

## امکان‌سنجی کاربرد پساب در مدیریت منابع آب (مطالعه موردی: دشت مشهد)

محمد جلیلی<sup>۱\*</sup>، محمد کریمی<sup>۲</sup> و ساناز صحرایی سعدآبادی<sup>۳</sup>

### چکیده

باتوجه به مشکل کمبود آب در کشور، تأمین آب از اهمیت فراوانی برخوردار است. در چنین شرایطی استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده (پساب) می‌تواند به‌عنوان یکی از راه‌های غلبه بر مشکل کم‌آبی تلقی شود. از این‌رو استفاده از منابع آبی غیرمتعارف (از جمله پساب تصفیه‌خانه‌ها) در کشور ما روزبه‌روز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. کاربرد این‌گونه آب‌ها می‌تواند در تأمین آب فضای سبز شهرها، کشت محصولات که به‌صورت خام مصرف نمی‌شوند و تغذیه مصنوعی دشت‌هایی که سطح آب زیرزمینی در آن‌ها بشدت کاهش یافته است، سیاستی راهبردی به‌منظور کاهش فشار بر منابع آب متعارف باشد. کاربرد پساب به‌عنوان یک منبع دائمی آب در کشاورزی علاوه بر تأمین بخشی از نیازهای آبی این بخش، باعث صرفه‌جویی و دوام منابع آبی موجود نیز می‌گردد. علاوه بر این وجود عناصر غذایی گیاهی در پساب تصفیه‌خانه‌ها، مصرف کودهای شیمیایی و بالطبع اثرات زیست‌محیطی استفاده از آن‌ها را کاهش می‌دهد. در این پژوهش با در نظر گرفتن جمعیت حاضر و پیش‌بینی روند رو به رشد آن تا سال ۱۴۱۰ در شهر مشهد، توانستیم نیاز آبی شهر را برآورد کنیم. با احتساب مقدار مصرف، مقدار فاضلابی که وارد تصفیه‌خانه‌های شهر می‌شود و به شکل پساب از آن خارج می‌گردد، تخمین زده شد. همچنین حجم پساب جهت ذخیره و تخصیص آن برای مقاصد مختلف برآورد گردید. با توجه به اطلاعات و بررسی‌های انجام‌شده، این نتیجه حاصل شد که افزایش سهم آب بخش شرب و بهداشت به‌ناچار کاهش سهم آب بخش کشاورزی را در پی خواهد داشت. پساب می‌تواند بخشی از این کاهش سهم بخش کشاورزی را جبران نماید.

**واژه‌های کلیدی:** پساب، مدیریت آب، استفاده مجدد از آب، تغذیه آبخوان

### مقدمه

اصلاح، بازیافت و استفاده مجدد از فاضلاب امروزه نقشی اساسی را در چرخه طبیعی آب بازی می‌نمایند (علیزاده، ۱۳۸۳). با استفاده از این اعتقاد و اطمینان راسخ، مهندسی مسؤلانه با مشکلات آزردهنده ای همراه شده است از قبیل آن کمبود رو به افزایش آب و آلودگی‌های زیست‌محیطی است که باعث شده است یک ساختار مناسب برای آب‌های بازیافتی به‌عنوان یک منبع آبی پایدار در تمامی جهان شکل گیرد. از این‌رو است که آب‌های بازیافتی به‌عنوان بزرگ‌ترین چالش قرن بیست و یکم نام گرفته است. آب‌های بازیافتی دو وظیفه مهم به عهده دارند؛ پساب تصفیه‌شده به‌عنوان یک منبع آبی مطرح بوده و بایستی با اهداف سودمندانه مصرف شوند و پساب‌ها وارد رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سواحل نشوند تا آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی کاهش یابند.

در کشورهای درحال توسعه به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک که جمعیت آن‌ها به‌سرعت در حال افزایش است و منابع اقتصادی محدودی دارند، استفاده از آب‌های بازیافتی می‌بایستی با احتیاط و توجهات ویژه صورت گیرد. فناوری تصفیه فاضلاب برای حفظ بهداشت عمومی جامعه و محیط‌زیست در کشورهای درحال توسعه اغلب به مقدار محدود موجود بوده و بر این اساس انتخاب می‌شوند. در این کشورها سامانه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب اغلب محدود و کوچک بوده و یا اصلاً وجود ندارند و فاضلاب‌ها به‌طور ناخواسته منبع تأمین آب و کود به شمار می‌روند. متأسفانه در بسیاری

در بسیاری از مناطق جهان منابع ناکافی برای تأمین آب همراه با نزول آن نشانگر نگرانی‌های جدی است که گریبان گیر جوامع شهری، بخش صنعتی و کشاورزی و محیط‌زیست است. در بروز این مشکلات چندین عامل دخالت دارند، از جمله به رشد بی رویه جمعیت در مناطق شهری، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، توزیع نابرابر منابع آبی، خشک سالی متناوب ناشی از تغییر الگوی آب‌وهوایی جهان می‌توان اشاره کرد. اکنون بیش از یک ربع قرن است که یک برنامه تکراری در مهندسی محیط‌زیست و منابع آبی مطرح است و آن این است که می‌توان فاضلاب‌ها را تا آن درجه از کیفیت تصفیه نمود که بتوان به‌عنوان یک منبع پرمفعت از آن استفاده کرد نه اینکه آن را بی‌جهت هدر داد (شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۳۹۲). در این میان سامانه‌های مهندسی شده و مبتنی بر

