

مدل سازی مصرف آب یک دستگاه کولر آبی در منطقه گرم و خشک قم

داورخواه ربانی^۱، مهندس سید غلامعباس موسوی^۲، مهدی قره گوزلو^۳

۱- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان

۲- عضو هیئت علمی گروه آمار و اپیدمیولوژی دانشگاه علوم پزشکی کاشان

۳- کارشناس بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کاشان

خلاصه

در ایران سرمایش ساختمان ها غالبا به وسیله کولرهای آبی تامین می شود. بررسی های اولیه نشان می دهد که مصرف آب واقعی کولر بخصوص در مناطق گرم و خشک حتی با احتساب ضریب حداکثر روزانه، بیشتر از مقدار ضوابط پیشنهادی استاندارد مهندسی آب کشور است و نیز مدلی که بتوان با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه مقدار آب مورد نیاز کولر را برآورد نمود در دسترس نمی باشد. از آنجایی که میزان آب مصرفی کولرهای آبی عمدتا تابع دمای هوای محیط است، این مطالعه با هدف "مدل سازی مصرف آب کولرهای آبی برای مناطق گرم و خشک ایران" انجام گرفته است.

این تحقیق یک مطالعه تجربی است که در بهار و تابستان سال ۱۳۸۵ در شهر قم به انجام رسیده است. در طول مطالعه هر هفته یک روز (مجموعا ۱۷ روز) به صورت اتفاقی انتخاب و در طول همان شبانه روز هر ساعت یکبار ($n=408$) حجم آب مصرفی کولر و دمای محیط در محل مطالعه اندازه گیری و ثبت شد.

نتایج: میانگین دمای هوا برای کل دوره ۳۰/۹۸ درجه سلسیوس ($S.D = 5/83$ و $n=408$) و میانگین آب مصرفی برای کل دوره ۷/۵۷ لیتر در ساعت ($S.D = 2/38$ و $n=408$) محاسبه شد و روند تغییرات مصرف آب کولر با دمای هوای محیط همسوئی مناسبی را نشان داد.

این مطالعه نشان داد که میانگین آب مصرفی کولر در فصول گرم حدود ۷/۵۷ لیتر در ساعت (۱۸۲ لیتر در شبانه روز) بوده که برابر ۳۰ لیتر در روز به ازای هر نفر می باشد. این نتیجه با ضوابط پیشنهادی مذکور که ۹-۳/۶ لیتر در روز به ازای هر نفر (با احتساب ضریب حداکثر روزانه ۱/۸ برای مناطق گرم و خشک در فصول گرم) را برای این منظور توصیه نموده، مغایرت دارد. علاوه براین در این مطالعه براساس رگرسیون خطی، مدل هایی برای تعیین آب مورد نیاز کولر بر اساس دمای هوای محیط ارائه شد.

کلمات کلیدی: آب، کولر آبی، قم

مقدمه:

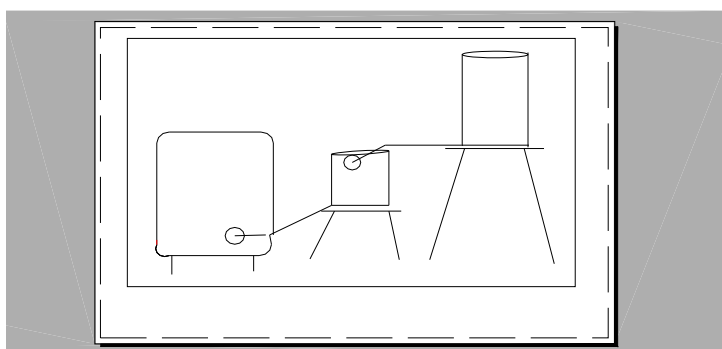
با توجه به گرم و خشک بودن اقلیم ایران غالباً سرمایش ساختمان ها به وسیله کولرهای آبی تامین می شود. بنا بر آمارهای موجود ۶۵ درصد خانوارهای شهری و ۲۰ درصد خانوارهای روستائی کشور از کولر آبی استفاده می کنند. طبق این آمار ۸/۵ تا ۹ میلیون کولر آبی در ایران وجود دارد و هر ساله حدود ۵۰۰ هزار دستگاه جدید نیز تولید و به بازار عرضه می شود (۱-۳).

