



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## بررسی روشهای کاهش مصرف آب در کولر های آبی

سید مصطفی مهرداد

دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی

[lvlosizm@gmail.com](mailto:lvlosizm@gmail.com)

دکتر مصطفی تیزقدم غازانی

استادیار دانشگاه شهید بهشتی دانشکدهی عمران آب و محیط زیست

[m\\_tizghadam@sbu.ac.ir](mailto:m_tizghadam@sbu.ac.ir)

سیده پریسا جوادی

دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی

[pjavadii93@gmail.com](mailto:pjavadii93@gmail.com)

### خلاصه

اکثر کلان شهرهای کشور ما در حال حاضر با مشکل کمبود آب مواجه می باشند و پیش بینی می شود این چالش در سال های آتی به مراتب مشکل تر شود زیرا هزینه ی تصفیه و انتقال آب زیاد است، و نیز مناطق مرکزی ایران از هر طرف با منابع آب فاصله ی زیادی دارند.

هر کولر آبی بسته به ظرفیت آن به طور متوسط بین ۳۰ تا ۴۵ لیتر آب در ساعت مصرف می کند (یعنی در شبانه روز با فرض استفاده ی ۱۰ الی ۱۲ ساعته مقداری تقریباً معادل ۴۰۰ لیتر). به بیانی ساده، هر واحد مسکونی تقریباً ۴۰۰ لیتر آب را در طی شبانه روز تبخیر می کند. در این پژوهش راه های عملی کاهش میزان مصرف مورد بررسی قرار گرفته است. در صورت اعمال روش های پیشنهادی در این پروژه آب مصرفی کولرها تا حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد کاهش خواهد داشت.

کلمات کلیدی: کاهش مصرف آب، کولر آبی، آب خاکستری، سیستم های سرمایه



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## ۱- مقدمه

اکثر کلان‌شهرهای کشور ما در حال حاضر با مشکل کمبود آب مواجه می‌باشند و پیش‌بینی می‌شود این چالش در سال‌های آتی به‌مراتب مشکل‌تر شود زیرا هزینه تصفیه و انتقال آب زیاد است، و نیز مناطق مرکزی ایران از هر طرف با منابع آب فاصله زیادی دارند.

کولر های آبی به دلیل قیمت ارزان، سادگی استفاده و مصرف برق کمتر از مزیت بالایی برخوردار هستند. بنابراین این وسیله خانگی در ایجاد پیک شبکه در فصل تابستان نقش مؤثری ایفا می‌نماید و بهینه‌سازی این وسیله خانگی بر مصرف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جغرافیای ایران و آب و هوای گرم کشور ما کولر را در رده وسایل ضروری برای تامین رفاه خانواده قرار داده است. بطوری که امروزه بیش از ۶۵ درصد خانوارهای شهری از این دستگاه استفاده می‌کنند. در حال حاضر نزدیک به ۹ میلیون کولر در خانوارهای ایرانی وجود دارد و سالیانه حدود ۵۰۰ هزار دستگاه جدید اضافه می‌شود. کولرهای آبی؛ بسیار کمتر از کولرهای گازی؛ برق مصرف می‌کنند (۵۰۰ وات در برابر ۲۰۰۰ وات) اما تعداد کولرهای آبی بسیار بیشتر از کولرهای گازی است [1].

طبق ماده ۱۲۱ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، دولت موظف است به منظور اعمال صرفه‌جویی، منطقی کردن مصرف انرژی و حفاظت از محیط زیست نسبت به تهیه و تدوین معیارها و مشخصات فنی مرتبط با مصرف انرژی در تجهیزات، فرایندها و سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی، اقدام نماید، به ترتیبی که کلیه مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان و واردکنندگان این تجهیزات، فرایندها و سیستم‌ها ملزم به رعایت این مشخصات و معیارها باشند. در این مطالعه سعی شده با بررسی نحوه کارکرد کولر های آبی روش های کاهش مصرف آب در این کولر های مورد بررسی قرار بگیرد.

