

لزوم برنامه ریزی هدفمند برای کاربرد پساب تصفیه شده بعنوان منبع آب رو به رشد در تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی کشور

جهانگیر عابدی کوپایی

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

koupai@cc.iut.ac.ir

چکیده

مهمترین چشم انداز های مطلوب صنعت آب و فاضلاب کشور در افقی 20 ساله (1384-1404) برخورداری 100% جمعیت شهری و روستایی کشور به آب شرب بهداشتی، دسترسی و برخورداری 60% جمعیت شهری و 30% جمعیت روستایی به سامانه های جمع آوری و تصفیه فاضلاب و ... می باشد. بدین ترتیب افزایش سهم آب بخش شرب و بهداشت بناچار کاهش سهم آب بخش کشاورزی را در پی خواهد داشت. کاربرد آبهای نامتعارف از جمله پساب تصفیه شده، که روند رو به رشدی خواهد داشت، می تواند در تامین آب فضای سبز شهرها، کشت محصولاتی که به صورت خام مصرف نمی شوند و تغذیه مصنوعی دشت هایی که سطح آب زیرزمینی در آنها بشدت کاهش یافته است، سیاستی راهبردی به منظور کاهش فشار بر منابع آب متعارف باشد. در این مقاله ضمن توجیه موضوع به طرحهای موفق که در این خصوص در کشورهای توسعه یافته، درجریان است اشاره می شود.

کلمات کلیدی: منابع آب، پساب تصفیه شده، تغذیه مصنوعی.

1. مقدمه:

موضوع آب و مدیریت آن به عنوان یکی از مباحث اصلی در همایشهای ملی، منطقه ای و جهانی مطرح است. از آنجایی که مقدار عرضه آب در مناطق خشک و نیمه خشک همیشه محدود بوده و مقدار تقاضا نیز همزمان با توسعه صنعت، شهرنشینی، افزایش جمعیت و بهبود سطح زندگی، بالا می رود، برنامه ریزی برای استفاده بهینه از منابع آب متعارف و نامتعارف دارای جایگاه ویژه ای است. منبع اصلی تأمین آب در ایران بارندگی می باشد که سالانه حدود 413 میلیارد متر مکعب است. از این مقدار حدود 72 درصد آن (296 میلیارد مترمکعب) به صورت تبخیر و تعرق (از سطح زمین، جنگلها،

مراجع، دیمزارها و... از دسترس خارج می‌شود، حدود 22 درصد آن (92 میلیارد مترمکعب) به صورت جریان سطحی درآمده و حدود 6 درصد آن (25 میلیارد مترمکعب) به منابع آب زیرزمینی نفوذ می‌کند. علاوه بر ریزشهای جوی، سالانه حدود 13 میلیارد مترمکعب آب بصورت جریانهای رودخانه‌های مرزی وارد کشور می‌شود. بنابراین با پیوستن این مقدار به مجموع آبهای سطحی و زیرزمینی (117 میلیارد مترمکعب)، منابع آب تجدید شونده کشور به 130 میلیارد مترمکعب می‌رسد [2و 1]. البته با احتساب برگشت بخشی از آب مصرف شده به منابع آب و همچنین خروج بخشی از منابع آب به خارج از مرزهای کشور ممکن است کل منابع آب کشور با این مقدار تفاوت اندکی داشته باشد.

