



ISSN 2588-3941

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال سوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال سوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

انجمن آب و فاضلاب ایران

پیشگفتار

۲

مقالات علمی

۳

داروها در آب: نگرانی زیست‌محیطی، واقعیت هشداردهنده
مجید قنادی

۱۷

اثر غلظت پارانیتروفنل موجود در فاضلاب بر کارایی فرایند تصفیه بیولوژیکی هوازی و میزان لجن مازاد دفعی
افشین تكدستان، علی اكبر عظیمی، فردوس کریمی و نغمه عروجی

۲۹

تأثیر آبیاری با فاضلاب بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی رزماری (مطالعه موردی: فاضلاب شهر یزد)
زهرا قاسمی، علی اکبر کریمیان، حمیدرضا عظیم زاده و حمید سودایی زاده

۳۹

توسعه پدافند غیرعامل در تأمین آب شرب شهر یزد با بهبود نقاط ضعف حاکم بر وضعیت موجود
غلامرضا جلالی فراهانی، حسن پیری حور و محمدعلی نکوئی

۵۲

پیش‌بینی میزان منابع آب ایران با رویکرد تحلیل طیف تکین
رامین خوجیانی و رضا معبودی

۶۰

بررسی حذف جامدات محلول از آب‌های آلوده با استفاده از جاذب کنوکارپوس
معصومه فراستی و علی حشمت پور

مطالب عمومی

۶۸

مصاحبه

۷۴

میزگرد

۸۵

پایان نامه برتر

۸۷

معرفی کتاب

۸۸

گزارش فعالیت‌های انجمن

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

این نشریه طبق نامه شماره ۱۲۹۰۱۸/۲۹۰۳ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم تحقیقات و فناوری، اعتبار علمی-ترویجی دریافت نموده است.

انجمن آب و فاضلاب ایران

دکتر مسعود تابش

دکتر حمیدرضا صفوی

دکتر بیژن بینا: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

دکتر مسعود تابش: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر علی ترابیان: استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

دکتر افشین تكدستان: دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

دکتر سید حسین سجادی فر: استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهریار و مشاور معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر محمد حسین صراف زاده: دانشیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تهران

دکتر حمیدرضا صفوی: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

دکتر ناصر طالب بیدختی: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

دکتر علی اکبر عظیمی: استادیار بازنشسته دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

مهندس مجید قنادی: کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط و مشاور معاون برنامه ریزی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر سیمین ناصری: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر سارا نظیف: استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر منوچهر وثوقی: استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف

مهندس علی اصغر قانع: مشاور مدیر عامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر احمد سیاحی: مدیرکل دفتر تحقیقات، توسعه فناوری و ارتباط با صنعت، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
مهندس عباس حاج حریری: معاون اسبق نظارت بر بهره برداری، شرکت آب و فاضلاب استان تهران

ناهید اختری

نیاز مهدی اصفهانی

انجمن آب و فاضلاب ایران

۱۰۰۰ نسخه

تهران، خیابان طالقانی، بین قدس و وصال، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

2588-395X

info@jwwse.ir

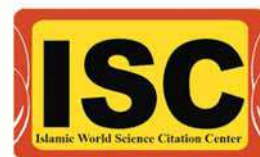
صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سر دبیر

اعضای

هیئت تحریریه



شورای سیاستگزاری
صنعت آب و فاضلاب

کارشناس اجرایی :

طراح و صفحه آرا :

ناشر :

شمارگان :

آدرس :

تلفن :

نمابر :

Online ISSN

E-Mail

مقالات علمی

- ۲
- ۳ داروها در آب: نگرانی زیست محیطی، واقعیت هشداردهنده
مجید قنادی
- ۱۷ اثر غلظت پارانیتروفنل موجود در فاضلاب بر کارایی فرایند تصفیه بیولوژیکی هوازی و میزان لجن مازاد دفعی
افشین تکدستان، علی اکبر عظیمی، فردوس کریمی و نغمه عروجی
- ۲۹ تاثیر آبیاری با فاضلاب بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی رزماری (مطالعه موردی: فاضلاب شهر یزد)
زهرا قاسمی، علی اکبر کریمیان، حمیدرضا عظیم زاده و حمید سودایی زاده
- ۳۹ توسعه پدافند غیرعامل در تأمین آب شرب شهر یزد با بهبود نقاط ضعف حاکم بر وضعیت موجود
غلامرضا جلالی فراهانی، حسن پیری حور و محمدعلی نکوئی
- ۵۲ پیش بینی میزان منابع آب ایران با رویکرد تحلیل طیف تکین
رامین خوجانی و رضا معبودی
- ۶۰ بررسی حذف جامدات محلول از آبهای آلوده با استفاده از جاذب کنوکارپوس
معصومه فراستی و علی حشمت پور

مطالب عمومی

- ۶۸ مصاحبه
- ۷۴ میزگرد
- ۸۵ پایان نامه برتر
- ۸۷ معرفی کتاب
- ۸۸ گزارش کنگره
- ۹۸ گزارش فعالیت های انجمن



دکتر مهتاب باغبان

آب به عنوان یکی از عامل‌ها و زیرساخت‌ها و منابع مهم حیات و بهبود و رشد اقتصادی، اجتماعی، بهداشتی جوامع به شمار می‌آید و مدیریت بهینه منابع آب، به‌ویژه منابع آب شیرین، یکی از مهم‌ترین برنامه‌های کشورها محسوب می‌شود. در دنیای امروز، تصور یک محیط بهداشتی و سالم، بدون آب ممکن نیست. توسعه بهداشت و حفاظت از محیط زیست، همواره به تامین بهنگام آب با کمیت و کیفیت مناسب وابسته است. مشکل تامین آب در کشورهای در حال توسعه و یا کم‌تر توسعه یافته، فقط کمبود منابع آب نیست، بلکه عدم به کارگیری فناوری‌های مناسب در تامین، تصفیه و توزیع آب، عدم کفایت منابع مالی و فقدان استراتژی متناسب با شرایط ملی، منطقه‌ای و محلی، از مشکلات و تنگناهای اصلی این کشورها است. همان‌گونه که کمیت آب مورد توجه است، کیفیت آب با سلامتی، بهداشت فردی و عمومی جامعه، پذیرش، رضایت‌مندی و مقبولیت خدمات آب‌رسانی نسبت مستقیم دارد و لزوم پایش آب و تامین شرایط بهداشتی و استاندارد برای آشامیدن باعث شده که کنترل کیفیت آب آشامیدنی از اهمیت بالایی برخوردار باشد.

کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی در مناطق مختلف به دلیل تنوع سازندها و ساختارهای زمین شناسی و عوامل هیدروژئولوژیکی، تغییرات متفاوتی را دربر دارد. شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن، از اهمیت بالایی برخوردار است. بررسی تغییرات کیفیت آب، جنبه مهمی در ارزیابی تغییرات موقتی آلودگی‌ها بر اثر تخلیه فاضلاب‌ها و یا رواناب‌های آلوده از منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای طبیعی و انسانی است. رشد جمعیت و آلودگی ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفع زباله، رواناب‌های سطحی و مانند آن، باعث گسترش آلودگی و محدود شدن منابع آب سالم شده‌اند. این درحالی است که میانگین نزولات جوی در کشور ما کم‌تر از یک سوم میانگین جهانی است و توزیع همین مقدار اندک بارندگی نیز یکنواخت نیست. بنابراین کنترل کیفیت آب‌های

سطحی و زیرزمینی و استفاده بهینه از آن‌ها، در اولویت قرار دارد. با بالا رفتن آگاهی‌ها درباره اهمیت کیفیت آب و تلاش برای پاک نگه داشتن منابع آبی، راه برای ساختن محیط زیست سالم‌تر و پایدارتر شدن فرآیند توسعه کشور، هموارتر می‌شود. پایش کیفیت منابع آب، فرآیند منظم و تعریف شده‌ای از جمع‌آوری، نگهداری و تحلیل نمونه‌های اخذ شده از منابع آب و تحلیل روند تغییرات کیفیت منابع آب است و در آن با بهره‌گیری از داده‌های میدانی و پردازش آن‌ها، علت‌های متصور تغییرات موجود، تغییرات کیفی گذشته و هم چنین پیش‌بینی دورنمای تغییرات کیفیت آب‌ها در آینده انجام می‌شود. برنامه‌های پایش کیفیت آب، برنامه‌های بلند مدت هستند و دو هدف اصلی را دنبال می‌کنند. نخست دستیابی به اطلاعاتی که منجر به تصمیم‌گیری شود و دوم اطمینان از ثبات کیفیت و یا حصول آگاهی از رخداد آلودگی‌های آب‌ها و روند تغییرات آن. نتایج برنامه‌های پایش کیفیت آب، زمینه را برای تصمیم‌گیری بهتر مسؤولان در توسعه و تخصیص منابع آب فراهم می‌آورد و با ارتقای آگاهی‌های تخصصی و عمومی پیرامون تغییرات ناخواسته کیفیت منابع، میزان مشارکت آحاد مردم را در حفاظت از منابع آبی ارزشمند و حیاتی کشور، رونق و ارتقا می‌بخشد.

انجمن آب و فاضلاب ایران با درک جایگاه و اهمیت موضوع کیفیت آب، «کمیته تخصصی کیفیت آب» را تشکیل داده و تلاش دارد با گردهم آوردن صاحب‌نظران، متخصصان و خبرگان این حوزه در دانشگاه و صنعت آب و فاضلاب، در چاره اندیشی برای برون رفت از تنگناها و مشکلات این بخش، نقش‌آفرین باشد. بدین‌وسیله از کلیه اعضای انجمن و علاقه‌مندانی که مایل به همکاری و مشارکت در فعالیت‌های این کمیته هستند دعوت می‌شود از طریق ایمیل به آدرس (info@irwwa.ir) درخواست خود برای عضویت در این کمیته تخصصی را اطلاع رسانی کنند. همچنین با عضویت در گروه (IWWA_Water Quality) در فضای مجازی در بحث و تبادل نظر پیرامون موضوعات مرتبط با کیفیت آب در حوزه آب و فاضلاب مشارکت نمایند.

مدیر دفتر کنترل کیفیت و بهداشت آب و فاضلاب شرکت آب و فاضلاب استان تهران
ودبیر کمیته تخصصی کیفیت آب انجمن آب و فاضلاب ایران

Drugs in Water: Environmental Concerns, an Alarming Truth

Majid Ghannadi*

Advisor to Deputy for Planning and Development of
National Water and Wastewater Engineering Company

* Corresponding Author, Email: Ghannadi48@gmail.com

Received: 16/07/2017

Revised: 18/11/2018

Accepted: 20/11/2018

Abstract

The growing use of medicines and the unknown and known consequences of drugs in the environment have intensified concerns about the infiltration of these complex compounds into the aquatic environments. The concerns include concentration of such compounds in the food chain and the endocrine glands, drug resistance and impact on the fertility of wildlife. From the medicines used, 5 to 90% are discharged as glucuronides through urine or feces after losing their toxicity in liver. On a global scale, the medicines that control blood cholesterol, the heart and coronary drugs, and the anti-depressants are the medicines most widely used. These have also been identified in water resources and even in drinking water. WHO has confirmed the existence of 15 to 25 widely used drug residues in drinking water at the scales of nano and micro gram per liter. In Iran the Codeine Acetaminophen, Cold medicine and Amoxicillin are in the first three ranks followed by Diphenoxylate capsules and Dexametasone injections, which jointly occupy the fourth place. To tackle the undesirable consequences and concerns about the presence of medicines in water, training programs aiming at reducing consumption and proper use of drugs and hygienic products and cosmetics, setting regulations and guidelines for appropriate discharge of unused or partially used drugs and implementing adequate monitoring and punitive and motivational measures have been emphasized. For the removal of the remaining hormones, drugs, and antibiotics, redesigning the filters and using chlorine and ozone oxidants, membrane processes such as reverse osmosis, nano filtration, ultrafiltration, and microfiltration with simultaneous radiation of ultraviolet and a minimum particle size of 400 mJ/cm² and injection of at least 3 mg per liter of peroxide Hydrogen has been tested.

Keywords: Concentration estimate, Medicine, Removal processes, Risk assessment, Water

داروها در آب: نگرانی زیست محیطی، واقعیت هشدار دهنده

مجید قنادی*

مشاور معاونت مهندسی و توسعه، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

* نویسنده مسئول، ایمیل: Ghannadi48@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۵

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۹

چکیده

مصرف رو به افزون داروها و پیامدهای ناشناخته و شناخته شده داروها در محیط، همچون تغلیظ در زنجیره غذایی، اختلال در غدد درون ریز، مقاومت دارویی و اثرگذاری بر باروری حیوانات، نگرانی از راه یابی این ترکیبات پیچیده به منابع آب را قوت بخشیده است. ۵ تا ۹۰ درصد از داروهای مصرف شده، پس از زایل شدن سمیت آنها در کبد، به صورت گلوکورونید، از طریق ادرار و مدفوع دفع می شوند. در مقیاس جهانی داروهای کنترل کننده کلسترول خون، داروهای قلب و عروق و داروهای ضد افسردگی، پرمصرف ترین داروها به شمار می روند که در منابع آب و حتی در آب آشامیدنی شناسایی شده اند. سازمان جهانی بهداشت حضور ۱۵ تا ۲۵ باقی مانده داروی پرمصرف را در آب آشامیدنی در مقادیر نانو و میکروگرم بر لیتر تایید کرده است. در ایران، قرص های استامینوفن کدئین، سرما خوردگی و آموکسی سیلین، مقام های اول تا سوم پرمصرف ترین داروها هستند و پس از آنها، قرص دی فنوکسیلات و آمپول دگزامتازون، مشترکا در جایگاه چهارم قرار دارند. برای مقابله با پیامدهای ناخواسته و نگرانی های منبعث از حضور داروها در آب، اجرای برنامه های آموزشی با هدف کاهش مصرف و استفاده صحیح از داروها و مواد آرایشی و بهداشتی، تدوین مقررات و رویه های کاری برای دفع مناسب داروهای مصرف نشده و نیم مصرف شده، اعمال نظارت کافی و سیاست های تنبیهی و تشویقی، توصیه و بر آن تاکید شده است. بازطراحی صافی ها و استفاده از عامل های اکسیدان کلر و ازن، فرآیندهای غشایی نظیر اسمز معکوس، نانوفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون و میکروفیلتراسیون همراه با تابش همزمان اشعه فرابنفش با حداقل دوز ۴۰۰ میلی ژول بر سانتی مترمربع و تزریق حداقل ۳ میلی گرم بر لیتر پراکسید هیدروژن برای زدایش باقی مانده هورمون ها، داروها، آنتی بیوتیک ها از آب تجربه شده است.

کلمات کلیدی: آب، دارو، برآورد غلظت، ارزیابی خطر، روش های حذف

بنابر اعلام مقام‌های بهداشتی کشور، هر ایرانی سالانه به‌طور متوسط ۳۳۹ عدد دارو مصرف می‌کند که حدود ۳-۵ برابر میانگین جهانی مصرف دارو است. در نسخه پزشکی هر بیمار ایرانی، به‌طور متوسط ۳/۲ قلم دارو وجود دارد که از میانگین جهانی آن (۱/۲) قلم دارو در هر نسخه (به‌مراتب بیش‌تر بوده و گویای "تجویز علامتی" پزشکان است. به‌این معنا که بسیاری از داروها، تنها برای رفع علامت‌های بیماری و نه خود بیماری تجویز می‌شوند. برای تامین این مقدار دارو، هر سال حدود ۴۰ دلار برای هر ایرانی هزینه ارزی می‌شود. سازمان جهانی بهداشت مصرف دارو در ایران را غیرمنطقی توصیف کرده است (طاهری و مصباحی، ۱۳۷۹).

میکروب‌ها قادرند به‌مرور زمان با تغییرات ژنتیکی در ساختمان ژنی‌تال خود، در مقابل تاثیر داروها زنده بمانند، در نتیجه دارو قادر به از بین بردن آن‌ها نخواهد بود. عدم پاسخگویی مصرف دارو به درمان، که از آن به "مقاومت دارویی" تعبیر می‌شود، سبب شده است تا سازمان جهانی بهداشت، با هدف جلب توجه همگانی به موضوع مصرف بی‌رویه دارو، سال ۲۰۱۱ را در بخش درمان با عنوان "مقاومت‌های دارویی" نام‌گذاری کند (WHO, 2011, 2012). بنابر برخی آمارهای منتشر شده، هر سال حدود ۲۵ هزار مورد مرگ ناشی از مقاومت دارویی در اروپا ثبت می‌شود. گزارش‌های ملی حاکی از آن است که بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها در ایران به‌دلیل مواجه با مقاومت دارویی کم‌اثر شده‌اند، به‌طوری که مقاومت میکروبی در مورد مشتقات پنی‌سلین حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد و گاهی تا مرز ۹۰ درصد هم می‌رسد. در مورد مشتقات سفالسکورین نیز به‌دلیل مصرف بی‌رویه، مقاومت دارویی مشاهده شده است (طاهری و مصباحی، ۱۳۷۹).

جدای از نگرانی‌های منبعث از عوارض جانبی و مقاومت دارویی حاصل از تجویز و مصرف بی‌رویه داروها که از پیشینه فرهنگی و تصویرات نادرست از دارو ناشی می‌شود، باید اندیشید که سرانجام مصرف لجام گسیخته داروها در بدن چیست؟ فرجام باقی‌مانده داروهای مصرف نشده و نیم مصرف شده که در سطل‌های زباله و مجاری فاضلاب تخلیه می‌شوند، کجاست؟ و در چرخه مواد در طبیعت، چه سرنوشتی در انتظار آن‌ها است؟ نقش و جایگاه داروها در دورانی که انبوه مواد شیمیایی،

زندگی بشر را احاطه کرده و هر روز حلقه محاصره انسان را تنگ‌تر و دسترسی او به آب و مواد غذایی سالم و طبیعی را دشوارتر می‌سازند، چیست؟

۲- راه‌های ورود داروها به محیط

حضور داروها در آب آشامیدنی، به‌عنوان یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده مواد شیمیایی مخرب غدد درون‌ریز^۱ (EDC)، موضوع جدیدی نیست. مواد شیمیایی مخرب غدد درون‌ریز (EDC) شناخته شده‌ای که در فاضلاب‌ها و محیط‌زیست یافت می‌شوند، شامل: ترکیبات استرادیول موجود در قرص‌های ضد بارداری، فیتواستروژن‌ها، حشره‌کش‌ها، ترکیبات شیمیایی همچون بیسفنول A، نونیل فنول و فلزات سنگین است. در دهه ۱۹۷۰ گزارش‌هایی از مشاهده اسید کلوفیریک^۲ حاصل از تجزیه داروهای تنظیم‌کننده چربی خون و یا اسید سالیسیلیک^۳ که از تجزیه قرص آسپرین ایجاد می‌شود، در فاضلاب منتشر شد (Buxton and Kolpin, 2002). در سال‌های اخیر، هم‌زمان با توسعه روش‌های آزمایشگاهی و افزایش آگاهی‌ها و حساسیت‌های عمومی، داروهای بیش‌تری در منابع آب، فاضلاب‌ها و حتی آب آشامیدنی شناسایی شد. طی سال‌های ۱۹۹۹-۲۰۰۰، در یک طرح مطالعاتی ملی در ایالات متحده، شناسایی ۹۵ دارو، هورمون و برخی دیگر از مواد شیمیایی انسان ساخت در ۱۳۹ رودخانه جاری در ۳۰ ایالت این کشور در دستور کار قرار گرفت. نتیجه آن بود که در ۸۰ رودخانه آن کشور، حداقل یک و اغلب بیش از یک عامل آلاینده هدف مشاهده شد (Kolpin et al., 2002). شدت تخلیه داروها به محیط، در ایالات متحده تا بدان حد است که Christian et al. (2006) در گزارشی با عنوان "چشم‌انداز بهداشت محیط" به صراحت اذعان دارند که: "در ایالات متحده حجم سالانه داروها و مواد آرایشی و بهداشتی تخلیه شده به محیط، به تقریب معادل حجم حشره‌کش‌های استفاده شده در سال است" (Buxton and Kolpin, 2002). در ایران مطالعه مرتضوی و نوروزی‌فرد (۱۳۹۶) در رودخانه کرج نشان داد که در سال ۱۳۹۴ در آب این رودخانه، میانگین غلظت آنتی‌بیوتیک‌های آموکسی سیلین ۲/۳۰۵، اریتروماکسیلین ۲/۲۲۹، جنتامایسین ۲/۲۳۱ و سفالکسین ۲/۳۲۵ میکروگرم بر لیتر بوده است. این محققان در پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب کرج، میانگین

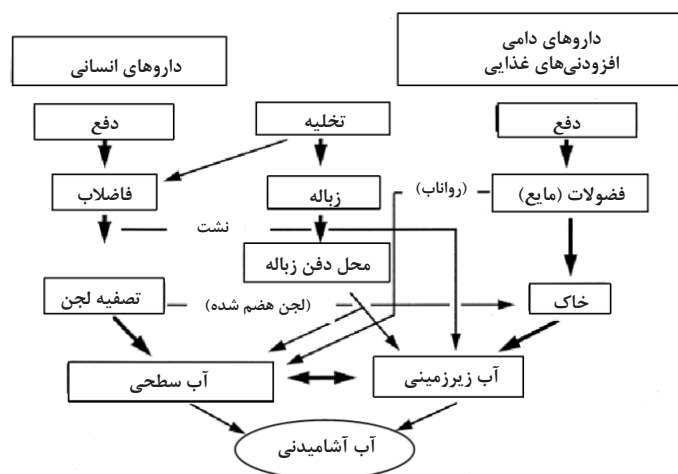
غلظت آنتی‌بیوتیک‌های آموکسی سیلین ۵/۲۸۹، اریترومايسين ۵/۳۶۲، جنتامایسین ۵/۳۴۴ و سفالکسین ۴/۶۰۸ میکروگرم بر لیتر اعلام کردند و علت‌های محتمل آن را تخلیه باقی مانده داروها به شبکه فاضلاب و ورود فاضلاب تصفیه نشده از مراکز آبی‌پروری در طول رودخانه‌ی کرج دانستند.

داروها از راه‌های گوناگون به آب راه می‌یابند. پسماندهای جامد و مایع کارخانه‌های داروسازی، بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی-درمانی، هر چند از مهم‌ترین منابع ورود داروها به محیط محسوب می‌شوند. اما در عین حال تخلیه داروهای استفاده نشده و یا نیم‌مصرف شده در ظرفشویی‌ها، توالت‌ها و سطل‌های زباله، دفع داروهای جذب نشده از طریق ادرار و مدفوع به شبکه فاضلاب، تخلیه داروهای دامی جذب نشده از طریق ادرار و مدفوع حیوانات در مزارع و مراتع و متعاقب آن نشت داروها به نه‌رها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های زیرزمینی و سرانجام دفع غیراصولی داروهای خارج از مصرف (تاریخ گذشته) از جمله راه‌های مهم و متعارف حضور داروها در محیط است (شکل ۱).

یافته‌های محققان نشان می‌دهد که حدود ۵ تا ۹۰ درصد از داروهای مصرف شده، جذب بدن نشده و پس از زایل شدن سمیت آن‌ها در کبد، به صورت گلوکورونید، از طریق ادرار و مدفوع به شبکه فاضلاب و یا آب‌خوان زیرزمینی تخلیه می‌شوند (Batt, 2004). حتی پس از مرگ نیز باقی‌مانده داروهای مصرف شده، قادرند با نشت از بدن مردگان دفن شده در گورستان‌ها،

به آب‌های زیرزمینی راه یابند. گروهی از مواد شیمیایی با نام عمومی فتالات‌ها^۴ مشتمل بر مواد شیمیایی به کار رفته در لوازم و مواد آرایشی و رنگ موها نیز در منابع آب و حتی در آب‌های آشامیدنی شناسایی شده‌اند (Batt, 2004). برخی از این مواد به دلیل ماندگاری طولانی در محیط، در زمره آلاینده‌های مقاوم و برخی دیگر از آن‌ها، هرچند در مدت زمان معقولی در محیط تجزیه شده و از بین می‌روند، اما به دلیل استفاده گسترده، به عنوان آلاینده‌های "شبه مقاوم"^۵ شناخته می‌شوند. راه‌های ورود مواد آرایشی به محیط نیز با فراگیری بیش‌تر، مشابه داروها است.

باید توجه داشت که در بسیاری از کشورها، سنجش باقی‌مانده داروها در آب آشامیدنی، به دلیل مشکلات اجرایی متعدد از جمله هزینه‌های بالای آزمون‌ها، فقدان تجهیزات آزمایشگاهی پیشرفته و نیروی انسانی ماهر و دامنه گسترده و شمار فراوان داروها و متابولیت‌های آن‌ها، در برنامه پایش روزانه قرار ندارد. از این‌رو اغلب داده‌های مربوط به شناسایی داروها در آب‌های سطحی، پساب تصفیه شده فاضلاب‌ها و آب آشامیدنی، از پژوهش‌های موردی و بررسی‌های خاص به دست آمده است. جدول‌های ۱ و ۲ گروه‌های دارویی و منشاء برخی داروهای یافت شده در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و رودخانه‌ها در انگلستان و جدول‌های ۳ و ۴ به ترتیب مقادیر برخی داروها یافت شده در آب‌های سطحی و آب‌های آشامیدنی کشورهای اروپایی منتخب و آمریکای شمالی را نشان می‌دهند.



شکل ۱- تصویر تجسمی از سرنوشت و انتقال داروها در محیط (WHO, 2011, 2012)

جدول ۱- گروه‌های دارویی و منشا برخی داروهای یافت شده در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در انگلستان در سال ۲۰۰۴ (WHO, 2011, 2012)

نام دارو	گروه دارویی	سهم مدفوع در راه‌یابی دارو به محیط (درصد)
آموکسی‌سیلین	آنتی بیوتیک	۶۰
آتنولون (Atenolol)	بتا بلوکر	۹۰
بزا فایبرات (Bezafibrate)	تنظیم‌کننده چربی	۵۰
کاربامازپین (Karbamazepine)	آنتی اپیلتیک	۳
ستی‌ریزین (Cetirizine)	آنتی هیستامین	۵۰
اسید کلوفیریک	متابولیت فعال	۶
دیکلوفنات	ضد التهاب	۱۵
اریترومایسین	آنتی بیوتیک	۲۵
فلبامات (Felbamate)	آنتی اپیلتیک	۵۰-۴۰
ابیروفن	ضد درد	۱۰

جدول ۲- مقادیر برخی داروها در رودخانه‌ها و پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در انگلستان در سال ۲۰۰۴ (WHO, 2011, 2012)

دارو	میانگین (حداکثر) غلظت (برحسب نانوگرم بر لیتر)	
	پساب تصفیه‌خانه فاضلاب	نهرها و رودخانه‌ها
بلموایسین (Blemycin)	۱۱ (۱۹)	دن (۱۷)
کلوتری مازول (Clotrimazole)	۱۴ (۲۷)	۲۱ (۳۴) ۷ (۲۲)
دیکلوفنات (Diclofenac)	۴۲۴ (۲۳۴۹) ۲۸۹ (۵۹۸)	بسیار جزیی (۵۶۸) بسیار جزیی
دکستروپروپوکسین فن (Dextropropoxyphene)	۱۹۵ (۵۸۵) ۳۷ (۶۴)	۵۸ (۶۸۲) ۱۲ (۹۸)
اریترومایسین (Erythromycin)	بسیار جزیی (۱۸۴۲)	بسیار جزیی (۸۰) بسیار جزیی (۱۰۲۲)
فلوکسی‌تین (Fluoxetine)	۲۰۲ (۲۹۰) ۷/۶-۵۲/۹	۵ (۷۰) ۲-۴۲/۷
ایبوپروفن (Ibuprofen)	۳۰۸۶ (۲۷۲۵۶) ۲۹۷۲ (۴۲۳۹)	۸۲۶ (۵۰۴۴) ۲۹۷ (۲۳۷۰) ۴۸ (۹۳۰)
مفتانیک اسید (Mefenamic Acid)	۱۳۳ (۱۴۴۰) ۳۴۰ (۳۹۶) -	۶۲ (۳۶۶) بسیار جزیی بسیار جزیی (۱۹۶)
نورفلوکسی‌تین (Norfluoxetine)	۵/۲-۳۰/۷	۴/۵-۸۳
پارکسی‌تامول (Paracetamol)	۲۲۰ -	- ۵۵۵
پروپانولول (Propanolol)	۷۶ (۲۸۴) ۳۰۴ (۳۷۳) -	۲۹ (۲۱۵) ۶۱ (۱۰۷) بسیار جزیی (۵۶)
سولفامتوئازول (Sulfamethozazole)	بسیار جزیی (۱۳۲)	بسیار جزیی
تاموکسی‌فن (Tamoxifen)	بسیار جزیی (۴۲)	بسیار جزیی
تتراساکلین (Tetracycline)	-	۱۰۰۰
تئوفیلین (Theophylline)	-	۱۰۰۰
تری متوپریم (Trimethoprim)	۷۰ (۱۲۸۸) ۲۷۱ (۳۲۲)	بسیار جزیی (۴۲) ۹ (۱۹) ۷ (۵۶۹)

توضیح: ارقام گوناگون ارائه شده برای برخی داروها، از گزارش‌های محققان مختلف استخراج شده است.

۳- رویکردهای شناسایی و تحلیل حضور داروها در آب

برخلاف ترکیبات متعارف آب، شناسایی و ارزیابی حضور داروها و مواد آرایشی و بهداشتی (PPCPs) در آب، با دشواریهای فراوانی روبه‌رو است. جدای از پیچیدگی روش‌های تشخیصی، تعداد بسیار زیاد و رو به گسترش داروها، ارایه تحلیل صحیح و متقن از پیامدهای متحمل ناشی از حضور داروها در محیط را

دشوار می‌سازد. بسیاری از داروها، پس از تخلیه به محیط، متاثر از کنش و واکنش‌های بیوشیمیایی، متابولیت‌های فعالی ایجاد می‌کنند که عوارض محتمل آن‌ها نیز باید جداگانه بررسی شود. به‌نظر می‌رسد در نگاه نخست، برای نیل به ارزیابی جامع و متقن در مطالعات پایش داروها در آب، سنجش پرمصرف‌ترین داروها باید مورد توجه قرار گیرد. براساس اطلاعات منتشر شده در نشریه فوربس در سال ۲۰۰۹، داروی لیپیتور (داروی

جدول ۳- غلظت برخی داروهای یافت شده در آب‌های سطحی کشورهای اروپایی در سال ۲۰۱۱ (WHO, 2011, 2012)

دارو	میانگین (حداکثر) غلظت (نانو گرم بر لیتر)				
	استرالیا	فنلاند	فرانسه	آلمان	سوئیس
بزافایبرات (Bezafibrate)	۲۰ (۱۶۰)	۵(۲۵)	۱۰۲ (۴۳۰)	۳۵۰ (۳۱۰۰)	-
کاربامازپین (Carbamazepine)	۷۵ (۲۴۹)	۷۰ (۳۷۰)	۷۸ (۸۰۰)	۲۵ (۱۱۰)	۱۵۰-۳۰
دیکلوفناک (Diclofenac)	۲۰ (۶۴)	۱۵ (۴۰)	۱۸ (۴۱)	۱۵۰ (۱۲۰۰)	۱۵۰-۲۰
ایبوبروفن (Ibuprofen)	دیده نشده است	۱۰ (۶۵)	۲۳ (۱۲۰)	۷۰ (۵۳۰)	دیده نشده است (۱۵۰)
لوپرومید (Lopromide)	۹۱ (۲۱۱)	-	۷ (۱۷)	۱۰۰ (۹۱۰)	-
روکسی‌ترومایسین (Roxithromycin)	دیده نشده است	-	۹ (۳۷)	بسیار جزئی (۵۶۰)	-
سولفامتوکسازول (Sulfamethoxazole)	دیده نشده است	-	۲۵ (۱۳۳)	۳۰ (۴۸۰)	-

جدول ۴- غلظت برخی داروهای شناسایی شده در آب‌های آشامیدنی کشورهای اروپایی و آمریکای شمالی (Jones et al., 2005)

دارو	غلظت (نانو گرم بر لیتر)	کشور
بنزافایبرات	۲۷	آلمان
بلتومایسین	۱۳	انگلستان
کلوفیبریک اسید	تشخیص مثبت	انگلستان
	۷۰	آلمان
	۱۶۵	آلمان
	۲۷۰	آلمان
	۱۷۰	آلمان
	۵/۳	ایتالیا
کاربامازپین	۲۴	کانادا
	۲۵۸	ایالات متحده
دiazepam	۱۰	انگلستان
	۲۳/۵	ایتالیا
دیکلوفناک	۶	آلمان
جمفیپروزیل	۷۰	کانادا
ایبوبروفن	۳	آلمان
فنازون	۲۵۰	آلمان
	۴۰۰	آلمان
پروپیل فنازون	۸۰	آلمان
	۱۲۰	آلمان
تیلوزین	۱/۷	ایتالیا

کنترل کننده کلسترول خون)، پرفروش‌ترین دارو در جهان بوده است. در فهرست این نشریه، پس از داروهای کنترل کننده کلسترول خون، داروهای مربوط به قلب و عروق و داروهای ضد افسردگی، در مقام‌های دوم و سوم جای گرفته‌اند (پزشکان بدون مرز، ۲۰۰۹). در ایران، بنابر آمارنامه رسمی کشور در سال ۱۳۹۵، قرص متفورمین، قرص آسپرین و قرص سرما خوردگی بزرگسالان مقام‌های اول تا سوم پرمصرف‌ترین داروها را به خود اختصاص داده‌اند و پس از آن‌ها، قرص لوئارتان و کپسول آموکسی سیلین، به ترتیب در جایگاه چهارم و پنجم قرار دارند (Darooyab, 2018).

برای ارزیابی و تحلیل حضور داروها در آب، دو رویکرد مورد توجه محققان است. نخست تعیین حد تماس^۹ (MOE) که از تقسیم حداقل دوز درمانی دارو بر حداکثر جذب از طریق آب آشامیدنی به دست می‌آید. در این روش، برآورد میزان جذب از طریق آب آشامیدنی به یکی از دو شیوه زیر انجام می‌شود (Conerly, 2008):

- روش جبری که بر مبنای برآورد بدترین حالت و بیش‌ترین غلظت دارو در آب آشامیدنی قرار دارد.
- روش احتمالی که منتج از برآوردی از غلظت دارو در آب آشامیدنی است.

