عباس راهدان[1]، مژگان یاراحمدی[2]،لیلا قاسمی[3]

۱.دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران.

۲. دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران.

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران.

Abasrahdan1993@ut.ac.ir

شیوه‌های جدید کاهش تبخیر از سطح مخازن آب

چکیده

آب یکی از ضروری‌ترین نیازهای بشر می‌باشد. تبخیر از جمله پدیده‌های اقلیمی در اتلاف آب دریاچه‌ها و مخازن روباز محسوب می‌گردد. علاوه بر این تغییرات آب‌وهوایی کرۀ زمین هم مزید بر علت شده است و میزان تبخیر در چند دهۀ اخیر رو به افزایش می‌باشد؛ به‌طوری‌که این پدیده گاهی می‌تواند بیش از ۴۰ درصد از حجم آب ذخیره‌شده در دریاچۀ سد را کاهش دهد. روش‌های کاهش تبخیر با توجه به شرایط منطقه‌ای، توجیه اقتصادی و مسائل زیست‌محیطی متفاوت‌اند. در این پژوهش برخی از روش‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی کنترل تبخیر از سطح آب معرفی شده است، چرا که مدیریت بهتر آب ذخیره‌شده در مخازن آب، با کاهش تلفات تبخیر از سطح آزاد آب حاصل می‌شود.

کلمات کلیدی:

تبخیر، سطح آزاد آب، تلفات، مخازن، مدیریت.

۱-مقدمه

با توجه به محدودیت منابع‌طبیعی کره زمین و از طرفی رشد پیوسته جمعیت، بشر به دنبال روش‌های مناسب و پایدار استفاده از این منابع بوده است. آب ازجمله ضروری‌ترین نیازهای بشر است. محدودیت‌های زمانی و مکانی حجم بسیار محدود آب شیرین و قابل‌دسترسی باعث شده است مدیریت و برنامه‌ریزی آن ضرورت بیش‌تری نسبت به گذشته پیدا کند (Piri & et al., ۲۰۱۱).

تبخیر از سطوح آب، زمین خاک، دریاچه‌ها و مخازن آب، یکی از فرآیندهای بسیار مهم و حیاتی در هواشناسی و هیدرولوژی است. هرساله، میلیون‌ها مترمکعب آب شیرین از مخازن سدها که با هزینه زیادی جمع‌آوری‌شده است تبخیر می‌شود و از دست می‌رود و املاح برجای‌مانده از حجم آب تبخیر شده، کیفیت آب را کاهش می‌دهد (Ejlali, ۲۰۰۴). میزان تلفات تبخیر در سطح منطقه‌ای و جهانی زیاد می‌باشد؛ بنابراین برای مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، ارزیابی این تلفات و اینکه چه روشی ممکن است به بهینه‌سازی و مدیریت بهتر منابع آب کمک کند، بسیار مهم است. مدیریت بهتر آب ذخیره‌شده در مخازن آب، با کاهش تلفات تبخیر از سطح آزاد آب حاصل می‌شود (Stanhill, ۲۰۰۲).

مطالعه تبخیر و در پی آن تراز سطح آب اهمیت فراروانی در زمینه ارزش‌های اکولوژیک دریاچه، کشاورزی، مدیریت منابع آب و بسیاری از مسائل دیگر دارد و بدین منظور مدل‌های مختلف تجربی، نیمه تجربی و هوشمند توسعه‌یافته‌اند. با توجه به تأثیرگذاری عوامل مختلف متغیر بر تبخیر می‌تواند سیستم تغییرات تبخیر را به‌عنوان یک سیستم دینامیک طرح کرد (Farzin et al., ۲۰۱۷).

نوعی از تبخیر وجود دارد که در هر دمایی رخ می‌دهد که به آن تبخیر سطحی گفته می‌شود. در تبخیر سطحی مولکول‌های روی سطح آب در معرض تابش نور خورشید و یا وزش باد قرار می‌گیرند و با افزایش جنب‌وجوش، از سطح آب جداشده و به بخارآب تبدیل می‌شوند. روش‌های زیادی برای کنترل تبخیر از سطح آزاد آب موجود است که دارای ماهیت و هزینه‌های متفاوت می‌باشند.

پژوهش حاضر باهدف ارائه‌ی روش‌های کنترل تبخیر از سطوح آب صورت گرفته است.

