



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



انجمن آب و فاضلاب ایران شرکت آب و فاضلاب کلان

مطالعه موردی شناسایی اجزای مصرف مشترکین خانگی شهر کاشان

حسین پهلوان زاده

کارشناس دفتر آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب کاشان

h_pahlevanzadeh@yahoo.com

سید علیرضا خادمی فر

مدیر دفتر آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب کاشان

khademifar@gmail.com

احمد اصفهانیان

معاون بهره برداری شرکت آب و فاضلاب کاشان

aki1353@gmail.com

خلاصه

شناخت الگوی مصرف مشترکین خانگی یکی از اساسی ترین نیازهای مطالعات مدیریت مصرف آب بوده تا بتواند در مقابله با مشکلات موجود در تامین آب راهگشا و مؤثر باشد. در این مطالعه تعدادی از مشترکین خانگی شهر کاشان انتخاب و تجهیزات دقیق اندازه گیری مصرف، برای هریک نصب شده است. ضمن تعیین مصرف سرانه هر خانوار، سهم هر یک از اجزای مصرف (ظرفشویی، دستشویی، حمام و ...) به دست آمده است. این مطالعه در سه بازه زمانی متفاوت از سال و در مجموع برای ۵۴ مشترک صورت گرفته است. لازم به ذکر است شرکت آب و فاضلاب کاشان به عنوان مجری، وظیفه انتخاب مشترکین، نصب و راه اندازی تجهیزات و ارسال اطلاعات ثبت شده و شرکت inter3 از طرف گروه مشارکت همکاریهای ایران و آلمان به عنوان مشاور طرح وظیفه تجزیه و تحلیل اطلاعات ثبت شده را بر عهده داشته است.

کلمات کلیدی: الگوی مصرف، متوسط مصرف روزانه، فناوری DEMAPLAN، کالیبراسیون

۱- مقدمه

با توجه به توسعه روز افزون جوامع و رشد جمعیت، تقاضای آب نیز فزونی یافته و تلاش برای توسعه منابع جدید برای تامین این نیازها کافی نیست. امروزه بسیاری از کشورها با استفاده از اعمال سیاستهای مدیریت مصرف برای مواجهه با این مشکلات اقدام می نمایند. واقع شدن شهر کاشان در حاشیه کویر و داشتن اقلیمی خشک و بی آب، کاهش آبدهی چاهها، پایین رفتن سطح ایستابی چاهها، هجوم آبهای شور به سمت آبهای شیرین، فرونشست زمین، کاهش نزولات آسمانی و ... حکایت از



دانشگاه گیلان
پروفسور مهدی شهید باهنر

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on

Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



انجمن آب و فاضلاب ایران شرکت آب و فاضلاب کتور

آن دارد که در آینده ای نه چندان دور منابع موجود پاسخگوی نیاز مشتریان نخواهد بود و بایستی در زمینه مدیریت مصرف گامهای اساسی برداشت. با وجود اطلاعات کافی از وضعیت منابع و تأسیسات زیربنایی در شرکتهای آب و فاضلاب، اغلب در خصوص نوسانات مصرف و الگوی مصرف مشترکین اطلاعات محدودی وجود دارد و این ناشی از عدم آگاهی از مصرف تجهیزات بهداشتی خانوارها است. در نتیجه ظرفیتهای ممکن جهت صرفه جویی در آب قابل شناسایی نبوده و شرایط را برای تصمیم گیری منطقی و کاربردی دشوار می سازد. از دیدگاه آینده نگرانه شناسایی نحوه مصرف می تواند در برآورد میزان فاضلاب تولید شده یاری نموده و پیش بینی تمهیدات لازم در خصوص استفاده مجدد آن را رهنمون سازد. به همین منظور انجام مطالعاتی که منجر به شناخت اجزا و الگوی مصرف مشترکین خانگی به عنوان عمده ترین مصرف کنندگان ضروری بنظر می رسد. شناخت سهم هر یک از اجزای مصرف می تواند در برنامه ریزیهای آینده و ارائه راهکارهای مؤثر و مفید برای اعمال مدیریت مصرف کمک شایانی نماید.