متوسط سرانه آب مورد نیاز کولر و تهویه مطبوع توسط ضوابط پیشنهادی استاندارد مهندسی آب کشور برای سراسر ایران ۵-۲ لیتر در شبانه روز به ازای هرنفر تعیین شده و عمدتاً مهندسین مشاور در طراحی ها از این استاندارد استفاده می نمایند. بررسی های اولیه نشان می دهد که مصرف آب واقعی کولر بخصوص در مناطق گرم و خشک حتی با احتساب ضریب حداکثر روزانه، بیشتر از مقدار یاد شده است. از سوی دیگر مدلی که بتوان براساس آن با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه مقدار آب مورد نیاز کولر را برآورد نمود، در دسترس نمی باشد. از آنجایی که میزان آب مصرفی کولرهای آبی عمدتاً تابع دما هوای محیط آنهاست این مطالعه با هدف "مدل سازی مصرف آب کولرهای آبی برای مناطق گرم و خشک ایران" برنامه ریزی و به اجرا درآمده است (۴).

مواد و روش ها:

این تحقیق یک مطالعه تجربی است که از نیمه دوم خرداد تا پایان شهریور ماه سال ۱۳۸۵ یعنی در فصلی که نیاز به استفاده از وسایل سرمایش احساس می شد بر روی کولر آبی یک واحد مسکونی به مساحت اعیانی ۶۵ متر مربع با تعداد ساکنین شش نفر واقع در شهر قم انجام گرفته است. وسایل مورد استفاده شامل: یک دستگاه کولر آبی با قدمت ۲ سال، که دارای دو دور کند و تند بود و توان آن در دوره های یاد شده به ترتیب ۱/۱ و ۱/۳ اسب بخار بوده و توان مصرفی آن به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۵۳ کیلووات و شدت جریان آن ۲/۱ و ۴/۷ آمپر شناسایی شد. ظرفیت هوادهی آن ۴۲۰۰ مترمکعب در ساعت و بازده خنک سازی آن ۸۰٪ توسط کارخانه سازنده اعلام شده است.

همچنین از دو عدد بشکه نیز استفاده شد که یکی از آنها مدرج شده و مقدار آب مصرفی را نشان می داد و دیگری وظیفه تامین فشار لازم برای ورود آب به کولر را به عهده داشت. برای غلبه بر افت فشار ناشی از جریان آب، بشکه ها در سطحی بالاتر از محل ورود آب به کولر قرار داشتند و بین آنها نیز اختلاف سطح لازم در نظر گرفته شد. به منظور ثابت نگه داشتن فشار آب ورودی به کولر، بشکه پایینی با یک شیر شناور مجهز گردید که همواره سطح آب آنرا ثابت نگه می داشت. ارتباط بین بشکه ها و کولر از طریق شیلنگ پلاستیکی برقرار شد. شمایی از نحوه استقرار و ارتباط وسایل مذکور در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل شماره ۱- شمای وسایل مورد استفاده و نحوه استقرار و ارتباط آنها

در طول مدت مطالعه هر هفته یک روز (مجموعاً ۱۷ روز) به صورت اتفاقی جهت اندازه گیری انتخاب و در طی روز اندازه گیری، هر ساعت یکبار ($n=408$) حجم آب مصرفی کولر اندازه گیری و ثبت شد. همچنین به موازات اندازه گیری آب مصرفی کولر، هر ساعت یکبار دمای هوای محیط به وسیله یک دماسنج الکلی که در نزدیکی کولر و در سایه نصب شده بود اندازه گیری و ثبت گردید. واحد اندازه گیری آب مصرفی لیتر در ساعت (Lit/hr) و واحد اندازه گیری دما، درجه سلسیوس ($^{\circ}\text{C}$) بوده است.