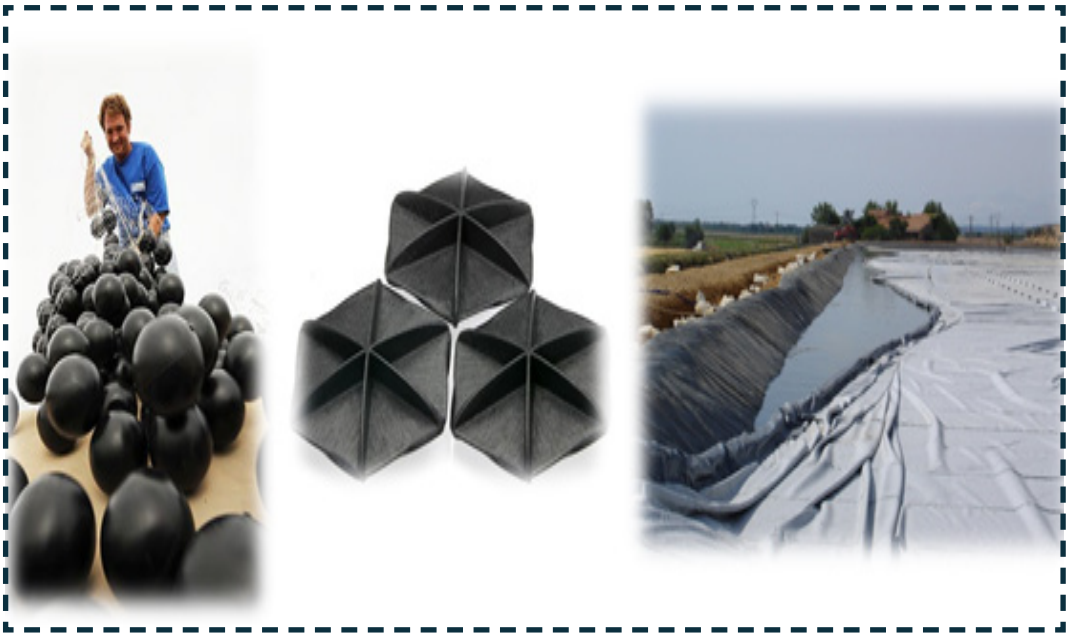
۲-روش‌های کلی برای کاهش تبخیر از سطوح آزاد آب

روش‌های کاهش تبخیر از سطوح باز به روش‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و مکانیکی (ساختاری و ساختمانی) تقسیم می‌گردند (Craig et al., ۲۰۰۵).

۲-۱-روش‌های فیزیکی

۲-۱-۱-پوشش‌های شناور

این نوع پوشش‌ها عموماً به‌صورت یک پردهٔ نفوذناپذیر که بر روی تمام سطح آب شناور می‌باشد، عمل می‌نمایند و افزون بر این‌که میزان تابش خورشیدی دریافتی در سطح آب مخزن را کاهش می‌دهند، تماس جریان هوا با سطح آب را به مقدار زیادی کاهش می‌دهند (آهنی و حسینعلی، ۱۳۹۴).



شکل ۱)انواع پوشش‌های شناور(توپی، چندضلعی و کاورهای صفحه‌ای)

۲-۱-۲- پوشش‌های چندقسمتی

دقیقاً مشابه پوشش‌های شناور می‌باشند، با این تفاوت که این پوشش از چندین بخش مجزای شناور تشکیل‌شده و با اتصال تمام تکه‌ها به یکدیگر می‌تواند یک پوشش بزرگ‌تر ایجاد نماید. این پوشش‌ها به‌صورت شش‌وجهی، دایره‌ای و مستطیلی و ... موجودند و درنتیجه اندازه و شکل بخش‌ها همواره نمی‌تواند ۱۰۰ درصد سطح آب را پوشش دهد؛ لذا بازدهی این روش از روش پوشش‌های شناور کمتر است. این نوع پوشش به‌صورت پیش‌ساخته و یا ساخته‌شده در محل مورد استفاده قرار می‌گیرد (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۸۷).

۳-۱-۲-ترکیبات سایه‌انداز

این نوع ترکیبات عموماً توسط کابل بر روی سطح آب به صورت معلق در می‌آیند و بر روی سطح آب، سایه می‌اندازند. این نوع پوشش، باعث کاهش تشعشع خورشید و سرعت باد و گیر انداختن رطوبت هوا در بین پوشش و سطح آب‌شده که همگی فاکتورهای مؤثر بر میزان تبخیر می‌باشند (شمسایی و حسنی، ۱۳۸۶).

