



## بررسی امکان کاربرد پساب های شهری تصفیه شده در آبیاری گیاهان فضای سبز شهری مشهد

سلیمان شوشتریان<sup>۱</sup>، علی تهرانی فر<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد علوم باغبانی، عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۲- دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده

از عوامل مهم محدود کننده گسترش فضاهای سبز شهری، تامین آب جهت آبیاری گیاهان می باشد. مشهد بعنوان دومین شهر پر جمعیت ایران، سالانه پذیرای میلیون ها گردشگر خارجی و داخلی می باشد. این حجم از جمعیت و گردشگر سبب ایجاد فشار مضاعف در برداشت خارج از حد، از منابع آبی شده است. مشهد دارای سرانه فضای سبز شهری در حدود ۹/۶ متر مربع به ازای هر شهروند بوده که در مقایسه با استانداردهای تعریف شده دچار کمبود می باشد. این فضا سالانه نیازمند ۲۲/۵ میلیون مترمکعب آب می باشد، در همین حال سالانه میزان ۵ میلیون متر مکعب کمبود نیز دارد. غالب آب مورد نیاز جهت آبیاری فضای سبز از چاه های آب اطراف مشهد تامین می شود که هزینه های سنگینی برای شهروندان در پی دارد. یکی از منابع آب شیرین، در دسترس و دارای ارزش غذایی نسبی، پساب تصفیه شده می باشد. هم اکنون در دنیا از این منبع جهت آبیاری بخشی از فضاهای سبزی چون زمین های ورزشی، کمربندهای سبز، فضای سبز کارخانجات و پارک ها و فضای سبز اماکن عمومی استفاده می شود. در ایران نیز چند سالی است که استفاده از این منبع مورد توجه قرار گرفته است. احتمال ایجاد خطرات زیست محیطی، کسب استاندارد کیفی پساب خروجی از تصفیه خانه و واکنش های متفاوت گونه های گیاهی در کاربرد آن، مبین این امر بوده که استفاده از پساب تصفیه شده هنوز هم دارای پیچیدگی هایی است. بنابراین، جهت کاربرد آن، بویژه در محیط های نزدیک به جوامع انسانی، می بایست مطالعات دقیقی صورت پذیرد. در نهایت این مقاله به بررسی پتانسیل استفاده از این منبع آبی در مشهد پرداخته و اصول کلی در ارتباط با کارکرد آن ارائه داده است.

**کلمات کلیدی:** سرانه فضای سبز، کمبود منابع آبی، استاندارد پساب خروجی، تصفیه خانه، خشک منظر سازی

### ۱- مقدمه

با وجود اعلام سرانه فضای سبز شهری مشهد در حدود ۹/۶ متر مربع برای هر نفر، هنوز هم کمبودهای زیادی در این زمینه به ویژه در بعضی از مناطق سیزده گانه شهری مشهد همچون منطقه ۱۰ وجود دارد (داوود پور و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۰۷). اهمیت فضای سبز شهری مشهد از دو دیدگاه قابل درک است؛ یکی جمعیت موجود و در حال افزایش آن به عنوان دومین شهر پر جمعیت ایران با ۲/۸ میلیون نفر و دیگری موقعیت مشهد به عنوان شهری مذهبی که سالانه پذیرای میلیون ها مسافر داخلی و خارجی است. یکی از عوامل محدودیت زای گسترش فضای سبز شهری در مشهد با آب و هوای نیمه خشک بوده، کمبود منابع آبی برای آبیاری گیاهان می باشد. بنابراین می توان گفت علاوه بر جمعیت بالا، نوع نیاز به گسترش فضای سبز برای چنین کلانشهری همراه با ورود سالیانه میلیون ها زائر از سراسر کشور به ویژه در زمان های اوج مصرف که در مصرف بیشتر آب مزیدی بر علت شده، دشواری هایی برای تصمیم گیرندگان حوزه مدیریت شهری و به ویژه مسئولین سازمان پارک ها و فضای سبز شهری مشهد به وجود آورده است (شوشتریان و تهرانی فر، ۱۳۸۸: ۹۳). با توجه به بارش سالیانه در مشهد به میزان ۲۵۰ میلی متر و تبخیر سالانه ۱۹۳۹ میلی متر و اختلاف زیاد در متوسط میزان پرتوهای دریافتی و بازتابی، می توان گفت مشهد از آب هوای خشک و در نتیجه کم آبی رنج می برد.



مصرف خانگی آب در شهر مشهد در سال حدود ۲۰۰ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد که با احتساب حدود ۷۰٪ این مقدار به عنوان حجم پساب تولیدی، مشخص می‌شود که حجم قابل ملاحظه‌ای آب قابل تجدید وجود داشته که متأسفانه علیرغم محدودیت شدید منابع آب از آن استفاده مناسبی صورت نمی‌گیرد (رحیمی زاده، ۱۳۸۷: ۱۱۳). این رقم زمانی قابل اهمیت خواهد بود که بدانیم سرانه مصرف آب برای هر نفر در دنیا ۵۸۰ مترمکعب است که در ایران این رقم بالغ بر ۱۳۰۰ متر مکعب می‌باشد (بانک جهانی، ۱۳۸۸). رهاسازی فاضلاب خام در طبیعت موجب آلوده سازی محیط زیست شامل خاک و منابع آبهای سطح و زیرزمینی و به خطر افتادن بهداشت عمومی می‌گردد. از آنجایی که بخش عمده آب شرب مشهد از چاه‌های آب حومه شهر تامین می‌شود، مهمترین منبع آلوده کننده آب شرب در شهر مشهد، فاضلابهای خانگی می‌باشد (جنتی، ۱۳۸۷).

پایین آمدن سطح آبهای زیرزمینی نه تنها باعث گران شدن هزینه پمپاژ آب زیرزمینی شده بلکه موجب کاهش کیفیت آب نیز می‌گردد. این مشکلات موجب ابهاماتی در پایداری منابع آب زیر زمینی برای استفاده کنندگان مختلف بویژه در بخش کشاورزی گردیده است.

یکی از اصول کلی در راهبردهای مدیریت پایدار و خشک منظرسازی<sup>۱</sup> که برنامه ریزان شهری برای موفقیت و گسترش فضای سبز در مناطق خشک و نیمه خشک ترسیم کرده اند، استفاده از منابع آبی با کیفیت پایینتر می‌باشد. پساب منبعی است قابل دسترس، نزدیک به محیط مصرف، بدون نیاز به سرمایه گذاری سنگین جهت استحصال، ارزشمند از نظر مواد غذایی مورد نیاز گیاهان، قابلیت جایگزین با آب های شیرین، ولی دارای انواع آلاینده ها است (سعادت و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۴). پساب که زمانی به عنوان یک منبع آلودگی تلقی می‌گردید، هم اکنون در جهان به عنوان یک منبع جدید تامین آب، مطرح می‌باشد. جنبه های اقتصادی استفاده از پساب فاضلاب بدلیل استفاده مفید از آب و افزودن مواد تقویت کننده به خاک برای افزایش حاصلخیزی از نکات قابل ملاحظه می‌باشد (ناصری، ۱۳۷۸: ۱۴). با توجه به ماهیت دوگانه پساب، بازیافت آن به عنوان یکی از راهکارها و فرصت های کلیدی مطرح می‌باشد که از آلودگی منابع آبی و در نتیجه تنزل کیفی آن جلوگیری می‌کند. از سویی با عرضه منابع جدید تامین آب می‌تواند زمینه ساز تامین نیازهای آبی گردد (ثابت رفتار، ۱۳۸۰: ۷). با کاربرد پساب در کشت گیاهان، علاوه بر کاهش آلودگی منابع آبی، مصرف کودهای کشاورزی از ته، فسفره و نیز پتاس کاهش می‌یابد (ملکیان، ۱۳۸۶: ۲۵۷). استفاده از فاضلاب های شهری به ویژه در مناطق خشک و کم آب از اهمیت زیادی برخوردار است. در کشور گرم و خشک استرالیا هم اکنون از استفاده از پساب در استراتژی های مدیریت پایدار جهت تامین آب آبیاری فضای سبز مد نظر می‌باشد. فاضلاب خانگی به طور معمول شامل ۹۹/۹٪ آب و ۰/۱٪ مواد معدنی، آلی و گاز میباشد (متکالف و ادی، ۲۰۰۳). این نوع آب پس از اصلاح جزئی برای مصارفی نظیر آبیاری بسترهای کاشت شهری و زمین های چمن و بازی در سطح وسیع استفاده می‌شود (کاظمی و بیچهم، ۱۳۸۶: ۴۳۲). در برخی از موارد، استفاده از این منبع امکان داشتن امکانات تفریحی یا تجاری را در مناطق خشک فراهم ساخته است که به دلیل کمبود شدید آب، بدون آن این امکان وجود نداشت. از آن جمله می‌توان به آبیاری باغات زیتون و دو زمین فوتبال بزرگ شهر، زمین های گلف و تقریباً ۷۰۰۰ اصله درخت کاشته شده در استرالیا اشاره کرد (زوار، ۲۰۰۶: ۲۵).