مطالعات و بررسی‌ها [3] نشان می‌دهد که در حال حاضر از کل منابع آب تجدید شونده کشور حدود 88/5 میلیارد متر مکعب برای مصارف بخشهای کشاورزی، صنعت و معدن و شرب برداشت می‌شود که حدود 82/5 میلیارد متر مکعب آن (93/5 درصد) به بخش کشاورزی، 4/5 میلیارد مترمکعب (5 درصد) به شرب و بهداشت و باقیمانده یعنی حدود 1/5 میلیارد مترمکعب به صنایع و معادن و نیازهای متفرقه دیگر اختصاص دارد. بر اساس مطالعات انجام گرفته [4] جمعیت ایران تا سال 1400 به 90 میلیون نفر خواهد رسید که این امر به معنای افزایشی حدود 57 درصدی در فاصله سالهای 1357-1400 خواهد بود. در این صورت با توجه به جمعیت حدود 60 میلیون نفری در سال 1375 و جمعیت حدود 70 میلیونی نفری سرشماری شده در سال 1385، ایران تا سال 1429 شمسی برابر با سال 2050 میلادی شاهد افزایش 31 میلیون نفری جمعیت خواهد بود. از این رو لزوم برنامه ریزی در زمینه تخصیص منابع سرمایه ای و کاربری منابع آب، اجتناب ناپذیر است. برخی از علل افزایش محدودیتهای پیش رو در زمینه آب در سطح کشور را می توان در موارد زیر جستجو کرد:

■ رشد جمعیت

■ تشدید رقابت بین نیازمندی های آبی بخشهای مختلف (کشاورزی، صنعت و شرب)

■ محدودیت منابع آب تجدید شونده و کاهش شاخص سرانه آب

■ افزایش مصرف سرانه آب ناشی از ارتقای فرهنگ بهداشتی جامعه

■ تشدید رقابت بین نیازمندی های آبی بخشهای مختلف (کشاورزی، صنعت و شرب)

■ عدم تناسب توسعه و استقرار مراکز جمعیتی و صنعتی با پتانسیل منابع آب تجدید شونده

■ بحران ناشی از خشکسالی ها

■ کاهش کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی به علت برداشت بی رویه

■ تغییرات اقلیمی و نوسانات جوی

■ روند رو به رشد آلودگی منابع آب ناشی از بخشهای مختلف کشاورزی و صنعتی

با وجود محدودیتهای فوق می توان با درنظرگرفتن تمهیداتی، از جمله موارد زیر، به بهبود وضعیت کمک کرد:

■ توجه به آمایش سرزمین در توسعه مراکز جمعیتی و استقرار صنایع با تاکید بر پتانسیل منابع آب کشور

■ توجه به تجارت آب مجازی

■ توجه ویژه به استفاده از منابع آب نامتعارف و مخصوصاً پساب تصفیه شده که با توجه به افزایش جمعیت حجم

آن رو به تزاید است

1.2 استفاده از پساب‌های تصفیه شده:

امروزه کاربرد پساب تصفیه شده در کشاورزی در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایالات متحده آمریکا، کانادا، فرانسه، آلمان، مکزیک، برزیل، مصر، مراکش، اردن، عربستان سعودی، قطر، پاکستان، هند، چین و ... رایج است. در کشور ایران نیز در سالهای اخیر، به دلیل محدودیتهای که فوقا اشاره شد، کاربرد پساب در اراضی کشاورزی اهمیت یافته و در اولویتهای برنامه ریزی مدیریت منابع آب قرار دارد.

پساب تصفیه شده از چند جنبه حائز اهمیت می باشد:

- 1- پساب تصفیه شده بعنوان یک منبع آبی مطرح بوده و بایستی با اهداف سودمندانه مصرف شود.
 - 2- باعث می شود حجم معادل آب با کیفیت بهتر در بخشهای دیگر (شرب و صنعت) استفاده شود.
 - 3- پسابها وارد رودخانه ها، دریاچه ها و آبهای زیرزمینی نشوند تا آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی کاهش یابد.
 - 4- قیمت تهیه آب از پساب در مصارف غیر آشامیدنی بسیار نازل است [5].
- جدول 1 حاصل نتایج تحقیقات بانک جهانی در سال 1995 است که هزینه‌های گزینه های مختلف استحصال یک مترمکعب آب را برآورد نموده است. مقایسه نسبی این نتایج می‌تواند مفید باشد و با توجه به شرایط هر منطقه نسبت به محاسبه میزان هزینه استحصالی یک مترمکعب آب در روشهای مختلف اقتصادی‌ترین آنها را انتخاب نمود. آنچه از این جدول استنباط می شود، اقتصادی بودن تصفیه و استفاده مجدد از پساب نسبت به سایر گزینه های استحصال آب است.

