بررسی کمی و کیفی آب قابل استحصال در منازل مسکونی

محمدتقی دستورانی
استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد. (*dastorani@um.ac.ir*)

چکیده

در این تحقیق کمیت و کیفیت آب قابل استحصال از بارش و نیز بخشی از پساب خانگی (که در آن از مواد شوینده و آلاینده ها استفاده نمی شود) در مقیاس خانگی مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. به این منظور پس از نصب تجهیزات مورد نیاز و آماده سازی مکان تحقیق، فرآیند بارش-رواناب، حجم آب استحصالی به تفکیک ماه از هر یک از دو منبع (بارش و پساب بی ضرر) و نیز کیفیت آب استحصالی در طول یک سال مورد اندازه گیری و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که کیفیت آب استحصالی برای استفاده های غیر شرب منازل مشکلی ندارد. هر چند وضعیت پارامترهای کیفی مورد ارزیابی در طول ماههای مختلف سال متغیر است ولی فقط رنگ حقیقی آب در اغلب اوقات بالاتر از حد مجاز شرب می باشد و نیز میزان منیزیم فقط در سه ماه از سال در حد کمی بالاتر از استانداردهای شرب بوده و مقدار بقیه پارامترهای کیفیت آب پایین تر از حد مجاز شرب است. البته لازم به ذکر است که این آب به علت وجود آلودگیهای احتمالی میکروبی و نیز مشکلات مربوط به طعم و رنگ بدون انجام تصفیه های لازم برای شرب توصیه نمی گردد. از نظر کمی نیز میزان آب قابل تامین از دو منبع ذکر شده در طول ماههای مختلف تفاوتهای فاحشی دارد و بدیهی است که با توجه به اقلیم حاکم بر منطقه، حجم آب قابل استحصال در ماههای مربوط به فصول بارش به مراتب بیشتر از ماههای دیگر است. متوسط ضریب رواناب مربوط به وقایع بارشی در پشت بام برابر ۷۳۱۳٪ اندازه گیری شد که البته در بارشهای مختلف تا حدی متفاوت می باشد. مقدار آب استحصالی در سال ۹۷-۱۳۹۶ که یک سال خشک و کم بارش در منطقه تحقیق بوده برابر ۳۶/۷۸ متر مکعب اندازه گیری شده ولی بر اساس بارش متوسط دراز مدت منطقه کل حجم آب قابل استحصال در طول سال برابر ۴۲/۳ مترمکعب بدست می آید که ۶۹/۶ درصد آن از بارش پشت بام و ۳۰/۴ درصد آن از پساب بی ضرر حاصل شده است. حجم آب استحصالی حدود ۲۷/۱ درصد از آب مورد نیاز یک خانوار چهار نفری را در طول سال تشکیل میدهد.

واژه‌های کلیدی:
استحصال آب باران، مناطق مسکونی، شهر مشهد، بارندگی، منابع آب

مقدمه

در شرایط موجود، تامین آب مورد نیاز در مناطق مسکونی به ویژه در کلانشهرها به یک چالش جدی تبدیل شده است. این مسئله به ویژه در رابطه با تامین آب شرب که بایستی کیفیت قابل قبولی داشته باشد از دیدگاه مدیریتی در این مناطق جدی تر است. برای غلبه بر این چالش، مدیریت مناسب و پایدار منابع آب موجود و نیز جستجوی منابع جدید آب ضروری به نظر میرسد. به نظر میرسد استحصال آب باران و نیز استفاده مجدد از پسابهای تولید شده جزء منابعی هستند که در این خصوص اهمیت ویژه ای دارند. به عبارت دیگر استحصال آب باران از سطوح عایق خانگی همچون پشت بامها و نیز استفاده از پسابهای بی ضرر خانگی و بازچرخانی پسابها و فاضلابهای تولیدی و استفاده مجدد از آنها جهت نیازهای غیرشرب خانگی میتواند تاثیر قابل توجهی در کاهش تقاضا در مناطق شهری داشته باشد. هر چند در خصوص روشهای ترکیبی استحصال آب باران و پساب در مقیاس خانگی خصوصا برای مناطق خشک که دارای دوره طولانی بدون بارش است فعالیتهای زیادی صورت نگرفته ولی بررسی هایی در خصوص ارزیابی استحصال آب باران از سطوح کم نفوذپذیر و نفوذناپذیر در مناطق مختلف دنیا صورت گرفته که البته با توجه به متفاوت بودن شرایط در نقاط مختلف، این موضوع هنوز نیازمند بررسی و مطالعه دقیق در شرایط محیطی مختلف است.

سعدالدین و همکاران (۱۳۸۷) به ارزیابی کمیت و کیفیت آب باران قابل جمع‌آوری از سطوح بام ساختمان‌ها در پردیس‌های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان پرداختند. تجزیه و تحلیل بیلان آب در پردیس‌های دانشگاه نشان داد که جمع‌آوری و استفاده از آب باران به طور قابل ترملاحظه‌ای حتی در ماه‌های خشک سال می‌تواند از فشار مصرف منبع آب شیرین شهری بکاهد. نتایج بررسی پارامترهای کیفیت شیمیایی و میکروبی لزوم توجه دقیق‌تر به آلودگی‌های احتمالی آب در صورت استفاده شرب را نشان می‌دهد. عباسی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی تاثیر پارامتر آستانه شروع رواناب بر روی سطوح آبگیر شهری در شهر مشهد پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که آستانه بارش برای شروع رواناب ۲/۲ میلی متر با شدت بیشتر از ۸ میلی متر بر ساعت می باشد. عباسی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی پتانسیل استحصال آب باران در حوزه‌های آبخیز شهری پرداختند. در این پژوهش که در شهر مشهد انجام شد، سطح موردنظر برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران، محوطه پارکینگ و آسفالت خیابان‌ها در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که ضریب رواناب در وقایع منجر به بارندگی به طور متوسط برای فصل بهار۰/۵۲، برای فصل پاییز ۰/۵۹ و برای فصل زمستان ۰/۶۰ می‌باشد. عابدزاده و همکاران (۱۳۹۳) پژوهشی را تحت عنوان مقایسه تامین آب مورد نیاز فضای سبز خانگی با آب استحصالی باران در اقلیم‌های مختلف انجام دادند. در این تحقیق دو منطقه در دو اقلیم متفاوت (شهرهای رامسر و بیرجند) برای مطالعه کارایی روش ذخیره آب بارش به وسیله سقف‌های حلبی انتخاب شدند. نتایج نشان داد مقدار آب استحصال شده از پشت بام نمی‌تواند به طور کامل نیاز آبی گیاه را در قطعه زمین جنب خانه تامین کند و استفاده از این روش در شهر ساحلی رامسر نتیجه بهتری را می‌دهد و در بیرجند با توجه به کمبود بارش مقرون به صرفه نیست. عطارزاده حسینی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تاثیر ضریب رواناب بر استحصال آب باران از سطوح پشت‌بام پرداختند. این مطالعه در حوزه مسکن مهر تربت جام صورت گرفت و سطح پشت‌بام ها با عایق ایزوگام پوشانده شد. مقدار ضریب رواناب در عایق‌های پشت‌بام ۰/۹ برآورد شد. با استفاده از بارش کل منطقه و محاسبه سطوح پشت‌بام ها نتایج نشان داد که مقدار آب استحصال شده برای کل شهر۷۷۵۳۰۳ متر مکعب است. پهلوانی و همکاران (۱۳۹۵) پتانسیل استحصال آب باران از پشت بام را در دو شرایط اقلیمی مختلف (مشهد و نور مازندران) مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج این تحقیق ضریب رواناب در وقایع بارندگی منجر به رواناب به طور متوسط برای فصل پاییز در مشهد ۰/۶۶ و نور ۰/۷۵، برای فصل زمستان در مشهد ۰/۶۹ و نور ۰/۷۶ و برای فصل بهار در مشهد ۰/۶۲ و نور ۰/۶۹ می‌باشد. احتمال آستانه ظهور رواناب در شهر نور ۰/۳ میلی‌متر و در شهر مشهد ۰/۷ میلی‌متر اندازه گیری شد و بیشترین مقدار متوسط رواناب تولید شده در شهر مشهد مربوط به فصل بهار و در شهر نور مربوط به فصل پاییز بود. دستورانی (۱۳۹۶) روش ترکیبی جهت استحصال آب باران و پساب بی ضرر خانگی جهت تامین بخشی از آب مورد نیاز شهری در شهر مشهد را مورد بررسی قرار داد و اعلام نمود که بر اساس نتایج اولیه جمع آوری آب به روش ترکیبی (آب باران و پساب تمیز خانگی) در یک منطقه نیمه خشک مثل مشهد میتواند بخش موثری از آب مورد نیاز یک خانوار متوسط را فراهم کند. این روش ترکیبی با داشتن جریان پساب بی ضرر، مشکل عدم وجود رواناب حاصل از بارندگی در تابستان در این مناطق را برطرف نموده و یک جریان همیشگی آب قابل استحصال در سیستم را فراهم می کند.

