

بررسی تجربی شوری و دما در یک استخر خورشیدی گرادیان نمکی

سید احمد مرتضوی باباحیدری^۱، رحیم ابراهیمی^{۲*} و علی ملکی^۳

چکیده

انرژی‌های تجدیدپذیر به علت عدم آلودگی محیط‌زیست، یک جایگزین اصلی برای سوخت‌های فسیلی در نظر گرفته می‌شوند. در بین انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشید یکی از انرژی‌هایی است که می‌تواند انرژی مورد نیاز ما را تأمین نماید. استخر خورشیدی گرادیان نمکی یک روش مؤثر برای جمع و ذخیره پرتوهای خورشید است که می‌تواند یک جایگزین جذاب نسبت به سیستم‌های فتوولتایی برای استفاده در ابزارهایی که با اختلاف دمای پایین کار می‌کنند باشد. این نوع از استخرها با مخلوطی از آب و نمک پر شده و تشکیل سه لایه در استخر، لایه جابجایی فوقانی، لایه بدون جابجایی و لایه جابجایی پایینی را می‌دهد. در این پژوهش، یک مجموعه آزمایشگاهی برای مشاهده رفتار استخر خورشیدی گرادیان نمکی، در شهرکرد ساخته شد. پارامترهایی همچون مقدار دما و شوری در آب استخر خورشیدی، به عنوان بخشی از نگهداشت و پایایی استخر اندازه‌گیری شدند. به طور قابل توجه، نتایج نشان از وجود سه لایه در استخر را می‌داد. بیشینه دمای $31/4$ درجه سلسیوس در استخر خورشیدی ساخته شده به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: انرژی خورشیدی، دما، ذخیره انرژی، شهرکرد.

ارجاع: مرتضوی باباحیدری س. ا. ابراهیمی ر. و ملکی ع. ۱۴۰۱. بررسی تجربی شوری و دما در یک استخر خورشیدی گرادیان نمکی. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۳: ۳۹-۳۳. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2022.10143.560>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲- استادگروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳- دانشیارگروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* نویسنده مسئول: Rahim.Ebrahimi@gmail.com

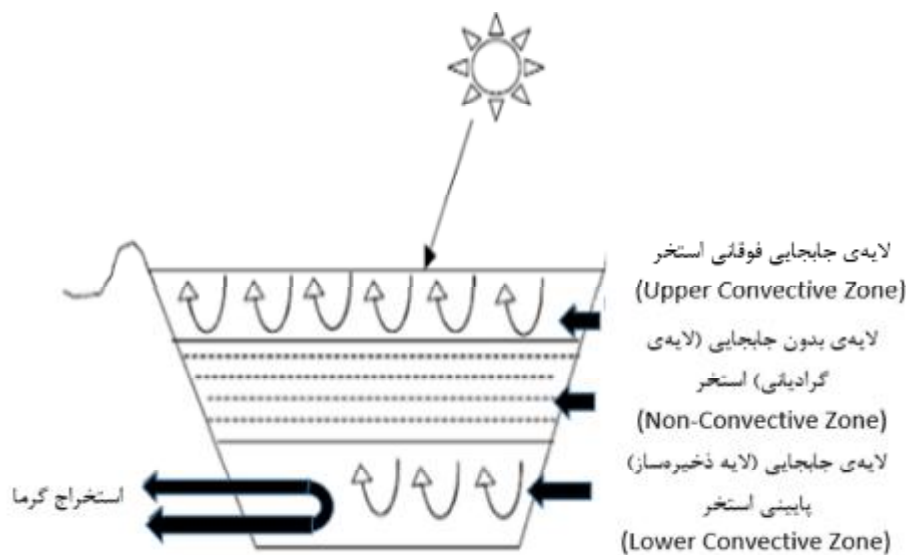
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱

مقدمه

یکی از منابع تأمین‌کننده انرژی در کشورهای صنعتی مبدل گردند (Rghif *et al.*, 2021; Chakrabarty *et al.*, 2020; Khalilian, 2017).

