Journal of Water and Wastewater Science and Engineering (JWWSE)
Vol. 4, No. 3, PP. 35- 41, Autumn 2019
DOI: 10.22112/jwwse.2019.171496.1142

نشریه علمی
علوم و مهندسی آب و فاضلاب
سال چهارم، شماره ۳، صفحات ۳۵-۴۱، پاییز ۱۳۹۸

Technical Paper

An Experimental Study to Compare Shade Balls and Heavy Alcohols for Evaporation Reduction from the Water Surface

Mohammad Reza Vesali Naseh[1*] and Kazem Shahidi[2]
1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
2- B.Sc. in Civil Engineering, Arak, Iran.
* Corresponding author, Email: m-vesalinaseh@araku.ac.ir

Received: 10/02/2019
Revised: 17/08/2019
Accepted: 18/08/2019

Abstract

The loss of water due to evaporation from reservoirs' free surface is an important problem in water resource management and accordingly conserving water in storage facilities became a big challenge for water managers and researchers. This has led to developing physical and chemical methods in form of new technologies to save water. In this study applying shade balls as a physical method has been compared with using octadecanol and hegzadecanol alcohols as a chemical method. Three evaporation pans were used to assess the evaporation in three scenarios. Results revealed that both physical and chemical methods have significant effect in evaporation reduction while the shade balls method showed better efficiency. However considering wind effect, oxygen transfer and water quality, shade balls method could be considered as an appropriate method in small scales. Also, for large scale applications, the economic analysis should of course be regarded.

Keywords: Evaporation reduction, Hegzadecanol, Octadecanol, Shade balls, Water resource management.

مقاله ترویجی

مقایسه آزمایشگاهی روش توپ سایه و الکل‌های سنگین در کاهش تبخیر از سطح آب

محمدرضا وصالی ناصح[1*] و کاظم شهیدی[2]
۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
۲- کارشناس مهندسی عمران، اراک، ایران
* نویسنده مسئول، ایمیل: m-vesalinaseh@araku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۱
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۵/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۷

چکیده

تبخیر یکی از مسائل مهم در مدیریت منابع آب است و بالا بودن درصد تلفات ناشی از تبخیر از سطح مخازن ذخیره آب همواره به‌عنوان یکی از دغدغه‌های جدی مدیران و پژوهشگران منابع این عرصه مطرح بوده است تا بتوانند تا حد امکان از آب جمع‌آوری شده در مخازن ذخیره محافظت نمایند. در این راستا تلاش‌های مختلفی به‌منظور کاهش تبخیر انجام شده است. هدف از این تحقیق مقایسه روش‌های فیزیکی و شیمیایی کاهش تبخیر در مقیاس آزمایشگاهی است. در این مطالعه استفاده از توپ‌های پلاستیکی (توپ سایه) به‌عنوان روش فیزیکی و استفاده از الکل‌های سنگین (اکتادکانول و هگزادکانول) به‌عنوان روش شیمیایی درنظر گرفته شده است. به‌این منظور سه تشت کلاس A آمریکایی در شرایط یکسان درنظر گرفته شد و میزان تبخیر در تشت حاوی توپ‌های پلاستیکی و تشت حاوی الکل‌ها در سه سناریو مختلف اندازه‌گیری و با تشت تبخیر شاهد مقایسه شد. نتایج نشان داد که هر دو روش فیزیکی (توپ سایه) و شیمیایی (الکل‌های سنگین) اثر قابل‌توجهی در کاهش تبخیر دارند و بررسی ترکیبی هر دو روش نیز حاکی از این بود که تلفیق دو روش، بالاترین راندمان را دارد. در نهایت با درنظر گرفتن اثر وزش باد و هم‌چنین تبادل اکسیژن بین هوا و آب و مسئله کیفیت آب، روش توپ سایه روش مناسب‌تری در کاهش تبخیر محسوب می‌شود. البته در انجام این روش در مقیاس واقعی، هزینه بالای تهیه توپ‌های پلاستیکی نیز باید مدنظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: مدیریت منابع آب، کاهش تبخیر، توپ سایه، اکتادکانول، هگزادکانول.