جدول 1 - برآورد هزینه‌های یک مترمکعب آب در دنیا [6].

گزینه‌های مختلف	هزینه (دلار)
افزایش راندمان	0/05-0/5
تصفیه و استفاده مجدد از پساب	0/3-0/6
نمک زدایی از آبهای شور برای کشاورزی	0/45-0/7
توسعه منابع آب و استحصال آب اضافی جدید	0/55-0/85
نمک زدایی آب شور دریا	1-1/5

وقتی مسئله بهره‌برداری از پساب در کشاورزی مطرح می‌شود، عوامل مختلف همراه با خواص خاک باید مورد بررسی قرار گیرد. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک، همچنین استحکام، تخلخل، ساختمان خاک و هدایت هیدرولیکی، نسبت به تبادل یون‌ها در آب حساس هستند. پارامترهای کیفیت یک پساب که از نظر کشاورزی مهم هستند عبارتند از [7]: غلظت کل نمک‌ها (TDS)، هدایت الکتریکی pH، نسبت جذبی سدیم (SAR)، یون‌های سمی و عناصر کمیاب و فلزات سنگین. تصمیم‌گیری برای استفاده نامحدود از پساب‌ها توسط کشاورزان و همچنین استفاده از پساب برای آبیاری پارک‌ها و مناطق شهری و فضای سبز، مستلزم اتخاذ تدابیر و احتیاط‌های لازم در زمینه محل، روش‌های آبیاری، نوع کشت، به حداقل رساندن ریسک مخاطرات بهداشتی و اثرات سوء زیست محیطی خواهد بود که بایستی توسط مسئولین مربوطه نظارت کافی به عمل آید.

حجم مصرف آب در شهرهای کشور سالانه حدود 4/5 میلیارد مترمکعب است [8]. در صورتی که 50 تا 75 درصد آن به صورت پساب تصفیه شده به محیط بازگردد، حجم پسابهای شهری به رقمی حدود 2/35 تا 3/4 میلیارد مترمکعب می‌رسد. در سال 1400 بیش از 10 میلیارد متر مکعب آب در سال در بخش شرب شهری و روستایی و صنعت مصرف خواهد شد که این نشانگر رشد حدود 2 برابری حجم پساب تولیدی شهر ها و روستاهای کشور است.

پسابهای شهری دربرگیرنده بقایای مواد آلی، آلودگیهای بیولوژیک، املاح و مواد شیمیایی مختلف از جمله مواد پاک کننده است. این حجم آب برگشتی می‌تواند در آبیاری درختان جنگلی و در صورتی که از عدم آلودگی میکروبی و باکتریایی اطمینان حاصل شود در آبیاری برخی از محصولات که به صورت غیر خام مصرف می‌شوند بکار گرفته شود. تحقیقات نشان می‌دهد در صورتی که از پساب تصفیه شده در روشهای آبیاری زیرزمینی و یا قطره ای استفاده شود نه تنها باعث افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و در برخی موارد بهبود کیفیت خاک می شود بلکه از جنبه های بهداشتی و زیست محیطی نیز تاثیر سویی بجای نمی گذارد [7, 9, 10, 11, 12, 13]. علاوه بر مصرف فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی و تأمین نیاز آبی گیاه، می‌توان این آب‌ها را در پرورش آبزیان، صنایع و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی نیز به‌کار برد.

تاکنون مطالعات فراوانی در زمینه استفاده از پساب تصفیه شده برای مصارف آبیاری در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است، اما مطالعات جامعی در مورد استفاده از پساب تصفیه شده برای تغذیه مصنوعی صورت نگرفته است.

3. لزوم توسعه طرحهای تغذیه مصنوعی:

وقوع خشکسالی های متوالی، توسعه شهرنشینی و صنایع باعث استخراج بی رویه آبهای زیرزمینی مخصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک کشور شده است، بطوری که بیلان آب در بسیاری از دشتهای این مناطق منفی است. این در حالی است که مزیت نسبی منابع آب زیرزمینی بر منابع آب سطحی، از جمله از جنبه های زیر مشهود است [5]:

- آبهای زیرزمینی در مخازن طبیعی قرار دارد و نیاز به سرمایه گذاری برای ساخت مخازن وجود ندارد.
- گستره نامحدود و ظرفیت ذخیره بالایی دارند.
- باعث آبگرفتگی روستاها و سایر مناطق مسکونی در محل احداث مخزن سدها و در نتیجه مهاجرت ساکنین نمی

شود.