در رویکرد دوم که بر پایه "سلامت در نقطه مصرف"^۸ قرار دارد، "حداقل دوز درمانی"^۹ (MTD) داور در آب آشامیدنی، مبنای ارزیابی قرار می‌گیرد. در مطالعات انجام شده بر مبنای این شاخص، در صورتی که دارویی مصرف عمومی داشته و MTD آن به دلیل مصرف فراگیر و گسترده قابل استفاده نباشد، مقدار MTD برابر ۱۰ میلی گرم در نظر گرفته می‌شود و در مورد داروهایی که تعیین MTD برای آن‌ها، به دلیل عدم کفایت داده‌ها، غیرممکن باشد، با نگاه احتیاطی، MTD برابر یک میلی گرم منظور می‌شود. برای محاسبه و پیش‌بینی غلظت داروها در آب آشامیدنی و ارزیابی خطر داروها در محیط، سازمان اروپایی ارزیابی داروها^{۱۰} (EMA) رابطه (۱) را ارائه داده است (Conerly, 2008). این رابطه بر مبنای تغییرات غلظت دارو در محیط، جمعیت و سرانه تولید فاضلاب، پیش‌بینی غلظت دارو در آب آشامیدنی (PEC_{dww})^{۱۱} را به دست می‌دهد.

$$PEC_{dww} = \frac{A \times (100 - R) \times (100 - M) \times (100 - W)}{365 \times P \times V \times D \times 100 \times 100 \times 100} \quad (1)$$

که PEC_{dww} : پیش‌بینی غلظت در آب آشامیدنی (بر حسب میلی گرم بر لیتر)، A : میزان سالانه ماده‌ی فعال (دارو) استفاده شده در منطقه مورد بررسی (بر حسب میلی گرم در سال)، R : میزان زدایش دارو در فرآیند تصفیه فاضلاب (بر حسب درصد)، M : درصد داروی متابولیزه شده در بدن انسان، W : میزان زدایش دارو در حالت کارکرد بهینه تصفیه‌خانه آب (بر حسب درصد)، P : جمعیت و یا جمعیت معادل در منطقه مورد بررسی، V : سرانه روزانه تولید فاضلاب (بر حسب لیتر) و D : ضریب ترقیق در محیط هستند.

۴- پیشینه و یافته‌های شناسایی داروها در آب

هم‌زمان با پررنگ‌تر شدن نقش داروها در توسعه و ترویج سلامت و بهداشت فردی، توجه محققان به داروها، به‌عنوان رده جدیدی از آلاینده‌های آب جلب شد و متعاقب آن طی سی سال اخیر داروهایی نظیر آنتی‌بیوتیک‌ها، قرص‌های ضد افسردگی، قرص‌های ضد بارداری، قرص‌های رفع حمله‌های ناگهانی قلبی و مغزی، داروهای درمان کننده سرطان، مسکن‌ها و پایین آورنده‌های کلسترول، در منابع آب و حتی در آب‌های آشامیدنی شناسایی شدند. پیشینه شناسایی داروها در آب، به اواخر دهه ۷۰ میلادی و هم‌زمان با توسعه روش‌های آزمایشگاهی و نگرانی از پیامدهای حضور داروها در آب، باز می‌گردد. بررسی سوابق تاریخی نشان می‌دهد که نخستین گزارش‌ها از مشاهده داروها در آب، از کشور آلمان ثبت شده است. در این گزارش مشاهده اسید کلوفیریک و داروهای پایین آورنده کلسترول در آب زیرزمینی اعلام شد. تحقیقات بعدی در این کشور، حضور داروهای فنازون^{۱۲} و فنوفیرات^{۱۳} که هر دو داروی تنظیم کننده چربی خون هستند، همراه با مسکن‌هایی نظیر ایبوپروفین^{۱۴} و دیکلوفن^{۱۵} در آبخوان زیرزمینی زیر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به اثبات رسید و در ادامه، داروهای مرتبط با شیمی درمانی سرطان‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و هورمون‌ها در آب آشامیدنی شناسایی شد. در دو مطالعه جداگانه در آلمان، باقی‌مانده دو داروی فنازون و پروپیل فنازون با غلظت ۴۰۰ نانوگرم بر لیتر، در آب آشامیدنی شهر برلین تایید شد. در هلند، مقادیر جزئی از آنتی‌بیوتیک‌ها، داروهای ضد چربی و ممانعت کننده آن، در آب آشامیدنی در مقادیر کمتر از ۱۰۰ و اغلب کمتر از ۵۰ نانوگرم بر لیتر شناسایی شده است. در ایالات

متحد، سازمان حفاظت محیط زیست^{۱۶} (EPA) این کشور، در دهه ۱۹۸۰ باقی مانده آسیرین^{۱۷}، کافئین^{۱۸} و نیکوتین^{۱۹} به مقدار بسیار اندک و غیرقابل توجه را در لجن تصفیه خانه های فاضلاب شناسایی کرد. مدتی بعد Herman Bouwer، اسید کلوفیریک را در آبخوان زیرزمینی که با پساب تصفیه شده فاضلاب تغذیه می شد، شناسایی کرد و اعلام داشت: "اگر اسید کلوفیریک توانسته است از فرآیندهای تصفیه فاضلاب عبور کرده و با نفوذ در لایه های خاک، به آب زیرزمینی راه باید، حضور سایر داروها در آب زیرزمینی نیز محتمل است" (WHO, 2011, 2012).

در اواسط دهه ۱۹۹۰ Thomas Termes (1996) این پرسش را مطرح ساخت که سرانجام داروهای تجویز شده پس از دفع آن ها به محیط چیست؟ این دانشمند در مطالعات خود از حدود ۶۰ نوع داروی متعارف و رایج در نسخه های پزشکی، ۳۰ نوع دارو را در آب، مشتمل بر داروهای پایین آورنده چربی، آنتی بیوتیک ها، مسکن ها، ضد میکروب ها، داروهای قلبی مسدود کننده بتا^{۲۰}، باقی مانده داروهای کنترل صرع و داروهای تشخیصی مرتبط با اشعه X شناسایی کرد. در سال ۱۹۹۲ پژوهشگران آلمانی ماده کلوفیریک اسید که یک داروی پایین آورنده چربی خون است را در آب های سطحی این کشور شناسایی کردند. این دارو با نام علمی ۴-۲-کلروفونوکسی متیل پروپیونیک اسید، هم خانواده سم علف کش ۲-D۴ است. در سال ۲۰۰۰ در ایالات متحده گلین Glen Boyd et al. (2000) اسید کلوفیریک و داروی ضد درد ناپروکسن^{۲۱} و هورمون استروژن^{۲۲} را در رودخانه میسی سی پی دریاچه پونچترین و آب آشامیدنی شهر تولان شناسایی و اظهار داشتند که میانگین هورمون استروژن در آب آشامیدنی تولان ۴۵ میکروگرم بر لیتر و حداکثر مقدار آن ۸۰ میکروگرم بر لیتر بوده است. در همان زمان، (Chris Metcalfe (2000 در دانشگاه ترنت شهر اونتاریو اظهار داشت که میزان داروهای شناسایی شده در پساب تصفیه خانه های فاضلاب کانادا، به مراتب بیش تر از مقادیر گزارش شده از خروجی تصفیه خانه های آلمان است و علت آن را پایین بودن سطح فناوری تصفیه فاضلاب در آمریکای شمالی در مقایسه با آلمان دانسته است. در سال های اخیر در گزارش های متعدد از کشور ایالات متحده، حضور باقی مانده داروها و هورمون ها در آب آشامیدنی در مقادیر بسیار جزیی (میکروگرم بر لیتر) بررسی و تایید شده است که به نمونه هایی از آن اشاره می شود (Donn et al., 2008).

- در یک بررسی ۵ ماهه، مقادیر جزیی از داروها در ۲۴ مرکز ایالت و در گسترده ای از ایالت کالیفرنیا در جنوب تا ایالت نیوجرسی در شمال و از ایالت دیترویت تا ایالت لویزیول تشخیص و تایید شده است.

- در ایالت فیلادلفیا، ۵۶ دارو و ترکیبات ناخواسته آن ها، در آب آشامیدنی مشتمل بر داروهای مربوط به کنترل عفونت، کلسترول، آسم، صرع، و بیماری های مغزی و قلب و عروق در آب آشامیدنی سنجش شد. ۶۳ دارو و یا ترکیبات ناخواسته آن ها تنها در حوضه آبریز شهری تشخیص داده شده است.

- داروهای ضد صرع و ضد اضطراب در آب آشامیدنی جمعیتی بالغ بر ۱۸/۵ میلیون نفر در کالیفرنیا جنوبی تایید شد.

- در خروجی یک تصفیه خانه آب در ایالت نیوجرسی شمالی که آب مورد نیاز ۸۵۰ هزار نفر را تامین می کند، حضور متابولیت های داروهای آنتی بیوتیک و داروی تثبیت کننده اعصاب کاربامازپین^{۲۳} تایید شد.

- در آب آشامیدنی شهر سانفرانسیسکو حضور شش نوع هورمون تایید شد.

- در شهر واشنگتن و حومه آن، نتیجه آزمون ۶ نوع دارو در آب آشامیدنی مثبت بوده است.

- حضور آنتی بیوتیک و دو داروی دیگر در آب آشامیدنی شهر توسون تایید شده است.

- بالاترین غلظت گزارش شده باقی مانده داروها در آب آشامیدنی و به مقدار ۴۰ نانوگرم بر لیتر بوده است.

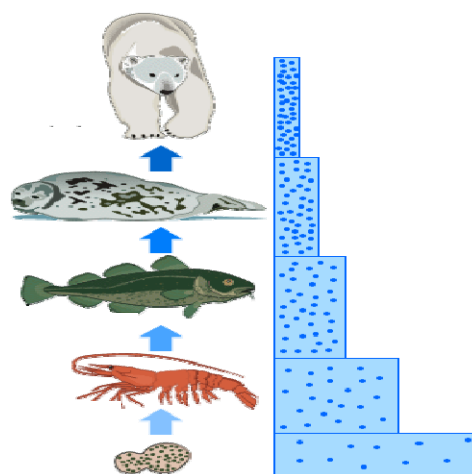
سازمان جهانی بهداشت در گزارش خود در سال ۲۰۱۱ اعلام داشته است: "مروری بر مقالات علمی منتشر شده تا سال ۲۰۰۹ نشان می دهد که باقی مانده ۱۵ تا ۲۵ داروی پرمصرف که فراوان ترین آن ها، داروهای ضد چربی و ضد التهاب هستند، در آب آشامیدنی شناسایی و گزارش شده اند. اغلب مطالعات سنجش داروها مربوط به منابع آب (پساب خروجی از تصفیه خانه ها، آب های سطحی و زیرزمینی) در مقادیر نانو و میکروگرم بر لیتر بوده است. در این مطالعات، غلظت داروها در آب های سطحی و زیرزمینی که متاثر از تخلیه فاضلاب ها بوده اند، در مقادیر کم تر از ۱۰۰ و در آب های آشامیدنی تصفیه شده کم تر از ۵۰ نانوگرم بر لیتر گزارش شده است." آن چه حضور داروها را در آب آشامیدنی برجسته می سازد، طراحی ویژه ای است که در ساختمان آن ها به کار می رود. این طراحی، داروها را به ترکیباتی با ساختار شیمیایی پایدار درآورده تا

بتوانند عمل درمانی خود را به خوبی انجام دهند. این امر سبب می شود تا داروها، پس از دفع و تخلیه در طبیعت، با ورود تدریجی و باقی ماندن طولانی مدت در آب های سطحی و زیرزمینی، آلودگی این منابع را تشدید و تهدید کنند.

۵- عارضه های مترتب بر حضور داروها در محیط

هر چند مقادیر شناسایی شده داروها و مواد آرایشی و بهداشتی در آب آشامیدنی اندک و در حد میکروگرم بر لیتر و یا نانو گرم بر لیتر گزارش شده است، اما این به معنای اطمینان از فقدان عوارض سوء آن ها بر سلامت انسان نیست. متابولیت های حاصل از تجزیه این ترکیبات در محیط و هم افزونی احتمالی آن ها، همراه با ناشناخته بودن تاثیرات آن ها بر سلامت انسان، از نگرانی های زیست محیطی پیش رو است. اغلب ترکیبات دارویی و مواد آرایشی در آب محلول بوده و فقط حدود ۳۰ درصد آن ها در چربی حل می شوند (WHO, 2011, 2012). این توانایی، آن ها را قادر می سازد تا با ورود به زنجیره غذایی و حرکت عمودی در هرم آن تغلیظ شوند (شکل ۲).

نباید از نظر دور داشت که با افزایش تدریجی مصرف داروها، مقادیر آن در محیط و از جمله آب نیز به تدریج افزایش خواهد یافت و به این ترتیب می توان انتظار داشت که با یک تاخیر زمانی، که مدت آن به میزان زدایش داروها در فرآیندهای تصفیه آب و فاضلاب و کارآمدی انضباط های پیش بینی شده در مصرف صحیح دارو بستگی دارد، غلظت داروها در آب، به حدود اثرگذاری بر سلامت فزونی یابد.



شکل ۲- تصویر تجسمی از چگونگی تغلیظ مواد شیمیایی در هرم غذایی

در مطالعات انجام شده، تاثیر منفی مواد آرایشی و داروها در فرآیند تولید مثل ماهی ها و قورباغه ها تایید شده است. محققان در نیوزلند علت پایین بودن نرخ باروری در گوسفندان را به چرای گوسفندان در مزارع آبیاری شده با پساب فاضلاب تصفیه شده که حاوی هورمون های ضد بارداری بوده است، نسبت داده اند (Snyder et al., 2009).

در مورد انسان، هر چند استنباط و نظر قطعی از عوارض حضور داروها در محیط بر سلامت انسان به اثبات نرسیده است، اما در عین حال عدم پاسخ به درمان با برخی آنتی بیوتیک ها (مقاومت دارویی) مسجل است و یا اختلال و حتی قطع ترشحات غدد درون ریز (مانند هورمون ها) از پیامدهای شناخته شده حضور داروها در محیط است. تحقیقات اخیر نشان داده است که پیامدهای تماس با مقادیر بسیار اندک مواد شیمیایی در انسان های با سطح ایمنی پایین تر و سایر موجودات آسیب پذیر، بسیار بیش تر و خطرناک تر خواهد بود. به این ترتیب می توان انتظار داشت که جنین و یا نوزاد، در مقایسه با افراد بزرگسال، در برابر داروها آسیب پذیرتر باشد (WHO, 2011, 2012; Kolpin et al., 2002; Snyder et al., 2009).

۷- چه باید کرد؟

تاریخ به ما می آموزد که برای جلوگیری از تاثیر یک عامل تهدید کننده بر سلامت انسان و محیط، باید به اولین نشانه های آن توجه کرد. این رویکرد که از آن به «اصل پیشگیرانه» تعبیر می شود، بر این پایه استوار است که: "زمانی که تهدید و یا خطری محتمل است ولی شواهد علمی برای تایید آن کافی نیست، باید با پیشگیری، از بروز خطر احتمالی جلوگیری کرد." مشاهده نقص در تولید مثل موجودات دریایی، متاثر از داروها و مواد آرایشی، به ما هشدار می دهد که برای مقابله با تاثیرات احتمالی این مواد بر سلامت انسان، باید اقدام های پیشگیرانه انجام داد.

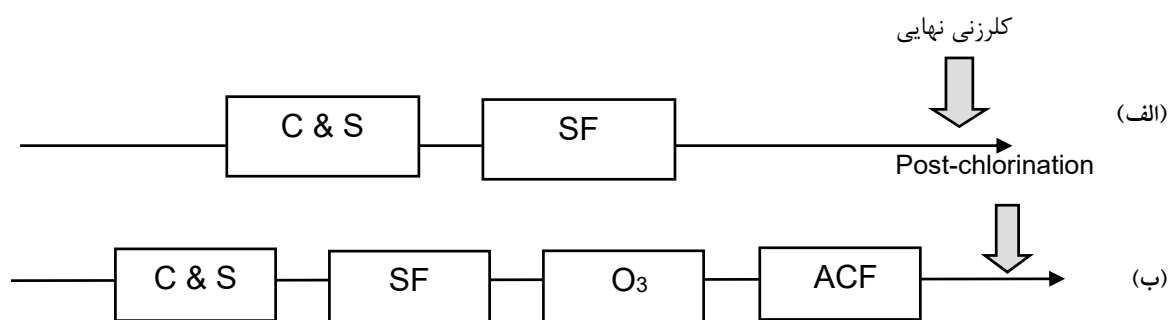
پیشگیری نخستین اقدام دفاعی در برابر داروها و مواد شیمیایی در محیط است. اجرای برنامه های آموزشی با هدف کاهش مصرف و استفاده صحیح از داروها و مواد آرایشی و بهداشتی، همراه با تدوین مقررات و رویه های کاری برای دفع مناسب داروهای مصرف نشده و نیم مصرف شده، اعمال نظارت کافی و سیاست های تنبیهی و تشویقی برای حسن اجرای

آن‌ها، دومین اقدام پیشگیرانه است. این اقدام‌ها کم هزینه‌تر و در عین حال سازگارتر با محیط زیست است.

بهبود فرآیندهای تصفیه آب، به‌ویژه باز طراحی صافی‌ها و الزام به استفاده از فرآیندهای جذب با کربن فعال، از جمله اقدام‌های لازم برای کنترل و پیشگیری از حضور داروها در آب آشامیدنی است. در ایران مینا و اساس طراحی و راهبری فرآیندهای متعارف تصفیه‌خانه‌های آب که آب خام آن‌ها از منابع سطحی نظیر رودخانه‌ها و مخازن سدها تامین می‌شود، بر پایه زدایش کدورت استوار است (شکل ۳-الف). کدورت، یک مفهوم فیزیکی و نوری است و شامل مجموعه عامل‌هایی است که سبب جذب و یا تفرق نور می‌شوند و اندازه و قطر موثر آن‌ها در رده عامل‌های کلوئیدی و معلق قرار دارد. تصفیه‌خانه‌های متعارف آب، حتی در صورت کارکرد بهینه، تنها قادر به زدایش ذرات کلوئیدی و بزرگ‌تر از آن هستند. نباید از نظر دور داشت که هرچند در فرآیند انعقاد و لخته‌سازی، ذرات کلوئیدی از آب جدا شده و با عبور آب از صافی، به سبب مکانیسم‌های متعدد به‌کار رفته در این فرآیندها، هم‌زمان با تقلیل عامل‌های مسبب کدورت، بخش قابل توجهی از مولکول‌های آلی درشت و جمعیت میکروبی آب نیز کاهش می‌یابد. با این حال فرآیندهای متعارف تصفیه آب، صرفاً برای زدایش کدورت طراحی شده‌اند و به سبب تقلیل حداکثری کدورت، سلامت میکروبی آب را، به‌ویژه پس از گندزدایی نهایی، تضمین می‌کنند. این بدان معنا است که نمی‌توان و نباید از تصفیه‌خانه‌های متعارف آب، انتظار نقش‌آفرینی مؤثر در حذف عامل‌های محلول نظیر

داروها، هورمون‌ها، سموم و... را داشت. در دوران معاصر که ماهیت آلاینده‌ها از معدنی و معلق، به آلی و محلول تغییر یافته است، برای افزایش قابلیت تصفیه‌خانه‌های آب در اثرگذاری بر زدایش مواد آلی محلول، تجهیز تصفیه‌خانه‌های آب به واحد کربن فعال یک ضرورت است و اطمینان از سلامت آب و فقدان حضور مواد آلی خطرناک، به‌ویژه باقی‌مانده سموم، هورمون‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها در آب آشامیدنی، تنها با عبور آب خروجی از صافی‌های ماسه‌ای متعارف، از واحد کربن فعال ممکن خواهد بود.

در کشور ما، تراکم جمعیت، صنایع و کشاورزی در اطراف رودخانه‌های کشور و الگوهای نابهنجار در مصرف سموم، دارو و مواد آرایشی و بهداشتی، حضور مواد آلی در آب‌های سطحی و حتی زیرزمینی را محتمل و به‌تقریب یقینی می‌نماید. این امر ضرورت تجهیز سریع‌تر تصفیه‌خانه‌های آب به واحد کربن فعال را دوچندان می‌سازد. فقدان واحد کربن فعال در تصفیه‌خانه‌های آب کشور، در حالی است که از اواخر دهه ۱۹۸۰ به‌این سو، تمامی تصفیه‌خانه‌های آب و حتی برخی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در اروپا، به واحد کربن فعال مجهز شده‌اند (شکل ۳-ب). به‌رغم توانایی داخلی برای تولید کربن فعال، تولید به‌نظر می‌رسد مانع اصلی در ایجاد این واحد در تصفیه‌خانه‌های آب کشور، ضعف در پشتیبانی صنعتی از تصفیه‌خانه‌های آب و فقدان کارخانه احیای کربن فعال در کشور باشد. انتظار می‌رود با تاسیس یک کارخانه احیای کربن فعال در کشور، زمینه برای ایجاد واحد کربن فعال در تصفیه‌خانه‌های کشور فراهم شود.



توضیح:

۱. C&S: انعقاد و ته‌نشینی، SF: صافی شنی، O₃: واحد ازن‌زنی، ACF: صافی کربن فعال

۲. در برخی تصفیه‌خانه‌های آب، واحد ازن‌زنی پیش از واحد انعقاد و لخته‌سازی تعبیه شده است.

شکل ۳- تفاوت واحدها و فرآیندهای تصفیه آب در کشورهای (الف) پیشرفته و (ب) در حال توسعه

۸- محاسبه مقادیر مجاز دارو در آب آشامیدنی در استاندارد استرالیا

در رهنمودهای باز یافت آب کشور در استرالیا، داروها به دو دسته کلی طبقه‌بندی شده‌اند (Conerly, 2008).
- داروهایی که منحصرأ مصرف انسانی دارند.
- داروهایی که کاربرد دامپزشکی داشته و برخی از آن‌ها ممکن است برای انسان نیز استفاده شوند.

برای داروهایی که در دامپزشکی به مصرف می‌رسند، مقادیر دریافت مجاز روزانه‌ی دارو (ADI) بر اساس توصیه‌های مراکز معتبر نظیر کمیته مشترک سازمان جهانی بهداشت و سازمان غذا و خواربار جهانی (FAO,WHO) و یا اداره ملی کالاهای درمانی استرالیا و یا آژانس دارویی اروپا تعیین می‌شود.
برای داروهایی که منحصرأ مصرف انسانی دارند، ADI جایگزین (S-ADI) از طریق تقسیم حداقل مقدار دریافت روزانه دارو بر فاکتور سلامت^{۲۴} (SF) که گسترده آن از ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ است، محاسبه می‌شوند برای اغلب داروها مقدار SF عدد ۱۰۰۰ منظور می‌شود. برای داروهای سستیتوکسین‌دار^{۲۵} و داروهای هورمونی و استروئیدی، مقدار SF عدد ۱۰۰۰ لحاظ می‌شود. در این کشور حداکثر مقدار مجاز دارو در آب آشامیدنی از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Conerly, 2008).

$$\text{Drinking Water Guidelines (mg/L)} = \frac{ADI \text{ or } s-ADI \times BW \times p}{V} \quad (2)$$

که ADI: مقدار حداکثر مجاز جذب دارو (برحسب میکروگرم به ازای هر کیلوگرم در روز)، S-ADI: جایگزین که از طریق کمترین میزان جذب روزانه خوراکی دارو در بزرگسالان (برحسب میلی‌گرم بر روز) تقسیم بر فاکتور سلامت (SF) ۱۰۰۰ یا ۱۰/۰۰۰، BW: وزن بدن (۷۰ کیلوگرم)، V: حجم روزانه آب مصرف شده (۲ لیتر بر روز) و P: درصدی از S-ADI که از طریق آب آشامیدنی جذب بدن می‌شود (۱۰۰ درصد) هستند.

۹- روش ارزیابی ریسک (خطر) حضور داروها در آب در ایالات متحده

سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده، برای پیش‌بینی

غلظت بدون خطر داروها در آب آشامیدنی و بافت بدن ماهی، رابطه‌های (۳) تا (۵) را ارائه داده است (Conerly, 2008).

$$PNECDW = \frac{100 \times ADI \times BW \times AT}{IngR_{DW} \times EF \times ED} \quad (3)$$

$$PNECF = \frac{100 \times ADI \times BW \times AT}{BCF \times IngRF \times EF \times ED} \quad (4)$$

$$PNECDW + F = \frac{100 \times ADI \times BW \times AT}{IngR_{DW} + BCF + IngRF) \times EF \times ED} \quad (5)$$

که PNEC: پیش‌بینی غلظتی از دارو که فاقد اثر زیان‌آور باشد^{۲۶} (پیش‌بینی غلظت بدون تاثیر دارو)، $PNEC_{DW}$: برآورد غلظت بدون تاثیر دارو در آب آشامیدنی (برحسب نانوگرم بر لیتر)، $PNECF$: برآورد غلظت بدون تاثیر دارو از طریق مصرف ماهی (برحسب نانوگرم بر لیتر)، $PNEC_{DW+F}$: برآورد غلظت بدون تاثیر دارو از طریق مصرف توأم آب آشامیدنی و ماهی (برحسب نانوگرم بر لیتر)، ADI: میزان جذب روزانه مجاز (برحسب میلی‌گرم به‌ازای کیلوگرم وزن بدن در روز)، BW: وزن بدن کودک یا بزرگسالان (برحسب کیلوگرم)، AT: میانگین زمان مصرف (برحسب روز)، $IngR_{DW}$: میزان مصرف آب در کودکان یا بزرگسالان (برحسب لیتر به‌ازای هر نفر در روز)، Ing_{RF} : میزان مصرف ماهی در بزرگسالان یا کودکان (برحسب کیلوگرم به‌ازای هر نفر در روز)، BCF: ضریب تراکم بیولوژیکی در ماهی (برحسب لیتر بر کیلوگرم)، EF: تواتر تماس (برحسب روز بر سال) و ED: مدت تماس (برحسب سال) هستند.

سیاست کنترل سازمان محیط زیست ایالات متحده برای داروهای جدید، متکی به بررسی خطرات مربوط به غلظت‌های غیرمجاز این داروها در محیط زیست است و چنان‌چه غلظت آلاینده‌ی این مواد کم‌تر از یک میکروگرم بر لیتر باشد، چنین فرض می‌شود که داروهای مربوطه خطر خاصی برای محیط زیست ندارد.

۱۰- محاسبه حداکثر مقدار مجاز داروها و فرآورده‌های آرایشی در آب آشامیدنی در ایالت ایلینویز^{۲۷} ایالات متحده

در ایالت ایلینویز ایالات متحده، حداکثر مقدار مجاز داروها و

فرآورده‌های آرایشی در آب آشامیدنی، مطابق رابطه (۶) محاسبه می‌شود (Conerly, 2008).

$$(۶) \quad RSC = [(ADI \times BW) / IR] \times \text{معیار}^{۲۸} \text{ (ng/L)}$$

که ADI : حداکثر جذب روزانه مجاز (برحسب نانوگرم به‌ازای هر کیلوگرم بر روز)، BW : وزن بدن (برحسب کیلوگرم)، IR : میزان مصرف روزانه آب آشامیدنی (برحسب لیتر بر روز) و $RSC^{۲۹}$: سهم آب آشامیدنی در جذب روزانه (برحسب درصد) هستند.

در سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالت ایلینویز، اعداد مبنای زیر تعیین و مورد استفاده است:

BW : برای کودکان ۱۰ کیلوگرم و برای بزرگسالان ۷۰ کیلوگرم
 IR : یک لیتر در روز برای کودکان و ۲ لیتر در روز برای بزرگسالان
 RSC : ۱۰۰ درصد. فرض بر آن است که در افراد سالم، تمامی جذب دارو از طریق آب آشامیدنی است.

افزون بر رابطه‌های فوق، (Snyder et al., 2009) با محاسبه میزان جذب مجاز روزانه $ADI^{۳۰}$ و غلظت معادل دارو در آب آشامیدنی $ADWL^{۳۱}$ ، حداکثر غلظت باقی‌مانده ۲۰ دارو را در آب آشامیدنی، مطابق جدول ۵ تعیین کردند. این درحالی است که کمیته تخصصی سازمانی جهانی بهداشت که با همکاری سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA) برای بررسی باقی‌مانده داروها در آب آشامیدنی در ژوئن ۲۰۰۹ در سنگاپور تشکیل شد، با مرور موارد وقوع، سمیت و پتانسیل ریسک ناشی از حضور باقی‌مانده داروها در آب آشامیدنی، به‌این نتیجه رسید که مقادیر داروها در آب آشامیدنی، حدود ۱۰۰۰ بار کم‌تر از دوز درمانی آن‌ها است و تعیین غلظت راهنما برای حضور آن‌ها در آب آشامیدنی ضرورت ندارد (Snyder et al., 2009).

۱۱- زدایش داروها در فرآیندهای تصفیه آب

در یک نگاه عمومی، هیچ یک از فرآیندهای متعارف تصفیه آب، اختصاصاً با هدف زدایش ترکیبات دارویی از آب، طراحی نمی‌شوند. میزان تقلیل داروها در آب، تابعی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و میزبان انطباق آن با فرآیندهای تصفیه آب است. به‌عنوان مثال قابلیت تجزیه بیولوژیکی در صافی ماسه‌ای کند و یا قابلیت جذب ذرات در فرآیند انعقاد، در تقلیل مقدار داروها در آب موثر است. واحد کربن فعال که اغلب به‌منظور حذف سموم و بهبود طعم و بوی آب به‌کار می‌رود،

قادر است بخش قابل توجهی از داروها را از طریق فرآیند جذب و یا تجزیه بیولوژیک در نوع گرانول آن، از آب جدا سازد. در جدول ۶ خلاصه‌ای از یافته‌های محققان در خصوص میزان زدایش داروها در فرآیندهای متعارف و پیشرفته تصفیه آب نشان داده شده است.

یافته‌های محققان انجمن کارهای آبی ایالات متحده^{۳۲} (AWWA) نشان می‌دهد در حالی‌که فرآیند انعقاد، تاثیر چندانی بر زدایش هورمون‌ها و ترکیبات دارویی از آب ندارد، کلرزی و ازن‌زی آب، از توان بالایی در حذف چنین ترکیباتی برخوردارند و میزان توانایی آن‌ها تابعی از pH آب و میزان تزریق عامل اکسیدان است. در برخی گزارش‌ها، کلر آزاد توانسته است حدود نیمی از ترکیبات دارویی آب را اکسید کند. آنتی بیوتیک‌هایی نظیر سولفامتوکسازول، تری متروپریم

جدول ۵- حداکثر غلظت مجاز باقی‌مانده برخی داروها در آب آشامیدنی (Snyder et al., 2009)

دارو	حداکثر غلظت (میکروگرم بر لیتر)
آتنولول	۰/۰۱۸
کاربامازپین	۰/۰۱۸
دیازپام	۰/۰۰۰۳۳
فلوزتین	۰/۰۰۰۸۲
نورفلوزتین	۰/۰۰۰۷۷
جمفیروزیل	۰/۰۰۲۱
مپروپامات	۰/۰۴۲
فنیوتوئین	۰/۰۱۹
ریسپریدون	۰/۰۰۲۹
سولفامتوکسازول	۰/۰۰۳۰
تریکلوسان	۰/۰۰۱۲
آتروواستاتین	<۰/۰۰۰۲۵
آ- هیدروکسی آتروواستاتین	<۰/۰۰۰۵۰
پی- هیدروکسی آتروواستاتین	<۰/۰۰۰۵۰
دیکلوفناس	<۰/۰۰۰۲۵
إنالاپریل	<۰/۰۰۰۲۵
ناپروژن	<۰/۰۰۰۵۰
سیمواستاتین	<۰/۰۰۰۲۵
سیمواستاتین هیدروکسی اسید	<۰/۰۰۰۲۵
تری متروپریم	<۰/۰۰۰۲۵

جدول ۶- میزان زدایش و تقلیل ترکیبات دارویی در فرایندهای تصفیه آب طی سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۱۱ (WHO, 2011, 2012)

کشور (تعداد ترکیبات دارویی)	مقیاس	دامنه حذف (درصد)	فرایند تصفیه
آلمان	پایلو	>۹۹	اسمز معکوس
ژاپن (۶)	پایلو	۷۰-۹۱	اسمز معکوس
	پایلو	۱۰-۸۵	
ایالات متحده (۲)	پایلو	۳->۹۵	UV/H ₂ O ₂
ایالات متحده (۴۹)	پایلو	۲۴-۷۲	انعقاد
	پایلو	>۸۰	پودر کربن فعال (۲۰ میلی گرم بر لیتر)
	پایلو	۴-۷۵	پودر کربن فعال (یک میلی گرم بر لیتر)
	پایلو	۲۵-۷۵	گاز کلر
	پایلو	۵-۹۵	ازن
آلمان (۹)	پایلو	۳۳-۱۰۰	ازن
آلمان (۱۱)	پایلو	۰-۱۰۰	دی اکسید کلر
استرالیا (۳)	پایلو	>۹۸	نانو فیلتراسیون
		>۸۰	
ایالات متحده (۲۷)	پایلو	<۳۰	اولترا فیلتراسیون
		۳۰-۹۰	نانو فیلتراسیون
فنلاند (۵)	پایلو	<۵-۳۰	انعقاد
		۲۰-۱۰۰	گاز کلر
ژاپن (۹)	پایلو	>۹۸	پودر کربن فعال
		<۱۵	انعقاد
سنگاپور	پایلو	۲۸-۶۰	وتلند (انسان ساخت)
آلمان (۵)	کامل	۲۵->۹۵	هوادهی / صافی ماسه‌ای
ایالات متحده (۲)	کامل	۱۰۰	ازن/انعقاد/ته‌نشینی/کلرزنی
ایالات متحده (۱)	پایلو	صفر	پودر کربن فعال/انعقاد/ته‌نشینی
ایالات متحده (۱)	پایلو	۱۰۰	گاز کلر
		صفر	انعقاد
کره‌ی جنوبی (۶)	پایلو	صفر	اولترا فیلتراسیون
		۱۰۰	گرانول کربن فعال
اسپانیا (۱۲)	کامل	۳۰->۹۰	نانو فیلتراسیون
		۴۵->۹۵	اسمز معکوس
		۲-۹۷	گندزدایی
فرانسه (۷)	کامل	۳-۹۴	فرایندهای فیزیکی شیمیایی
		۴۷-۹۷	ازن/کربن فعال
		۶-۶۸	فرایندهای غشایی
		۰->۹۹	پیش کلرزنی
اسپانیا (۳۵)	کامل	<۳۰-۱۰۰	انعقاد/لخته‌سازی/صافی ماسه‌ای
		۵->۹۹	ازن
		۱۵->۷۵	گرانول کربن فعال
		۱۴-۱۰۰	گاز کلر

حداقل ۳ میلی گرم بر لیتر پراکسید هیدروژن نشان داده است.

۱۲- تشکر و قدردانی

نگارنده مراتب تشکر و قدردانی خود را از آقای مهندس سیدحسین مرتضوی معاون پیشین شرکت آب و فاضلاب شهری استان اصفهان، به سبب در اختیار گذاردن تجربه‌های ارزشمند خود در مدیریت تصفیه‌خانه آب اصفهان اعلام می‌دارد.

۱۳- پی‌نوشت‌ها

- 1- Endocrine Disrupting Chemicals (EDC)
- 2- Clofibrlic acid
- 3- Salicylic acid
- 4- Phthalates
- 5- Pseudo-Persistent
- 6- Pharmaceuticals and Personale Care Products (PPCPs)
- 7- Margin of exposure (MOE)
- 8- Hlhealth Endpoint
- 9- Minimum therapeutic dose (MTD)
- 10- European Medicines Evaluation Agency (EMA)
- 11- Predictes concentration in drinking water (PEC_{dw})
- 12- Phenazone
- 13- Fenofibrate
- 14- Ibuprofen
- 15- Diclofen
- 16- Environmental Protection Agency
- 17- Aspirin
- 18- Caffeine
- 19- Nicotin
- 20- Beta-blocker heart drugs
- 21- Naproxen
- 22- Estrone
- 23- Carbamazepine
- 24- Safety Factor
- 25- Cytotoxic drug
- 26- Predicted no effect Concentration

و اریتروماکسین، بیش‌ترین میزان زدایش را در مقابل کلر آزاد داشته‌اند. فرآیند اکسیداسیون پیشرفته با استفاده هم‌زمان از گاز ازن و پراکسید هیدروژن، اکسیداسیون ترکیبات دارویی را بهبود می‌بخشد (Stackelberg et al., 2004).