در این راستا تفاهم نامه ای با عنوان الگوی مصرف و کارآمدی اقدامات صرفه جویی آب خانگی در ایران بین شرکت مهندسی آبفای کشور و گروه مشارکت آب آلمان با هدف تعیین الگوی مصارف خانگی در چارچوب فن آوری های نوین در شهر کاشان منعقد و مقرر گردید پروژه با حداقل ۴۰ خانوار عملیاتی گردد. تأمین تجهیزات فنی، آموزش پرسنل و ارزیابی داده ها بر عهده مشاور آلمانی و انتخاب خانوارها، نصب و راه اندازی تجهیزات، تکمیل و ارسال پرسشنامه های اطلاعات خانوارها و ... بر عهده شرکت آب و فاضلاب کاشان بوده است [1].

۲- مراحل انجام مطالعات

پس از برگزاری جلسات هماهنگی با حضور مدیران و کارشناسان شرکتهای آبفای کاشان و inter3، ضمن تشریح کلیات طرح و نحوه اجرای پروژه های مشابه در کشور آلمان، نیازها و الزامات اجرای پروژه برای پرسنل آبفای کاشان تبیین و با انجام آموزشهای لازم، اقدامات ذیل صورت پذیرفت:

۲-۱- شناسایی و انتخاب مشترکین واجد شرایط

با توجه به تجهیزات تأمین شده توسط مشاور آلمانی، شرایط ضروری مشترکین جهت انجام پروژه عبارتست از:

- قطر کنتور ۳/۴ اینچ
 - عدم وجود استخر، حوض، تانکر ذخیره و ... در منزل مشترک (اندازه گیری جریان ورودی به این موارد امکان پذیر نیست)
 - یک واحدی بودن مشترک (در غیر این صورت پیش بینی رفتار مشترکین دشوار خواهد بود)
 - دیواری بودن حوضچه کنتور (به علت محافظت از تجهیزات الکترونیکی در برابر رطوبت و سهولت در تعویض کنتور)
- با توجه به شرایط مذکور لیستی از ۱۰۰۰ مشترک تک واحدی خانگی با قطر کنتور ۳/۴ توسط معاونت مشترکین تهیه و سپس مراحل ذیل جهت انتخاب نهایی مشترکین صورت پذیرفت:

- تشکیل واحد تماس با مشترکین به منظور تشریح اهداف اجرای پایلوت و اخذ موافقت تلفنی ۱۸۰ مشترک جهت اجرای پروژه
- مراجعه به منازل مشترکین با هماهنگی قبلی و بررسی امکان فنی نصب تجهیزات
- انتخاب مشترکین واجد شرایط
- هماهنگی با واحد امداد و حوادث جهت تعویض کنتورهای مشترکین انتخاب شده

۲-۲- نصب کنتور دقت بالا بجای کنتور مشترک

به منظور اندازه گیری دقیق حجم آب مصرفی هر خانوار با نظر مشاور طرح، کنتورهای آلمانی Elster مولتی جت مدل MNR-K کلاس C (R=200) با قابلیت ارسال اطلاعات به جای کنتور مشترک نصب گردید.



شکل ۱: نصب کنتور بجای کنتور مشترک

۳-۲- نصب دیتالاگر و انجام تنظیمات نرم افزاری

هر کنتور مجهز به یک دیتالاگر DEMAPLAN است که اطلاعات مصرف آب را با تواتر زمانی بر حسب ثانیه ثبت نموده و این داده ها به صورت بسته های اطلاعاتی از طریق بستر GPRS به سرور مرکزی شرکت Inter3 انتقال می یابد. اگر به هر دلیل انتقال اطلاعات با مشکل مواجه شود داده های ذخیره شده در کارت حافظه می تواند بعدا ارسال گردد. ضمناً تنظیمات اولیه برای هر مشترک به کمک این دستگاه صورت می گیرد.



