



Gonbad Kavous University  
Journal of New Approaches in  
Water Engineering and Environment  
Volume 1, Issue 2

## **Investigation of the combined effect of mirror and insulation on the amount of water produced in the greenhouse by distillation irrigation**

**Zeynab Hamid<sup>1</sup>, Amir Soltani Mohammadi<sup>2\*</sup>, Saeed Boroomand Nasab<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Master student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

<sup>3</sup> Professor, Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

Received: 17.08.2022; Accepted: 21.11.2022

### **ABSTRACT**

One way to reuse saline water is to desalinate it with solar energy. The aim of this study is to investigate the combined effect of insulation parameters, mirrors as well as the amount of water added to tanks on the amount of water production in solar distillation systems. For this purpose, the present study in 2020 in four solar distillation systems, in two directions north - south and south - north, which is installed on the roof of the greenhouse distillation irrigation; It was performed in the Faculty of Water and Environmental Engineering of Shahid Chamran University of Ahvaz. The experiments were evaluated in two weeks under the conditions (presence of insulation and closed mirrors; presence of insulation and openness of mirrors; each case in one week). The water depth in the tanks was constant and two centimeters. The results showed that in the presence of ionolite insulation, the openness of the mirrors in the tanks with north-south cover slope caused a decrease in production by up to 10% and in tanks with south-north cover slope caused an increase in production by up to 26%. The openness of the mirrors in tanks with a slope of the north-south cover reduces the rate of evaporation and thus reduces the amount of water added by up to 8%; And in reservoirs with south-north cover slope caused a decrease of up to 2%. The optimal conditions for the experiments were if the mirrors were closed in the north-south direction and the mirrors were open in the south-north direction.

**KEYWORDS:** DISTILLATION IRRIGATION, WATER EXTRACTION, MIRROR, INSULATION, DESALINATION

---

\* Corresponding author, Email: a\_soltani60@yahoo.com



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست"  
دوره اول، شماره دوم

<http://Nawee.gonbad.ac.ir>

## بررسی اثر توأم آئینه و عایق و میزان آب شور اضافه شده به مخازن بر میزان آب تولیدی در گلخانه به روش آبیاری تقطیری

زینب حمید<sup>۱</sup>، امیر سلطانی محمدی<sup>۲\*</sup>، سعید برومند نسب<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

<sup>۳</sup> استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۱

### چکیده

یکی از راهکارهای استفاده مجدد از آب های شور، نمک زدایی آن ها توسط انرژی خورشیدی است. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی اثر توأم پارامترهای عایق، آئینه و همچنین میزان آب اضافه شده به مخازن بر میزان تولید آب در سیستم های تقطیرگر خورشیدی است. بدین منظور تحقیق حاضر در سال ۱۳۹۸ در چهار سیستم تقطیرگر خورشیدی، در دو جهت شمالی-جنوبی و جنوبی-شمالی که بر بام گلخانه آبیاری تقطیری نصب شده در دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. آزمایش ها در دو هفته تحت شرایط (وجود عایق و بسته بودن آئینه ها؛ وجود عایق و باز بودن آئینه ها؛ هر حالت در یک هفته) بررسی شدند. عمق آب در مخازن ثابت و دو سانتی متر بود. نتایج نشان داد، در صورت وجود عایق یونولیت باز بودن آئینه ها در مخازن با شیب پوشش شمالی-جنوبی سبب کاهش در تولید تا ۱۰ درصد و در مخازن با شیب پوشش جنوبی-شمالی سبب افزایش در تولید تا ۲۶ درصد شدند. باز بودن آئینه ها در مخازن با شیب پوشش شمالی-جنوبی سبب کاهش میزان تبخیر و در نتیجه کاهش میزان آب اضافه شده تا ۸ درصد؛ و در مخازن با شیب پوشش جنوبی-شمالی سبب کاهش تا ۲ درصد شد. شرایط بهینه برای انجام آزمایش ها در صورت وجود عایق بسته بودن آئینه ها در جهت شمالی-جنوبی و باز بودن آئینه ها در جهت جنوبی-شمالی بود.

کلمات کلیدی: آبیاری تقطیری؛ استحصال آب؛ آئینه؛ عایق؛ نمک زدایی

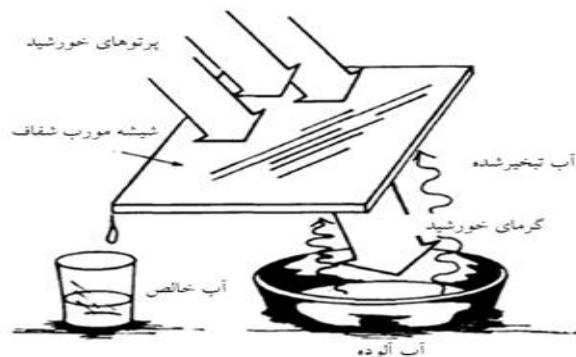
\*. نویسنده مسئول، Email: a\_soltani60@yahoo.com