تجربه به‌دست آمده از ازن‌زنی آب در تصفیه‌خانه آب اصفهان نشان می‌دهد تزریق ازن به مقدار ۰/۱ میلی گرم بر لیتر، پیش از واحد انعقاد و لخته سازی، قادر است بخش اعظم ترکیبات دارویی، سموم، فلزات سنگین، آهن و منگنز را از آب جدا و در لجن انباشته سازد. تواتر بیش‌تر در تخلیه‌ی لجن، مانع از راهیایی مجدد آن‌ها به آب خواهد شد.

کربن فعال برای حذف مقادیر بالای داروها به‌ویژه داروهای آب گریز کارآمدی قابل توجهی از خود نشان داده است. در این فرآیند کارآمدی حذف، تابعی از زمان تماس، بار آلی اعمال شده، ساختمان شیمیایی و قابلیت انحلال آلاینده در آب و نوع کربن مورد استفاده است. بنابر برخی گزارش‌ها، اوپرومید، ایوبروفن، مپروبات، سولفامتوکسازول و دیکلوفناک بیش‌ترین مقاومت را در برابر حذف کربنی دارند.

میزان کارآمدی فرآیندهای غشایی نیز در زدایش املاح شیمیایی و از جمله هورمون‌ها و ترکیبات دارویی از آب، بستگی به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ماده‌ی شیمیایی نظیر وزن مولکولی، میزان آب‌گریزی، قطبیت، ماهیت ماده و اندازه منافذ غشا دارد. نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که نانوفیلتراسیون^{۳۳} (NF) بهتر از انواع دیگر غشاها نظیر اولترافیلتراسیون^{۳۴} (UF) و میکروفیلتراسیون^{۳۵} (MF) از طریق دو مکانیسم جذب آب^{۳۶} و الک‌کردن، هورمون‌ها و ترکیبات دارویی را از آب جدا می‌سازد. به‌طور کلی در غشاءها، هورمون‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و سایر مواد دارویی با وزن مولکولی زیاد، از طریق مکانیسم الک‌کردن حذف می‌شوند. در مقایسه با سه فرآیند غشایی گفته شده، توانایی اسمز معکوس در زدایش ترکیبات دارویی، به‌مراتب بیش‌تر است.

تاباندن اشعه فرابنفش به آب در مقدار و طول موج ۲۵۴ نانومتر که اغلب از آن به‌عنوان عامل گندزدا استفاده می‌شود، از کارآمدی لازم برای حذف ترکیبات دارویی برخوردار نیست. با این حال نتایج برخی از تحقیقات، زدایش بیش از ۵۰ درصد از مقادیر آنتی‌بیوتیک سولفامتوکسازول، داروی ضد میکروبی تری‌کلوسان^{۳۷} و دیکلوفناک را متعاقب تابش هم‌زمان اشعه فرابنفش با حداقل دوز ۴۰۰ میلی ژول بر سانتی‌متر مربع و تزریق

ganic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000: A national reconnaissance", *Environmental Science and Technology*, 36(6), 1202-1211.

Reynolds, K., (2003), "Pharmaceuticals in drinking water supplies", *Water Conditioning and Purification Magazine*, 45(6), www.wconline.com/2003/06/14.

Stackelberg, P., Furlong, E., Meyer, M., Zaugs, S.D., Henderson, A., and Reissman, D., (2004), "Persistence of pharmaceutical compounds and other organic wastewater contaminants in a conventional drinking water treatment plant", *Science of the Total Environment*, 329, 99-113.

Snyder, Ch.Sh., Hing, C.L., Cotruvo, J., Drewes, J.E., Eaton, A., Pleus, R.C., and Schlenk, D., (2009), *Pharmaceuticals in the water environment*, Association of Metropolitan Water Agencies.

World Health Organization (WHO), (2011), *Pharmaceuticals in drinking water*, WHO, Geneva.

World Health Organization (WHO), (2012), *Pharmaceuticals in drinking water*, WHO, Geneva.

- 27- Illinois
- 28- Criterion
- 29- Relative source contribution
- 30- Acceptable Daily Intake (ADI)
- 31- Drinking Water Equivalent Levels (DWEL)
- 32- American Water Work Association
- 33- Nanofiltration
- 34- Ultrafiltration
- 35- Microfiltration
- 36- Hydrophobic adsorption
- 37- Triclosan

۱۴- مراجع

پزشکان بدون مرز، (۲۰۰۹)، "لیست مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین داروهای جهان"، <http://www.Pezeshk.us/?p=17686>

طاهری، ا. و مصباحی، ب.، (۱۳۷۹)، "بقایای داروهای مورد مصرف در امور پزشکی: خطر جدی برای آب آشامیدنی"، *مجله آب و محیط زیست*، ۳۹

مرتضوی، ث. و نوروزی فرد، پ.، (۱۳۹۶)، "ردیابی ترکیبات آنتی‌بیوتیک‌های آموکسی سیلین، اریترومایسین، جنتامایسین و سفالکسین در رودخانه کرج در سال ۱۳۹۴"، *مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران*، ۲۷(۱۵۵)، ۱۴۱-۱۵۶.

Batt, Sh., (2004), "Pharmaceuticals in our water: A new threat to public health?", www.whp-apsf.ca/en documents/ Pharm Wate.html.

Buxton, H., and Kolpin, D., (2002), "Pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in U.S. streams", *USGS Fact Sheet FS-027-02*.

Conerly, O., (2008), "Approaches to screening for risk from pharmaceuticals in drinking water and prioritization for farther evaluation", *U.S.EPA, Office of Water, C-07-021, WA-B-02, Task6*

Darooyab, (2018), "Top 10", <http://www.Darooyab.ir/NewsId=24>.

Jones, O.A., Lester, J.N., and Voulvoulis, N., (2005), "Pharmaceuticals: A threat to drinking water?", *Trends in Biotecnology*, 23(4), 163-167.

Donn, J., Mendoza, M., and Pritchard, J., (2008), "AP: Drugs found in drinking water", www.usatoday.com/news/nation/2008-03-10-drugs-tap-water.

Kolpin, D., Furlong, E., Meyer, M., and Zaugg, T.S., (2002), "Pharmaceuticals, hormones and other or-

The Effect of Concentration of Paranitrophenol on Efficiency of the Aerobic Biological Wastewater Treatment and the Production of Excess Sludge

Afshin Takdastan¹, Ali Akbar Azimi², Ferdos Karimi³ and Naghmeh Orooji^{4*}

1- Associate Professor, Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

2- Department of Environmental and Civil Engineering, Ahar Branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran.

3- M.Sc. in Civil Engineering, Managing Director of Ahvaz Water and Wastewater Company, Ahvaz, Iran.

4- Ph.D. Student, Department of Environmental Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

* Corresponding Author, Email: n.oroji2007@gmail.com

Received: 16/03/2018

Revised: 09/12/2018

Accepted: 12/12/2018

Abstract

The aim of this study is to reduce p-nitrophenol from wastewater using an SBR reactor for biological treatment of sewage and to study the effect of concentration of p-nitrophenol in wastewater on reduction of biomass production and sludge volume index. For this study, two SBR reactors with a volume of 20 liters with on-line control system were used. Once the stable conditions in the reactors are met, sampling and testing of parameters such as COD, MLSS, MLVSS, PH, DO, SV1, SOUR, and p-nitrophenol (PNP), as well as the rate of reduction in production of biological solids were performed during the 12 months of research. The results showed that for the inserted amount of more than 100 mg/l of PNP, the COD decreased from 772 to 193 mg/l while the COD removal efficiency decreased to 75% and the PNP concentration decreased to 36.7 mg/l. The biodegradable solids decreased by about 49.5% relative to the control reactor. On the other hand, in this dose of PNP, the amount of SOUR was 31 mg O₂/h, and VSS and the SVI value was less than 48 ml/g. For the PNP dose of 150 mg/l, no biosolids was produced in the reactor but COD and PNP levels increased in the effluent. The presence of toxic organic compounds such as p-nitrophenol in high concentrations in the wastewater while reducing the removal efficiency of the organic matter decreases the biological solids and thus reduces the amount of excess sludge.

Keywords: Biomass production, Biological sludge, PNP, SBR reactor, SOUR.

اثر غلظت پارانیتروفنل موجود در فاضلاب بر کارایی فرایند تصفیه بیولوژیکی هوازی و میزان لجن مازاد دفعی

افشین تکدستان^۱، علی اکبر عظیمی^۲، فردوس کریمی^۳ و نغمه عروجی^{۴*}

۱- دانشیار، مرکز تحقیقات فناوریهای زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۲- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران.

۳- کارشناس ارشد مهندسی عمران، مدیر عامل و رئیس هیئت مدیره شرکت آب و فاضلاب اهواز، اهواز، ایران.

۴- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: n.oroji2007@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۵

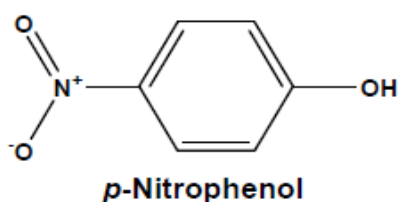
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۱

چکیده

هدف این مطالعه کاهش پارانیتروفنل از پساب با استفاده از فرایند بیولوژیکی هوازی تصفیه فاضلاب به روش SBR و اثر غلظت پارانیتروفنل موجود در فاضلاب بر میزان کاهش لجن تولیدی و قابلیت ته نشینی لجن است. در این تحقیق از ۲ راکتور SBR به حجم ۲۰ لیتر که توسط سیستم برخط کنترل می شود استفاده شد. پس از ایجاد شرایط پایدار در راکتورها در خلال ۱۲ ماه تحقیق، نمونه برداری و آزمون پارامترهایی از قبیل COD، MLSS، MLVSS، PH، DO، SV1، SOUR، و پارانیتروفنل (PNP) و در نهایت میزان کاهش تولید جامدات بیولوژیکی انجام شد. نتایج نشان داد که در میزان PNP تزریقی بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به راکتور میزان COD از ۷۷۲ به ۱۹۳ میلی گرم در لیتر رسید و راندمان حذف COD به ۷۵ درصد و غلظت PNP به ۳۶/۷ میلی گرم بر لیتر کاهش یافت. میزان جامدات بیولوژیکی قابل ته نشینی در حدود ۴۹/۵ درصد نسبت به راکتور شاهد کاهش یافت. از طرفی در این دوز تزریقی PNP میزان SOUR به ۳۱ mgO₂/h.gVSS و SVI به کمتر از ۴۸ ml/g رسید. در دوز ۱۵۰ میلی گرم در لیتر PNP به راکتور هیچ لجن بیولوژیکی تولید نشد، اما میزان COD و PNP در پساب خروجی افزایش یافت. وجود ترکیبات آلی سمی و مقاوم نظیر پارانیتروفنل در فاضلاب در غلظت های بالا، اگرچه باعث کاهش راندمان حذف مواد آلی شده، اما منجر به کاهش جامدات بیولوژیکی نیز می شود و در نتیجه میزان لجن دفعی کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: راکتور SBR، لجن بیولوژیکی، پارانیتروفنل، تولید بیومس، SOUR.



شکل ۱- فرمول شیمیایی پارا نیترو فنل (Suja et al., 2012)

وارد می‌شود از رشد جمعیت‌های میکروبی تجزیه کننده موجود در فاضلاب جلوگیری می‌کند. توانایی میکروب‌ها در تجزیه ترکیبات فنلی از جمله PNP توسط محققان بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. سرعت تجزیه بیولوژیکی چندین ترکیب فنلی از جمله PNP در شرایط هوازی توسط سیستم لجن فعال توسط محققین بررسی شد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد که فرایندهای بیولوژیکی هوازی از جمله لجن فعال به‌طور موثری برای تصفیه ترکیبات فنلی از جمله PNP قابل کاربرد است (Bhatti et al., 2002; Takdastan et al., 2010; Liu, 2003; Low and Chase, 2003). اگر فرایند لجن فعال به ترکیبات فنلی از جمله PNP سازش داده شود میکروب‌ها قادرند با سرعت مناسب ترکیبات فنلی را تجزیه کنند. فرایند لجن فعال با اختلاط کامل برای تصفیه ترکیبات فنلی با بار ۲/۶ کیلوگرم بر مترمکعب بر روز به‌کار رفته است که براساس نتایج، کارایی این راکتور درحذف فنل ۸۹ تا ۹۵٪ گزارش شد (Saby et al., 2002; Takdastan et al., 2009). در غلظت‌های در حد میلی گرم بر لیتر برای اکثر میکروارگانیسم‌های موجود در فاضلاب سمی است، اما تحمل غلظت‌های بسیار بالاتر در محدوده ۱۰۰ mg/l را می‌توان از طریق سازگاری در تصفیه فاضلاب ایجاد نمود (Takdastan et al., 2013; Takdastan and Pazoki, 2011; Rocher et al., 2001; Yang et al., 2003). نرخ مصرف مواد آلی موجود در فاضلاب و رشد میکروبی می‌تواند در اثر وجود ترکیبات بازدارنده از جمله PNP کند شود (Liu, 2000). مواد شیمیایی از جمله PNP ممکن است اثرات نامطلوبی بر فرایندهای تصفیه بیولوژیکی نیز داشته باشند. مهار سمی گاهی مشکلی جدی در واحدهای تصفیه کننده پساب‌های صنعتی از جمله لجن فعال وارد می‌سازد (Liu and Tay, 2000; Alavi et al, 2015). اثرات عمده مواد سمی PNP بر فرایند بیولوژیکی لجن فعال عبارتند از: کاهش حذف BOD و COD، کاهش راندمان جداسازی جامدات بیولوژیکی

بسیاری از ترکیبات فنلی از جمله پارانتیروفنل سمی و خطرناک هستند. میزان حلالیت این ماده در آب حداکثر ۱۵ گرم بر لیتر است (Fazelipour et al., 2011; Takdastan et al., 2009; Pazoki et al., 2010). طبق استاندارد سازمان محیط‌زیست WHO حداکثر غلظت PNP در آب آشامیدنی نباید از ۱ میکروگرم بر لیتر فنل بیشتر باشد (حسینی پناه و تکدستان، ۱۳۹۴; Salehi et al., 2010; کردانی و تکدستان، ۱۳۹۴). در بررسی سم‌شناسی WHO (1995) بر روی فنل و ترکیبات فنلی از جمله PNP این ترکیبات را جزء ترکیبات سرطان‌زا و جهش‌زایی ژنتیکی معرفی نمود. این ترکیب دارای اثر سمی شدید در تولید مته‌مگلوبین، باعث آسیب به کبد و کلیه، کم خونی، تحریک پوست و چشم و مسمومیت‌های سیستمیک می‌شود (Goh et al., 2009; Martín-Hernández et al., 2009).

نیتروفنل‌ها به‌طور گسترده‌ای در صنایع پتروشیمی، از جمله رنگ، پلاستیک، لاستیک، پالپ، آفت‌کش‌ها و تولید رنگ‌ها استفاده می‌شود. حضور نیتروفنل‌ها در فاضلاب صنعتی نگرانی‌های زیادی در سال‌های اخیر به‌دلیل افزایش تخلیه فاضلاب و سمیت نیترو فنل‌ها به منابع آب پذیرنده ایجاد کرده است (Martín-Hernández et al., 2012; Suja et al., 2012). با توجه به تحقیقات مختلف در جهان از انواع روش‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی برای حذف ترکیبات فنلی از جمله پارانتیرو فنل استفاده شد. از روش‌های فیزیکی حذف می‌توان فرایندهای غشایی نظیر اسمز معکوس و جذب سطحی و از روش‌های شیمیایی، سوپرکلریناسیون، ازناسیون، اکسیداسیون پیشرفته (AOP) و الکترو کواگولاسیون و سونوشیمیایی و نانوتکنولوژی را می‌توان نام برد. پنتاکلوروفنل (PCP) و دیگر فنل‌های کلرینه در فاضلاب به‌روش هوازی و بی‌هوازی قابل تجزیه بیولوژیکی هستند. امروزه از روش‌های بیولوژیکی به‌ویژه روش‌های هوازی از جمله لجن فعال و SBR برای تجزیه ترکیبات شیمیایی سمی و مقاوم از جمله PNP استفاده می‌شود (Martín-Hernández et al., 2012; Suja et al., 2012). شکل ۱ فرمول شیمیایی پارانتیروفنل را نشان می‌دهد (Suja et al., 2012). وقتی که ترکیبات فنلی از جمله PNP به داخل فاضلاب

و تغییر در خواص فشردگی لجن. مواد سمی شیمیایی از جمله PNP همچنین قادر است کیفیت آب‌های پذیرنده را تقلیل دهد. پساب‌های فاضلاب‌های سمی ممکن است موجودات زنده آبی در آب‌های پذیرنده را تهدید کنند (Hajsardar et al., 2013; Hormozi Nejad et al., 2011). مطالعات سمیت مبتنی بر تنفس باکتری‌ها (شاخص SOUR) که در راکتورهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب در واحدهای پایلوت انجام گرفته، نشان داده است که از مجموع ۳۳ ترکیب آلی مقاوم و سمی، ۱۳ نوع آن‌ها از جمله ترکیبات فنلی با بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده‌اند، اما در غلظت‌های پائین‌تر تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر بهره‌برداری از لجن فعال نخواهند داشت (Huang et al., 2007; Liang et al., 2006; Liang et al., 2006; Jafari et al., 2016).

راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) یکی از فرآیندهای هوازی تصفیه فاضلاب به‌روش لجن فعال ناپیوسته است که به‌دلیل پایین بودن هزینه و راندمان مطلوب در حذف آلاینده‌ها، در سال‌های اخیر برای تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی کاربرد فراوانی یافته است. یکی از مهم‌ترین معایب فرآیندهای هوازی تصفیه فاضلاب، از جمله SBR تولید زیاد لجن بیولوژیکی است، به‌طوری‌که مشکل تولید لجن مازاد بیولوژیکی و تصفیه و دفع آن در سیستم‌های متداول تصفیه هوازی فاضلاب شهری و صنعتی در اکثر نقاط جهان از جمله ایران مشهود است. یک ایده مطلوب برای حل مشکل تولید لجن مازاد کاهش آن از طریق کاهش تولید بیومس است. مکانیسم‌های کاهش نرخ تولید لجن مازاد بیولوژیکی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. مجموعه اقداماتی که قادر به کاهش نرخ تولید لجن مازاد بیولوژیکی باشد عبارتند از: فرایند خودتخریبی (Martín-Hernández et al., 2012; Suja et al., 2012)، متابولیسم جفت نشده با استفاده از فرایند OSA (Jafari et al., 2016; Mahmoudi et al., 2013)، افزایش اکسیژن محلول حوض هوادهی (Liu Y., 2003)، اکسیداسیون بخشی از لجن توسط کلر و یا ازن (Takdastan et al., 2009; Takdastan et al., 2013)، افزایش دما در لجن برگشتی به راکتور (Takdastan et al., 2011)، تغییر pH (Bhatti et al., 2002)، استفاده از پالس الکتریکی در لجن برگشتی به راکتور (Hormozi Nejad et al., 2013)، استفاده از امواج التراسونیک در لجن برگشتی به راکتور (Huang et al., 2007)، استفاده از

باکتری‌خوارها هم‌چون پروتوزئرها و متازواها (Alavi et al., 2015) و در نهایت دور ریزی انرژی توسط ترکیبات مقاوم به تجزیه و مواد سمی از جمله PNP (Liu, 2000). روش‌های متعددی برای جداسازی و دور ریزی انرژی وجود دارد که می‌توان اضافه کردن مواد شیمیایی سمی و مقاوم به تجزیه، افزایش نسبت مواد آلی اولیه به غلظت میکروارگانیسم اولیه موجود در فاضلاب را نام برد (Takdastan et al., 2009). از دسته مواد شیمیایی جداساز و دور ریز انرژی می‌توان ترکیبات فنلی از جمله ۲ و ۴ دی‌نیتروفلن، پارانیتروفنل و پنتاکلروفلن اشاره نمود (Bhatti et al., 2002). (Mayhew et al., 1998) دریافتند که افزایش ۳۵ میلی‌گرم در لیتر ۲ و ۴ دی‌نیتروفلن (dnp) به راکتور لجن فعال به‌طور پیوسته در دمای ۲۰ °C و $gMLSS/gCOD = 0.3$ و $pH = 7$ و $MLSS = 2/5 g/l$ در $HRT = 5/5 h$ و $SRT = 15$ قادر است لجن مازاد بیولوژیکی را کاهش دهد، اما عیب آن افزایش ۳/۷٪ COD در پساب خروجی است (Mayhew and Stephenson, 1998). (1999) Strand دریافتند که افزایش ۲ تا ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر ۲، ۴ و ۵ تری‌کلروفلن (TCP) به‌طور پیوسته در دمای ۲۰ °C و $pH = 7$ و $MLSS = 2/5 g/l$ و $SRT = d5$ و $HRT = 3/1 h$ قادر است لجن مازاد بیولوژیکی را تا ۵۰٪ کاهش دهد (Strand et al., 1999). (2003) Yang دریافتند که افزایش m کلروفلن (mcp) به راکتور ناپیوسته لجن فعال (SBR) به مقدار mg/l ۲۰ در دمای ۲۵ °C و $pH = 7$ قادر است لجن مازاد بیولوژیکی را تا ۸۶/۹٪ کاهش دهد، اما عیب آن افزایش ۱۳/۵٪ COD در پساب خروجی است. (Low et al., 1998) دریافتند که افزایش پیوسته پارانیتروفنل (PNP) به مقدار mg/l ۱۰۰ در یک راکتور بیولوژیکی حاوی باکتری تجزیه کننده پسودوموناس در دمای ۳۰ °C و pH حدود ۶/۲ تا ۷ قادر است لجن مازاد بیولوژیکی را ۶۲ تا ۷۰٪ کاهش دهد. (Low, 2000) در یک مقیاس آزمایشگاهی سیستم لجن فعال مشخص کرد که تولید بیومس حدود ۴۹٪ توسط افزایش پارانیتروفنل (PNP) به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به محیط کشت کاهش می‌یابد. در این دوز راندمان حذف COD در حدود ۲۵٪ کاهش یافت. با افزایش ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر غلظت پارانیتروفنل (PNP) تولید لجن مشاهده نشد (Low and chase, 2000). اگرچه کاهش تولید لجن در اثر افزایش مواد مقاوم به تجزیه و ترکیبات سمی اتفاق می‌افتد، اما لازم است که میزان آلاینده‌های سمی از جمله

ترکیبات فنلی در پساب خروجی به یک مقدار قابل قبول از نظر استاندارد زیست محیطی کاهش یابد. هدف این مطالعه کاهش پارانیتروفنل از پساب با استفاده از فرایند بیولوژیکی هوازی تصفیه فاضلاب به روش SBR و اثر غلظت پارانیتروفنل موجود در فاضلاب بر میزان کاهش لجن تولیدی و قابلیت ته نشینی لجن است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تجهیزات مورد استفاده و مشخصات راکتور بیولوژیکی

برای انجام مطالعه از دو عدد راکتور ناپیوسته متوالی استوانه‌ای شکل، از جنس پلکسی گلس، با قطر داخلی ۲۵ و ارتفاع ۶۰ سانتی متر، حجم مفید ۲۰ لیتر و ظرفیت تصفیه ۱۰ لیتر در هر سیکل استفاده شد. برنامه ریزی عملیات سیستم از طریق نرم افزار کنترلر انجام شد. این نرم افزار قادر به کنترل و ثبت کلیه عملیات سیستم است. با توجه به نوع و مشخصات فاضلاب خام مورد استفاده، طول دوره های کاری برای هر دو راکتور یکسان و به ترتیب زیر انتخاب شد. پر شدن ۳ دقیقه، هوادهی ۴ ساعت، ته نشینی یک ساعت و ۴۵ دقیقه و تخلیه ۱۲ دقیقه. در عمل مدت زمان لازم برای پر شدن، کوتاه تر و حدود یک دقیقه و ۱۰ ثانیه است (Low and Chase, 2003).

۲-۱-۱- مشخصات فاضلاب مصنوعی

فاضلاب ورودی به پایلوت از طریق اختلاط ۴۰ گرم شیر خشک صنعتی در ۱۰۰ لیتر آب لوله کشی تهیه شد. در آزمایش های انجام شده مشخصات کیفی فاضلاب مصنوعی به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱- مشخصات کیفی فاضلاب مصنوعی

غلظت	پارامتر
۶۰۰ میلی گرم در لیتر	COD
۴۲۰ میلی گرم در لیتر	BOD ₅
۴/۷ میلی گرم در لیتر بر حسب ازت	غلظت نیتروژن نیتراتی
۰/۷ میلی گرم در لیتر	غلظت نیتروژن آمونیاکی
۳۰ میلی گرم در لیتر	غلظت نیتروژن آلی
۳۰/۷ میلی گرم در لیتر	غلظت نیتروژن کجدا
۱۰/۵ میلی گرم در لیتر	غلظت فسفر
در محدوده ۰ تا ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر	غلظت پارانیتروفنل (PNP)

۲-۱-۲- نحوه راه اندازی و Start Up پایلوت

برای راه اندازی راکتور SBR ابتدا از بذری لجن فعال برگشتی تصفیه خانه فاضلاب شهری به حجم تقریبی ۲ لیتر برای هریک از راکتورهای پایلوت SBR که دارای حجم ۲۰ لیتر بود استفاده شد و به راکتور فاضلاب مصنوعی با COD حدود ۲۰ +/- ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر اضافه شد.

هوادهی و واکنش به مدت تقریبی دو هفته برای تشکیل لخته یا بیومس صورت گرفت. مواد آلی هر روز به مقدار کافی به راکتور اضافه می شد. بعد از دو هفته سیستم پایلوت SBR با ۵ سیکل پر شدن، واکنش، تخلیه پساب، تخلیه لجن و استراحت راه اندازی شد. پساب خروجی از نظر COD، SS و PH پایش و کنترل شده و نتایج آزمون در هر نوبت با نتایج قبلی مقایسه شد. پس از حدود ۲ هفته راه اندازی SBR نتایج COD خروجی نزدیک هم بود که نشان دهنده پایان START UP راکتور است. پس از ایجاد شرایط پایدار در راکتورها در خلال ۱۲ ماه تحقیق، نمونه برداری و آزمون پارامترها از قبیل COD، MLSS، MLVSS، درصد جامدات خشک لجن، SVI، SOUR، پارانیتروفنل (PNP) در پساب تصفیه شده و لجن و در نهایت میزان کاهش جامدات بیولوژیکی انجام شد. روش نمونه برداری و انجام آزمایش ها طبق رهنمودهای (A.P.H.A., 2008) بود. PNP توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) با استفاده از حجم تزریق ۲۰ میکرولیتر اندازه گیری شد (Liu and Tay, 2000).

۲-۲- تغییر شرایط

به هنگام تغییر سن لجن و تغییر میزان پارانیتروفنل تزریقی به راکتور، حداقل دو هفته (معادل ۴۲ سیکل) برای انطباق سیستم با شرایط جدید زمان در نظر گرفته شد. اندازه گیری پارامترها پس از تثبیت شرایط انجام می شد. غلظت مواد معلق در داخل راکتور و COD پساب خروجی به عنوان شاخص تثبیت شرایط در نظر گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- روند تغییرات COD و MLSS در میزان PNP

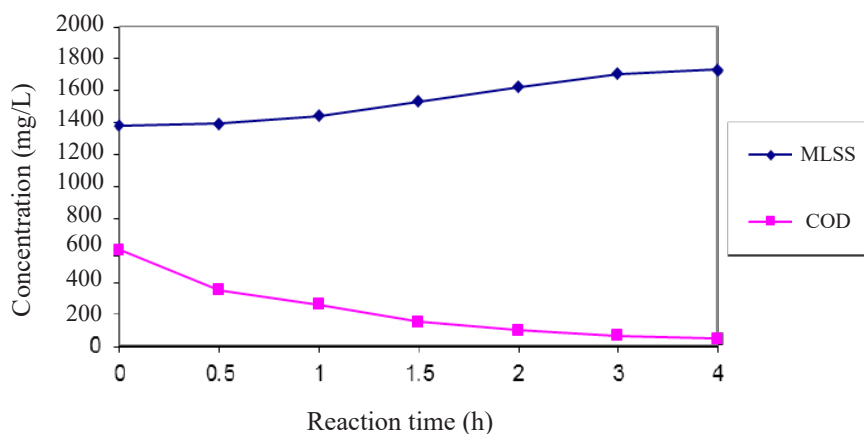
تزریقی متفاوت به راکتور SBR

شکل های ۲ تا ۸ روند تغییرات COD و MLSS در میزان

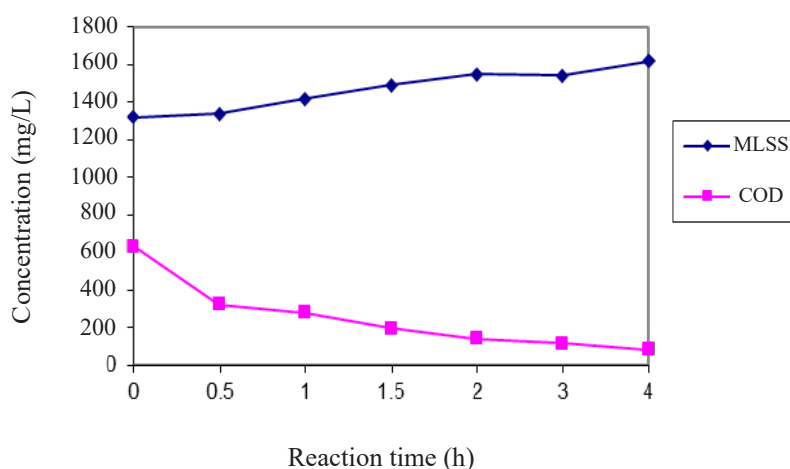
۲-۳- تاثیر میزان PNP تزریقی متفاوت بر راندمان حذف COD

همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود بدون افزایش PNP با COD ورودی ۶۰۰ میزان راندمان حذف COD ۹۵٪ است. اما با افزودن PNP به راکتور میزان راندمان حذف COD کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که با افزایش ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر PNP به راکتور به دلیل کاهش تولید جرم سلولی باعث افزایش جزئی COD محلول در پساب خروجی به مقدار ۱۹۳ میلی‌گرم در لیتر است (راندمان حذف COD به حدود ۷۵٪ می‌رسد). اما با افزایش میزان PNP به ۱۳۰ میلی‌گرم در لیتر به راکتور، راندمان حذف COD به ۵۶٪ کاهش یافت و میزان COD پساب خروجی به ۳۶۰ میلی‌گرم در لیتر رسید.

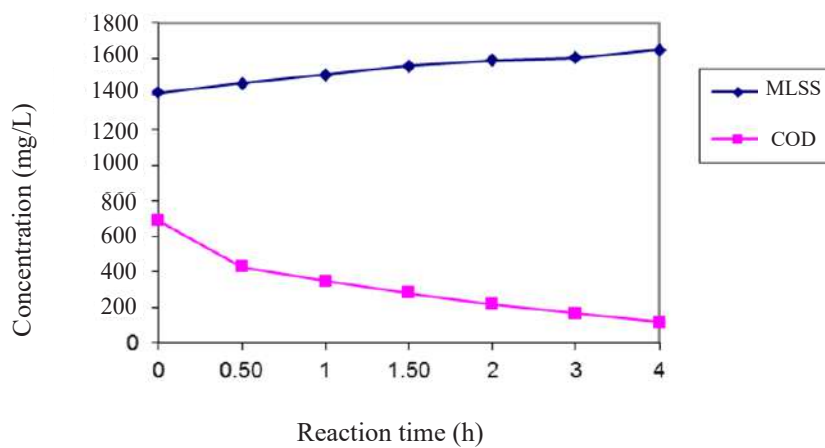
PNP تزریقی متفاوت به راکتور SBR را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودارها مشاهده می‌شود با افزایش PNP به راکتور راندمان حذف COD کاهش یافته است که دلیل آن اثر سمیت PNP بر میکروارگانیسم‌ها (فقط میکروارگانیسم‌های مقاوم و اسپوردار در برابر PNP) است. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود در میزان PNP تزریقی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به راکتور، میزان COD از ۷۷۲ به ۱۹۳ میلی‌گرم در لیتر رسید، راندمان حذف COD به ۷۵٪ و غلظت MLSS به‌طور جزئی از ۱۲۹۰ به ۱۴۴۶ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت. مطابق شکل ۸ در میزان PNP تزریقی ۱۳۰ میلی‌گرم در لیتر به راکتور، میزان COD از ۸۲۴ به ۳۶۰ میلی‌گرم در لیتر رسید، راندمان حذف COD به ۵۶٪ و غلظت MLSS به‌طور بسیار جزئی از ۱۳۰۶ به ۱۳۴۴ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت.