شکل ۲: تجهیزات مورد استفاده در پابلوت

فناوری DEMAPLAN قادر است اطلاعات مربوط به بیشترین میزان دبی و مقدار مصرف هر یک از شیرآلات و سایر اجزای مصرف (کولر، ماشین لباسشویی، ماشین ظرفشویی) را به صورت مجزا جمع آوری و اندازه گیری نماید. همچنین با تشکیل یک پایگاه داده جامع، تجهیزات منازل را از نظر میزان مصرف با یکدیگر مقایسه نموده و کارایی آنها را محاسبه نماید. با شناخت مشخصات فنی و میزان کارایی هر یک از تجهیزات ارائه راهکارهای مصرف بهینه امکان پذیر بوده و ارائه گزارشهای دقیق ابزار قدرتمندی برای مدیریت مصرف فراهم می سازد.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



انجمن آب و فاضلاب ایران شرکت آب و فاضلاب تهران

۲-۴- کالیبراسیون شیرآلات و ارسال اطلاعات

کالیبراسیون روشی برای تعیین رفتار مصرف هر یک از شیرآلات ساختمان می‌باشد. هدف از کالیبراسیون، شناسایی تمامی مصرف کنندگان آب در منزل و ثبت الگوی مصرف آنها بوده و در واقع یکی از مهمترین و حساسترین مراحل پروژه بشمار می‌آید. در این روش زمانی که تمامی شیرآلات بسته هستند و هیچ مصرف آبی از کنتور اصلی وجود ندارد یکی از شیرآلات باز شده و زمان دقیق باز شدن آن در فرم کالیبراسیون ثبت می‌گردد. پی از گذشت حدود یک دقیقه شیر مورد نظر بسته و زمان آن نیز ثبت می‌گردد. از آنجا که در زمان آزمایش، فقط یک شیر باز بوده می‌توان نتیجه گرفت رفتار مصرفی ثبت شده در کنتور اصلی همان رفتار شیر یا مصرف کننده مورد نظر می‌باشد. بدین ترتیب شیر بعدی انتخاب شده و این عملیات برای تمامی شیرآلات موجود در منزل مشترک تکرار می‌گردد. در پایان فرم کالیبراسیون که حاوی اطلاعات زمان باز و بسته شدن هریک از شیرآلات منصوبه می‌باشد تکمیل می‌شود. جدول ۱ نمونه‌ای از یک فرم کالیبراسیون را نشان می‌دهد.

جدول ۱: نمونه ای از فرم کالیبراسیون مشترکین پابلوت

ردیف	نام محل	نوع وسیله برداشت	زمان شروع	زمان پایان
1	آشپزخانه	شیراهرمی ظرفشویی	10:10:20	10:10:55
2	حمام	شیراهرمی دوش	10:13:00	10:13:30
3	توالت	شیراهرمی روشویی	10:14:05	10:14:35
4	توالت	شیراهرمی توالت	10:15:00	10:15:30
5	توالت	فلاش تانک	10:16:00	10:16:52

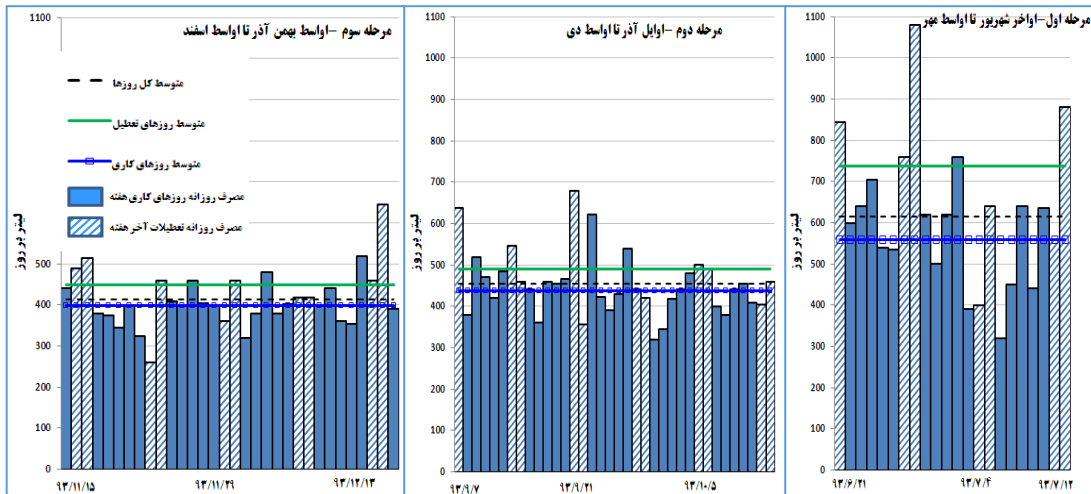
همچنین در فرم کالیبراسیون اطلاعاتی شامل مدل ماشین لباسشویی، شماره کنتور جدید، تاریخ و ساعت نصب دیتالاگر، نوع سیستم سرمایش و گرمایش و پرسشنامه‌ای حاوی اطلاعات افراد خانوار شامل سن، تحصیلات، شغل، عادات رفتاری مصرف، میزان متوسط مصرف ماهانه و ... ثبت می‌گردد. پس از حدود یک ماه از زمان نصب تجهیزات در منزل مشترکین اطلاعات ذخیره شده در کارت حافظه برداشت شده به همراه پرسشنامه ها و فرم های کالیبراسیون مشترکین، سابقه مصرف مشترکین برای مشاور ارسال گردیده است. لازم به ذکر است این طرح از اواخر شهریور ۹۳ در شهر کاشان آغاز و با توجه به محدودیت تعداد تجهیزات تامین شده توسط مشاور، در سه بازه زمانی متفاوت برای ۵۴ مشترک در اسفند ماه ۹۳ پایان یافته است. البته در نهایت اطلاعات ۴۵ مشترک مورد ارزیابی واقع شده که شرح آن در جدول شماره ۲ ذکر شده است.