۴-۱-۲-آبدان‌ها (بادکنک‌ها)

این کیسه‌ها معمولاً از مواد پلی‌اتیلن و یا پلی‌استر ساخته‌شده و یک لایه نفوذناپذیر در بالا و پایین مخزن ذخیره آب تشکیل می‌دهند. پوشش بالای مخزن و دیواره‌های آن، با سطح آب مخزن بالا و پایین می‌رود که می‌تواند باعث فرسوده‌شدن پوشش نیز بشود. این کیسه‌ها تبخیر و تراوش از منبع آب را به‌طور توأمان کاهش می‌دهند. این کیسه‌ها را می‌تواند در حفره‌های بزرگ زمینی یا در کانال‌های آبیاری نیز نصب نمود. این محصول مزایا و معایبی مشابه با سایر پوشش‌های شناور دارد (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۸۷).

۵-۱-۲-بادشکن

ساختمان بادشکن می‌تواند از ساختن دیواره‌ای بلند در اطراف منبع تا کاشت درختان در اطراف آن را شامل شود. در صورت امکان، بهتر است منبع آب جایی قرار بگیرد که از عوارض طبیعی مثل تپه‌ها برای کاهش دادن سرعت باد در اطراف آن بهره‌گیری شود (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۲-روش‌های شیمیایی

در روش‌های شیمیایی کاهش تبخیر، از لایهٔ حاوی ترکیبات شیمیایی کاهندهٔ تبخیر استفاده می‌شود؛ به‌طورکلی روش‌های شیمیایی به‌اندازه روش‌های فیزیکی برای کاهش میزان تبخیر، مؤثر نمی‌باشند. محدودهٔ وسیعی از مقادیر به‌عنوان بازده روش‌های شیمیایی در کاهش میزان تبخیر اعلام‌شده است که مقدار متوسط آن می‌تواند در محدوده‌ی ۲۰ تا ۴۰ درصد ارزیابی شود (آهنی و حسینعلی، ۱۳۹۴).

۱-۲-۲-تک لایه‌ها

این مواد باید قابلیت پخش شوندگی در سطوح آب را دارا باشند؛ به‌طوری‌که در ابعاد مولکولی، در یک جهت مولکول خاصیت هیدروفلیک (جاذب آب) و در سمت دیگر هیدروفوبیک (دافع آب) داشته باشند (انصاری فر و خادم آذریان، ۱۳۹۳). تحت شرایط مطلوب و ایده آل در آزمایشگاه، کاهش تبخیر توسط تک لایه‌ها بیش از ۶۰ درصد گزارش‌شده است، اما در شرایط عادی بازدهی کمتری خواهند داشت.

۲-۲-۲-الکل‌های آلیفاتیک

روش دیگر کاهش تبخیر، استفاده از یک نوع امولسیون متشکل از ٪۶۰ آب و ٪۴۰ الکل‌های آلیفاتیک می‌باشد. برای اجرای این روش می‌تواند از ماشین‌های آتش‌نشانی محلی، کامیون‌های مجهز به اسپری و روش دستی بهره جست (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۸۷).

۳-۲-روش‌های زیستی

در روش‌های زیستی معمولاً از گیاهان آبزی یا گیاهانی با قابلیت رشد در نزدیکی مخازن استفاده می‌شود. در این روش میزان برهم‌کنش هوا با لایهٔ مرزی سطح آب و همچنین تابش خورشیدی به سطح آب کم می‌شود و درنتیجه کاهش تبخیر اتفاق می‌افتد.

۴-۲-روش‌های ساختمانی

به‌طورکلی هنگام احداث سد باید توجه داشت که در صورت امکان، محل سد طوری انتخاب شود تا نسبت سطح مخزن به حجم آن، حداقل شود. همچنین برای جلوگیری از گسترش سطح آزاد آب دریاچه، دیوارچینی ساحل دریاچه در نواحی کم‌عمق و کم شیب صورت گیرد. به این منظور می‌تواند ساختار سلولی ایجاد نمود که در آن مخازن بزرگ به سلول‌های کوچک تقسیم می‌شوند تا بتوان سرعت و تأثیر باد را کاهش داده، با انتقال آب میان سلول‌ها و استفاده از بادشکن اطراف مخزن، عمق آب را حداکثر نمود (شمسایی و حسنی، ۱۳۸۶).