## مقدمه

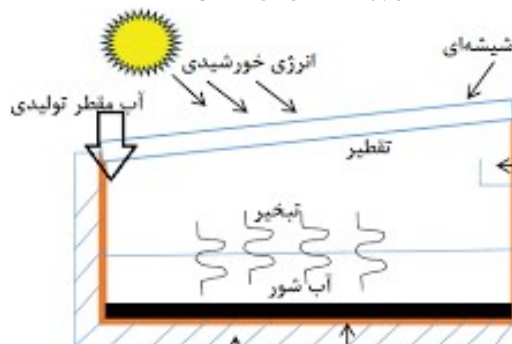
با افزایش جمعیت، مصرف آب در حال افزایش است که سبب کاهش شدید منابع آب شیرین به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌گردد. تصفیه آب‌های شور و نامتعارف، به‌عنوان یک راه‌حل در حال گسترش است. باوجود بحران نفت و سوخت‌های فسیلی، ابداع روش‌هایی جهت تأمین انرژی دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن معمولی، ضروری است. یکی از روش‌های مؤثر توسعه آب‌شیرین‌کن‌ها در مقیاس بزرگ، استفاده از انرژی خورشیدی است. تصفیه غیرمستقیم خورشیدی نیز معمولاً به‌وسیله ترکیب روش‌های نمک‌زدایی و تقطیر در مخازن آب‌شیرین‌کن صورت می‌پذیرد.

مفهوم پایه استفاده از انرژی خورشید برای تهیه آب شرب از آب‌شور، لب‌شور یا آلوده بسیار ساده است. آب آلوده در یک ظرف روباز تبخیر شده و به هوا می‌رود. هدف شیشه شفاف و یا پلاستیک نیمه شفاف برای اینکه به نور خورشید اجازه داده شود تا به سطح آب برسد با زاویه اندکی به‌صورت کج قرار می‌گیرد که به آب شیرین اجازه داده می‌شود در زیر آن به درون مجرا جمع کننده آب

از تقطیرکننده خورشیدی اسیر کردن این آب بخار شده توسط چگالش آن بر روی یک سطح سرد است. انرژی خورشیدی به فرایند تبخیر سرعت می‌بخشد. میزان تبخیر توسط افزایش درجه حرارت آب و سطح آب در تماس با هوا افزایش می‌یابد. یک تشتک کم‌عمق عریض که به رنگ سیاه درآمده است یک ظرف مناسب برای آب است. این ظرف رنگ‌شده باید برای مدتی در معرض آفتاب قرار گیرد تا سموم بخار شدنی که همراه آب بخار و چگالش شده از آن خارج شوند (شکل ۱). ظرف به رنگ سیاه (هر رنگ تیره دیگر) به‌منظور جذب بیشتر انرژی خورشید درمی‌آید و همچنین عریض و کم‌عمق است تا سطح آب در معرض هوا قرار گیرد. برای محصور کردن بخار آب و چگالش آن، نیاز به یک سطح بسته برای آب‌شور گرم است که چندین درجه سردتر از آب است. وسیله‌ای لازم است تا این آب شیرین را به مخزن ببرد. تشت تبخیر معمولاً به‌وسیله یک ورق، به‌صورت قطره‌ای وارد شود (شکل ۲). شیشه همچنین گرمای درون ظرف را نگه می‌دارد (شکل ۱). تمام این اجزا را ترکیب کرده است (McCluney, 1984).



شکل ۱- مفهوم پایه تقطیر خورشیدی آب (McCluney, 1984)



شکل ۲- طرح یک تقطیرکننده خورشیدی ساده

تحقیق نشان داد از آنجایی که پوشش جزئی تولید بالاتر و هزینه کمتر را دارد در نتیجه برای استحصال آب مناسب تر است (Saynesh et al., 2017) همچنین کابل و همکاران ، آزمایش ها را با عایق موجدار و مواد بازتابنده انجام دادند. نتایج نشان داد در صورت استفاده از عایق موجدار در عمق یک سانتی متر، افزایش بهره‌وری نسبت به شرایطی که عایق وجود ندارد نتیجه می‌شود (Kabeel et al., 2016).

طبق پژوهش‌های پیشین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آبیاری تقطیری عملکرد بالایی داشته است که ممکن است در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور ایران نیز از کارایی لازم برخوردار باشند. بنابراین باید پژوهش‌های منطقه‌ای به منظور بومی‌سازی این نوع فناوری صورت گیرد تا ضمن استفاده از آب‌های نامتعارف از آلودگی خاک و محیط‌زیست جلوگیری نموده و هزینه‌های ناشی از زهکشی کاهش یابد (Boroumand Nasab and Yousefi, 2016). به دلیل فراوان بودن انرژی خورشید و آب‌های سطحی شور و لب‌شور فراوان و باکیفیت پایین در خوزستان؛ این تحقیق در نظر دارد تا از انرژی خورشید برای نمک‌زدایی آب به منظور استحصال آب شیرین استفاده نموده و روش آبیاری تقطیری را در محیط گلخانه در شرایط آب‌وهوایی شهر اهواز در چهار مخزن مختلف در شرایط اعمالی متفاوت مورد مقایسه قرار دهد تا شرایط بهتر (با تولید آب بیشتر) را از بین شرایط بررسی شده، پیشنهاد دهد.

#### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر توأم عایق، آئینه و اثر میزان آب اضافه‌شده به مخازن بر استحصال آب شیرین در سیستم آبیاری تقطیری، در سال ۱۳۹۸ در گلخانه آبیاری تقطیری در دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. بدین منظور؛ چهار دستگاه تقطیرگر خورشیدی ساده (مخزن آب‌شور) که بر بام گلخانه تقطیری قرار داشتند، در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفتند.