۱- مقدمه

کمبود منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک مانند کشور ایران، که با کمبود بارش و خشک‌سالی‌های دوره‌ای به موازات افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی، صنعت و کشاورزی و باغداری مواجه هستند، اهمیت بسیار بالایی پیدا کرده است. این موضوع لزوم و اهمیت حفاظت از منابع آب موجود را دوچندان می‌کند. تبخیر از منابع آب سطحی یکی از مواردی است که سهم قابل‌توجهی از تلفات آب را به‌خود اختصاص می‌دهد. به‌عنوان مثال این مقدار در ترکیه برای دریاچه‌های طبیعی ۲/۷ و برای مخازن سدها ۱/۴ میلیارد متر مکعب برآورد شده که از کل آب برداشتی زیرزمینی این کشور بیشتر است (Gökbulak and Özhan, 2006). در استرالیا میزان تبخیر از مخزن برخی سدها تا حدود ۴۰ درصد براورد شده است (Craig et al., 2007). در کشور ایران نیز متوسط میزان تبخیر از مخازن سدها به صورت میانگین حدود ۱۰٪ حجم مفید آن‌ها برآورد شده است (سپاس‌خواه، ۱۳۹۷). با درنظر گرفتن حدود ۳۵ میلیارد مترمکعب به‌عنوان حجم مفید کل مخازن سدهای در حال بهره‌برداری کشور، سالانه حدود ۳/۵ میلیارد مترمکعب تلفات ناشی از تبخیر صورت می‌گیرد. بنابراین کنترل تبخیر از سطوح آب راه‌کار مهمی در حفاظت از منابع آب محسوب می‌شود. از طرفی کمبود آب در بسیاری از مناطق کشور از جمله استان سیستان و بلوچستان، خوزستان و... ضرورت استفاده از روش‌های موثر برای کاهش تلفات منابع آبی موجود را دو چندان می‌نماید. این موضوع منجر به افزایش انجام تحقیقات کاربردی بر روی تکنولوژی‌های نوین مهندسی در راستای کاهش تبخیر از سطح آب شده است که می‌توان به پوشش‌های تک‌مولکولی، پوشش‌های پلاستیکی پیوسته، پوشش‌های معلق سایه‌انداز مانند پنل‌های خورشیدی و توپ‌های پلاستیکی کروی (توپ سایه[1]) اشاره نمود (Craig, 2005). در این تحقیق روش توپ‌سایه به‌عنوان یکی از روش‌های فیزیکی در مقایسه با استفاده از الکل‌های سنگین اکتادکانول و هگزادکانول به‌عنوان یکی از روش‌های شیمیایی کاهش تبخیر، در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در پی خشک‌سالی شدید کالیفرنیا طی سال‌های اخیر برای اولین‌بار بیش از ۹۶ میلیون توپ پلاستیکی از جنس HDPE (توپ سایه) با قطر ۱۰۰ میلی‌متر در ماه آگوست سال ۲۰۱۵ در مخزن لس‌آنجلس رهاسازی شد تا هم مانع شکوفایی جلبکی[2] و هم باعث کاهش تبخیر شود. گرچه در مورد کنترل کیفیت آب در این‌روش هنوز بحث وجود دارد، اما درخصوص کاهش تبخیر تا حدود زیادی موفق عمل نمود. مسوولان لس‌آنجلس این میزان را تا حدود ۱/۱۵ میلیون متر مکعب در سال برآورد نمودند (Haghighi et al., 2018).