<sup>۱</sup> دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران (\* نویسنده مسؤل: mjolaini\_re@yahoo.com)

<sup>۲</sup> استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

<sup>۳</sup> کارشناس ارشد آب‌خیزداری

تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۲۷

راهکارهایی از جمله عدم نفوذ آب در خاک‌های با بافت درشت، جلوگیری از وجود ذرات معلق و گل آلود بودن آب و همچنین عدم وجود املاح در آب در این مناطق ضروری است. به همین دلیل ارائه راهکارهایی برای این موارد ضروری می‌باشد که می‌توان به مواردی از قبیل ایجاد سطوح صاف و عایق در مسیر آب، ایجاد حوضچه‌های رسوب‌گیر و بندهای رسوب‌گیر، عملیات بیولوژیک در مسیر آبراهه‌ها، جلوگیری از تخییر آب، جلوگیری از عبور آب از مناطق با املاح بالا و استفاده از گیاهان شور پسند در این مناطق اشاره کرد که موجب استفاده بهتر و بیشتر از آب‌های نامتعارف (آب‌های شور و فاضلاب شهری و صنعتی) در مناطق خشک و نیمه‌خشک شود.

پیکانپور فرد و همکاران (۱۳۸۹) طبق مطالعات صورت گرفته در بوئین و میاندشت که به‌عنوان یکی از قطب‌های مرتع‌داری کشور به حساب می‌آیند و با استفاده از سیستم‌های SAT جهت احیای مراتع مشخص کردند که تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی در نتیجه نفوذ پساب در نهایت باعث احیای مراتع گشته و هم‌زمان با استفاده از پساب تصفیه شده جهت کشاورزی، تراکم گیاهی مراتع و بالطبع دامداری نرخ رو به رشد معنی‌داری خواهد داشت.

کریمی پاشاکی (۱۳۸۹) دریافتند که تزریق پساب به آبخوان علاوه بر حذف قسمت اعظمی از عوامل میکروبیولوژی به‌عنوان یکی از بهترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های بالا بردن میزان ذخیره آب‌های زیرزمینی و مدیریت بهینه منابع آب می‌باشد که به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌گردد.

بوستانی و همکاران (۱۳۸۹) بیان داشتند که کاربرد پساب که روند رو به رشدی خواهد داشت، می‌تواند در تأمین آب فضای سبز شهرها، کشت محصولاتی که به‌صورت خام مصرف نمی‌شوند و تغذیه مصنوعی دشت‌هایی که سطح آب زیرزمینی در آن‌ها بشدت کاهش یافته است، سیاستی راهبردی به‌منظور کاهش فشار بر منابع آب متعارف باشد.

عابدی کویایی (۱۳۹۰) مهم‌ترین چشم‌اندازهای مطلوب صنعت آب و فاضلاب کشور در افق ۲۰ ساله (۱۳۸۴-۱۴۰۴) بر خورداری ۱۰۰ درصدی جمعیت شهری و روستایی کشور به آب شرب بهداشتی، دسترسی و برخورداری ۶۰ درصد جمعیت شهری و ۳۰ درصد جمعیت روستایی به سامانه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب می‌باشد. بدین ترتیب افزایش سهم آب بخش شرب و بهداشت به‌ناچار کاهش سهم آب بخش کشاورزی را در پی خواهد داشت.

قاسمی و دانش (۱۳۹۰) در تحقیقی، کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد جهت استفاده در کشاورزی، بر

از مناطق بی‌آب به‌طور سنتی فاضلاب‌های خام مورد استفاده قرار می‌گیرند که قطعاً عواقب سوء زیست‌محیطی و بهداشتی را به همراه دارد. اصولاً فاضلاب یا آب بازیافت با هر کیفیتی حتی با کیفیت نازل هم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد به شرطی که سیستم تصفیه مناسب باشد و پسابی را تولید کند که با استانداردهای کیفی مصرف مورد نظر همخوانی داشته باشد. عموماً کاربرد غالب استفاده از آب‌های بازیافتی عبارت‌اند از آبیاری کشاورزی، آبیاری فضای سبز، استفاده در صنعت و تغذیه مصنوعی آبخوان زیرزمینی که از میان این کاربردها دو مقوله کشاورزی و فضای سبز بیشترین کاربرد را در جهان دارند و دارای طولانی‌ترین سابقه هستند و علاوه بر این دارای استانداردها و خطوط راهنمای بهداشتی و کشاورزی کامل‌تری هستند.