شکل ۱ شماتیکی از گرادیان نمکی استخر خورشیدی را نشان می‌دهد. این استخر خورشیدی به سه لایه متفاوت تقسیم‌بندی شده است. لایه فوقانی دارای عمق کمی است و ضخامت آن معمولاً از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز نمی‌نماید و به نام لایه فوقانی جابجایی مشخص می‌شود. شوری این لایه، یکنواخت و نزدیک به آب شیرین است و از شوری آب دریا تجاوز نمی‌کند؛ کمترین دما را در بین لایه‌های استخر دارد و معمولاً دمای آن نزدیک به دمای محیط است. این لایه از تبخیر لایه زیرین (لایه‌ی گرادیان) جلوگیری کرده و مانع از اثرات باد، ناخالصی، آلودگی و سایر عوامل خارجی به لایه‌های داخلی استخر می‌شود (Hussam *et al.*, 2007).

انرژی خورشیدی وسیع‌ترین منبع انرژی پاک در جهان است و در اکثر مناطق قابل دسترسی است. البته باید توجه داشت که انرژی خورشید از جمله انرژی‌های رقیق و متناوب است که برای استفاده نیاز به جمع‌آوری دارد. یک نمونه از جمع‌کننده‌های انرژی خورشیدی، استخرهای خورشیدی است که انرژی خورشید را توسط آب‌شور جمع‌آوری و ذخیره می‌کنند. رایج‌ترین نوع استخرهای خورشیدی، استخرهای گرادیان نمکی هستند که از یک لایه گرادیان برای جلوگیری از هدر رفت انرژی استفاده می‌کنند. استخر خورشیدی یکی از آسان‌ترین روش‌های مستقیم برای جمع‌آوری انرژی خورشیدی و تبدیل آن به گرما برای ذخیره‌سازی است. در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای بر روی استخرهای خورشیدی انجام گرفته و انتظار می‌رود در سال‌های آینده استخرهای خورشیدی به

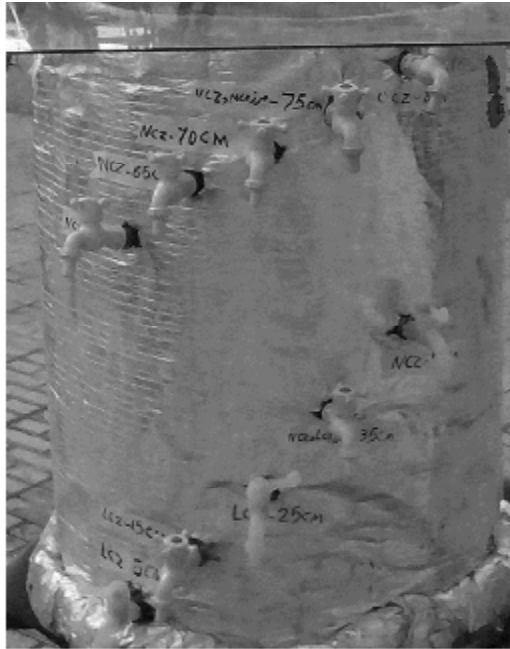


شکل ۱- لایه‌های مختلف گرادیان نمکی استخر (Mosaffa & Farshi, 2021)

بیشترین حجم استخر را اشغال می‌کند و مهم‌ترین قسمت استخر محسوب می‌شود. تابش خورشید به سطح استخر موجب بالا رفتن دمای آب استخر شده و لایه پایینی (لایه ذخیره‌ساز) گرم می‌شود. لایه گرادیان که به‌طور مصنوعی بر روی لایه ذخیره‌ساز ایجاد شده، مانع از انتقال گرما به سطح استخر به صورت جابجایی می‌شود. انرژی ذخیره‌شده در استخر با استفاده از مبدل‌های حرارتی به خارج از استخر انتقال داده می‌شود (Anagnostopoulos *et al.*, 2020).