در مناطق نیمه خشک جنوب غربی ایالات متحده، مصرف آب شهری در فصل تابستان به علت صرف آب در بخش فضای سبز ۴۰ تا ۶۰٪ افزایش می‌یابد (کجلگرین و همکاران، ۲۰۰۰: ۱۰۳۷).

مشهد با احتساب کمربند های سبز اطراف شهر و فضاهای سبز خصوصی و باغات استان قدس دارای ۶۱۶۸ هکتار فضای سبز می‌باشد (آبادی، ۱۳۸۸). تامین آب برای این سطح از فضای سبز و رشد سالیانه مصرف در سال های اخیر تبدیل به یکی از مشکلات مدیریت و برنامه ریزی شهری شده است. به ویژه آنکه بنا به گزارش سازمان آب و فاضلاب شهری مشهد، ۱۸۰ هکتار فضای سبز از انشعابات آب و فاضلاب شهری آبیاری می‌شوند. در حال حاضر در مشهد سالانه ۲۲/۵ میلیون متر مکعب آب برای آبیاری فضای سبز مورد نیاز است. این در حالی است که سالانه ۵ میلیون متر مکعب کمبود



وجود دارد (نوری، ۱۳۸۸). هزینه های تامین آب برای فضای سبز در طول یکسال در شهر مشهد بالغ بر ۱۰/۵ میلیارد ریال است که با توجه به محدودیت روز افزون منابع آبی، هزینه های گزافی را متوجه مدیریت شهری و شهروندان مشهدی کرده است (شوشتریان و تهرانی فر، ۱۳۸۸: ۹۴). از ظرفی تولید حجم بالایی از فاضلاب های شهری و صنعتی با توجه به دو عامل مهم ورود زائربین و جمعیت حاشیه نشین همیشه از مشکلات شهر مشهد جهت دفع آن بوده است. جنتی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی نحوه دفن پساب خانگی در محدوده گل شهر با درصد حاشیه نشینی بالا گزارش کردند که میزان بار آلودگی فاضلاب محدوده خیلی بیشتر از استانداردهای زیست محیطی بوده و بیش از ۸۰٪ فاضلاب ساکنین محدوده بطور مستقیم در سطح معابر عمومی تخلیه می گردد. این امر علاوه بر افزایش بار آلودگی، مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی، هزینه های بسیار گزافی را در بخش خدمات شهری به شهرداری تحمیل می نماید.

خوشبختانه در سال های اخیر نگاه ها به سمت بهره برداری از این منبع در دسترس به ویژه در مشهد بیشتر شده است، بطوریکه اولین سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب- چالش ها و راهکارها در سال ۱۳۸۷ با حضور متخصصین و ارائه ۶۳ مقاله در ارتباط با بررسی جوانب استفاده از پساب در مشهد برگزار شد و دومین سمینار آن نیز با عنوان جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در آبیاری کشاورزی و فضای سبز در مهرماه ۱۳۸۹ برگزار خواهد شد. از طرفی سازمان آب و فاضلاب مشهد جهت گسترش استفاده از این منبع آبی، مطالعات فنی با همکاری مراکز علمی و دانشگاهی انجام داده است. نمونه هایی از آن دو طرح بررسی استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب های خانگی در آبیاری سبزیجات خوراکی و چغندر قند بوده است.

آبیاری فضای سبز با پساب، با وجود اینکه سال ها است در کشورهای مختلف انجام می شود اما هنوز هم نگرانی هایی در مورد کاربرد آن وجود دارد. از این موارد می توان به ۱- افزایش هزینه های احداث و نگهداری سیستم های آبیاری (همچون جلوگیری از گرفتگی قطره چکان ها) ۲- خطر سلامتی در هنگام کاربرد با پساب به دلیل وجود پاتوژن های بیماری زا ۳- آسیب های گیاهی ناشی از شوری و تجمع شوری در پروفیل خاک و ۴- آبهویی مواد غذایی در حد بالا به آب های زیر زمینی اشاره داشت.

## ۲- مروری بر پژوهش های پیشین

۲-۱. **آسیب های زیست محیطی و آلودگی های فاضلاب:** دفع غیر اصولی فاضلاب تصفیه نشده در محیط زیست و یا استفاده از آن جهت آبیاری گیاهان، همیشه از معضلات شهرهایی با جمعیت های زیاد و فاقد سیستم های مناسب تصفیه آب و فاضلاب بوده است. متأسفانه در بسیاری از مناطق خشک جهان، به ویژه در کشورهای در حال توسعه از جمله کشورهای آسیایی، آفریقایی و آمریکای لاتین، هم اکنون از فاضلاب خام و یا فاضلاب با تصفیه ناکافی برای آبیاری گیاهان خوراکی استفاده می گردد. این امر منجر به صدمات قابل ملاحظه ای بر عملکرد برنامه های ملی ارتقا سطح سلامت جامعه در کشور های ذکر شده داشته است (گروبیکی، ۲۰۰۰؛ حمدالله، ۲۰۰۰). شیوع بیماری همه گیر وبا التور در سال ۱۳۸۴ در کرج و سایر شهرها با ۱۰۷۹ مورد ابتلا که در اثر مصرف سبزیجات خوراکی آبیاری شده با فاضلاب تصفیه نشده نمونه ای از این دست می باشد. فاضلاب های خانگی به طور معمول دارای ۱/۰٪ ناخالص هستند که این مقدار شامل عوامل آلوده کننده مختلفی است. در صورت تخلیه در محیط زیست می تواند ضمن انتشار و شیوع انواع بیماری ها، خسارت های جبران ناپذیری در محیط زیست ایجاد می کند. بر طبق دستور العمل سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۱) بیماری های عفونی حاصل از دفع فاضلاب در محیط زیست و سر و کارداشتن انسان با آن در ۵ یک دسته بندی به پنج گروه تقسیم شده است (نیکنام، ۱۳۸۷: ۴):

۱- شامل عوامل عفونت زایی هستند که دوره کمون ندارند و بلافاصله پس از دفع با دوز نسبتاً پایین آلوده کننده بوده و از طریق تماس مستقیم از شخصی به شخص دیگر منتقل می شوند (پروتاز و ویروس هایی از جمله هپاتیت A). ۲- باکتری های مدفوعی، همانند گروه اول بلافاصله پس از دفع عفونت زا می باشند و به دلیل دوز متوسط باید تعدادشان زیاد باشد تا