- تلفات تبخیر در آنها انجام نمی شود یا بسیار ناچیز است.
- نسبت به نوسانات فصلی و سالانه آسیب پذیری کمتری دارند.
- آسیب پذیری کمتری نسبت به آلودگی دارند.
- ذخیره آب در سالهای پرآب امکان پذیر است.

با توجه به مزیت نسبی منابع آب زیرزمینی بر منابع آب سطحی، لزوم سرمایه گذاری بیش ار پیش در جهت حفظ این منابع بالارزش احساس می شود، توسعه طرحهای تغذیه مصنوعی در دشتهای مستعد کشور می تواند مزایای زیر را در پی داشته باشد:

- برای ذخیره آب در آبخوان‌ها به منظور استفاده در آینده
- برای یکنواخت کردن تأمین آب در اثر نوسانات تقاضا
- به عنوان بخشی از استراتژی مدیریت جامع آب
- برای تثبیت یا افزایش سطح سفره آب در جایی که استخراج بی‌رویه صورت گرفته است
- در جایی که محل ذخیره سطحی مناسب وجود ندارد، قابل کاربرد است
- جلوگیری از تلفات از طریق تبخیر و رواناب
- جلوگیری از رواناب و فرسایش خاک
- ارتقاء کیفیت آب و کاهش نوسانات
- مدیریت هجوم آب شور
- جلوگیری از نشست زمین
- دفع یا استفاده مجدد از پساب یا آب باران

منبع آب تغذیه چیست؟

- رودخانه‌های دائمی
- رودخانه‌های موقت،
- دریاچه سد
- رواناب شهری
- سیلاب
- استحصال آب باران از پشت‌بام‌ها
- فاضلاب و پساب تصفیه شده

چگونه باید آبخوان تغذیه شود؟

- پخش اسخ‌های تغذیه، استخرهای درون تپه‌های شنی
- اصلاح بستر رودخانه‌ها
- چاه‌های آزاد، ترائشه‌ها،...
- چاه‌های دستی
- نفوذ از روی تراس‌ها
- راه‌های جذب آب از روی پشت‌بام‌ها

چه اعمالی برای کیفیت آب باید انجام داد؟

- خارج کردن مواد معلق، پاتوژن‌ها، فلزات سنگین، مواد آلی و نیترات از منبع آب
- رقیق‌سازی آب زیرزمینی با کیفیت پایین
- آلودگی احتمالی آب زیرزمینی با کیفیت بالا

مشکلاتی که معمولاً می‌تواند بروز کند:

- مدیریت گرفتگی
- ارزیابی نادرست زمین‌شناسی و هیدرولوژی
- طراحی نامناسب سازه‌های نفوذ یا تزریق
- پایداری سازه‌ها تحت شرایط بهره‌برداری
- بهره‌برداری از طرح
- حفظ کیفیت آب زیرزمینی
- هدر رفتن آب نفوذ یافته یا تزریق شده
- پذیرش اجتماعی و مذهبی

آب تصفیه شده به عنوان یک منبع با حجم معین و با شدت جریان مشخص در طی زمان و با یک کیفیت نسبتاً ثابت محسوب می‌شود. فاضلاب به تصفیه قابل توجهی قبل از اینکه بعنوان آب با کیفیت قابل قبول برای تغذیه، در نظر گرفته شود، نیاز دارد تا حتی‌الامکان کاهش کیفیت آب زیرزمینی به حداقل ممکن برسد. ترکیبات این نوع آب به منبع فاضلاب، صنعتی یا شهری بستگی دارد. فاضلاب به عنوان منبع تغذیه پتانسیل زیادی برای استفاده غیر شرب دارد. اما با پیش تصفیه و تصفیه مناسب و اختلاط با آب زیرزمینی می‌تواند به عنوان آب شرب نیز استفاده شود.