جدول ۲: زمان بندی مراحل انجام پروژه

تاریخ انجام	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳
۹۳/۶/۲۱ تا ۹۳/۷/۱۱	۹۳/۹/۷ تا ۹۳/۱۰/۱۲	۹۳/۱۱/۱۵ تا ۹۳/۱۲/۱۶	
تعداد خانوار انتخاب شده	۱۲	۲۲	۲۰
تعداد خانوار نهایی	۷	۱۹	۱۹
متوسط تعداد ساکنین	۴	۳،۴	۳،۵
درصد کودکان زیر ۱۲ سال	٪۴	٪۲۲	٪۲۳
سرانه مصرف	۱۵۵	۱۳۵	۱۲۰

۳- تحلیل داده ها

شرکت Inter 3 به کمک فناوری DEMAPLAN و با استفاده از داده های جمع آوری شده در پایلوت شهر کاشان گزارشهای متفاوتی در قالب نمودار ارائه نموده است. شکل ۳ نمودار تغییرات متوسط مصرف آب (لیتر بر روز) در سه بازه زمانی متفاوت را نشان می دهد. میزان متوسط مصرف در مرحله اول ۶۲۰ است که تقریباً ۱٫۵ برابر میزان مشابه در مراحل دوم و سوم (به ترتیب ۴۵۰ و ۴۲۰ لیتر) می باشد. مقدار بیشینه مصرف در مرحله اول تقریباً ۱۱۰۰ لیتر در روز است در حالیکه این میزان در ماههای زمستان به کمتر از ۷۰۰ لیتر در روز کاهش می یابد. به عبارت دیگر حداکثر مصرف روزانه در شهر کاشان ۱٫۵ برابر متوسط مصرف روزانه است. همچنین میزان مصرف در تعطیلات پایان هفته (معادل ۷۴۰ لیتر) حدود ۳۲ درصد از متوسط مصرف روزهای کاری هفته (معادل ۵۶۰ لیتر) می باشد در حالیکه در زمستان، متوسط مصرف روزهای کاری ۱۱ درصد از مصرف در تعطیلات پایان هفته کمتر می باشد [2]. حداکثر مصارف که دفعات محدودی اتفاق می افتد به عنوان نقطه بحرانی در طراحی زیرساختهای لازم برای تأمین آب شهروندان شناخته شده و لزوم مدیریت و برنامه ریزی صحیح را یاد آور می شود.