جنس گلخانه آبیاری تقطیری شیشه و فلز در دیواره‌ها و برای پوشش بام در قسمت‌هایی که مخزن آب‌شور وجود نداشت از پلی کربنات سدیم استفاده شد. به دلیل انعطاف‌پذیری پلی کربنات سدیم، برای دسترسی به مخازن تقطیرگر برای اندازه‌گیری‌ها و همچنین استحصال آب

سیستم کار آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی بر مبنای فیزیک تبخیر و تقطیر طبیعی استوار است و به پدیده باران شباهت دارد. لذا تغییر pH در آب استحصالی آن رخ نمی‌دهد و آب تولیدی برای آشامیدن و پخت غذا بسیار مناسب است. دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن خورشیدی، بلافاصله بعد از نصب قابلیت بهره‌برداری دارند و از جمله مزایای مهم آن، تصفیه آب از موادی نظیر نمک‌ها، عوامل بیماری‌زا، میکرو ارگانیسم‌ها و غیره است. علاوه بر تولید آب خالص، عدم نیاز به منابع انرژی متداول، عدم نیاز به اپراتور متخصص برای راه‌اندازی و نگهداری، امکان‌پذیر بودن ساخت و تعمیر محلی، هزینه پایین، امکان تهیه آب شرب حتی از آب مقطر و آسیب نرساندن به محیط‌زیست، از دیگر مزایای دستگاه‌های تقطیرگر خورشیدی نسبت به سایر دستگاه‌ها به شمار می‌رود (Behzad Mehr et al., 2017).

تاکنون اثر پارامترهای اقلیمی و خصوصیات فیزیکی مخازن بر میزان آب استحصال یافته بررسی شده است. پوبلت و همکاران ، در تحقیقی یک سیستم تقطیرگر خورشیدی برای تبخیر و نمک‌زدایی طراحی نمودند و تأثیر چندین عامل مانند گرمایش حوضه، مواد پوشش (شیشه یا پلی کربنات)، وجود یک آئینه، وجود یک کف‌پوش سیاه‌رنگ (جاذب) و تأثیر آن‌ها در تبخیر نمک را بررسی کردند. نتایج نشان داد وجود یک آئینه و حوضه (مخزن آب‌شور) با دمای بالا مهم‌ترین عوامل در تولید آب هستند. مواد پوشش به‌عنوان عاملی است که دارای کمترین اثر است (Poblet et al., 2016). ماناکار و همکاران ، تحقیقی برای بررسی اثر عایق از جنس آکریلیک به‌عنوان پوشش چگالشی بر روی میزان تولید آب در سیستم خورشیدی هرمی شکل انجام دادند، نتایج نشان داد عایق‌کاری با افزایش دمای آب نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد. همچنین وجود عایق باعث بهبود عملکرد تقطیر روزانه از ۱۲ درصد به ۱۶ درصد نسبت به شرایط بدون عایق می‌شود (Manokaretal, 2020). ساینش و همکاران، مدلی برای تأیید و جمع‌آوری داده‌های تجربی ساختند و به دو روش مورد بررسی قرار دادند: حوضچه شیب‌دار که به‌طور کامل توسط عایق (پنبه) پوشیده شده بود، حوضچه شیب‌دار که تا حدی تحت پوشش عایق قرار گرفته بود. نتیجه این

مساحت کف مخزن‌های آب‌شور بام گلخانه یک مترمربع با طول و عرض مساوی یک متر و شیب سقف آن با افق ۳۷ درجه است، کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است (Behzad Mehr et al., 2017)، بنابراین انتخاب شیب ۳۷ درجه به دلیل قابلیت پیاده‌سازی، و متوسط بین مدار قرارگیری ایران است. به‌منظور جذب و تمرکز بیشتر پرتوهای خورشید از شیشه‌های سیاه‌رنگ در کف مخزن‌های بام استفاده شد و در پشت دستگاه تقطیرگر خورشیدی (مخزن‌ها) آینه تخت نصب گردید، (در پشت چهار مخزن مستقر در بام، هشت آینه - هر مخزن دو آینه - به‌صورت پنجره متحرک کار گذاشته شدند تا بتوان دما را درون مخزن در فصول مختلف سال کنترل نمود). به‌منظور سهولت فرآیند داده‌برداری و بررسی نتایج، مخازن چهارگانه شماره‌گذاری گردید که نحوه چیدمان آن‌ها نیز در (شکل ۳) ارائه شده است.

شیرین تولیدی، از آن استفاده شد. مساحت گلخانه ۱۶ مترمربع با طول و عرض چهار متر و ارتفاع آن از سطح بستر دو متر است (Boroumand and Yousefi, 2016). (Nasab به‌طور کلی چهار دستگاه تقطیرگر خورشیدی ساده (مخزن) به این گلخانه متصل شدند، تقطیرگرها در بام گلخانه نصب شدند. دو دستگاه از تقطیرگرهای بام با جهت شیب شمالی- جنوبی و دو دستگاه دیگر با جهت شیب جنوبی- شمالی (طبق تحقیقات گذشته برای تولید بیشتر آب شیرین، در عرض‌های جغرافیایی شمالی، پوشش (سطح شیب‌دار) تقطیرگرهای خورشیدی تک‌شیب رو به جنوب است (Abderachid and Abdenacer, 2013)؛ اما برای تحقیقات بیشتر در آینده توسط محققین دیگر باهدف بررسی تفاوت مقدار تولید آب شیرین بین تقطیرگرها با دو جهت شمالی- جنوبی و جنوبی- شمالی در تابستان و زمستان در شهر اهواز، دو دستگاه از تقطیرگرهای بام این گلخانه با جهت جنوبی- شمالی ساخته شدند).