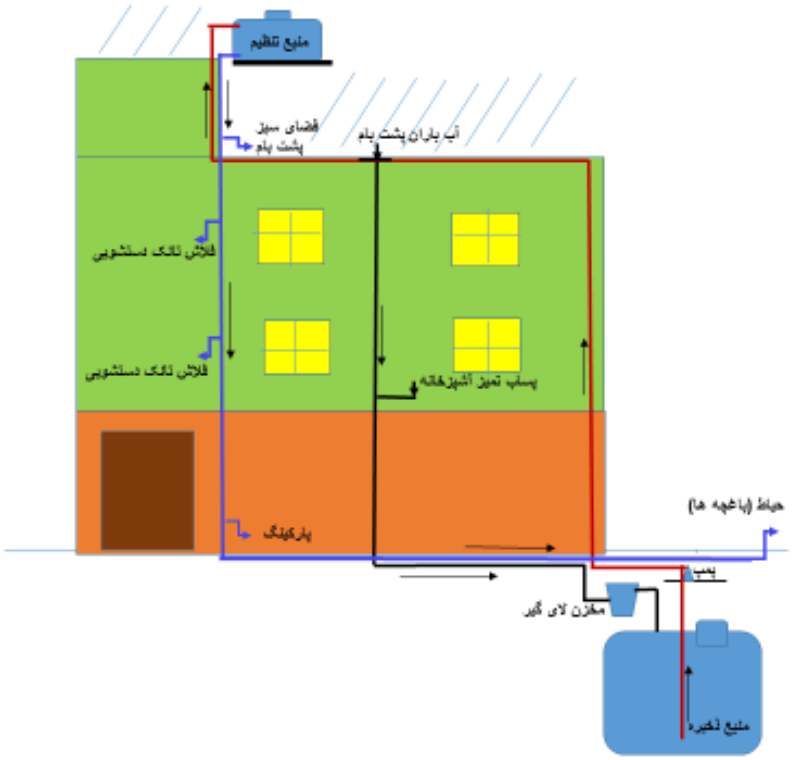
در دیگر نقاط جهان هم مطالعاتی در زمینه استحصال آب باران صورت گرفته است. بویرز و بن‌آشر(۱۹۸۲) مطالعات مختلف انجام شده در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ در خصوص استحصال آب باران را مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس این بررسی در زمین‌های طبیعی که سطوح آن‌ها صاف شده باشد، ضریب رواناب بین ۲۵ تا ۳۵ درصد، سطوح پوشیده با پارافین ۴۸ تا ۹۰ درصد و میانگین ۸۵ درصد و سطوح آسفالت از ۲۵ تا بیش از ۹۰ درصد و میانگین ۸۵ تا ۹۵ درصد خواهد بود. مارتینز و همکاران (۱۹۹۸) در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای اسپانیا نحوه‌ی تولید و عوامل موثر بر رواناب را در حوضه‌های کوچک، از دو گروه خاک با عکس العمل‌های هیدرولوژیکی متفاوت بررسی کرداند. رامیر و همکاران (۲۰۰۴) نیز بر روی میزان نفوذ محیط متخلخل و آسفالت و همچنین ضریب رواناب با استفاده از لایسیمتر کار کرده‌اند. نتیجه این تحقیق برای محیط متخلخل نشان دهنده آن است که ۱۶ درصد بارندگی تبدیل به رواناب شده، ۵۸ درصد نفوذ کرده و ۲۶ درصد تبخیر شده است درحالیکه برای آسفالت ۷۴ درصد بارندگی تبدیل به رواناب، ۲ درصد نفوذ و ۲۵ درصد تبخیر شده است. دریلین و همکاران (۲۰۰۶) ضریب رواناب را برای دو نوع پارکینگ پوشیده شده با آسفالت و پوشیده شده از مصالح متخلخل مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی ۹ واقعه بارندگی مورد بررسی قرار گرفته که ضریب رواناب برای محیط متخلخل از ۰ تا ۲۶ درصد متغیر بوده است، در حالی که ضریب رواناب برای آسفالت از ۳۵ تا ۹۳ درصد تغییر کرده است. اسکاد و همکاران (۲۰۰۹) روندیابی جریان ناشی از بارندگی را در یک حوزه‌ی شهری در ویریجینای غربی در آمریکا انجام داده‌اند. برآورد رواناب بر اساس روش SCS انجام شده است. برای استحصال آب و ذخیره رواناب نیز برکه‌هایی طراحی شده که در این تحقیق تاثیر آن‌ها در کاهش پیک سیلاب شهری مورد بررسی قرار گرفته است. روستاد و مونتالتو (۲۰۱۲) پژوهشی را در مورد جمع‌آوری آب باران با استفاده از رواناب پشت‌بام‌های شهری برای فلاش تانک توالت های مناطق مسکونی انجام دادند. این پژوهش با استفاده از آمار بارندگی منطقه، مساحت کل بام‌ها، جمعیت و میزان تقاضا برای چهار شهر آمریکا انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که این روش می‌تواند ۵۰ تا ۹۴ درصد در کاهش میزان مصرف آب شرب کمک کند که خود بستگی به الگوی بارش در منطقه، مساحت سقف و میزان تقاضا دارد. ایمیتز و همکاران(۲۰۱۲) پتانسیل استحصال آب را بر اساس یک مدل بیلان روزانه برای جنوب غربی نیجریه مورد مطالعه قرار داده‌اند. حجم رواناب بر اساس بارندگی روزانه و سطوح نفوذ ناپذیر و ضریب رواناب که در اینجا ۸۵ درصد فرض شد، برآورد گردید.

