

بررسی عوامل موثر بر الگوی مصرف سرانه آب خانگی در جوامع روستایی

(مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی)

ابوالفضل اکبرپور، استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند akbar331@yahoo.com

محسن عزیزی، دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب دانشگاه بیرجند

نسبیه نصیری خراسانی، دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی دانشگاه بیرجند

چکیده:

شرایط اقلیمی، وضعیت فرهنگی و اقتصادی مردم، فعالیتهای کشاورزی و دامپروری و صنایع از عوامل موثر بر مصرف آب در جوامع روستایی می باشد. با توجه به اهمیت موضوع کم آبی در سطح ملی و بین المللی توجه به فاکتورهای موثر بر میزان مصرف آب در بخش خانگی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. در این راستا جهت بررسی عوامل موثر بر سرانه آب خانگی در جوامع روستایی از بین مجتمع های آبرسانی استان خراسان جنوبی با توجه به فاکتورهای جمعیت، وضعیت اقلیمی، ابعاد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و بعد مسافت، مجتمع آبرسانی علی-آباد لوله، مجتمع آبرسانی خور و مجتمع آبرسانی وحدت انتخاب شدند. سپس از کل روستاهای هر مجتمع تعدادی منزل که از نظر اقتصادی- اجتماعی و بعد خانوار با هم متفاوت بودند، انتخاب گردیدند. در نهایت اقدام به نصب کنتورهای مختلف در داخل منازل برای مصارف مختلف آب گردید. قرائت کنتورها به مدت یک هفته و روزانه انجام گرفت. بعد از تجزیه و تحلیل کنتورهای قرائت شده نتایج نشان داد که سرانه مصرف آب خانگی برای مجتمع های آبرسانی علی آباد لوله، خور و وحدت به ترتیب معادل 102/15، 97/61 و 100/27 لیتر در شبانه روز می باشد. همچنین از بین عوامل موثر بر سرانه آب خانگی، شرایط فرهنگی و اقتصادی نسبت به بعد خانوار، شرایط اقلیمی و روزهای تعطیلات از اهمیت ویژه ای برخوردار بود.

کلمات کلیدی: مصرف سرانه آب، آب خانگی، جوامع روستایی، استان خراسان جنوبی

1- مقدمه :

در میان کاربرد های مختلف آب، آب شرب به خاطر مسائل بهداشتی، نیاز های اولیه انسان و نیز احتمال بروز تنش های اجتماعی در اثر کمبود آن، از حساسی و اولویت بیشتر برخوردار است. بدین منظور تعیین الگوی مصرف یک راه کار مفید در مدیریت تقاضای آب و کاهش آن و هم چنین جهت راندمان مصرف بهبود یافته و جلوگیری از آلوده شدن یا نابود شدن منابع آبی می باشد. شاخص هایی مانند عادت فرهنگی، سطح زندگی، میزان توسعه اقتصادی، شرایط جغرافیایی، شرایط آب و هوایی، فشار شبکه توزیع، قیمت تمام شده آب و ... عوامل موثر در میزان مصرف سرانه آب یک جامعه شناخته می شوند [2].

از طرفی رشد روز افزون تقاضای آب در شرایط خاص اقلیمی، کشور را در آستانه کمبود شدید و به دنبال آن تنش های اجتماعی و سیاسی زیادی قرار داده است که بهبود این شرایط نیازمند رویکرد هایی برای تخصیص و استفاده بهینه از منابع آبی موجود می باشد. با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک استان خراسان جنوبی و همچنین رشد روز افزون تقاضای آب که موجب کمبود آب می شود، برآورد الگوی مصرف در مجامع روستایی استان خراسان جنوبی می تواند ابزاری قوی برای مدیریت تقاضا، بهبود راندمان مصرف باشد. آبی که با تلاش فراوان، با هزینه های هنگفت و کنترل کیفیت پر هزینه در اختیار مصرف کنندگان قرار می گیرد، آب گران قیمتی است زیرا حاصل کلیه اقدامات مورد اشاره می باشد. لذا شناسایی عوامل موثر الگوی مصرف آب و تعیین سرانه آب در روستاها از ضروریات عصر حاضر بوده چرا که در صورت تعیین الگوی مصرف آب ضمن اینکه سبب کاهش هزینه های اجرایی پروژه های آبرسانی شرکتهای آب و فاضلاب روستایی می شود، جمعیت بیشتری از آب قابل شرب و بهداشتی بهره مند می گردند.