نتایج:

مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار دمای هوای محیط شهر قم در محل مطالعه در ماه‌های اندازه گیری در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول شماره ۱ - شاخص‌های آماری وضعیت دمای هوای محیط شهر قم در محل مطالعه در ماه‌های اندازه گیری سال

۱۳۸۵

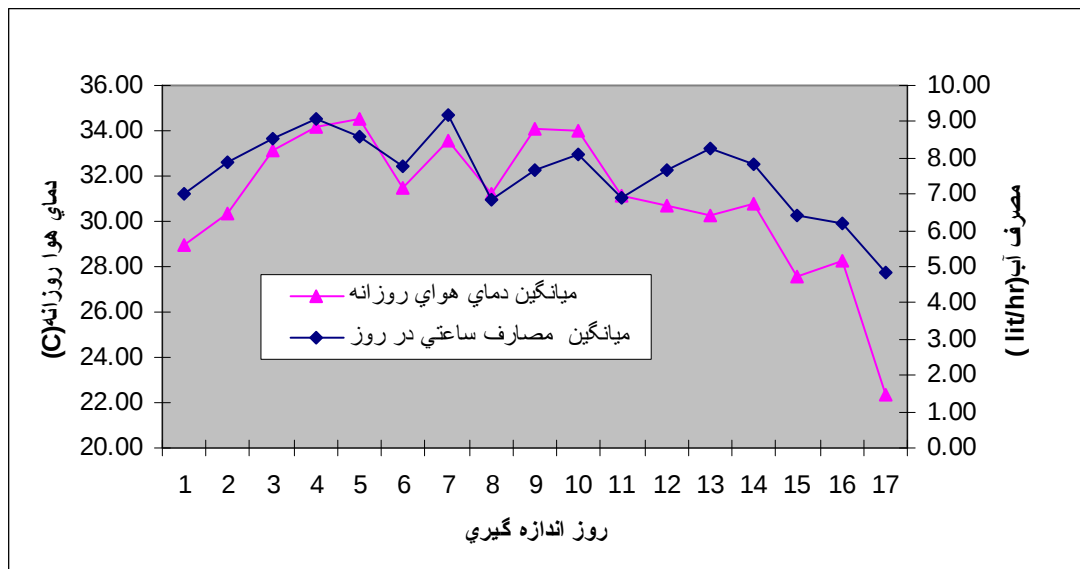
زمان	دمای هوا (درجه سلسیوس)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
خرداد $n=72$	۱۸/۰۰	۴۰/۰۰	۳۰/۸۲	۵/۸۶	
تیر $n=96$	۲۴/۰۰	۴۲/۰۰	۳۳/۴۴	۵/۱۴	
مرداد $n=120$	۲۰/۰۰	۴۳/۰۰	۳۲/۲۵	۵/۴۶	
شهریور $n=120$	۱۷/۰۰	۳۹/۰۰	۲۷/۸۵	۵/۳۳	
کل دوره $n=408$	۱۷/۰۰	۴۳/۰۰	۳۰/۹۸	۵/۸۳	

مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار مقدار آب مصرفی کولر در ماه‌های اندازه گیری در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول شماره ۲ - شاخص‌های آماری مقدار آب مصرفی کولر در ماه‌های اندازه گیری سال ۱۳۸۵ در شهر قم

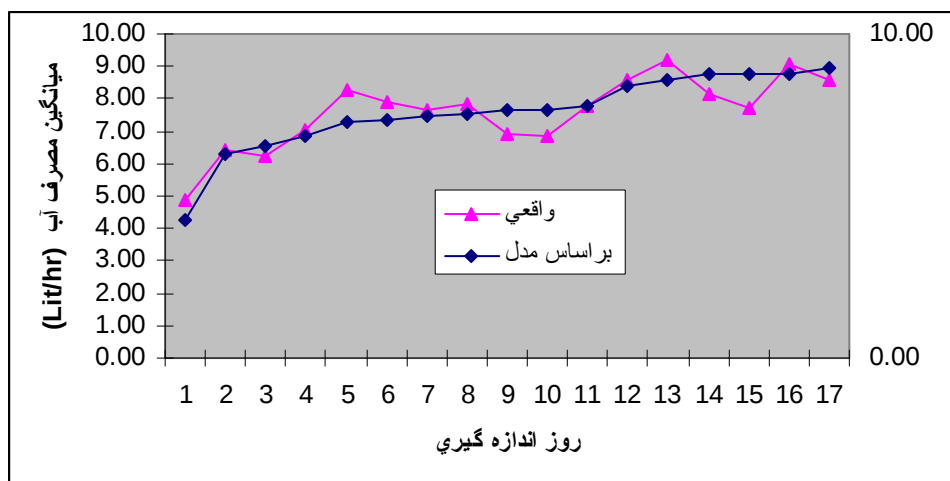
زمان	آب مصرفی (لیتر در ساعت)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
خرداد $n=72$	۲/۷۰	۱۲/۰۰	۷/۸۲	۲/۳۵	
تیر $n=96$	۴/۳۰	۱۳/۱۰	۸/۶۶	۲/۲۸	
مرداد $n=120$	۳/۰۰	۱۲/۶۰	۷/۴۵	۲/۲۷	
شهریور $n=120$	۲/۷۰	۱۲/۱۰	۶/۷۳	۲/۲۷	
کل دوره $n=408$	۲/۷۰	۱۳/۱۰	۷/۵۷	۲/۳۸	