لایه زیرین استخر که گرما در این منطقه ذخیره‌سازی می‌گردد، دارای شوری یکنواخت بوده و به عنوان لایه جابجایی پایینی شناخته می‌شود. لایه میانی (لایه گرادیان) دارای شوری متغیر است که این شوری با افزایش عمق به صورت نسبتاً خطی افزایش می‌یابد و به‌عنوان لایه بدون جابجایی به علت متغیر بودن شوری شناخته می‌شود. لایه گرادیان در حقیقت از چندین لایه مجزا تشکیل شده که بر روی هم قرار گرفته‌اند و هر لایه نسبت به لایه بالایی خود شوری بیشتری دارد. این لایه

از کلرید سدیم برای ایجاد شوری در لایه‌های استخر استفاده شد. عمق لایه جابجایی فوقانی ۱۰ سانتی‌متر و با غلظت نمک ۳٪ ایجاد گردید. عمق لایه گردایانی ۴۰ سانتی‌متر و با غلظت متغیر خطی از ۳٪ در تماس با لایه جابجایی فوقانی تا ۲۰٪ در تماس با لایه‌ی ذخیره‌ساز احداث گردید. عمق لایه ذخیره‌ساز نیز ۳۵ سانتی‌متر و با غلظت شوری یکنواخت ۲۰٪ ایجاد گردید.



شکل ۲- نحوه قرار گرفتن شیرها بر روی بدنه استخر خورشیدی

با فاصله‌های ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵، ۵۵، ۶۵، ۷۰، ۷۵ و ۸۰ سانتی‌متر از کف استخر ۱۰ حسگر حرارتی مدل PT100 شرکت Testo آلمان با دقت ۰/۱ درجه سلسیوس برای اندازه‌گیری دمای آب استخر قرار داده شد. دمای سطح استخر نیز توسط دماسنج میله‌ای با نام تجاری TA-288 ساخت کشور چین با دقت ۰/۱ درجه سلسیوس اندازه‌گیری و ثبت گردید. به منظور اندازه‌گیری شوری نقاط مختلف استخر، ۱۰ عدد شیر لاستیکی ۱/۲ اینچی بر روی بدنه استخر نصب گردید. شیرها بر روی بوش‌های تعبیه‌شده در بدنه استخر نصب شدند. شکل ۲ نحوه قرار گرفتن شیرها را بر روی بدنه استخر نشان می‌دهد. نمونه‌برداری از سطح استخر نیز به‌صورت دستی انجام می‌گرفت. برای تعیین میزان شوری یا غلظت نمک از دستگاه رفراکتومتر (Refractometer) استفاده شد.

کارایی و راندمان یک استخر خورشیدی وابسته به شرایط آب و هوایی منطقه، شرایط فیزیکی استخر و شرایط شیمیایی وابسته به آب نمک موجود در استخر است. همچنین خروجی حرارتی به شدت وابسته به میزان تابش خورشید است. عواملی همچون آلودگی هوا و آب، بارندگی و تبخیر، پایداری و کارایی استخر را تحت تأثیر قرار می‌دهند و لازم است در محل احداث استخر مورد بررسی قرار گیرند (Sayer et al., 2017).

فرسایش لایه‌های استخر، اصلی‌ترین مشکل استخرهای خورشیدی است. به مرور زمان لایه‌های استخر با هم مخلوط شده و لایه گردایانی خاصیت خود را از دست می‌دهد. در این مواقع برای جلوگیری از نابود شدن لایه گردایانی و بهبود عملکرد استخر نیاز به ترمیم لایه‌ها است. ایران در عرض جغرافیایی ۲۹ تا ۳۸ درجه قرار گرفته و میزان مناسب تابش خورشید در اکثر نقاط کشور، به‌جز سواحل دریای خزر وجود دارد. بنابراین، شرایط جغرافیایی ایران برای استفاده از انرژی خورشیدی بسیار مناسب است. به‌طور خاص تعداد زیاد روزهای آفتابی (میانگین، ۲۸۰ روز در سال) زمین‌های وسیع خشک، دریاچه‌های نمک طبیعی، وجود معادن نمک در حاشیه‌های کویر و مصرف‌کننده بالقوه انرژی هم‌زمان با نیاز روزافزون به مصرف انرژی، پتانسیل بالای ایران را برای استفاده از انرژی خورشیدی نشان می‌دهد (Parsa et al., 2021). با این حال مطالعات تئوری و عملی اندکی در ایران بر روی استخرهای خورشیدی انجام شده است، که در این تحقیق یک کار تجربی برای بازیابی و حفظ شرایط یک استخر خورشیدی در ۶ هفته انجام گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایشات، یک استخر به ارتفاع آب ۸۵ سانتی‌متر و قطر ۶۵ سانتی‌متر در دانشگاه شهرکرد در فصل تابستان ۱۳۹۵ تهیه گردید. جهت جلوگیری از آلودگی آب استخر توسط گرد و خاک و سایر عوامل بیرونی، و همچنین به منظور جلوگیری از تبخیر سطحی و کاهش آب استخر که موجب برهم خوردن ثبات استخر می‌گردد، یک حفاظ شیشه‌ای شفاف به ضخامت ۴ میلی‌متر بر روی سطح استخر قرار داده شد. چنانچه از شکل‌های ۲ و ۳ دیده می‌شود از دو لایه پشم و شیشه به ضخامت ۵ میلی‌متر جهت عایق‌بندی استخر خورشیدی برای جلوگیری از هدر رفت انرژی استفاده شد.