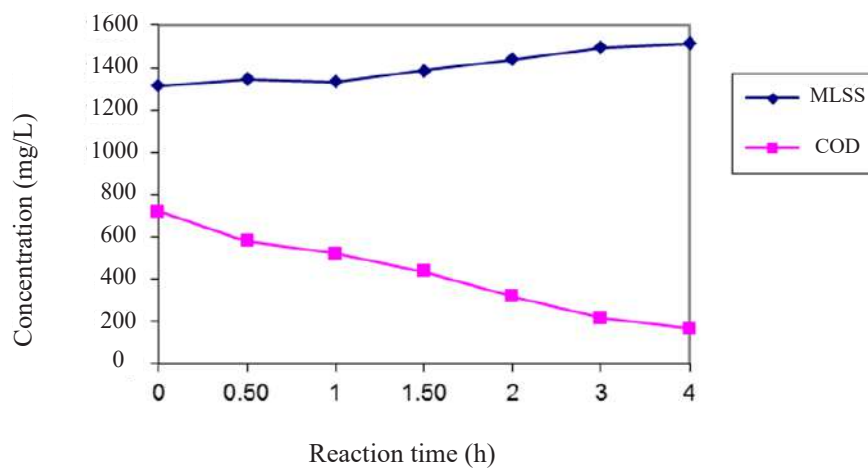
شکل ۲- روند تغییرات COD و MLSS در حالت بدون تزریق PNP به راکتور



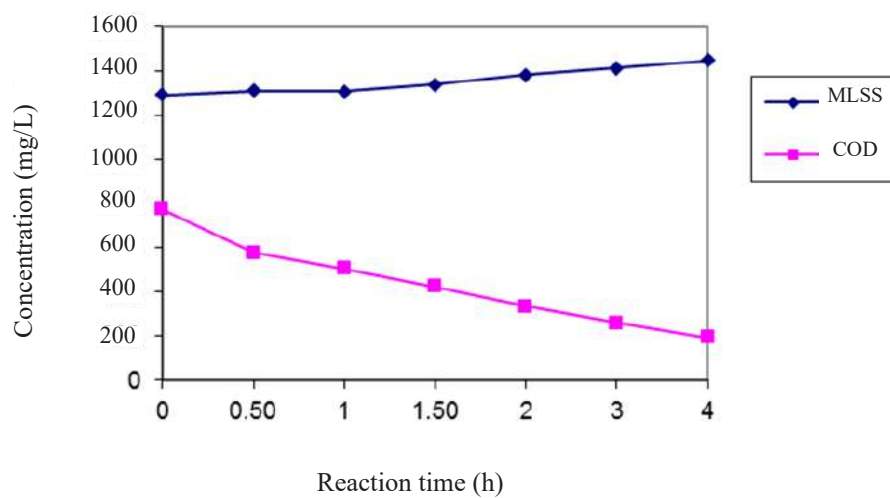
شکل ۳- روند تغییرات COD و MLSS در شرایط ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر تزریق PNP به راکتور



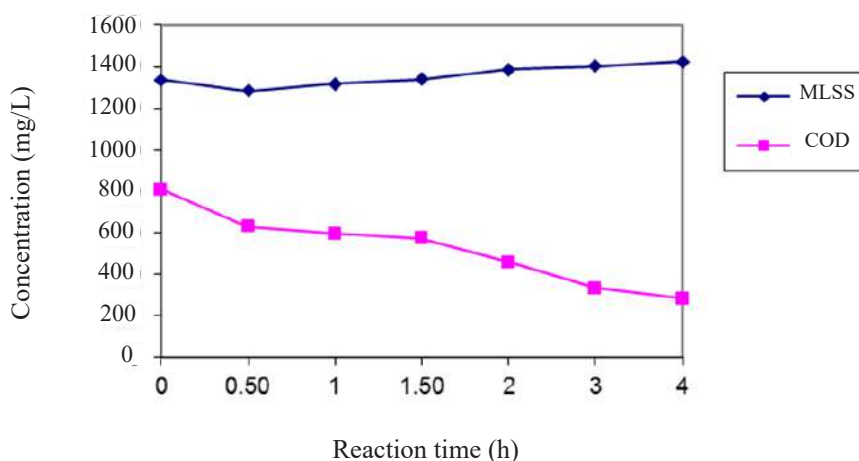
شکل ۴- روند تغییرات COD و MLSS در شرایط ۵۰ میلی گرم بر لیتر تزریق PNP به راکتور



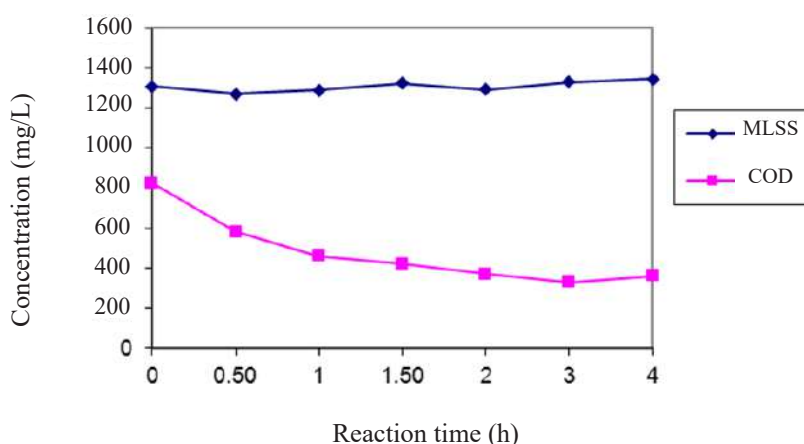
شکل ۵- روند تغییرات COD و MLSS در شرایط ۷۰ میلی گرم بر لیتر تزریق PNP به راکتور



شکل ۶- روند تغییرات COD و MLSS در شرایط ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر تزریق PNP به راکتور



شکل ۷- روند تغییرات COD و MLSS در شرایط ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر تزریق PNP به راکتور



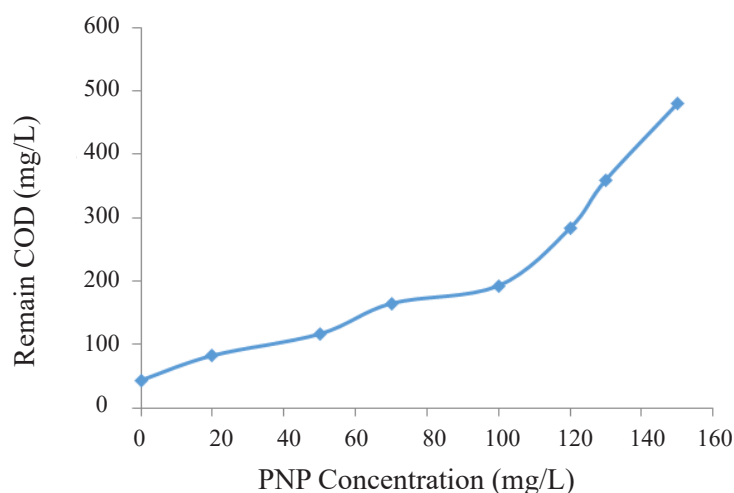
شکل ۸- روند تغییرات COD و MLSS در شرایط ۱۳۰ میلی گرم بر لیتر تزریق PNP به راکتور

۳-۴- تاثیر میزان PNP تزریقی متفاوت بر SVI شاخص حجمی لجن (SVI)

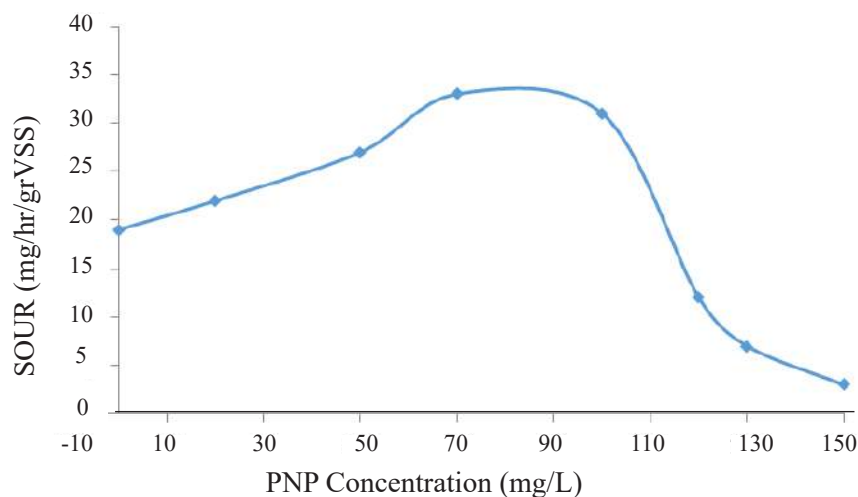
مطابق با شکل ۱۱ با افزایش PNP تزریقی به راکتور، میزان شاخص حجمی لجن (SVI) به دلیل کاهش تولید جرم سلولی در نتیجه کاهش میزان MLSS کاهش می یابد. همان طور که در شکل مشاهده می شود با افزایش PNP تزریقی در حدود بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به راکتور، میزان SVI به ۴۸ ml/g و با افزایش PNP تزریقی به ۱۳۰ میلی گرم در لیتر به راکتور، میزان SVI به ۱۳ ml/g می رسد، اما در میزان ۱۵۰ میلی گرم در لیتر به راکتور، هیچ لجنی تشکیل نمی شود.

۳-۳- تاثیر میزان PNP تزریقی متفاوت بر SOUR

همان طور که در شکل ۱۰ مشاهده می شود در شرایط بدون تزریق PNP و PNP تزریقی ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی گرم در لیتر به راکتور، میزان تنفس میکروبی یا SOUR نیز در غلظت های یاد شده به ترتیب ۱۹، ۳۱ و ۷ میلی گرم اکسیژن مصرفی در ساعت به ازای هر گرم MLVSS محاسبه شد. با افزودن PNP به راکتور تا محدوده خاصی فعالیت میکروارگانیسم ها در حضور PNP نسبت به راکتور شاهد بیشتر می شود و در نتیجه، میزان تنفس میکروبی یا SOUR تا محدوده غلظت ۷۰ میلی گرم در لیتر PNP به راکتور افزایش و در میزان بالاتر از این حد به دلیل اثر سمیت آن کاهش می یابد.



شکل ۹- تاثیر میزان PNP تزریقی بر راندمان حذف COD



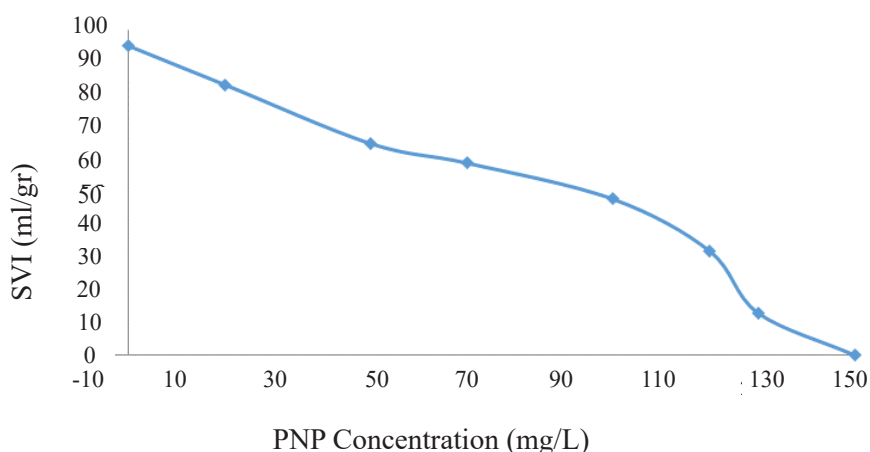
شکل ۱۰- تاثیر میزان PNP تزریقی بر SOUR

به غلظت PNP تزریقی، راندمان حذف COD در انتهای زمان واکنش کاهش یافته و غلظت MLSS نیز در انتهای زمان واکنش به طور جزئی افزایش یابد (Hajsardar et al., 2011). در غلظت بالای PNP، به علت اثر سمی این ترکیب بر میکروارگانیسم‌ها باعث محدودیت رشد میکروبی در راکتور، در نتیجه باعث کاهش تولید لجن و شاخص حجمی لجن می‌شود (Hormozi Nejad et al., 2013; Huang et al., 2007). در زمان ماند سلولی یا سن لجن ۱۰ روز، در حالت بدون افزایش PNP به راکتور SBR با COD ورودی ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر میزان راندمان حذف COD به ۹۵٪ رسید اما با افزودن ۱۰۰ میلی گرم در لیتر PNP به راکتور، علاوه بر کاهش تولید جرم سلولی یا MLSS باعث

جدول ۲ خلاصه تاثیر میزان PNP تزریقی بر پارامترهای راهبری و شاخص‌های بهره‌برداری در تصفیه بیولوژیکی هوازی به روش SBR به‌ویژه بر SVI، SOUR و COD باقی‌مانده پس از واکنش را نشان می‌دهد.

۴- بحث و نتیجه گیری

با افزایش PNP به راکتور، راندمان حذف COD کاهش یافته است که دلیل آن اثر سمیت PNP بر میکروارگانیسم‌های موجود در راکتور SBR است، اما برخی میکروارگانیسم‌های اسپوردار مقاوم در برابر PNP هستند. این امر باعث می‌شود که بسته



شکل ۱۱- تاثیر میزان PNP تزریقی بر SVI

جدول ۲- تاثیر میزان PNP تزریقی بر پارامترهای راهبری و شاخص‌های بهره‌برداری در تصفیه بیولوژیکی هوازی به‌روش SBR

میزان PNP تزریقی به راکتور (mg/l)	میزان PNP در پساب خروجی (mg/l)	SOUR (mg/hr/grVSS)	SVI (ml/gr)	درصد کاهش جامدات قابل ته‌نشینی	COD خروجی (mg/l)
۰	۰	۱۹	۹۵	-	۴۴
۲۰	۰/۰۶	۲۲	۸۳	۱۲/۶	۸۳
۵۰	۰/۰۷	۲۷	۶۵	۳۱/۵	۱۱۷
۷۰	۳۱	۳۳	۵۹	۳۷/۹	۱۶۵
۱۰۰	۳۶/۷	۳۱	۴۸	۴۹/۵	۱۹۳
۱۲۰	۷۰	۱۲	۳۲	۶۶/۳	۲۸۴
۱۳۰	۹۵	۷	۱۳	۸۶/۳	۳۶۰
۱۵۰	۱۰۳	۳	۰	۱۰۰	۴۸۰

خروجی از راکتور افزایش و راندمان حذف مواد آلی کاهش می‌یابد. دلیل آن دور ریزی انرژی در اثر وجود ترکیب سمی پارانیتروفنل در راکتور و اثر بازدارندگی این ترکیب است. محققین زیادی از جمله (Chen (2003), Liu (2000) و Yang (2003) به نتایج مشابه با دیگر ترکیب سمی در کاهش تولید جامدات بیولوژیکی از طریق کاهش میزان جرم سلولی یا MLVSS رسیدند (Liu Y, 2000 ; Yang et al., 2003; Chen et al., 2003). در شرایط بدون تزریق PNP و PNP تزریقی ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی گرم در لیتر به راکتور SBR، میزان تنفس باکتری‌ها یا SOUR نیز در غلظت‌های یاد شده به ترتیب ۱۹، ۳۱ و ۷ میلی گرم اکسیژن مصرفی در ساعت به ازای هر گرم MLVSS محاسبه شد. یعنی در غلظت‌های بالا این ماده سمی در فاضلاب، PNP به عنوان یک عامل محدود کننده رشد میکروارگانیسم‌ها در راکتور بیولوژیکی عمل می‌کند. با افزودن

افزایش جزئی COD محلول در پساب خروجی به مقدار ۱۹۳ میلی گرم در لیتر شد (راندمان حذف COD به حدود ۷۵٪ رسید). اما با افزایش میزان PNP به ۱۳۰ میلی گرم در لیتر به راکتور، راندمان حذف COD به ۵۶٪ کاهش یافت و میزان COD پساب خروجی به ۳۶۰ میلی گرم در لیتر رسید. در این مقدار PNP اکثر میکروارگانیسم‌های موجود در راکتور، غیرفعال شده و راندمان حذف COD کاهش یافته، که نشان دهنده اثر بازدارندگی PNP بر میکروارگانیسم‌های موجود در راکتور بوده و در نتیجه، مرگ تعدادی از میکروارگانیسم‌ها را به دنبال داشته است (مگر تعداد محدودی از میکروارگانیسم‌های مقاوم که قادر به تحمل هستند). در صورت افزایش PNP به راکتور SBR میزان تولید جرم سلولی کاهش یافته به طوری که در PNP تزریقی ۱۰۰ تا ۱۳۰ میلی گرم در لیتر به راکتور، میزان جرم سلولی یا MLSS کاهش یافت. در نتیجه میزان COD پساب

PNP به راکتور، تا محدوده خاصی فعالیت میکروارگانیسم‌ها در حضور PNP نسبت به راکتور شاهد بیشتر می‌شود. در نتیجه میزان SOUR تا محدوده غلظت ۷۰ میلی گرم در لیتر PNP به راکتور افزایش و در میزان بالاتر از این حد به دلیل اثر سمیت آن کاهش می‌یابد. (Mayhe and Stephenson (1998) نیز با افزایش ۲ و ۴ دی‌نیتروفلنل به راکتور لجن فعال، به همین نتیجه رسیدند. آن‌ها دریافتند که این ترکیبات سمی باعث تفکیک و کاهش انرژی در مخلوط کشت شده، از این رو افزایش SOUR مرتبط با رشد سلولی نیست (Mayhew and Stephenson, 1998). مصرف بالای اکسیژن در راکتور بیولوژیکی SBR دال بر اسراف انرژی برای تنظیم متابولیک میکروارگانیسم‌ها است که منجر به کاهش تولید لجن نیز می‌شود. با افزایش غلظت PNP به دلیل اثر سمیت این ترکیب بر میکروارگانیسم‌ها میزان SOUR کاهش می‌یابد. در نتیجه اکثر باکتری‌ها غیرفعال شده

(مگر تعداد محدودی از میکروارگانیسم‌های مقاوم) و فعالیت میکروبی کاهش می‌یابد (Chen et al., 2003). با افزایش PNP تزریقی به راکتور، میزان شاخص حجمی لجن (SVI) به دلیل کاهش تولید جرم سلولی، کاهش می‌یابد. به طوری که با افزایش PNP تزریقی در حدود بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به راکتور، میزان SVI به ۴۸ ml/g و با افزایش PNP تزریقی به ۱۳۰ میلی گرم در لیتر به راکتور، میزان SVI به ۱۳ ml/g می‌رسد، اما در میزان ۱۵۰ میلی گرم در لیتر PNP به راکتور هیچ لجنی تولید نشد. دلیل آن اثر بازدارندگی ناشی از غلظت بالای پارانیتروفنل در راکتور SBR است. جدول ۳ نیز مقایسه نتایج حاصل از اثر بازدارندگی PNP مطالعه حاضر در مقایسه با سایر تحقیقات در تصفیه بیولوژیکی هوازی به‌ویژه کاهش تولید جامدات بیولوژیکی و راندمان حذف COD را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه نتایج حاصل از اثر بازدارندگی PNP با دیگر تحقیقات تصفیه بیولوژیکی هوازی به‌ویژه کاهش تولید جامدات بیولوژیکی و راندمان حذف COD

منابع	درصد حذف COD	درصد کاهش جامدات لجن	مواد بازدارنده و شرایط بهره‌برداری
Mayhew and Stephenson (1998)	کاهش ۳/۷٪	-	افزایش ۳۵ میلی گرم در لیتر ۲ و ۴ دی‌نیتروفلنل (dnp) به راکتور لجن فعال به‌طور پیوسته در دمای ۲۰ °C و ۰/۳ gMLSS/gCOD HRT=۵/۵ h, SRT=۱۵ d, MLSS=۲/۵ g/l, pH=۷
Strand et al. (1999)	-	۵۰٪	افزایش ۲ تا ۲/۵ میلی گرم در لیتر ۲، ۴ و ۵ تری کلروفلنل (TCP) به کشت لجن فعال به‌طور پیوسته در دمای ۲۰ °C و HRT=۳/۵ h و SRT=۵d, MLSS=۲/۵ g/l, pH=۷
Chen et al. (2003)	تقریباً بی تأثیر	۴۰٪	افزایش ۳ و ۴ و ۵ تتراکلروسالیسیلانیید (TCS) به مقدار ۱-۰/۸ میلی گرم در لیتر در دمای ۲۰ °C و pH=۷ به سیستم لجن فعال به‌طور پیوسته با HRT= ۸ h, MLSS=۲ g/l و SRT=۷ d
Yang et al. (2003)	کاهش ۱۳/۵٪	۸۶/۹٪	افزایش m کلروفلنل (mcp) به راکتور ناپیوسته لجن فعال به مقدار ۲۰ mg/l در دمای ۲۵ °C و pH=۷
Low and Chase, 1998	-	۷۷-۶۲٪	افزایش پیوسته پارانیتروفنل (PNP) به مقدار ۱۰۰ mg/l در یک کشت تنها حاوی پسودوموناس در دمای ۳۰ °C و pH برابر ۶/۲ و ۷
Low and Chase (2000)	کاهش ۲۵٪	۰/۴۹٪	افزایش پیوسته پارانیتروفنل (PNP) به مقدار ۱۰۰ mg/l به راکتور پیوسته لجن فعال در دمای ۲۰ °C، pH=۷/۷ و MLSS=۰/۷ g/l
این مطالعه	۸۰/۵٪ ۶۷/۸٪ ۵۲/۷٪ ۲۰٪	۳۱/۵٪ ۴۹/۵٪ ۶۶/۳٪ ۱۰۰٪	افزایش پارانیتروفنل به راکتور SBR در دمای ۲۵ °C و pH=۷/۶ با COD ورودی ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر به شرح زیر: الف) ۵۰ mg/l ب) ۱۰۰ mg/l ج) ۱۲۰ mg/l د) ۱۵۰ mg/l

process in Ahvaz wastewater treatment plant, Iran", *Asian Journal of Chemistry*, 25(5), 2565-2571.

Huang, X., Liang, P., and Qian, Y., (2007), "Excess sludge reduction induced by Tubifex in a recycle sludge reactor", *Journal of Biotechnology*, 127(3), 443-453.

Jafari, A.J., Kakavandi, B., Kalantary, R.R., Babaei, A.A., and Takdastan, A., (2016), "Application of mesoporous magnetic carbon composite for reactive dyes removal: Process optimization using response surface methodology", *Korean Journal of Chemical Engineering*, 33(10), 2878-2890.

Liu, Y., (2003), "Chemically reduced excess sludge production in the activated sludge process", *Chemosphere*, 50(1), 1-7.

Liu, Y., (2000), "Effect of chemical uncoupler on the observed growth yield in batch culture of activated sludge", *Water Research*, 34(4), 2025-2030.

Liu, Y., and Tay, J.H., (2000), "A kinetic model for energy spilling-associated product formation in substrate-sufficient continuous culture", *Journal of Applied Microbiology*, 88(4), 663-668.

Liang, P., Huang, X., and Qian, Y., (2006), "Excess sludge reduction in activated sludge process through predation of *Aelosoma hemperichi*", *Chemistry Engineering Journal*, 28(2), 117-122.

Liang, C., Huang, X., Qian, Y., Wei, Y., and Ding, G., (2006), "Determination and comparison of sludge reduction rates caused by microfaunas predation", *Bioresource Technology*, 97(6), 854-861.

Low, E.W., and Chase, H.A., (2003), "Reducing production of excess biomass during wastewater treatment", *Water Research*, 33(5), 1119-1132.

Low, E.W., and Chase, H.A., (1998), "The use of chemical uncouplers for reducing biomass production during biodegradation", *Water Science and Technology*, 37(4-5), 399-402.

Low, W., and Chase, A., (2000), "Uncoupling of metabolism to reduce biomass production in the activated sludge process", *Water Research*, 44(12), 3204-3212.

Martín-Hernández, M., Carrera, J., Pérez, J., and Suárez-Ojeda, M.E., (2009), "Enrichment of a K-strategist microbial population able to biodegrade p-nitrophenol in a sequencing batch reactor", *Water Research*, 43(15), 3871-3883.

Martín-Hernández, M., Suárez-Ojeda, M.E., and Carrera, J., (2012), "Bioaugmentation for treating transient or continuous p-nitrophenol shock loads in an aerobic sequencing batch reactor", *Bioresource Technology Journal*, 123, 150-156.

Mahmoudi, P., Takdastan, A., Alavi, N., Mousavi, A.A., Kaydi, N., (2013), "Study of excess sludge

1- Seed

۶- مراجع

حسینی‌پناه، ا.، و تکدستان، ا.، (۱۳۹۴)، «امکان‌سنجی حذف کل‌هیدروکربن نفتی از کنده حفاری به‌همراه لجن هضم شده با استفاده از کرم خاکی»، *مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران*، ۲۵(۱۳۳)، ۳۱۹-۳۲۴.

کردانی، م.، و تکدستان، ا.، (۱۳۹۴)، «حذف کل‌هیدروکربن‌های نفتی با استفاده از گیاه وتیور و تغییرات جمعیت میکروبی در خاک‌های آلوده به نفت در منطقه اهواز»، *مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران*، ۲۵(۱۳۱)، ۸۷-۹۷.

Alavi, N., Shirmardi, M., Babaei, A., Takdastan, A., and Bagheri, N., (2015), "Waste electrical and electronic equipment (WEEE) estimation: A case study of Ahvaz City, Iran", *Journal of the Air and Waste Management Association*, 65(3), 298-305.

A.P.H.A., A.W.W.A., and W.P.C.F., (2008), *Standard method for the examination of water and wastewater*, 19th Edition, A.P.H.A.N.W, Washington D.C.

Bhatti, Z.I., Toda, H., Furukawa, K., (2002), "p-Nitrophenol degradation by activated sludge attached on nonwovens", *Water Research*, 36(5), 1135-1142.

Chen, G.H., An, K.J., Saby, S., Brois, E., and Djafer, M., (2003), "Possible cause of excess reduction in an oxic-settling-anaerobic activated sludge process (OSA process)", *Water Research*, 37(16), 2277-2283.

Fazelipour, M., Takdastan, A., and Jou, M.S.S., (2011), "Survey on chlorine application in sequencing batch reactor waste sludge in order to sludge minimization", *Asian Journal of Chemistry*, 23, 2994-2998.

Goh, C.P., Seng, C.E., Sujari, A.N.A., and Lim, P.E., (2009), "Performance of sequencing batch biofilm and sequencing batch reactors in simultaneous p-nitrophenol and nitrogen removal", *Environmental Technology*, 30(7), 725-736.

Hajsardar, M., Takdastan, A., Ahmadi, M., and Hasani, A.H., (2011), "Study of reducing waste biosolids in sequencing batch reactor by ozonation to waste biosolids", *Asian Journal of Chemistry*, 23(8), 3615-3619.

Hormozi Nejad, M., Takdastan, A., Jaafarzadeh, N., Ahmadi Mogadam, M., and Mengelizadeh, N., (2013), "Removal of orthophosphate from municipal wastewater using chemical precipitation

- in biological excess sludge reduction in batch-activated sludge reactor", *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 4(1), 1-7.
- Takdastan, A., and Pazoki, M., (2011), "Study of biological excess sludge reduction in sequencing batch reactor by heating the reactor", *Asian Journal of Chemistry*, 23(1), 29-33.
- Yang, X.F., Xie, M.L., Liu, Y., (2003), "Metabolic uncouplers reduce excess sludge production in an activated sludge process", *Process Biochemistry Journal*, 38(9), 1373-1377.
- reduction in conventional activated sludge process by heating returned sludge", *Asian Journal of Chemistry*, 25(5), 26-27.
- Mayhew, M., and Stephenson, T., (1998), "Biomass yield reduction: Is biochemical manipulation possible without affecting activated sludge process efficiency", *Water Science and Technology*, 38(8-9), 137-144.
- Pazoki, M., Takdastan, A., Jaafarzadeh, N., (2010), "Investigation of minimization of excess sludge production in sequencing batch reactor by heating some sludge", *Asian Journal of Chemistry*, 22(3), 1751-1759.
- Rocher, M., Roux, G., Goma, G., Begue, A.P., Louvel, L., and Rols, J.L., (2001), "Excess sludge reduction in activated sludge processes by integrating biomass alkaline heat treatment", *Water Science and Technology*, 44(2-3), 437-444.
- Salehi, Z., Sohrabi, M., Vahabzade, F.H., Fatemi, S., and Kawase, Y., (2010), "Modeling of p-nitrophenol biodegradation by *Ralstonia eutropha* via application of the substrate inhibition concept", *Journal of Hazardous Materials*, 177, 582-585.
- Saby, S., Djafer, M., and Chen, G.H., (2001), "Feasibility of using a chlorination step to reduce excess sludge in activated sludge process", *Water Research*, 36(3), 656-666.
- Strand, S.E., Harem, G.H., and Stensel, H.D., (1999), "Activated-sludge yield reduction using chemical uncouplers", *Water Environment Research*, 71(4), 454-458.
- Suja, E., Nancharaiah, Y.V., and Venugopalan, V.P., (2012), "p-Nitrophenol biodegradation by aerobic microbial granules", *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 167(6), 1569-1577.
- Takdastan, A., Mehrdadi, N., Azimi, A.A., Torabian, A., and Nabi Bidhendi, G., (2009), "Intermittent chlorination system in biological excess sludge reduction by sequencing batch reactor", *Iranian Journal of Environmental Health Science Engineering*, 6(1), 53-60.
- Takdastan, A., Azimi, A., and Jaafarzadeh, N., (2010), "Biological excess sludge reduction in municipal wastewater treatment by chlorine", *Asian Journal of Chemistry*, 22, 1665-1670.
- Takdastan, A., Mehrdadi, N., Torabian, A., Azimi, A.A., and Nabi Bidhendi, Gh., (2009), "Investigation of excess biological sludge reduction in sequencing batch reactor", *Asian Journal of Chemistry*, 21(3), 2419-2427.
- Takdastan, A., and Eslami, A., (2013), "Application of energy spilling mechanism by para-nitrophenol

Effect of Irrigation with Wastewater on Some Physiological and Morphological Characteristics of *Rosmarinus Officinalis* (Case Study: Yazd City Wastewater)

Zahra Ghasemi¹, Ali Akbar Karimian^{2*}, Hamid Reza Azim Zadeh² and Hamid Sodaeezadeh²

1- M.Sc. in Environmental Sciences, Yazd University, Yazd, Iran.

2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran.

*Corresponding author; Email: akarimian@yazd.ac.ir

Received: 09/05/2018

Revised: 17/12/2018

Accepted: 17/12/2018

Abstract

Due to the limited resources of the water and the excessive growth of the population, the use of sewage in agriculture and green space irrigation is inevitable. In this regard, a research was carried out in city of Yazd to investigate the effect of irrigation with refined and untreated sewage on *Rosmarinus officinalis*, a species in the urban green space. This study was carried out in a randomized complete block design with five treatments (drinking water, refined wastewater, non-refined wastewater, refined wastewater + drinking water with a ratio of 1:1 and non-refined wastewater + drinking water with a ratio of 1:1) and 5 replicates. The results of chemical characterization of irrigation treatments showed that pH (7.2) and EC (1.27 ds/m) and the concentration of heavy metals, Pb and Zn in the effluent were in accordance with the FAO standard (0.5 and 0.24 mg/l, respectively) but cadmium concentration in both treatments was higher than the FAO standard level (0.02 and 0.04 mg/l). The results of morphological traits of *Rosmarinus officinalis* showed that there was no significant difference between different concentrations of sewage in terms of plant growth and root dry weight ($p > 0.05$). The effect of irrigation with wastewater on dry weight of shoot and plant diameter was statistically significant ($p < 0.05$). The highest dry weight and diameter were obtained with non-refined wastewater. The results of physiological traits such as chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, glucose and proline showed a significant difference between treatments ($p < 0.05$). The highest amounts of chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll were observed for the irrigation with refined wastewater, and the highest amount of glucose and proline was related to irrigation with non-refined wastewater.

Keywords: Irrigation, Non-refined wastewater, Refined wastewater, *Rosmarinus officinalis*, Unconventional water, Yazd city sewage.

تأثیر آبیاری با فاضلاب بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی رزماری (مطالعه موردی: فاضلاب شهر یزد)

زهرا قاسمی^۱، علی اکبر کریمیان^{۲*}، حمیدرضا عظیم زاده^۲ و حمید سودایی زاده^۲

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲- عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد
* نویسنده مسئول، ایمیل: akarimian@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۹

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶

چکیده

باتوجه به محدود بودن منابع آب و رشد بی‌رویه جمعیت، استفاده از فاضلاب در کشاورزی و فضای سبز امری اجتناب‌ناپذیر است. در این راستا تحقیقی به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده و تصفیه‌نشده شهر یزد بر عملکرد گونه رزماری^۱، از گونه‌های موجود در فضای سبز شهری انجام شد. این بررسی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با پنج تیمار (آب شرب، فاضلاب تصفیه‌شده، فاضلاب تصفیه‌نشده، فاضلاب تصفیه‌شده + آب شرب با نسبت ۱:۱ و فاضلاب تصفیه‌نشده + آب شرب با نسبت ۱:۱) و ۵ تکرار اجرا شد. نتایج بررسی خصوصیات شیمیایی تیمارهای مورد استفاده برای آبیاری نشان داد که pH (۷/۲) و EC (۱/۲۷ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت عناصر سنگین سرب (۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و روی (۰/۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) در محدوده مجاز، طبق استاندارد فائو بوده ولی کادمیوم در هردو تیمار (۰/۰۲ و ۰/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر) بالاتر از حد مجاز استاندارد فائو (۰/۰۱) بود. نتایج بررسی صفات مورفولوژیکی گیاه رزماری نشان داد که بین غلظت‌های مختلف فاضلاب از نظر میزان رشد گیاه و وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($p > 0.05$). اثر آبیاری با فاضلاب بر وزن خشک اندام هوایی و قطر گیاه از نظر آماری معنی‌دار بود ($p < 0.05$). بیشترین وزن خشک اندام هوایی و قطر مربوط به تیمار آبیاری با فاضلاب تصفیه‌نشده بود. نتایج بررسی صفات فیزیولوژیکی گیاه شامل میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، قند و پرولین نشان داد که از نظر آماری بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p < 0.05$). بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل مربوط به فاضلاب تصفیه‌شده و بیشترین میزان قند و پرولین مربوط به فاضلاب تصفیه‌نشده بود.