در مطالعاتی که توسط سازمان ملل متحد در سنگاپور صورت گرفت، حداقل آب مصرفی هر شهروند برای حفظ بهداشت و سلامت جامعه 99 لیتر در روز تعیین گردید [3]. بر طبق برنامه سوم توسعه، الگوی مصرف آب هر خانوار 22/5 متر مکعب در ماه تعیین شده که در نتیجه هر نفر بطور متوسط در شبانه روز می تواند 150 لیتر آب مصرف نماید [4].

وان دیورن (1976) جهت مناطق روستایی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه میزان مصارف آب را به ترتیب معادل 300 لیتر بر روز به ازای هر نفر (Lpcd) و 100 Lpcd اعلام نموده است [5]. کشاورزی و همکاران (2006) روی تاثیر رفتار 653 خانواده از 33 روستای ناحیه ی رامجرد استان فارس بر الگوی مصرف آب مطالعه کرد و به این نتیجه رسید که بعد خانوار و سن سرپرست خانوار بر مصرف آب تاثیر به سزایی داشته است [10]. مارتین (1999) گزارش کردند که مصرف آب خانگی تحت تاثیر افزایش تعداد خانه های تک خانواده ای است، و پیوستگی بین مصرف آب و اندازه خانواده نشان داد که افزایش در مصرف آب با بعد خانوارها بهتر توجیه می - شود تا با رشد جمعیت [11]. هرینگتون (1996) اثرات تغییر اقلیم را روی تقاضای آب در انگلستان و ولز بررسی کرد و اعلام نمود 1/1 درجه سانتی گراد افزایش در دما، 12 درصد تقاضای آب برای کشاورزی را افزایش می دهد [9]. استنلی و همکاران در سال 2000 یک مدل شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی مصرف روزانه شهر آلبرتا کانادا بر اساس ماکزیمم و مینیمم درجه حرارت، بارش و مصرف روز قبل و میزان بارش تجمعی تا 30 روز قبل را ارائه نمودند [12]. یک مدل سری زمانی برای پیش بینی مصرف روزانه در شهر ملبورن استرالیا در سال 2002 توسط والتون و همکاران توسعه داده شد. در این مدل فرض شده بود که مصرف روزانه تابعی از شرایط فصلی و اقلیمی باشد [13].

جو و همکاران در سال 2002 یک مدل شبکه عصبی برای پیش بینی مصرف آب در شهر سنول ارائه کردند که پارامترهای اصلی آن ماکزیمم دما و مصرف روز قبل، تعطیلات، سرعت باد در فصل بهار و رطوبت در فصل زمستان بود [14]. محمدی اقدم و رستمی ایرانق در سال 1388 مطالعاتی را در زمینه عوامل موثر بر اصلاح الگوی مصرف در مناطق مختلف شهر تبریز

انجام دادند و نتایج نشان داد که باورهای فرهنگی و اجتماعی در چگونگی مصرف آب بسیار مهم بوده و تغییر این باورها در جهت اصلاح الگوی مصرف باعث کاهش مصرف آب می‌گردد [7].