قدیمی‌ترین نمونه کولر آبی در جهان، که همان بادگیر است در حدود ۶۰۰ سال پیش در ایران اختراع شد. بادگیرها با اشکال مختلف در شهرهای مرکزی و جنوب ایران ساخته شده که هر کدام برحسب ارتفاع و جهت باد طراحی و اجرا شده‌اند.

تا قبل از اختراع کولر برقی و گسترش آن در شهرهای مختلف، از بادگیر در ابنیه مختلف مسکونی، مذهبی و خدماتی استفاده می‌شده است و هنوز هم می‌توان باقیمانده این بادگیرها را در اقلیم گرم و مرطوب جنوب در شهرهایی مانند بندرعباس، بندر لنگه، قشم، بوشهر و اقلیم گرم و خشک نواحی مرکزی مانند کرمان، نایین، یزد، طبس، کاشان، سمنان، اصفهان و حتی برخی نواحی جنوب شهر تهران مشاهده کرد. کارکرد بادگیرها به این ترتیب می‌باشد که هوای جاری بیرون از خانه را به داخل خود می‌کشد و با تشت‌های آبی که درونش تعبیه شده، هوا را خنک و سبک کرده و به داخل خانه هدایت می‌کند.

اما تاریخچه‌ی بوجود آمدن خنک‌کننده‌های تبخیری نوین به تحقیقات لئوناردو داوینچی در قرن ۱۶ میلادی برمیگردد. وی پس از اختراع نم‌سنج اولین خنک‌کننده‌های تبخیری نوین جهان را با پاشیدن آب روی یک چرخ آبی و تهیه مسیری برای خروج هوا اختراع کرد. اما نسخه‌ی پیشرفته‌ی خنک‌کننده‌های تبخیری نوین بر اساس نمونه‌های اولیه‌ای که در دهه‌ی ۱۹۰۰ آمریکا ساخته شد تولید می‌شوند [2].



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on

Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## ۳- نحوه عملکرد کولر آبی راهگردهای کاهش مصرف آب

سرمایش تبخیری فرایندی است که در آن از پدیده تبخیر به عنوان یک جاذب گرمایی طبیعی استفاده می‌شود. در این فرایند گرمای محسوس هوا جذب شده و به عنوان گرمای نهان لازم برای تبخیر آب استفاده می‌شود. مقدار گرمای محسوس جذب شده به مقدار آبی که تبخیر می‌شود بستگی دارد. کولرهای آبی که برای خنک کردن هوای داخل ساختمان‌ها به‌ویژه در مناطق خشک بکار می‌روند از دو قسمت عمده الکتریکی و مکانیکی تشکیل یافته‌اند.

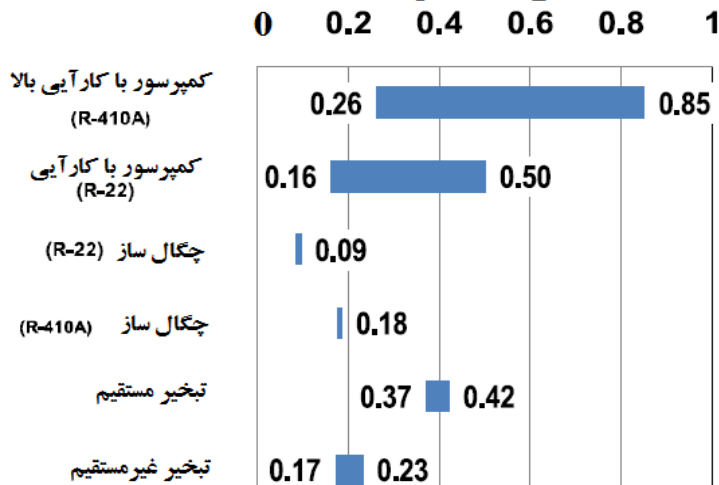
از اجزای مهمی که کولر آبی را تشکیل می‌دهند می‌توان به الکتروموتور، خازن اصلاح ضریب قدرت، وانتیلاتور، تسمه، پولی، الکتروپمپ، تشتک آب، شناور یا فلوتر و پوشالها اشاره کرد. در این کولرها آب توسط الکتروپمپ از تشتک به ناودانهای بالای پوشالها هدایت می‌شود و سپس بر روی پوشالها می‌ریزد و آنها را خیس نگه می‌دارد. با کار الکترو فن هوا از روی پوشالهای مرطوب عبور کرده به طرف کانال و یا داخل سالن هدایت می‌شود عبور هوا از روی پوشالهای مرطوب موجب تبخیر آب پوشالها شده می‌شود. آب برای تبخیر شدن گرمای هوای درون جعبه ی بیرونی کولر را جذب می‌کند و در نتیجه موجب خنک شدن هوا می‌شود هوای خنک با رطوبت حدود ۹۰ درصد وارد سالن می‌گردد این کولر در نقاطی که دارای آب و هوای خشک هستند با بازده خوب کار می‌کنند.