### سابقه تحقیق

حسن اقلی و همکاران (۱۳۸۰) در مقایسه ای بین کاربرد آب و پساب به صورت لایسیمیتری بین چند گیاه زراعی به این نتیجه رسیدند که آب چاه از نظر کیفیت شیمیایی وضعیت مطلوب تری دارد. پساب تصفیه شده نیز شرایط مشابهی را دارا بوده و بر اساس استاندارد FAO و همچنین از نظر استاندارد ایران، حائز کیفیت شیمیایی مناسب جهت آبیاری می‌باشد، چون کاربرد فاضلاب خام به‌عنوان آب آبیاری معمول نبوده و بر اساس توجهات مراجع معتبر قابل توصیه نمی‌باشد.

یاری و حسین نژاد (۱۳۸۷) در پژوهشی که انجام داده‌اند دریافتند، شهر مشهد به دلیل جایگاه خاص خود در کشور و محدودیت منابع آبی، روی به استفاده از پساب‌ها در بخش کشاورزی آورده است. کشف رود به دلیل ریختن فاضلاب‌های واحدهای صنعتی به آن، از نظر زیست‌محیطی با معضلات بزرگی مواجه است.

دانش و علیزاده (۱۳۸۷) بیان نمودند که به دلیل محدودیت منابع آب در کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه خشک، استفاده از منابع آبی غیرمتعارف (از جمله پساب) در این کشورها روزه روز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. علاوه بر این وجود عناصر غذایی گیاهی در پساب تصفیه خانه‌ها، مصرف کودهای شیمیایی و بالطبع اثرات زیست‌محیطی استفاده از آن‌ها را کاهش می‌دهد. به‌کارگیری پساب در کشاورزی اگرچه با فواید زیادی توأم است ولی نیازمند مدیریت صحیح می‌باشد.

رضایی راد و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه بر روی جنس خاک، ساختمان خاک و وجود ذرات معلق و گل آلودگی آب‌های نامتعارف در مناطق خشک و نیمه خشک دریافتند که با به‌کارگیری یکسری

انواع فاضلاب‌روها و زهکش‌های سطحی دایر است که در آن مخلوطی از ۷۰ درصد فاضلاب خانگی و ۳۰ درصد فاضلاب صنعتی جریان دارد. فاضلاب‌ها عمدتاً در فعالیت‌هایی همچون پرورش ماهی، آبیاری سبزی‌ها و شالیزارهای برنج مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ghosh, 2011).

## مواد و روش‌ها

### کلان‌شهر مشهد

شهر مقدس مشهد، به برکت وجود هشتمین امام شیعیان حضرت رضا (ع) دارای زمینه‌های والای فرهنگی و اجتماعی است و مرکز معنوی کشور ایران نامیده شده است. این کلان‌شهر زیارتی بعد از تهران پرجمعیت‌ترین شهر کشور و از نظر توریستی اولین شهر کشور محسوب می‌شود که برابر آمار سرشماری نفوس سال ۱۳۸۵ دارای ۲/۴ میلیون نفر جمعیت ساکن و پذیرای ۱۵-۲۰ میلیون نفر سالیانه زائر بارگاه ملکوتی امام رضا می‌باشد. در این میان با توجه به حجم بالای زائرین و مجاورین این بارگاه ملکوتی، تأمین مایحتاج ساکنین و بخصوص زائران شهر مشهد از کیفیت مطلوب‌تری تاکنون برخوردار بوده است و بهترین دلیل آن رشد فزاینده جمعیت ساکن و زائر آن می‌باشد. بدون شک تأمین آب چنین شهری از ضروری‌ترین و مشکل‌ترین و پرهزینه‌ترین بخش‌های ارائه خدمات شهری است زیرا در ماه‌های پیک مصرف که در تابستان است این شهر با تراکم زائر نیز مواجه است و متوسط مصرف ماه پیک آن به ۱۴۰ درصد متوسط ماه مصرف سالیانه آن بالغ می‌گردد. از آنجاکه حدود ۹۰ درصد آب مصرفی شهر از منابع آب زیرزمینی دشت مشهد تأمین می‌شود و به علت اقلیم خشک منطقه، دشت مشهد با بیلان منفی روبروست و لذا در صورت ادامه این وضع کلان‌شهر زیارتی کشور با محدودیت منابع آب به ویژه در ایام مصرف حداکثر در شرایط بحرانی قرار خواهد داشت. در گزارش سال ۱۳۸۶ برنامه جامع تأمین آب شرب مشهد مقدس تا سال ۱۴۱۰، راهبردها و سیاست‌های اصلی تأمین آب مصرفی شهر در هفت‌بند سیاست‌گذاری شده که اجرای سه بند آن از ضروریات می‌باشد، از جمله بند اول آن پایدار نمودن منابع آب دشت مشهد به‌عنوان مهم‌ترین منبع قابل اطمینان برای تأمین آب مصرفی شهرها و روستاها و کشاورزی و صنعت می‌باشد و بند سوم استفاده از آب‌های نامتعارف (پساب‌ها) در مصارف غیر شرب و جایگزینی آن با آب‌های مناسب مصرفی شهری مورد استفاده در بخش‌های کشاورزی و صنعت می‌باشد. بند ششم به تعادل رساندن بیلان دشت مشهد و نهایتاً توقف افت سطح آب زیرزمینی ذکر شده است در همین راستا انجام پروژه بازچرخانی پساب شهر مشهد از