لازم به ذکر است در استحصال آب باران از سطوح عایق پشت بامها در مناطق خشک و نیمه خشک مشکل اصلی علاوه بر میزان کم بارندگی، توزیع نامناسب آن در طول سال و نبود بارش در دوره نسبتا طولانی سال بخصوص در فصل تابستان است که از قضا در این فصل نیاز به آب هم بیشتر است. بر این اساس در تحقیق حاضر سعی گردیده تا این مشکل با یک روش ترکیبی استحصال آب باران و پساب بی ضرر خانگی حل گردد. لذا اهداف تحقیق حاضر عبارتند از: ارزیابی دقیق کمیت آب قابل استحصال در طول سال و به تفکیک ماه، ارزیابی کیفیت آب قابل استحصال تکیک ماه و سال، تعیین سهم هریک از دو منبع استحصال آب (آب باران پشت بام و پساب بی ضرر) به تکیک ماه و سال، تعیین سهم آب استحصال شده با این مدل در کل آب مصرفی خانوار به تفکیک ماه و سال و نهایتا ارزیابی اقتصادی پروژه استحصال آب به روش اجرا شده در این پروژه.

مواد و روش‌ها

محل تحقیق و نصب تجهیزات:

محل تحقیق یک باب واحد مسکونی واقع در بولوار وکیل آباد مشهد است که دارای اقلیم سرد و خشک با بارش متوسط سالانه ۲۵۱/۵ میلی متر و دمای متوسط سالانه حدود ۱۴ درجه سانتی گراد می باشد. تجهیزات مورد نیاز از جمله سیستم جمع آوری، انتقال، ذخیره، پمپاژ و استفاده در ساختمان مورد نظر نصب شد که شکل ۱ نوع و موقعیت این تجهیزات را به صورت شماتیک نشان میدهد. تجهیزات نصب شده شامل سیستم لوله کشی انتقال، منبع ذخیره ۵۰۰۰ لیتری، منبع تنظیم ۵۰۰ لیتری، مخزن لای گیر ۱۰۰ لیتری، کنتور اندازه گیری، پمپ و شیرآلات مربوطه می باشد. میزان بارندگی نیز به وسیله یک باران سنج ساده در پشت بام در طول دوره مورد نظر اندازه گردید.



شکل ۱. شکل شماتیک ساختمان محل تحقیق و تجهیزات نصب شده در آن جهت ارزیابی روش ترکیبی استحصال آب باران و پساب تمیز خانگی.

ورودی‌های سیستم:

ورودیهای مربوط به سیستم استحصال آب باران و پساب بی ضرر در طرح حاضر عبارتند از:

- آب باران از پشت بام به مساحت حدود ۱۶۰ متر مربع با پوشش سطحی موزائیک.
- پساب بی ضرر حاصل از سینک دوم آشپزخانه (این سینک غیر از سینک اصلی بوده و در آن فقط شستشوهای بدون نیاز به مواد شوینده همچون میوه، سبزی و ... انجام میشود).

خروجی‌های سیستم:

در طرح حاضر خروجیهای سیستم که شرایط استفاده از آب استحصال شده را مهیا می نماید عبارتند از:

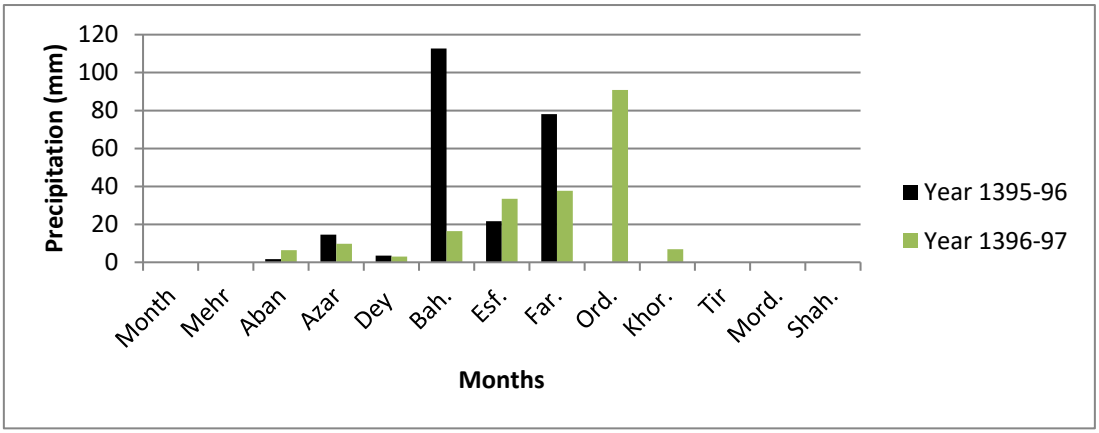
- خروجی پشت بام جهت فضای سبز پشت بام (که البته هنوز به صورت کامل اجرا نشده است).
- خروجی پشت بام جهت آب مورد نیاز کولرها (دو دستگاه کولر آبی).
- خروجی مربوط به تامین آب فلاش تانک دستشویی ها (دو عدد دستشویی).
- خروجی پارکینگ (جهت شستشوی پارکینگ به مساحت حدود ۱۵۰ متر مربع و نیز راه پله ها)
- خروجی حیاط (جهت آبیاری فضای سبز و باغچه و شستشوی حیاط به مساحت حدود ۷۵ متر مربع).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تحقیق حاضر در دو بخش شامل نتایج کمی آب قابل استحصال و نتایج کیفی مربوط به آن مورد بررسی و ارائه قرار گرفته است.

بررسی کمیت آب قابل استحصال

پس از نصب تجهیزات و راه اندازی سیستم، ورودیها و خروجیهای سیستم در یک دوره مناسب زمانی مورد اندازه گیری قرار گرفت. هر چند بررسی و اندازه گیریهای اولیه ای در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ نیز صورت گرفت ولی اندازه گیری های دقیق و هدفمند در طول سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ انجام گرفت و تحلیل ها بر این اساس تکمیل شد. لازم به ذکر است که در سالهای آبی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مشهد میزان بارندگی کمتر از میانگین دراز مدت منطقه بوده و لذا هر دوجزء سالهای خشک و کم بارش تلقی میشود به طوری که کل بارندگی سال ۹۶-۱۳۹۵ برابر ۲۳۲/۲۶ میلی متر و در سال ۹۷-۱۳۹۶ برابر ۲۰۴/۴ میلی متر بوده است. علاوه بر آن در هر دو سال پراکنش بارندگی هم نسبت به میانگین دراز مدت به مراتب نامناسب تر بوده و عمدتا در چند ماه محدود متمرکز شده است. شکل ۱ توزیع ماهانه بارندگی در سالهای ذکر شده را در محل تحقیق نشان میدهد.



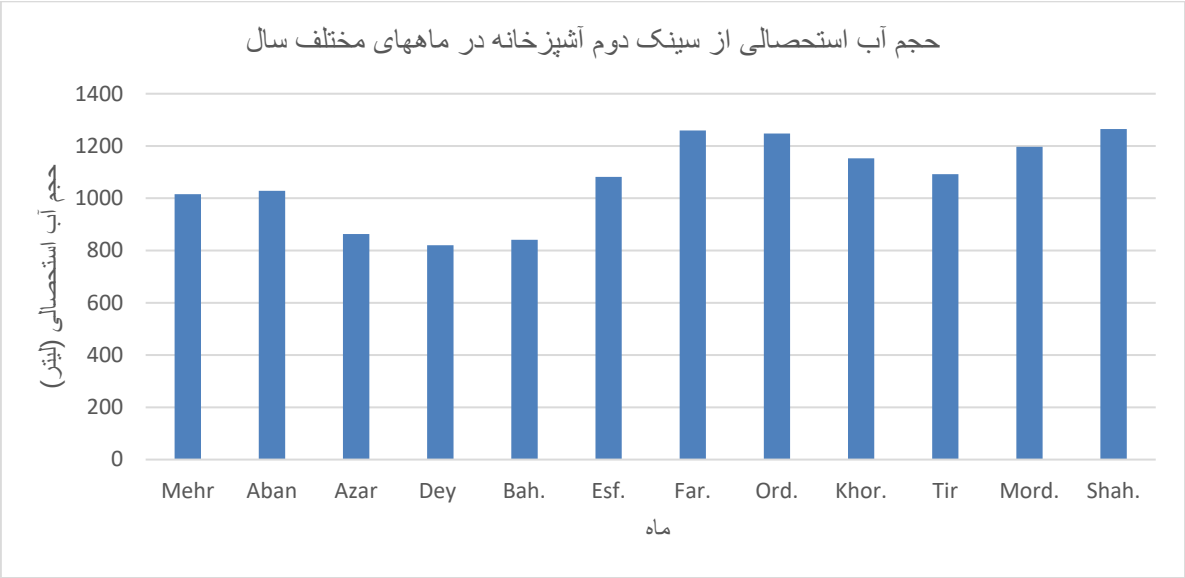
شکل ۱- مقادیر بارندگی ماهانه اندازه گیری شده در محل تحقیق در سالهای آبی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