قادر به بیماری زا باشند، توانایی قدرت تکثیر در محیط را دارند و به مدت طولانی در محیط می مانند (وبا، اشریشیاکلی بیماری زا، حبسه و ...). ۳- نماتودهای روده ای منتقل شونده از خاک هستند که به میزان واسط نیاز ندارند. تخم این انگل ها به مدت زمانی برای تکامل نیاز دارند (دوره کمون) و از طرفی حداقل میزان دوز آلودگی فقط یک ارگانیسم است که در فاضلاب های خام میزان قابل توجهی از این انگل ها وجود دارد (آسکاریس، که بیشتر از راه فاضلاب منتقل شده و در مزارعی که توسط فاضلاب آبیاری میشود، خاک و سبزی جات را آلوده می کند). ۴- بیماری های عفونی ناشی از کرم های نواری تنیاسازیناتا<sup>۱</sup> و تنیاسلیوم<sup>۲</sup> می باشد که به میزان واسط گاو یا خوک نیازمندند و انسان از طریق خوردن گوشت نپخته این حیوانات آلوده، به بیماری مبتلا می شود. و ۵- بیماری های عفونی ناشی از کرم های مرتبط با آب که به یک یا دو میزبان حد واسط در آب نیازمندند. علاوه بر میکروارگانیسم های پاتوژن، فاضلاب های خانگی و صنعتی حاوی ترکیبات مختلف شیمیایی از قبیل داروها، هورمون ها، آنتی بیوتیک ها، ترکیبات تاثیرگذار بر سیستم هورمونی و... می باشند که اثرات طولانی مدت آنها به ویژه از طریق کاربرد آن در فضای سبز، بر روی سلامت انسان ها و اکوسیستم ها هنوز به طور کامل شناخته نشده است (فتا و همکاران، ۲۰۰۵). در کاربرد مجدد پساب در کشاورزی به دلیل خصوصیات ذاتی آن و وقوع فرآیندهایی همچون تجزیه مواد آلی، تبادل یونی، اکسیداسیون مواد معدنی، رسوب گذاری، فیلتراسیون و... در سیستم خاک، خصوصیات خاک می تواند تحت تاثیر قرار گرفته و به ویژه در طولانی مدت تغییر کند. محققین بسیاری در نقاط مختلف دنیا در ارتباط با موضوع اثرات پساب بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک مطالعه و بررسی نموده اند. افزایش شوری و سدیم خاک در اثر آبیاری با پساب که به ترتیب باعث ایجاد شرایط کاهش آب در دسترس گیاه، و تخریب ساختمان خاک می شود، توسط پژوهشگران مختلفی گزارش شده است. صابر (۱۹۸۶) طی تحقیقات خود در آبیاری با فاضلاب در مصر نشان داد که با گذشت زمان استفاده از پساب، میزان نمک های محلول در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی متری خاک، به میزان قابل توجهی تا حدود ۳ برابر، در مقایسه با خاک های آبیاری نشده افزایش داشته است. مطالعات فیضی (۲۰۰۱) دلالت بر این دارد که هشت سال آبیاری با فاضلاب تصفیه شده در اصفهان، شوری و سدیم خاک را بطور معنی داری افزایش داده است. نتایج تحقیقات ابراهیمی زاده و همکاران (۱۳۸۵) نیز بیانگر آن است که در اثر آبیاری با پساب در مقایسه با آب متعارف، شوری خاک در لایه های ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ سانتی متری و SAR و سدیم خاک در اعماق ۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ سانتی متری افزایش قابل توجهی داشته است. علیزاده و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقات خود نشان دادند که آبیاری ذرت با فاضلاب تصفیه شده در شهر مشهد به مدت ۲ سال، کاهش ۱۵۶٪ ظرفیت نفوذ پذیری خاک را در مقایسه با زمان قبل از تحقیق به دنبال داشته است.

در استفاده مجدد از فاضلاب pH خاک نیز می تواند تغییر یابد. از آنجا که فراهم بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و همچنین حلالیت بسیاری از عناصر و ترکیبات سمی به شرایط pH خاک بستگی دارد، تغییر این پارامتر می تواند جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را کاهش داده و از این طریق و یا از طریق تاثیر بر مهیایی عناصر و ترکیبات مسموم کننده، رشد گیاه و عملکرد آن را تحت تاثیر قرار دهد. مطالعات صابر (۱۹۸۶) نشان می دهد که آبیاری اراضی شهر قاهره با فاضلاب، کاهش pH خاک ها را به دنبال داشته است. اما در بررسی های انجام شده توسط مهیدا (۱۹۸۱) افزایش pH در خاک های خشک و نیمه خشک هند با پساب گزارش شده است. از دیگر آلودگی های موجود در فاضلاب ها عناصر کمیاب یا سنگین هستند. این عناصر می توانند اثرات سمیت در گیاه بر جای گذاشته و در گیاهان فضای سبز سبب کاهش ارزش های زینتی شوند. در مطالعات بغوری (۱۳۷۶) در خاک های تحت آبیاری با فاضلاب های شهری و صنعتی اصفهان، آلودگی شدیدی از نظر عناصر کادمیوم و سرب در مقایسه با آب معمولی مشاهده شده است. همچنین بقری و همکاران (۱۳۷۹) در تحقیقات خود دریافته اند که در اثر آبیاری با پساب مقدار منگنز و کروم و سرب در خاک های تحت کشت در منطقه اصفهان افزایش یافته است. پروان (۱۳۸۳) در مقایسه خصوصیات خاک مزارع آبیاری شده با پساب و مزارعی که با آب چاه آبیاری شده بودند

۱. *Taenia saginata*

۲. *Taenia solium*



مشاهده نمود که افزایش فراهمی عنصر نیکل در لایه ۵ تا ۲۵ سانتی خاک و عنصر روی در لایه ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی متری خاک به طور معنی داری افزایش یافته است. معاضد و حنیفه لو (۱۳۸۵) در بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب غرب شهر اهواز برای استفاده در آبیاری گیاهان، به این نتیجه رسیدند که پساب مذکور از نظر برخی پارامترها مانند سولفات، کلراید و شوری فراتر از استانداردهای سازمان حفاظت از محیط زیست ایران بوده و دارای درجه پیامد بسیار بد ارزیابی می شود. از این گزارشات نتیجه گرفته می شود که استفاده بدون مطالعه در کیفیت پساب، منطقه مورد کشت، گیاه و خاک مورد آبیاری سبب تشدید خسارت های زیست محیطی، حتی در مواردی بیشتر از عدم آبیاری خواهد شد و همچنین نشان دهنده این امر است که استفاده بدون برنامه و عدم رعایت استانداردهای تعریف شده در کیفیت پساب تولید می تواند مشکلات زیادی را ایجاد کند.

**۲-۲. پژوهشهای کاربرد پساب تصفیه شده در آبیاری گیاهان فضای سبز در ایران و جهان:** در بسیاری از کشورهای دنیا به ویژه در مناطق خشک استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری کشاورزی و فضای سبز مطالعه شده و بکار برده می شود. استفاده از فاضلاب در کشاورزی برای اولین بار توسط آلمانی ها در سال ۱۵۳۱ و اسکاتلندی ها در سال ۱۶۵۰ میلادی مطرح شد (سعادت و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۵). در آمریکا بالغ بر ۳۶ سال است که از پساب تصفیه شده برای آبیاری گونه های فضای سبز استفاده می شود. ایالت کلرادو به تنهایی دارای ۱۰۰۰ مرکز تصفیه پساب خانگی و ۵۰۰ مرکز تصفیه پساب صنعتی می باشد. در این ایالت استفاده از آب پساب برای آبیاری فضای سبز از ۱۰٪ در سال ۲۰۰۰ به ۲۰٪ در سال ۲۰۰۲ رسیده است (کیان، ۲۰۰۶).

#### ۲-۲-۱- بررسی استفاده از پساب جهت آبیاری چمن و گیاهان پوششی:

بیشترین سطح فضای سبز در ایران و دنیا اختصاص به کشت چمن دارد. چمن از گیاهان پر توقع بوده که نیاز آبیاری آن نسبت به سایر گیاهان زیاد می باشد. همچنین استفاده از کودهای شیمیایی و دامی و مواد مغذی برای احداث و نگهداری از آن سالانه هزینه های زیادی را طلب می کند. در کنار استفاده از چمن در فضاهای سبز شهری، کاربرد وسیع و غیرقابل جایگزین آن در زمین های ورزشی چون فوتبال و گلف، تامین آب آبیاری روزانه آن، همیشه از نگرانی های مسئولین پارک ها، اماکن ورزشی و فضای سبز شهری بوده است. سال ها است که در دنیا، بویژه کشورهایی با اقلیم خشک برای غلبه بر این محدودیت ضمن استفاده از پساب تصفیه شده برای آبیاری چمن که حاوی مواد غذایی مطلوب بوده، پژوهش هایی جهت تعیین میزان سازگاری انواع گونه های چمن به آبیاری با پساب های تصفیه انجام شده است. گزارش شده است که ۳۴٪ از زمین های چمن گلف در آمریکا معادل با ۴۱۲۵ قطعه با پساب تصفیه شده آبیاری می گردند (GCSAA, ۲۰۰۳).

میترا (۲۰۰۶) در نتایج تحقیقاتش هیچ گونه تاثیر منفی در رشد گونه چایر معمولی<sup>۱</sup> با کاربرد دراز مدت پساب مشاهده نکرد. همچنین میزان کلروفیل در گیاهان آبیاری شده با پساب در مقایسه با آب معمولی بیشتر شده بود.