محدودیت اصلی برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده، پذیرش عمومی و هزینه‌های لوله‌کشی، ایستگاه پمپاژ و... برای انتقال آب از تصفیه‌خانه تا محل مصرف است. استفاده از استخرهای پخش، مزیت بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه شده از طریق تصفیه توسط ناحیه غیر اشباع خاک و رقیق‌سازی آن با آب زیرزمینی را به همراه دارد. تغذیه و بازیافت تصفیه طبیعی را فراهم می‌سازد و استفاده مجدد از آن را قابل پذیرش می‌سازد. استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری گیاهانی که بصورت غیر خام مصرف می‌شوند قابل قبول‌تر از استفاده از آن برای آب شرب یا آبیاری گیاهانی است که به صورت مستقیم توسط انسان مصرف می‌شوند. سطوح بالاتر تصفیه و سلامت بهره‌برداری موقعی مورد نیاز است که از فاضلاب تصفیه شده برای استفاده مجدد و مستقیم مد نظر قرار می‌گیرد.

کیفیت آب تصفیه شده ابتدائاً به کیفیت منبع آب، وجود و طبیعت فاضلاب صنعتی و فرآیند پیش تصفیه بکار رفته بستگی دارد. فاضلاب شهری از لحاظ کیفیت بیشتر همگن است. موادی که توجه خاصی را می‌طلبند عبارتند از کلرید، ترکیبات آلی، ترکیبات نیتروژن، فسفر، پاتوژن‌ها، مواد معلق و آلاینده‌های سمی حاصل از ترکیبات فاضلاب صنعتی است در حالی که هرز آب آبیاری به سیستم زهکشی سطحی تخلیه می‌شود، کیفیت آب تحت تأثیر رسوبات معلق، کودها، آفت‌کش‌ها، املاح و عناصر کمیاب شامل سلنیوم، اورانیوم، بر و آرسنیک قرار می‌گیرد.

4. روشهای تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از پسابهای شهری تصفیه شده:

سه نوع معمول از روشهایی تغذیه آب زیرزمینی که در رابطه با پساب مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- پخش سطحی در حوضچه ها

■ تزریق مستقیم به آب زیرزمینی

■ تزریق در چاههایی که در منطقه غیراشباع قرار دارند

پخش سطحی در حوضچه ها

این روش ساده ترین، با سابقه ترین و گسترده ترین روش تغذیه مصنوعی است و [14 و 5] ، در این روش آب مورد تغذیه در استخرهای ایجاد شده، قرار می گیرد و از خلال منطقه غیراشباع به درون آبخوان نفوذ می کند. در این روش پساب می تواند به وسیله فرآیند SAT مورد تصفیه قرارگیرد. توصیه شده است که پیش پالایی پساب شهری برای فرآیند SAT شامل پالایش اولیه صورت گیرد. فرآیند SAT باید طوری طراحی و مدیریت شود که بین ناحیه نفوذ و چاه های برداشت آب تا حد ممکن زیاد باشد. معمولاً فاصله ای معادل 50 تا 100 متر و زمانی حدود 6 ماه برای فرآیند SAT مناسب است [5].

تزریق مستقیم به آب زیرزمینی پخش

در این روش آب بازیافتی کاملاً تصفیه شده، مستقیماً به درون آبخوان پمپ می شود. این روش در موارد زیر بکار می رود [6، 15]:

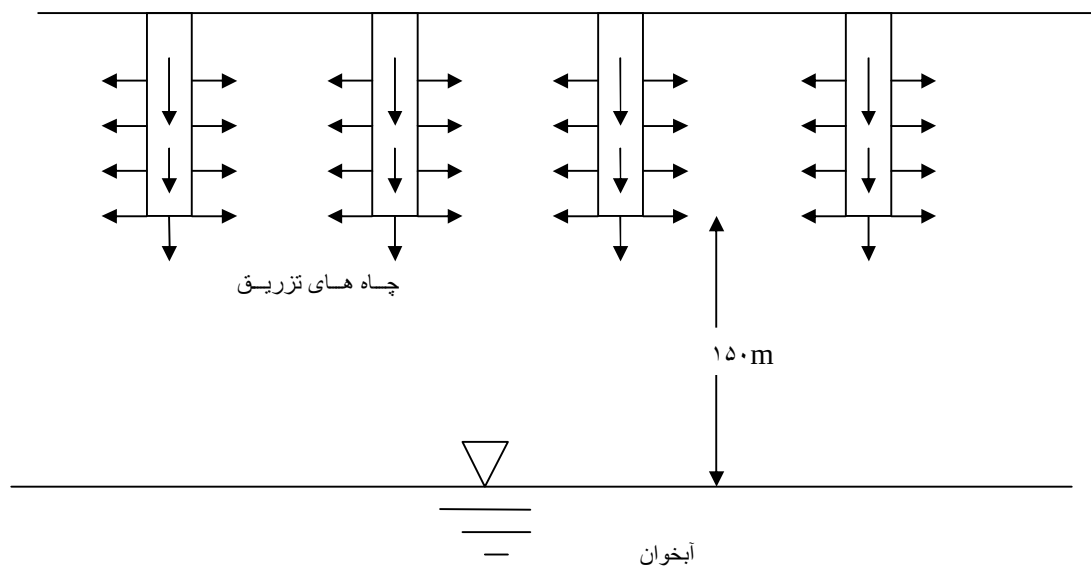
■ جایی که سطح آب زیرزمینی پایین باشد و یا در مناطقی که توپوگرافی سطح زمین امکان پخش سطحی را فراهم نسازد.

■ جایی که هزینه تملک زمین بسیار زیاد باشد

■ زمانی که تزریق مستقیم می تواند برای ایجاد سدی در برابر پیشروی آب شور دریا به درون آبخوانهای ساحلی موثر باشد.

تزریق در چاههایی که در منطقه غیراشباع قرار دارند

در این روش آب بازیافتی کاملاً تصفیه شده، مستقیماً به درون چاههایی که در منطقه غیراشباع، و در فاصله ای نسبتاً زیاد از سفره آب زیرزمینی قرار دارند، تزریق می شود. تجربه موفقی در این مورد در ایالت آریزونا و در منطقه اسکاتزدیل وجود دارد. در این منطقه پساب شهری تا مرحله پشرفته، تا حد استاندارد آب شرب، تصفیه می شود. این فرآیند از جمله شامل دو مرحله میکروفیلتراسیون و اسمز معکوس است. در مرحله میکروفیلتراسیون کلیه ذرات تا قطر 0/2 میکرون شامل ویروسها، پروتوزا و باکتری ها فیلتر می شود. و در مرحله اسمز معکوس آب تحت فشار از غشای هایی عبور می کند که کلیه مواد نا مطلوب آلی، غیرآلی و بیولوژیکی را فیلتر می کند. آب عبور کرده از این مرحله به درون یک سری چاه ای خشک تزریق می شود که کف آنها در فاصله حدود 150 متری از سفره



شکل 1. تزریق پساب تصفیه شده در چاههایی که در منطقه غیراشباع قرار دارند

آب زیرزمینی قرار دارد. ترکیب توامان روش اسمز معکوس و فیلتر شدن توسط خاک منطقه غیر اشباع (SAT) باعث حصول اطمینان از عدم آلودگی آب تزریقی و کاهش کیفیت آب زیرزمینی می شود. از نکات قابل توجه تصفیه خانه منطقه اسکاتز دیا پوشش لاگونها فاضلاب شهری است که باعث می شود هیچگونه بوی نامطلوبی در منطقه استشمام نشود.