روند تغییرات میانگین مصرف ساعتی آب کولر در مقایسه با مقادیر میانگین دمای هوای روزانه در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱- روند تغییرات میانگین مصارف روزانه آب کولر و میانگین روزانه دمای هوا در روزهای اندازه گیری

روند تغییرات مقادیر مرتب شده میانگین واقعی مصرف آب کولر در مقایسه با مقادیر متناظر هر کدام که از طریق مدل پیشنهادی بدست آمده در نمودار شماره ۲ ارائه شده است.



نمودار ۲- روند تغییرات مقادیر مرتب شده میانگین واقعی مصرف آب کولر و مقادیر متناظر هر کدام براساس مدل پیشنهادی

بحث:

تحقیق حاضر نشان داد که در شهر قم که از جمله مناطق با آب و هوای نیمه صحرایی تا صحرایی گرم و خشک محسوب می شود، در فصل گرما مصرف ساعتی آب کولر تحت بررسی با دمای هوا تناسب خوبی را نشان می دهد و برای تعیین مقدار آب مصرفی کولر در چنین منطقه ای می توان از فرمول زیر استفاده نمود.

$$(\text{دمای هوا}) \times 0.381 / -4.225 = \text{آب مصرفی در یک ساعت}$$

این فرمول در دامنه دمای ۱۷-۴۳ درجه سلسیوس قابلیت کاربرد دارد. در این فرمول مقدار آب مصرفی به لیتر در ساعت و دمای هوا به درجه سلسیوس می باشد ($r^2=0.868$, $PV<0.001$ و $n=408$).

همچنین برای تعیین حداکثر آب مورد نیاز در گرم ترین ساعت می توان از فرمول پیشنهادی زیر استفاده کرد.

$$(\text{دمای حداکثر}) \times 0.394 / -3.804 = \text{حداکثر آب مصرفی در یک ساعت}$$

این فرمول در دامنه دمای ۲۷-۴۳ درجه سلسیوس قابلیت کاربرد دارد. در این فرمول نیز حداکثر آب مصرفی به لیتر در ساعت و حداکثر دما به درجه سلسیوس می باشد ($r^2=0.911$, $PV<0.001$ و $n=17$).

علاوه بر این، بین میانگین دمای هوای روزانه و میانگین آب مصرفی رابطه ضعیف تری بصورت زیر مشاهده شد.

$$(\text{میانگین دمای هوا}) \times 0.319 / -2.288 = \text{میانگین آب مصرفی در یک ساعت}$$

این فرمول در دامنه دمای ۲۲/۳۳-۳۴/۵۴ درجه سلسیوس قابلیت کاربرد دارد. در این فرمول هم میانگین آب مصرفی به لیتر در ساعت و میانگین دما به درجه سلسیوس می باشد ($r^2=0.744$, $PV<0.001$ و $n=17$).

مقایسه مدل های ارائه شده فوق نشان می دهد که مدل اول برای تعیین متوسط مصرف ساعتی آب کولر در فصل گرم سال مدل مناسبی بوده و به دلیل اینکه از تعداد نمونه بیشتری استخراج گردیده دامنه وسیع تری از دما را در بر می گیرد. برای تعیین حداکثر مصرف (پیک مصرف) آب کولر در گرم ترین ساعت از پر مصرف ترین روز سال می توان از مدل دوم که برای این منظور اختصاصی تر محسوب می شود بهره گرفت. از مدل های ارائه شده می توان در بخش وسیعی از کشور بخصوص در ناحیه کویر مرکزی که وضعیت آب و هوایی مشابهی با محل انجام این مطالعه دارند استفاده نمود.