ملکیان و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهشی در بررسی تاثیر و مقایسه استفاده از پساب و آب چاه بر برخی خصوصیات چمن چایر معمولی در شرایط گرم و خشک اصفهان گزارش کردند که کاربرد پساب تاثیر معنی داری بر روی رنگ و تراکم چمن نداشت اما میزان عملکرد و ارتفاع چمن بطور معنی داری بیشتر از آب چاه شد. همچنین مشخص شد آبیاری زیرسطحی با پساب سبب افزایش شوری لایه سطحی خاک می شود. سروش و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی استفاده از آب هایی با درصد متفاوت از لحاظ ترکیب (۱۰۰٪ آب چاه، ۵۰٪ آب چاه و ۵۰٪ پساب و ۱۰۰٪ پساب) برای آبیاری ارقام چمن ژاپنی<sup>۲</sup> و جذب عناصر غذایی توسط چمن نشان دادند که بیشترین جذب گیاهی نیتروژن مربوط به استفاده از پساب بوده (۱۰۰٪ پساب) و بیشترین جذب پتاسیم هم در ارتباط با میزان ۵۰٪ آب و ۵۰٪ پساب بوده است. گرهات و همکاران

۱. *Cynodon dactylon* L.

۲. *Zoysia* spp.



(۲۰۰۶) در بررسی اثر پساب صنعتی برج های خنک کننده با شوری بالا بر روی سه گونه زمین پوش شامل رزماری، گل یخ<sup>۱</sup> و دالنا<sup>۲</sup> (شبدر چمنی گریگ) رایج در فضای سبز آریزونا گزارش کردند که این نوع آب بر خصوصیات رشدی آن تاثیر معنی دار نداشته است و استفاده از آن را به عنوان منبع آبی جهت آبیاری فضای سبز توصیه نموده اند.

### ۲-۲-۲- بررسی استفاده از پساب جهت آبیاری درختان و درختچه های زینتی:

سعادت و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهش خود مشاهده کردند که شاخص های رشد ۱۲ گونه درختان مورد کاربرد در فضای سبز شهری استان فارس آبیاری شده با پساب شامل اکالیپتوس، آکاسیا، گز شاهی، چنار، افرا زینتی، زبان گنجشک، عرعر، توت، سپیدار، افاقیا، سوزنی برگان: زرین، کاج تهران یا الدار در مقایسه با آب چاه معنی دار نشده و امکان استفاده از پساب شهری برای آبیاری این درختان تایید شد. همچنین آنها در سال دوم آزمایش گزارش کردند که میزان مقاومت این درختان به آبیاری حاصل از پساب یکسان نبوده و از این نظر دارای تفاوت معنی داری بودند. کریم زاده و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی استفاده از پساب حاصل از کارخانه ذوب آهن اصفهان جهت آبیاری در فضای سبز و تاثیر آن بر خصوصیات خاک، ۴ گونه درختی، توت سفید، کاج الدار، سرو نقره ای و اکالیپتوس را با درصدهای مختلف آب چاه و پساب آبیاری نمودند. آنها گزارش کردند که بطور کلی استفاده از پساب به دلیل کاهش میزان شوری و نیز افزایش مواد آلی نسبت به تیمار شاهد می تواند باعث بهبود وضعیت فیزیکی و حاصلخیزی خاک و در نتیجه رشد متعادل درختان گردد. خوزه و آلارکون (۲۰۰۸) در بررسی آبیاری مرکبات با دو منبع پساب (پساب با تصفیه ثانویه و مخلوطی از آب با کیفیت و پساب با تصفیه سومین) در اسپانیا نشان دادند که آبیاری با پساب سبب افزایش در EC و TDS می شود. افزایش EC نیز مربوط به تجمع عنصر بور بود. آنها بیان داشتند علی رغم اینکه سطوح سمی در این ارتباط بوجود نیامده اما افزایش شوری و تجمع بور مهمترین مشکل در آبیاری با پساب تصفیه شده می باشد. گرهارت و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که آبیاری ۶ گونه درخت و درختچه ی فضای سبزی در آریزونا با پساب صنعتی با شوری بالا مشکلی ایجاد نمی کند. جوردن و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی آبیاری ۲۰ گونه درخت زینتی در فضای سبز در ایالات متحده با پساب تصفیه شده بصورت بارانی گزارش کردند که تنها هفت گونه از آنها با کمترین میزان آسیب قابل رویت، توانایی ادامه رشد را دارا بودند. همچنین مطالعاتی در آبیاری درختان نزدیک به زمین های چمن گلفی که توسط آبیاری بارانی با پساب تصفیه شده در نقاط مختلف ایالات متحده انجام گرفته نشان داده که این درختان آسیب های برگی جدی دیده اند.

نتایج تحقیقات ذکر شده مبین نیاز به بررسی و مطالعه برای چگونگی استفاده از پساب تصفیه شده برای گونه های گیاهی در فضای سبز می باشد. همچنین می توان با دسته بندی گیاهانی که به این نوع آب مقاوت نشان داده و مناسب برای کاشت در فضای سبز بوده، کاشت وسیع آنها را در دستور کار قرار داد تا شاهد افزایش سطح سرانه فضای سبز باشیم.

### ۲-۳. سیستم آبیاری مورد استفاده در کاربرد پساب: انتخاب روش مناسب برای موفقیت استفاده از پساب تصفیه شده در

فضای سبز اهمیت فراوانی دارد. عوامل تاثیر گذار زیادی بر این انتخاب وجود دارد که می بایست با توجه به شرایطی از قبیل اقلیم، امکانات مالی و لجستیکی، نزدیکی یا دوری به جوامع انسانی، کاربری فضای سبز مربوطه، نوع گونه های گیاهی و میزان مقاومت به این آب ها، قابلیت اجرا، ایجاد راندمان بالا و تناسب با وضعیت توپوگرافی منطقه هماهنگ باشد. در روش آبیاری سطحی به دلیل پخش پساب در سطح زمین، کارگران شهرداری و فضای سبز در معرض آلودگی بیشتری قرار می گیرند. در این روش به ویژه اگر گیاه دارای ارتفاع کمی باشد به علت نزدیکی با زمین خطر آلودگی بالا است.

در روش آبیاری شیاری به دلیل کشت گیاهان بر روی مرزها آلودگی در مقایسه با روش های نوار و کرتی به مراتب کمتر است (پریرا، ۲۰۰۲). این روش همچنین باعث کاهش نفوذپذیری خاک می شود. راندمان آبیاری سطحی در هنگام استفاده از پساب اهمیت زیادی دارد. بهره برداری بیش از حد از پساب باعث تزیق پساب آلوده به منابع آب زیر زمینی می شود،

۱. *Malephora* spp

۲. *Dalea greggii* A. Gray



خصوصاً در شرایطی که سطح آب زیر زمینی بالا باشد. همچنین مصرف بالای آب باعث تزریق بیشتر عناصر سمی به خاک و تجمع آنها در خاک می شود (نجفی، ۱۳۸۱).

در روش آبیاری بارانی امکان آلوده شدن گیاهان و کارگران زیاد است. در این روش، باد در توزیع آلودگی تاثیر بسزایی دارد زیرا پاتوژن های موجود در پساب توسط باد پخش می شود و عموماً برای ساکنین نزدیک خطرناک است (عابدی و نجفی، ۱۳۸۰).

پسکاد (۱۹۹۲) با مقایسه مزایا و معایب کاربرد روش های مختلف آبیاری در هنگام بهره برداری از پساب فاضلاب نتیجه گرفت که روش آبیاری قطره ای تنها روشی است که مشکلات خاص ناشی از کاربرد پساب را مرتفع می سازد. در سیستم آبیاری قطره ای ذرات مایع پراکنده نمی شود و مقادیر رواناب و نفوذ عمقی ناچیز است و تماس با آب زمانی رخ می دهد که محصولات قابل مصرف با خاک تماس پیدا کنند. وقتی سیستم آبیاری قطره ای در زیر خاک مدفون شده یا توسط یک ورقه پلاستیکی پوشیده شده باشد گیاهان رشد یافته در بالای خاک از عوامل بیماری زا دور هستند (بهری، ۱۹۹۹؛ کارپا و همکاران، ۱۹۸۹). از دیگر مزایای آبیاری قطره ای می توان به کاهش تبخیر، کاهش رواناب سطحی و نفوذ عمقی به لایه های پایین تر خاک، کنترل بهتر علف هرز، افزایش راندمان علف کش ها، کاهش آلودگی شاخ و برگ گیاه و نیز آلودگی های جنبی آن در حین آبیاری عنوان کرده اند (اورون، ۱۹۹۲). اما از معایب بزرگ آن گرفتگی قطره چکان ها و لوله ها می باشد که میزان آن بسته به کیفیت پساب دارد. با استفاده از فیلتر ها و امیتر (منتشر شونده) های مناسب با شرایط موجود می توان بر این مشکل غلبه نمود (کارپا و اسکیکولون، ۲۰۰۴).