شکل ۳- نمایی از دستگاه تقطیرگر خورشیدی (مخازن آب‌شور)

خورشیدی (مخازن)، مساحت یک مترمربع را به خود اختصاص می‌دادند، انتخاب این سطح مقطع به دلیل نزدیکی به شرایط طبیعی است تا نتیجه حاصله نزدیک به واقعیت باشد، سطح مقطع کوچک نتایج را از نتایج شرایط واقعی دور می‌سازد. جاذب پلی‌اتیلن به‌اندازه یک مربع به‌اندازه هر ضلع ۱۱۰ سانتی‌متر بریده و آماده شد. بعد از

جاذب پلی‌اتیلن مشکی با ضخامت یک سانتی‌متر به دلیل جذب انرژی خورشیدی استفاده شد. جاذب‌ها باید در کف مخازن قرار می‌گرفتند و آب‌شور بر روی آن‌ها قرار می‌گرفت؛ بدین منظور باید به‌گونه‌ای در کف مخازن قرار می‌گرفتند تا آبی از زیر آن‌ها خارج نشود و خطایی در محاسبات ایجاد نکند؛ از آنجایی که کف دستگاه تقطیرگر

آماده‌سازی، جاذب‌ها در کف مخازن قرار گرفتند. (۱۰) سانتی‌متر اضافه‌تر نسبت به مساحت کف مخازن سبب وجود مساحت اضافی شد، وجود لبه در جاذب‌های

آماده‌سازی، جاذب‌ها در کف مخازن قرار گرفتند. (۱۰) سانتی‌متر اضافه‌تر نسبت به مساحت کف مخازن سبب وجود مساحت اضافی شد، وجود لبه در جاذب‌های



شکل ۴- آماده‌سازی جاذب پلی‌اتیلن و قرارگیری در کف دستگاه تقطیر گر خورشیدی (مخازن)

نمک (NaCl) به آن‌ها اضافه شد تا به هدایت الکتریکی موردنظر برسند. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب نیز توسط هدایت سنج الکتریکی انجام شد (شکل ۵).

آب استفاده‌شده در این تحقیق حاوی دو هدایت الکتریکی متفاوت بود، بدین منظور آب با هدایت الکتریکی ۱۰ دسی زیمنس بر متر و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در دو مخزن ۶۰ لیتری تهیه شد؛ مخازن از آب شهر پر شدند و



شکل ۵- تولید و اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب

آوری آب تولیدی که درون مخزن قرار داشت، به سمت شیر خروجی مخزن هدایت می‌شد. حجم آب تولیدی که با باز نمودن شیر برداشت می‌شد، با استفاده از ظروف مدرج اندازه‌گیری می‌شد. (شکل ۶)، نمایی از استحصال آب تقطیری نمایش می‌دهد.

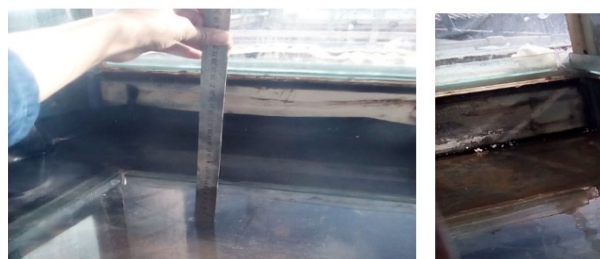
دریچه تعبیه‌شده روی وجوه مثلثی مخازن، امکان افزودن آب‌شور به مخزن و رساندن عمق آب به ۲ سانتی-متر را فراهم می‌نمود. سقف مخزن، نقش صفحه تقطیر را ایفا می‌کرد. آب شیرین تولیدشده به‌صورت روزانه در ساعت مشخصی استحصال می‌شد. این آب درون کانال‌های جمع-



شکل ۶- استحصال آب شیرین

آب‌شور کسر شده تا رسیدن عمق آب کف مخزن به مقدار ارتفاع موردنظر اضافه می‌شد. آب استحصال شده در ساعت ۹ که تقطیر در آن زمان به حداکثر مقدار خود رسیده و بعدازآن زمان به دلیل افزایش دما، میزان تبخیر از تقطیر بیشتر می‌شود، اندازه‌گیری شد.

