار متوسط چهار روزه آن به میزان ۹۵۷/۵ وات بر متر مربع اندازه‌گیری شده است. دمای هوا نیز به طور متوسط روزانه در این چهار روز به ترتیب ۳۴/۸، ۳۴/۵، ۳۳/۳ و ۳۳/۶ درجه سانتیگراد بوده است. با توجه به وضعیت تابش، وزش باد و دمای محیط، به نظر می‌رسد در چهار روز آزمایش وضعیت آب و هوایی منطقه، از یک پایداری نسبی برخوردار بوده است.

علاوه بر اندازه‌گیری دمای محیط، دمای هوای داخل دستگاه و دمای آب شور در هر چهار تیمار اندازه‌گیری شد. دماهای حداقل (متوسط چهار روز) هوای داخل آب‌شیرین‌کن‌ها (دمای زیر شیشه)، در تیمارهای با ارتفاع نسبی ۱، ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ به ترتیب ۲۵/۱، ۲۶/۲، ۲۵/۶ و ۲۵/۴ و دماهای حداکثر برای این تیمارها به ترتیب ۷۸/۱، ۷۷/۷، ۸۱/۳ و ۷۹/۹ درجه سانتیگراد بوده است. در مورد هر چهار تیمار، بیشترین دمای زیر شیشه در ساعت ۱۶ رخ داده است. همچنین دماهای حداقل آب شور داخل آب‌شیرین‌کن‌ها، در چهار تیمار به ترتیب ۲۸/۶، ۲۷/۸، ۲۵/۱ و ۲۴/۶ و دماهای حداکثر برای این تیمارها به ترتیب ۵۷/۵، ۵۹/۳، ۶۲ و ۶۴,۴ درجه سانتیگراد بوده است. در مورد هر چهار تیمار، بیشترین دمای داخل آب بین ساعات ۱۶ تا ۱۹ رخ داده است. دماهای آب داخل چهار دستگاه مختلف نیز اختلاف قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهند. دمای آب نسبت به دمای زیر شیشه در طول روز پایین‌تر بوده و از ساعت ۱۹ به بعد و در ساعات شب، این امر برعکس شده و دمای آب از دمای زیر شیشه بیشتر شده است که به نظر می‌رسد به سرد شدن هوای محیط و ذخیره شدن انرژی گرمایی در آب و ماسه، مربوط باشد.

میزان تولید آب در هر ساعت در ساعات مختلف روز بین ساعت‌های ۷ تا ۲۲ و نیز در ساعت ۷ صبح روز بعد نیز اندازه‌گیری شد. طبق نمودار تجمعی آب تولیدی (شکل ۳)، میانگین آب تولید شده تجمعی در شبانه روز در مورد تیمارهای مربوط به ارتفاع‌های نسبی ۱، ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ به ترتیب ۹۲۷/۸، ۵۹۲/۳، ۴۹۳/۵ و ۳۶۴/۵ میلی‌لیتر بوده است. با تقسیم مقادیر کل آب تولیدی در شبانه روز بر مساحت آب‌شیرین‌کن‌های مورد استفاده (۰/۲۵ مترمربع)، عملکرد آب‌شیرین‌کن‌های حاوی ماسه، برای تیمارهای مختلف به ترتیب به میزان ۳۷۱۱، ۲۳۶۹، ۱۹۷۴ و ۱۴۵۸ میلی‌لیتر بر مترمربع در روز به دست آمد. بنابراین عملکرد آب‌شیرین‌کن‌های حاوی ماسه با سطوح مختلف آب، با یکدیگر متفاوت بوده و در مورد تیمار اول که سطح آب و ماسه منطبق بر یکدیگر بوده، به میزان معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بوده که سطح آب در آنها پایین‌تر از ماسه بوده است و با افزایش فاصله سطح آب از سطح ماسه، عملکرد کاهش یافته است. دلیل این امر را می‌توان به تابش مستقیم خورشید به سطح آب در تیمار اول و تفاوت گرماهای نهان آب و ماسه نسبت داد. در تیمارهای دوم تا چهارم آب بر اثر مویینگی بالا آمده و با افزایش فاصله سطح آب از سطح ماسه، میزان عمل این نیرو کاهش یافته و احتمالا به این دلیل میزان تبخیر آب کاهش یافته است.