آبیاری زیر سطحی با استفاده از لوله های متخلخل یکی از جدیدترین این روش ها می باشد. این لوله های اسفنجی که نقش لوله های آبد و قطره چکان ها را یکجا ایفا می کنند و دارای پروفیل رطوبتی پیوسته هستند، از جنس لاستیک فرسوده اتومبیل ها و مقداری پودر پلی اتیلن می باشند. روش ساخت لوله ها به این صورت است که طی فرآیندی لاستیک های فرسوده به دانه های ریز تبدیل گردیده و با دانه های ریز پلی اتیلن به نسبت ۲ به ۱ مخلوط و حرارت داده می شوند. سپس این مخلوط از میان دستگاه فشار عبور داده می شود (بودر و موتی، ۱۹۹۵). این لوله ها به محیط زیست کمک می کنند زیرا مشکلات ناشی از تجزیه زایدات لاستیک ها کمک می کنند (تلوک و ساتون، ۱۹۹۸). در این روش لوله های متخلخل در منطقه ریشه گیاه نصب و آب تحت فشار ۰/۲ تا ۲ بار در آن جریان یافته و آب تراوش از خود موجب مرطوب شدن آن منطقه می شود. این لوله ها در ایالات متحده در باغ های میوه و سطوح چمنکاری مورد استفاده قرار گرفته است. در استرالیا لوله های متخلخل با عنوان Leaky pipe یا Aquapore بسیار رایج و متداول بوده و برای آبیاری فضای سبز و چمن مورد استفاده قرار گرفته است (تیلوک و ساتن، ۱۹۹۸). در ایران این لوله ها به لوله های تراوا مرسوم هستند. با توجه به ضرورت ایجاد راندمان بالا در آبیاری با پساب جهت کاهش اثرات مخرب زیست محیطی، این روش می تواند در جهت نیل به این هدف کمک کننده باشد. در یک طرح تحقیقاتی (۱۳۷۳) که از این لوله ها در عمق ۴۰ سانتی متری در یک تاکستانی به طول ۵۰ متر استفاده شده بود مشاهده شد که میزان محصول در مقایسه با روش آبیاری سطحی ۴۰٪ افزایش یافته است. رهنما و همکاران در مقایسه این سیستم گزارش کردند که عملکرد آن برای آبیاری بادمجان نسبت به آبیاری سطحی به تقریب ۴۴ برابر می باشد (رهنما و همکاران، ۱۳۸۲). باریوسف و همکاران (۱۹۹۱) مشاهده کردند که به علت اینکه در روش قطره ای زیر سطحی، پساب در نزدیکی ناحیه ریشه گیاه به خاک افزوده می شود و سطح خاک در هنگام رشد گیاه خشک می ماند، علاوه بر اینکه بستر به خوبی برای رشد گیاه فراهم می کند مانند یک صافی پساب را از آلودگی های پاک می کند. نتایج یک مطالعه بیست ساله بر روی استفاده از پساب در دانشگاه بیرشوا نشان داد که هنگامی که از سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی جهت آبیاری استفاده شده بود، مقدار نیتروژن و به احتمال راحت تر از آن، فسفر زمانی که منبع آب در نزدیکی ریشه قرار داشته باشد بهتر جذب می شوند. نتایج این تحقیق نشان داد که در رابطه با استفاده از پساب سیستم های آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی فنونی هستند که می توانند به حل مشکلات کمبود آب کمک کرده و همزمان نیز مشکلات



آلودگی آن راحل کنند (اورون، ۱۹۹۲). هر کدام از سیستم های آبیاری دارای مزایای و معایبی است که می توان بر اساس شرایط موجود آن را ارزیابی نمود (جدول ۳).

جدول ۳. عوامل موثر بر انتخاب روش آبیاری و اقدامات حفاظتی در استفاده مجدد از فاضلاب (لی و جونز لی، ۱۹۹۵)

روش آبیاری	عوامل موثر بر انتخاب روش آبیاری	اقدامات لازم برای استفاده مجدد
آبیاری مرزی (غرقابی-سطحی)	کمترین هزینه رادارد. تراز بندی دقیق زمین نیاز نیست	حفاظت کامل کارگران شهرداری، افرادی که با گیاه سر و کار دارند و بازدیدکنندگان
آبیاری نشتی	هزینه آن کم است. ممکن است به تراز بندی زمین نیاز باشد.	حفاظت کامل کارگران شهرداری، افرادی که با گیاه سر و کار دارند و بازدیدکنندگان
آبیاری بارانی	راندمان استفاده از آب متوسط است. به تراز بندی نیاز نیست	بعضی از محصولات مرتعی، علوفه ای و بویژه درختان میوه نباید کشت شوند. حداقل فاصله از منازل و جاده ها باید ۵۰ تا ۱۰۰ متر باشد. بعلت ایجاد بو، از فاضلاب بیهوازی نباید استفاده شود.
آبیاری زیر زمینی و موضعی	هزینه آن زیاد است. راندمان استفاده از آن بالاست. تولید محصول بیشتر می شود.	فیلتراسیون برای جلوگیری از انسداد منافذ لوله ها

**۲-۴. مطالعات بهره برداری از پساب تصفیه شده برای فضای سبز در سایر شهرها:** از سال ۱۳۸۰ آبیاری فضای سبز بیمارستان شهدای کارگر یزد با مساحت ۱۵ هکتار با پساب تصفیه شده در این بیمارستان تامین می شود. مشهدی پور و همکاران (۱۳۸۷) پس از بررسی های صورت گرفته در منابع آبیاری فضای سبز شهر زاهدان گزارش کردند که با توجه به اینکه این منابع عمدتاً چاه های آبی بوده که ساختار فنی و اصولی نداشته و هزینه های نگهداری موتور پمپ و نیروی برق جهت پمپاژ با آبدی ناچیز بسیار زیاد بوده و همچنین با توجه به اینکه آب این چاه ها از EC بالایی برخوردار است (بالای ۳۰۰۰ میکروموس) لذا آب این چاه برای آبیاری گیاهان فضای سبز مناسب نمی باشد. آنها پیشنهاد کردند که از پساب خروجی تصفیه خانه زاهدان برای آبیاری فضای سبز شهر زاهدان، با در نظر گرفتن تمهیداتی از جمله فرآیند تصفیه تکمیلی استفاده شود. در اصفهان سه طرح انتقال پساب فاضلاب برای آبیاری فضای سبز شروع شده است که طی آن پساب تصفیه خانه های شمال و شرق و شاهین شهر اصفهان برای آبیاری فضای سبز حاشیه ای و جنگلکاری شهری در شرق اصفهان، انتقال می یابد. در استان تهران بخش زیادی از فضای سبز ۸۰۷ هکتاری احداث شده در شرکت شهرک های صنعتی این استان توسط پساب تصفیه شده با سیستم آبیاری قطره ای آبیاری می شود. در اهواز از پساب تصفیه شده در تصفیه خانه شهرک صنعتی برای آبیاری فضای سبز این منطقه استفاده می شود. میزان پساب تولیدی در کیش ۶۸۷۹۰۶ مترمکعب در سال است که با آن سطح زیادی از فضای سبز منطقه آبیاری می گردد.

#### بررسی وضعیت تولید و تصفیه فاضلاب در مشهد

در حال حاضر دو تصفیه خانه در مشهد مشغول بکار می باشد که مجموعه پرکندآباد با دو سیستم طبیعی و الکترومکانیکال شامل روش های برکه تثبیت و لجن فعال بزرگترین تصفیه خانه مشهد می باشد، همچنین تصفیه خانه النگ به روش برکه تثبیت در شمال شرق مشهد در حال فعالیت می باشد.