اساس رهنمود کیفی آب آیرس و وستکات موردبررسی قرار دادند و پتانسیل اثرات نامطلوب آن را بر خاک و گیاهان ارزیابی نمودند. برای این منظور، از پساب هر یک از تصفیه‌خانه‌های موردنظر در طی مدت یک سال نمونه‌برداری گردید و نمونه‌ها از نظر پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، غلظت یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، کلراید، بور، نیتروژن نیتراتی، بی‌کربنات و برخی از فلزات سنگین مورد آزمایش قرار گرفتند. با توجه به نتایج به دست آمده، کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های شهر مشهد در کشاورزی از نظر پارامترهای مختلف و فلزات سنگین محدودیتی را برای استفاده از آن را در کشاورزی نشان نداد و مانعی برای استفاده از پساب در کشاورزی بر اساس رعایت برنامه‌ریزی‌های دقیق پایش و مدیریتی وجود ندارد.

موسوی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی بروی چالش‌هایی که بر سر راه استفاده از آب‌های نامتعارف وجود دارد دریافتند که استفاده از آب‌های نامتعارف با توجه به محدودیت منابع آبی کشور در مدیریت خشک‌سالی بسیار کارآمد است و همچنین استفاده از آن یکی از راه‌های توسعه بخش کشاورزی محسوب می‌شود، لذا چالش‌هایی را که در این راه وجود دارد را می‌توان با استفاده و بهره‌گیری از اصول مدیریتی به حداقل رساند برای مثال به‌جای استفاده مستقیم از آب‌های نامتعارف از تصفیه جهت کنترل آن بهره‌گیریم و از مواد اصلاحی از جمله ژئولیت که منجر به حذف فلزات سنگین می‌شود جهت حل مشکل تجمع فلزات سنگین استفاده نمود.

متکاف و ادی (۱۹۹۱) گزارش کردند که به‌کارگیری فاضلاب جهت غنی‌سازی لایه آبدار زیرزمینی توسط نفوذ از طریق حوضچه‌های تغذیه مصنوعی، در برخی از ایالت‌های امریکا قدمتی بیش از ۱۰۰ سال را دارا می‌باشد، به‌گونه‌ای که در ایالت میشیگان از سال ۱۸۸۸ میلادی این عملیات آغاز گردیده است و تاکنون با به‌کارگیری روش‌های نوین ادامه دارد ( Metcaff and Eddy, 1991).

فیگین و شالوت (۲۰۰۲) بیان نمودند در حدود ۶۷ درصد از فاضلاب شهری تولیدشده در فلسطین اشغالی از سال ۱۹۸۹ میلادی، صرف آبیاری و تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی می‌شود (Fegin and Shalhevet, 2002).

اورن و همکاران (۲۰۰۸) در نتایجی مبنی بر مزایای به‌کارگیری سیستم آبیاری قطره‌ای نسبت به سایر روش‌های رایج آبیاری با پساب، دریافتند که در طراحی‌ها برای محدوده مجاز شیب زمین آبیاری شده با پساب، می‌تواند تا ۲۰٪ نیز قابل قبول باشد و مشکلی پیش نیاید (Oron, 2008).

گاش (۲۰۱۱) در شهر هانوی از کشور ویتنام سامانه‌ای متشکل از

این مصارف در حال حاضر و پیش‌بینی آن‌ها برای سال‌های بعد می‌تواند به پیش‌بینی مصرف کل آب و سرانه آن منتهی گردد. در همین راستا بر اساس مطالعات طرح توزیع یکنواخت کمی و کیفی آب مصرفی شهر، اگر ما سرانه مصرف آب برای هر نفر را حدود ۲۲۰ لیتر در شبانه‌روز در نظر بگیریم. این سرانه شامل تلفات آبی حدود ۲۷ درصد نیز می‌باشد. این سرانه ۲۲۰ لیتر در شبانه‌روز به‌عنوان مبنای محاسبات سال ۸۵ در نظر گرفته شده است، لذا درمی‌یابیم که این سرانه با ضریب رشد بسیار کوچک در سال هدف (۱۴۱۰) به ۲۴۵ لیتر در شبانه‌روز افزایش می‌یابد. جدول ۱ سرانه آب مصرفی جمعیت ساکن و زائر شهر مشهد را نشان می‌دهد (شرکت مهندسی آبفای کشور، ۱۳۹۰).