ذکر این نکته لازم است که تزریق آب‌شور به مخازن ساعت ۸ صبح انجام می‌گرفت (شکل ۷). در طی روز به دلیل تأثیر عوامل اقلیمی و محیطی از قبیل دما، تابش خورشید، سرعت باد و رطوبت تبخیر روی می‌دهد؛ پس از ۲۴ ساعت، عمق قرائت می‌شد. در این مدت، سطح آب‌شور درون مخزن به دلیل تبخیر کاهش می‌یابد؛ بنابراین میزان



شکل ۷- اندازه‌گیری عمق آب و رساندن آب مخزن به حجم موردنظر

هدایت الکتریکی ۱۰ دسی زیمنس بر متر و مخازن سه و چهار حاوی هدایت الکتریکی ۲۰ دسی زیمنس بر متر بودند (جدول ۱)، حاوی اطلاعات متغیر مخازن و تاریخ‌های اندازه‌گیری است.

آزمایش‌ها در دو هفته انجام شد، در همه دستگاه‌های تقطیر خورشیدی (مخازن) عمق آب‌شور موجود در مخازن ۲ سانتی‌متر و کف مخازن جاذب پلی‌اتیلن مشکی با ضخامت یک سانتی‌متر «برای جذب بیشتر انرژی خورشیدی» قرار داشت، مخازن یک و دو حاوی آب با

جدول ۱- شرایط متغیر مخازن و بازه‌های اندازه‌گیری

مخازن	شرایط مخازن	تاریخ
هفته‌ها		
هفته اول	آیینیه‌ها بسته بودند؛ وجود عایق	بازه اندازه‌گیری (۹۸/۶/۲۲ تا ۹۸/۶/۲۸)
هفته دوم	آیینیه‌ها باز بودند؛ وجود عایق	بازه اندازه‌گیری (۱۳۹۸/۶/۲۹ تا ۱۳۹۸/۷/۴)



(شکل ۸)، شرایط مخازن در حالات مختلف بررسی را

نشان می‌دهد.



شکل ۸- نمایی از مخازن در حالات مختلف: (الف)، بسته بودن آئینه و وجود عایق؛ (ب)، باز بودن آئینه‌ها و وجود عایق

### نتایج و بحث

تحقیق حاضر در دو هفته (دوره) انجام شد، در هر دوره شرایط مختلف اعمال و بررسی‌ها انجام گرفت؛ از آنجاکه هدف بررسی شرایط اعمالی روی دستگاه‌های تقطیر خورشیدی و استحصال بهترین نتیجه بود، بنابراین عوامل محیطی در هر دوره با دوره بعد باید یکسان باشند تا بتوان از تأثیر آن‌ها صرف‌نظر کرد و تحلیل‌های موردنظر را انجام داد؛ در ابتدا تغییرات دما و رطوبت نسبی، بارندگی و سرعت باد در هر هفته بررسی شد (جدول ۲)؛ تغییرات پارامترهای هواشناسی را در طی بازه اندازه‌گیری نشان می‌دهد.

مقایسه میزان آب تولیدشده ناشی از عملکرد تقطیرگرهای خورشیدی در صورت وجود جاذب پلی‌اتیلن در حالت باز و بسته بودن آئینه‌ها؛ و همچنین میزان آب اضافه‌شده به مخازن در هر یک از شرایط بررسی‌شده، بر مبنای محاسبه تولید آب در هر هفته (درصد) نسبت به کل آب تولیدی در طی بازه اندازه‌گیری صورت گرفت. بدین منظور، ابتدا حجم کل آب شیرین هر مخزن در یک هفته اندازه‌گیری در هر یک از شرایط از مجموع احجام روزانه به دست آمد سپس کل آب تولیدی در طی انجام آزمایش از هر مخزن محاسبه شد و درصد آب تولیدی در هفته محاسبه گردید و سپس با شرایط موردنظر مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۲- تغییرات پارامترهای هواشناسی در طی اندازه‌گیری‌ها

پارامترهای هواشناسی	دمای متوسط (°C)	متوسط سرعت باد (km/h)	درصد رطوبت متوسط	بارندگی (mm)
زمان				
هفته اول	بازه تغییرات (۳۳/۴ تا ۳۷/۳)	بازه تغییرات (۴/۳ تا ۱۰/۴)	بازه تغییرات (۱۴ تا ۲۳)	بارندگی نبود
هفته دوم	بازه تغییرات (۳۰/۹ تا ۳۷/۳)	بازه تغییرات (۷/۳ تا ۸/۳)	بازه تغییرات (۱۷ تا ۲۵)	بارندگی نبود