در زمینه روش‌های شیمیایی در مطالعه‌ای که پیری و همکاران (۱۳۸۸) انجام دادند میزان کاهش تبخیر با استفاده از الکل‌های اکتادکانول و هگزادکانول مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از تاثیر هر دو نوع الکل در کاهش تبخیر بود که در صورت استفاده از ترکیب آن‌ها تاثیر بیشتری بر میزان کاهش تبخیر خواهد داشت. در مطالعه دیگر پیری و همکاران (۱۳۸۹)، روش استفاده از الکل‌ها به‌عنوان روش شیمیایی در مقایسه با استفاده از پوشش پلی‌استیرن با درصد پوشش‌های مختلف و اثر مغناطیس شدن آب به‌عنوان روش‌های فیزیکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد روش‌های فیزیکی ۳۰-۵۵ درصد و روش شیمیایی ۴۰-۵۵ درصد در کاهش تبخیر موثر بوده‌اند. مظاهری و عابدی کوپایی (۱۳۹۶) اثر پوشش‌های شناور در کاهش تبخیر از سطح مخازن آب را با استفاده از سه نوع پوشش پلی‌کربنات، پلی‌استایرن و پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر عملکرد خوب هر سه پوشش در کاهش تبخیر ۸۶ درصدی از سطح آب بود که در این میان پوشش پلی‌کربنات نسبت به دو پوشش دیگر دوام بهتری نشان داد. البته توجیه اقتصادی استفاده از این پوشش‌ها را منوط به بررسی‌های بیشتر نمودند. هاشمی منفرد و همکاران (۱۳۹۷) استفاده از دیوارهای بادشکن به‌منظور کنترل سرعت باد و به‌تبع آن کاهش تبخیر از سطح آب را در چاه‌نیمه شماره ۴ سیستان و بلوچستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی‌ها و مدل‌سازی انجام شده در نرم‌افزار GAMBIT و FLUENT نشان داد در صورت طراحی بادشکن‌هایی به ارتفاع دو متر که فاصله بین آن‌ها ۴۸ متر است و با زاویه ۹۰ درجه در جهت شمال غربی قرار گرفته‌اند، می‌توان به‌طور موثری میزان تبخیر در منطقه را کاهش داد. در زمینه استفاده از توپ‌های شناور برای کاهش تبخیر در مطالعه‌ای که افخمی و همکاران (۱۳۹۷) بر روی سطوح آبی روباز مجتمع مس سرچشمه انجام دادند تاثیر دو نوع توپ تک‌روزنه و چند روزنه از جنس پلی‌اتیلن با قطر ۸ سانتی‌متر و یک نوع توپ از جنس پلی‌پروپیلن با قطر یک سانتی‌متر را بر میزان کاهش تبخیر از سطح آب بررسی نمودند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد توپ‌های تک‌روزنه با کارایی ۶۵ درصد بیشترین سهم را در کاهش تبخیر داشتند. در حالی‌که توپ‌های چندروزنه و توپ‌های ریز در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. درنهایت توپ‌های تک‌روزنه به‌دلیل زبری مناسب در سطح و ثابت ماندن درصد فضاهای خالی به‌عنوان بهترین نوع پوشش کاهنده تبخیر در مطالعه معرفی شدند.

در این تحقیق ابتدا میزان کاهش تبخیرتوپ‌های پلاستیکی سیاه رنگ با توپ‌های به‌رنگ سیاه و سفید (نیمه سیاه درون آب و نیمه سفید بیرون آب) اندازه‌گیری شد. سپس میزان کاهش تبخیر توپ‌های پلاستیکی با میزان کاهش تبخیر ناشی از الکل‌های اکتادکانول و هگزادکانول مورد بررسی قرار گرفت.

درنهایت تلفیق هر دو روش با روش شیمیایی مقایسه شد.