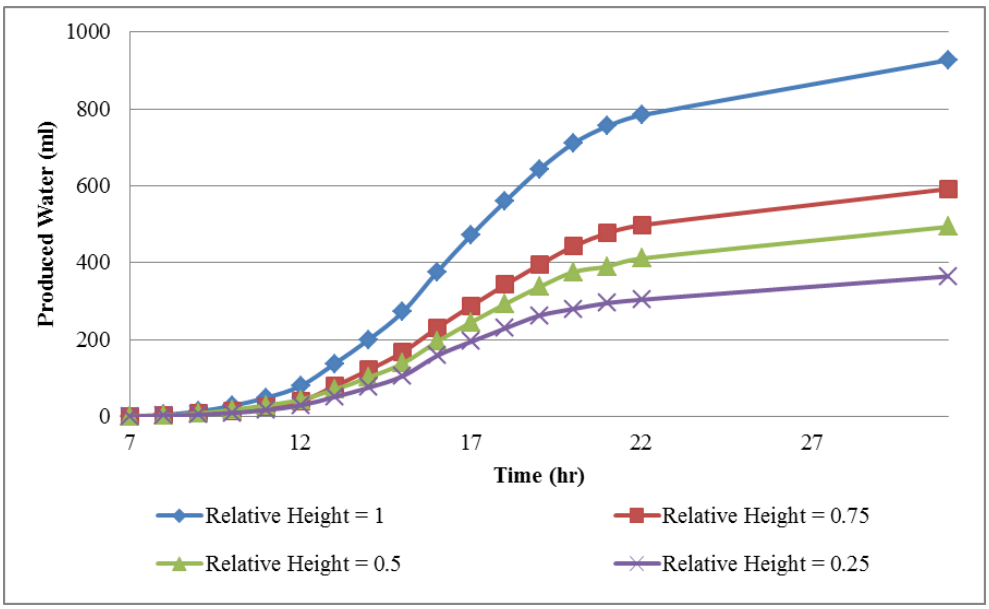

Fig. 3- Cumulative water production of four treatments

شکل ۳- میزان آب تولیدی تجمعی در چهار تیمار

نکته قابل توجه دیگر در مورد آب تولیدی توسط آب شیرین‌کن‌های مورد آزمایش در این تحقیق، تولید قابل توجه آب در شب است. زمان غروب خورشید در چهار روز انجام آزمایش حدود ساعت ۲۰ بوده است. با این حساب ساعات روز بین ساعت ۷ تا ۲۰ و ساعات شب بین ساعات ۲۰ تا ۷ صبح روز بعد درنظر گرفته شده است. در شکل ۴ مقادیر آب تولیدی در ساعات روز و ساعات شب و کل شبانه‌روز با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در این شکل قابل مشاهده است مقدار آب تولیدی در طول شب برای چهار تیمار به ترتیب، ۲۱۶/۸، ۱۴۹/۵، ۱۱۷/۸ و ۸۴/۸ میلی لیتر بوده که به ترتیب ۲۳/۴، ۲۵/۲، ۲۳/۹ و ۲۳/۲ درصد کل آب تولیدی در شبانه روز در این تیمارها بوده است. بنابراین، میزان آب تولیدی در شب در چهار تیمار مختلف حدود یک چهارم کل آب تولیدی در شبانه‌روز بوده که این امر قابلیت ماسه در ذخیره انرژی برای استفاده از آب‌شیرین‌کن در ساعات شب را نشان می‌دهد.