یزدان داد و مظلوم در سال 1388 به بررسی عوامل موثر بر الگوی مصرف آب خانگی در شهر مشهد پرداختند و نتایج نشان داد که سطح تحصیلات و جایگاه شغلی سرپرست خانوارها، قیمت آب و تغییرات فصلی در میزان مصرف آب تاثیر دارد. همچنین بر اساس نظر سنجی صورت گرفته راهکارهای بهینه‌سازی مصرف خانگی آب به ترتیب مربوط به بخشهای فرهنگ سازی، تبلیغات و اطلاع رسانی، بهبود و اصلاح وسایل انتقال آب، تشویق و تنبیه مشترکین و افزایش قیمت می‌باشد [8]. با توجه به اینکه در مورد الگوی مصرف آب در روستاها در ایران تاکنون تحقیقاتی صورت نگرفته، لذا هدف از این تحقیق تعیین اجزای مختلف مصرف سرانه آب خانگی در جوامع روستایی واقع در استان خراسان جنوبی است و عوامل موثر بر آن می‌باشد. شاید بتوان قدمی موثر در تبیین راهکارهای اجرایی در جهت مدیریت و حفظ منابع آب قابل دسترس در سطح کشور برداشته شود.

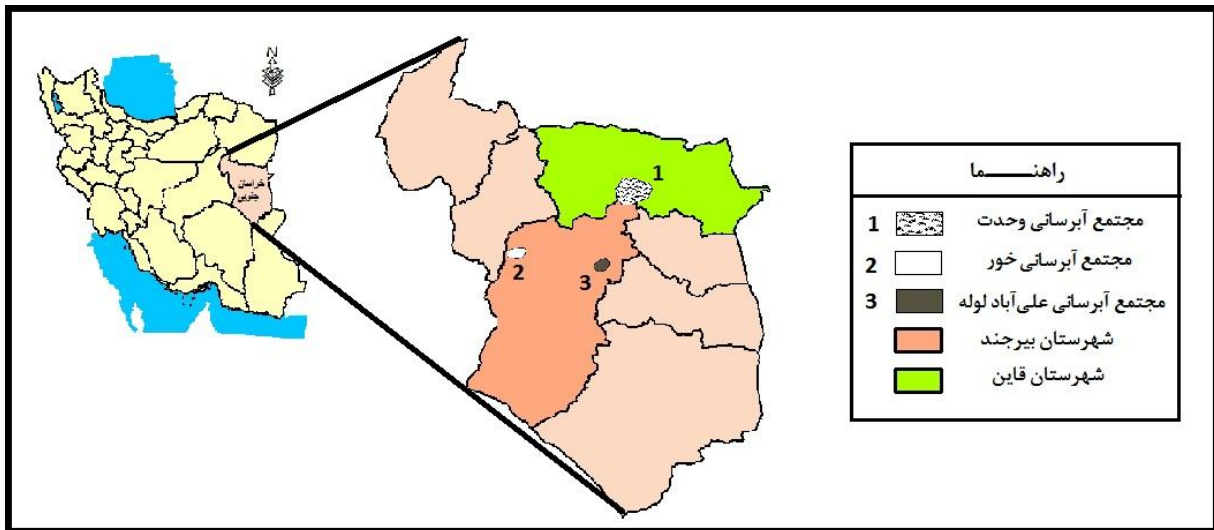
2- مواد و روشها

2-1- خصوصیات منطقه مورد مطالعه

استان خراسان جنوبی با برخورداری از وسعتی معادل 94250 کیلومتر مربع (حدود 5/78 درصد مساحت کل کشور) در شرق کشور قرار دارد. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری این استان دارای 7 شهرستان، 18 بخش، 20 شهر، 48 دهستان، 8023 روستا و آبادی است. متوسط بارندگی سالانه استان 175/5 میلیمتر، متوسط تبخیر سالانه 3050 میلیمتر و متوسط درجه حرارت 14 درجه سانتیگراد است. این استان دارای 499 رشته قنات 1317 حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، 450 میلیون متر مکعب آبهای سطحی و یک میلیارد متر مکعب آبهای زیرزمینی می‌باشد. تعداد 834 روستای بیش از 20 خانوار در استان وجود دارد، که از این تعداد 331 روستا دارای شبکه های آبرسانی با ضریب بهره وری بیش از 70% (سطح یک)، 188 روستا دارای شبکه آبرسانی با ضریب بهره‌وری بین 30 تا 70% (سطح دو) و 95 روستا را کد و 220 روستا فاقد شبکه آبرسانی می‌باشد [6].