در تحقیق حاضر برای تعدادی واقعه بصورت دقیق مقادیر بارش و رواناب حاصل از آن اندازه گیری شد و بر این اساس ضریب رواناب مربوطه محاسبه گردید که نتایج حاصل برای چهار واقعه مربوط به چهار فصل متفاوت در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- وضعیت بارش-رواناب برای تعدادی از وقایع بارشی اتفاق افتاده در محل تحقیق

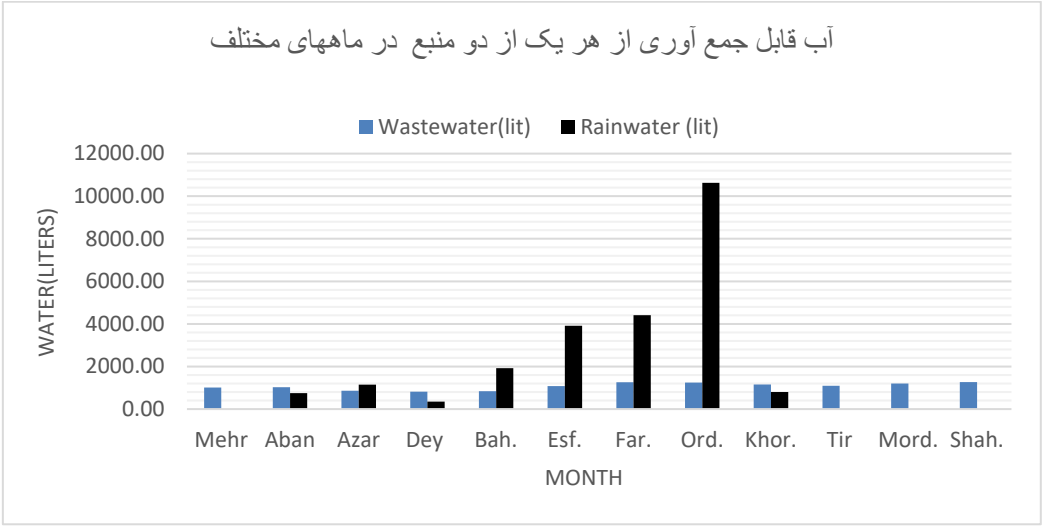
تاریخ وقوع بارش	۱۳۹۶/۱/۹	۱۳۹۶/۱۱/۳۰	۱۳۹۷/۱/۶	۱۳۹۶/۷/۱۴
ارتفاع بارش (میلی متر)	۲/۰۱۷	۱۶/۴	۴/۱۱	۲۰/۹۱۷
حجم آب جمع شده (لیتر)	۲۲۴/۲۴	۱۸۳۴/۴۳	۴۴۵/۲۵	۲۱۳۷/۲۰
ارتفاع رواناب (میلی متر)	۱/۵۱۵	۱۲/۳۷۰	۳/۰۰۲	۱۴/۴۱۱
ضریب رواناب	۰/۷۵۱۲	۰/۷۵۴۳	۰/۷۳۰۸	۰/۶۸۹۰

در طول سال ۹۷-۱۳۹۶ مقادیر مربوط به آب استحصالی از سینک دوم آشپزخانه (پساب بی ضرر خانگی که حاوی هیچگونه مواد شوینده نیست) نیز اندازه گیری شد که توزیع ماهانه آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- حجم آب استحصالی از پساب تمیز (سینک دوم آشپزخانه) به تفکیک ماه در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶

شکل ۳ میزان آب استحصالی در طول ماههای مختلف سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ را از هر دو منبع مورد نظر (بارش پشت بام و سینک دوم آشپزخانه) بصورت مقایسه ای در کنار هم نشان میدهد.



شکل ۳- حجم آب استحصالی از هر دو منبع (رواناب پشت بام و سینک دوم آشپزخانه) به تفکیک ماه در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶

همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می گردد میزان آب استحصالی از سینک دوم آشپزخانه هرچند از ماهی به ماه دیگر متفاوت است ولی اولا این تفاوت در حد مشخصی است و ثانیا جریان آب از این منبع در تمام طول سال ادامه دارد. این در حالی است که آب استحصالی از بارش پشت بام اولا محدود به ماههای فصل بارش می باشد و ثانیا در همان ماهها نیز دارای تفاوتهای قابل ملاحظه است. هر چند این وضعیت تا حد زیادی به اقلیم حاکم بر منطقه بستگی دارد ولی در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ علاوه بر کم بودن کل بارش در مقایسه با میانگین دراز مدت (۲۰۲/۴ میلی متر در مقایسه با ۲۵۱/۵ میلی متر)، توزیع ماهانه آن هم چندان مناسب نبوده است. با توجه به این موضوع علاوه بر اندازه گیریهای سال ۹۷-۱۳۹۶، بر اساس ضریب رواناب بدست آمده از وقایع بارش-رواناب اندازه گیری شده و نیز میانگین دراز مدت بارش ماهانه مشهد، میزان آب قابل استحصال در یک سال نرمال (دارای بارش متوسط دراز مدت) نیز محاسبه شد که در جدول ۲ ارائه شده است. همانگونه که در این

جدول ملاحظه میگردد کل آب استحصالی در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ به عنوان یک سال خشک برابر ۳۶/۷۸ تر مکعب بوده در حالی که برای یک سال با بارندگی نرمال معادل ۴۲/۲۹ متر مکعب بدست می آید.

جدول ۲- حجم آب استحصالی از هر دو منبع (رواناب پشت بام و سینک دوم آشپزخانه) به تفکیک ماه در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ ونیز مقادیر مربوطه در یک سال با بارش نرمال (متوسط دراز مدت بارش)

ماه	حجم آب استحصالی در سال ۹۷-۱۳۹۶			حجم آب استحصالی بر اساس بارش متوسط دراز		
	از بارش (لیتر)	از آشپزخانه (لیتر)	جمع (لیتر)	از بارش (لیتر)	از آشپزخانه (لیتر)	جمع (لیتر)
مهر	0.00	1015.50	1015.50	666.9	1015.50	1682.4
آبان	751.19	1028.30	1779.49	1977.4	1028.30	3005.7
آذر	1144.34	863.20	2007.54	2445.5	863.20	3308.7
دی	349.85	820.20	1170.05	3089	820.20	3909.2
بهمن	1918.93	841.00	2759.93	4317.6	841.00	5158.6
اسفند	3916.26	1082.00	4998.26	5230.3	1082.00	6312.3
فروردین	4406.52	1259.20	5665.72	6084.4	1259.20	7343.6
اردیبهشت	10627.84	1248.00	11875.84	4083.6	1248.00	5331.6
خرداد	802.67	1153.00	1955.67	1111.6	1153.00	2264.6
تیر	0.00	1092.00	1092.00	152.1	1092.00	1244.1
مرداد	0.00	1197.00	1197.00	93.6	1197.00	1290.6
شهریور	0.00	1265.00	1265.00	175.5	1265.00	1440.5
جمع سالانه	23917.6	12864.4	36782	29427.5	12864.4	42291.9