۲- مواد و روش‌ها

این مطالعه در تابستان ۱۳۹۵ در دانشگاه اراک با مشخصات طول جغرافیایی ۴۹/۷۰۱ درجه و عرض جغرافیایی ۳۴/۰۹۵ درجه انجام شد. برای انجام آزمایش‌ها از سه تشت تبخیر کلاس A استفاده شد (شکل ۱). به‌این ترتیب که یکی از آن‌ها به‌عنوان شاهد و دو تشت دیگر برای مقایسه میزان تبخیر در روش‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. دما توسط دماسنج حداکثر و حداقل که مقادیر کمینه و بیشینه دمای آب را در شبانه روز نشان می‌دهد اندازه‌گیری و سرعت باد نیز توسط بادسنج ثبت شد (شکل ۲). به‌منظور بررسی اثر تشعشع خورشیدی و اثرات سرعت باد در آزمایش‌ها، میزان تبخیر در بازه زمانی ۲۴ ساعته ثبت شد. هر سه تشت تا ارتفاع ۱۵۰ میلی‌متر از آب پر شدند و اندازه‌گیری‌های دما، سطح آب و سرعت باد هر روز در ساعت ۱۰ صبح انجام گرفت.

برای روش فیزیکی از توپ‌های پلاستیکی معمولی با قطر ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد که بر روی سطح هر تشت حدود ۲۰۰ عدد توپ قرار گرفت. برای روش شیمیایی نیز الکل‌های اکتادکانول و هگزادکانول با نسبت ۱:۱ به میزان ۲۰ گرم در هکتار در هر آزمایش در سطح آب رها سازی شدند (پیری و همکاران، ۱۳۸۸).

شکل ۱- تشت تبخیر مورد استفاده در تحقیق

(الف)

(ب)

شکل ۲- الف) دماسنج و ب) بادسنج مورد استفاده در تحقیق

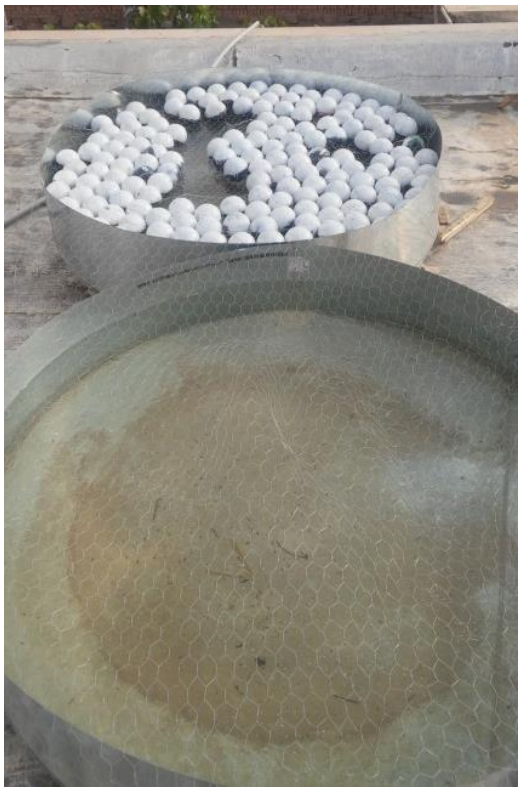
در این تحقیق سه سناریو مورد بررسی قرار گرفت و بررسی هر سناریو ۴ روز به‌طول انجامید. در سناریوی اول توپ‌های یک دست سیاه با توپ‌های سیاه و سفید مقایسه شدند. در این‌حالت هدف مقایسه درصد تبخیر توپ‌های سیاه با توپ‌های سیاه و سفید بود. با این توضیح که نیمه بالایی توپ‌ها با رنگ سفید رنگ‌آمیزی شد تا اثر سوء ناشی از افزایش دما روی توپ‌ها کاهش یابد. سپس میزان کاهش تبخیر آن‌ها با نمونه شاهد مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). هدف سناریوی دوم مقایسه روش فیزیکی با روش

شیمیایی بود. بدین ترتیب که پس از انتخاب توپ‌های سیاه و سفید به‌عنوان روش فیزیکی، این روش با استفاده از الکل هگزادکانول به‌عنوان روش شیمیایی مقایسه شد (شکل ۴). در سناریوی سوم تلفیق روش فیزیکی و شیمیایی با روش شیمیایی، یعنی ترکیب الکل‌ها با توپ و بدون توپ مقایسه شدند.