۳-به‌روزترین فناوری‌های دنیا در جلوگیری از تبخیر آب سدها

تغییرات آب و هوایی کره زمین سبب افزایش تبخیر آب سدها شده است، به‌طوری‌که این پدیده گاهی می‌تواند بیش از ۴۰ درصد از حجم آب ذخیره‌شده در یک سد را کاهش دهد. به همین دلیل محققان همواره به دنبال روش‌های مبارزه با این پدیده هستند در حال حاضر مدرن‌ترین فناوری‌ها در زمینه جلوگیری از تبخیر آب سدها در کشورهای کانادا آمریکا، استرالیا، آفریقای جنوبی و امارات به کار گرفته می‌شوند که در ادامه به متداول‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

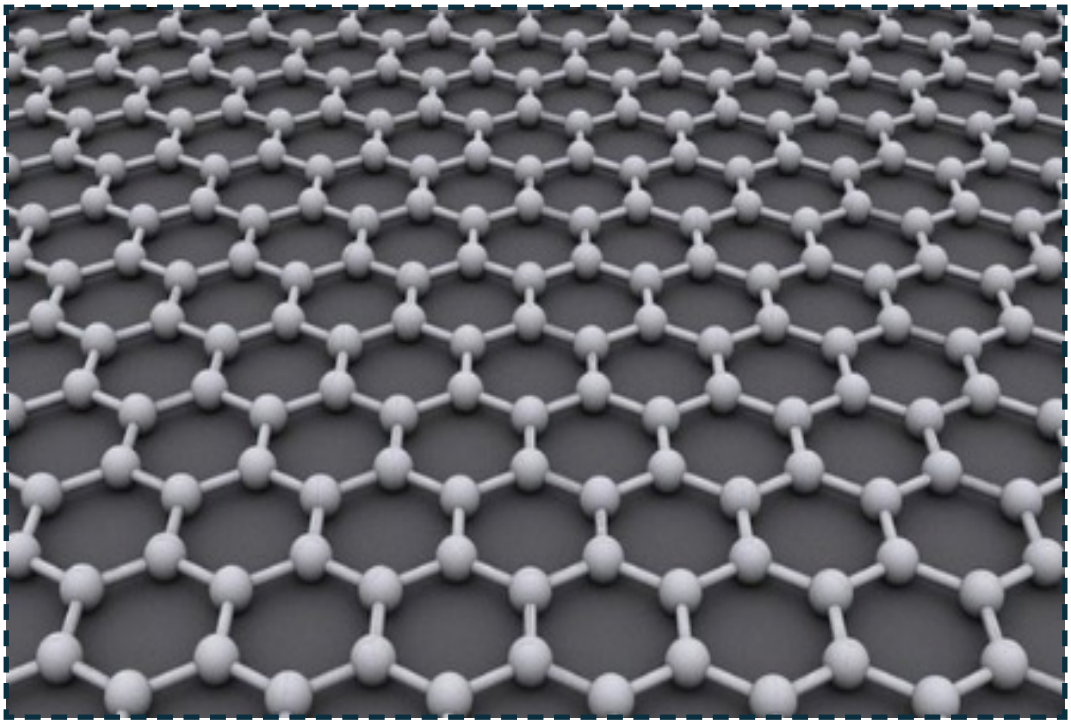
۳-۱-پوشش شبکه‌ای با قابلیت جابجایی

در آمریکا در زمینه جلوگیری از تبخیر آب سدها یک فناوری موسوم به «هگز کاور» است که توسط دانشگاه آریزونا طراحی شده است این فناوری چندمنظوره است به‌طوری‌که علاوه بر جلوگیری از تبخیر سطحی می‌تواند با استفاده از نور خورشید انرژی تولید کند مزیت این فناوری نسبت به صفحات خورشیدی هزینه پیاده‌سازی کمتر و امکان پوشش مساحت‌های بیشتر است. قابلیت منحصربه‌فرد این فناوری قابلیت جابجایی آن در زمان آبگیری بارش و افتادن سایه ابرها بر روی آب سد است و با کمک GPS می‌تواند مکان آن را تغییر داد.

شکل ۲) پوشش‌های شبکه ای

۲-۳-لایه‌های محافظ الکلی و پلی‌اتیلنی در ابعاد نانو

در استرالیا و کانادا استفاده از لایه‌های بسیار نازک نامرئی روی سطح آب که به‌صورت مانعی در برابر مولکول‌های جداشده از سطح آب عمل می‌کند و جنس این لایه‌ها ازنظر شیمیایی زنجیره‌های الکلی و پلی‌اتیلنی است که میزان تبخیر را ۳۰ درصد کاهش می‌دهد؛ اما مشکل آن‌ها این است که در مناطقی که وزش باد زیاد باشد کیفیت عملکرد آن‌ها کاهش‌یافته و نمی‌توان از آن‌ها استفاده کرد. قدمت استفاده از این روش حدود ۵۰ سال است.