شکل ۳: نمودار مصرف روزانه مشترکین در سه مرحله اجرای پایلوت

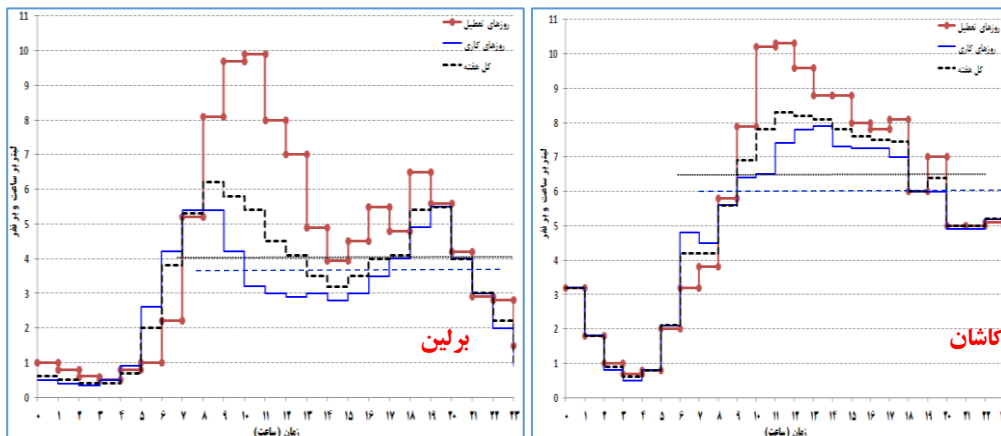
مهمترین علت کاهش مصرف، تغییرات دمای هوا در زمان اجرای پایلوت است بطوریکه محدوده دما از ۲۲ تا ۴۰ در مرحله اول به ۴ تا ۱۸ درجه سانتیگراد در مراحل بعدی رسیده و متوسط مصرف از ۶۲۰ به ۴۲۰ لیتر در روز کاهش می یابد.



شکل ۴: نمودار تغییرات دمای حداقل و حداکثر در زمان انجام پایلوت [2]

بررسی شکل ۵ نشان می‌دهد متوسط مصرف روزانه در کل ایام هفته (خط چین) در بازه زمانی ۶ صبح تا ۲۴ بامداد و معادل ۶٫۵ لیتر در هر ساعت به ازای هر نفر می‌باشد و حداکثر مصرف (حدود ۸ لیتر بر ساعت) بین ساعت‌های ۱۱ تا ۱۵ و حداقل آن (حدوداً ۱ لیتر) در ۲ تا ۴ بامداد اتفاق می‌افتد، اما در تعطیلات پایان هفته، متوسط مصرف به بیش از ۱۰ لیتر بر ساعت به ازای هر نفر افزایش می‌یابد. نمودار سمت چپ نتایج مطالعات مشابهی را در شهر برلین آلمان نشان می‌دهد که در آن متوسط مصرف روزانه در کل ایام هفته در بازه زمانی ۶ صبح تا ۲۴ بامداد معادل ۴ و حداکثر مصرف تقریباً ۶ لیتر در ساعت به ازای هر نفر در فاصله زمانی ۸ تا ۹ صبح ولی ماکزیمم مصرف تعطیلات پایان هفته همانند شهر کاشان معادل ۱۰ لیتر در ساعت محاسبه شده است.

مقایسه رفتار مصرف مشترکان این دوشهر بیانگر این مطلب است که حداکثر میزان مصرف ساعتی کل روزهای هفته در شهر برلین ۲ لیتر کمتر از این مقدار در شهر کاشان بوده و همچنین در ساعت‌های متفاوتی و در زمان کوتاهی واقع می‌شود. همچنین از این نمودار می‌توان اختلاف قابل توجه مصرف در روزهای تعطیل و روزهای کاری شهر برلین را (به ویژه در ساعات ۸ تا ۱۹) مشاهده نمود در حالیکه میزان این اختلاف در شهر کاشان کمتر بوده و ممکن است ناشی از متفاوت بودن عادات و هنجارهای فرهنگی، اجتماعی، مذهبی و ... خانوارهای این دو شهر محسوب گردد.