از بین 86 مجتمع‌های آبرسانی استان، سه مجتمع آبرسانی علی آباد، خور و وحدت انتخاب شدند. مجتمع آبرسانی علی آباد لوله در شرق و جنوب شرقی شهرستان بیرجند و در فاصله 6 کیلومتری مرکز شهرستان قرار داشته و اکثر روستاهای آن در مناطق کوهپایه‌ای دهستان باقران بخش مرکزی واقع شده‌اند. مجتمع آبرسانی خور در غرب شهرستان بیرجند و در فاصله 85 کیلومتری مرکز شهرستان قرار داشته و روستاهای آن در دهستان و بخش خوسف واقع شده‌اند. مجتمع آبرسانی وحدت در شمال و شمال شرقی شهرستان بیرجند و 100 کیلومتری مرکز شهرستان قرار داشته و 8 روستای آن در مناطق کوهستانی دهستان شاخن بخش مرکزی شهرستان بیرجند و 9 روستای دیگر در مناطق کوهستانی دهستان افین بخش زهان شهرستان قاین می‌باشند.

شکل (1) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه واقع در استان خراسان جنوبی (بدون مقیاس)

2-2- روش و ابزار جمع آوری اطلاعات تحقیق

مقدار مصرف سرانه آب در شهرهای ایران به درستی روشن نیست و این امر در مورد روستاها به مراتب مشهودتر می باشد. در حقیقت برآورد روشن و دقیقی از میزان مصارف روستایی به تفکیک نوع مصرف به دلیل عدم وجود اطلاعات جامع و مورد نیاز امکان پذیر نمی باشد. وابسته بودن میزان مصرف آب به متغیرهای گوناگون، اعلام رقم قطعی مصرف سرانه آب را به صورت دستورالعملی کلی مشکل می سازد. موقعیت جغرافیایی روستا به عنوان یک متغیر اصلی تعیین کننده میزان مصرف آب می باشد. دارا بودن مناطق باستانی و دیدنی، جاذبه های گردشگری، درآمدزایی خوب، فرهنگ بالای ساکنین و نزدیکی به شهر جملگی از عوامل افزایش میزان مصرف آب در یک جامعه روستایی هستند. در این تحقیق برای جمع آوری اطلاعات مورد نیاز مراحل زیر انجام گردید که عبارتند از:

الف) انتخاب مجتمع های آبرسانی مورد مطالعه

از بین مجتمع های آبرسانی استان با توجه به فاکتورهای جمعیت، وضعیت آب و هوا، ابعاد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و بعد مسافت، مجتمع آبرسانی علی آباد لوله به علت نزدیکی به شهر و یکسان بودن ابعاد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی آن به جوامع شهری و مجتمع آبرسانی خور به علت مجاورت با کویر لوت و آب و هوای گرم و خشک در تابستان، سرد و خشک در فصل زمستان و موقعیت مناسب برای دامداری و مجتمع آبرسانی وحدت به علت آب و هوای سرد کوهستانی و موقعیت مناسب برای کشاورزی انتخاب شدند.

ب) انتخاب خانوارهای نمونه در هر مجتمع

در هر مجتمع آبرسانی مورد مطالعه از بین روستاهای موجود، تعدادی خانوار که بعد خانوار 2 تا 7 با شرایط فرهنگی و اقتصادی متفاوت، بطور تصادفی جهت اندازه گیری الگوی مصرف آب انتخاب گردید.

ج) برآورد سرانه آب خانگی

جهت برآورد سرانه آب خانگی ابتدا کنتورهای آب نصب شده در خانه‌های منتخب کنترل گردید که نقصی نداشته باشد و عددی که کنتورها نشان می دهد از دقت بالایی برخوردار باشد. پس از اطمینان از سالم بودن کنتورها، برای مدت زمان یک هفته بصورت روزانه کنتورهای آب منزل قرائت گردید و حجم آب مصرفی هر خانوار در روز معین گردید و با تقسیم حجم آب مصرفی هر روز بر بعد خانوار، سرانه آب مصرفی هر خانوار تعیین شد.