کلمات کلیدی:

آبیاری، رزماری، فاضلاب تصفیه‌شده، فاضلاب تصفیه‌نشده، فاضلاب شهر یزد، آب نامتعارف

بیان نمودند که غلظت عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک‌های تیمار شده با فاضلاب شهری به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک‌های تیمار شده با آب شرب است. در بررسی اثر آبیاری با فاضلاب بر رشد گیاه قره‌داغ در شرایط گلخانه‌ای نیز این نتایج حاصل شد که کاربرد فاضلاب در مقایسه با آب معمولی بر طول ساقه، وزن تر و خشک گیاه اثر مثبت دارد که دلیل آن وجود مواد مغذی موجود در فاضلاب است (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۷). حسن-علی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی اثر فاضلاب تصفیه‌شده شهری در آبیاری فضای سبز در مرودشت نشان دادند که می‌توان از فاضلاب با تصفیه ثانویه برای آبیاری گونه‌های موجود در فضای سبز، بدون نگرانی جدی از آلودگی محیط زیست استفاده کرد، با این آگاهی که در برخی شرایط اثر آن بر رشد درختان بهتر از آب معمولی است. افزون بر آن، آبیاری با فاضلاب در روش موضعی از نظر مسایل محیط زیستی و استفاده بهینه از آب نسبت به دیگر روش‌ها مطلوب‌تر است. Ali et al. (2011) در بررسی اثر فاضلاب بر رشد درخت ماهون گزارش نمودند که فاضلاب تصفیه‌شده اولیه تاثیر زیادی بر روی متغیرهای رشد گیاه داشت. فاضلاب تصفیه‌شده شهری شامل غلظت بالایی از مواد معلق و محلول (فلزات سنگین) و عناصر دیگر هستند که در طی مراحل تصفیه اولیه و ثانویه دفع می‌شوند. به‌همین دلیل فاضلاب تصفیه شده نسبت به فاضلاب خام مناسب‌تر است (Orrono and Lavado, 2009). در بررسی اثر آبیاری با فاضلاب بر رشد چمن، توسط ملکیان و همکاران (۱۳۸۷) این نتایج حاصل شد که میزان ارتفاع و عملکرد چمن به‌طور معنی‌داری در اثر استفاده از فاضلاب افزایش یافت. نتایج حاصل از بررسی‌های عسگری و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که استفاده از تیمارهای مختلف فاضلاب برای آبیاری به‌واسطه وجود عناصر غذایی همراه با آب آبیاری، باعث افزایش شاخص‌های رشد گیاه می‌شود. سروش و همکاران (۱۳۸۷) نیز در بررسی‌های خود بر روی گیاه چمن نشان دادند که آبیاری با فاضلاب باعث افزایش ارتفاع، رنگ و وزن خشک شده است. Paliwal et al. (1998) در بررسی اثر آبیاری با فاضلاب بر رشد، تولید و تجمع مواد غذایی در *Hardwickia binata* نشان دادند که تحت شرایط ایده‌آل، حداکثر رشد، تولید و شاخص سطح برگ در نتیجه آبیاری با فاضلاب به‌دست آمد. همچنین این بررسی‌ها نشان داد که سنتز کلروفیل با افزایش غلظت فاضلاب

با پیشرفت و توسعه فناوری و افزایش جمعیت، گسترش آلودگی در مناطق مختلف جهان به ویژه مناطق صنعتی، معدنی و کشاورزی رشد چشمگیری داشته است. علیرغم منابعی با وسعت زیاد، اغلب آلوده‌کننده‌های فلزی سرانجام به آب‌های سطحی و زیرزمینی منتهی می‌شود. ضایعات فلزی بسیاری از اعمال صنعتی مایع می‌باشند که به‌راحتی به آب‌های طبیعی می‌رسند. بقایای کشاورزی و ضایعات حفاری معادن و فاضلاب‌های خانگی در مقادیر فلزاتی که در آب‌های سطحی یافت می‌شوند سهیم‌اند (دبیری، ۱۳۸۷ Zohrehvand et al., 2017). آلودگی خاک-آب-گیاه با فلزات سنگین از نظر اقتصادی و اکولوژیکی سلامت بشر دارای اهمیت است. آلودگی عناصر شیمیایی یکی از عوامل اصلی تخریب محیط زیست محسوب می‌شود. بنابراین عناصر سنگین از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های محیط زیست به‌شمار می‌آیند که در چند دهه اخیر به‌شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند (Zohrehvand et al., 2014; Alloway, 1990). بنابراین فاضلاب‌ها می‌توانند یکی از عوامل آلوده‌کننده آب‌های سطحی و زیرزمینی باشند. با توجه به کمبود منابع آب با کیفیت مناسب استفاده مجدد از فاضلاب در تامین آب مورد نیاز به‌خصوص در مناطق گرم و خشک، برای مصارف گوناگون از جمله آبیاری فضای سبز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا استفاده از فاضلاب به‌عنوان راه‌کاری برای غلبه بر مشکل کم آبی تلقی می‌شود. فاضلاب به‌دلیل دارا بودن عناصر مغذی فراوان مانند نیتروژن و فسفر نسبت به آب شرب (Bhati and Singh, 2003؛ صالحی، ۱۳۸۷؛ سروش، ۱۳۸۷) چنانچه منطبق با اصول علمی در تصفیه‌خانه‌ها تصفیه و مصرف شود، یک منبع آبی با ارزش در آبیاری فضای سبز محسوب می‌شود. یکی از روش‌های مناسب برای تصفیه فاضلاب، برکه‌های تثبیت است. برکه‌های تثبیت فاضلاب بدون شک در مناطق گرمسیری متناسب با خصوصیات اقلیمی منطقه و جایی‌که زمین کافی در اختیار باشد، یکی از روش‌های مناسب برای تصفیه فاضلاب است (فاضلیان دهکردی و همکاران، ۱۳۸۴).

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه استفاده از فاضلاب در آبیاری فضای سبز صورت گرفته است. صالحی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثر فاضلاب بر رشد درختان کاج تهران

تصفیه شده کاهش می یابد که دلیل آن وجود عناصر سنگین در فاضلاب مورد استفاده است. (Parameswaran 1999) نیز در بررسی تاثیر آبیاری با فاضلاب بر تولید گیاه *Helianthus tuberosus* L) بیان نمود آبیاری با فاضلاب هیچ گونه اثر نامطلوبی بر گونه مورد مطالعه ندارد و تولید محصول در صورت آبیاری با فاضلاب با شرایطی که گیاه در شرایط مطلوب (آب سالم) آبیاری شود، تفاوتی ندارد. همچنین مقدار قند فروکتوز نیز در صورت آبیاری با فاضلاب در گیاه افزایش یافت. البته در استفاده از فاضلاب باید این موارد را نیز در نظر داشت که فاضلاب دارای فلزاتی مانند روی، نیکل، کادمیوم، سرب و مس است (Farahat and Linderholm, 2013). هرچند غلظت عناصر سنگین در فاضلاب ممکن است کم و ناچیز باشد، ولی تجمع آن ها در خاک می تواند سبب افزایش غلظت عناصر سنگین در گیاهان کشت شده در این خاک ها شود. فلزات سنگین گروه اصلی آلاینده های غیر آلی هستند که به دلیل استفاده از لجن یا فاضلاب های شهری، آفت کش ها، کود شیمیایی و ... سطح گسترده ای از اراضی را آلوده کرده اند. گرچه برخی از فلزات سنگین برای رشد گیاه لازم هستند ولی غلظت بیش از حد آن ها می تواند برای گیاه و جانور مشکل زا باشد. استفاده از فاضلاب در کوتاه مدت ممکن است سمیتی در گیاه ایجاد نکند، اما مصرف طولانی مدت فاضلاب ها یا به عبارتی ورود کنترل نشده عناصر سنگین به خاک ها سبب افزایش غلظت این عناصر در خاک شده و موجب تخریب خاک و ایجاد سمیت برای انسان و گیاهان نماید (صالحی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Nirit et al., 2006). در تحقیقی طبری و صالحی (۱۳۹۰) به بررسی تاثیر آبیاری با استفاده از فاضلاب شهری بر تجمع فلزات سنگین در خاک پرداختند. براساس نتایج حاضر، با توجه به بالا بودن سطح فلزات سنگین فاضلاب شهری، استفاده طولانی مدت از آن ها در امر آبیاری می تواند باعث افزایش بیش از حد فلزات سنگین در خاک و اندام های گیاه شود. بنابراین در استفاده از فاضلاب برای آبیاری گیاهان باید مدت زمان آبیاری و نوع گیاهان انتخاب شده را نیز در نظر گرفت. یکی از راه های بسیار مهم برای مبارزه با بیابان زایی، افزایش پوشش گیاهی است. لذا انتخاب صحیح گونه های گیاهی سازگار و مقاوم با شرایط اکوسیستم های مناطق خشک در راستای احیا و ایجاد پوشش گیاهی و فضای سبز مناسب از یک طرف و تأمین منابع آب ارزان قیمت برای استقرار آن ها از طرف دیگر، امری ضروری است.

گونه رزماری از گونه های پرکاربرد در فضای سبز، به خصوص مناطق گرم و خشک است. رزماری دارای برگ های باریک و دارای گل های آبی مایل به بنفش، اندام گیاه دارای مصرف دارویی است و شوری خاک و آب را تا حدی تحمل می کند (ایران نژاد، ۱۳۸۶). با توجه به محدودیت منابع آب در مناطق خشک ایران، از جمله شهر یزد، استفاده از فاضلاب راه کاری مناسب برای صرفه جویی در مصرف منابع آب برای آبیاری فضای سبز است. تاکنون مطالعه ای در زمینه استفاده از فاضلاب در آبیاری گیاه رزماری صورت نگرفته است. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر فاضلاب شهر یزد بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی رزماری است.

۲- مواد و روش ها

تحقیق حاضر در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در شهر یزد اجرا شد. نهال های تهیه شده از نهالستان اصفهان در داخل گلدان های زهکش دار حاوی خاک مرکب شامل دو واحد کود برگ و یک واحد ماسه کاشته شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل آب شرب (آب مورد استفاده برای کشاورزی در گلخانه)، فاضلاب تصفیه شده، فاضلاب تصفیه نشده، فاضلاب تصفیه شده + آب شرب با نسبت ۱:۱ و فاضلاب تصفیه نشده + آب شرب با نسبت ۱:۱ بود که در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با پنج تکرار مقایسه شد. فاضلاب مورد استفاده در این تحقیق از فاضلاب تصفیه خانه شهر یزد از نوع برکه تثبیت بوده و از سیستم های برکه طبیعی (جریان سطحی)، برکه مصنوعی (جریان زیر سطحی)، ایمهاف تانک و سپتیک تانک و به صورت پایلوت استفاده می شود، که به صورت هفته ای تهیه شد. نهال های رزماری برای سازگارشدن با محیط جدید حدود ۲ هفته با آب شرب در گلخانه آبیاری شده و سپس آبیاری نهال ها با تیمارهای مختلف فاضلاب به صورت هفته ای یک مرتبه در هر نوبت با حدود یک لیتر آب با تیمارهای مشخص به مدت شش ماه انجام شد. نمونه ها در بطری های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل و pH و EC نمونه های فاضلاب تعیین شد. سپس pH نمونه ها با کمک اسیدنیتریک ۶۵ درصد به کمتر از ۲ رسانده و در دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۶ ماه نگهداری شد. در نهایت، فلزات سنگین موجود در نمونه ها با کمک دستگاه جذب اتمی تعیین شد (مرادمند و بیگی هرچگانی، ۱۳۸۸). پس از

گذشت شش ماه از اعمال تیمارها، گیاهان برداشت شده و خصوصیات مرفولوژیک شامل ارتفاع گیاه برحسب سانتی متر، قطرساقه با استفاده از کولیس برحسب میلی متر، وزن خشک اندام هوایی و ریشه برحسب گرم و خصوصیات فیزیولوژیک شامل مقدار کلروفیل، پرولین و قندهای محلول، برحسب میلی گرم بر گرم در برگ نهال های مورد بررسی، اندازه گیری شد. برای اندازه گیری مقدار پرولین و قند به ترتیب از روش Bates (1973) و Kochert (1978) و همچنین مقدار کلروفیل برگ براساس روش Arnon (1967) تعیین شدند.

به منظور تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش، پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها، از روش تجزیه واریانس یک طرفه و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای تجزیه آماری داده ها از نرم افزار Excel و برای رسم نمودارها از نرم افزار SPSS آماری استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی خصوصیات شیمیایی فاضلاب آبیاری

در بررسی غلظت فلزات سنگین در فاضلاب مورد استفاده برای آبیاری، عناصری مانند سرب و کادمیوم و روی که نقش مهمی در ایجاد تغییرات در گیاهان و خاک دارند، مورد بررسی قرار گرفت. غلظت های به دست آمده برای عناصر سرب، کادمیوم و روی، با استاندارد کیفیت آب برای کشاورزی فائو مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۱). همان طور که در جدول ۱ ملاحظه می شود غلظت عناصر

سنگین سرب و روی در فاضلاب تصفیه شده و نشده کمتر از محدوده مجاز استاندارد مورد مقایسه و کادمیوم در هردو تیمار بالاتر از استاندارد فائو است. EC فاضلاب تصفیه نشده نسبت به آب شرب بیشتر بوده و درجه اسیدی فاضلاب تصفیه نشده و تصفیه شده نسبت به آب شرب بیشتر است. Ayers and Westcot (1985) مرز استاندارد pH در فاضلاب کاربردی را ۷/۶ و عابدی کوپایی و همکاران (۱۳۸۱)، pH آب مورد استفاده برای آبیاری را ۷/۶ و میانگین هدایت الکتریکی فاضلاب را ۱/۶ دی زیمنس بر متر گزارش نموده اند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل شده در تحقیقات پیشین می توان گفت که خصوصیات شیمیایی تیمارهای مورد استفاده برای آبیاری در محدوده مجاز بوده است. البته لازم به ذکر است که طبق تحقیقات انجام شده توسط دهکردی و همکاران (۱۳۸۴) BOD_۵ و COD فاضلاب ورودی و خروجی تصفیه خانه شهر یزد به ترتیب ۴۵/۸ و ۳۸۱/۷ میلی گرم بر لیتر است که طبق نتایج موجود در جدول ۱ می توان بیان نمود که BOD در محدوده مجاز و COD بیشتر از حد تعیین شده برای آبیاری در کشاورزی است. لازم به ذکر است که تغییرات فصلی و میزان مواد آلی ورودی به فاضلاب، در کاهش یا افزایش BOD و COD فاضلاب تاثیر دارد (Ahmad et al., 2009).

۳-۲- بررسی صفات مرفولوژیکی گیاه رزماری

نتایج جدول تجزیه واریانس بیان گر آن است که اثر تیمار آبیاری بر قطر و وزن خشک اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی دار بود. ارتفاع و وزن خشک ریشه تحت تاثیر نوع آبیاری قرار نگرفت (جدول ۲).

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی تیمارهای مورد استفاده برای آبیاری

خصوصیات شیمیایی	آب شرب	فاضلاب تصفیه شده ^۱	فاضلاب تصفیه نشده ^۱	استاندارد FAO	بهره گیری در آب کشاورزی ^۲
pH	۷/۵۴	۷/۵	۷/۲	۷/۶	۶/۵-۸/۵
EC (ds/m)	۰/۶۵۱	۱/۵	۱/۲۷	۲/۹۷	-
BOD	-	۴۵/۸	۱۴۰	-	۱۰۰
COD	-	۳۸۱/۷	۴۴۰	-	۲۰۰
Cd (mg/l)	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	-
Pb (mg/l)	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۵	-
Zn (mg/l)	۰/۱	۰/۱	۰/۲۴	۲	-

منبع: شرکت آبای یزد

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مرفولوژیکی رزماری تحت تیمارهای مختلف آبیاری

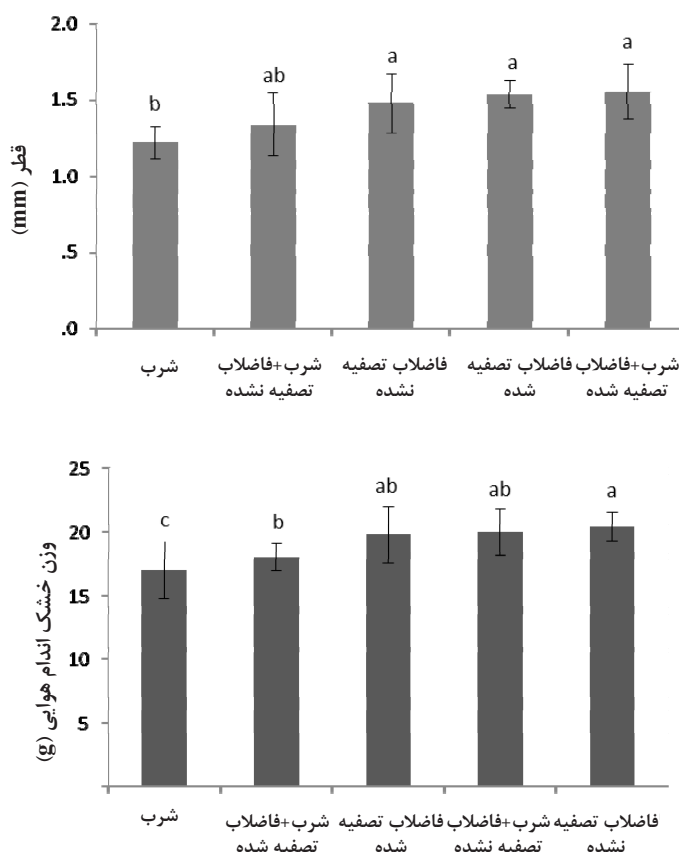
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ارتفاع	قطر	وزن خشک اندام هوایی
بلوک	۴	۶/۵۱۵ ^{ns}	۰/۰۲۵ ^{ns}	۴/۵۵۰ ^{ns}
تیمار	۴	۱/۵۰۵ ^{ns}	۰/۱۰۴*	۱۰/۸۴۹*
خطا	۱۶	۳/۰۶۲	۰/۰۲۷	۲/۷۰۵

*معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ns نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.

تیمار آبیاری با آب شرب + فاضلاب تصفیه شده و شاهد تفاوتی دیده نمی شود (شکل ۱).

نتایج این تحقیق نشان دهنده آن است که وزن خشک اندام هوایی و قطر ساقه رزماری تحت تاثیر آبیاری با فاضلاب افزایش یافت و از طرف دیگر تیمار آبیاری با فاضلاب اثر منفی بر ارتفاع و وزن خشک ریشه رزماری نداشت. در نتایج مشابه با این تحقیق گزارش شد که رشد گونه های موجود در فضای

تمامی تیمارهای استفاده از فاضلاب به جز تیمار آب شرب مخلوط با فاضلاب تصفیه نشده، قطر ساقه را نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش دادند (شکل ۱). آبیاری با فاضلاب تصفیه نشده، فاضلاب تصفیه نشده وزن خشک اندام هوایی را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی داری افزایش داد و بین این تیمار و تیمارهای فاضلاب تصفیه شده و شرب + فاضلاب تصفیه نشده از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد. هم چنین بین



شکل ۱- خصوصیات مرفولوژیکی گیاه رزماری تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری، مقادیری که حروف مشترک دارند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

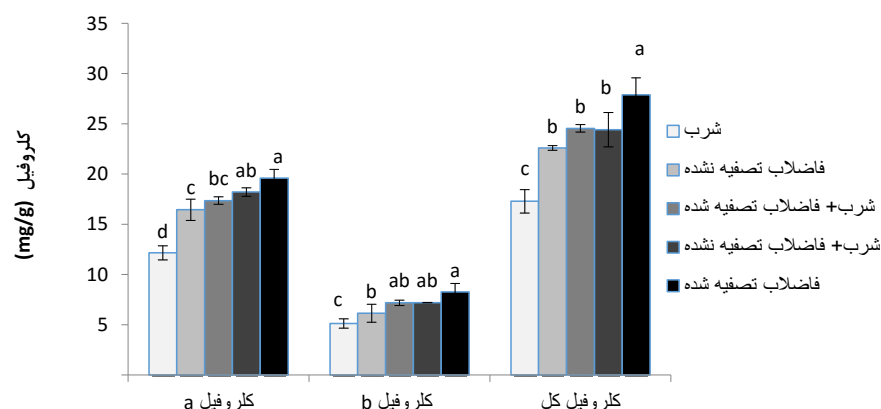
۳-۳- بررسی صفات فیزیولوژیکی رزماری

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری روی خصوصیات فیزیولوژیکی رزماری در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که اثر تیمار آبیاری بر میزان کلروفیل، قند و پروتئین در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است.

نتایج مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی گیاه در شکل ۲ آورده شده است. بر این اساس بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a به ترتیب مربوط فاضلاب تصفیه شده و آب شرب است. بیشترین مقدار کلروفیل b در تیمار فاضلاب تصفیه شده به دست آمد که با دو تیمار فاضلاب تصفیه شده و نشده مخلوط با آب تفاوت معنی داری نداشت. مقدار کلروفیل کل نیز روند مشابهی را طی کرد و بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در فاضلاب تصفیه شده و آب شرب به دست آمد (شکل ۲).

نتایج بررسی های گوناگون نشان می دهد که کلروفیل با افزایش غلظت فاضلاب کاهش می یابد. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که آبیاری رزماری با فاضلاب میزان کلروفیل را نسبت به آب شرب افزایش داد که با یافته های سایر تحقیقات که نشان دهنده کاهش مقدار کلروفیل با افزایش غلظت فاضلاب است (Paliwal et al., 1998; Mostafa et al., 2013)، همخوانی ندارد. در این بررسی ها بیان شده که مقدار کلروفیل در فاضلاب تصفیه شده و نشده به نسبت ۱:۱ (رقیق شده با آب شرب) نسبت به فاضلاب خام (تصفیه نشده) بیشتر بود.

سبز مانند چمن، چمن برموداگراس و کاج تهران در اثر آبیاری با فاضلاب در مقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش یافت (سروش و همکاران، ۱۳۸۷؛ ملکیان و همکاران، ۱۳۸۷؛ صالحی و همکاران، ۱۳۸۷). دلیل این افزایش رشد را می توان وجود عناصر غذایی بیشتر در فاضلاب در مقایسه با آب شرب نسبت داد. عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر) موجود در فاضلاب می تواند شرایط بهتری را برای رشد گیاه فراهم آورد (صالحی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Mojidi et al., 2012). جلالی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی خود بر گیاه سورگوم علوفه ای نشان دادند که بیشترین قطر ساقه در تیمار آبیاری با فاضلاب + آب شرب به دست آمد. (Ali et al., 2011) نیز به بررسی اثر آبیاری با فاضلاب (اولیه و ثانویه) و مقایسه آن با آبیاری با آب شرب و تأثیر آن بر رشد درخت ماهون و ساختار شیمیایی آن پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که فاضلاب تصفیه شده اولیه دارای تأثیر زیادی بر روی متغیرهای رشد (ارتفاع، قطر ساقه، مساحت برگ، شمار برگ ها، وزن خشک و زنده برگ ها، ساقه و ریشه و همچنین نسبت ساقه به ریشه) درخت ماهون دارد. از طرف دیگر تأثیر فاضلاب ثانویه بیشتر از آب چاه است. برخلاف نتایج این تحقیق (Paliwal et al., 1998) در بررسی های خود بیان نمودند که وجود نمک در فاضلاب منجر به کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و برگ گیاه شد. متفاوت بودن خصوصیات شیمیایی فاضلاب و روش مورد استفاده برای تصفیه آن و همچنین فصل آبیاری گیاهان با فاضلاب، دلیل مشابه نبودن نتایج تحقیقات مختلف در این زمینه است.



شکل ۲- مقایسه میانگین غلظت کلروفیل "a"، میزان کلروفیل "b" و "کلروفیل کل" در برگ رزماری تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری. مقادیری که حروف مشترک دارند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

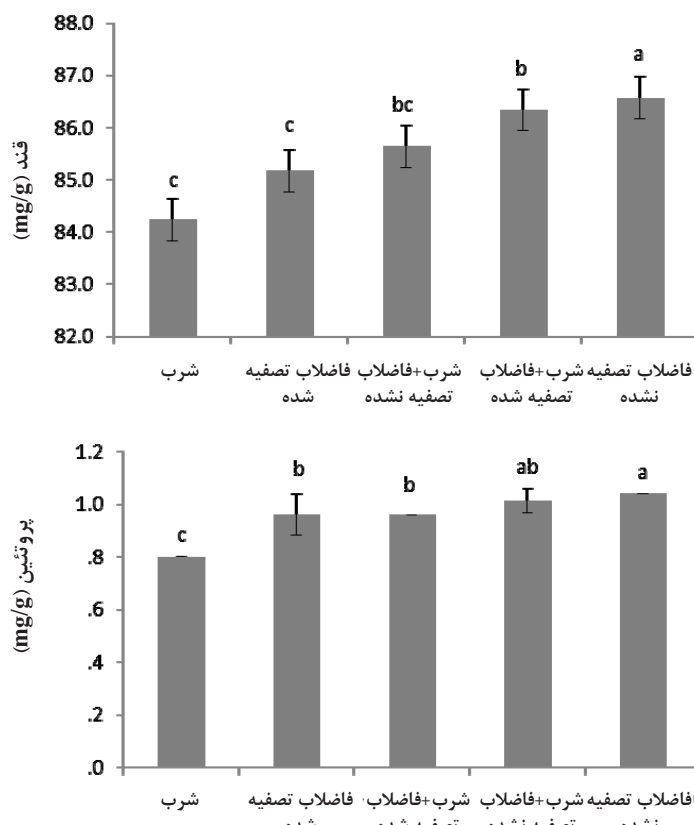
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مقدار کلروفیل، پرولین و قندهای محلول موجود در برگ رزماری

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییر
قند	پرویلین	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a		
۰/۱۳۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۶۲۶ ^{ns}	۰/۴۰۷ ^{ns}	۰/۱۳۰ ^{ns}	۴	بلوک
۲/۶۴۶**	۰/۲۶۰**	۴۵/۳۲۰**	۴/۲۷۵**	۲۳/۸۶۱**	۴	تیمار
۰/۱۷۱	۱/۰۰	۱/۶۶۴	۰/۳۴۱	۰/۶۳۵	۱۶	خطا

**معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد و ns نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.

و پرولین برگ رزماری نشان می دهد. بر این اساس بیشترین و کمترین مقدار قند و پرولین تولید شده مربوط به تیمار آبیاری با فاضلاب تصفیه نشده است. در نتایج مشابه با این تحقیق (Parameswaran 1999) بیان نمود که آبیاری گیاهان با فاضلاب تصفیه نشده باعث افزایش تولید قند در لندلهای گیاه می شود. مطالعات گوناگون نشان دهنده آن است که افزایش قند یک نوع واکنش گیاه در برابر ایجاد تنش است (Bates et al., 1973). تنش ایجاد شده در این مطالعه را می توان به وجود فلزات سنگین در فاضلاب نسبت داد که با تحقیقات Naderi

دلیل این امر عناصر سنگین موجود در فاضلاب بیان شده که با تصفیه یا رقیق نمودن آن، اثرات منفی آن بر کلروفیل کاهش یافته است. به طور کلی نتایج مطالعات مختلف نشان داد که فلزات سنگین می تواند باعث کاهش میزان کلروفیل شوند. در بررسی اثر کادمیوم بر گیاه کلزا (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶) اثر سرب بر دو گونه گندم و اسفناج (Lamhamdi et al., 2013) باعث کاهش در مقادیر کلروفیل a، b و کلروفیل کل نسبت به گیاهان شاهد شده که در نتایج حاصل از این پژوهش نیز دیده شد. شکل ۳ اثر تیمار آبیاری را بر میزان قندهای محلول



شکل ۳- مقایسه میانگین غلظت قند و پرولین موجود در برگ رزماری تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری. مقادیری که حروف مشترک دارند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

et al. (2013) هم‌خوانی دارد. هنگامی که غلظت فلزی از حد آستانه محدود فراتر رود، یون‌های فلزی عوامل تنش‌زایی می‌شود که در نهایت در بعضی ژنوتیپ‌ها، کاهش قدرت گیاه و ممانعت رشد و یا حتی مرگ را باعث می‌شود. به‌نظر می‌رسد آبیاری با آب‌های حاوی فلزات سنگین از جمله، سرب و کادمیوم باعث کاهش سنتز کلروفیل، افزایش قند و پرولین می‌شود که با افزایش غلظت فلزات نامبرده، روند صعودی پیدا می‌کند. (Khatamipour et al., 2011; Grejtovský et al. (2008) Ahmad and Al-Hajri (2009) در تحقیقات خود نشان دادند که با افزایش غلظت فاضلاب، مقدار pH و EC خاک افزایش یافته که این افزایش می‌تواند باعث افزایش جذب فلزات سنگین در خاک شود. (Bhati and Singh (2003) در بررسی اثر فاضلاب بر تجمع عناصر سنگین در خاک گزارش نمودند که استفاده از فاضلاب با غلظت‌های متفاوت برای آبیاری باعث افزایش مقدار قابل جذب عناصری مانند روی، کادمیوم و سرب در خاک آبیاری شده با فاضلاب در مقایسه با آب سالم می‌شود. بنابراین با توجه به وجود فلزات سنگین در فاضلاب مورد استفاده برای آبیاری در این تحقیق، از جمله سرب و کادمیوم (جدول ۱)، اگرچه مقدار این فلزات در حد مجاز برای آبیاری قرار دارند، ولی استفاده از فاضلاب برای طولانی‌مدت باعث افزایش آن‌ها در خاک و گیاه شده (Rattan et al., 2005) و در نهایت اثر خود را بر خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه می‌گذارد. در این تحقیق اثر فاضلاب تصفیه شده و نشده بر گیاه رزماری برای مدت شش ماه مورد بررسی قرار گرفت. مشخص شد که گیاه می‌تواند در برابر تنش ایجاد شده با تولید پرولین و قند از خود واکنش نشان داده و از تخریب بافت‌های خود در اثر تجمع فلزات سنگین جلوگیری نماید.

۴- نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر آن است که گیاه رزماری به آبیاری با فاضلاب تصفیه شده واکنش مثبت نشان داده است. - آبیاری با فاضلاب با غلظت‌های متفاوت باعث افزایش رشد ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه رزماری می‌شود. - در بررسی صفات فیزیولوژیکی گیاه رزماری دیده شده که با افزایش غلظت فاضلاب میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل

کل کاهش می‌یابد.

- با توجه به بررسی‌های انجام شده می‌توان گفت دلیل افزایش پرولین و قند در تیمار آبیاری با فاضلاب تصفیه نشده در برگ گیاه رزماری وجود فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در این تیمار نسبت به سایر تیمارها است.

لازم به ذکر است به‌دلیل غیرخوراکی بودن این گیاهان و استفاده از رزماری در طراحی فضای سبز، میزان نگرانی عمومی در نتیجه استفاده از فاضلاب تا حد قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از گیاهان مورد استفاده انسان و دام به‌دلیل تجمع فلزات سنگین و سمی در بخش‌های خوراکی گونه‌ها و انتقال آن‌ها در زنجیره غذایی است. با این حال باید در نظر داشت که استفاده از فاضلاب در امر آبیاری باید برپایه یک مدیریت صحیح و مطابق با استانداردهای ارائه شده و در نهایت براساس ویژگی‌های آب، خاک، گیاه و محیط هر محل صورت گیرد.

۵- سپاسگزاری

از پرسنل محترم تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان یزد و همچنین دانشگاه یزد به‌خصوص دانشکده منابع طبیعی، که نقش موثری در مراحل مختلف پروژه داشتند، کمال تشکر را دارم.

۶- پی‌نوشت‌ها

1- *Rosmarinus officinalis*

۷- مراجع

ایران نژاد، م.ح.، (۱۳۸۶)، "بررسی و تعیین گونه‌های گیاهی مناسب فضای سبز شهر"، استانداری یزد، جلد دوم، ۱۲۶. جلالی، ع.، گلوی، م.، قنبری، ا.، رمودی، م.، و یوسف الهی، م.، (۱۳۸۹)، "اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری بر عملکرد و جذب فلزات سنگین در سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.)"، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک*، ۱۴(۵۲)، ۱۵-۲۴. حسن علی، ع.، و جوان، م.، (۱۳۸۴)، "ارزیابی پساب تصفیه شده شهری و کاربرد آن در آبیاری فضای سبز، مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب شهر مرودشت"، *مجله محیط شناسی*، ۳۱(۳۸)، ۲۳-۳۰. سروش، ف.، موسوی، ف.، رزمجو، خ.، و مصطفی‌زاده فرد، ب.، (۱۳۸۷)، "تأثیر پساب تصفیه شده بر جذب برخی عناصر

- chlorophyll in plants", *Agronomy Journal*, 23, 112-122
- Ayers, R.S. and Westcot, D.E.W., (1985), *Water quality for agriculture*, FAO, Rome
- Bates, L., Waldren, R.P., and Teare, I.D., (1973), "Rapid determination of free proline for water-stress studies", *Plant and Soil*, 39, 205-207
- Bhati., M., and Singh, G., (2003), "Growth and mineral accumulation in Eucalyptus Camaldulensis seedlings irrigated with mixed industrial effluents", *Bioresource Technology*, 88, 221-228
- El-Sheekh, M.M., El-Shouny, W.A., Osman, M.E., and El-Gammal, E.W., (2005), "Growth and heavy metals removal efficiency of *Nostoc muscorum*", *Journal of Environmental Toxicol Pharmacol*, 19(2), 357-365.
- FAO, (1992), Wastewater treatment and use in agriculture", In: *Pescode, M.B. (ed.), Irrigation and Drainage*, Paper 47, FAO, Rome.
- Grejtovskü, A., Markušová, K., and Nováková, L., (2008), "Lead uptake by *Matricaria chamomilla* L", *Plant Soil and Environment*, 54(2), 47-54.
- Khatamipour, M., Piri, E., Esmailian, Y., and Tavassoli, A., (2011), "Toxic effect of cadmium on germination, seedling growth and proline content of Milk thistle (*Silybum marianum*)", *Scholars Research Library, Annals of Biological Research*, 2(5), 527-532.
- Kochert, G., (1978), "Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method", In: Helebust, J.A. and Craig, J.S. (eds.), *Hand book of Phycologia Method*, Cambridge University Press, 56-97.
- Lamhamdi, M.E.L., Galios, O., Bakrim, A., Novoa Munoz, J.C., Arias Estevez, M., Aarab, A., and Lafont, R., (2012), "Effect of lead stress on mineral content and growth of wheat (*triticum aestivum*) and spinach (*spinacia oleracea*) seedlings", *Sandi Journal of Biological Sciences*, 20(1), 29-36.
- Mojid, M.A., Biswas, S.K., and Wyseure, G.C.L., (2012), "Interaction effects of irrigation by municipal wastewater and inorganic fertilisers on wheat cultivation in Bangladesh", *Field Crops Research*, 134, 200-207.
- Naderi, N., Mirzamasoumzadeh, B., and Aghaei, A., (2013), "Effects of different levels of lead (Pb) on physiological characteristics of sugar beet", *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(10), 1154-1157.
- Nirit., B., Asher, B., Haya, F., Pini, S., Ilona, R., Amram, C., and Marina, I., (2006), "Application of treated wastewater for cultivation of roses (*Rosa Hybrida*) in soil-less culture", *Scientia Horticulturae*, 108(2), 185-193.
- توسط چمن در بافت‌های مختلف خاک"، *مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۲ (۲)، ۲۸۵-۲۹۳.
- شهریاری، ع.ر، نوری، س.، عابدی کوپایی، ج.، و آصالج، ف.، (۱۳۸۹)، "اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بر رشد گیاه قره داغ تحت شرایط گلخانه"، *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۱ (۴)، ۱۳-۲۱.
- صالحی، آ.، طبری، م.، محمدی، ج.، و علی عرب، ع.، (۱۳۸۷)، "تأثیر آبیاری با فاضلاب شهری بر رشد درختان ۱۵ ساله کاج تهران"، *فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱۶ (۲)، ۱۸۶-۱۹۶.
- طبری، م.، صالحی، آ.، (۱۳۸۷)، "بررسی تاثیر آبیاری با استفاده از فاضلاب شهری بر تجمع فلزات سنگین در خاک"، *نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۳ (۴)، ۴۹-۵۹.
- عابدی کوپایی، ج.، افیونی، م.، مصطفی‌زاده، ب.، موسوی، س.ف.، و باقری، م.ر.، (۱۳۸۲)، "تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با فاضلاب تصفیه شده بر شوری خاک"، *نشریه آب و فاضلاب*، ۱۴ (۱)، ۲-۱۱.
- عسگری، ک.، سلیمانی، ع.، و نجفی، پ.، (۱۳۸۷)، "اثر فاضلاب تصفیه شده شهری بر شاخص عملکرد دانه و اجزای آن در گیاه آفتابگردان تحت تیمارهای مختلف آبیاری"، *مجله پژوهش آب ایران*، ۲ (۲)، ۴۵-۵۲.
- فاضلیان دهکردی، ا.، و قانعیان، م.ت.، (۱۳۸۴)، "ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب یزد (برکه تثبیت)"، *هشتمین همایش ملی بهداشت محیط*، ۸ صفحه.
- مرادمند، م.، و بیگی هرچگانی، ج.، (۱۳۸۸)، "اثر آبیاری با پساب تصفیه شده شهری بر توزیع سرب و نیکل در اندام لفل سبز و خاک"، *مجله پژوهش آب ایران*، ۳ (۵)، ۶۳-۷۰.
- ملکیان، ر.، حیدرپور، م.، مصطفی‌زاده فرد، ب.، و عابدی کوپایی، ج.، (۱۳۸۷)، "تأثیر آبیاری سطحی و زیرسطحی با پساب تصفیه شده بر خصوصیات چمن برموداگراس"، *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۵ (۴)، ۲۴۸-۲۵۷.
- معاونت تحقیقاتی سازمان محیط زیست، (۱۳۷۳)، *استاندارد خروجی فاضلاب‌ها*، انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی.
- Ali, H.M., EL-Mahrouk, E.S.M., Hassan, F.A., and EL-Tarawy, M.A., (2010), "Usage of sewage effluent in irrigation of some woody tree seedlings, Part 3: *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq", *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18(2), 201-207.
- Alloway, B.J., (1990), *Heavy metals in soils*, John Willey And Sons Inc., New York.
- Ahmed. T.A., and Al-Hajri, H.H., (2009), "Effects of treated municipal wastewater and sea water irrigation on soil and plant characteristics", *International Journal of Environmental Research*, 3(4), 503-510.
- Arnon, A.N., (1967), "Method of interaction of

- Karunaichamy, K.S.T.K., and Anathvalli, M., (1998), "Effect sewage water irrigation on growth performance, biomass and nutrient accumulation in *Hardwickia Binata* under nursery conditions", *Bioresours Technology*, 66(2), 105-111.
- Parameswaran, M., (1999), "Urban wastewater use in plant biomass production", *Resources, Conservation and Recycling*, 27(1-2), 39-56.
- Rattan, R.K., Datta, S.P., Chnonkar, P.K., Suribabu, K., and Singh, A.K., (2005), "Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater, A case study", *Journal of Agriculture Ecosystem and Environment*, 109(3-4), 310-322.
- Soltani, F., Ghorbanli, M., and Manouchehri-Kalantari, K.H., (2006), "Effect of cadmium on photosynthetic pigments, sugars and malondealdehyde content in *Brassica Napus L*", *Iranian Journal of Biology*, 19(2), 136-145.
- Zohrehvand, F., Takdastan, A., (2017), "Concentrations of heavy metals in vegetables of farming lands irrigated with water from Karun river in Ahvaz", *Journal of Health*, 8(4), 385-393.
- Zohrehvand, F., Takdastan, A., Jaafarzadeh, N., Ramezani, Z., Ahmadi Angali, K., Gharibi, H., (2014), "Assessment of lead contamination in vegetables, irrigation water and soil in farmlands irrigated by surface water in Ahvaz", *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 24(118), 225-230.