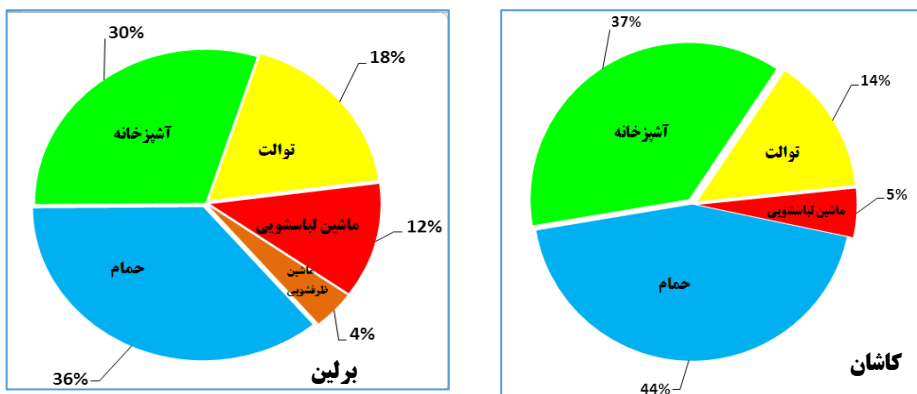


شکل ۵: نمودار روند تغییرات ساعتی مصرف در روزهای کاری و تعطیلات آخر هفته کاشان و برلین آلمان [2]

۴- الگوی مصرف

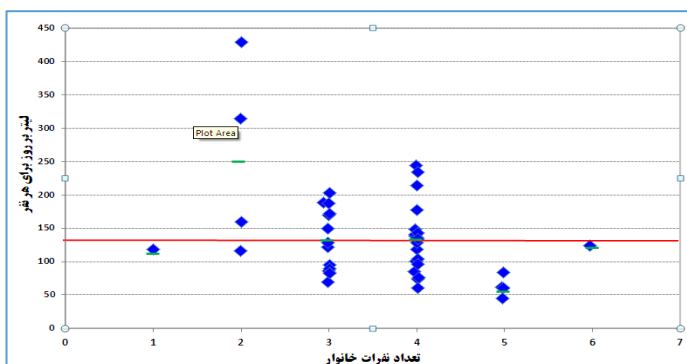
فناوری DEMAPLAN قادر است الگوی مصرف خانوارهای شرکت داده شده در پایلوت شهر کاشان را نیز ارائه نماید. مطابق شکل ۶ در شهر کاشان ۴۴ درصد از متوسط میزان مصرف روزانه که معادل ۴۸ لیتر در روز برای هر نفر می‌باشد به مصارف بهداشتی اختصاص یافته است. این مقدار علاوه بر استحمام، شامل مواردی مانند شست و شوی دستی لباس در حمام، دستشویی، روشویی و ... می‌باشد. ۳۷ درصد از کل مصرف روزانه که معادل ۴۱ لیتر به ازای هر نفر می‌باشد به مصارف آشپزخانه شامل پخت و پز غذا، شستشوی ظروف و ... تعلق دارد. در جایگاه سوم، فلاش تانک با مصرف روزانه ۱۶ لیتر به ازای

هر نفر که معادل ۱۴ درصد مصرف کل روزانه می‌باشد قرار گرفته است. همچنین در منازلی که ماشین لباسشویی اتوماتیک استفاده شده، ۵ درصد مصرف کل که معادل ۶ لیتر به ازای هر نفر می‌باشد به این مصرف کننده اختصاص دارد. مقایسه الگوی مصرف شهرکاشان با مطالعه موردی شهر برلین آلمان نشان می‌دهد که در آن شهر نیز مصارف بهداشتی و حمام بیشترین سهم (۳۶ درصد) با مقدار ۲۴ لیتر به ازای هر نفر به خود اختصاص داده که البته در مقایسه با کاشان حدودا نصف می‌باشد. رتبه های بعدی مربوط به فلاش تانک و ماشین لباسشویی با مصرف به ترتیب با ۲۱ و ۱۲ لیتر به ازای هر نفر می‌باشد و مصارف آشپزخانه که شامل ماشین ظرفشویی نیز می‌شود با مصرف متوسط ۱۰٫۵ لیتر که معادل ۱۶ درصد کل مصرف روزانه است در جایگاه بعدی واقع شده است.