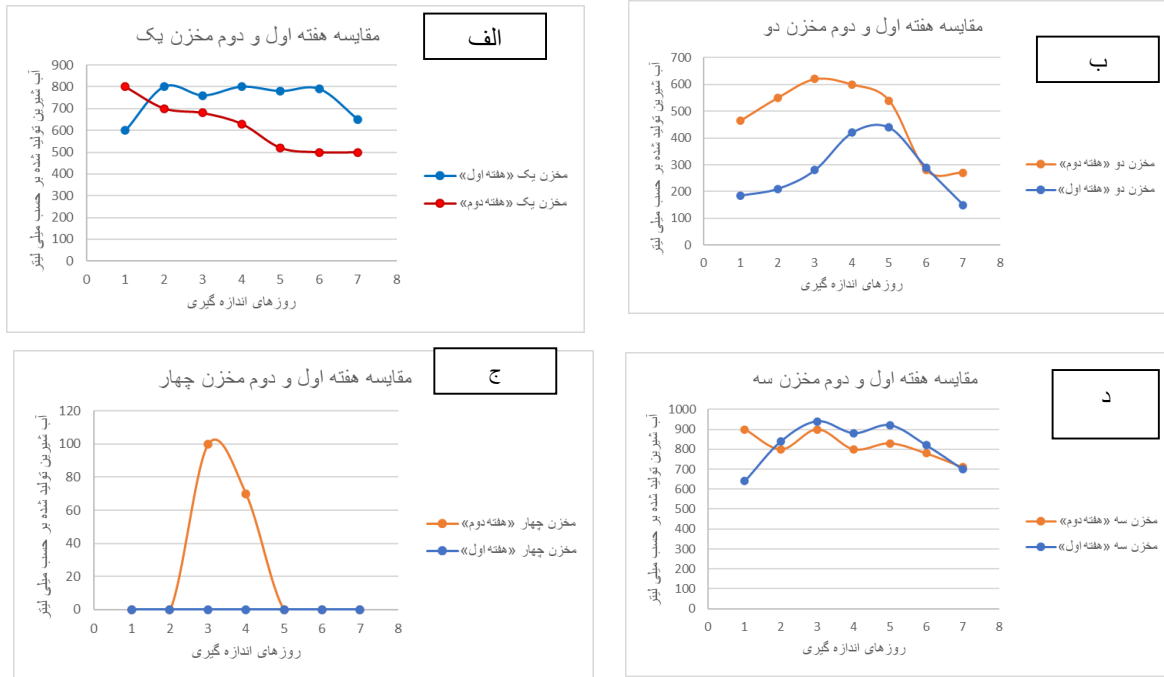
آب تولیدی را با توجه به شرایط اعمال‌شده بر روی دستگاه‌های تقطیرگر خورشیدی بررسی کرد.

در (شکل ۹)، مجموع آب تولیدی مخازن در شرایط اعمال‌شده ثابت در طول آزمایش: عمق آب‌شور موجود در مخازن ۲ سانتی‌متر و کف مخازن جاذب پلی‌اتیلن مشکی با ضخامت یک سانتی‌متر «برای جذب بیشتر انرژی خورشیدی» قرار داشت، مخازن یک و دو حاوی آب‌شور با هدایت الکتریکی ۱۰ دسی زیمنس بر متر و مخازن سه و

بررسی‌های انجام‌شده نشان داد که شرایط دمایی، سرعت باد، رطوبت، بارندگی در هر هفته مشابه هم بوده و می‌توان شرایط اقلیمی را از تحلیل‌ها حذف نمود و بررسی میزان آب تولیدی را با توجه به شرایط اعمال‌شده بر روی دستگاه‌های تقطیر خورشیدی بررسی کرد. همچنین درصد اختلاف بین شرایط اقلیمی در بین هفته‌ها زیاد نبود و می‌توان برای مقایسه شرایط اعمال‌شده بر روی مخازن شرایط محیطی را از تحلیل‌ها حذف نمود و بررسی میزان



چهار حاوی هدایت الکتریکی ۲۰ دسی زیمنس بر متر بودند و شرایط متغیری که در (جدول ۱)، ذکر شد، استحصال و مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۹- میزان تولید آب در مخازن در مقایسه بین دو هفته: (الف)، مخزن شماره یک؛ (ب)، مخزن شماره دو؛ (ج)، مخزن شماره سه؛ (د)، مخزن شماره چهارم

سقف جنوبی - شمالی در صورت وجود عایق، باز بودن آیینها است. مخازن سه و چهار در طول ساعات اندازه‌گیری زمان بیشتری در سایه قرار داشتند و از ساعت ۱۱:۳۰ تابش آفتاب کاملاً بر آنها قرار می‌گرفت، ولی مخزن شماره یک و دو بیشتر ساعات در آفتاب قرار دارند و از ساعت ۱۱:۳۰ در سایه قرار می‌گرفتند، به همین دلیل در مخزن شماره سه فرصت تقطیر نسبت به مخزن شماره یک بیشتر است. در مخزن شماره یک عملیات تبخیر از تقطیر نسبت به مخزن شماره سه بیشتر بود؛ و در اکثر ساعات قطرات آب بر روی شیشه‌ها حاصل از تبخیر مشاهده شد ولی به دلیل تابش بیشتر آفتاب نسبت به مخزن شماره سه قبل از تقطیر، قطرات مجدد وارد چرخه تبخیر می‌شدند. از هفته دوم اندازه‌گیری تولید آب در مخزن شماره چهار مشاهده شد که تأکیدی برای بهبود شرایط برای تولید

در جدول ۴، تولید آب در هر هفته (درصد) نسبت به کل آب تولیدی در طی بازه اندازه‌گیری مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج حاصله؛ مخازن با شیب پوشش سقف شمالی - جنوبی در صورت وجود عایق، در شرایطی که آیینه بسته باشد بیشترین تولید را دارند، بسته بودن آیینه در این مخازن که در جهت تابش آفتاب قرار دارند سبب می‌شود که انرژی خورشیدی که توسط آیینه دریافت می‌شود درون سیستم (مخزن) منعکس گردد و سبب افزایش دمای درون مخزن می‌گردد، افزایش دمای مخزن منجر به افزایش دمای آب، دمای شیشه‌ها و... می‌گردد ولی در مخازن با شیب پوشش سقف جنوبی - شمالی به دلیل قرارگیری مخازن در جهت عکس تابش آفتاب، بسته بودن آیینها مانع دریافت بیشتر انرژی خورشیدی می‌شوند، در نتیجه تولید کاهش می‌یابد. بهترین حالت برای مخازن با شیب پوشش