ظرفیت کار تصفیه خانه پرکندآباد ۲۵۰۰۰ متر مکعب در روز می باشد که نشانگر میزان تولید فاضلاب در مشهد است. با توجه به اینکه بیش از ۹۰٪ از آب کیفی منابع آبی مشهد در بخش آبیاری کشاورزی و فضای سبز مصرف می شود، جایگزین نمودن آن با آب بازیافتی می تواند آب شیرین را برای مصرف بهتر از جمله مصارف شهری در اختیار قرار دهد. جمعیت شهری مشهد از ۲/۸ میلیون نفر فعلی به ۴/۲ در سال ۱۴۰۰ خورشیدی بالغ خواهد گردید. همچنین در حدود ۱۵ میلیون نفر زائر در سال با اقامت متوسط ۴ روز و رشد سالانه با ضریب ۲ درصد و ضریب سرانه مصرف آب برای زائرین، تاثیر این نیاز معادل حضور مداوم جمعیتی در حدود ۱۰۰ تا ۱۳۰ هزار نفر در مقطع سال های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ خواهد بود. در این

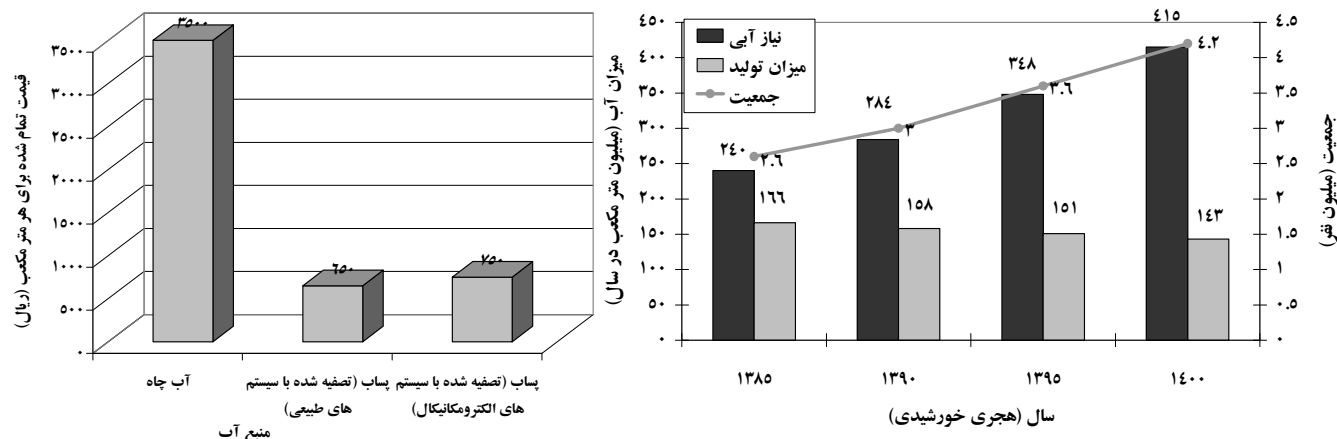




صورت با احتساب مصرف سرانه ۲۵۰ لیتر در شبانه روز نیاز آبی شرب شهر طی سال های آینده مطابق نمودار شماره ۱ خواهد بود. با توجه به اضافه برداشت آب در حد ۲۵۰ میلیون متر مکعب در سال از منابع آب های زیر زمینی دشت مشهد و ایجاد بیلان منفی و افت سطح هیدرواستاتیک آبخوان آن ممکن است خطرات زیست محیطی فاجعه باری چون مرگ دشت مشهد در اثر اتمام سفره آب زیر زمینی باشیم (طرح تامین آب شرب مشهد با استفاده از جایگزینی آب بازیافتی، ۱۳۸۵) برابر پیش بینی های انجام شده مقدار آب بازیافتی حاصل از تصفیه خانه های فاضلاب شهر از ۱۸ میلیون متر در سال ۱۳۸۵ به ۳۰۰ میلیون متر مکعب در سال ۱۴۰۵ افزایش خواهد یافت، لذا متناسب با این افزایش، بهتر است که طرح جایگزینی آب بازیافتی با آب کشاورزی و فضای سبز نیز به تدریج اجرا شود.

از سال های گذشته سازمان آب و فاضلاب مشهد اقدام به طرح ریزی و اجرای طرح تعویض پساب تصفیه شده با حقابه های کشاورزان اراضی پایین دست سد کارده و طرق نموده است. همچنین استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب مشهد نموده این سازمان، پساب تولیدی را به باغات بزرگ مشهد چون آستان قدس به فروش می رساند و در ازای به خرید آب چاه آنان اقدام می کند. همچنین چند سالی است که در طول حاشیه کشف رود نیز سازمان برای کشاورزان تسهیلاتی جهت کشت درخت صنوبر و آبیاری آن با پساب خروجی از تصفیه خانه های النگ و پرکن آباد نموده است. مقایسه هزینه های تولید هر لیتر پساب تصفیه شده و آب چاه نشان می دهد که در صورت توسعه برنامه های تصفیه فاضلاب و جایگزینی بیشتر برای آب آبیاری کشاورزی و در سطح بالاتر فضای سبز شهری می توان ضمن بهره برداری مناسب از پساب تولیدی به میزان ۲۸۰ تومان به ازای هر مترمکعب در هزینه های آبیاری فضای سبز صرفه جویی نمود (نمودار ۲- مهندسین مشاور شرکت سروآب و فهرست بها سازمان پارک ها و فضای سبز مشهد، ۱۳۸۹)

نمودار ۱. مقایسه افزایش جمعیت، نیاز آبی و میزان تولید آن در سال های مختلف.



۳-۱. بررسی استاندارد تصفیه پساب، استانداردها و رهنمودهای کیفیت آب بازیافتی در کشورهای مختلف با توجه به نوع کاربرد، نیازهای منطقه ای و میزان ریسک کلی متفاوت است. بسته به خصوصیات پروژه استانداردهای کیفیت آب، فرآیند تصفیه و معیارهای راهبردی تصفیه خانه متفاوت خواهد بود. با این حال نقطه شروع برای هر پروژه بازیافت آب بر اساس نوع مصرف آب بازیافتی تامین سلامت جامعه است. بدین منظور می بایست به پارامترهای میکروبیولوژی در مقررات پساب دقت ویژه ای داشت (جدول ۲).



جدول ۲. استاندارد سازمان محیط ریست برای تخلیه فاضلاب تصفیه شده برای مصارف کشاورزی و فضای سبز

(وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، ۱۳۸۵).

ردیف	مواد آلوده کننده	میلیگرم بر لیتر	ردیف	مواد آلوده کننده	میلیگرم بر لیتر	ردیف	مواد آلوده کننده	میلیگرم بر لیتر
۱	TSS (مجموع مواد جامد معلق)	۱۰۰	۱۸	آرسنیک، Ar	۰/۱	۳۵	جیوه (Hg)	ناچیز
۲	TDS (مجموع مواد جامد محلول)	-	۱۹	بُر (B)	۱	۳۶	لیتیم (Li)	۲/۵
۳	BOD <sub>5</sub>	۱۰۰	۲۰	باریم (Br)	۱	۳۷	منیزیم (Mg)	۱۰۰
۴	COD	۲۰۰	۲۱	برلیوم (Be)	۰/۵	۳۸	منگنز (Mn)	۱
۵	مواد قابل ته نشینی، SS	-	۲۲	کلسیم (Ca)	-	۳۹	مولیبدن (Mo)	۰/۰۱
۶	اکسیژن محلول (حداقل)، DO <sup>۲</sup>	۲	۲۳	کادمیوم (Cd)	۰/۰۵	۴۰	نیکل (Ni)	۲
۷	حدود pH	۶-۸/۵	۲۴	کلر آزاد (Cl)	۰/۲	۴۱	آمونیم NH <sup>۴+</sup>	-
۸	تخم انگل	تبصره <sup>۴</sup>	۲۵	کلراید (Cl)	۶۰۰	۴۲	نیتريت NO <sup>۲-</sup>	-
۹	دترجنت، ABS	۰/۵	۲۶	قرمالدئید	۱	۴۳	نیتريت NO <sup>۲-</sup>	-
۱۰	رنگ (واحد رنگ)	۷۵	۲۷	فنل	۱	۴۴	فسفات (P)	-
۱۱	کدورت (واحد کدورت)	۵۰	۲۸	سیانور (CN)	۰/۱	۴۵	سرب (PB)	۱
۱۲	مواد رادیو اکتیوی (بیوکوری)	۰	۲۹	کبالت (Co)	۰/۰۵	۴۶	سلنیم (Se)	۰/۱
۱۳	چربی روغن	۱۰	۳۰	کرم (Cr <sup>۶+</sup> )	۱	۴۷	سولفید SH <sup>۲-</sup>	۳
۱۴	کلی فرم کل (در ۱۰۰ میلی لیتر)	۴۰۰	۳۱	کرم (Cr <sup>۳+</sup> )	۲	۴۸	سولفیت SH <sup>۲-</sup>	۱
۱۵	کلی فرم مدفوعی (۱۰۰ میلی لیتر)	۱۰۰۰	۳۲	مس (Cu)	۰/۲	۴۹	سولفات SH <sup>۲-</sup>	۵۰۰
۱۶	نقره (Ag)	۰/۱	۳۳	فلوراید (F)	۲	۵۰	وانادیم (V)	-
۱۷	آلومینیوم (Al)	۵	۳۴	آهن (Fe)	۳	۵۱	روی (Zn)	۲

تبصره ۳. درجه حرارت باید به میزانی باشد که بیش از درجه سلسیوس در شعاع ۲۰۰ متری محل ورود آن، درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش یا کاهش ندهد.  
تبصره ۴. تعداد تخم انگل (نماتود) در فاضلاب تصفیه شده شهری در صورت استفاده از آن جهت آبیاری محصولاتی که به صورت خام مورد مصرف قرار می گیرد نباید بیش از یک عدد بر لیتر باشد.