جدول ۱- متوسط مصرف سرانه آب مصرفی (برحسب لیتر) جمعیت زائر و ساکن شهر مشهد در سال‌های مختلف

سال	متوسط مصرف سرانه جمعیت ساکن	متوسط مصرف سرانه جمعیت زائر
۱۳۸۵	۲۲۰	۱۱۰
۱۳۹۰	۲۲۵	۱۱۲/۵
۱۳۹۵	۲۳۰	۱۱۵
۱۴۰۰	۲۳۵	۱۱۷/۵
۱۴۰۵	۲۴۰	۱۲۰
۱۴۱۰	۲۴۵	۱۲۲/۵

با توجه به جمعیت ساکن و اضافه جمعیت زائر در یک شبانه‌روز به‌طور متوسط (با فرض اقامت ۴ روزه برای هر زائر) و مصرف سرانه هر کدام طی سال‌های مذکور، متوسط نیاز آب سالانه طبق جدول ۲ برآورد می‌گردد. شکل ۱ روند افزایشی نیاز آبی شهر مشهد را طی سال‌های آتی نشان می‌دهد.

جدول ۲- متوسط نیاز آبی شهر مشهد برحسب میلیون مترمکعب در سال (شرکت مهندسی آبفای کشور)

سال	ساکن		زائر		متوسط نیاز آبی (میلیون مترمکعب در سال)
	جمعیت ساکن (نفر)	متوسط کل مصرف (لیتر در شبانه‌روز)	جمعیت (نفر)	متوسط کل مصرف (میلیون مترمکعب در سال)	
۱۳۸۵	۲۴۵۰۰۰۰	۲۲۰	۱۷۵۲۳۰۰۰	۷/۷۱	۲۰۴
۱۳۹۰	۲۷۶۰۰۰۰	۲۲۵	۱۹۴۷۰۰۰۰	۸/۷۶	۲۳۶
۱۳۹۵	۳۰۹۰۰۰۰	۲۳۰	۲۱۴۲۷۰۰۰	۹/۸۵	۲۶۰
۱۴۰۰	۳۴۲۰۰۰۰	۲۳۵	۲۳۳۶۴۰۰۰	۱۱	۳۰۴
۱۴۰۵	۳۷۷۰۰۰۰	۲۴۰	۲۵۲۴۴۱۵۴	۱۲/۱۷	۳۴۳
۱۴۱۰	۴۱۵۰۰۰۰	۲۴۵	۲۷۰۰۸۰۷۸	۱۳/۲۵	۳۸۵

ضروریات است (شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۳۸۶). شهر مقدس مشهد با توجه به موقعیت زیارتی و سیاحتی منحصر به فرد، همه‌ساله پذیرای میلیون‌ها نفر مشتاقان زیارت حرم رضوی است که از اقصی نقاط کشور و جهان به این شهر سفر می‌کنند.

### موقعیت و وسعت شهر مشهد

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی و شهرستان مشهد است با ۳۵۸ کیلومتر مربع مساحت، این شهر از نظر هیدرولوژیکی در مرکز دشت مشهد که در شمال شرق ایران و در حوضه آبریز کشف رود، بین رشته کوه‌های بینالود و هزار مسجد قرار گرفته است و دارای آب‌وهوای معتدل و متغیر است. این حوزه در شمال استان خراسان در طول جغرافیایی ۲۰-۵۹ تا ۸-۶۰ و عرض ۴۰-۳۵ تا ۳-۳۶ واقع شده است (علیزاده، ۱۳۸۳). در این ناحیه رشته کوه‌های رفیع هزار مسجد و بینالود با قله مرتفع قرار گرفته اند و به این ناحیه چهره‌ای کوهستانی و نیمه کوهستانی بخشیده است. منطقه مورد بحث، تحت تأثیر جریان‌های مرطوب مدیترانه‌ای از غرب و جریان‌های هوای سرد از شمال شرق قرار می‌گیرد. حداکثر و حداقل مطلق درجه هوا در ایستگاه سینوپتیک مشهد به ترتیب ۲۸- و ۴۲/۶ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شده است که نشان‌دهنده تغییرات وسیع درجه حرارت می‌باشد. ارتفاع شهر از سطح دریا ۹۸۵ متر و فاصله آن از تهران ۹۶۶ کیلومتر است.

### نیاز آبی شهر مشهد

به‌منظور برآورد نیاز آب مصرفی یک شهر لازم است متوسط مصرف آب هر شهروند در طول یک شبانه‌روز مشخص شود. در حالت کلی، مصرف آب در شهرها شامل مصارف خانگی، عمومی، تجاری و صنعتی، فضای سبز و تلفات می‌شود که تعیین هر یک از