۳- نتایج و بحث

نتایج مقایسه هر سه سناریو به‌شرح زیر است. نتایج سناریوی اول که توپ‌های سیاه با توپ‌های سیاه و سفید مقایسه شدند در جدول ۱ و شکل ۵ قابل مشاهده است.

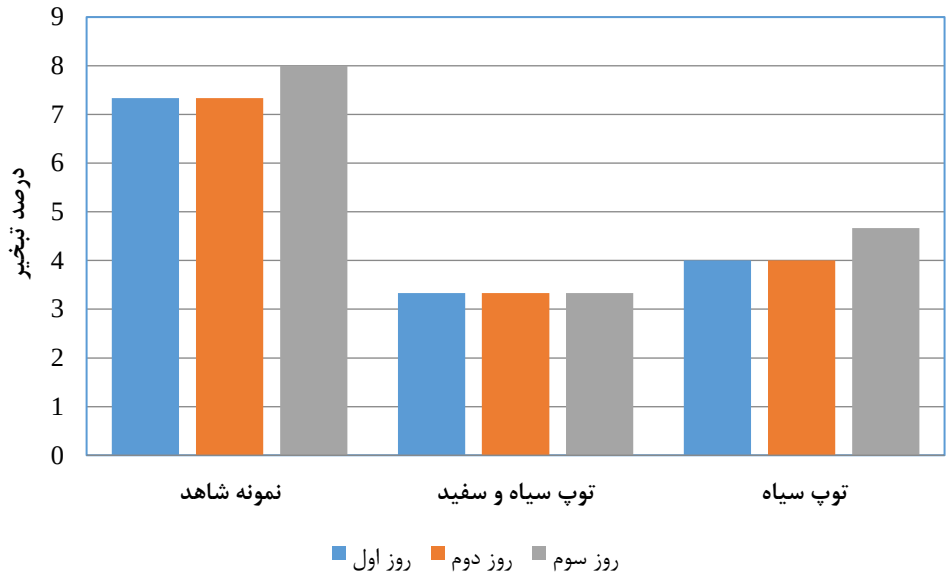
شکل ۳- توپ‌های سیاه و توپ‌های سیاه و سفید (سناریوی اول)



شکل ۴- مقایسه توپ سایه و هگزادکانول (سناریوی دوم)

جدول ۱- مقایسه توپ‌های سیاه با توپ‌های سیاه و سفید (سناریوی اول)

روز	متوسط سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	رطوبت نسبی (درصد)	بیشینه دما (درجه سلسیوس)	کمینه دما (درجه سلسیوس)	درصد تبخیر در حالت‌های مختلف		
					نمونه شاهد	توپ سیاه و سفید	توپ سیاه
۱	۸	۲۱	۳۹	۸	۷/۳۳	۳/۳۳	۴
۲	۹/۹	۱۹	۳۴	۶	۷/۳۳	۳/۳۳	۴
۳	۹/۷	۱۹	۳۳	۱۵	۸	۳/۳۳	۴/۶۷