Development of Passive Defense in Supplying Drinking Water in Yazd City by Improving the Weaknesses Governing Current Situation

Gholamreza Jalali Farahani¹, Hassan Piri Hor^{2*} and Mohammad Ali Nikooi³

1- Assistant Professor, National Defense University, Tehran, Iran.

2- M.Sc., Passive Defense Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

* Corresponding Author, Email: Hassanpiri71@gmail.com

Received: 18/06/2018

Revised: 21/12/2018

Accepted: 22/12/2018

Abstract

The history of water supply in the Yazd desert province indicates many difficulties experienced by the people of this province throughout the years. The predecessors living in Yazd province provided water for agricultural and drinking purposes to citizens by creation of traditional structures and through the management of seasonal river waters, springs, groundwater and harvesting water from atmospheric precipitation. With the establishment of a modern water supply system, the historical water structures which were forming the water supply process in the province were abandoned from the operation. However a significant proportion of these structures are still operational. Accordingly this study is addressing the weaknesses caused by modern water supply systems and the necessity to use traditional water supply as well as other proposed solutions (including the creation and strengthening of new urban settlements, the development of optimal methods for production and utilization of water resources, develop optimal methods of water consumption, etc.). The study is based on descriptive-analytic method and used field observations and interviews conducted by native experts of Yazd province. According to the research, the use of capacities of traditional structures in the province is one of the practical and operational solutions that can be used for passive defense regulations of water supply system in Yazd province. The results of this paper considers the use of the traditional water supply system and its integration with modern urban water supply as a must in accordance with the principles of passive defense and as one of the strategies for proper management of drinking water in Yazd city. Of course, to achieve sustainability in providing drinking water to this city, it is necessary that other proposals in this article be taken into consideration by the respectable authorities of the province.

Keywords: Modern water supply, Passive defense, Traditional water supply

توسعه پدافند غیرعامل در تأمین آب شرب شهر یزد با بهبود نقاط ضعف حاکم بر وضعیت موجود

غلامرضا جلالی فراهانی^۱، حسن پیری حور^{۲*} و محمدعلی نکویی^۳

۱- استادیار دانشگاه دفاع ملی، ریاست سازمان پدافند غیرعامل کشور، تهران، ایران.

۲- کارشناس ارشد پدافند غیرعامل، گرایش طراحی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان.

۳- استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: hassanpiri71@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۸

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۱

چکیده

تاریخ آبرسانی در استان کویری یزد، حاکی از سختی‌های فراوانی است که مردمان این استان در طول تاریخ برای تأمین آب تجربه کرده‌اند. پیشینیان استان یزد با مدیریت آب‌های رودخانه‌های فصلی، چشمه‌ها، آب‌های زیرزمینی و آب‌های جمع‌آوری‌شده از نزولات جوی، آب موردنیاز مصارف کشاورزی و شرب شهروندان را با ایجاد سازه‌های سنتی تأمین می‌نمودند. با مرسوم شدن سامانه مدرن آبرسانی، سازه‌های تاریخی آبی که فرایند آبرسانی را در استان تشکیل می‌دادند از مدار بهره‌برداری خارج شده‌اند. از آنجایی که بخش قابل توجهی از این سازه‌ها همچنان قابلیت بهره‌برداری دارند در همین راستا این مقاله به‌روش توصیفی تحلیلی و با اتکا به برداشت‌های صورت گرفته از بازدیدهای میدانی و مصاحبه‌هایی که با صاحب‌نظران بومی استان یزد انجام شده است، ضمن اشاره به ضعف‌های ناشی از سامانه‌های آبرسانی مدرن، به‌ضرورت بکارگیری آبرسانی سنتی در کنار سایر راهکارهای ارائه شده (از جمله ایجاد و تقویت سکونتگاه‌های شهری جدید، توسعه روش‌های بهینه تولید و بهره‌برداری از منابع آب، توسعه روش‌های بهینه مصرف آب و ...) پرداخته است. با توجه به پژوهش انجام شده، استفاده از ظرفیت‌های سازه‌های سنتی موجود در سطح استان از جمله راهکارهای کاربردی و عملیاتی است که می‌توان برای مطالعات پدافند غیرعامل سامانه آبرسانی استان یزد متصور شد. نتایج این مقاله، بهره‌گیری از سامانه سنتی آبرسانی و تلفیق آن با آبرسانی مدرن شهری را ضرورتی متناسب با مبانی و اصول پدافند غیرعامل دانسته و به‌عنوان یکی از راهکارهای مدیریت مناسب تأمین آب شرب شهر یزد مطرح نموده است. البته برای حصول پایداری در تأمین آب شرب این شهر لازم است تا سایر طرح‌های پیشنهادی در این مقاله نیز مورد توجه مسئولین محترم استان قرار گیرند.

کلمات کلیدی: آبرسانی سنتی، آبرسانی مدرن، پدافند غیرعامل

(۱۳۴۶). این مقاله با در نظر داشتن ظرفیت سازه‌های تاریخی آبی در شهر یزد به دنبال شناسایی نقاط ضعف حاکم بر سامانه آبرسانی این شهر بوده است تا علاوه بر به‌کارگیری مجدد سامانه سنتی آبرسانی سایر طرح‌های عملیاتی را نیز ارائه نموده و مورد ارزیابی قرار دهد. علی‌رغم وجود مشکلاتی در سامانه سنتی آبرسانی اعم از امکان دسترسی عموم به سازه‌های تاریخی و تحت تأثیر قرار گرفتن آن‌ها، سهولت در شناسایی آن‌ها، عدم پوشش کل شهر توسط این سازه‌ها و عدم امکان استفاده از آن‌ها برای آبرسانی به نقاطی از شهر با ارتفاع راقومی بالاتر، مشکلات بهداشتی ناشی از آن‌ها و ... استفاده و به‌کارگیری این سازه‌ها می‌تواند در برقراری پایداری تأمین آب شرب علی‌الخصوص در شهر یزد مفید واقع شود.

۲- سامانه آبرسانی مدرن

سامانه آبرسانی شامل تأسیسات و اجزای زیر است که یک طرح آبرسانی بسته به نوع و محل منابع آب ممکن است شامل تمامی و یا بخشی از این تأسیسات باشد. به‌طور کلی سامانه آبرسانی از چهار مرحله تأمین آب، انتقال آب، ذخیره آب و توزیع آب تشکیل شده است (نشریه ۱۱۷-۳ بازنگری اول، ۱۳۹۲). سامانه آبرسانی عبارت است از کلیه تأسیساتی که آب را از منبع تأمین به تصفیه‌خانه یا مخازن ذخیره یا مخازن تأمین فشار و سپس به مصرف‌کننده منتقل می‌کند.

۲-۱- گلوگاه‌ها و چالش‌های سامانه‌ی مدرن آبرسانی شهری

با توجه به کمبود آب، روش‌های نوین آبرسانی می‌توانند تا حد قابل‌توجهی در مدیریت بهره‌برداری از منابع آب، انتقال اصولی آب، تصفیه مناسب و ذخیره و توزیع با حداقل تلفات آب مؤثر واقع شود. اما مدرن‌سازی زیرساخت آبرسانی بستر وقوع برخی از حوادث و تهدیدات را فراهم می‌نماید. از آنجایی‌که مشترکین آب در سامانه‌ی مدرن آبرسانی وابستگی کامل به کارکرد مناسب زیرساخت آب دارند از این‌رو بروز اختلال در عملکرد و کارکرد شبکه آب، مشترکین را با معضل بی‌آبی و یا با کیفیت پایین آب مواجه خواهد ساخت. نظر به این‌که سامانه آبرسانی مدرن تأثیری مستقیم در زندگی روزمره شهروندان می‌گذارد، بنابراین شناخت گلوگاه‌های آن به‌منظور به‌کارگیری

آب به‌عنوان یکی از نیازهای فیزیولوژیکی بشر، نقش اصلی در تشکیل جوامع انسانی داشته است. آب به‌دلیل ضرورتی که برای حیات دارد به‌صورت مستمر از سوی کشورهای مهاجم مورد هدف قرار گرفته و متحمل تهدیداتی اعم از تهدیدات مؤثر بر کمیت و کیفیت آب بوده است (قاضی‌زاده، ۱۳۸۷). در سال‌های اخیر جنگ‌های داخلی و درگیری‌هایی که در منطقه خاورمیانه به‌وقوع پیوسته نشانگر مورد تهاجم قرار گرفتن زیرساخت‌ها و شریان‌های حیاتی کشورها و شهرها است. زیرساخت آبرسانی به‌دلیل تأمین نمودن یکی از نیازهای اولیه انسان از اهمیت والایی برخوردار است، به‌طوری که وجود اختلال در سامانه آبرسانی در کمترین زمان ممکن پیامدهای منفی به‌دنبال خواهد داشت. این درحالی است که استان‌های کویری به‌دلیل تأمین آب از منابع اطراف و همچنین به‌دلیل نبود منبع آب جایگزین، حساسیت بالاتری به‌خود اختصاص می‌دهند و این امر ضرورت مطالعات پدافند غیرعامل برای طراحی و اجرای سامانه‌های آبرسانی علی‌الخصوص در استان‌های کویری را به‌روشنی نمایان می‌سازد.

وجود اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک در قسمت اعظم و قریب به‌اتفاق کشور ایران موجب شده است که محدودیت منابع آب از نقطه‌نظر توزیع زمانی و مکانی عامل اصلی برنامه‌ریزی در توسعه اقتصادی و به‌ویژه کشاورزی کشور باشد. در چنین شرایطی ارزش اقتصادی آب و علاوه بر آن ارزش حیاتی آب بسیار چشمگیر است و لذا توجه خاص به بحث استحصال آب و توسعه و تطبیق آن با شرایط اقلیمی، اقتصادی، اجتماعی و محلی را در مناطق مختلف کشور طلب می‌نماید. از دیرباز در بیشتر دشت‌های ایران برای دسترسی به آب، تلاش چشمگیری صورت گرفته و ایرانیان با بهره‌جستن از تمام توانایی‌های خود، ده‌ها کیلومتر قنات حفر کرده‌اند (سعیدی، ۱۳۸۶). پیشینیان در کنار ساخت قنات‌ها و سدها، به ذخیره‌سازی آب‌های فراوان زمستان برای به مصرف رساندن در فصل‌های گرم سال نیز توجه داشته‌اند و برای این مسئله آب‌انبار را بنیان گذاشته‌اند (ساکت یزدی و همکاران، ۱۳۹۴). برخی از آب‌انبارها در طول سال بهره‌برداری می‌شده‌اند و سازه‌هایی به‌عنوان یخچال‌های خشتی نیز آب را در فصل زمستان به‌صورت یخ در آن ذخیره کرده و در فصول گرم به مصرف می‌رسانند (باستانی پاریزی،

تمهیدات بازدارنده ضروری و غیرقابل انکار است. در شکل ۱ به برخی از این موارد اشاره می‌شود.

۲-۲- تهدیدات سامانه مدرن آب‌رسانی شهری

در جدول ۱ به‌طور کلی به تهدیدات پیش‌روی شبکه مدرن آب‌رسانی شهری اشاره شده است که عوامل مختلفی در شدت و میزان احتمال وقوع هریک از آن‌ها مؤثر است. به‌منظور پرهیز از افزایش حجم مقاله، مورد اول در ادامه تشریح می‌شود.

نظر به این‌که افزایش جمعیت و رشد روزافزون شهرنشینی تقاضای استفاده از آب پاک و باکیفیت مناسب برای شرب را افزایش داده است. بدیهی است سامانه مدرن آب‌رسانی به‌مراتب بهتر از آب‌رسانی سنتی می‌تواند افزایش تقاضای آب را مدیریت نماید. اما تجهیز سامانه نوین آب‌رسانی به سیستم تله‌متری از

طرفی کنترل و مدیریت تأمین، انتقال، ذخیره و توزیع آب را تسهیل نموده و از طرف دیگر امکان دسترسی دشمن به سامانه هوشمند تله‌متری و ایجاد خرابکاری در فرآیند آب‌رسانی، جذابیت اعمال حملات سایبری را علیه سامانه‌ی آب‌رسانی بالا می‌برد.

۳- سامانه آب‌رسانی سنتی

به‌طور کلی در سامانه آب‌رسانی سنتی که در استان‌های کویری همانند استان یزد وجود داشته است، آب را از منابع زیرزمینی و یا رودخانه‌های دائمی و یا فصلی از طریق کانال‌های روباز و یا قنوات به آبادی‌ها می‌رساندند. آب را در محلی به نام آب‌انبار ذخیره می‌کردند تا درنهایت برداشت آب از طریق سازه‌هایی به



شکل ۱- گلوگاه‌های شبکه مدرن آب‌رسانی (پیری حور، ۱۳۹۶)

جدول ۱- تهدیدات شبکه مدرن آب‌رسانی شهری (پیری حور، ۱۳۹۶)

ردیف	تهدیدها
۱	ایجاد جذابیت جهت انجام عملیات سایبری علیه سیستم آب‌رسانی هوشمند
۲	آسیب‌پذیری با وسعت زیاد به دلیل یکپارچگی سیستم
۳	آسیب‌پذیری دیگر زیرساخت‌های مرتبط با سیستم آب‌رسانی
۴	عدم تطابق با تهدیدات با ماهیت مختلف از سوی دشمن
۵	امکان ایجاد بحران در شبکه آب‌رسانی هوشمند از سوی دشمن
۶	وابستگی به دیگر کشورها جهت تأمین تجهیزات هوشمند سازی شبکه آب‌رسانی
۷	امکان کنترل و شناسایی نحوه آب‌رسانی به مشترکین خاص
۸	امکان تسلط گروه‌های تروریستی به نقاط مهم و حساس شبکه آب‌رسانی
۹	تحریم تجهیزات موردنیاز شبکه آب‌رسانی هوشمند از سوی دشمن
۱۰	نظارت مستمر توسط دشمن بانفوذ به سامانه تله‌متری
۱۱	گسترده‌ی بسیار شدید در سطح شهر
۱۲	تداخل اجزای شبکه آب‌رسانی با سایر زیرساخت‌های خدماتی (خصوصاً حامل‌های انرژی)
۱۳	وابستگی شدید به برق برای پمپاژ آب
۱۴	وجود مصرف‌کنندگان خاص و بعضاً پرمصرف
۱۵	تأثیرپذیری از تحولات شهر اعم از: رشد بی‌رویه شهر، نیازهای صنعتی و گسترش افقی شهر
۱۶	امکان آلوده‌سازی برخی از تأسیسات شبکه آب‌رسانی
۱۷	احتمال وقوع اقدامات خرابکارانه روی تأسیسات در معرض دید (حوضچه شیرهای فشارشکن و ...)
۱۸	احتمال وقوع حملات تروریستی مانند بمب‌گذاری در ایستگاه‌های پمپاژ و ...
۱۹	ایجاد شایعات آلودگی آب در مخازن و شبکه‌ی توزیع

نام پایاب برای مصرف مردم امکان پذیر شود (سمساریزدی و همکاران، ۱۳۹۳). مراحل اصلی سامانه آبرسانی سنتی در شکل ۲ نشان داده شده است.

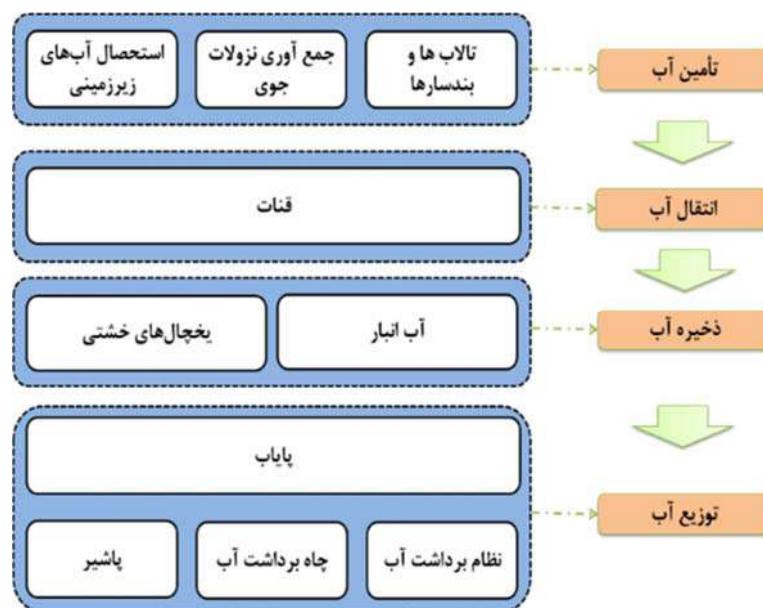
سامانه آبرسانی سنتی تابع شرایط محیطی و جغرافیای منطقه بوده است (مرتضوی مهدآبادی و همکاران، ۱۳۸۲). طوری که در محیطها و مناطق مختلف، سازه‌های مختص آن منطقه مورد استفاده قرار می‌گرفت. در این راستا می‌توان انواع مختلف قنات به که متناسب با شرایط زمین احداث می‌شدند اشاره نمود (پاپلی یزدی، ۱۳۸۴). شکل ۳ اجزای مختلف سامانه آبرسانی سنتی را با در نظر داشتن فرآیند آن نشان می‌دهد.

۴- روش تحقیق

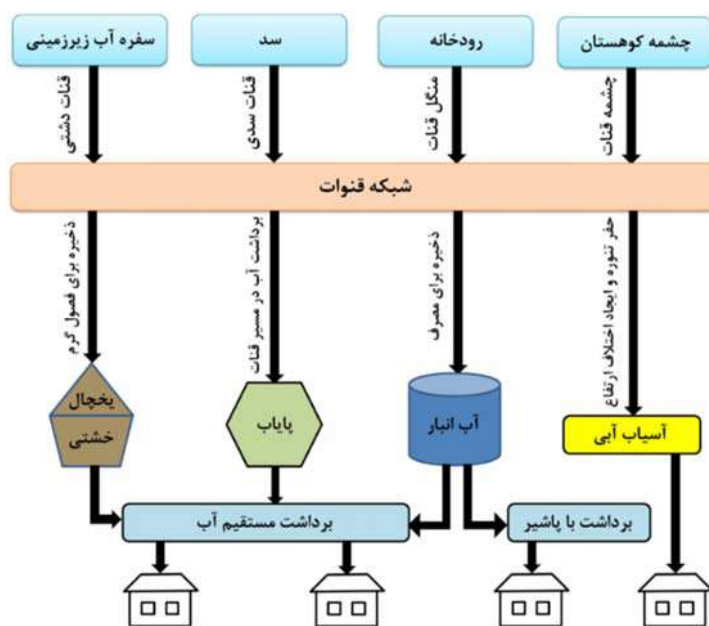
در راستای هدف اصلی پژوهش که شناسایی نقاط ضعف حاکم بر تأمین آب شرب شهر یزد و ارائه راهکارهای متناسب برای بهبود وضعیت موجود است، تحقیق حاضر توصیفی تحلیل بوده که به منظور گردآوری و تحلیل داده‌ها در این روش از رویکردهای کمی و کیفی بهره برده شده است. در بخش معرفی عناصر و اجزای آبرسانی سنتی از روش کتابخانه‌ای (کیفی) و در بخش تعیین نقاط ضعف و راهکارهای مقابله با آن‌ها از

روش میدانی (بازدید و مصاحبه با اساتید و مسئولین بومی منطقه) استفاده شده است. همچنین نتایج به دست آمده برای امکان ارزیابی و اولویت‌سنجی راهکارها برای برنامه‌ریزی‌های آبی کمی‌سازی شده است. در این مقاله پس از تحلیل عمومی وضعیت موجود تأمین آب شرب شهر یزد عوامل منفی هشت گانه مشخص شد. سپس با شناسایی ۱۳ راهکار کلی و متناسب با عوامل منفی، به اولویت‌سنجی و اثربخشی هریک از آن‌ها پرداخته شده است. از آنجا که این مقاله به دنبال بهبود وضعیت موجود با تمامی راهکارها بوده، لذا رویکرد انتخاب یک و یا چند راهکار مدنظر نبوده و ارزیابی صورت گرفته صرفاً به منظور میزان تحقق وضعیت مطلوب انجام شده است تا در صورت کمبود بودجه و یا سایر عوامل محدودکننده برای پیاده‌سازی راهکارها، اولویت طرح‌های پیشنهادی مشخص شود.

نقاط ضعف موجود در تأمین آب شرب شهر یزد پس از مطالعه اسناد و مدارک موجود در این زمینه، بازدیدهای میدانی تأسیسات و عناصر آبرسانی و همچنین مصاحبه‌های صورت گرفته (با مدیرکل پدافند غیرعامل استانداری یزد، مدیران دفتر بهره‌برداری و دفتر مدیریت بحران و پدافند غیرعامل آبفای استان یزد، مدیرعامل اسبق آب منطقه‌ای یزد و پژوهشگران مرکز بین‌المللی قنات در حوزه سازه‌های تاریخی آبی) حاصل شده است.



شکل ۲- مراحل اصلی سامانه سنتی آبرسانی و جزئیات آن (پیری حور، ۱۳۹۶)



شکل ۳- فرآیند آبرسانی سنتی (پیری حور، ۱۳۹۶)

۵- تحلیل وضع موجود آبرسانی شهر یزد

از آنجا که آبرسانی در گذشته با استفاده از قنات موجود، پایابها و آب‌انبارها صورت می‌گرفته و با گذر زمان استفاده از این سازه‌ها به فراموشی سپرده شده است، اکثر این سازه‌ها در سطح شهر موجود هستند و می‌توانند به‌عنوان یک ظرفیت موردتوجه قرار گیرند. این در حالی است که برخی از منابع داخلی شهر به‌سرعت در حال خشک شدن هستند و سطح آب‌های زیرزمینی در این شهر با کاهش قابل‌توجهی مواجه است. در صورتی که با احیای مجدد سازه‌های آبی سنتی می‌توان در استفاده کمتر از آب‌های منابع داخل شهر (به‌خصوص در بافت قدیم شهر) بهره گرفت. با توجه به مطالعات انجام‌گرفته مشخص شد شهر یزد دارای دو بافت قدیم و جدید است که در حال حاضر سیستم آبرسانی کل شهر با شبکه آب متناسب با استانداردهای به‌روز در هر دو بافت مذکور صورت می‌گیرد. از نظر محیط عملیاتی در حوزه آبرسانی می‌توان دو محیط آبرسانی بافت قدیم شهر یزد و آبرسانی بافت جدید شهر یزد را برای این شهر متصور شد. بدیهی است که آبرسانی کل شهر از منظر سازمانی در حوزه فعالیت آب و فاضلاب بوده و از این‌رو تفکیک خدمات‌دهی به این دو بافت منطقی به‌نظر نمی‌رسد.

۵-۱- عوامل منفی و تأثیرگذار بر سامانه‌ی آبرسانی شهر یزد

به‌منظور بهبود وضعیت کنونی آبرسانی شهر یزد و ممانعت

به‌دلیل اقلیم گرم و خشک و بیابانی شهر یزد، آبرسانی در این شهر از گذشته تاکنون با مشکلات جدی مواجه بوده است. تاریخ آبرسانی در یزد نشان می‌دهد که برای رفع این مشکل روش‌های حفر قنات و انتقال آب از مناطق پر آب به داخل شهر، روش مناسبی بوده است (خزائی، ۱۳۹۴). باگذشت زمان سامانه آبرسانی سنتی دست‌خوش تغییر و تحولات سیاسی و اجتماعی زیادی قرار گرفته است. گسترش بی‌رویه شهر نیز در استفاده از قنات به ارث رسیده از نیاکان، سیاست‌های متناسب با روش‌های نوین آبرسانی رایج در دنیا را پذیرفته است. در حال حاضر منابع آب شهر یزد از دو بخش کلی آب‌های انتقالی از اطراف شهر که با خط انتقال آب زاینده‌رود صورت می‌گیرد و همچنین منابع آب‌های زیرزمینی موجود در میادین بهره‌برداری چرخاب، یزدگرد و خاتون‌آباد تأمین می‌شود. نسبت استفاده از آب انتقالی و آب منابع داخلی در فصول مختلف سال متفاوت است، به‌طوری‌که در فصل‌های گرم سال درصد استفاده از منابع داخلی بالاتر است (با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از مسئولین مربوطه به‌طور میانگین آب‌های انتقالی بیش از ۵۵ درصد آب مصرفی شهر را تأمین می‌کند که وابستگی تأمین آب این شهر به آب انتقالی از اصفهان را نشان می‌دهد).

از پیامدهای سیاسی، اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی حاصل از این وضعیت به‌خصوص در آینده ۵۰ ساله، عمده مشخصه‌های منفی حاکم بر سامانه آبرسانی یزد به شرح ذیل مشخص شد.

۵-۱-۱- کمبود منابع تأمین آب

استان یزد همانند دیگر استان‌های کویری در طول تاریخ به‌طور مستمر با مشکل کمبود منابع تأمین آب مواجه بوده است. بدیهی است کمبود و یا نبود منابع تأمین آب، فرآیند سامانه آبرسانی را مختل می‌نماید. بنابراین یافتن راهکاری برای تأمین آب و مدیریت مصرف از منابع در دسترس ضرورتی انکارناپذیر خواهد بود.

۵-۱-۲- استفاده بی‌رویه از منابع زیرزمینی

همان‌طوری که بیان شد استان یزد و به‌تبع آن شهر یزد از کمبود منابع آب رنج می‌برد. این امر سبب می‌شود تا استفاده از منابع زیرزمینی موجود در داخل شهر یزد به‌صورت بی‌رویه انجام گیرد. درحالی‌که منابع آب زیرزمینی در این شهر به‌شدت رو به نابودی و حتی در معرض خشک شدن و آلوده شدن هستند. لذا چاره‌اندیشی برای وضعیت موجود، لازم و ضروری است.

۵-۱-۳- وابستگی به آب انتقالی از زاینده‌رود

با توجه به کویری بودن استان یزد و کمبود منابع آبی در این استان و علی‌الخصوص شهر یزد، به‌ناچار بخش قابل‌توجهی از آب مصرفی این شهر از طریق خط انتقالی از زاینده‌رود به یزد تأمین می‌شود، به‌طوری‌که در صورتی‌که بروز هرگونه مشکل (کالبدی، اجتماعی، سیاسی و ...) و اختلالی در آبرسانی از طریق این خط انتقال، شهروندان یزدی را با مشکلات فجیعی روبه‌رو خواهد ساخت.

۵-۱-۴- وجود تجربه‌های خشک‌سالی

استان یزد خشک‌سالی‌های متوالی و متعددی را تجربه نموده است و از آنجایی‌که وجود خشک‌سالی تأثیر مستقیمی بر روی سامانه آبرسانی دارد، لذا حساسیت آبرسانی در شهرهای این استان و به‌خصوص شهر یزد را افزایش می‌دهد.

۵-۱-۵- مصرف آب به‌صورت آب‌های مجازی

وجود صنایع پرمصرف آب و مزارعی که به آب وابسته هستند با شرایط و وضعیت موجود حاکم بر منابع آبی شهر یزد متناسب نیست. لذا تدوین رویه‌ای متناسب با وضعیت موجود ازجمله استراتژی‌های مدیریت بهینه آب در این شهر تلقی می‌شود.

۵-۱-۶- گسترش بی‌رویه شهر

بدیهی است تعداد مشترکین با میزان مصرف آب رابطه مستقیمی دارد و افزایش جمعیت نیز باعث افزایش مشترکین تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب می‌شود. شهر یزد در دهه‌های اخیر افزایش جمعیت چشمگیری داشته است. با افزایش جمعیت، شهر از اطراف گسترش‌یافته و آبرسانی را با سختی مواجه ساخته است.

۵-۱-۷- توسعه افقی شهر

افزایش جمعیت شهر یزد در دهه‌های اخیر باعث شده است تا شهر به‌صورت بی‌رویه گسترش یابد. با توجه به این‌که این توسعه به‌صورت افقی صورت گرفته، طبعاً مساحت تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب را افزایش داده است. بدیهی است بیشتر شدن مساحت، آبرسانی را با صعوبت روبه‌رو ساخته و متناسباً باعث افزایش هزینه‌های ناشی از طراحی، اجرا، تعمیر و نگهداری می‌شد.

۵-۱-۸- تراکم پایین جمعیت نسبت به تراکم مطلوب

گسترش بی‌رویه و توسعه افقی شهر یزد عملکرد زیرساخت‌های شهری را حساس‌تر نموده و از آنجایی‌که تراکم جمعیت در این شهر نسبت به دیگر شهرها و به‌خصوص نسبت به شهرهای کویری کشور پایین است، هزینه بالایی را به طراحی، احداث و بهره‌برداری از زیرساخت‌های شهری تحمیل می‌نماید. زیرساخت آبرسانی نیز به‌دلیل برخی از مشکلات فنی همانند نشتی، شکست و ... با وضعیت حاکم بر سامانه آبرسانی شهر یزد (با توجه به کمبود آب) از تبعات نسبتاً بیشتری برخوردار می‌شود. ازاین‌رو به‌نظر می‌رسد اصلاح الگوی شهرسازی در این شهر علاوه‌بر پوشش سایر عناصر منفی (گسترش بی‌رویه شهر، توسعه افقی شهر و تراکم پایین جمعیت نسبت به تراکم مطلوب)، بهره‌برداری از زیرساخت‌های آبرسانی را در این شهر تسهیل خواهد نمود.

۵-۲- طرح‌های پیشنهادی برای بهبود وضع موجود

ایرانیان برای رهایی از بحران کم‌آبی با کندن قنات آب‌های اطراف شهر و زیرزمین را استحصال می‌نمودند (گویلو، ۱۳۷۱). با پیشرفت فناوری سامانه آبرسانی مدرن (متکی به دستگاه‌ها و تأسیسات) جایگزین سامانه سنتی (تابع شرایط محیطی و طبیعی) شده است. افزایش جمعیت و گسترش ناموزون و بی‌رویه شهر یزد نیز بر شدت پیامدهای حاصل از کم‌آبی افزوده است. این درحالی است که منابع آب‌های زیرزمینی به‌شدت رو به کاهش بوده و برخی از میادین بهره‌برداری در این شهر رو به خشک شدن و یا آلوده شدن هستند. با توجه به موضوع اندرکنش بین زیرساخت‌ها و تأثیر مسائل شهری بر کارکرد زیرساخت‌ها، امروزه به‌دلیل داشتن وابستگی‌های متقابل بین شبکه‌های شهری به‌منظور بهبود وضعیت هریک از آن‌ها، بدون تردید غفلت از سایر مسائل هدف نهایی زیرساخت را مخدوش می‌نماید. از این‌رو بدیهی است مجموعه‌ای از عوامل تأثیرگذار بر خدمات‌رسانی سامانه‌ی آب تماماً در حوزه وظایف وزارت نیرو نخواهد بود و لازم است استانداری یزد در هماهنگی بین نهادهای ذی‌ربط اقدامات مقتضی را در پیاده‌سازی طرح پیشنهادی انجام دهد. به‌دلیل پیچیدگی مسائل شهری داشتن رویکردی انحصاری به مسئولیت‌های وزارت نیرو مشکلات تأمین آب شهر یزد، هموار نمی‌شود.

عوامل فوق مستلزم تدابیر مهندسی است تا آینده آبرسانی در این شهر را از خطرات احتمالی کم‌آبی و یا حتی بی‌آبی نجات بخشد. برای این‌منظور و با توجه به بازدیدهای انجام‌شده از سامانه سنتی آبرسانی شهر یزد و مصاحبه‌هایی که با اساتید و مسئولین حوزه آبرسانی این شهر صورت گرفته است، در ادامه راه‌کارهایی برای بهبود وضع موجود پیشنهاد می‌شود که عمدتاً مستلزم مطالعات تخصصی است.

۵-۲-۱- ایجاد و تقویت سکونت‌گاه‌های شهری جدید

تمرکز شدید جمعیت در محور میانی استان و آثار منفی زیست‌محیطی استقرار جمعیت بر منابع آب و خاک، ضرورت ایجاد مکان‌یابی جدید برای استقرار جمعیت در پهنه‌های اراضی با قابلیت کمتر را پررنگ می‌سازد. علاوه بر این توسعه خدمات به مجموعه‌های روستایی و حوزه‌ها و کنترل مهاجرت روستائیان به نقاط شهری بزرگ‌تر، نیازمند شکل‌گیری مراکز شهری جدید است که بر این اساس نقاط شهری جدید

پیشنهاد شده است.

۵-۲-۲- مطالعه به‌سازی و ساماندهی سامانه آبرسانی

سنتی

سامانه سنتی آبرسانی در شهر یزد از قدمت بالایی برخوردار بوده که امکان دسترسی و بهره‌برداری از این سامانه در بافت قدیمی شهر یزد وجود دارد. اما فرسودگی و عدم استفاده از این سامانه و اجزای آن، احیای آبرسانی سنتی را می‌طلبد تا بتوان در بافت قدیم شهر از آن‌ها بهره‌مند شد. همچنین می‌توان با تلفیق سامانه سنتی احیا شده با سامانه مدرن، از پتانسیل‌های سازه‌های سنتی آبی در بافت جدید شهر نیز بهره برد.