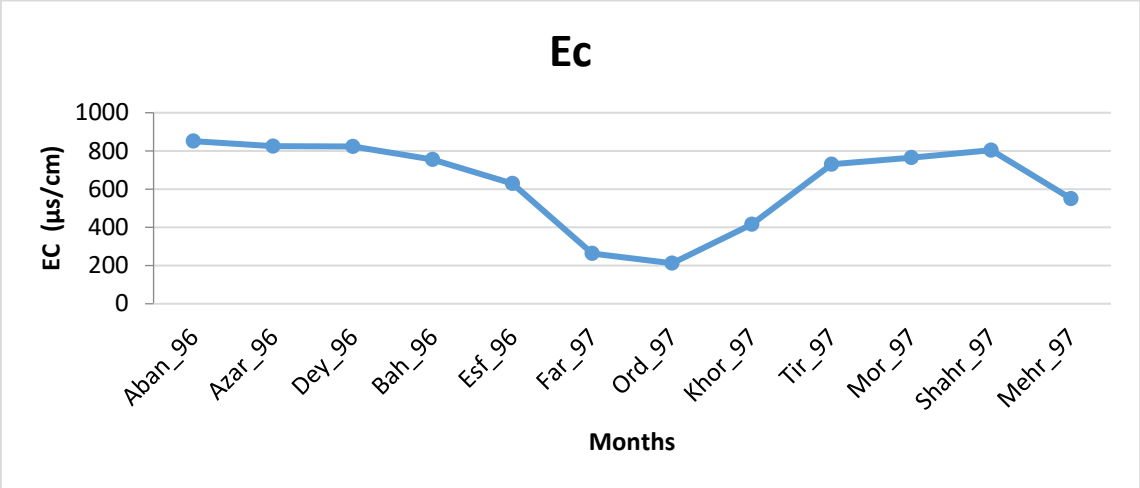
بررسی کیفیت آب استحصالی

جهت بررسی کیفیت آب استحصالی در انتهای هر ماه یک نمونه از منبع ذخیره برداشت شده و به آزمایشگاه شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی جهت بررسی پارامترهای کیفی تحویل داده شد (از آبان ۱۳۹۶ تا مهر ماه ۱۳۹۷). لازم به ذکر است که مقدار COD هر سه ماه یک بار اندازه گیری شد. جدول ۳ نتیجه آزمایشات مربوط به پارامترهای کیفیت آب را به تفکیک ماه نشان میدهد.

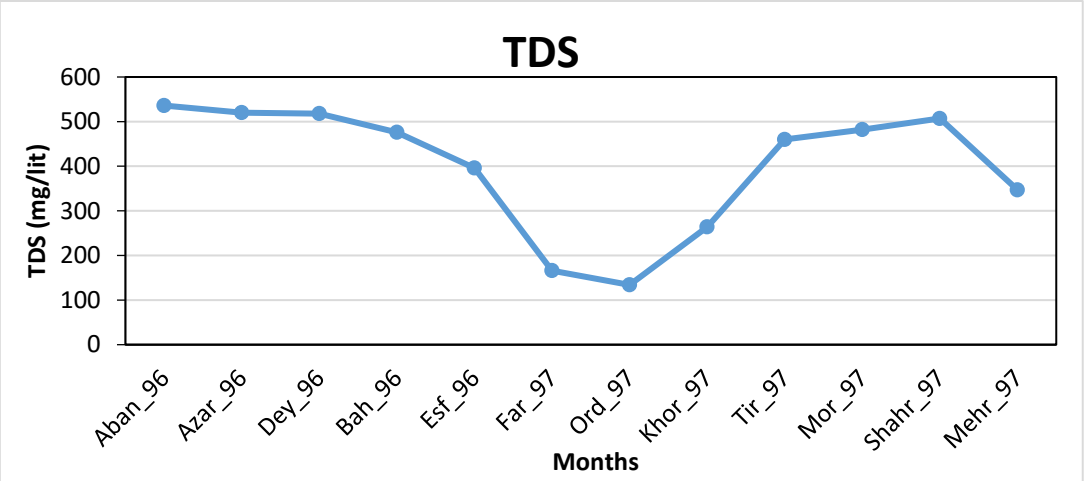
جدول ۳- وضعیت پارامترهای کیفی آب استحصالی در ماههای مختلف سال آبی ۹۷-۱۳۹۶

Parameter	Unit	Aban_96	Azar_96	Dey_96	Bah_96	Esf_96	Far_97	Ord_97	Khor_97	Tir_97	Mor_97	Shah_97	Mehr_97	مجاز شرب
کدورت	NTU	2.95	1.37	2.42	4.68	1.73	3.56	2.23	2.62	1.26				5
رنگ حقیقی	Co-pt	198	135	132	128	15	42	17	37	11	11	105	118	15
pH		7.3	7.46	7.46	7.29	7.32	7.3	8.05	7.67	7.46	7.63	7.54	7.27	6.5-9
Ec	µs/cm	851	825	823	755	629	263	212	416	730	765	804	550	
TSS	mg/lit	5	2	3				1	2	1				
TDS	mg/lit	536	520	518	476	396	166	134	264	460	482	507	347	1500
Total H	mg/lit	260	280	285	235	170	105	50	115	265	265	295	155	500
قلیائیت کل	mg/lit	170	180	200	205	195	145	70	115	230	245	240	125	
قلیائیت کربناته	mg/lit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
قلیائیت بی کربناته	mg/lit	170	180	200	205	195	145	70	115	230	245	240	125	
Ca	mg/lit	52	44	42	52	40	16	10	26	54	56	38	34	300
Mg	mg/lit	33.6	33.5	32.4	25.2	16.8	3.6	6	12	28.8	30	30	16.8	30
Na	mg/lit	80	64.4	62	69	69	36.8	27.6	46	48.3	57.5	50.6	57.5	200
K	mg/lit	8	9	9	8	6	2	0	0	1	14.5	13	10.5	
Co3	mg/lit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HCo3	mg/lit	204	228	240	245	230	114	85	140	280	298	290	152	
OH	mg/lit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cl	mg/lit	74.5	78	75	60.3	42.6	10.6	17.7	24.8	46.1	46.1	49.7	42.6	400
So4	mg/lit	130	96	91	76.8	52.8	19.2	9.6	52.8	62.4	62.4	81.6	67	400
No3	mg/lit	1.3	1.7	2.4	4.3	6.5	5.2	3.5	1.4	4.5	6.8	7.1	4.9	50
Po4	mg/lit	1.73	2.1	2.92	3.78	1.43	0.62							
COD				61			33			16			21	