حد زیاد، یکنواختی خود را حفظ کرده، و همچنین لایه سطحی از حالت یکنواخت خارج شده و با لایه گرادیدانی مخلوط شده بود، حتی الامکان، در فرایند ترمیم سعی شد لایه ذخیره سازی دست نخورده و بدون تغییر باقی بماند و کمترین تلاطم و بهم خوردگی را داشته باشد و عملیات ترمیم برای لایه های گرادیدانی و لایه سطحی انجام گیرد.



شکل ۳- نحوه قرارگیری لوله های خارج ساز و تزریق آب در استخر خورشیدی

شکل ۴ غلظت آب استخر، در لایه های مختلف برای روزهای قبل و بعد از ترمیم، همراه با غلظت طراحی شده در روز اول را نشان می دهد. شکل ۴ به وضوح بیان می کند که غلظت شوری آب استخر بعد از ترمیم با غلظت آب طراحی شده در روز اول تفاوت دارد. این تغییرات در لایه های سطحی بیشتر از لایه های دیگر است، در حالی که در لایه های میانی و انتهایی این تغییرات کمتر است. شکل ۵ غلظت لایه های مختلف استخر را از یک روز قبل تا یک هفته بعد از ترمیم اول و دوم نشان می دهد.

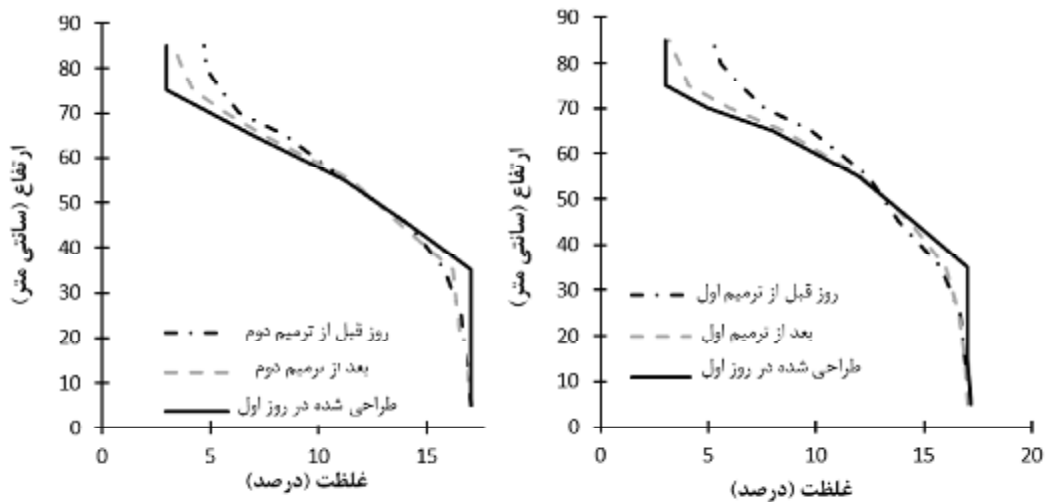
در این تحقیق، ترمیم لایه های استخر یک بار در پایان هفته سوم و بار دوم در پایان هفته ششم انجام گرفت. به عبارتی دیگر، تزریق ها در روز اول هفته چهارم و هفته هفتم، بعد از ثبت اطلاعات مربوط به دما در ساعت ۹ صبح انجام گرفتند. خروج و تزریق آب نمک به صورت لایه ای انجام می گرفت، به این ترتیب که ابتدا مقدار تعیین شده برای لایه اول در عمق ۵ سانتی متر، از طریق شیر، خارج شده و هم زمان مقدار آب نمک مورد نظر، توسط لوله مربوط به آن ارتفاع به درون استخر تزریق می شد. بعد از تزریق آب نمک به هر لایه، وقفه ای ۲ تا ۳ دقیقه ای ایجاد می شد. سپس خارج کردن و تزریق آب نمک، برای لایه بالایی صورت می گرفت. میزان آب نمک کم شده از استخر، هم زمان با فرایند ترمیم، به استخر اضافه شد. شکل ۳ نحوه قرارگیری لوله های خارج ساز و تزریق آب را در استخر خورشیدی ساخته شده نشان می دهد.