5. نتیجه گیری:

تاکنون مطالعات فراوانی در زمینه استفاده از پساب تصفیه شده برای مصارف آبیاری در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است، اما مطالعات جامعی در مورد استفاده از پساب تصفیه شده برای تغذیه مصنوعی صورت نگرفته است. در سال 1400 بیش از 10 میلیارد متر مکعب آب در سال در بخش شرب شهری و روستایی و صنعت مصرف خواهد شد که این نشانگر رشد حدود 2 برابری حجم پساب تولیدی شهرها و روستاهای کشور است. استفاده از پساب تصفیه شده شهری در طرحهای تغذیه مصنوعی دشت هایی که سطح آب زیرزمینی در آنها بشدت کاهش یافته است، می تواند سیاستی راهبردی به منظور کاهش فشار بر منابع آب متعارف باشد.

6. مراجع:

1. عابدی کوپایی، ج.، روش های پیشگیری از اتلاف منابع آب، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، مجموعه مقالات روش های پیشگیری از اتلاف منابع آب، صفحه 207 تا 218.
2. عابدی کوپایی، ج.، 1382. وضعیت منابع آب در ایران، استان اصفهان و مقایسه آن با شاخص های جهانی بحران آب، مجموعه خلاصه مقالات سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان، 107.
3. کشاورز، ع. صادق زاده، ک. (1379)، "مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، برآورد تقاضا برای آینده، بحران اقتصادی وضعیت موجود، چشم اندازهای آینده و راهکارهایی جهت بهینه سازی مصرف آب"، وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، 29 صفحه.
4. ایمان شعار، ف. جوکار، م. (1387)، "نگرشی بر چشم انداز مطلوب صنعت آب و فاضلاب در افق 20 ساله آینده با تأکید بر چالشها و مشکلات پیش رو"، دومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد بهره برداری).
5. قزل سوفلو، ع. ع. باغدار دخت، ز. رجب زاده، م. (1387)، "تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی با استفاده از پساب تصفیه شده"، لوح فشرده اولین سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب - چالشها و راهکارها، مشهد.
6. From scarcity to security.(1995). "Averting a water crisis in the Middle East and North Africa". World Bank. www.worldbank.org
7. عابدی کوپایی، ج. (1381)، "بررسی امکان استفاده از پساب نمکی ذوب آهن اصفهان در پرورش سه نوع گیاه زینتی"، مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد 81، صنعت فولاد و محیط زیست، انجمن آهن و فولاد ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، 724 - 738.
8. جهانی، ع. ق. (1377)، "چالشهای مدیریت آب در سالهای آینده"، فصل نامه آب و توسعه، سال ششم، شماره دوم و سوم، صفحه 5 - 19.
9. عابدی کوپایی، ج. باقری، م. ر. افیونی، م. مصطفی زاده، ب. موسوی، س. ف. (1382)، "تأثیر پساب تصفیه شده و سیستم های آبیاری بارانی و سطحی بر شوری خاک"، مجله آب و فاضلاب، شماره 45، صفحه 12-2.
10. عابدی کوپایی، ج. بختیاری فر، ع. (1383)، "تأثیر پساب تصفیه شده بر خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره چکانها در سیستم آبیاری قطره ای"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، سال هشتم، شماره سوم، صفحه 33-43.
11. قنبری، ا. عابدی کوپایی، ج. و د. طایی سمیرمی، ج. 1385. آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده شهری روی عملکرد و کیفیت گندم و برخی ویژگیهای خاک در منطقه سیستان مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره 4 جلد 10، صفحات: 59-75.
12. Abedi- Koupai, J. Mostafazadeh, B. Afyuni, M. and Bagheri, M. R. (2006). "Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region". Journal of Plant, Soil and Environment, No. 52(8), p. 335-344.
13. Heidarpour, M. Mostafazadeh-fard, B. Abedi-Koupai, J. (2007). "treated wastewater on soil chemical properties using subsurface and surface irrigation methods", Agriculture Water Management, AGWAT-2417.

14. Bouwer, H. (1988). "Groundwater recharge as a treatment of sewage effluent for unrestricted irrigation". In: Pescod M.B., Arar, A. (Eds). Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation. Butterworth Publishers, Boston, MA, USA.
15. Cook J. Asano and Nellor M.H. (1990). "Groundwater recharge with reclaimed water in California". Water Environ. Technol. P. 9-42.