4- نتایج

در مجتمع‌های مورد مطالعه، سرانه مصرف آب خانگی به شرح ذیل تعیین گردید که در جدول زیر اطلاعات بیشتر ارائه می‌گردد.

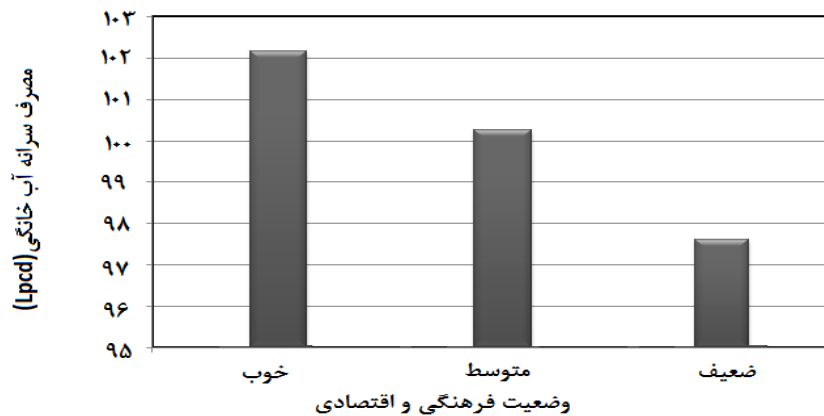
جدول 7- مصرف سرانه آب خانگی در مجتمع‌های آبرسانی مورد مطالعه [1]

ردیف	مجتمع آبرسانی	مصرف سرانه آب خانگی (Lpcd)
1	علی آباد لوله	102/15
2	وحدت	100/27
3	خور	97/61
	متوسط مصرف سرانه آب خانگی (Lpcd)	99/94

4-1- بررسی عوامل موثر بر مصرف سرانه آب خانگی

الف) وضعیت فرهنگی و اقتصادی

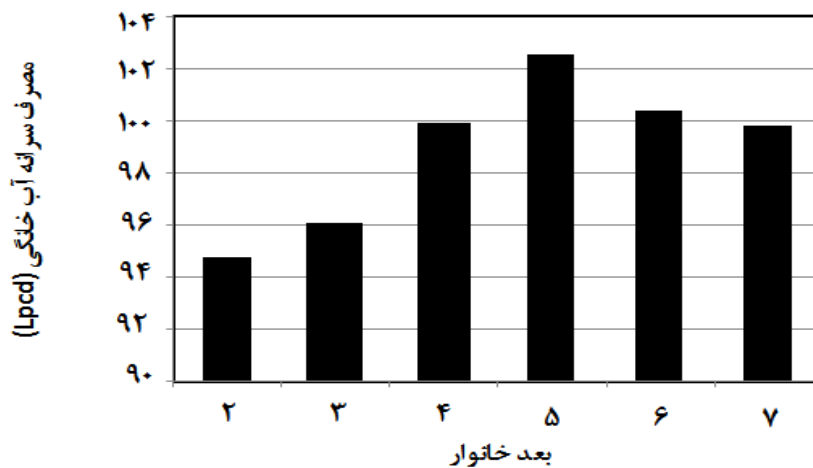
میزان مصرف آب هر جامعه به وضعیت فرهنگی و اقتصادی مردم آن بستگی دارد. جامعه کم درآمد یا بیکار آب کمتری مصرف می‌کند. در بسیاری از مناطق فقیرنشین شهرها مشاهده شده است که اهالی به دلیل شرایط سخت زندگی، از ایجاد فضای سبز خانگی امتناع می‌ورزند. در این تحقیق خانوارهای مجتمع آبرسانی علی‌آباد لوله به علت نزدیکی به شهر دارای وضعیت اقتصادی و فرهنگی خوب و مجتمع آبرسانی وحدت به علت موقعیت جغرافیایی مناسب برای کشاورزی دارای وضعیت متوسط و مجتمع آبرسانی خور به علت کمبود امکانات شغلی و تفریحی، خشکسالی و موقعیت کویری دارای وضعیت ضعیف می‌باشد. شکل زیر تغییرات مصرف سرانه آب خانگی را بر اساس شرایط فرهنگی و اقتصادی نشان می‌دهد.