مطالعه حاضر همچنین نشان می دهد که در فصول گرم سال میانگین آب مصرفی یک کولر در شهر قم ۷/۵۷ لیتر در ساعت ($S.D = 2.38$) یعنی در حدود ۱۸۲ لیتر در شبانه روز می باشد که با توجه به تعداد نفرات ساکن در منزل (۶ نفر)، سرانه مصرف آب مورد نیاز کولر به ازای هر نفر حدود ۳۰ لیتر در روز می باشد. ضوابط استاندارد مهندسی آب ایران برای سراسر کشور متوسط مصرف آب کولر و تهویه مطبوع را ۲-۵ لیتر در شبانه روز به ازای هر نفر در طول سال پیشنهاد نموده که می توان از آن در برآورد نیاز آبی یکساله اجتماعات استفاده نمود و برای مناطق نیمه صحرایی تا صحرایی گرم و خشک یعنی برای شرایط آب و هوایی مشابه با وضعیت آب و هوایی شهر قم، ضریب حداکثر روزانه ۱/۵-۱/۸ را برای پر مصرف ترین روز سال اعلام نموده است. بنابراین بر اساس توصیه استاندارد مذکور در شهر قم و مناطق مشابه، حداکثر مصرف آب کولر در پر مصرف ترین روز سال ۹ لیتر در شبانه روز به ازای هر نفر بدست می آید که با نتایج این تحقیق مغایرتی را نشان می دهد. این مغایرت ضرورت بررسی و مطالعه مصرف آب کولر در مناطق مختلف آب و هوایی کشور را نشان می دهد.

با توجه به وجود ۹-۸/۵ میلیون کولر آبی در سراسر کشور که عمدتاً در مناطق گرم و خشک مورد استفاده قرار می گیرد و با در نظر گرفتن تعداد روزهای گرم سال که بالغ بر ۱۰۵ روز می گردد، مقدار آب مصرفی کولرها در طول یکسال ۱۶۲/۴ میلیون مترمکعب در سال برآورد می شود که در مقایسه با کل مصرف آب شهری و روستایی (۵ میلیارد

متر مکعب در سال، مصرف کولر و تهویه مطبوع حدود ۳/۲ درصد کل مصارف آب شهری و روستایی کشور را شامل می شود لذا سرمایه گذاری بیشتر جهت مطالعات جدید توجیه اقتصادی لازم را دارد. همچنین پیشنهاد می شود که در زمینه طراحی و معماری ساختمان ها مطالعات بیشتری از نظر مصارف انرژی و آب مصرفی جهت خنک سازی بناها صورت پذیرد. علاوه بر این استفاده از سیستم تهویه مرکزی با خنک سازی توسط جریان هوا بجای خنک سازی با جریان آب و نیز استفاده از کولرهای گازی بجای کولرهای آبی و عایق بندی ساختمان ها در برابر اتلاف برودت و حرارت به کاهش این بخش از مصارف آب کمک خواهد نمود که در کشور کم آب ایران از اهمیت خاصی برخوردار است (۴-۸).

منابع

1-<http://www.trib/amouzesh/m/energy/page03/htm>

2-<http://www.kooler.ir/default.aspx?city=1>

3- <http://edsm.tavanir.org.ir/koler-gazi.asp>

۴- استاندارد مهندسی آب. وزارت نیرو- سازمان برنامه و بودجه، مبانی و ضوابط طرح های آبرسانی شهری، نشریه شماره ۳-۱۱۷، ۱۳۷۱، انتشارات سازمان برنامه و بودجه

۵- مصدقی نیا ع. ر، ۱۳۷۶، گزارش دبیر سمینار، مجموعه خلاصه مقالات دومین کنفرانس مدیریت آب و فاضلاب در کشورهای آسیایی

۶- آشفته. ج، ۱۳۷۷، آبرسانی شهری جلد اول، انتشارات فنی حسینیان

۷- منزوی. م. ت، ۱۳۷۳، آبرسانی شهری، انتشارات و چاپ دانشگاه تهران

۸- رازقی. ن، ۱۳۶۴، تصفیه انتقال و توزیع آب انتشارات جهاد دانشگاهی