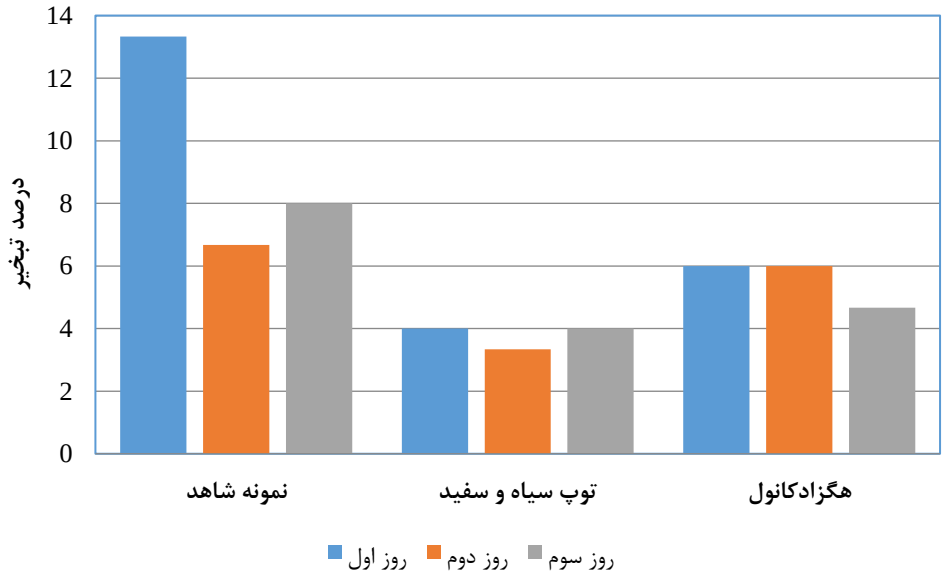


شکل ۵- مقایسه درصد تبخیر نمونه‌ها در سناریوی اول

کاهش تبخیر در مقایسه با نمونه شاهد قابل‌مشاهده است. هم‌چنین مقایسه گزینه‌ها در سناریوی اول با نمونه شاهد حاکی از کاهش حدود یک درصدی تبخیر از تشت مربوط به توپ‌های سیاه و سفید در مقایسه با توپ‌های سیاه است. بنابراین در سناریوهای بعدی از توپ‌های سیاه و سفید برای روش فیزیکی استفاده شد. در سناریوی دوم با هدف مقایسه روش توپ سایه با الکل هگزادکانول، نتایج حاصل از اندازه‌گیری تبخیر در جدول ۲ و شکل ۶ قابل‌مشاهده است. مقایسه درصد تبخیر در دو گزینه با نمونه شاهد بیانگر این است که هر دو روش فیزیکی (توپ سایه) و شیمیایی (الکل) اثر قابل‌توجهی در کاهش تبخیر داشته‌اند. روش فیزیکی راندمان بهتری نسبت به‌روش شیمیایی داشته است.

جدول ۲- مقایسه روش فیزیکی و شیمیایی (سناریوی دوم)

روز	متوسط سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	رطوبت نسبی (درصد)	بیشینه دما (درجه سلسیوس)	کمینه دما (درجه سلسیوس)	درصد تبخیر در حالت‌های مختلف		
					نمونه شاهد	توپ سیاه و سفید	هگزادکانول
۱	۱۳/۳	۱۷	۳۲	۲۸	۱۳/۳۳	۴	۶
۲	۱۳/۱	۱۹	۳۱	۱۵	۶/۶۷	۳/۳۳	۶
۳	۱۴/۹	۱۸	۳۲	۱۴	۸	۴	۴/۶۷



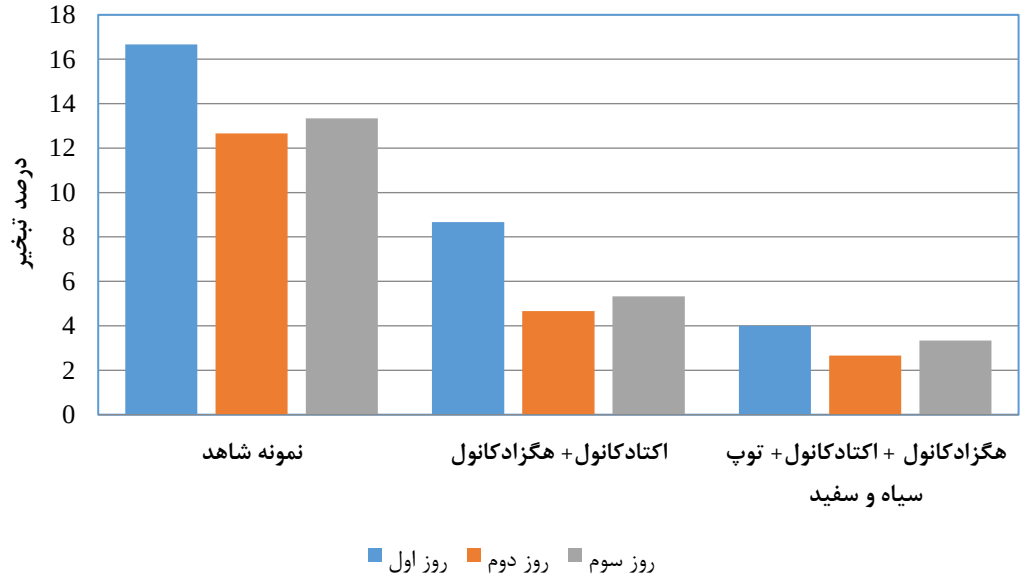
شکل ۶- مقایسه روش فیزیکی و شیمیایی در سناریوی دوم