شکل 4- نوسانات مصرف سرانه آب خانگی نسبت به وضعیت فرهنگی و اقتصادی

ب) تغییرات بعد خانوار

شرایط جمعیتی نظیر بعد خانوار و ترکیب سنی و جنسی خانوار بر مصرف آب موثرند. میزان مصرف آب با افزایش سرانه تعداد خانوار یا جمعیت منطقه افزایش پیدا می کند. پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع آوری از الگوی مصرف آب در مجتمع های آبرسانی مورد مطالعه، مطابق شکل زیر مشخص گردید که الگوی مصرف آب با افزایش بعد خانوار به 5 دارای سیر صعودی و سپس با افزایش بیشتر بعد خانوار دارای سیر نزولی دارد.

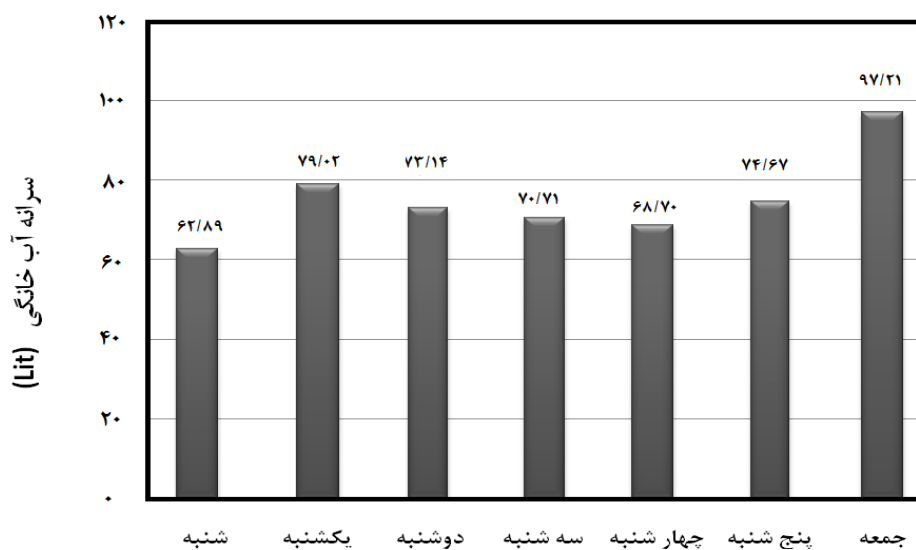


شکل 4- نوسانات مصرف سرانه آب خانگی نسبت به بعد خانوار

ج) روزهای تعطیل

مصرف سرانه آب در طول هفته دارای نوساناتی می باشد. بطور کلی مصرف سرانه آب در روزهای تعطیل به علت اینکه در این روزها بیشتر اعضای خانواده در خانه می باشد و به نظافت خود و خانه می پردازند، مصرف سرانه آب در این ایام نسبت به