سرمایش تبخیری می‌تواند بصورت مستقیم یا غیر مستقیم و انجام شود. سرمایش تبخیری مستقیم، یک فرایند تبادل حرارت آدیاباتیک است حرارت از هوا به آب انتقال می‌یابد و آب تبخیر می‌گردد. به این ترتیب درجه حرارت حباب خشک هوا کاهش خواهد یافت و سرمایش محسوس انجام می‌شود. در سرمایش تبخیری غیرمستقیم، تبخیر در درون یک مبل حرارتی انجام می‌شود و مقدار رطوبت موجود در هوای خنک شده، تغییری نمی‌کند. از آنجایی که بالا بودن نرخ تبخیر رطوبت نسبی را افزایش داده و ممکن است موجب عدم اسایش محیط شود روش سرمایش تبخیری مستقیم باید در مناطقی اجرا شود که رطوبت نسبی در آنجا کم باشد. هرگاه فرایند تبخیر بطور طبیعی انجام شود تبخیر خودبخودی انجام می‌شود. در صورتی می‌توان یک فضا را با تبخیر خود به خودی خنک نمود که در آن سطحی از آب راکد یا در جریان مانند حوضچه یا فواره‌ی آب وجود داشته باشد. در مواردی که تبخیر توسط دستگاههای مکانیکی انجام شود تبخیر مختلط است. واضح است که در این نوع تبخیر انرژی مصرف می‌شود، ولی مقدار انرژی مصرفی در مقایسه با تهویه مطبوع بسیار کمتر است. اساس روش سرمایش تبخیری، ترمودینامیک تبخیر اب یا به عبارت دیگر تغییر حالت آب از مایع به بخار است [3]. (U.S. Department of energy, 2012).

## ۴- راهکارهای کاهش مصرف آب

در تحقیق پیستوچینی و همکاران در سال ۲۰۱۱ با بررسی عملکرد کولر های آبی با شرایط مختلف سیستمی از جمله استفاده از کمپرسورهایی با کارایی بالا و کم ، پیش خنک کنندگی مستقیم توسط چگال سازها و استفاده از سیستم های تبخیر مستقیم و غیرمستقیم در منطقه‌ای با آب و هوای خشک میزان کارایی این سیستم‌ها را با هم مقایسه کرد که در نتیجه‌ی این تحقیق استفاده از کمپرسورهایی با کارایی بالا و کم میزان کارایی کولرها را بسیار بالا بردند [4].