### ۳-۳. فضاهای سبز موجود در مشهد مناسب برای آبیاری با پساب

در طرح جامع فضای سبز شهری مشهد منتشر شده توسط سازمان پارک ها و فضای سبز مشهد با بررسی های صورت گرفته شده استفاده از پساب تصفیه شده به عنوان منبعی برای نیاز روز افزون و فضای سبز در حال گسترش در سال های آینده توصیه شده است.

بنظر می رسد با توجه به کیفیت خروجی کنونی پساب تصفیه شده در مشهد می توان از آن جهت آبیاری درختان غیر مثمر در جنگلکاری شهری و احداث کمربندهای سبز در حاشیه مشهد از قبیل پارک جنگلی طرق، درختان کاشته شده بر روی دامنه های بیلاقات مشهد از جمله مسیر جاده مشهد - شاندیز استفاده نمود. در مراحل بعدی با انجام آزمایشاتی می توان کاربرد آن را در فضاهای سبز درون شهری چون آیلندهای بزرگراه ها همچون بزرگراه امام علی (ع) یا مبادی خروجی و ورودی شهر چون جاده آسیایی با احداث سیستم آبیاری مناسب عملی نمود. همچنین با توجه به اینکه بهترین روش آبیاری جهت کاربرد پساب در فضای سبز، سیستم تحت فشار بوده بنابراین می بایست میزان استفاده از این روش در حال حاضر بعنوان پتانسیلی جهت کاربرد پساب در آبیاری فضای سبز مورد ارزیابی قرار گیرد. در دسته بندی گونه های گیاهی فضای سبز درون شهر مناطق سیزده گانه شهرداری در حال حاضر بنا به اعلام واحد آمار و اطلاعات سازمان پارک ها و فضای سبز شهری مشهد، ۶۹ هکتار سطح چمنکاری به روش آبیاری تحت فشار بوده که برابر با ۲۶٪ کل این سطح می باشد. این ارقام برای درختان و درختچه های زینتی، پرچین، گل های فصلی و گل های دائمی و گیاهان پوششی به ترتیب ۵۰، ۱۲/۲، ۲/۲ و ۱۳/۳۵ هکتار و ۵، ۱۱، ۱۵ و ۳۲ درصد می باشد. ارقام بالا نشان دهنده ناکافی بودن سرمایه گذاری های انجام شده جهت کاربرد پساب تصفیه شده در درازمدت میباشد. اما خوشبختانه در شهر مشهد برنامه مطالعاتی جدا سازی منبع آب آبیاری فضای سبز به پایان رسیده و از سال گذشته در حال اجرا بوده و همچنین بودجه ای معادل ۴۰ میلیارد ریال برای اجرای طرح



های سیستم های آبیاری تحت فشار و احداث ۴۵۰ هکتار از فضای سبز با این سیستم، پتانسیل بالقوه ای برای کاربرد پساب در آبیاری فضای سبز در آینده خواهد بود.

#### ۴. نتیجه گیری

گسترش و افزایش سرانه فضای سبز درخور شان دومین شهر پر جمعیت ایران با خیل عظیم گردشگر سالیانه، همیشه از دغدغه های مسئولین شهر مشهد بوده است. یکی از راهبرد های عملی در ایجاد فضای سبز در مناطق خشک و نیمه خشک، استفاده از منابع آبی با کیفیت پایین است. پساب تصفیه شده شهری، منبعی آبی شیرین، در دسترس و پایدار با آلودگی ها می باشد که پتانسیل استفاده برای آبیاری گیاهان را دارد. همچنین، با توجه به اجرای قانون هدفمند کردن یارانه های از نیمه دوم سال ۱۳۸۹، به همین منظور و با توجه به این پتانسیل، می بایست استفاده صحیح و هدفمند از نهاده های انرژی چون آب از طریق جایگزینی قسمتی از آب شرب مورد کاربرد در فضای سبز با پساب تصفیه شده در اولویت برنامه ریزی شهری باشد. در این پژوهش، هزینه تهیه یک متر مکعب پساب تصفیه شده در مشهد برابر با ۲۰٪ هزینه تهیه آب چاه برآورد شده است.

اما این استفاده نیازمند بررسی و پژوهش دقیق در ارتباط با پیآمدهای زیست محیطی درون شهری و برون شهری می باشد. برای مثال، بررسی و مطالعه واکنش گونه های گیاهی پر کاربرد در فضای سبز شهری از قبیل گونه های مختلف چمن، گیاهان پوششی، درختان و درختچه های زینتی به ویژه در محل کمربندهای سبز و پارک های جنگلی به پساب تصفیه شده، از مواردی است که می تواند در افزایش موفقیت پروژه های آبیاری فضای سبز با این منبع آبی مفید واقع گردد. همچنین سرمایه گذاری جهت ایجاد تکنیک های به روز در تصفیه پساب در تصفیه خانه های مشهد سبب ایجاد ارزش افزوده بیشتر به این منبع آبی می گردد. علاوه بر این می توان با اطمینان بیشتری از آن جهت آبیاری گونه های فضای سبز که در ارتباط مستقیم با جمعیت های انسانی می باشند استفاده نمود. همچنین پیشنهاد می گردد که بمنظور افزایش ایمنی حاصل از کاربرد این منبع آبی، سیستم های نوین آبیاری چون لوله های زیر سطحی و متخلخل بطور آزمایشی و سپس در سطح وسیع بکار گرفته شود.

مطالعات و بکارگیری پساب در آبیاری زمین های چمن ورزشی در دنیا نشان داده است که می توان از آن به عنوان منبعی پایدار و با صرفه استفاده نمود، بنابراین می توان با برنامه ریزی و مطالعات مناسب اقدام به احداث زمین ها چمن تفریحی چون گلف، فوتبال و... اقدام نمود که ضمن کاهش مصرف سبب افزایش سرانه فضای سبز شده و سبب افزایش جذب گردشگر به مشهد خواهد شد.