شکل ۱- نیازآبی شهر مشهد تا سال ۱۴۱۰

بخش‌های مختلف مصرفی بر این مخاطره افزوده است و متأسفانه با آگاهی به این موضوع موارد ذکر شده باعث افت شدید کمیت آب آبخوان، کاهش کیفیت آب و نشست زمین و خطرات جبران‌ناپذیر دیگر که از پیامدهای این خطر می‌باشد روبروست و با سرعت باورنکردنی به سمت جلو در حرکت است. بنابراین شایسته است تقویت آبخوان دشت مشهد به طرق مختلف وجهه همت مسئولان، بهره‌برداران و مدیریت منابع آب قرار گیرد و در این راستا پساب حاصل از تصفیه فاضلاب شهر مشهد به‌عنوان یک عامل بالقوه و به‌عنوان یک آب بازیافتی برای تقویت آبخوان دشت می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد. لذا با توجه به میزان تولید سالیانه پساب شهر، با در نظر گرفتن جمعیت رو به رشد و آب مصرفی موردنیاز محاسبه گردید که تا سال ۱۴۱۰ حجم پساب تولیدی به ۲۵۰ میلیون مترمکعب برسد. این مقدار پساب می‌تواند برای تأمین بخشی از کمبود آب شرب و مصارف بهداشتی از طریق مبادله با آب‌های مناسب، تعادل بخشی آبخوان از طریق جایگزینی با آب چاه‌های کشاورزی و خارج کردن چاه‌ها از رده بهره‌برداری، تغذیه مصنوعی آبخوان و بالاخره تأمین آب مصرفی سایر فعالیت‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا ۹۰ میلیون مترمکعب پساب در افق ۱۴۱۰ در نظر است برای تقویت آبخوان از طریق جایگزینی با آب چاه‌های کشاورزی به‌صورت خارج کردن چاه‌ها از رده بهره‌برداری به مصرف برسد.

## نتایج

### جایگاه پساب در مشهد

با دانستن جمعیت شهر و مشخص شدن نیاز آبی ساکنین و تعیین حجم پساب تولیدی در سال و در نظر گرفتن حجم آن در سال‌های آینده می‌توان به این نتیجه رسید که باید مصارف پساب در مشهد به‌صورت جدی و کاربردی پیگیری و مشخص گردد که ما در این پژوهش به نتایج حاصل از استفاده پساب در موارد مختلف و ارائه طرح‌های توسعه و جایگزینی آن با حقایق‌های کشاورزی و تغذیه آبخوان در شهر مشهد اشاره می‌کنیم. نمودارهای میله‌ای ۲ و ۳ برای بهتر مشخص شدن حجم پساب تولیدی و حجم فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه‌های شهر تا سال ۱۴۱۰ رسم گردید تا بتوان نتیجه بهتری از طرح‌های ارائه‌شده به‌منظور رفع کمبود و بحران آب در سال‌های پیش رو گرفت.

### جایگزینی پساب به‌منظور تقویت آبخوان دشت مشهد

استفاده از پساب در کشاورزی در تقویت آبخوان دشت‌ها، صنعت، پرورش آبزیان و فضاهای سبز نیز روز بروز گسترده‌تر می‌شود. با در نظر گرفتن این مطلب که دشت مشهد به‌عنوان منبع اصلی و عمده تأمین آب کشاورزی، صنعت و شرب و مصارف بهداشتی سال‌هاست با روندی رو به افزایش مورد بهره‌برداری مخاطره‌آمیز قرار گرفته است و رشد جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعت و مصرف بی‌رویه آب در

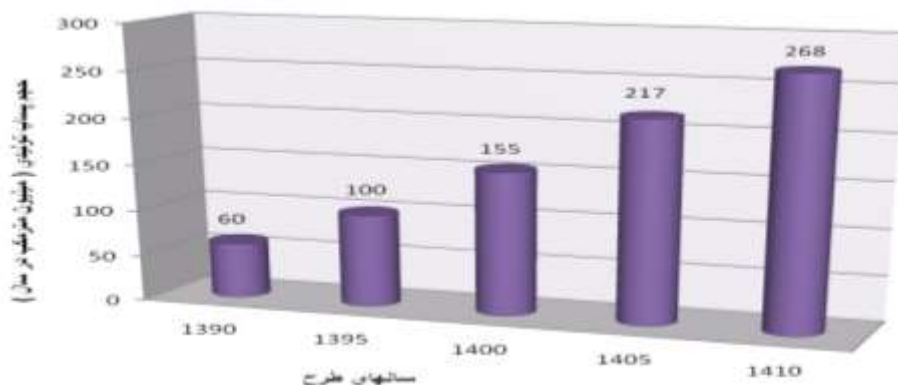


شکل ۲- نمودار حجم فاضلاب تولیدی (میلیون مترمکعب در سال)

که به علت احداث سد طرق تغذیه آن دچار مشکل شده است، بهتر است با جایگزینی پساب، برداشت از آبخوان متوقف گردد تا آبخوان تقویت شده و به تدریج به تعادل نزدیک شود با توجه به توضیحات فوق از میزان ۹۰ میلیون مترمکعب پساب تعیین شده برای تقویت آبخوان، میزان حدود ۴۰ میلیون مترمکعب در سال را می‌شود با ۵۰ حلقه چاه‌های مزرعه نمونه آستان قدس جایگزین نموده و چاه‌ها را از رده بهره‌برداری خارج نمود. برای بقیه پساب در نظر گرفته شده برای تقویت آبخوان یعنی ۵۰ میلیون مترمکعب در سال را، می‌توان در غرب شهر مشهد برنامه‌ریزی نمود.