در سناریوی سوم تلفیق دو روش فیزیکی و شیمیایی (توپ‌ها به‌همراه الکل) با روش شیمیایی (تلفیق هر دو الکل) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج به‌شرح جدول ۳ و شکل ۷ است. مقایسه این دوحالت بیانگر این است که در حالت مربوط به ترکیب الکل‌ها با توپ‌ها تبخیر به‌میزان قابل‌توجهی کاهش پیدا کرده است. به‌عبارت دیگر ترکیب دو روش فیزیکی و شیمیایی بهترین حالت برای کاهش تبخیر بوده است.

در جدول ۴ درصد کاهش تبخیر در سناریوهای سه‌گانه با هم مقایسه شده است. ملاحظه می‌شود که بیشترین میزان کاهش تبخیر در تلفیق روش فیزیکی و شیمیایی است که البته طبیعتا هزینه بیشتری را تحمیل می‌کند. اما در مقایسه روش فیزیکی و شیمیایی، این روش فیزیکی است که میزان کاهش تبخیر بیشتری را ایجاد نموده است.

جدول ۳- مقایسه تلفیق روش فیزیکی و شیمیایی با روش شیمیایی (سناریوی سوم)

روز	متوسط سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	رطوبت نسبی (درصد)	بیشینه دما (درجه سلسیوس)	کمینه دما (درجه سلسیوس)	درصد تبخیر در حالت‌های مختلف		
					نمونه شاهد	هگزادکانول + اوکتادکانول	هگزادکانول + اوکتادکانول + توپ‌ها
۱	۱۰/۸	۱۸	۳۳	۱۴	۱۶/۶۷	۸/۶۷	۴
۲	۱۰/۵	۲۱	۳۳	۱۰	۱۲/۶۷	۴/۶۷	۲/۶۷
۳	۷/۷	۱۹	۳۷	۱۲	۱۳/۳۳	۵/۳۳	۳/۳۳



شکل ۷- مقایسه روش تلفیقی با روش شیمیایی در سناریوی سوم

جدول ۴- مقایسه درصد کاهش تبخیر در سناریوهای مختلف

سناریو	گزینه	درصد کاهش تبخیر نسبت به نمونه شاهد
اول	توپ سیاه	۴۶-۴۲
	توپ سیاه و سفید	۵۹-۵۵
دوم	فیزیکی (توپ سایه)	۷۰-۵۰
	شیمیایی (هگزادکانول)	۵۵-۴۲
سوم	فیزیکی + شیمیایی (توپ سایه و ترکیب الکل‌ها)	۷۹-۷۶
	شیمیایی (ترکیب الکل‌ها)	۶۳-۴۸

۴- نتیجه گیری

هدف از این پژوهش، مطالعه و بررسی روش‌های کاهش تبخیر از سطح آب بود که با بررسی مطالعات انجام‌شده در سطح بین‌المللی و ملی دو روش فیزیکی (توپ سایه) و شیمیایی (الکل‌های اوکتادکانول و هگزادکانول) مورد مطالعه و بررسی قرارگرفت. نتایج حاصل از بررسی و مقایسه روش‌ها حاکی از این بود که اگرچه تلفیق دو روش بالاترین راندمان را دارد، اما اگر قرار بر انتخاب