شکل ۶: مقایسه الگوی مصرف آب شهر کاشان و شهر برلین آلمان [2]

در شکل ۷ پراکندگی متوسط مصرف سرانه ۴۵ خانوار نشان داده شده است. میزان پراکندگی متوسط مصرف بین ۵۰ تا ۴۳۰ لیتر به ازای هر نفر در روز می‌باشد در حالیکه میزان مصرف متوسط سرانه در شهر کاشان ۱۴۰ لیتر در روز می‌باشد. از نمودار مشخص است که میزان پراکندگی در خانوارهای دو نفره نسبت به سایر مشترکین بیشتر است و بیشترین سرانه هم مربوط به این دسته است که با حدود ۲۵۰ لیتر در روز تقریبا دو برابر متوسط مصرف سرانه کل می‌باشد. خانوارهای ۴ نفره بیشترین فراوانی مشترکین را دارا بوده (۴۴ درصد) و از میزان گستردگی پراکندگی سرانه مصرف ۲۵۰ تا ۵۰ لیتر در روز برخوردارند که لزوم توسعه استراتژی و برنامه‌ریزی در این گروه را نشان می‌دهد. مصاحبه با مشترکین کم مصرف در این گروه نشان داده است که مهمترین عامل پایین بودن مصرف، آگاهی اعضای این خانوارها به اهمیت موضوع آب و مسایل زیست محیطی بوده بدون اینکه کیفیت زندگی آنان پایین تر باشد لذا بالا بردن سطح آگاهی و تقویت برنامه‌های آموزشی و فرهنگی شهروندان می‌تواند راهبردی مؤثر در راستای مدیریت مصرف قلمداد شود.



شکل ۷: مقایسه سوانه مصرف آب بر اساس تعداد اعضای خانوار [2]

۵- نتیجه گیری

۱- حداکثر مصرف آب در طول روز به طور پیوسته در بازه زمانی ساعت ۱۱ تا ۱۵ رخ می دهد که عمدتاً ناشی از مصرف آب در جامعه زنان خانه دار است. اجرای برنامه هایی در راستای اطلاع رسانی بیشتر، ارائه راهکارهای مصرف بهینه و استفاده از لوازم کاهنده گامی اثر بخش تأمین آب پایدار و کمک به حفظ منابع محدود فعلی خواهد بود.

۲- مطالعات انجام شده نشان داد متوسط مصرف روزانه در تابستان (۶۲۰) حدود ۱٫۵ برابر این مقدار در زمستان (۴۲۰) است که تأمین آب مورد نیاز آن مستلزم صرف هزینه های زیاد به منظور ایجاد زیرساختهای مناسب می باشد. بکارگیری تجهیزات بهینه و کارآمد در بخشهای تولید، توزیع و مصرف آب، موجب عدم سرمایه گذاری کلان فقط برای روزهای محدودی از سال گردیده و قطعاً در کاهش هزینه ها اثرگذار خواهد بود.

۳- بالاتر بودن متوسط مصرف ساعتی از ساعت ۶ صبح تا ۲۴ بامداد (۶٫۵ لیتر در ساعت) برای شهر کاشان در مقایسه با کشور آلمان (۴ لیتر در ساعت) بیانگر لزوم اعمال برنامه های مدیریت مصرف در خانوارهای ایرانی است.

۴- بر اساس نتایج الگوی مصرف، بیشترین سهم مصارف خانگی (۴۴ درصد) مربوط به مصارف حمام با ۴۸ لیتر در روز برای هر نفر است که این مقدار دوبرابر مصرف آب خانوارهای آلمانی در همین بخش می باشد. اجرای برنامه های اصلاح الگوی مصرف، بازنگری در تجهیزات و شیرآلات مصرف کننده و نیز بالابردن سطح آگاهی شهروندان از جمله راهکارهای بهبود وضعیت موجود شمرده می شود.

۶- مراجع

۱. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، گروه مشارکت آب آلمان (۱۳۹۳)، الگوی مصرف و کارآمدی اقدامات صرفه جویی آب خانگی در ایران، تهران، ایران.

2. Dr. Shahrooz Mohajeri, Tamara Nunez von Voigt, (2017). DEMAPLAN Demand-oriented management and planning of water infrastructures, inter 3 Institute for Resource Managemnet, Berlin, Germany.