بیشتر آب در صورتی که آیینیه باز باشد در جهت جنوبی -  
شمالی است. در (جدول ۳)، میزان کل آب تولیدی در طی

جدول ۳- میزان کل آب تولیدی در طی اندازه گیری

مخزن شماره یک	مخزن شماره دو	مخزن شماره سه	مخزن شماره چهار	مخازن
۹۶۰۱	۵۳۰۰	۱۱۴۶۰	۱۷۰	جمع آب استحصالی در طول دوره اندازه گیری (میلی لیتر)

جدول ۴- تولید آب در هر هفته (درصد) نسبت به کل آب تولیدی در طی اندازه گیری

مخزن شماره یک	مخزن شماره دو	مخزن شماره سه	مخزن شماره چهار	مخازن هفته ها
۵۴/۸۹	۳۷/۲۶	۵۰/۰۸	۰	هفته اول
۴۵/۱۰	۶۲/۷۳	۴۹/۹۱	۱۰۰	هفته دوم

همان گونه که بیان شد، عمق آب شور موجود در مخازن باید ثابت می ماند؛ برای این کار روزانه به اندازه آب تبخیر شده آب با هدایت الکتریکی مشخص به سیستم اضافه می شد. از اهداف دیگر مقاله بررسی میزان آب تبخیر شده

در هر دوره و بررسی عوامل مؤثر بر آن است. (جدول ۵)، نمایان گر میزان آب اضافه شده به مخازن (لیتر) در هر دوره از اندازه گیری ها است.

جدول ۵- میزان آب اضافه شده به مخازن (لیتر) در هر دوره از اندازه گیری ها

مخازن	مخزن شماره یک	مخزن شماره دو	مخزن شماره سه	مخزن شماره چهار	
پارامترها	کل آب اضافه شده	کل آب اضافه شده	کل آب اضافه شده	کل آب اضافه شده	میانگین
هفته اول	۱۹	۲	۱۴	۲۷/۵	۳
هفته دوم	۱۵	۲	۱۲	۱۹	۲

همان گونه که در (جدول ۵)، مشاهده می شود؛ در صورت وجود عایق یونولیت، باز شدن آیینیه ها سبب کاهش در میزان تبخیر و در نتیجه کاهش در میزان آب اضافه شده به مخازن شد. کاهش میزان تبخیر در مخازن با شیب پوشش سقف شمالی - جنوبی نسبت به مخازن با شیب پوشش سقف جنوبی - شمالی بیشتر بود. همان گونه که در جدول چهار مشاهده شد؛ باز شدن آیینیه ها سبب افزایش در میزان تولید آب در مخازن با شیب پوشش سقف جنوبی - شمالی شدند؛ ولی مشاهده شد که میزان آب اضافه شده نسبت به زمانی که آیینیه ها بسته بودن کمتر شد. در نتیجه می توان گفت که الزاماً تبخیر بیشتر نتیجه تولید بیشتر نیست، زیرا تبخیر آب درون مخزن زمانی که شرایط مساعد

باشد تقطیر شده و به آب شیرین تبدیل می گردد؛ همچنین رابطه بین تبخیر و تولید رابطه مستقیم مطلق نبوده و عوامل دیگری در این پدیده تبخیر بیشتر درون مخزن دخیل بوده اند؛ زیرا مشاهده شد که در هفته دوم اندازه گیری ها میزان تولید در مخازن با شیب پوشش سقف جنوبی - شمالی نسبت به هفته اول اندازه گیری ها بیشتر شد ولی میزان تبخیر آب و در نتیجه میزان آب اضافه شده به مخازن نسبت به هفته اول کمتر بود. با توجه به تحلیل های صورت گرفته در این بخش، می توان گفت عوامل زیادی بر روی میزان آب اضافه شده به مخازن دخیل است از جمله این عوامل می توان به شرایط هر مخزن در هر هفته، شرایط اقلیمی، میزان تبخیر، میزان آب تولیدی و...

اشاره کرد؛ که هرکدام از این موارد به نحوی بر روی میزان آب اضافه‌شده به مخزن یا درواقع میزان آب تبخیر شده تأثیر می‌گذارد. این عوامل به‌هم‌پیوسته هستند و نمی‌توان بررسی‌شده با تحقیقات گذشته مشاهده می‌شود.