نتایج و بحث

جدول ۱ میزان و غلظت آب برداشته شده و همچنین میزان و غلظت آب تزریق شده را برای دو ترمیم انجام شده در این تحقیق نشان می دهد. داده ها نشان دادند که تغییر غلظت آب در عمق پایین استخر وجود نداشته است و بنابراین ترمیم در عمق پایین در پایان هفته سوم و هفته پنجم انجام نگرفت. مرز بین لایه ذخیره ساز با لایه گرادیدان در پایان هفته سوم دچار فرسایش شده بود و بنابراین ترمیم گردید. اما در پایان هفته پنجم مرز بین لایه ذخیره ساز با لایه گرادیدان دچار فرسایش قرار نگرفت و بنابراین عمل ترمیم در مرحله دوم در این ناحیه انجام نشد. بیشترین آب برداشت شده در هر دو ترمیم مربوط به ارتفاع ۷۵ سانتی متر از کف استخر بود. بیشترین غلظت آب اضافه شده نیز در هر دو ترمیم در لایه ذخیره ساز برابر با ۲۰٪ انجام گرفت. در بین این سه لایه، کمترین تغییرات مربوط به لایه ذخیره ساز و بیشترین تغییرات مربوط به ارتفاع ۷۵ سانتی متر از کف استخر (انتهای لایه سطحی) بود. فرآیند تغییرات به دست آمده در این شکل مشابه نتایج به دست آمده توسط Kanayama et al., 1991 است. همچنین از جدول ۱ می توان نتیجه گرفت که برای ترمیم لایه های پایینی، غلظت افزایش و در لایه های بالایی، غلظت، فقط با اضافه کردن آب کاهش داده شد. به عبارت دیگر می توان گفت که به دلیل این که لایه ذخیره ساز تا

جدول ۱- مقدار و غلظت آب‌نمک برداشت و تزریق‌شده در فرآیند ترمیم‌ها

عمق	۵	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵	۷۰	۷۵	۸۰	۸۵
غلظت طراحی شده (%)	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۴/۵	۱۲	۸	۵	۳	۳	۳
ترمیم اول (پایان هفته سوم)											
میزان آب برداشت و تزریق شده (لیتر)	-	-	۲/۹	۴/۲	۳/۶	۱/۲	۴/۳	۵/۵	۸/۶	۷/۶	۳/۴
غلظت آب برداشته شده (%)	-	-	۱۶/۷	۱۵/۸	۱۳/۸	۱۲/۴	۹/۸	۷/۶	۶/۵	۵/۶	۵/۲
غلظت آب تزریق شده (%)	-	-	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
ترمیم دوم (پایان هفته ششم)											
میزان آب برداشت و تزریق شده (لیتر)	-	۲	۳/۷	۴/۳	-	-	۳/۸	۳/۳	۷/۳	۶	۲/۹
غلظت آب برداشته شده (%)	-	۱۶/۸	۱۶/۶	۱۵/۸	-	-	۸/۵	۶/۳	۵/۵	۴/۸	۴/۷
غلظت آب تزریق شده (%)	-	۲۰	۲۰	۲۰	-	-	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