بازده حرارتی چهار تیمار نیز بر اساس انرژی خورشیدی دریافتی و آب تولیدی تجمعی در ساعات آزمایش محاسبه گردید. بازده حرارتی کل آب شیرین کن برای تیمار با ارتفاع نسبی ۱ مقدار ۳۱/۷ و بازده حرارتی کل آب‌شیرین‌کن برای تیمار با ارتفاع نسبی ۰/۷۵ مقدار ۲۰/۵ و بازده حرارتی کل آب‌شیرین‌کن برای تیمار با ارتفاع نسبی ۰/۵ مقدار ۱۷/۲ و بازده حرارتی کل آب‌شیرین‌کن برای تیمار با ارتفاع نسبی ۰/۲۵ مقدار ۱۲/۸ درصد بوده است. این نتایج اختلاف قابل ملاحظه‌ای را بین بازده حرارتی تیمار اول (ارتفاع نسبی ۱) با تیمارهای دیگر نشان می‌دهد. به طوری که بازده حرارتی این تیمار به میزان معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بوده و با افزایش فاصله سطح آب از سطح ماسه، بازده حرارتی کاهش یافته است. این مساله ممکن است به این واقعیت ربط داشته باشد که در مورد تیمار اول، حرارت ذخیره شده در ماسه به دلیل تماس کامل ماسه با آب به آب منتقل شده ولی در مورد تیمارهای دوم تا چهارم، بخشی از این گرما به دلیل عدم تماس کامل ماسه با آب به محیط منتقل شده و تلف گردیده است.

نتایج حاصل از این تحقیق در مقایسه با تحقیقات مشابه، به نظر می‌رسد وضعیت قابل قبولی داشته باشد. هرچند به دلیل اختلاف در شرایط ساخت دستگاه‌ها و نحوه عایق‌بندی آنها، تفاوت در نحوه استفاده از ماسه به عنوان ذخیره‌کننده انرژی و نیز تفاوت موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی منطقه آزمایش، مقایسه نتایج این تحقیقات شاید خیلی درست نباشد. با این حال این مقایسه نشان می‌دهد که استفاده از ماسه به عنوان ماده ذخیره انرژی در آب‌شیرین‌کن‌های ساده خورشیدی، در حالت تماس کامل آب و ماسه یعنی ارتفاع نسبی ۱، عملکرد و بازده حرارتی بهتری نسبت به حالت‌های عدم تماس (تحقیق‌های Tabrizi and Sharak (2010) و Dumka et al. (2019)) داشته است. دلیل این امر ممکن است به این دلیل باشد که در این تحقیق به علت تماس کامل آب با ماسه، بیشتر حرارت ذخیره شده در ماسه به اجبار به آب شور اطراف خود انتقال می‌یابد که در ارتباط با عملکرد آب‌شیرین‌کن خورشیدی، مسأله مطلوبی است ولی در تحقیقات مشابه که ماسه به عنوان محیط ذخیره‌کننده انرژی، در تماس با آب نیست، بخشی از حرارت ذخیره شده در ماسه به محیط پیرامونی غیر آب انتقال می‌یابد که از بعد راندمان دستگاه، مطلوب نیست.