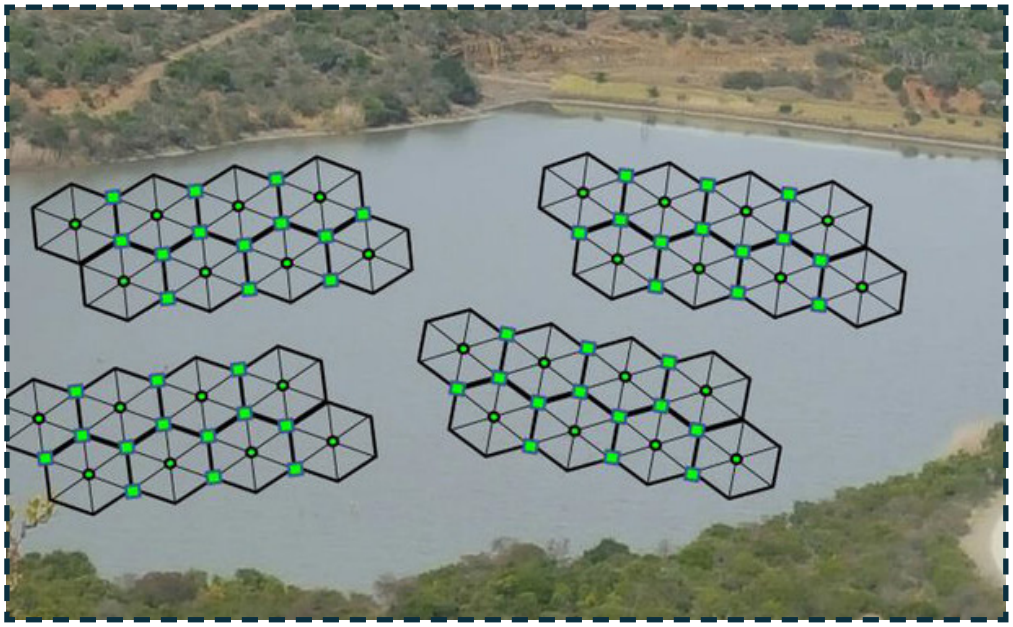
شکل ۳) لایه های محافظ الکلی و پلی اتیلنی

۳-۳-پوشش‌های شش‌ضلعی ثابت

در آفریقای جنوبی یکی از فناوری‌هایی که مورداستفاده قرار می‌گیرد، پوشش‌های پلی‌اتیلنی شش‌ضلعی است رنگ روشن این پوشش‌ها سبب می‌شود میزان جذب حرارت در آن‌ها کاهش یابد این پوشش‌ها در برابر آتش مقاوم هستند و عمر آن‌ها ۱۵ سال است و درصورتی‌که اقدامات نگهداری از آن‌ها به‌خوبی اجرا شود عمر مفید آن‌ها افزایش می‌یابد.

۴-۳-استفاده از توپ‌های پلاستیکی

شاید یکی از ساده‌ترین راه‌های جلوگیری از تبخیر سطحی آب در سدها استفاده از توپ‌های پلاستیکی باشد. در این روش سطح آب با استفاده از توپ‌های پلاستیکی پوشانده می‌شود تا از تابش مستقیم نور خورشید به آب جلوگیری شود و میزان تبخیر کاهش باید این طرح در برخی سدهای آمریکا نظیر لس‌آنجلس اجرا شده است اما محققان معتقدند افزایش دمای توپ‌ها به‌خودی‌خود می‌تواند سبب تبخیر آب شود و این طرح نمی‌تواند به‌عنوان یک راهکار موفق در نظر گرفته شود هرچند هزینه آن بسیار پایین خواهد بود.



شکل ۴)پوشش‌های شش ضلعی ثابت

شکل ۵) توپ های پلاستیکی

۵-۳-بادشکن‌های گیاهی

احداث بادشکن گیاهی به کمک درختان یکی از اقداماتی است که برای کاهش وزش باد بر روی سطح آب انجام می‌شود و می‌تواند حدود ۲۰ درصد میزان تبخیر آب را کاهش دهد اما چند نکته برای این روش باید در نظر گرفته شود مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا درختان به ارتفاع استاندارد خود برسند باید در نظر گرفته شود که تا قبل از آبگیری سده درختان تا حد لازم رشد کرده باشند.

فاصله درختان از سد نه آن‌قدر نزدیک باشد که ریشه‌های آن‌ها از آب سد استفاده کنند و نه آن‌قدر دور باشد که نتوانند شدت وزش باد را کاهش دهند و همچنین از درختانی استفاده شود که ریشه آن‌ها مستحکم بوده و به حداقل آب نیاز دارند.