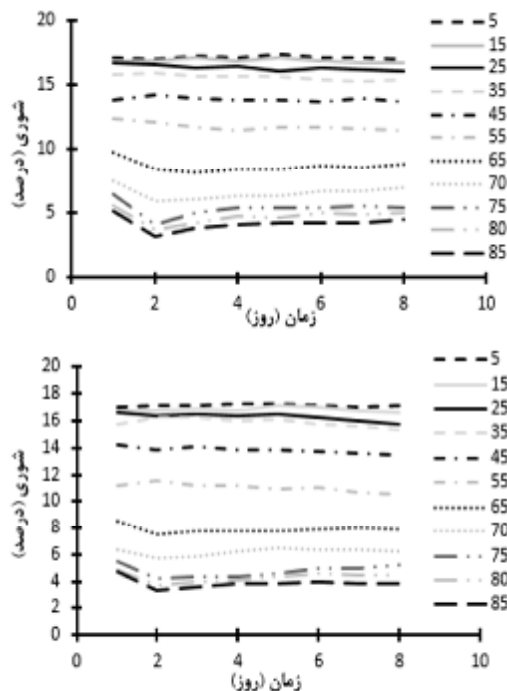


شکل ۴- غلظت آب‌نمک استخر در روزهای قبل و بعد از ترمیم و همچنین در روز طراحی شده برای ترمیم اول (چپ) و ترمیم دوم (راست)

شکل ۶ دمای قسمت‌های مختلف استخر، یک روز قبل تا یک هفته بعد از ترمیم اول و دوم را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل نتیجه می‌شود، دمای لایه‌های مختلف استخر، بر اثر ترمیم اول، تغییری نداشته است. تغییرات دمایی در لایه‌های استخر به این دلیل رخ داده است که دمای استخر در هفته سوم افزایش چندانی نداشته است. همچنین آب‌نمک تزریق‌شده به لایه‌های استخر در محل سرپوشیده تهیه‌شده بود. از این‌رو دمای آب‌نمک تهیه‌شده برای تزریق به لایه‌های استخر، مقداری از دمای محیط بیشتر بود. در نتیجه اختلاف دما بین لایه‌های میانی و تحتانی استخر با دمای آب تزریق‌شده زیاد نبود. به همین دلیل تزریق آب‌نمک با دمای محیط به استخر موجب تغییر زیادی در دمای استخر نشد. هنگام انجام ترمیم دوم نیز، لایه ذخیره‌ساز، وضعیت مشابهی داشت. دمای لایه ذخیره‌سازی در ابتدای هفته

از شکل ۵ نتیجه می‌شود که روند تغییرات شوری در لایه سطحی بعد از ترمیم کاهش پیدا کرده است. این کاهش تغییرات در ترمیم اول بیشتر از ترمیم دوم در لایه سطحی است. روند تغییرات لایه ذخیره‌سازی قبل و بعد از هر دو ترمیم، تفاوت فراوانی نداشته است. با توجه به این مطلب درمی‌یابیم که ترمیم، تأثیر زیادی بر قسمت مرزی لایه‌های ذخیره‌سازی و گرادسانی نگذاشته است و آب‌نمک تزریق‌شده با لایه‌های هم‌جوار مخلوط شده و در حالت میانگین به تعادل رسیده‌اند. این اختلاط در مورد مرز بین لایه‌های گرادسانی و سطحی رخ نداده است و مرز این دو لایه، غلظت جدید خود را حفظ کرده‌اند. البته پس از گذشت چند روز مجدداً لایه سطحی با قسمت فوقانی لایه گرادسانی مخلوط شده و به حالت قبل از ترمیم برمی‌گردد، با این تفاوت که سرعت تغییرات نسبت به قبل از ترمیم کاهش پیدا کرده است.