۵-۲-۳- بازنگری در الگوی شهرسازی یزد

با توجه به تراکم پایین جمعیتی نسبت به تراکم جمعیتی مطلوب در شهر یزد، بدیهی است هزینه زیرساخت‌های شهری از جمله سامانه آبرسانی شهری را بالا برده و مدیریت و بهره‌برداری از آن را با مشکلات مختص خود سامانه مواجه خواهد کرد. از این‌رو بازنگری در الگوی شهرسازی شهر یزد و تدوین الگویی متناسب با زیرساخت‌های شهری و علی‌الخصوص متناسب با مشکلات حوزه آبرسانی ضرورت می‌یابد.

۵-۲-۴- توسعه روش‌های بهینه مصرف، تولید و

بهره‌برداری از منابع آب

کمبود منابع آبی در استان یزد ضرورت مصرف بهینه، تولید و ساماندهی شبکه بهره‌برداری از منابع آبی را بیش‌ازپیش افزایش داده است. به لحاظ تاریخی استان یزد، شبکه بهره‌برداری از منابع آب استان در قالب قنوات سازمان‌دهی شده بود. اما به‌موازات رشد و توسعه فعالیت‌ها توزیع و تخصیص منابع آب اشکال متنوعی به خود گرفته است و آب به‌عنوان یک ماده با ارزش، مستلزم روش‌های نوین تولید و مصرف است.

۵-۲-۵- توسعه روش‌های بهینه مصرف آب

با توجه به این‌که درصد بالایی از آب شهر یزد در بخش کشاورزی مصرف می‌شود بنابراین بازنگری در نحوه آبرسانی اراضی زراعی (آبرسانی بارانی و آبرسانی قطره‌ای و آبیاری تحت‌فشار) به‌صورت قابل‌توجهی می‌تواند مصرف آب را در بخش کشاورزی بهینه نماید. همچنین تلفیق روش‌های سنتی

با روش‌های مدرن و پوشاندن آن‌ها نیز تأثیر مثبتی در این خصوص خواهند گذاشت.

۵-۲-۶- توسعه بهره‌برداری از آب‌های سطحی

با توجه به پتانسیل منابع آب سطحی استان یزد، ایجاد ظرفیت برای استفاده از این آب‌ها می‌تواند راه‌کاری مؤثر به‌خصوص در بخش کشاورزی تلقی شود، بهتر است آبیاری بخش کشاورزی از طریق آب‌های سطحی انجام گیرد. ضمناً با رعایت الگوی کشت در استان یزد این امکان به‌مراتب تسهیل خواهد شد.

۵-۲-۷- بهره‌برداری مناسب از منابع آب زیرزمینی

محدودیت در صدور مجوز حفر چاه‌های عمیق و نصب کنتور برای چاه‌ها به‌منظور امکان کنترل برداشت آب از چاه و ممانعت از برداشت بی‌رویه آب بهره‌برداری مناسب از منابع آب زیرزمینی را فراهم خواهد ساخت.

۵-۲-۸- طرح احیا، مرمت و لایروبی قنوات شهر یزد

امکان احیای قنوات موجود به‌میزان قابل‌توجهی می‌تواند در استفاده بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی ممانعت نماید. لازم به ذکر است قابلیت استفاده از روش‌های آبرسانی سنتی و ترکیب آن‌ها با سامانه آبرسانی مدرن در برخی از شهرهای کشور ازجمله مشهد تجربه شده است. هم‌چنین با استناد به مصاحبه‌های انجام‌شده با پژوهشگران بومی مرکز بین‌المللی قنات، امکان به‌کارگیری قنات و یا آب‌انبارهای موجود در شهر یزد وجود داشته است.

۵-۲-۹- انتقال آب از حوضه‌های مجاور

یکی از راه‌حل‌های تأمین کمبود آب در حوضه‌هایی که با کمبود آب مواجه‌اند، انتقال آب از حوضه‌های مجاور این حوضه‌ها است. در مورد تأمین کمبود آب استان یزد نیز این راه‌کار پیشنهاد می‌شود. برای این منظور تسریع در اجرای خط دوم انتقال آب از زاینده‌رود به یزد و همچنین تسریع در اجرا و بهره‌برداری از انتقال آب سد بهشت‌آباد به یزد می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

۵-۲-۱۰- توسعه شبکه انتقال آب

انتقال آب از حوضه‌های مجاور یکی از اقدامات اساسی برای تأمین پایدار آب در استان یزد است. به‌منظور گسترش این شبکه و تأمین زیرساخت‌های مناسب و ایجاد تعادل در دسترسی به منابع آب، تجهیز و توسعه شبکه انتقال آب ضروری پیش‌بینی می‌شود.

۵-۲-۱۱- مدیریت هوشمند سامانه آب شهر یزد

ایجاد قابلیت مدیریت هوشمند سامانه آبرسانی می‌تواند بهره‌برداری از آب را متناسب با وضع موجود و کمبود آب در این شهر ایجاد نماید. علی‌رغم پایین بودن میزان آب بدون درآمد در این شهر، با تجهیز شبکه آب به سامانه هوشمند، علاوه بر مدیریت هرچه بهتر عملکردهای عناصر و اجزای آبرسانی، می‌توان از بروز برخی از اعمال مغرضانه، اعم از خرابکاری و ایجاد آلودگی جلوگیری نمود و یا تبعات ناشی از آن‌ها را کاهش داد.

۵-۲-۱۲- مدیریت جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهری

جمع‌آوری اصولی فاضلاب و تصفیه مناسب آن از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی ممانعت نموده و به‌طور غیرمستقیم بر ظرفیت‌های آبرسانی خواهد افزود. نظر به این‌که در حال حاضر ورود فاضلاب‌های خانگی به داخل قنوات موجود در شهر امکان استفاده برخی از آن‌ها را از بین برده است، لذا در صورت ساماندهی جمع‌آوری فاضلاب، می‌توان از ظرفیت‌های سازه‌های تاریخی آبی استفاده بهینه را به‌عمل آورد. از طرفی نیز به‌دلیل استحصال بی‌رویه آب علی‌الخصوص در برخی از میادین بهره‌برداری آب و پایین آمدن تراز آب زیرزمینی در آینده ۵۰ ساله، باعث آلوده شدن منابع آب زیرزمینی خواهد شد که لازم است با مدیریت مناسب سامانه فاضلاب با آن مقابله نمود.

۵-۲-۱۳- تقویت درونی شهر و ممانعت از گسترش افقی آن

یکی از مشکلات موجود در الگوی شهرسازی شهر یزد توسعه افقی آن است که باعث افزایش هزینه طراحی، احداث، بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری زیرساخت‌های شهری می‌شود. زیرساخت آبرسانی شهری نیز ازجمله این زیرساخت‌ها است که به‌دلیل مشکل کمبود آب در این شهر باید موردتوجه قرار گیرد. لازم به ذکر است که تقویت درونی شهر و افزایش تراکم جمعیتی یکی از

راه کارهای مقابله با برخی مشکلات سامانه آب رسانی است.

طرح ها در بهبود نقاط ضعف پرداخته شده است. سپس میزان تأثیر آن ها در نمودارهای ارائه شده در شکل های ۴ تا ۱۱ ارائه شده است.

با توجه به شکل ۱۲ که به طور کلی بهبود مشخصه های منفی سامانه آب رسانی را با به کارگیری طرح های پیشنهادی نشان می دهد، وابستگی به آب انتقالی از زاینده رود بیشتر از سایر مشخصه ها بهبود خواهد یافت و با عملیاتی ساختن طرح های مذکور، تراکم پایین جمعیت و مصرف آب به صورت مجازی، کمترین بهبود را نسبت به دیگر مشخصه های منفی خواهند داشت.

۶- ارزیابی اثرگذاری طرح های پیشنهادی در پایداری سازی آب رسانی شهر یزد

پس از تعیین عوامل منفی و تأثیرگذار بر سامانه آب رسانی شهر یزد و ارائه طرح های پیشنهادی برای بهبود وضعیت حاکم بر آن به دلیل عدم موضوعیت داشتن برخی از طرح ها در پوشش تمامی نقاط ضعف موجود، ابتدا با استفاده از نظر خبرگان حوزه آب رسانی در جدول ۲ به شناسایی اثرگذاری و یا عدم اثرگذاری

جدول ۲- تعیین اثرگذاری طرح های پیشنهادی در بهبود نقاط ضعف حاکم بر سامانه آب رسانی شهر یزد

نماد طرح	مشخصه های منفی وضع موجود	کمیود منابع تأمین آب	منابع زیرزمینی	استفاده بی رویه از	وابستگی به آب انتقالی	وجود تجربه های خشک سالی	مصرف آب به صورت مجازی	گسترش بی رویه شهر	توسعه افقی شهر	تراکم پایین جمعیت
A	ایجاد و تقویت سکونت گاه های شهری جدید	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B	مطالعه به سازی و ساماندهی سامانه آب رسانی سنتی	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C	بازنگری در الگوی شهرسازی یزد	*	*	*	*	*	*	*	*	*
D	توسعه روش های بهینه تولید و بهره برداری از منابع آب	*	*	*	*	*	*	*	*	*
E	توسعه روش های بهینه مصرف آب	*	*	*	*	*	*	*	*	*
F	توسعه بهره برداری از آب های سطحی	*	*	*	*	*	*	*	*	*
G	بهره برداری مناسب از منابع آب زیرزمینی	*	*	*	*	*	*	*	*	*
H	احیا، مرمت و لایروبی قنوات	*	*	*	*	*	*	*	*	*
I	انتقال آب از حوضه های مجاور	*	*	*	*	*	*	*	*	*
J	توسعه شبکه انتقال آب	*	*	*	*	*	*	*	*	*
K	مدیریت هوشمند سامانه آب یزد	*	*	*	*	*	*	*	*	*
L	مدیریت جمع آوری و تصفیه فاضلاب شهری	*	*	*	*	*	*	*	*	*
M	تقویت درونی شهر و ممانعت از گسترش افقی	*	*	*	*	*	*	*	*	*



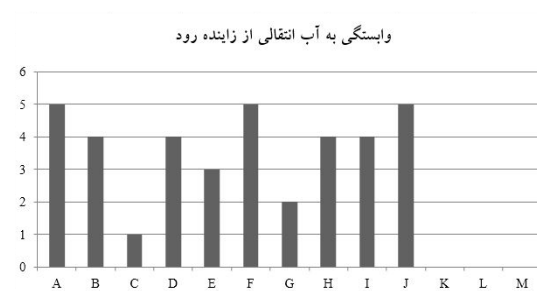
شکل ۵- امتیاز هریک از طرح های پیشنهادی در بهبود استفاده بی رویه از منابع آب زیرزمینی



شکل ۴- امتیاز هریک از طرح های پیشنهادی در بهبود کمیود منابع تأمین آب



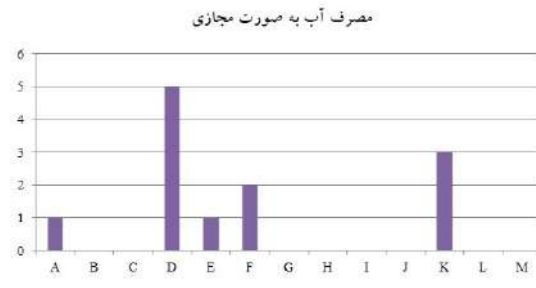
شکل ۷- امتیاز هریک از طرح‌های پیشنهادی در بهبود خشک‌سالی



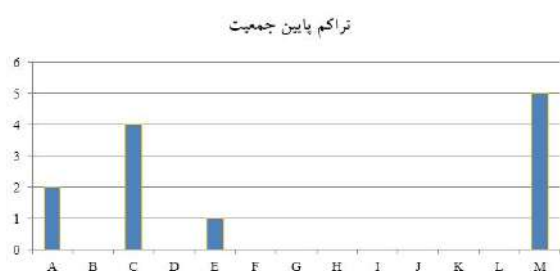
شکل ۶- امتیاز هریک از طرح‌های پیشنهادی در بهبود وابستگی به آب انتقالی



شکل ۹- امتیاز هریک از طرح‌های پیشنهادی در بهبود گسترش بی‌رویه شهر



شکل ۸- امتیاز هریک از طرح‌های پیشنهادی در بهبود مصرف آب مجازی



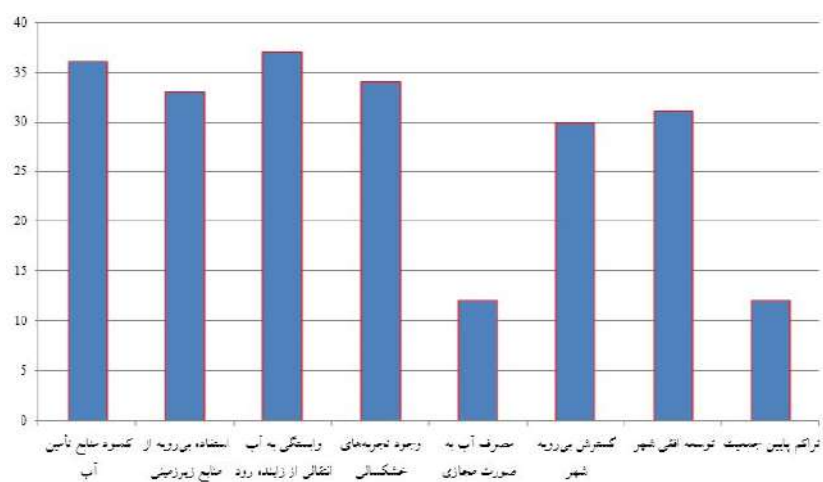
شکل ۱۱- امتیاز هریک از طرح‌های پیشنهادی در بهبود تراکم پایین جمعیت



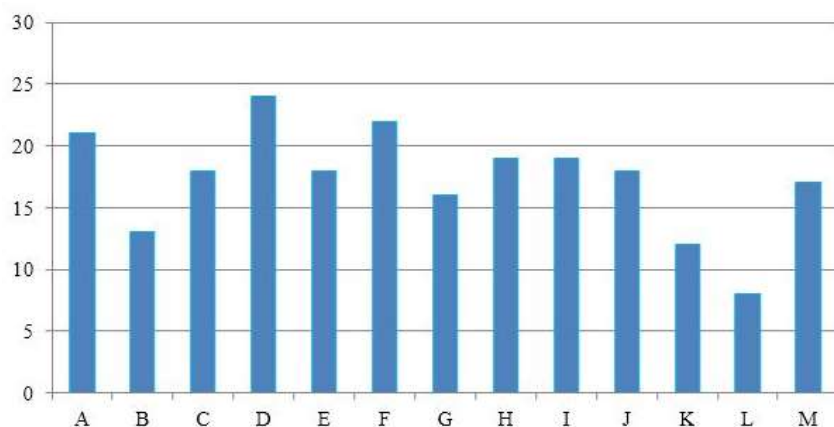
شکل ۱۰- امتیاز هریک از طرح‌های پیشنهادی در بهبود توسعه افقی شهر

نظر به این که طرح‌های پیشنهادی میزان اثرگذاری متفاوتی در بهبود وضعیت آب‌رسانی شهر یزد دارند، هم‌چنین از آن‌جا که امکان عملیاتی نمودن طرح‌های پیشنهادی به‌طور هم‌زمان میسر نخواهد بود، از این‌رو با در نظر داشتن میزان اثرگذاری طرح‌ها، درصد تجمعی آن‌ها در شکل ۱۴ ارائه شده است. این شکل نشان می‌دهد با پیاده‌سازی ۶ راه‌کار نخست با بالاترین امتیازها، بیش از ۵۰ درصد کل امتیازهای راه‌کارها قابل حصول است.

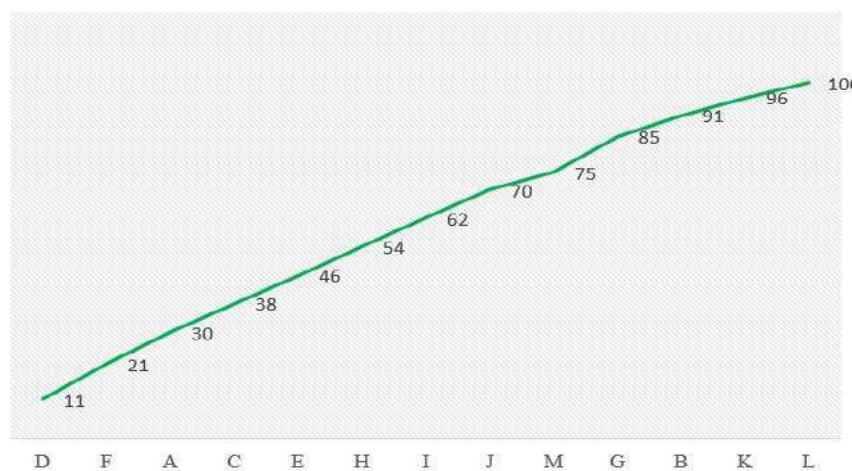
با توجه به نتایج حاصل از شکل‌های ۴ الی ۱۱، امتیاز نهایی هرکدام از طرح‌ها در شکل ۱۳ آورده شده است. مشاهده می‌شود که توسعه روش‌های بهینه تولید و بهره‌برداری از منابع آب، بیشترین امتیاز را در بهبود وضعیت موجود شهر یزد به خود اختصاص داده است. همچنین مدیریت جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب علی‌رغم داشتن تأثیر در افزایش کیفیت آب‌های زیرزمینی، نسبت به سایر طرح‌های پیشنهادی از کمترین اثرگذاری برخوردار است.



شکل ۱۲- میزان بهبود مشخصه‌های منفی با پیاده‌سازی طرح‌های پیشنهادی



شکل ۱۳- میزان اثرگذاری طرح‌های پیشنهادی در بهبود وضعیت موجود آب‌رسانی شهر یزد



شکل ۱۴- درصد تجمعی تأثیر طرح‌های پیشنهادی در بهبود وضعیت موجود آب‌رسانی شهر یزد

۷- نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از سامانه آبرسانی سنتی که زیرساخت آن در شهرهای مختلف استان یزد وجود دارد، از آن جهت دارای اهمیت است که فرآیند آبرسانی در آن به صورت ثقلی بوده و وابستگی به انرژی حاصل از برق وجود ندارد. از طرفی آبنماهای موجود در سطح شهر می‌توانند به عنوان مخازن آب اضطراری در شرایط وقوع بحران‌های ناشی از تهدیدات انسان‌ساخت و یا حتی برخی از رخداد‌های طبیعی قابل استفاده باشند. ناگفته نماند استفاده از قنوات قابل بهره‌برداری و یا قنوات قابل احیا با انتقال طبیعی آب از اطراف به داخل شهر باعث کاهش هزینه‌های ناشی از طراحی و اجرای خطوط انتقال نیز خواهد شد. همچنین با ایجاد مخازن بتنی در مسیر قنوات می‌توان از ظرفیت سامانه آبرسانی سنتی در سامانه مدرن استفاده نمود. بدیهی است که بهره‌گیری از اجزای سامانه آبرسانی سنتی موجود در استان یزد، استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی و وابستگی به آب انتقالی از زاینده‌رود که به عنوان یکی از مشکلات اساسی وضعیت موجود آبرسانی یزد محسوب می‌شود کاهش می‌یابد، ثقلی بودن آبرسانی سنتی و زیرزمینی بودن اجزای آن، پایداری آبرسانی را در شرایط اضطراری فراهم خواهد آورد.

نتایج حاصل از این مقاله نشان می‌دهد طرح‌های پیشنهادی قابلیت پایداری سامانه آبرسانی را خواهند داشت. اما نظر به این که طرح‌های ارائه شده در بهبود تمامی نقاط ضعف اثرگذار نبودند، از این رو ابتدا به تعیین تأثیر و یا عدم تأثیر آن‌ها در برطرف نمودن مشکلات پرداخته شد. سپس میزان تأثیر آن‌ها ارزیابی شد. در شکل‌های ۴ تا ۱۱ میزان بهبود هریک از مشخصه‌های منفی با پیاده‌سازی طرح‌های پیشنهادی نشان داده شد. شکل ۱۲ نشان داد که طرح‌های ارائه شده برای افزایش پایداری در آبرسانی شهر یزد در خصوص استفاده از آب‌های مجازی و تراکم پایین جمعیت کمترین کارایی را داشته و در مقابل، کمبود منابع آب در این شهر و وابستگی سامانه آبرسانی یزد به زاینده‌رود را بیشتر از سایر خصیصه‌های منفی پوشش می‌دهد. به طور کلی با عملیاتی نمودن طرح‌های (توسعه روش‌های بهینه تولید و بهره‌برداری از منابع آب، توسعه بهره‌برداری از آب‌های سطحی، ایجاد و تقویت سکونت‌گاه‌های شهری جدید، بازنگری در الگوی شهرسازی یزد، توسعه

روش‌های بهینه مصرف آب و احیا و مرمت و لایروبی قنوات) تأثیر مثبت حدوداً ۵۴ درصدی به وضعیت موجود خواهد گذاشت. لازم به ذکر است باید‌ها و نبایدهای هر کدام از طرح‌های پیشنهادی در این مقاله و امکان‌سنجی آن‌ها باید در تحقیقات آتی توسط نهادهای مربوطه و همچنین محققین این حوزه مورد توجه قرار گرفته و نتایج دقیق‌تر و کاربردی‌تری ارائه شود.

۸- تشکر و قدردانی

در راستای انجام پژوهش حاضر از همکاری‌های بی‌دریغ مسئولین محترم استان یزد نهایت تشکر و قدردانی را اعلام می‌داریم. برای این منظور از آقایان مهندس محمدصادق طهماسبی (مدیرکل محترم پدافند غیرعامل استانداری یزد)، دکتر علی‌اصغر سمسار یزدی (مدیرعامل اسبق آب منطقه‌ای یزد)، مهندس رضا اشتر زاده (مدیر محترم دفتر مدیریت بحران و پدافند غیرعامل آب و فاضلاب شهری یزد)، مهندس محمدحسین اسماعیلی (مدیر محترم دفتر بهره‌برداری آب و فاضلاب یزد) و مهندس مجید لباف خانیکی (پژوهشگر مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی) سپاسگزاری می‌نماییم.

۹- مراجع

- باستانی پاریزی، م.ا.، (۱۳۴۶)، *آسیاب هفت رنگ*، نشر دانش، تهران.
- پاپلی یزدی، م.ح.، (۱۳۸۴)، «آسیاب‌هایی که با آب قنات کار می‌کنند»، *مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی*، دانشگاه فردوسی مشهد.
- پیری حور، ح.، (۱۳۹۶)، «الگوی طراحی شبکه آبرسانی شهری برای تأمین پایدار آب در برابر تهدیدات با تأکید بر محله محوری، مطالعه موردی: آب و فاضلاب منطقه ۵ شهر تهران»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.
- خزاعی، ح.ر.، (۱۳۹۴)، *سازه‌های آبی شگفت‌انگیز قاین*، انتشارات ماه جان، مشهد.
- ساکت یزدی، ع.، امیدواری، س.، و حاتمی تاجیک، م.، (۱۳۹۴)، «بررسی تأثیر قنات بر شکل‌گیری الگوهای آسیاب آبی، نمونه موردی: آسیاب‌های یزد»، اولین همایش ملی توسعه پایداری شهری، تهران.
- سعیدی، ع.، (۱۳۸۶)، «آبیاری: سهم ایرانیان در برپایی تمدن

سکونت‌گاهی»، پیک نو، ۵(۲)، تهران.

سمسار یزدی، ع.ا.، و لباف خانیکی، م.، (۱۳۹۳)، قنات زارچ یزد، انتشارات شاهنده، یزد.

قاضی زاده، ع.، (۱۳۸۷)، «ارزیابی اجزای سامانه آبرسانی از دیدگاه پدافند غیرعامل»، دومین همایش ملی آب و فاضلاب، تهران

گویلو، ه.، (۱۳۷۱). قنات فنی برای دستیابی به آب، ترجمه سروقد مقدم و اوایللی یزدی، معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی، مشهد.

مرتضوی مهدی آبادی، س.م.، و باقری، م.، (۱۳۸۲)، «تکنولوژی آبرسانی کویر: قنات و آب ایران»، دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران، تهران.

معاون نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۹۲)، «ضوابط سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی»، نشریه ۱۱۷-۳ (بازنگری اول)، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، وزارت نیرو.

Prediction of Iran's Water Resources by Singular Spectrum Analysis Approach

Ramin Khochiani* and Reza Maaboudi

Assistant Professor of Economics, Ayatullah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran.

* Corresponding Author, Email: khochiany@abru.ac.ir

Received: 25/07/2018

Revised: 8/11/2018

Accepted: 10/11/2018

Abstract

According to the severe shortage of water resources in Iran, water resources forecast is one of the most important issues in the national policies. The purpose of this study was to evaluate the efficiency of the Singular Spectrum Analysis model in forecasting the amount of groundwater resources in Iran versus ARIMA model. Singular spectrum analysis is a method which is suitable for analysis of nonlinear and stationary time series. For this purpose, water resources time series from 1983 to 2015 were used annually and the short-term and medium-term forecasts obtained from the two models were compared. According to the results, the SSA method was able to perform better in short and medium term predictions compared to the ARIMA model. Correspondingly the results showed 70% improvement in prediction of one step ahead up to 88% improvement in prediction of 3 steps ahead.

Keywords: ARIMA Model, Forecast, Groundwater, Single Spectrum Analysis.

پیش‌بینی میزان منابع آب ایران با رویکرد تحلیل طیف تکین

رامین خوجیانی* و رضا معبودی

استادیار اقتصاد دانشگاه آیت الله العظمی بروجردی (ره)،
بروجرد، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: khochiany@abru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۳

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۱۹

چکیده

با توجه به کمبود شدید منابع آبی در ایران، پیش‌بینی میزان منابع آب از جمله مهم‌ترین بحث‌های سیاست‌گذاری کلان کشور است. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی کارایی روش تحلیل طیف تکین در پیش‌بینی میزان منابع آب زیرزمینی در ایران در مقابل روش سری زمانی خطی ARIMA است. تحلیل طیف تکین روشی است که برای تحلیل سری‌های زمانی غیر خطی و ناماننا، مناسب است. به همین منظور از سری زمانی منابع آب از ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۴ به صورت سالانه استفاده و پیش‌بینی‌های کوتاه مدت و میان‌مدت به دست آمده از دو مدل با یکدیگر مقایسه شد. با توجه به نتایج ارائه شده روش SSA توانسته عملکرد بهتری در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت در مقایسه با مدل ARIMA داشته باشد. به طوری که از ۷۰ درصد بهبود در پیش‌بینی یک گام به جلو تا ۸۸ درصد بهبود در پیش‌بینی ۳ گام به جلو مشاهده می‌شود.

کلیدواژه: تحلیل طیف تکین، مدل ARIMA، پیش‌بینی،
منابع آب زیرزمینی

و در پی آن کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و خشک شدن آب‌های سطحی رقابت بر سر استفاده از منابع آب شدیدتر و تخصیص بهینه آب بین متقاضیان متعدد بسیار پیچیده شده‌است. در سال ۲۰۰۷ برای اولین بار مقدار برداشت منابع آب برای کل کره زمین بیش از توانایی ارائه آب از طریق منابع تجدیدپذیر شد (Gorbachev, 2009).

هدف از پژوهش حاضر، استفاده از روش تحلیل طیف تکین (SSA) برای پیش‌بینی میزان منابع آب در ایران و مقایسه این روش با مدل ARIMA به‌عنوان یک مدل رقیب است. لازم به ذکر است که این روش در مطالعه‌های اقتصادی و زیست محیطی در ایران بسیار کم مورد استفاده قرار گرفته است. روشی نسبتاً جدید برای تحلیل و پیش‌بینی سری زمانی است و نسبت به برخی از روش‌های پیش‌بینی دارای مزایایی است که کتاب‌ها و مقالات مختلفی تاکنون به آن پرداخته‌اند (Elsner and Tsonis, 1996; Golyandina et al., 2001; Golyandina and Zhigljavsky, 2013). حوزه کاربردهای SSA بسیار گسترده است. از ریاضیات و فیزیک تا اقتصاد و ریاضیات مالی، از هواشناسی و اقیانوس‌شناسی تا علوم اجتماعی و تحقیقات بازار، از تجزیه ناپارامتریک سری زمانی تا تخمین پارامترها و پیش‌بینی سری‌های زمانی. ساختار این پژوهش به این ترتیب خواهد بود که در بخش دوم پیشینه پژوهش ارائه می‌شود. بخش سوم به مبانی نظری پژوهش اختصاص دارد. مدل‌سازی اقتصادسنجی در بخش چهارم صورت خواهد گرفت. برآورد مدل در بخش پنجم ارائه خواهد شد و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی ارائه می‌شود.

۲- پیشینه پژوهش

تاکنون روش‌های بسیار زیادی برای پیش‌بینی میزان منابع آب زیرزمینی استفاده شده است. این روش‌ها هم پارامتریک و هم ناپارامتریک هستند، از جمله مدل‌های سری زمانی خطی و غیرخطی، مدل‌های تصادفی و ... اما در این پژوهش از روش تحلیل طیف تکین (SSA) برای پیش‌بینی میزان منابع آب زیرزمینی در ایران استفاده شده است. SSA روشی است که برای تحلیل سری‌های زمانی غیرخطی و نامانای مناسب است. این روش در ابتدا توسط Broomhead and King (1986) مطرح شد. SSA در مطالعات و پیشبرد اهداف زیر موفق عمل

پیش‌بینی میزان منابع آب در ایران از جمله مهم‌ترین بحث‌های سیاست‌گذاری کلان کشور است. چرا که مسئله کم آبی و تخصیص بهینه آن در ایران و مخصوصاً در فلات مرکزی ایران بسیار پیچیده است. منابع آب شیرین کره زمین بخش کوچکی از کل ذخایر آب سطح کره زمین را تشکیل می‌دهد (حدود ۲/۵ درصد). در این میان، بدون یخچال‌های قطبی، تنها حدود ۰/۸ درصد (کمتر از یک درصد) از کل منابع آب موجود در کره زمین، شیرین و قابل استفاده است که عمده آن را منابع آب زیرزمینی تشکیل می‌دهد (Foster and Loucks, 2006). حجم منابع آب زیرزمینی شیرین کره زمین حدود ۱۰ میلیون کیلومتر مکعب است، یعنی دو برابر آب تجدیدپذیر سالانه کره زمین که از بارش‌ها حاصل می‌شود (اندیشکده تدبیر آب ایران، ۱۳۹۳). با توجه به رشد جمعیت در ایران سرانه منابع آب تجدید شونده سالانه که در سال ۱۳۳۵، ۷۰۰۰ مترمکعب بوده، در سال ۱۳۷۵ به ۲۰۰۰ مترمکعب، در سال ۱۳۹۰ به ۱۷۰۰ مترمکعب و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۰ به حدود ۸۰۰ مترمکعب کاهش یابد که پایین‌تر از مرز کم آبی ۱۰۰۰ مترمکعب است (جفره و عزیزاده، ۱۳۸۹).

مصرف سرانه منابع آب زیرزمینی در مقایسه با سایر منابع بسیار بیشتر است. میانگین بارش سالانه در ایران با یک توزیع غیریکنواخت گسترده، ۲۵۰ میلی‌متر است که یک سوم میانگین جهانی است (وزارت نیرو، ۱۳۹۲). در ایالات متحده ارزش هر مترمکعب آب زیرزمینی دو برابر ارزش آب سطحی است (جلیلی، ۱۳۹۶). آب زیرزمینی تجدیدپذیر حدود ده هزار کیلومتر مکعب در سال است (نزدیک به یک چهارم کل آب تجدید شونده) که ۲۰ درصد آن با منشاء نفوذ مستقیم بارش و ۸۰ درصد حاصل نفوذ جریان‌ات آب سطحی است. این منابع که بخشی از چرخه آب در زمان حاضر را تشکیل می‌دهد نسبت به حجم آب زیرزمینی که در یک دوره طولانی در اعماق چند هزارمتری سطح زمین ذخیره شده‌اند، بسیار اندک است (یعنی ۰/۱ درصد کل ذخایر آب زیرزمینی). بنابراین، فقط بخش بسیار کوچکی از حجم کل ذخایر آب زیرزمینی در هر سال تجدید می‌شود. این موضوع سراسرترین پاسخی است که به معمای منابع آب زیرزمینی "عظیم اما محدود"، می‌توان داد (اندیشکده آب ایران، ۱۳۹۳). در دهه اخیر با ریزش‌های جوی

کرده است. هموارسازی داده‌های طولی و سری‌های زمانی، استخراج روند تغییرات سری‌های زمانی، پیش‌بینی سری‌های زمانی، برآورد داده‌های گمشده و تشخیص نقطه تغییر در سری زمانی.

Beneki and Yarmohammadi (2014) با استفاده از SSA، جزء روند و نوسانات اقتصادی را استخراج کرده و آن را در بررسی سری‌های زمانی درآمد گردشگری در بریتانیا استفاده کردند. همچنین Fenghua et al. (2014) در مقاله‌ای با عنوان پیش‌بینی قیمت سهام بر پایه مدل SVM-SSA نشان دادند که ترکیب مدل‌های تحلیل طیف تکین و ماشین بردار پشتیبان می‌تواند عملکرد بهتری در پیش‌بینی قیمت سهام نسبت به سایر مدل‌های رقیبی همچون EEMD-SVM داشته باشد.

Hassani (2007) عملکرد روش SSA را با پیش‌بینی مرگ و میر تصادفی ماهانه در آمریکا بررسی کرد. نتایج به‌دست آمده با نتایج روش‌های SARIMA باکس-جنکینز، الگوریتم ARIMA و الگوریتم هولت و نیستر مقایسه کرده است. نتایج نشان می‌دهد که روش SSA پیش‌بینی بسیار دقیق‌تری را نسبت به دیگر روش‌های ذکر شده ارائه می‌دهد.

دهنوی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از دو روش SSA و ARIMA به پیش‌بینی مصرف حامل‌های انرژی در خلال سال‌های پس از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها پرداخته و نتیجه گرفتند که دقت پیش‌بینی SSA به مراتب بیشتر از ARIMA است. میرزاجانی بجستانی و ارمز (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان تحلیل مجموعه مقادیر تکین: مطالعه موردی بهای سکه، به پیش‌بینی قیمت سکه در بازه فروردین ۱۳۹۱ تا آبان ۱۳۹۲، با استفاده از SSA پرداختند. در این مقاله، این روش، تشریح و ویژگی‌های آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. یارمحمدی و محمودوند (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان پیش‌بینی نرخ ارز با استفاده از روش تحلیل مجموعه مقادیر تکین، از روش SSA برای پیش‌بینی نرخ روزانه دلار به ریال در بازه زمانی تیر ۱۳۹۲ تا شهریور ۱۳۹۴ استفاده کردند. برای ارزیابی کیفیت مدل ارائه شده از مدل ARIMA به‌عنوان یک مدل رقیب استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که SSA می‌تواند به‌عنوان یک روش توانمند برای این منظور به کار گرفته شود.