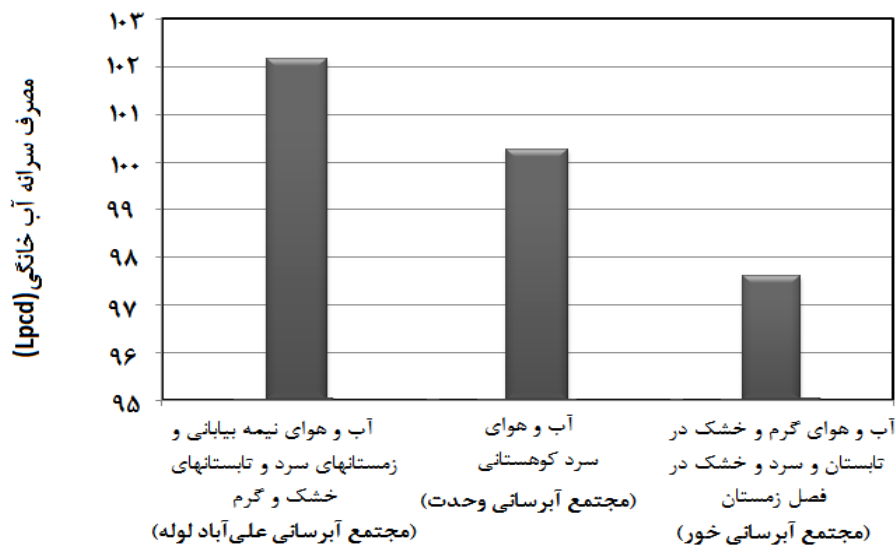
سایر روزها بیشتر است. با بررسی نوسانات هفتگی سرانه آب خانگی در مجتمع‌های آبرسانی مورد مطالعه مشخص گردید که روز جمعه با سرانه آب مصرفی 97/21 لیتر و روز شنبه با سرانه آب مصرفی 62/89 لیتر به ترتیب بیشتر و کمترین سرانه آب مصرفی را دارا می‌باشند. شکل (3) نوسانات هفتگی سرانه آب خانگی را در سطح مجتمع‌های آبرسانی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل 3- نوسانات هفتگی مصرف سرانه آب خانگی در جوامع روستایی

د) شرایط اقلیمی

مصرف آب در شرایط اقلیمی گوناگون به علت اختلاف در درجه حرارت، رطوبت و میزان بارندگی متفاوت است. بطور کلی مصرف آب در مناطق گرم و خشک بیابانی بیشتر از مناطق معتدل، مرطوب و سرد است. اما همانطور که در شکل زیر ملاحظه می‌فرمایید، با اینکه مجتمع آبرسانی خور در مجاورت با کویر لوت و دارای آب و هوای گرم و خشک در تابستان و سرد و خشک در فصل زمستان می‌باشد، سرانه آب در آن از سایر مجتمع‌ها کمتر می‌باشد، در نتیجه شرایط دیگر در سرانه آب خانگی تاثیر بیشتری نسبت به شرایط اقلیمی دارند.



شکل 4- نوسانات مصرف سرانه آب خانگی نسبت به شرایط اقلیمی

3- بحث و نتیجه گیری

میزان مصرف آب به عوامل متعددی از جمله شرایط اقلیمی، وضعیت فرهنگی و اقتصادی مردم، جمعیت، فعالیتهای کشاورزی و دامپروری بستگی دارد. این تحقیق جهت برآورد مصرف سرانه آب خانگی برای جوامع روستای واقع در استان خراسان جنوبی انجام گردید و نتایج نشان داد که سرانه مصرف آب خانگی برای مجتمع آبرسانی علی آباد لوله، به علت نزدیکی به شهر و یکسان بودن ابعاد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی آن به جوامع شهری و آب و هوای نیمه بیابانی و زمستانهای سرد و تابستانهای خشک و گرم معادل 102/15 لیتر در شبانه روز است. سرانه آب مصرفی برای مجتمع آبرسانی خور، به علت مجاورت با کویر لوت و دارای آب و هوای گرم و خشک در تابستان و سرد و خشک در فصل زمستان و شرایط مناسب برای دامداری معادل 97/61 لیتر در شبانه روز می باشد. سرانه آب مصرفی برای مجتمع آبرسانی واحدت، به علت آب و هوای سرد کوهستانی و موقعیت مناسب برای کشاورزی برابر 100/27 لیتر در شبانه روز برآورد گردید. و همچنین از بین عوامل موثر بر مصرف سرانه آب خانگی از قبیل شرایط فرهنگی و اقتصادی، بعد خانوار، شرایط اقلیمی و روزهای تعطیل، عامل فرهنگی و اقتصادی از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است، بطوری که میزان مصرف آب با افزایش بعد خانوار یا جمعیت منطقه افزایش پیدا می کند. اما این افزایش سرانه تا بعد خانوار برابر 5 نفر ادامه دارد و از آن به بعد سرانه آب خانگی کاهش پیدا می کند که یکی از دلایل را می توان ناشی از هزینه بالای آب بهاء آب مصرفی دانست که این سبب کاهش مصرف سرانه آب آنها می گردد.