شکل ۶) بادشکن‌های گیاهی

۶-۳-استفاده از سقف‌های متحرک و سلول‌های خورشیدی

مناطقی که میزان میانگین بارش و حجم آب ذخیره‌شده در سد به‌ندرت از حد معینی عبور می‌کند می‌تواند از سقف‌های متحرک و یا سلول‌های خورشیدی برای پوشاندن سطح آب استفاده کرد. این روش تقریباً تمام آب سد را حفظ می‌کند و جلوی تبخیر آب را می‌گیرد و درصورتی‌که از سلول‌های خورشیدی استفاده شود تولید انرژی هم انجام می‌شود مشکلی که این روش دارد این است که در بعضی سدها که مساحت آن‌ها زیاد است هزینه پیاده‌سازی بسیار بالاست و در برخی مناطق که بارش در آن‌ها متغیر باشد امکان ساخت این سقف‌ها مشکل خواهد بود.

شکل ۷) سلول های خورشیدی

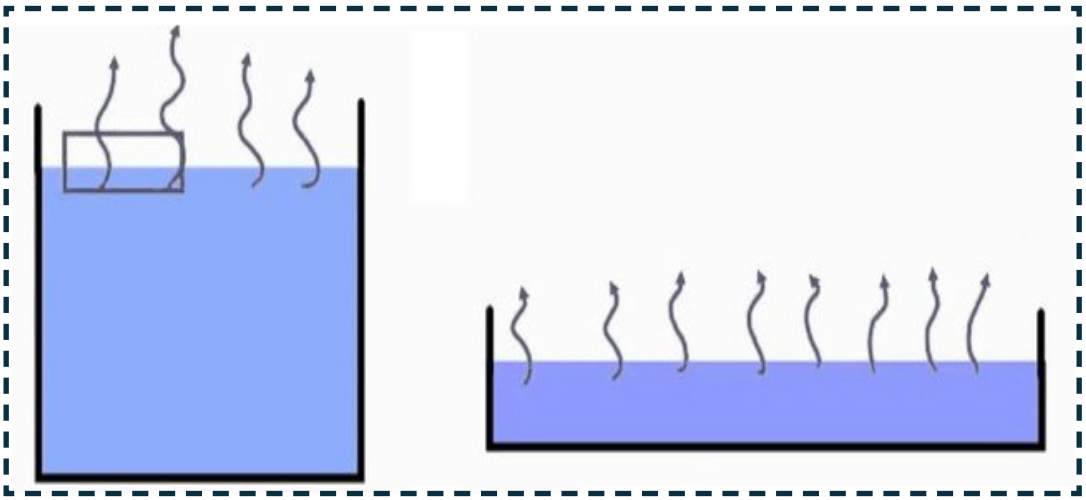
۷-۳-استفاده از پوشش‌های شناور در مناطق گرم و خشک

پوشش‌های شناور یکی از ابزارهای مورداستفاده در سدهایی هستند که در مناطق گرم و خشک قرار دارند.
در این مناطق معمولاً بارش‌ها در فصل گرما کاهش چشمگیری دارد و بیشترین میزان تبخیر سطحی در این فصل اتفاق می‌افتد و استفاده از پوشش‌های شناور می‌تواند علاوه بر جلوگیری از تبخیر آب از تغییرات شیمیایی و تغییر در میزان غلظت املاح آب جلوگیری کند. این پوشش برای سدهای کشاورزی و کوچک قابل‌استفاده است و عمر مفید آن حدوداً ۲۵ سال است. این پوشش‌ها میزان تبخیر آب را تا ۶۰ درصد و تأثیر باد را تا ۹۰ درصد کاهش می‌دهند و با توجه به جلوگیری از نفوذ نور از رشد گیاهان زیرآبی جلوگیری می‌کند.

۸-۳-تغییر در ساختار ظاهری سد

در برخی سدها که بیشتر بر روی رودهای بزرگ و انشعابات آن‌ها ساخته می‌شود و جمع‌آوری آب باران اولویت کمتری دارد می‌تواند سازه سد را به‌گونه‌ای طراحی کرد که سطح باز آب در شد به حداقل رسیده و عمق بیشتری برای آب ایجاد کرد ساخت این نوع سدها بیشتر به جنس زمین و خاک منطقه و محدودیت‌های زیستی و محیطی بستگی دارد.