## مراجع

- ۱- ابراهیمی زاده، محمد علی (۱۳۸۵)، حداقل اثرات زیست محیطی پساب فاضلاب شهری بر خاک در کشت ذرت. مجموعه مقالات اولین همایش تخصصی مهندسی زیست. ۳۷-۴۴.
- ۲- بانک جهانی (۱۳۸۸)، مصرف آب در ایران دو برابر استانداردهای جهانی است. [www.econnews.ir](http://www.econnews.ir)
- ۳- جنتی، سعید و همکاران (۱۳۸۷)، بررسی وضعیت دفع پساب های خانگی محدوده گلشهر و آلودگی های ناشی از آن. مجموعه مقالات سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد. ۱۸ ص.
- ۴- رحیمی زاده، مجید و همکاران (۱۳۸۷)، استفاده از پساب های تصفیه شده شهری ضرورتی در راستای توسعه پایدار شهر مشهد. مجموعه مقالات سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی. اصفهان: دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. ۱۱۸-۱۱۲.
- ۵- رحیمی، یوسف و همکاران (۱۳۸۷)، بررسی استانداردهای استفاده مجدد از پساب فاضلاب و فرآیندهای مناسب جهت نیل به استانداردهای مربوطه. مجموعه مقالات سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد. ۱۳ ص.
- ۶- رهنما، محمد مهدی و همکاران (۱۳۸۲)، تعیین آب مصرفی گیاه بادمجان با استفاده از سیستم آبیاری زیرزمینی. هشتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. کرمان. ۳۴۹-۳۴۲.
- ۷- داودپور، زهره و همکاران (۱۳۸۸)، مکان گزینی پارک های شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS. مجله مشهد پژوهی. ۱۲۰-۱۰۶: ۲.
- ۸- سروش، فاطمه و همکاران (۱۳۸۷)، تأثیر پساب تصفیه شده بر جذب عناصر مغذی توسط چمن در بافت های مختلف خاک. مجموعه مقالات سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی. اصفهان: دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. ۱۲۸-۱۲۱.
- ۹- سعادت، یوسف علی و همکاران (۱۳۸۶)، استفاده از پساب تصفیه شده برای آبیاری گونه های درختی و توسعه فضای سبز شهری. سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری. کیش: سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور. ۴۳-۳۳.
- ۱۰- سهرابی، تقی و نیما گزری (۱۳۷۶) بررسی کارایی آبیاری زیرزمینی با لوله های پلاستیکی تراوا. مجله علوم کشاورزی ایران. ۶۴۱-۵۵۱: ۸۲.
- ۱۱- شوشتریان، سلمان و علی تهرانی فر (۱۳۸۸)، بررسی کاربرد گیاهان خشکی پسند زمین پوش در فضای سبز شهری مشهد. مجله مشهد پژوهی: ۱۰۵-۹۲: ۲.
- ۱۲- طرح تامین آب شرب مشهد با استفاده از جایگزینی آب بازیافتی (۱۳۸۵)، مهندسین مشاور سروآب. ۳۲ ص.
- ۱۳- کاظمی، فاطمه و سایمون بیچهام (۱۳۸۶)، استراتژی هایی برای طراحی منظر پایدار در مناطق خشک، نگرشی به برخی تجارب کشور استرالیا. سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری. کیش: سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور. ۴۳۴-۴۲۱.
- ۱۴- مشهدی پور، مسعود (۱۳۸۷)، استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب جهت آبیاری فضای سبز شهرها مطالعه موردی: محدوده مطالعاتی زاهدان، قزوین. مجموعه مقالات اولین سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد. ۱۹ ص.
- ۱۵- ملکیان، راحله و همکاران (۱۳۸۶)، تاثیر پساب بر برخی خصوصیات چمن برموداگراس و شوری خاک در روش های آبیاری سطحی و زیر سطحی. همایش ملی فضای سبز و منظر شهری. کیش: سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور. ۲۶۹-۲۵۶.



۱۶- ناصری، سعید (۱۳۷۸)، روش ها و معیارهای بهداشتی مدیریت طرح های استفاده از فاضلاب تصفیه شده. آب و محیط زیست. ۲۵-۱۳: ۳۴.

۱۷- نوری، حسین (۱۳۸۸)، شهرداری پر مصرف ترین مشترک آب مشهد، <http://www.magiran.com>.

۱۸- نیکنام، اردوان (۱۳۸۷)، استفاده از آب خاکستری، تبدیل تهدید به فرصت در مقابله با بحران آب در کشور های در حال توسعه با شرایط ایران. مجموعه مقالات سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد. ۶ ص.

۱۹- رهنما، محمد مهدی و همکاران (۱۳۸۲)، تعیین آب مصرفی گیاه بادمجان با استفاده از سیستم آبیاری زیرزمینی. هشتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. کرمان: ۳۴۹-۳۴۲.

- ۲۰- Alizadeh, A. (۲۰۰۱) Using Reclaimed Municipal Wastewater for Irrigation of Corn. International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. Seoul. Korea. pp. ۱۰۴-۱۰۷.
- ۲۱- Bahri, A. (۱۹۹۹). Agriculture reuse of wastewater and global water management. Water Sci. Tech. ۵: ۳۳۹-۳۴۶.
- ۲۲- Bar-Yousef. B.B., et al (۱۹۸۹) Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorous fertigation. Agron. J. ۸۱: ۴۴۳-۴۴۷.
- ۲۳- Carpa, A. et al (۱۹۸۴) Subsurface irrigation tests using waste water. ۱۰<sup>th</sup> International congress of agriculture engineering. Bud. Hungary. ۱۸-۲۸.
- ۲۴- Fatta, D. and Kythreotou, N. (۲۰۰۵) Wastewater as Valuable Water Resource - concerns, Constraints and Requirements Related to Reclamation, Recycling and Reuse. IWA International Conference on Water Economics, Statistics, and Finance, Greece.
- ۲۵- Feizi, M (۲۰۰۱) Effect of Treated Wastewater on Accumulation of Heavy Metals in Plants and Soil. International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. Seoul, Korea. pp. ۱۴۶-۱۳۷.
- ۲۶- Gerhart V.J. et al (۲۰۰۶) Recycling industrial saline wastewater for landscape irrigation in a desert urban area. J. Arid Environ. ۶۷: ۴۷۳-۴۸۶.
- ۲۷- Golf Course Superintendents Association of America (۲۰۰۳) Water woes: a new solution for golf courses. At [ww.gcsaa.org/news/releases/۲۰۰۳/june/effluent.asp](http://ww.gcsaa.org/news/releases/۲۰۰۳/june/effluent.asp)
- ۲۸- Grobicki, A. (۲۰۰۰) "Water reclamation in South Africa". Proc. AWWA/WEF reuse ۲۰۰۰ conference. San Antonio. U.S.A. ۲۳p.
- ۲۹- Hamdallah, H. (۲۰۰۰) Reuse of treated wastewater for agriculture. Aqua conference. Abu Dhabi. U.A.E.
- ۳۰- Jordan, L.A. et al (۲۰۰۱) Foliar damage to ornamental trees sprinkler-irrigated with reuse water. Irrig. Sci. ۲۱, ۱۷-۲۵.
- ۳۱- Kjelgren, R., L, et al (۲۰۰۰) "Water conservation in urban landscapes". HortScience ۳۵: ۱۰۳۷-۱۰۴۰.
- ۳۲- Mahida, U. N. (۱۹۸۱) **Water Pollution and Disposal of Wastewater on Land**. McGraw-Hill pub., New Delhi., ۳۲۳ pp.
- ۳۳- Metcalf, R. and B.J. Eddy (۲۰۰۳) "Wastewater Engineering, Treatment and Reuse." ۴<sup>th</sup> edition, McGraw Hill pub.
- ۳۴- Mitra, S., ۲۰۰۶. **Effects of recycled water on turfgrass quality maintained under golf course fairway condition**. Water Reuse Foundation. Coresp. U.S. Bureau of Reclamation.
- ۳۵- Oron, G., J, et al (۱۹۹۹) **Wastewater treatment, renovation and reuse for agriculture irrigation in small communities**. Agric. Wat. manage. ۳۸: ۲۲۳-۲۲۴.
- ۳۶- Pedro, F. and J.J. Alarcon (۲۰۰۹) Effects of treated wastewater irrigation on lemon trees. Desination. ۲۴۶: ۶۳۱-۶۳۹.
- ۳۷- Pereira, L.S et al (۲۰۰۲) Irrigation management under water scarcity. Agric. Manage. ۵۷: ۱۷۵-۲۰۶.



- ۳۸- Pescod, M. and A. Arar (۱۹۹۲) wastewater treatment and use in agriculture. FAO irrigation drainage, paper. Rom. Italy. ۱۲۵p.
- ۳۹- Qian, Y. (۲۰۰۶) **Urban Landscape Irrigation with Recycled Wastewater**. Colo.Agric.Exp.St. Project num: ۶۵۸: ۴۷pp.
- ۴۰- Saber, M. S. M (۱۹۸۶) Prolonged Effect of Land Disposal of Human Waste on Soil Conditions. Wat. Sci. Tech. Vol. ۱۸,pp.۳۷۱-۳۷۴.
- ۴۱- Teeluck, M. and B.G. Sutton (۱۹۹۸) Discharge characteristic of a porous pipe micro propagation lateral. J.Agric.Wat. manage. ۳۸: ۱۲۳-۱۳۴.
- ۴۲- WHO and UNICEF (۲۰۰۱) Global water supply and sanitation assessment. N.Y.USA.
- ۴۳- Yoder, R.E. and C.R. Mote (۱۹۹۵) Porous pipe discharge uniformity in micro propagation for challenging world. ۵<sup>th</sup> international micro propagation congress. Or. U.S.A. ۷۵۰-۷۵۵.
- ۴۴- Zwar, J.R. (۲۰۰۶) **“Strategies for waterwise landscaping in arid South Australia”**.  
Personal communication with F.Kazemi. Adelaide. ۲۰۰pp.
- ۴۵- Golf Course Superintendents Association of America (۲۰۰۳) Water woes: a new solution for golf courses. At [www.gcsaa.org/news/releases/۲۰۰۳/june/effluent](http://www.gcsaa.org/news/releases/۲۰۰۳/june/effluent).