تشکر و قدرانی:

نویسندگان مقاله از مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی و سایر همکاران شرکت آب و فاضلاب بخاطر مساعدت و همکاری در انجام پروژه نهایت تشکر و قدردانی را دارند.

منابع و ماخذ:

- ۱- عزیزی، م. (1389). تعیین اجزاء مختلف مصرف سرانه آب در جوامع روستایی (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته منابع آب، دانشگاه بیرجند دانشکده کشاورزی، 100ص.
- ۲- اکبرپور، ا، عزیزی، م. (1388). "گزارش طرح پژوهشی بررسی امکان سنجی سیستم های دوگانه آب در مجامع روستایی در استان خراسان جنوبی" شرکت آب و فاضلاب روستایی استان خراسان جنوبی، 150ص.
- ۳- تجریشی، م، ابریشم چی، ا. (1385). "مدیریت تقاضای منابع آب در کشور" مجموعه مقالات همایش روشهای پیشگیری از اتلاف آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شریف، ص 24-39.
- ۴- سازمان برنامه و بودجه و وزارت نیرو (1371). مبانی وضوابط طرحهای آبرسانی شهری، نشریه شماره 3-117، 46 ص.
- ۵- شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی (1385). مطالعات مرحله اول طرح جامع آبرسانی مجتمع آهنگران قاین، 500ص.
- ۶- کرامتی، ع.ا. (1389). "مطالعه موردی بررسی عوامل موثر بر آب به حساب نیامده شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی در مجتمع آبرسانی خور" شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی، 57ص.
- ۷- محمدی اقدم، ک، رستمی ایرانق، ع. (1388). عوامل موثر در اصلاح الگوی مصرف آب، سومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، دانشگاه صنعت آب و برق - تهران.
- ۸- یزدان داد، ح، مظلوم، ب.ب.ز. (1388). بررسی عوامل موثر بر الگوی مصرف آب و بهینه سازی آن در بخش خانگی (مطالعه موردی: شهر مشهد)، سومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، دانشگاه صنعت آب و برق - تهران.
- 9- Herrington, P. (1996). "Climate change and the demand for water. Department of the Environment". HMSO. London. U.K.
- 10- Keshavarzi, A.R.; Sharifzadeh, M.; Kamgar Haghghi, A.A; Amin, S.; Keshtkar, Sh.; Bamdad, A. (2006). "Rural domestic water consumption behavior: a case study in Ramjerd area, Fars province, I. R. Iran.". Water Res. 40. pp.1173-1178.
- 11- Martin, N. (1999). "Population, Households and domestic water use in countries of the Mediterranean Middle East (Jordan, Lebanon, Syria, the West Bank, Gaza and Israel)", International Institute for Applied Systems Analysis Report, Schlossplatz 1. A-2361 Laxenburg. Austria.



چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران
13 و 14 اردیبهشت 1390، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران



-
- 12- Staek, H.L., Stanley, J.S., Buchanan, I.D. (2000). "Water Demand Forecasting Using Artificial Neural Networks". University of Alberta.
 - 13- Yu, M.J., Joo, C.N., Koo, J.Y. (2002). "Application of short-Term Water Demand Prediction Model to Seoul". Journal of Water Science & Technology. Vol. 46. No. 6-7.
 - 14- Zhou, S.L., McMahon, T.A., Walton, A., Lewis, J. (2002). "Forecasting Operational Demand for an Urban Water Supply Zone". Journal of Hydrology. Val. 259. Issue 1-4.