### چاه‌های کشاورزی جایگزین شونده با پساب برای تعادل سفره در شرق مشهد

تعداد ۵۰ حلقه چاه با جمع دبی حدود ۱۲۰۰ لیتر بر ثانیه و تخلیه سالانه حدود ۳۸ میلیون مترمکعب در مزرعه نمونه آستان قدس شناسایی شده که از نظر کیفیت و موقعیت در ۴ گروه قرار دارند. ۳ گروه اول با کیفیت آب مناسب‌تری نسبت به گروه ۴ می‌باشد و گروه ۴ قابلیت کیفی مناسبی نداشته و برای مصارف شهری مناسب نیست. در حال حاضر که هم کیفیت آب چاه‌ها و آبدهی آن‌ها کاهش یافته است به نظر می‌رسد برای تقویت آبخوان در این ناحیه



شکل ۳- پساب تولیدی از تصفیه‌خانه‌های مشهد در سال‌های مختلف

تعیین گردیدند که از این چاه‌ها تعدادی با جمع تخلیه ۵۳ میلیون مترمکعب باقی می‌مانند و برای تعادل سفره انتخاب خواهند شد.

### رهیافت ترویجی

با توجه به مباحث ارائه شده در این پژوهش می‌توان چنین نتیجه

### چاه‌های کشاورزی جایگزین شونده با پساب در غرب مشهد برای تقویت آبخوان

از ۱۸۹ حلقه چاه انتخاب اولیه در غرب با تخلیه سالانه ۱۶۶ میلیون مترمکعب، تعدادی با تخلیه ۱۱۳ میلیون مترمکعب برای جایگزینی و مبادله آن برای تأمین بخشی از کمبود آب مصرفی شهر

بازیافتی فاضلاب‌ها در احیای مراتع. دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد.

حسن اقلی، ع.، لیاقت، ع.ا.، میراب زاده، م. ۱۳۸۰. بررسی اثرات آبیاری با فاضلاب خانگی بر انتقال مواد به عمق خاک و کیفیت زه آب‌های خروجی از لایسیمتر. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مقاله شماره ۲۱.

دانش، ش.، عزیزاده، ا. ۱۳۸۷. کاربرد پساب در کشاورزی، فرصت‌ها و چالش‌ها. اولین سمینار ملی جایگاه آب بازیافتی و پساب. مشهد.

رضایی راد، ن.، خادمی، ا.، نوبخت، ف. ۱۳۸۸. موانع استفاده از آب‌های نامتعارف در مناطق خشک و نیمه‌خشک و راهکارهای مقابله با آن. چهارمین همایش منطقه‌ای ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی - واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشگاه کشاورزی. شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، واحد مطالعات و تحقیقات. ۱۳۹۲.

عابدی کوبایی، ج. ۱۳۹۰. بهینه‌سازی و کاربرد آب‌های نامتعارف در فضای سبز اصفهان. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

عزیزاده، ا. ۱۳۸۳. بررسی استفاده از آب‌های نامتعارف در دشت مشهد از دیدگاه مدیریت منابع آب. شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، واحد تحقیقات.

قاسمی، س. ع.، دانش، ش. ۱۳۹۱. کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در کشاورزی و ارزیابی پتانسیل آثار آن بر خاک و گیاهان. مجله علوم آب‌و‌خاک. علوم و فنون کشاورزی صفحه ۱۲۴-۱۰۹.

کریمی پاشاکی، م. ح. ۱۳۸۹. مدیریت بهینه آب با استفاده از کاربرد پساب در تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی. دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد.

موسوی، ع.، نوری امامزاده‌ای، م.، صمدی بروجنی، ح. ۱۳۹۲. چالش‌های کاربرد آب‌های نامتعارف در کشاورزی. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی.

یاری، ر.ا.، حسن نژاد، م. ۱۳۸۷. تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی با استفاده از پساب تصفیه‌شده. اولین همایش ملی جایگاه آب بازیافتی و پساب، مهندسین مشاور سرو آب. مشهد.

Fegin, A., Shalhevet. 2002. Irrigation whit treated sewage effluent. Pub. By springer – Verlag Berlin.

Ghosh, S. 2009. Indigenou technology in wastewater recycling, Calcutta case study. ICID International workshop on wastewater Reuse. Management. ICID – CIID. Seoul, Korea. Pp: 49-54

Metcaff and Eddy I. 2001. Water supply and sewerage. Sixth edition. McGraw\_ Hill, Inc. ISBN 0-07\_041677\_X.

Oron, G., Campose, C., Gillerman, L., Salgot. 2001. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management, 38:223-234.