### کارایی در مصرف آب



شکل ۱: مقایسه میزان کارایی در مصرف آب در سیستم های مختلف کولر آبی

در تحقیقی مشابه در سال ۲۰۱۱ جابر و همکاران میزان کارایی کولر های آبی را در آب و هوای مدیترانه ای در کشور اردن مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق از مدل برنامه های INSEL, TRNSYS برای مدل سازی استفاده شد و مطالعه ای موردی خود را روی یک خانه معمول در کشور اردن انجام داد. اطلاعات به کار برده شده در این تحقیق زیربنای خانه، ارتفاع سقف، ضریب انتقال دمایی برای دیوار ها و سقف، دمای ترموستات و تعداد ساکنین بود. در نتیجه ی این تحقیق به این نتیجه رسیدند که سیستم های سنتی که در اردن استفاده میشود باعث مصرف بالای انرژی و آب میشوند. در حالی که با جایگزینی آنها با سیستم های تبخیری غیر مستقیم میتوان حدود ۲۱۶۹ KWh/a در مصرف انرژی صرفه جویی کرد و حدود ۵۸۸,۳ gr/KWh میزان انتشار دی اکسید کربن را کاهش داد. گفتنی است که میزان مصرف انرژی و آب در این کولر ها دارای رابطه ی مستقیم است [5]. پس با انتخاب سیستم های تبخیری غیر مستقیم در مناطق مدیترانه ای ایران مثل شهر های خرم آباد، یاسوج، ایلام و ساری که طبق طبقه بندی کوپن جزو مناطق مدیترانه ای به حساب می آیند می توان در مصرف آب و انرژی صرف جویی کرد. کارپیسکاک و همکاران طی تحقیقی در دانشگاه آریزونا در آمریکا به این نکته اشاره شد که اندازه یا حجم کولر، که با واحد CFP (cubic foot per minute) معرفی می شود، با میزان آب مصرفی در کولر دارای رابطه ی مستقیم است. پس می توان با انتخاب سایز مناسب و متناسب با مساحت منازل میزان مصرف آب را به مقدار قابل توجهی کاهش داد. همچنین در این مقاله به استفاده از دور موتورهای بالا و پایین اشاره شده و به این نتیجه رسیده اند که استفاده از دور موتور بالا منجر به مصرف بالاتر آب می شود [6]. بدیهی است که با فرهنگ سازی مناسب می توان این آموزه ها را به دست مردم رساند و از مصرف بی رویه این نعمت الهی جلوگیری کرد.



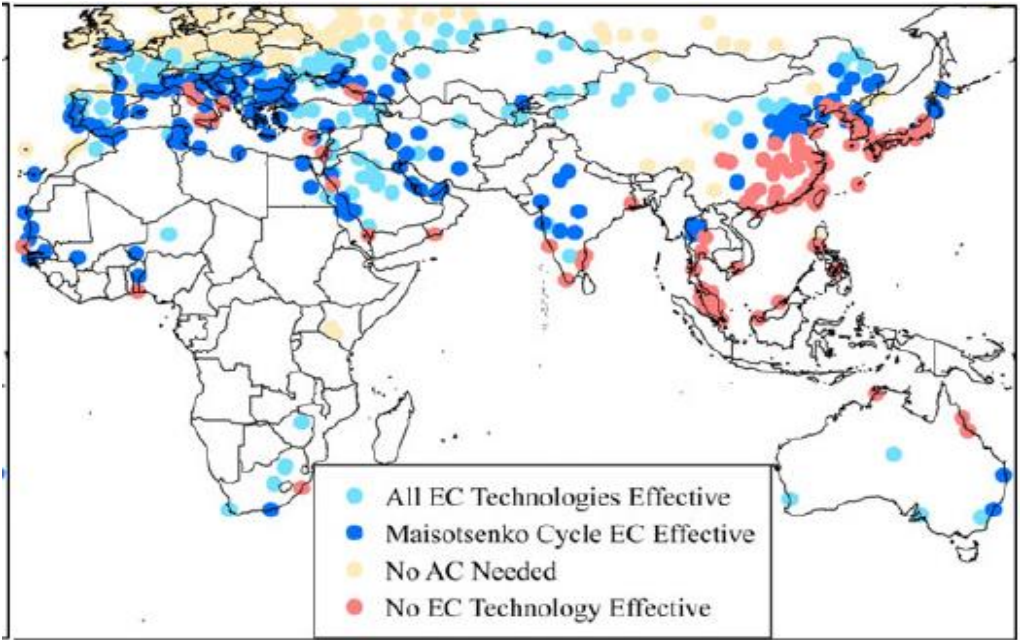
# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