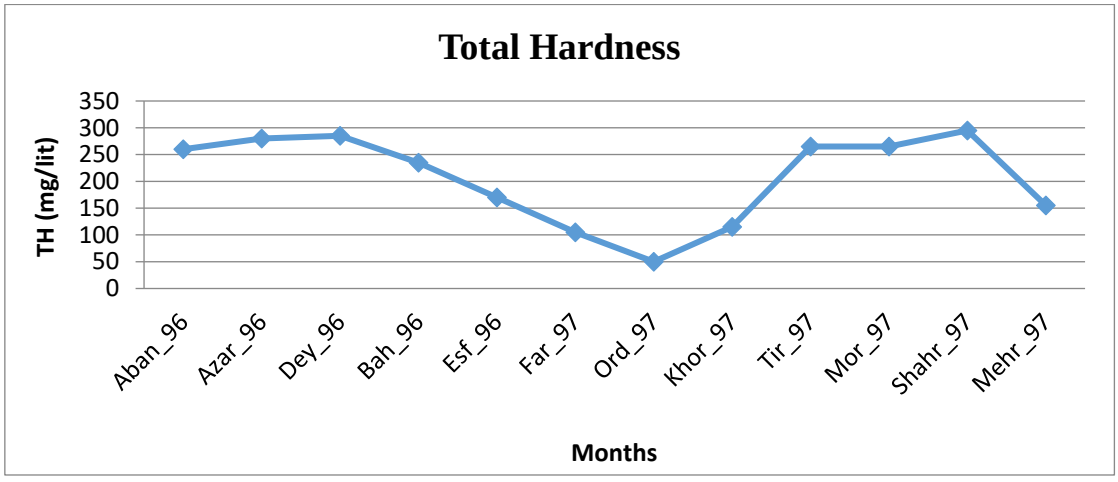
همانگونه که در جدول ۳ ملاحظه میگردد به جز رنگ حقیقی و در موارد محدودی میزان منیزیم، مقادیر بقیه پارامترها کمتر از حد مجاز شرب می باشد. البته این بدان معنی نیست که این آب قابل شرب است چرا که کیفیت بیولوژیکی و آب مورد بررسی قرار نگرفته و لذا قطعا برای شرب توصیه نمی شود و هدف بررسی کیفیت آن برای استفاده های غیر شرب بوده است. نمودار تغییرات برخی پارامترهای از جمله EC ، TDS، سختی کل، آنیونهای اصلی، کاتیونهای اصلی، COD و نیترات به ترتیب در اشکال ۴ تا ۱۰ نشان داده شده است.



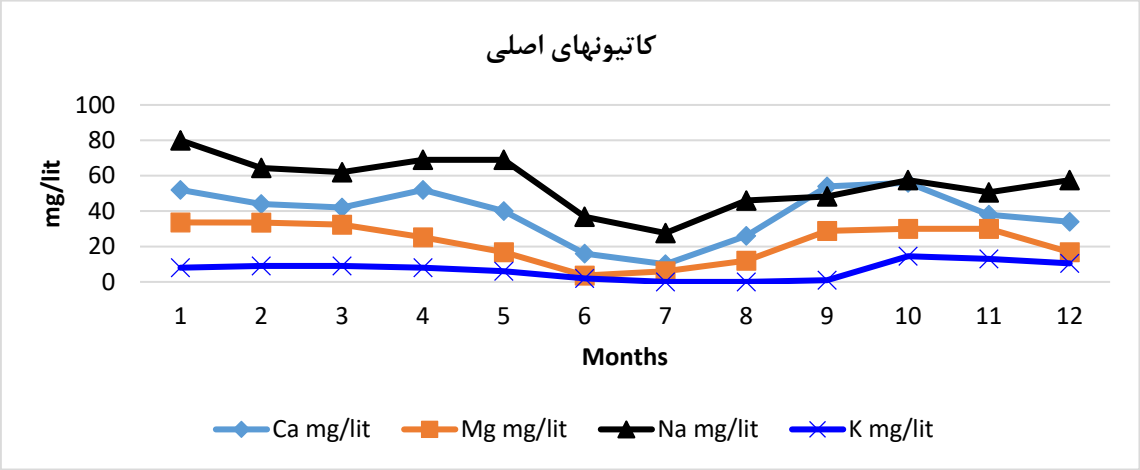
شکل ۴- وضعیت تغییرات ماهانه EC در آب استحصالی در ماههای مختلف سال آبی ۹۷-۱۳۹۶



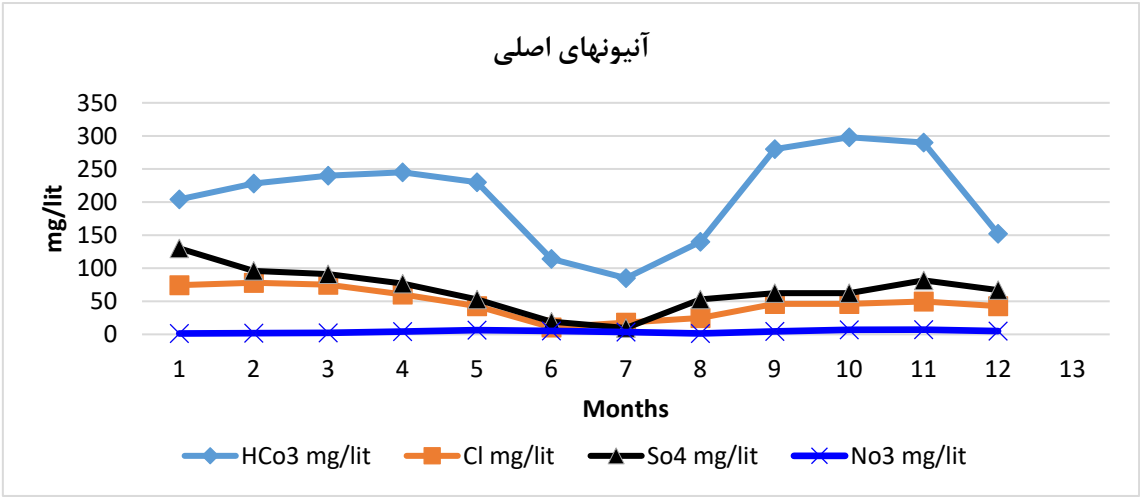
شکل ۵- وضعیت تغییرات ماهانه TDS در آب استحصالی در ماههای مختلف سال آبی ۹۷-۱۳۹۶



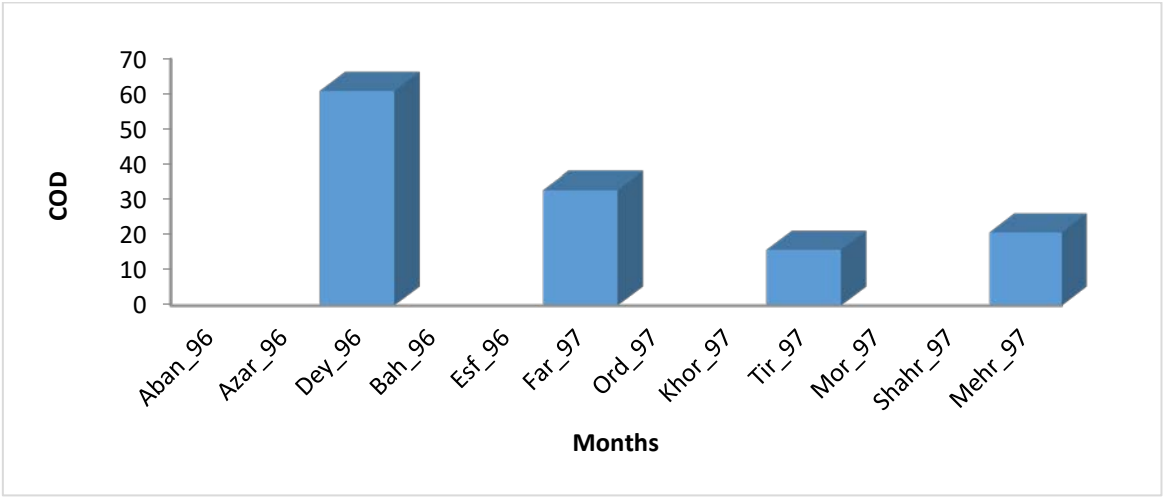
شکل ۶- وضعیت تغییرات ماهانه میزان سختی کل در آب استحصالی در ماههای مختلف سال آبی ۹۷-۱۳۹۶