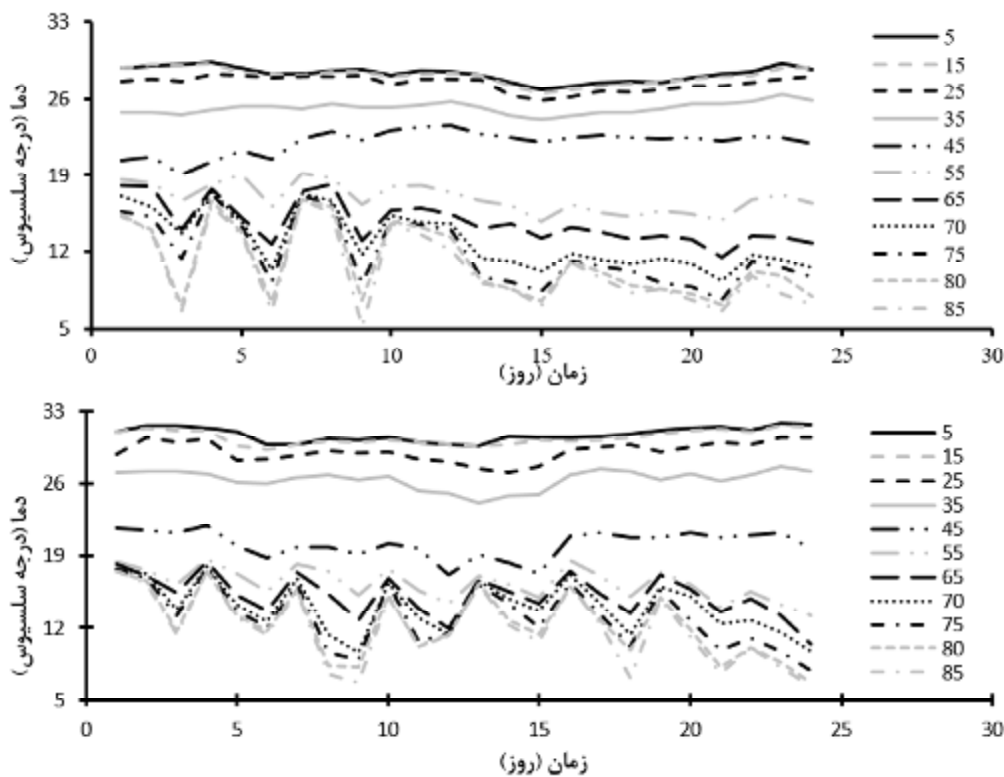
و عمل ترمیم، تأثیر قابل توجهی بر دمای این قسمت از استخر نداشته است.



شکل ۵- غلظت استخر از یک روز قبل تا یک هفته بعد از ترمیم اول (بالا) و ترمیم دوم (پایین)

ششم (روز قبل از انجام مراحل ترمیم دوم) نسبت به دمای ابتدای هفته چهارم، کمتر از ۲ درجه سلسیوس افزایش پیدا کرده بود. از طرفی تغییرات در نظر گرفته شده برای لایه ذخیره سازی، در هر دو نوبت ترمیم مشابه بودند. به همین دلیل رفتار این لایه، در هر دو مورد شبیه به هم بوده است.

هدف از خارج کردن مقداری از آب نمک لایه ها و تزریق آب نمک با غلظت مناسب به جای آن، بازسازی لایه های استخر و ترمیم آن ها بود. ایجاد شوری مناسب در هر لایه از استخر، دلیل اصلی انجام فرایند بازسازی و ترمیم است. در این میان افزایش دمای لایه ذخیره سازی، یا تغییر دمای سایر قسمت های استخر، به هیچ عنوان در فهرست اهداف قرار نمی گیرد. به این دلیل که برای گرم کردن لایه ذخیره سازی نیاز به مصرف انرژی غیر خورشیدی در خارج از استخر است. درحالی که هدف اصلی از ساخت استخر خورشیدی، استفاده از انرژی خورشید به جای سایر منابع انرژی است. هر دو مورد تزریق آب نمک به لایه های استخر، تأثیری بر دمای لایه سطحی و قسمت فوقانی استخر نداشته اند. با توجه به شکل ۶ مشخص می شود که دمای لایه سطحی به طور کامل متأثر از دمای محیط بوده



شکل ۶- دمای استخر، یک روز قبل تا سه هفته بعد از ترمیم، ترمیم اول (بالا) و ترمیم دوم (پایین)