شکل ۸) پوشش های شناور



شکل ۹) تغییرات در بدنه سد

۹-۳-پوشش‌های گنبدی و ورقه‌ای

یکی از روش‌های هزینه‌بر اما بسیار مفید برای جلوگیری از تبخیر آب سدها استفاده از صفحه‌های موسوم «اکواکب» است. این صفحه‌ها به‌صورت زنجیره‌ای از صفحات گنبدی شکل متصل‌به‌هم بر روی سطح آب سد قرار می‌گیرند و علاوه بر جلوگیری از تبخیر آب دمای آب را کاهش داده و از تیره شدن رنگ آب نیز جلوگیری می‌کند. این صفحه‌ها درصورتی‌که ۸۰ درصد از سطح سد را بپوشانند می‌توانند تا ۷۰ درصد از تبخیر آب جلوگیری کنند و تنها مشکل آن‌ها هزینه بالای است.

نوع دیگری از این پوشش‌ها نیز وجود دارد که «e-vapeap» که ارزان‌تر هستند و می‌توانند به‌طور کامل جلو تبخیر آب را بگیرند اما مقاومت آن‌ها در برابر وزش باد بسیار کم است.

شکل ۱۰) پوشش‌های گنبدی و ورقه‌ای

۴-مزایای برخی از روش‌های کاهش تبخیر از سطح مخازن

۴-۱-مزایای استفاده از پوشش شناور فیپتچ

۱. لایه‌ای به ضخامت ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر
۲. پلی‌اتیلن یا پلی‌پروپیلن با چگالی بالا
۳. استفاده از پوشش فیبتچ بسیار کارآمد و سازگار با محیط‌زیست
۴. کاهش تبخیر تا بیش از ۹۵ درصد
۵. عمر مفید ۱۵ سال (Winter, ۲۰۱۲).

۴-۲-مزایای استفاده از پوشش شناور ریووک

پوشش شناور ریووک از پلی‌پروپیلن ساخته‌شده و پوششی بسیار مقاوم می‌باشد. این پوشش مانند پوشش فیتچ به لوله‌های پر شده از شن و ماسه متصل می‌باشد و در سطح آن حوضچه‌ای ایجاد می‌شود که آب حاصل از باران در آن ذخیره‌شده و می‌توان با پمپ و یا ایجاد سوراخ در پوشش شناور، این آب را وارد مخزن کرد. با استفاده از این پوشش‌ها می‌توان تبخیر را تا بیش از ۹۵ درصد کاهش داد. این پوشش دارای عمر مفید حدود ۳۰ – ۲۰ سال می‌باشد (Thole, ۲۰۱۴).

۴-۳-مزایای استفاده از رنگ جلبک

رنگ کنترل جلبک، یک ترکیب خاص که یا کاملاً و یا با درصدهای مختلف از رنگ‌های غذایی تولید می‌شود و به‌عنوان یک مانع برای جلوگیری از ورود نور خورشید به داخل آب که موجب کاهش تبخیر و رشد جلبک‌ها می‌شود، می‌تواند تبخیر را تا ۸۰ درصد کاهش دهد (Aquarius, ۲۰۱۳).

۴-۴-توپ‌های مشکی پلاستیکی

• از جنس پلی‌اتیلن

• تا ٪۹۰ کاهش تبخیر

• قابل بازیافت

سازمان آب و انرژی لس‌آنجلس برای جلوگیری از تبخیر آب مخزن ۱۲ میلیارد لیتری سیلمار در کالیفرنیا ۹۶ میلیون توپ مشکی پلاستیکی را در سطح مخزن رها کرد. این توپ‌های مشکی به میزان ۱/۱ تا ۱/۲ میلیارد لیتر در سال از تبخیر آب جلوگیری می‌کند (New scientict, ۲۰۱۵).

۴-۵-صفحات بنزنی

• کاهش تبخیر بیش از ٪۵۰

• صفحات بنزنی به رنگ سفید می‌باشند و می‌توانند نور خورشید را منعکس کنند، درنتیجه مانع از افزایش درجه حرارت آب می‌شود. این صفحات اثر باد را کاهش می‌دهند (Zhiang, et al, ۲۰۱۵).

۴-۶-طراحی و ساخت پوشش فیزیکی فومتالات با استفاده از ضایعات پلیمری به‌منظور کاهش تبخیر از پساب‌های اسیدی

• پوشش فیزیکی شناوری به نام فومتالات که حاصل تزریق صنعتی پلی استایرن در قالب‌های پرشده با بطری‌های دلستر می‌باشد

• کاهش میزان تبخیر تا بیش از ۹۰ درصد

حفظ محیط‌زیست و مقابله با چالش کم‌آبی (افخمی و همکاران، ۱۳۹۶).