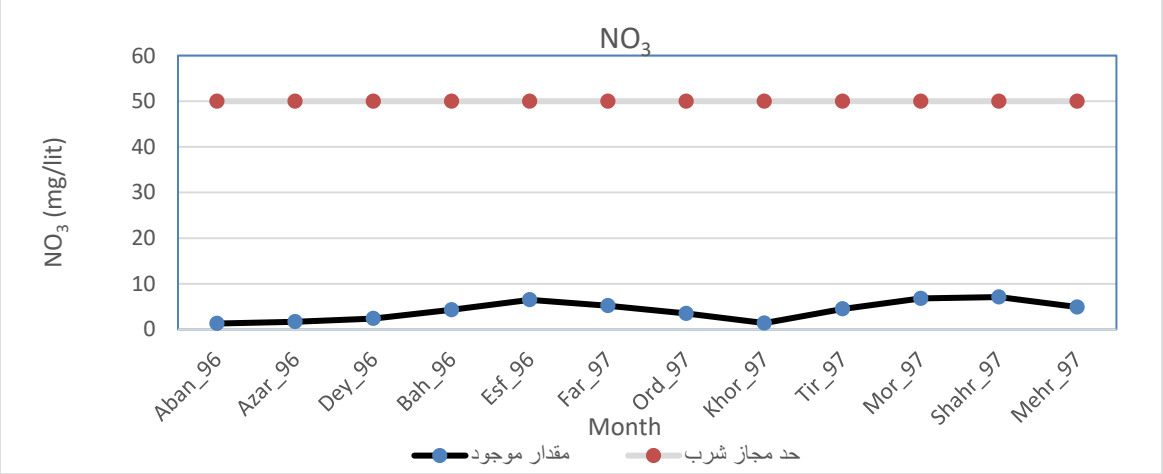
شکل ۷- وضعیت تغییرات ماهانه میزان کاتیونهای اصلی در آب استحصالی در ماههای مختلف سال آبی ۹۷-۱۳۹۶



شکل ۸- وضعیت تغییرات ماهانه میزان آنیونهای اصلی آب استحصالی در ماههای مختلف سال آبی ۹۷-۱۳۹۶



شکل ۹- وضعیت تغییرات میزان **COD** در آب استحصالی در طول فصول مختلف سال



شکل ۱۰- وضعیت تغییرات میزان نیترات در آب استحصالی در طول ماههای مختلف سال نسبت به حد مجاز آن برای آب شرب

اشکال ۴ تا ۸ نشان میدهد که برخی پارامترها از جمله EC ، TDS، سختی کل، آنیونهای اصلی و کاتیونهای اصلی تا حد زیادی به میزان بارندگی بستگی داشته و در ماههای پر بارش که بخش قابل توجه آب استحصالی را رواناب حاصل از بارش تامین می کند کاهش چشمگیری داشته اند. به عبارت دیگر میزان این پارامترها در آب حاصل از بارش به مراتب کمتر از پساب بی ضرر حاصل از آب شهری می باشد.

همانگونه که قبلا هم ذکر شد با استفاده از این سیستم ترکیبی سالانه ۴۲/۲۹۲ مترمکعب (بر اساس بارش متوسط دراز مدت در منطقه تحقیق) قابل استحصال می باشد که ۶۹/۶ درصد آن (۲۹۴۲۷/۵ متر مکعب) از بارش پشت بام و ۳۰/۴ درصد (۱۲۸۶۴/۴ متر مکعب) آن از پساب بی ضرر حاصل می گردد. با مقایسه کل حجم آب استحصالی و کل حجم آب دریافت شده خانوار از شرکت آب و فاضلاب در طول یک سال (بدون وجود سیستم استحصال آب) مشخص می گرددکه حجم آب استحصالی حدود ۲۷/۱ درصد از آب مورد نیاز یک خانوار چهار نفری در طول سال را تشکیل میدهد. البته میزان آب قابل استحصال از سینک دوم آشپزخانه اساسا به نوع مصرف آب و میزان دقت و تاکید در انجام تمام شستشوهای بدون استفاده از مواد شوینده در این سینک بستگی دارد. به عبارتی اگر در این خصوص دقت و احساس مسئولیت بیشتری صورت گیرد به همان میزان مقدار بیشتری آب از این منبع نیز استحصال خواهد شد. بر این اساس و بسته به این دقت و تلاش می توان گفت که سهم سیستم مورد بررسی در تامین آب مورد نیاز خانوار بین ۲۵ تا ۳۰ درصد و حتی بیشتر متغیر خواهد بود. بر این مبنا اگر عمده منازل شهر به این نوع سیستم مجهز شوند میتواند سهم قابل توجهی در کاهش وابستگی کلانشهرها به آب انتقالی از خارج شهر و نیز برداشت بیش از حد از آبهای زیرزمینی داشته باشد. لازم به ذکر است که کلانشهرها همانند فروچاله ای مهیب آب مناطق اطراف خود را می بلعند و باعث کم آبی شدید در اکوسیستمهای اطراف خود شده و مسائل زیست محیطی زیادی را برای این مناطق به وجود می آورند. در چنین حالتی تامین بخشی از آب مورد نیاز شهرها با روشهایی مناسب در داخل شهر علاوه بر صرفه جویی اقتصادی از فشار مخرب بر محیط زیست اطراف این شهرها نیز می کاهد.

لازم به ذکر است که از نظر توجیه اقتصادی طرح اجرا شده در این تحقیق میتوان گفت که بسته به نوع اجرا و لوازم استفاده شده هزینه ها میتواند متفاوت باشد. سیستم اجرا شده در این تحقیق حدود ۱۰ میلیون تومان هزینه داشته است که چنانچه منافع حاصل از آن را بر اساس میزان آب تولیدی با نرخ یارانه ای که توسط آب و فاضلاب به واحدهای مسکونی تحویل میشود حساب نماییم چنین سیستمی هیچگاه توجیه اقتصادی لازم را ندارد. البته واضح است ارزش واقعی آب به مراتب بیشتر از این مبالغ است و نیز با در نظر گرفتن این واقعیت که کمبود آب به ویژه در کلانشهرها بسیار جدی بوده و علاوه بر دشوار و پر هزینه بودن، اساسا آبی جهت تامین وجود ندارد و بر این اساس چنانچه قیمت واقعی آب در نظر گرفته شود وضعیت کاملا متفاوت خواهد بود. چنانچه قیمت واقعی آب را ۴۰ هزار تومان برای هر متر مکعب در نظر بگیریم منافع حاصل از اجرای این پروژه در سال مبلغ ۱۶۶۰۰۰۰ تومان خواهد شد که در این حالت هزینه های طرح بدون در نظر گرفتن نرخ تورم، در مدت حدود ۶ سال و با در نظر گرفتن نرخ تورم سالانه ۲۰ درصد (و محاسبه ارزش افزوده منابع هزینه شده بر این اساس) در مدت حدود ۱۰/۵ سال هزینه های طرح مستهلک خواهد شد.