همچنین ملکی نسب و همکاران (۱۳۸۶) استفاده از قطعات کاهنده مصرف از جمله درفشان و سردوش کم مصرف آب را در سطح مشترکین خانگی شهر کاشان مورد ارزیابی قرار دادند و در نتیجه آن، نصب کامل این تجهیزات در حدود ۲۲ درصد مصرف آب خانگی شهر کاشان را کاهش داده و می تواند نیاز به اجرای طرح های آینده تأمین آب در این شهر را تا ۶ سال به تأخیر اندازد. [7] در سال ۲۰۱۱ ساهای و همکاران استفاده ی سیستم های مختلف در جهان را مورد بررسی قراردادند و طبق شکل ارائه شده در این مقاله ایران جزو کشور هایی بود که استفاده از سیستم M-cycle بیشترین کار آبی را داشت. سیستم M-cycle با خنک کردن هر دو هوای در گردش و هوای خروجی در چند مرحله کار میکند. در هر مرحله با خنک کردن



رطوبت موجود باعث خنک شدن می شود. در نتیجه دمای هوا پایین تر از دمای هوا با استفاده از دیگر خنک کننده ها می شود (نزدیک به نقطه شبنم). تفاوت کلیدی بین این روش و دیگر روش های غیرمستقیم این است که هوای در گردش در هر مرحله قابلیت را دارد که میزان بیشتری دما را پایین آورد و رطوبت بیشتری در هوای خروجی نهایی به دام نمی اندازد.

شکل ۲: مشخص نمودن سیستم های مناسب کولر های آبی در کشورهای مختلف



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



همچنین در این مقاله اشاره شده که میزان مصرف آب با توجه به نوع آبیاری منطقه متفاوت و مقدار آن بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ لیتر در روز برای هر منزل مسکونی است. در این مقاله استفاده از آب خاکستری برای مصارف کولر ها به عنوان یکی از راهکرد های کاهش میزان مصرف آب و کاهش هزینه های تصفیه آب ارایه شده است و پتانسیل استفاده از آب خاکستری برای کولر های آبی را بسته به اقتصاد کشور و سطح زیرساختی آب و فاضلابی کشورها چیزی حدود ۴۰ تا ۱۰۰ درصد پیش بینی کرده [7]. به صورت میانگین آب مصرفی بر حمام ها و آب استفاده شده برای شستشوی لباس ها به ترتیب ۵۰ و ۳۰ لیتر برای هر نفر در یک روز تخمین زده شده که میتوان پس از تصفیه این آب و خالص سازی و عبور از فیلترهایی با کاهش میزان BOD آب و همچنین کاهش میزان TDS آب (برای جلوگیری از گرفتگی لوله های باریک کولر) این آب را به صورت مستقیم در منازل به مصرف کولر های آبی رساند [8-9].

در گزارشی که در سال ۲۰۱۷ از دانشگاه جورجیا از آمریکا ارائه شده محققان تمرکز خود را بر روی پوشالهای مصرفی گذاشته و در نتیجهی این مطالعه میزان آبی که از پوشالها توسط تبخیر توسط گرما یا باد تولید شده توسط ونتیلاتور مصرفی می شود را وابسته به سه پارامتر دمای هوای بیرون، رطوبت هوای بیرون و میزان هوایی که به داخل کولر کشیده می شود دانسته اند. هم این در این مطالعه مشخص شده که با افزایش ۲۰ درصدی سطح پوشالها میزان آب مصرفی شده به مقدار ۵ درصد افزایش می یابد اما اگر همین مقدار ۲۰ درصد را به سطح دریچه های کولر بیافزاییم میزان آب مصرفی به میزان ۲۰ درصد افزایش می یابد. پس می توان گفت با انتخاب سایز مناسب برای دریچه های کولر می توان به میزان قابل توجهی مصرف آب کولرها را مدیریت و کاهش داد [10].