۴-۷-قرار دادن پانل‌های خورشیدی

• کاهش تبخیر از سطح مخزن تا ۷۰ درصد

• با محدود کردن رشد جلبک‌ها و سایر آلودگی‌ها از کیفیت آب محافظت می‌کنند (CRAINS, New York City,۲۰۱۷).

در این روش پانل‌ها نور خورشید را جذب کرده و در عمل مانع نفوذ نور خورشید به سطح آب زیرین آن‌ها شده، بدین ترتیب تبخیر کاهش می‌یابد. هزینه‌های بستر پانل‌ها، خنک‌سازی، ردیابی و سیستم رفلکتور با افزایش میزان برق تولیدی کاهش خواهد یافت.

۵-نتیجه‌گیری

بر اساس پیش‌بینی‌های اقلیمی، دمای کره زمین رو به افزایش است؛ این مسئله توازن میان آب مصرفی و آب موردنیاز را برهم میزند. بدین ترتیب آب مصرفی بیشتر از ذخایر آبی موجود می‌شود. این عدم توازن علاوه بر کشاورزی و محیط‌زیست، انسان را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد و او را از نعمت داشتن آب تصفیه‌شده و تغذیه مناسب محروم می‌سازد. یکی از پدیده‌های عمده که موجب تلفات مقادیر زیادی از آب‌های جمع‌آوری‌شده پشت سدها، استخرها، دریاچه‌ها و ... می‌شود، تبخیر است. روش‌های زیادی برای کنترل تبخیر از سطح آزاد آب موجود است که دارای ماهیت و هزینه‌های متفاوت می‌باشند. برای کاهش و کنترل تبخیر روش‌های از روش‌های زیستی، شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی استفاده می‌شود. در این مطالعه ارائه‌ی تعدادی از این روش‌ها پرداخته شد.

منابع

۱.افخمی و همکاران. ۱۳۹۶. طراحی و ساخت پوشش فیزیکی فومتالات با استفاده از ضایعات پلیمری به‌منظور کاهش تبخیر از پساب‌های اسیدی.مجله محیط زیست و مهندسی آب. دوره ۳، شماره ۱، صفحات ۶۵-۵۴.

۲.آهنی، ع؛ و حسینعلی، ا. ۱۳۹۴. معرفی یک روش هوشمند برای کاهش تبخیر آب از سطح مخازن روباز. رویداد پیوند آب و انرژی شریف. کانون علمی فرهنگی دانشکدهٔ برق (رسانا). انستیتو آب و انرژی شریف، تهران، ایران.

۳.باقری اردبیلیان، پ.، باقری اردبیلیان، م؛ و مسافری، م. ۱۳۸۷. بررسی روش‌های کاهش تبخیر از منابع و مخازن آب با نگاهی به وضعیت تبخیر در آب‌های سطحی استان آذربایجان شرقی. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران، تبریز، ایران.

۴.شمسایی، ا؛ و حسنی، ا. ۱۳۸۶. مروری بر روش‌های کاهش میزان تبخیر از سطوح آزاد آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. اولین همایش سازگاری با کم‌آبی. ماهنامه مهرآب، تهران، ایران.

5.Aquarius, 2013, Aquarius Drilling Services & Water Treatment.

6.Craig, I. P. 2005. Loss of storage water due to evaporation A literature review. NCEA Publication, University of Southern Queensland, Australia. 1-75.

7.Ejlali, F. 2004. Climates and weather Explained. Payame Noor Publication.University, 306p.

8.Farzin, S., Hajiabadi, R., Ahmadi, M. H. 2017. Application of chaos theory and artificial neural networks to evaluate evaporation from lakes water surface. Journal of Water and Soil, 30(1), 61-74.

9.Farzin, S., Hajiabadi, R., Ahmadi, M. H. 2017. Application of chaos theory and artificial neural networks to evaluate evaporation from lakes water surface. Journal of Water and Soil, 30(1), 61-74.

10.Lloyd Samson Thole, 2014, Run-off rainwater harvesting project, Zambia, The Patents and Companies Registration Agency.

11.Piri, M., Hesam, M., Dehghani, A. A., & Meftah H. 2011. Experimental study on the effect of physical and chemical approach in reducing the evaporation from water surface. Journal of Water and Soil Conservation, 17(4), 141-154.

12.Stanhill, G. 2002. Is the Class-A evaporation pan still the most practical and accurate meteorological method for determining irrigation water requirements. Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 112, 233-236.

13.Winter T.C., Rosenberry D.O., and Sturrock A.M. 2012. Evaluation of 11 equations for determining evaporation for a small lake in the north central United States. Water Resources Research.

14.www. aquariusdrilling.com. au/treatment/acd-dam-treatment.