هر چند این روش میتواند بطور موثری نیاز به آب در مناطق شهری را کاهش دهد ولی اختصاص یارانه قابل توجه به آب و در نتیجه غیر واقعی بودن قیمت آب شهری در کشور انگیزه چندانی برای اجرای این سیستم در مردم ایجاد نمی کند. این روش ترکیبی با داشتن پساب بی ضرر مشکل عدم وجود رواناب حاصل از بارندگی در تابستان در این مناطق را برطرف نموده و یک جریان همیشگی آب قابل استحصال در سیستم فراهم می کند. البته جهت توسعه و تشویق شهروندان در بکارگیری این روش یک سری اقدامات فرهنگی، تشویقی و قانونگذاری مورد نیاز می باشد. در این خصوص به نظر میرسد موارد زیر ضروری است:

- در خصوص توسعه استحصال آب باران در مناطق مسکونی هم به وضع قوانین و سیاستهای مناسب نیاز می باشد و هم به برنامه ای منسجم در خصوص آگاهی بخشی مردم در رابطه با مزایای بیشمار آن. در این خصوص کمیته ای از نمایندگان وزارت نیرو (آب منطقه ای)، محیط زیست، وزارت بهداشت، شهرداریها، جهاد کشاورزی به همراه نمایندگان و معتمدین محلی جهت سیاستگذاری در این خصوص ضروری به نظر میرسد.
- در رابطعه با این سیستمها، لازم است علاوه بر بررسی میزان نیاز به استحصال آب باران در هر منطقه، برطرف کردن موانع، توسعه تجهیزات لازم، توسعه طرحهای نوآورانه، واقعی کردن نرخ آب و ایجاد مشوقهای لازم مد نظر قرار گیرد. همچنین پشتوانه حقوقی جهت استحصال آب باران با همکاری سازمانهای مرتبط از جمله وزارت نیرو (شرکتهای سهامی آب منطقه ای)، شهرداریها، سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت جهادکشاورزی و وزارت بهداشت تدوین و تنظیم گردد.
- آموزش و ترویج مقوله استحصال آب باران در بافت جامعه، در رسانه ها، در کتب درسی، در قالب کارگاههای آموزشی و نیز توسط گروههای داوطلب جهت ترویج موضوع در جامعه ضروری است.
- تخفیف در پرداخت قبوض آب با توجه به میزان استفاده از آب باران و پساب خانگی، ارائه تجهیزات یارانه ای جهت استحصال آب باران، تخفیف در صدور پروانه های ساختمانی در حالتی که مکانیزم استحصال آب باران در نقشه و طرح در نظر گرفته شده باشد میتواند از جمله مشوقها در این زمینه باشد.
- بررسی دقیق علمی در بخشهای مختلف کشور در خصوص میزان آب قابل استحصال در مناطق مسکونی (با توجه به اقلیم مناطق مختلف) و محاسبه درصد آب مورد نیاز مناطق مسکونی که میتوان از آب باران تامین نمود. بدیهی است مقدار آبی که میتوان از این طریق جمع آوری کرد به چهار عامل میزان بارندگی، وسعت پشت بامی که آب از آن جمع آوری میشود، نوع عایق پشت بام و زاویه برخورد قطرات باران با سطح پشت بام بستگی دارد. لازم به ذکر است که یک اینچ بارندگی روی یک پشت بام به وسعت حدود ۱۲۰ متر مربع تولید حدود ۲۴۰۰ لیتر آب می نماید.

منابع

– پهلوانی، پ.، دستورانی، م. ت، طباطبایی یزدی، ج. و وفاخواه، م. (۱۳۹۵). بررسی و مقایسه‌ی پتانسیل استحصال آب باران از سطوح عایق پشت بام‌ها در شرایط اقلیمی مختلف (مطالعه موردی: شهرهای مشهد و نور)، مجله سامانه های سطوح آبگیر باران، سال چهارم شکاره ۳: ۱-۱۰.

- دستورانی، م. ت. (۱۳۸۹). بررسی روش های جدید و پایدار برای تامین آب برای توسعه فضای سبز، سومین همایش ملی سبز و منظر شهری، جزیره کیش، اسفند ۱۳۸۹، صفحات ۲۷۱-۲۶۰.

- دستورانی، م. ت.، ۱۳۹۶، روش ترکیبی استحصال آب باران و پساب بی ضرر خانگی جهت تامین بخشی از آب مورد نیاز شهری (مطالعه موردی: مشهد)، ششمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران، بهمن ۱۳۹۶، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر.

- رشیدی مهرآبادی، م.ح.، (۱۳۹۱). استحصال آب باران در مناطق مسکونی. انتشارات جهاد دانشگاهی. ۱۸۸صفحه.

- سعدالدین، ا.، م. بای، ا. نعیمی، ن. بیرودیان، د. کریمی و ن. جندقی (۱۳۸۷). ارزیابی کمیت و کیفیت آب باران قابل جمع آوری از سطوح بام ساختمان ها در پردیس های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گزارش طرح پژوهشی انجام شده در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

- عباسی، ع. ا.، ج. طباطبایی یزدی و ر. غفوریان(۱۳۹۰). بررسی رابطه بارش و آستانه ایجاد رواناب در سطوح آبگیر شهری، مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۷ تا ۸ اردیبهشت، اصفهان.

- عباسی، ع. ا.، ج. طباطبایی یزدی و ح. توکلی (۱۳۹۲). بررسی پتانسیل استحصال آب باران در حوزه‌های آبخیز شهری (مطالعه موردی: شهر مشهد)، فصلنامه علمی ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، سال دوم، شماره ۲، صفحات ۲۴-۱۷

- عطارزاده حسینی، و.، م. ر. خالقی و ج. طباطبایی یزدی (۱۳۹۳). بررسی تاثیر ضریب رواناب بر استحصال آب باران از سطوح پشت بام در حوزه مسکن مهر تربت جام، سومین همایش بین المللی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. دانشگاه بیرجند. بهمن ماه ۹۳.

- عابدزاده، س.، ع. خاشعی سیوکی و ا. آب‌پرور (۱۳۹۳). مقایسه تامین آب مورد نیاز فضای سبز خانگی با آب استحصالی باران در اقلیم های مختلف، سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران. دانشگاه بیرجند. بهمن ماه ۹۳.

-Boers Th.M. and Ben-Asher J. (1982). “A Review of Rainwater Harvesting”, Agricultural Water Management, No. 5, 145-158.

-Dreelin E. A., Fowler L., Carroll C. R. (2006). “A test of prous pavement efectiveness on clay soils during natural storm events”, Water Research, No. 40, 799_805.

- Imteaz M. A., Adeboy O.B., Rayburg S. and Shanableh A. (2012). Rainwater harvesting potential for southwest Nigeria using daily water balance Model, Resources Conservation and Recycling, 62, 51-55.

- Matinez M. (1998). Factors Influencing Surface Runoff Generation in a Mediteranean Semi-arid Environment: Chicamp Watershed Spain. 12(5): 741-745.

- Prinz D. (2000).Global and European Water Challenges in the 21 st Century. Keynote Speech. Proceedings, 3rd Inter-Regional Conference on Environment-Water “Water Resources Management in the 21 st Century”, 1-3 June, Budapest/Hungary, P.247-254.

- Ramier D., Berthier E. and Andrieu H. (2004). “An urban lysimeter to assess runof. Losses an asphalt concrete plates”, Physics and Chemistry of the Earth, No. 29, 839-847.

- Schaad D. E., Farly J. and Haynes C. (2009). “Design and routing of storm flows in an urbanized watershed without surface streams”, Journal of Hydrology 375, 334-335.

- Rostad, N. and Montalto, F.(2012). Rainwater harvesting: using urban roof runofffor residential toilet flushing. Published by Woodhead Publishing Limited.