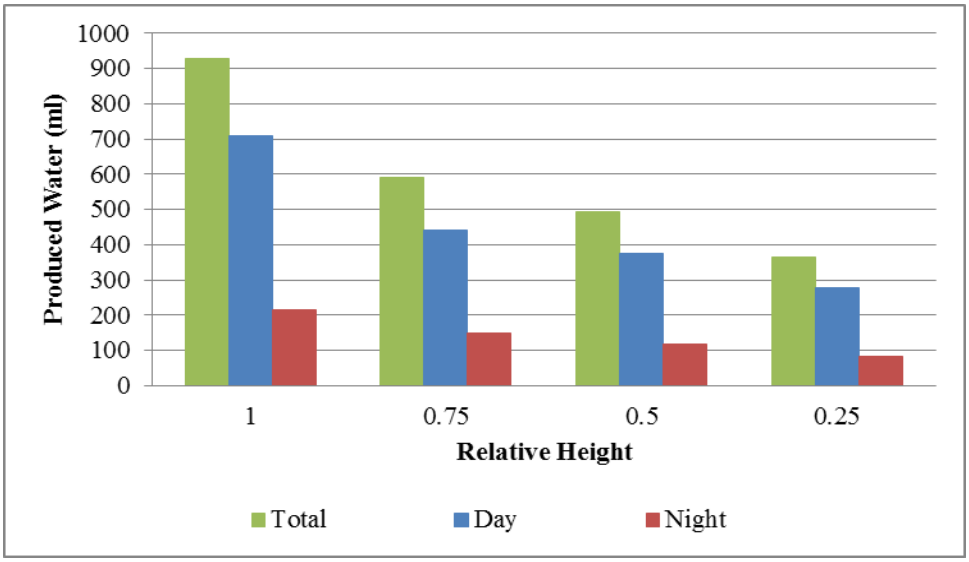

Fig. 4- Comparison of water production during day, night and whole day

شکل ۴- مقایسه مقادیر آب تولیدی در ساعات روز، شب و کل شبانه روز

۴- نتیجه‌گیری

بهبود عملکرد آب‌شیرین‌کن خورشیدی ساده با قرار دادن ماسه در حوضچه آن و بررسی تأثیر ارتفاع نسبی آب به ماسه، در این تحقیق به شیوه تجربی مورد مطالعه قرار گرفت. برای این کار چهار دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی، با ارتفاع‌های نسبی آب به ماسه ۱، ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از این کار، نشان داد که عملکرد و بازده حرارتی در حالت تماس کامل ماسه با آب نسبت به حالت‌هایی که تماس آب و ماسه به طور کامل نبوده و سطح آب از سطح ماسه پایین‌تر بوده، بیشتر بوده است. با این حال استفاده از ماسه در حوضچه آب‌شیرین‌کن، باعث ذخیره انرژی در ماسه شده به طوری که تولید آب شبانه در همه حالات حدود یک چهارم کل آب تولیدی در شبانه‌روز به دست آمد. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از ماسه در حوضچه آب‌شیرین‌کن خورشیدی ساده در حالت تماس کامل آب و ماسه، راه حلی ارزان و سهل‌الوصول برای بهبود عملکرد آن است.

۵- مراجع

Dumka P, Sharma A, Kushwah Y, Raghav A S, and Mishra D R (2019) Performance evaluation of single slope solar still augmented with sand-filled cotton bags. Journal of Energy Storage 25:100888

Gholizadeh M, Farzi A (2020) Performance improvement of the single slope solar still using sand. Journal of Solar Energy Research 5(4):560-567

Gorjian S and Ghobadian B (2015) Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 48:571-584

Kabeel A E, El-Agouz S A, Sathyamurthy R, and Arunkumar T (2018) Augmenting the productivity of solar still using jute cloth knitted with sand heat energy storage. Desalination 443:122-129

Madhu B, Balasubramanian E, Sathyamurthy R, Nagarajan P K, Mageshbabu D, Bharathwaaj R, and Manokar A M (2018) Exergy analysis of solar still with sand heat energy storage. Applied Solar Energy 54(3):173-177

Manju S and Sagar N (2017) Renewable energy integrated desalination: A sustainable solution to overcome future fresh-water scarcity in India. Renewable and Sustainable Energy Reviews 73:594-609

Mohamed A F, Hegazi A A, Sultan G I, and El-Said E M (2019) Enhancement of a solar still performance by inclusion the basalt stones as a porous sensible absorber: Experimental study and thermo-economic analysis. Solar Energy Materials and Solar Cells 200:109958

Sellami M H, Guemari S, Touahir R, and Loudiyi K (2016) Solar distillation using a blackened mixture of Portland cement and alluvial sand as a heat storage medium. Desalination 394:155-161

Tabrizi F F, and Sharak A Z (2010) Experimental study of an integrated basin solar still with a sandy heat reservoir. Desalination 253(1-3):195-199