گرفت که با توجه به رشد جمعیت و ارتقای سطح زندگی، بحران کم‌آبی و محدودیت منابع آبی کشور و رشد روزافزون برداشت‌های غیرمجاز از منابع آبی زیرزمینی جهت آبیاری و کشاورزی (به دلیل کمبود بارندگی) دسترسی به منبع آبی جدید بسیار ضروری است و لذا بایستی به کلیه منابع متعارف و غیرمتعارف آب توجه نمود. با در نظر گرفتن وضعیت سفره آب زیرزمینی و افت مستمر آن لازم است، برای حفاظت کیفی و کمی آبخوان و رسیدن به حالت تعادل اقدام کرد و این مهم جز با جایگزینی پساب تولیدی تصفیه‌شده در شهرهای منطقه به‌عنوان یک منبع جدید مقدور نیست. چراکه پساب به دلیل دارا بودن مواد مغذی از قبیل فسفر، ازت و پتاسیم باعث حاصلخیزی خاک بدون صرف هزینه‌های اضافی نیز می‌شود و این خود یکی از راه‌های افزایش محصولات کشاورزی می‌باشد، در این راستا می‌توان با توجه به حجم تولیدی سالیانه پساب، آب‌های باکیفیت مناسب شرب را جایگزین بخشی از آب‌های مصرفی (سطحی و زیرزمینی) در بخش کشاورزی نمود و نسبت به کاهش برداشت از آبخوان با خارج نمودن چاه‌های کشاورزی از مدار بهره‌برداری در مراکز افت سطح آب، به سمت متعادل نمودن بیلان آبخوان حرکت نمود. همچنین با اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی در بستر رودخانه‌ها و مخروط‌افکنه رودخانه‌های شانندیز، گل‌مکان، گلستان و ... در حاشیه جنوبی دشت با انتقال و ذخیره مازاد پساب تصفیه‌شده در حد استاندارد لازم در فصل زمستان که جایگزین نمی‌شود نسبت به تقویت آبخوان و متعادل نمودن بیلان سفره آب زیرزمینی اقدام نمود. البته هم‌زمان با جایگزین نمودن پساب باید نسبت به افزایش راندمان آبیاری و اعلام الگوی کشت مناسب در راستای متعادل نمودن بیلان سفره آب زیرزمینی اقدام نمود. به‌طور کلی امروزه بشر دیگر به پساب به‌عنوان چیزی که باید از اجتماعات دور شود نگاه نمی‌کند و با پی بردن به خواص بالارزش موجود در آن می‌تواند بخش مهمی از احتیاجات زمین‌های کشاورزی را از لحاظ باروری تأمین نماید. کما اینکه ما انتظار داریم تا سال ۱۴۱۰ برنامه‌های عملی بسیار موفقی برای رفع این کمبود اجرایی گردد و تا حدودی از نگرانی‌های ما برای مقابله با خشک‌سالی و نبود آب کافی برای شرب کاهش یابد.

## مراجع

بوستانی، آ.، انصاری، ح.، خداشناس، س. ر. ۱۳۸۹. بررسی فرآیند اجرایی استفاده از پساب در شهر مشهد. چهارمین همایش و نمایشگاه تخصص مهندسی محیط‌زیست.

پیکانپور، پ.، مظاهری، ر.، محمد شفیعی، م. ۱۳۸۹. استفاده از آب‌های

## Feasibility of Wastewater Application in Water Resources Management (Case Study: Mashhad Plain)

M. Jolaini<sup>1\*</sup>, M. Karimi<sup>2</sup> and S. Sahrahi Sadabadi<sup>3</sup>

### Abstract

Due to the problem of water scarcity in the country, Water supply is very important. In such circumstances wastewater reuse can be considered as one of the ways to overcome the problem of dehydration. Therefore, the use of unconventional water resources (including wastewater) in our country is becoming increasingly important. The use of such waters can provide water to the urban green space, cultivate crops that are not consumed raw and artificial nutrition for those with severe groundwater levels, a strategic policy to reduce the pressure on conventional water resources. Application of wastewater as a permanent source of water in agriculture in addition to supplying part of the water needs of this sector also saves and conserves existing water resources. In addition, the presence of plant nutrients in wastewater treatment plants reduces the use of chemical fertilizers and consequently the environmental impact of their use. In this study, considering the present population and predicting its growing trend until 2030 in Mashhad, we were able to estimate the water demand of the city. Taking into account the amount of consumption, the amount of wastewater that enters the treatment plants in the city and is discharged into the effluent was estimated. Also the volume of effluent for storage and its allocation for different purposes was estimated. According to information and surveys, it was concluded that increasing the share of water in the drinking and sanitation sector would inevitably lead to a decline in agricultural arable water. Wastewater can offset some of the decline in the share of agriculture.

**Keywords:** Wastewater, Water management, Water reuse, Aquifer nutrition

---

<sup>1</sup> - Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

(\*-Corresponding Author Email: mjolaini\_re@yahoo.com)

<sup>2</sup> - Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

<sup>3</sup>- MS of Watershed Management.

Received: 4 Jul 2019

Accepted: 18 Sep 2019