یک روش باشد روش فیزیکی توپ سایه مناسب‌تر است. زیرا راندمان مناسبی دارد، در برابر وزش باد مقاوم‌تر است و از نظر تبادل اکسیژن هوا و آب تطابق بیشتری با مسایل زیست‌محیطی و کیفی دارد. البته مطالعات انجام‌شده در مقیاس کوچک (تشت تبخیر) بوده است و در ابعاد واقعی هزینه تهیه توپ‌ها بسیار مهم است. به‌عبارت دیگر هم هزینه بسیار بالای تهیه تعداد قابل توجه توپ‌ها در مقیاس واقعی و هم میزان آبی که در فرایند تهیه و ساخت توپ‌های پلاستیکی که از جنس پلی اتیلن چگالی بالا[3] هستند مصرف می‌شود، استفاده از این روش را نیازمند بررسی دقیق‌تر در ابعاد واقعی می‌نماید. بنابراین پیشنهاد می‌شود روش توپ سایه در مقیاس نیمه پایلوت مورد بررسی کارشناسانه قرار گیرد.

۵- قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی "مطالعه و بررسی روش‌های کاهش تبخیر از سطح مخازن سدها و دریاچه‌ها و ارائه روش بهینه در کشور ایران" در دانشگاه اراک است. به این وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه اراک تشکر و قدردانی می‌شود.

۶- پی‌نوشت‌ها

1- Shade balls
2- Algal bloom
3- HDPE

۷- مراجع

افخمی، ح.، ملکی نژاد، ح.، و اسماعیل زاده، ع.، (۱۳۹۷)، "تاثیر توپ‌های شناور برکاهش میزان تبخیر از منابع آبی روباز (مطالعه موردی: سد رسوبگیر معدن مس سرچشمه)"، *مجله خشک بوم*، ۸(۱)، ۵۹-۷۳.

پیری، م.، حسام، م.، دهقانی، ا.، و مفتاح هلقی، م.، (۱۳۸۹)، "مطالعه آزمایشگاهی تاثیر استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی، بر کاهش تبخیر از سطح آب"، *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۱۷(۴)، ۱۴۱-۱۵۴.

پیری، م.، حسام، م.، دهقانی، ا.، مفتاح هلقی، م.، و غزلی، ع.، (۱۳۸۸)، "بررسی تاثیر استفاده از الکل‌های سنگین بر کاهش تبخیر از سطح مخازن آب"، *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۶(۲)، ۱-۱۱.

سپاس‌خواه، ع.، (۱۳۹۷)، "کاهش تبخیر از مخزن آب سدها"، *مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۳(۱)، ۱۳-۲۶.

مظاهری، ا.، و عابدی کوپایی، ج.، (۱۳۹۶)، "کاهش تبخیر از مخازن آب با استفاده از پوشش‌های شناور"، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۴۹(۳)، ۵۹۷-۶۰۵.

هاشمی منفرد، آ.، رضاپور، م.، و ژیان، ت.، (۱۳۹۷)، "بررسی اثر استفاده از دیوارهای بادشکن در کاهش تبخیر از سطح دریاچه‌ها و مخازن با استفاد از مدل عددی FLUENT (مطالعه موردی: چاه نیمهٔ شمارهٔ ۴ سیستان و بلوچستان)"، *مجله اکوهیدرولوژی*، ۵(۱)، ۲۶۵-۲۷۸.

Craig, I., Aravinthan, V., Baillie, C., Beswick, A., Barnes, G., Bradbury, R., and Fitzmaurice, L., (2007), "Evaporation, seepage and water quality management in storage dams: A review of research methods", *Environmental Health*, 7(3), 84-97.

Craig, I.P., (2005), *Loss of storage water due to evaporation, A literature review*, NCEA Publication, University of Southern Queensland, Australia.

Gökbulak, F., and Özhan, S., (2006), "Water loss through evaporation from water surfaces of lakes and reservoirs in Turkey", *Official Publication of the European Water Association, EWA*.

Haghighi, E., Madani, K., and Hoekstra, A.Y., (2018), "The water footprint of water conservation using shade balls in California", *Nature Sustainability*, 1(7), 358.