جدول ۶- مقایسه اثر پارامترهای بررسی‌شده با تحقیقات گذشته

شرایط تحقیقات محققین	سال بررسی	نوع پارامتر موردبررسی	اثر پارامترها
ماناکار و همکاران	۲۰۲۰	عایق از جنس اکریلیک	افزایش تولید آب
ساینش و همکاران	۲۰۱۷	عایق‌های پنبه به‌صورت جزئی و کامل	عایق جزئی تولید بیشتر داشت
پوبلت و همکاران	۲۰۱۶	آئینه	وجود آئینه سبب افزایش تولید آب شد
کابل و همکاران	۲۰۱۶	عایق موجدار	سبب افزایش تولید نسبت به عدم وجود عایق عملکرد آئینه با توجه به جهت قرارگیری مخازن متفاوت بود و در هر جهت نتیجه مختلفی برداشت شد
تحقیق حاضر	۱۳۹۸	آئینه در صورت وجود عایق یونولیت با ضخامت پنج سانتی‌متر	وابسته به شرایط مختلف پیاده شده بود و عوامل متفاوتی در این زمینه تأثیرگذار بودند
تحقیق حاضر	۱۳۹۸	میزان آب اضافه‌شده	

۲- باز بودن آئینه‌ها در مخازن با شیب پوشش شمالی - جنوبی سبب کاهش میزان تبخیر و درنتیجه کاهش میزان آب اضافه‌شده تا ۸ درصد ؛ و در مخازن با شیب پوشش جنوبی - شمالی سبب کاهش میزان تبخیر تا ۲ درصد شد. ۳- نتایج نشان داد میزان آب تبخیر شده در مخازن رابطه مستقیم و یک‌جانبه با میزان تولید آب ندارد بلکه عوامل مختلفی ازجمله شرایط آب‌وهوایی؛ شرایط اعمال‌شده بر روی مخازن، محل قرارگیری مخازن (جهت مخازن) و... بر میزان تبخیر آب اثر می‌گذارد که این عوامل به‌هم‌پیوسته هستند و بررسی هر عامل به‌تنهایی کاری دشوار است، همچنین لزوماً همه آب تبخیر شده در هرروز تقطیر نمی‌گردد و به آب شیرین تبدیل نمی‌شود.

در صورت وجود عایق یونولیت باز بودن آئینه‌ها در مخازن با پوشش سقف جنوبی - شمالی از شرایط بهینه برای تولید آب به شمار رفت درحالی‌که بسته بودن آئینه‌ها در مخازن با شیب پوشش سقف شمالی - جنوبی جزء شرایط بهینه برای افزایش در تولید بود.

#### قدردانی

بدین‌وسیله نگارنده این مقاله از دانشگاه شهید چمران اهواز به‌منظور فراهم آوردن امکانات و منابع مالی جهت انجام تحقیق حاضر، سپاسگزاری می‌نماید.

با توجه به (جدول ۶)، وجود عایق در گلخانه موردبررسی برخلاف تحقیقات گذشته سبب کاهش در میزان تولید آب شد؛ زیرا ضخامت عایق یونولیت استفاده‌شده زیاد بود و سبب کاهش میزان انرژی خورشیدی دریافت شده در مخازن گردید و همین عامل سبب کاهش در میزان تولید آب شد. وجود آئینه همانند تحقیقات گذشته سبب افزایش در میزان تولید شد، لازم به ذکر است که عملکرد آئینه در جهات مختلف متفاوت بود؛ تفاوت در عملکرد آئینه به دلیل جهت تابش آفتاب بود، در مخازنی که در جهت عکس تابش آفتاب قرار داشتند (مخازن جنوبی - شمالی) باز بودن آئینه‌ها به دلیل جذب انرژی خورشیدی بیشتر، تولید بیشتری داشت.

#### نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر باهدف بررسی اثر آئینه در صورت وجود عایق و میزان آب تبخیر شده از مخازن بر میزان آب تولیدی در گلخانه به روش آبیاری تقطیری با دو مقدار هدایت الکتریکی ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، انجام شد. نتایج با توجه به شرایط گلخانه موردبررسی نشان داد:

۱- در صورت وجود عایق یونولیت باز بودن آئینه‌ها در مخازن با شیب پوشش شمالی - جنوبی سبب کاهش در تولید تا ۱۰ درصد و در مخازن با شیب پوشش جنوبی - شمالی سبب افزایش در تولید تا ۲۶ درصد شدند.

## منابع

- Behzad Mehr A., Farsad S., Akati V. 2017. Solar water sweeteners, Ava Ghalam Publications. 135 pages. (in Persian).
- Kabeel A.E., Omara Z.M., Essa F. A., Abdullah A.S. 2016. Solar still with condenser—A detailed review. Elsevier. Renewable and Sustainable Energy Reviews .59839 - 857
- Manokar M.A., Taamneh Y.A., Mabel A.E., Winston P.R., Vijayabala P . 2020. Effect of water depth and insulation on the productivity of an acrylic pyramid solar still – An experimental study, Groundwater for Sustainable Development.
- Poblet R., Ghirlando R., Abela S. 2016. The use of a solar chimney and condensers to enhance the productivity of a solar still. Desalination and Water Treatment .57(48–49) 23024–23037.
- Saynesh S.W., Wu G., Peng L., Essa F. A., Kabeel A. E., Yang N. 2017. The effects of flake graphite nanoparticles, phase change material, and film cooling on the solar still performance. Applied Energy Journal, 191: 358-366.
- Boroumand Nasab S., Yousefi b. 2016. Condensation irrigation of solar system in drinking water production and irrigation, Shahid Chamran University of Ahvaz Publications. First Edition. (in Persian).
- Abderachid T., Abdenacer K. 2013. Effect of orientation on the performance of a symmetric solar still with a double effect solar still (comparison study). Desalination Journal, 329 68-77.
- W.R. McCluney. 1984. Solar Distillation of Water. FSEC-EN-3-80.4 pages.