## ۵- بحث و نتیجه گیری

طبق اطلاعیه سازمان ملی استاندارد ایران و دستورالعمل شرکت airah در زمینه رعایت نکات ایمنی و فنی در استفاده از کولرهای آبی موارد ذیل می توانند در کاهش مصرف آب و انرژی در کولرهای آبی و افزایش عمر کولرها کمک به سزایی به سازمان های دولتی و وابسته به آب و محیط زیست نماید.

نوع کولر را متناسب با مناطق آب و هوایی انتخاب شود. همانطور که در مطالعات انجام شده اشاره شد استفاده از کولرهای گازی برای مناطق گرم و مرطوب و از کولرهای آبی برای مناطق معتدل مناسب تر است. همچنین طول کانال کشی، مسیر کانال کشی و محل قرار گیری خود کولر و کانالها تاثیر به سزایی در عملکرد کولر ها دارد. این بدین معناست که کانال کشی کولر را از کوتاه کشی کولر را از کوتاهترین مسیر انجام شود چون هر چه مسیر کانال کشی کولرهای آبی پریچ و خم و طولانی تر باشد فشار هوا در مسیر کانالها افت پیدا کرده و جبران آن به انرژی بیشتری نیاز دارد و سرمای حاصل شده نیز کمتر می شود. همچنین خود کولر و کانالهای آن حتماً باید بوسیله عایقکاری با پشم شیشه یا عایقهای دیگر از گرم شدن کانالها و هدر رفتن سرما در اثر تابش مستقیم نور خورشید جلوگیری شود. علاوه بر عواملی که به آنها اشاره شد نصب کولر در جهت باد می تواند به میزان قابل توجهی از مصرف آب و انرژی بکاهد [11-12].



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## ۴- مراجع

۱. ربانی، د. موسوی، س. صدراویه، الف. قره گوزلو، م (۱۳۸۹)، مدل سازی مصرف آب یک دستگاه کولر آبی در منطقه گرم و خشک قم، سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، کرمان، تالار فارابی
2. <http://www.azevap.com/>
3. <https://energy.gov/>
4. Pistochini T, Modera M. Water-use efficiency for alternative cooling technologies in arid climates. Energy and Buildings. 2011;43(2):631-8.
5. Jaber S, Ajib S. Evaporative cooling as an efficient system in Mediterranean region. Applied Thermal Engineering. 2011;31(14):2590-6.
6. Karpiscak M, Marion M. Evaporative cooler water use. College of Agriculture and life Sciences, University of Arizona. 1994
۷. ملکی نسب، ا.، ابریشم چی، ا.، تجریشی، م. (۱۳۸۶)، ارزیابی صرفه جویی در مصرف آب خانگی به واسطه استفاده از قطعات کاهنده مصرف، مجله آب و فاضلاب، شماره ۶۲، ص ۲-۱۱.
8. Sahai R. Addressing Water Consumption of Evaporative Coolers with Greywater. 2013.
9. Willis, R. M., R. A. Stewart, D. P. Giurco, M. R. Talebpour, & A. Mousavinejad. 2011. "End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices". Journal of Cleaner Production xxx: 1-9.
10. Nolde, E. 2005. "Greywater recycling systems in Germany - results, experiences and guidelines" Water Science & Technology 51(10): 203-210.
11. Czarick M, Fairchil B. 2017. Poultry housing tips-evaporative cooling pad system water usage, university of Georgia, 2017.
12. <http://www.isiri.gov.ir>
13. <http://www.airah.org.au/>