- Kanayama, K. Inaba, H. Baba, H. & Fukuda, T. (1991), Experiment and analysis of practical-scale solar pond stabilized with salt gradient, *Solar Energy*, 46(6): 353-359.
- Khalilian, M. (2017). Exergetic performance analysis of a salinity gradient solar pond, *Solar Energy*, 157(15): 895-904.
- Mosaffa, A. H. & Farshi, L. G. (2021), Thermodynamic feasibility evaluation of an innovative salinity gradient solar ponds-based ORC using a zeotropic mixture as working fluid and LNG cold energy, *Applied Thermal Engineering*, 186: 116488.
- Parsa, S. M. Majidniya, M. Alawee, W. H. Dhahad H. A. Ali H. M. Afrand, M. & Amidpour M. (2021). Thermodynamic, economic, and sensitivity analysis of salt gradient solar pond (SGSP) integrated with a low-temperature multi effect desalination (MED): Case study, Iran, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47: 101478.
- Rghif, Y. Zeghmati, B. & Bahraoui, F. (2021). Soret and Dufour effects on thermosolutal convection developed in a salt gradient solar pond, *International Journal of Thermal Sciences*, 161: 106760.
- Sayer, A. H. Al-Hussaini, H. & Campbell, A. N. (2017). Experimental analysis of the temperature and concentration profiles in a salinity gradient solar pond with, and without a liquid cover to suppress evaporation. *Solar Energy*, 155: 1354-1365.

نتیجه‌گیری

روند تغییرات شوری در این تحقیق نشان داد که در شرایط محیطی شهر شهرکرد و مناطق مشابه با آن، حفظ پایداری استخر خورشیدی امکان‌پذیر است. به عبارت دیگر لایه‌های مختلف استخر پس از تشکیل، به‌طور کامل باهم مخلوط نشدند که این امر از ابتدا قابل پیش‌بینی نبود.

غلظت نمک در لایه‌ی ذخیره‌سازی حالت همگن و یکنواخت خود را در طول دوره آزمایش حفظ نمود. البته لازم به یادآوری است که در حدود ۱۰ سانتی‌متر از این لایه به همراه ۵ سانتی‌متر از لایه‌ی گرادایانی به‌صورت یک لایه‌ی مرزی بین این دو قسمت درآمد. ۲۵ سانتی‌متر باقیمانده از لایه‌ی ذخیره‌سازی دارای غلظت تقریباً یکسان بود که شرایط کاری مناسب برای لایه‌ی ذخیره‌سازی را نشان می‌داد. لایه‌ی گرادایانی نیز در سرتاسر زمان آزمایش‌ها شیب خود را حفظ کرد و از بین نرفت. البته مقدار شیب این لایه در هفته‌های مختلف اندکی تفاوت داشت. این تفاوت بر اثر مقادیر مختلف شوری در لایه‌های ذخیره‌سازی و سطحی به وجود می‌آمد. با توجه به شرایط استخر و پایداری آن در هفته‌های مختلف و همچنین ثبات استخر پس از ترمیم و بارندگی، می‌توان نتیجه گرفت که ساخت و نگهداری استخر گرادایان نمکی در شهر شهرکرد و مناطق مشابه با آن امکان‌پذیر است. انجام عملیات ترمیم برای حفظ غلظت لایه‌ها و شیب منطقه گرادایانی الزامی است. در همین راستا دو نوبت عملیات ترمیم و بازسازی لایه‌های استخر با موفقیت انجام گرفت. ترمیم لایه‌ها نشان داد که بازسازی لایه‌ها در عملکرد استخر تأثیر مثبت می‌گذارد.

منابع

- Anagnostopoulos, A. Sebastia-Saez, D. Campbell, A. N. & Arellano-Garcia, H. (2020). Finite element modelling of the thermal performance of salinity gradient solar ponds, *energy*, 203(15):117861.
- Chakrabarty, S. G. Wankhede, U. S. Shelke, R. S. & Gohil, T. B. (2020). Investigation of temperature development in salinity gradient solar pond using a transient model of heat transfer, *Solar Energy*, 202(15): 32-44.
- Hussam, J. M. A. Khalaf, A. Kh. & Hashem, L. (2007). Study the performance of the solar ponds for Iraq marshes. *Journal of University of Thi-Qar*. 1(3): 1-5.