روش SSA یا روش تحلیل طیف تکین جزء روش‌های مبتنی بر برون‌یابی و از نوع ناپارامتری است. می‌توان به ویژگی‌های این تحلیل در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی پارامتریک و

ناپارامتریک، به شرح زیر اشاره کرد:

الف) نیازی به مانایی سری زمانی نیست؛

ب) برای اندازه‌های نمونه کوچک نیز به‌خوبی کار می‌کند؛

ج) دقت آن در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت مطلوب است؛

د) سری‌های زمانی واقعی اغلب با داده‌های گمشده توأم هستند که می‌توانند مانع تحلیل شده و نتایج را تورش‌دار کنند. با استفاده از روش SSA روش‌های مختلفی برای جایگزین کردن داده‌های گمشده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳- روش پژوهش

در این بخش برای آشنایی مختصر، روش تحلیل طیف تکین معرفی شده و سپس برای پیش‌بینی میزان منابع آب از آن استفاده می‌شود.

۳-۱- روش SSA

SSA سری‌های اصلی را به مجموعه‌ای کوچک‌تر از اجزای تفسیرپذیر مانند روند اجزای نوسانی و نوفه بدون ساختار، براساس تجزیه مقادیر تکین ماتریس ویژه ساخته شده بر روی سری زمانی، تجزیه می‌کند. این روش مستقل از مدل است، یعنی نیازی به وجود شرایط مانایی و مدل پارامتری خاصی نیست تحلیل طیف تکین دو مرحله تجزیه و بازسازی دارد. این دو گام مجزا از یکدیگر و در جهت تشریح جزئی سری زمانی صورت می‌گیرد. تجزیه سری زمانی الگوریتم تحلیل SSA خود شامل دو مرحله الف) نشانیدن^۱ و ب) تجزیه مقدار تکین^۲ است و بازسازی نیز شامل دو مرحله الف) گروه‌بندی و ب) میانگین‌گیری قطری است.

برای توضیح بیشتر یک سری زمانی با طول N را در نظر بگیرید. فرض کنید L که طول پنجره نامیده می‌شود به‌صورت $L(1 < L < N)$ باشد و $K=N-L+1$.

۳-۱-۱- مرحله اول: تجزیه

۳-۱-۱-۱- گام اول از مرحله اول نشانیدن

در این مرحله، باید ماتریس مسیر تشکیل شود. برای تشکیل ماتریس مسیر، باید سری زمانی اصلی با نگاهی به سری چند بعدی انتقال داده شود. ماتریس مسیر زیر تشکیل می‌شود

(رابطه (۱)). در این ماتریس L طول پنجره و $1 < L < N$ که $K = N - L + 1$

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_K] = \begin{pmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_K \\ X_2 & X_3 & \dots & X_{K+1} \\ X_3 & X_4 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & X_N \end{pmatrix} \quad (1)$$

ماتریس فوق یک ماتریس Hankel است. بدین معنا که همه مولفه‌های $i+j$ مقداری ثابت دارند. اعضای روی قطر اصلی مساوی و تمامی مولفه‌های روی قطرهای فرعی نیز با هم برابرند.

۳-۱-۱-۲- گام دوم: تجزیه مقدار تکین (SVD)

ماتریس مسیر براساس مقادیر ویژه تجزیه می‌شود. بر این اساس ماتریس X به L مولفه افزای می‌شود. هرکدام از این زیرماتریس نیز به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$H_i = U_i U_i' H \quad , \quad i = 1, 2, \dots, L \quad (2)$$

که بردارهای L بعدی U_i همان بردارهای ویژه ماتریس مربع HH' هستند.

۳-۱-۲- مرحله دوم بازسازی

۳-۱-۲-۱- گام اول: گروه‌بندی

حال ماتریس H که به L زیرماتریس افزای شده است، به دو گروه سیگنال شامل r زیرماتریس و نوفه شامل $L-r$ زیرماتریس تقسیم می‌شود.

۳-۲-۱-۲- گام دوم: میانگین‌گیری قطری

با استفاده از میانگین‌گیری قطری بر روی قطرهای فرعی، ماتریس گروه سیگنال به یک ماتریس Hankel تبدیل می‌شود. علت تبدیل ماتریس گروه سیگنال به ماتریس Hankel، تبدیل آن به سری زمانی یک بعدی و عکس‌العمل تجزیه ماتریس است. میانگین‌گیری قطری ساده‌ترین راه برای تبدیل ماتریسی به ماتریس Hankel است. سری هموار شده از ماتریس سیگنال تبدیل شده به Hankel به دست می‌آید. این سری هموار شده $\hat{X} = [\hat{X}_1, \hat{X}_2, \dots, \hat{X}_K]$ نامیده می‌شود. در نهایت سطر آخر

r ستون اول از ماتریس ویژه بردارهای حاصل از اجرای SVD روی سطرهای قبلی آن رگرسی شده و بردار ضرایب به دست آمده $A = [a_1, a_2, \dots, a_{L-1}]$ نامیده می‌شود (رابطه (۳)).

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_{L-1}] = \frac{1}{1 - V^2} \sum_{i=1}^2 u_{i,L} U_i^T \quad (3)$$

که U_i^T ، $L-1$ مولفه اول بردار ویژه u_i است و

$$V^2 = \sum_{i=1}^r u_{i,L}^2 \quad (4)$$

۳-۱-۳- مرحله سوم پیش‌بینی

در نهایت مقدار پیش‌بینی سری از فرمول بازگشتی زیر (رابطه (۵)) محاسبه می‌شود.

$$\hat{y}_{N+H} = \hat{a}_1 \hat{y}_{N+H-1} + \hat{a}_2 \hat{y}_{N+H-2} + \dots + \hat{a}_{L-1} \hat{y}_{N+H-L+1} \quad (5)$$

$$h = 1, 2, \dots$$

همان گونه که ملاحظه می‌شود روش SSA روش اتورگرسیوی است که به جای سری زمانی اصلی از سری زمانی هموار شده در معادله پیش‌بینی استفاده می‌کند. البته از آنجایی که مقادیر هموار شده، تابعی غیرخطی از سری زمانی اصلی هستند، این روش غیرخطی است.

۳-۲- روش ARIMA

با ترکیب یک فرایند میانگین متحرک و یک معادله تفاضلی خطی یک مدل "اتورگرسیو میانگین متحرک" حاصل می‌شود. معادله تفاضلی مرتبه P ام زیر را در نظر بگیرید:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + x_t \quad (6)$$

حال فرض کنید $\{x_t\}$ فرایند میانگین متحرکی مطابق رابطه (۷) باشد.

$$x_t = \sum_{i=0}^q \beta_i \varepsilon_{t-i} \quad (7)$$

بدین ترتیب رابطه (۸) به دست می‌آید:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i \varepsilon_{t-i} \quad (8)$$

در جدول ۱ ارائه شده است.

۴-۲- برآورد مدل

در این روش دو پارامتر مهم L و r باید انتخاب و تعیین شوند. اولین گام در تحلیل طیف تکین، تعیین L در مرحله تجزیه است. در برخی مطالعات، عنوان شده است که مقدار L هرچه قدر بزرگتر باشد بهتر است. در پژوهش حاضر با توجه به این که تعداد ۳۰ داده در مدل سازی استفاده شده است (با توجه به این که کل داده ها ۳۳ بوده است، ۳ داده انتهای سری زمانی برای اعتبارسنجی مدل پیش بینی استفاده شد)، طول پنجره $L=15$ انتخاب شده است. لازم به ذکر است که پکیج RSSA در برنامه R به طور اتوماتیک طول پنجره را ۱۵ انتخاب کرده است. برای تعیین پارامتر r نیز می توان از سهمی که مولفه ها از کل تغییرات سری دارند استفاده کرد. در این پژوهش با آزمون r های مختلف و به دست آوردن پیش بینی های متفاوت، مقداری انتخاب شد که خطای پیش بینی به حداقل ممکن برسد. با توجه به این موضوع مقدار $r=8$ انتخاب شد. بنابراین با انتخاب پارامترهای L و r و تعداد ۳۰ داده، منابع آب زیرزمینی مدل سازی و ۳ گام به جلو پیش بینی شد.

برای ارزیابی کیفیت روش SSA، مدل ARIMA را به عنوان یک مدل خطی رقیب در نظر بگیرید. با استفاده از نرم افزار Eviews9 می توان، بهترین مدل ARIMA را به صورت اتوماتیک به دست آورد. براساس نتایج حاصله از خروجی نرم افزار Eviews9 بهترین مدل پیشنهاد شده مدل $ARIMA(2,1,0)$

واحدها به نحوی نرمال می شود که β_0 همواره مساوی ۱ باشد. اگر همه ریشه های مشخصه معادله فوق درون دایره واحد جای داشته باشند، $\{y_t\}$ را یک مدل اتورگرسیو میانگین متحرک (ARMA) گویند. قسمت اتورگرسیو مدل عبارت است از معادله تفاضلی و یا بخش همگن معادله و قسمت میانگین متحرک، نیز دنباله $\{x_t\}$ است. اگر جزء همگن معادله تفاضلی دارای P وقفه و تعداد وقفه های مدل x_t برابر با q باشد، در این صورت مدل ARMA مذکور را یک مدل $ARMA(p,q)$ گویند. اگر $q=0$ باشد در این صورت فرایند ARMA را یک فرایند اتورگرسیو خالص گویند که با $AR(p)$ نشان داده می شود. اگر $p=0$ باشد، فرایند مذکور یک فرایند میانگین متحرک خالص است که با $MA(q)$ نشان داده می شود. در یک مدل ARMA ممکن است p, q و یا هر دو آنها بی نهایت باشد. اگر تمام ریشه های مشخصه درون دایره واحد جای نداشته باشد و یکی و یا بیشتر از ریشه های مشخصه معادله بزرگتر یا مساوی یک باشد، دنباله $\{y_t\}$ را یک فرایند هم جمع ARIMA می نامند.

۴- یافته های پژوهش

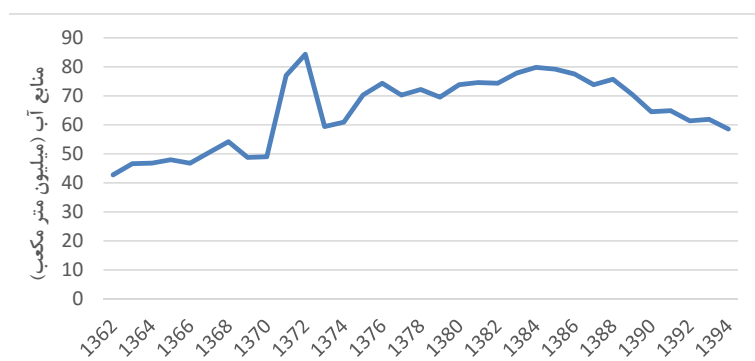
۴-۱- توصیف داده ها

در پژوهش حاضر، برای پیش بینی منابع آب زیرزمینی در کشور از داده های منابع آب زیر زمینی از سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۴ با تواتر سالانه که از وبگاه مرکز آمار ایران استخراج شده است؛ استفاده شده است. همچنین آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

جدول ۱- توصیف داده های پژوهش

متغیر	میانگین	انحراف معیار
مصرف منابع آب زیرزمینی (میلیون متر مکعب)	۶۵/۲۸	۱۲/۱۱۹

* نکته: داده ها تواتر سالانه دارند



شکل ۱- سری زمانی مصرف منابع آب زیرزمینی

است. با توجه به خروجی، سری زمانی با یک بار تفاضل‌گیری مانا می‌شود. پس از مانایی و سپس انتخاب وقفه‌های بهینه اتورگرسیون، پیش‌بینی انجام شد.

۳-۴- بحث

در جدول ۲ مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی توسط دو مدل تحلیل طیف تکین و مدل خطی ARIMA برای مقایسه آورده شده است.

نتایج دقت مدل‌سازی و پیش‌بینی توسط هر دو مدل در جدول ۳ ارائه شده است. سعی شده تا با پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت، قدرت مدل‌ها ارزیابی و مقایسه شوند.

بنابراین از پیش‌بینی یک تا سه گام به جلو استفاده شده است. همان‌طور که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، پیش‌بینی از طریق تحلیل طیف تکین، در تمام گام‌های پیش‌بینی عملکرد بهتری داشته است. به عبارت دیگر روش SSA قادر است بهبود قابل‌توجهی در پیش‌بینی مشاهدات آتی نسبت به مدل ARIMA برحسب معیار MSE فراهم کند، به‌طوری که از ۷۰ درصد بهبود در پیش‌بینی یک گام به جلو تا ۸۸ درصد بهبود در پیش‌بینی سه گام به جلو مشاهده می‌شود.

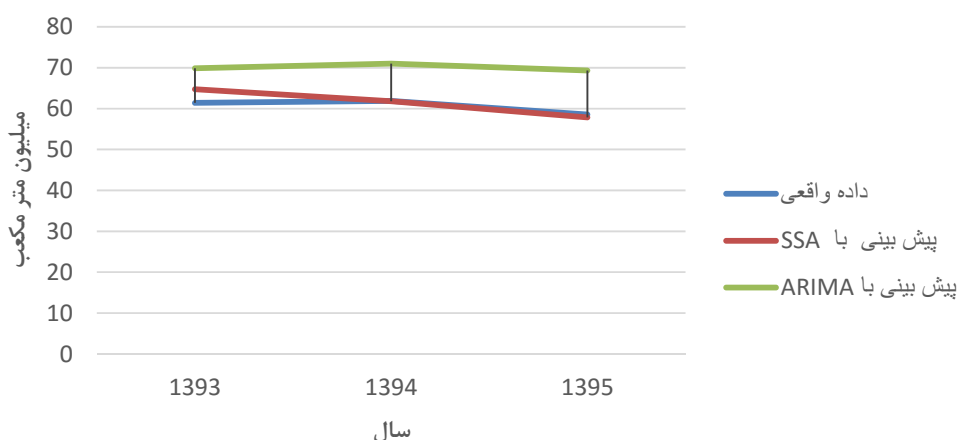
اکنون پیش‌بینی در سه سال آینده و خارج از نمونه انجام می‌شود. یعنی برای سالهای ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، منابع آب

جدول ۲- مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی منابع آب زیر زمینی در سه سال مطالعه شده

سال	مقدار واقعی (برحسب میلیون متر مکعب)	پیش‌بینی توسط SSA (برحسب میلیون متر مکعب)	پیش‌بینی توسط ARIMA (برحسب میلیون متر مکعب)
۱۳۹۲	۶۱/۴۰۷	۶۴/۷۵۹۹۱	۶۹/۸۸۳۶۴
۱۳۹۳	۶۱/۹۰۴	۶۱/۸۰۲۲	۷۰/۹۷۵۹۹
۱۳۹۴	۵۸/۵۶۸	۵۷/۸۵۰۸۴	۶۹/۲۹۷۱

جدول ۳- مقایسه توانایی مدل SSA و مدل ARIMA در برازش و پیش‌بینی میزان منابع آب زیرزمینی براساس معیار MSE

گام پیش‌بینی	خطای SSA	خطای ARIMA	درصد بهبودی مدل SSA نسبت به ARIMA
یک	۱۱/۲۴۲۰۱	۷۱/۸۵۳۴۳	۷۰/۸
دو	۵/۶۲۶۱۸۴	۷۷/۰۷۷۲۱	۷۶/۰۷
سه	۳/۹۲۲۲۲۹	۸۹/۷۵۶۰۱	۸۸/۷۵



شکل ۲- مقایسه دو مدل SSA و ARIMA با داده‌های واقعی منابع آب زیرزمینی

زیرزمینی برآورد می‌شود. از همان الگوریتم بازگشتی استفاده می‌شود. در جدول ۴، نتایج برآورد میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی برای سه سال آینده با روش تحلیل طیف تکین ارائه شده است.

جدول ۴- مقادیر پیش‌بینی منابع آب زیر زمینی در سه سال آینده توسط SSA

سال	مقدار پیش‌بینی (برحسب میلیون متر مکعب)
۱۳۹۵	۵۳/۱۲۱۶
۱۳۹۶	۴۸/۷۳۳۶
۱۳۹۷	۴۳/۸۳۱۷

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، کارایی روش تحلیل طیف تکین در پیش‌بینی میزان منابع آب زیرزمینی در ایران در مقابل روش سری زمانی خطی ARIMA مورد ارزیابی قرار گرفت، تا لزوم اتخاذ سیاست‌های جدید و تصمیم‌گیری برای مدیریت این منابع آشکار شود. بدین منظور از مدل مجموعه مقادیر تکین استفاده شد. به‌همین منظور از سری زمانی منابع آب از ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۴ به‌صورت سالانه استفاده شد و پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت به‌دست آمده از دو مدل با یکدیگر مقایسه شد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول‌های ۲ و ۳، روش SSA توانسته عملکرد بهتری در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت در مقایسه با مدل ARIMA داشته باشد. به‌طوری که از ۷۰ درصد بهبود در پیش‌بینی یک گام به جلو تا ۸۸ درصد بهبود در پیش‌بینی ۳ گام به جلو مشاهده می‌شود. در مرحله بعد، پیش‌بینی در سه سال آینده (خارج از نمونه) با روش تحلیل طیف تکین انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که در سال‌های آتی منابع آب زیرزمینی به شدت کاهش می‌یابد.

نتایج نشان داد که اگر روند کنونی بهره‌برداری از این آب‌ها ادامه یابد، سطح آب‌های زیرزمینی طی سال آینده حدود ۱۵ میلیون مترمکعب کاهش می‌یابد و به‌طور قطع، نزولات جوی با ادامه روند بهره‌برداری کنونی نمی‌تواند به افزایش سطح این آب‌ها کمک نماید. لذا با توجه به اهمیت بسیار زیاد آب‌های زیرزمینی، به‌منظور جلوگیری از کاهش هر چه بیشتر سطح این آب‌ها باید به‌دنبال راه‌کارهای جدید بود و ادامه روند کنونی بهره‌برداری به نابدی این منابع می‌انجامد.

۶- پیشنهادها

مدل SSA می‌تواند در پیش‌بینی انواع سری‌های زمانی کاربرد داشته باشد. به‌طوری که یکی از مزیت‌های مهم این مدل نسبت به مدل‌های رقیب، کارایی قابل‌توجه آن در پیش‌بینی‌های سری‌های زمانی با طول سری نسبتاً کم است. بنابراین می‌تواند در پیش‌بینی سری‌های زمانی که به‌صورت سالانه وجود دارد نیز عملکرد خوبی داشته باشد. هم‌چنین به پژوهشگران توصیه می‌شود که برای پژوهش‌های آتی، استفاده از الگوریتم‌های مختلف غیر از الگوریتم بازگشتی^۳ در تحلیل طیف تکین (که در این مقاله از این نوع الگوریتم استفاده شد) و مقایسه توانمندی الگوریتم‌های مختلف در پیش‌بینی و مدلسازی مدنظر قرار گیرد.

۷- پی‌نوشت‌ها

- 1- Embedding
- 2- Singular Value Decomposition
- 3- Recurrent

۸- مراجع

- اندیشکده تدبیر آب ایران، (۱۳۹۳)، *آشنایی با منابع آب زیرزمینی*، اتاق بازرگانی، صنایع و معادن و کشاورزی کرمان.
- جفره، م. و عزیزاده، س. (۱۳۸۸)، "بررسی نقش بازار در تخصیص بهینه منابع آب"، *علوم/اقتصادی*؛ ۲(۸)، ۷۹-۹۵.
- جلیلی کامجو، پ. (۱۳۹۵)، "کاربرد نظریه طراحی مکانیسم و نظریه تطبیق در طراحی بازار آب: رویکرد نهادی"، *مجله اقتصاد و الگوسازی*، ۷(۲۶)، ۱۲۱-۱۳۸.
- جلیلی کامجو، پ. و خوش اخلاق، ر. (۱۳۹۵)، "استفاده از نظریه بازی‌ها در تخصیص بهینه آب در زاینده‌رود"، *مجله مطالعات اقتصاد کاربردی در ایران*، ۵(۱۸)، ۵۳-۸۰.
- خوش اخلاق، ر. (۱۳۸۳)، "اقتصاد آب"، *ماهنامه اقتصاد ایران*، ۶(۶۶)، ۳۶-۳۷.
- خوش اخلاق، ر.؛ عمادزاده، م. و نورعلی‌زاده، ل. (۱۳۷۹)، "تخمین تابع عرضه اقتصادی درازمدت آب درحوضه آبریز رودخانه زاینده‌رود"، *مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۸(۳۰)، ۱۱۷-۱۲۹.
- دهنوی، ج.؛ فرزام فر، م. و محتشمی، م. (۱۳۹۰)، "پیش‌بینی عکس‌العمل بخش صنعت در کوتاه‌مدت به اجرای قانون هدفمندکردن یارانه‌ها، بررسی تغییرات در الگوی مصرف

- tegration (SII), pp. 938-945.
- UNWWAP, (2017), *UN world water development report: Water for people, water for life*, UNESCO and Berghahn Books.
- Vaux Jr., H.J., and Howitt, R.E. (1984), "Managing water scarcity: An evaluation of interregional transfers", *Water Resources Research*, 20(7), 785-792.
- حامل‌های انرژی"، اولین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین نگهداشت انرژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- میرزاجانی بجستانی، م.، و ارمز، ا.، (۱۳۹۳)، "تحلیل مجموعه مقادیر تکین- مطالعه موردی بهای سکه"، نشریه دانشجویی آمار (ندا)، ۱۲(۲)، ۳۰-۳۹.
- وزارت نیرو (۱۳۹۲)، "مطالعات بهنگام سازی طرح جامع آب کشور با رویکرد مدیریت بهم پیوسته منابع آبی"، گزارش دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا.
- یارمحمدی، م.، و محمودوند، ر.، (۱۳۹۵)، "پیش‌بینی نرخ ارز با استفاده از روش تحلیل مجموعه‌ی مقادیر تکین"، فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۵(۱۸)، ۱۳۳-۱۴۶.
- Al Radif, A., (1999). "Integrated water resources management (IWRM): An approach to face the challenges of the next century and to avert future crises", *Desalination*, 124(1-3), 145-153.
- Beneki, C., Yarmohammadi, M., (2014), "Forecasting exchange rates: An optimal approach", *Journal of Systems Science and Complexity*, 27(1), 21-28.
- Broomhesd, D.S., and King, G.P., (1986), "Extracting qualitative dynamics from experimental data", *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 20(2-3), 217-236.
- Elsner, J.B., and Tsonis, A.A., (1996), *Singular spectrum analysis: A new tool in time series analysis*, Springer Science and Business Media, Print ISBN 978-1-4419-3266-2.
- Fenghua, W., Jihong, X., Zhifang, H., and Xu, G., (2014), "Stock price prediction based on SSA and SVM", *Procedia Computer Science*, 31, 625-631.
- Foster, S., and Loucks, D.P., (2006), "Non-renewable groundwater resources, A guidebook on socially-sustainable management for water-policy makers", IHP-IV Groundwater Series No. 10, UNESCO.
- Golyandina, N., Nekrutkin, V., and Zhigljavsky, A., (2001), *Analysis of time series structure: SSA and related technique*, Chapman and Hall/CRC, New York, London.
- Golyandina, N., and Zhigljavsky, A., (2013), *Singular spectrum analysis for time series*, Springer Briefs in Statistics, Springer. 10.1007/978-3-642-34913-3.
- Hassani, H., (2007), "Singular spectrum analysis: Methodology and comparison", *Journal of Data Science*, 5(1), 239-257.
- Mahmoudvand, R., and Rodrigues, P.C., (2016), "Missing value imputation in time series using Singular Spectrum Analysis", *International Journal of Energy and Statistics*, 4(1), 1-6.
- Mohammad, Y., and Nishida, T., (2011), "On comparing SSA-based change point discovery algorithms", *IEEE/SICE International Symposium on System In-*

Removal of Total Dissolved Solids from Contaminated Water Using Conocarpus Adsorbent

Masumeh Farasati* and Ali Heshmatpour

Assistant Professor, Agricultural Faculty, Gonbad University, Gonbad Kavous, Iran.

* Corresponding Author, Email: farasati2760@gmail.com

Received: 17/10/2018

Revised: 17/12/2018

Accepted: 17/12/2018

بررسی حذف جامدات محلول از آبهای آلوده با استفاده از جاذب کنوکارپوس

معصومه فراساتی* و علی حشمت پور

استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: farasati2760@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶

Abstract

High TDS and TSS in water is usually important causes of clogging emitters. Irrigation with high EC and TDS has an adverse effect on drip irrigation. In this study, the effect of Conocarpus on removal of dissolved solids from aqueous solution was investigated. Batch tests were conducted to verify the removal of dissolved solids from the aqueous solution and the efficiency of the sorbent was determined. Various parameters such as pH, contact time and initial concentration of adsorbent was tested on the absorption of dissolved solids. The optimum pH for both adsorbents were 3 and for adsorbent straw the equilibrium time of 10 minutes was obtained. Adsorption efficiency for 0.1 g of adsorbent was recorded as %93.55, respectively. With increasing the concentration of dissolved solids (83-960 mg/l), the efficiency of adsorption for straw was decreased from 88.9 percent to 42.5 percent. Between the isotherms which were studied, the adsorption process followed the Langmuir isotherm model. Among the kinetic models Lagergren kinetics model had a better match to the experimental data.

Keywords: Adsorption, Isotherm model, Kinetic model, TDS removal.

چکیده

بالا بودن میزان جامدات محلول (TDS) و جامدات معلق (TSS) در آب معمول‌ترین عوامل گرفتگی قطره‌چکان‌ها هستند. آبیاری با آب حاوی EC و TDS بالا نتایج سوئی روی کارایی سیستمهای آبیاری قطره‌ای دارد، به‌خصوص در مناطقی که تبخیر و تعرق سالانه از میزان بارندگی بیشتر است. بالا بودن شوری آب به‌علاوه pH بیشتر از ۷ سبب رسوب املاح به‌ویژه کربنات کلسیم در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌شود. در این تحقیق اثر گیاه کنوکارپوس بر حذف جامدات محلول از محلول آبی مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور بررسی حذف جامدات محلول آزمایش‌های ناپیوسته انجام و بازدهی جاذب‌ها در حذف جامدات محلول از محلول آبی تعیین شد. پارامترهای مختلفی از جمله pH، زمان تماس، جرم جاذب و غلظت اولیه جامدات محلول روی جذب جامدات محلول مورد آزمایش قرار گرفت. pH بهینه برای هر دو جاذب برابر ۳ و زمان تعادل برای جاذب نی برابر ۱۰ دقیقه به‌دست آمد. بازدهی جذب جاذب با جرم ۰/۱ گرم ۹۳/۵۵ درصد به‌دست آمد. با افزایش غلظت جامدات محلول (۸۳-۹۶۰ میلی‌گرم بر لیتر)، بازدهی جذب نی از ۸۸/۹ درصد به ۴۲/۵ درصد کاهش یافت. در بین ایزوترم‌های مورد مطالعه، فرآیند جذب از مدل ایزوترم لانگمویر تبعیت کرد. از بین مدل‌های سینتیک داده‌های آزمایشگاهی با مدل سینتیک لاگ‌گرن مطابقت بیشتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: حذف جامدات محلول، سینتیک جذب، مدل ایزوترم، جذب

یکی از گزینه‌های کاربردی است. محمدی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی قابل شرب بندر ترکمن در طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۸۹ پرداختند. نتایج نشان داد کمترین مقدار $0/26$ میلی‌گرم در لیتر مربوط به چاه شماره ۵ و بیشترین مقدار $0/46$ میلی‌گرم در لیتر مربوط به چاه‌های شماره ۱، ۲، ۳ که در تمامی نمونه‌ها غلظت فلئور زیر حد استاندارد بوده است، همچنین نتایج نشان داد که بیشترین مقدار نیترات مربوط به چاه‌های شماره ۲ و ۳ با مقدار $9/1$ میلی‌گرم و کمترین در چاه شمار ۵ با مقدار $6/1$ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شده است. در بقیه موارد پارامترهای اندازه‌گیری شده در حد استاندارد هستند. پارامترهای سولفات، کلراید و بیکربنات در همه چاه‌های نمونه‌برداری شده محدوده مطلوب قرار دارند. همچنین کاتیون‌های منیزیم و سدیم آهن و منگنز در محدوده مطلوب قرار دارند به جز کلسیم که در چاه‌های شماره ۲ و ۳ کمی از حداکثر مطلوب بیشتر است.

استواری و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی، بررسی تغییرات مکانی و پهنه‌بندی برخی از شاخص‌های کیفی آب برای کاربرد در طراحی آبیاری قطره‌ای در دشت لردگان پرداختند. (Broseus et al., 2009) به حذف جامدات محلول، نیترات و آمونیوم با استفاده از دی‌یونیزه کردن پرداختند. نتایج نشان داد که تکنولوژی پیشنهادی یک جایگزین مناسب برای تصفیه آب است. با این‌وجود برای تأیید نتایج به‌دست آمده سنجش باید در آب طبیعی در مدت‌زمان طولانی انجام شود. Das et al. (2015) حذف جامدات محلول را با استفاده از ممبرین‌های سولفات شده و آمینه شده بررسی کردند. نتایج نشان داد که جاذب سولفات شده بیشترین راندمان حذف جامدات محلول را دارا بود. در این تحقیق سعی شد که چشم‌انداز آینده جاذب‌های کم‌هزینه در تصفیه آب بحث و بررسی شود. محققان به این نتیجه رسیدند که جاذب کنوکارپوس سازگار با محیط‌زیست، در دسترس، ارزان و تجدیدپذیر بوده که قادر به حذف خیلی از فلزات هستند. با توجه به این‌که تاکنون در زمینه حذف جامدات محلول توسط جاذب کنوکارپوس تحقیقی صورت نگرفته است، در پژوهش حاضر اثر جاذب کنوکارپوس بر حذف جامدات محلول از محلول آبی مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

برای رسیدن به اهداف این تحقیق، آزمایش‌ها در دانشکده

منابع آب زیرزمینی در کشور ایران از مهم‌ترین منابع آب مورد استفاده در کشاورزی و شرب به‌شمار می‌آیند. تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی و شور شدن منابع آب هم‌اکنون خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور به‌ویژه در اراضی خشک است. کیفیت آب زیرزمینی هم‌چون آب سطحی همواره در حال تغییر است، اما این تغییرات نسبت به آب‌های سطحی بسیار کندتر صورت می‌گیرد.

تهیه نقشه‌های تغییرات شوری و املاح می‌تواند گامی مهم در بهره‌برداری صحیح از منابع آب باشد. افزون بر آن نقشه‌های تغییرات ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی، نقشی ارزنده ای را در فرایند تصمیم‌گیری و مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی ایفا می‌کند. فراهم نمودن آب شرب یک نگرانی مهم در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه است. در طول ۲۵ سال آینده، تعداد افرادی که تحت تأثیر کمبود شدید آب قرار می‌گیرند چهار برابر می‌شود (Miller et al., 2003). شوری‌زدایی آب دریا یک تکنیک برای تهیه آب شیرین است اما به فناوری کم‌هزینه‌ای با بازیابی آب زیاد نیاز است. غلظت نمک‌ها در آب دریا و آب لب‌شور به ترتیب $35-50$ گرم در لیتر و $800-3200$ میلی‌گرم در لیتر است. اما کاهش جامدات محلول به 500 میلی‌گرم بر لیتر برای دستیابی به آب خوش‌طعم نیاز است (Ryoo et al., 2003).

بالا بودن میزان جامدات محلول (TDS) و جامدات معلق (TSS) در آب معمول‌ترین عوامل گرفتگی قطره‌چکان‌ها هستند (Hasanlee et al., 2001). اثرات EC و TDS در آبیاری از هر عامل دیگر مهم‌تر هستند. آبیاری با آب حاوی EC و TDS بالا نتایج سوئی روی کارایی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای دارد، به‌خصوص در مناطقی که تبخیر و تعرق سالانه از میزان بارندگی بیشتر است. بالا بودن شوری آب به‌علاوه pH بیشتر از ۷ سبب رسوب املاح به‌ویژه کربنات کلسیم در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌شود (Ribeiro et al., 2004).

فناوری‌های زیادی برای حذف جامدات محلول از دریا و لب‌شور وجود دارد. روش اسمز معکوس یکی از روش‌ها است که با توجه به گران بودن آن، محققین جایگزین‌های متعدد دیگری را مطالعه کرده، استفاده از آن‌ها را پیشنهاد نموده‌اند. علاوه بر آن حذف جامدات محلول توسط جاذب‌های کم‌هزینه و مطلوب

تبادل، m : مقدار جاذب (g) و V : حجم محلول (L) هستند.

۲-۱- معادلات تعادلی یا ایزوترمهای جذب

روش مناسب برای تعیین قابلیت‌های جاذب‌ها در حذف آلاینده، به‌دست آوردن ایزوترم جذب است. مدل‌های ایزوترم جذب فروندلیچ، لانگمویر، تمکین، هالسی و هارکینز به‌منظور بررسی جذب جامدات محلول به‌کاربرده شدند که معادله آن‌ها در ادامه آمده است:

$$\text{Freundlich equation: } \log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (۴)$$

$$\text{Langmuir equation: } \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} b} + \frac{C_e}{q_{\max}} \quad (۵)$$

$$\text{Temkin equation: } q_e = b_T \ln K_T + b_T \ln C_e \quad (۶)$$

$$\text{Halsey equation: } \ln q_e = \left[\left(\frac{1}{n_H} \right) \ln K_H \right] - \left(\frac{1}{n_H} \right) \ln \left(\frac{1}{C_e} \right) \quad (۷)$$

$$\text{Harkins-Jura model: } \frac{1}{q_e^2} = \left[\frac{B}{A} \right] - \left[\frac{1}{A} \right] \log C_e \quad (۸)$$

که q_e : ظرفیت جذب تعادلی (mg g^{-1})، C_e : غلظت ماده جذب‌شونده در حالت تعادل در فاز مایع (mg L^{-1})، a و b : ثابت‌های ایزوترم، n : شاخص ناهمگنی (مقدار $1/n$ در محدوده صفر و یک است)، b : ثابت تعادلی ایزوترم فروندلیچ (L mg^{-1})، K_f : ثابت ایزوترم فروندلیچ، K_T و b_T : ثابت ایزوترم تمکین، K_H و n_H : ثابت ایزوترم هالسی، A و B : ثابت ایزوترم هارکینز هستند. برای بررسی قابلیت استفاده از معادله لانگمویر از ضریب لانگمویر (R_L) استفاده می‌شود رابطه (۹).

$$R_L = \frac{1}{(1 + bC_0)} \quad (۹)$$

که C_0 : غلظت اولیه محلول است. اگر مقدار $R_L > 1$ باشد استفاده از مدل نامناسب، اگر $R_L = 1$ باشد استفاده از حالت خطی مدل مناسب بوده، اگر $0 < R_L < 1$ باشد مدل مناسب و اگر $R_L = 0$ باشد مدل ناکارآمد است.

۲-۲- معادلات غیر تعادلی یا سینتیک:

به‌منظور مطالعه مکانیزم‌های کنترل‌کننده فرآیند جذب، مدل‌های سینتیک لاگ‌گرن، مدل هوو، مدل الویچ، مدل انتشار درون‌ذره‌ای و مدل توانی به شرح زیر به‌کاربرده شد.

Pseudofirst-order equation:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad (۹)$$

کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس انجام شد. گیاه کنوکارپوس از درختان اهواز تهیه شد. این مواد پس از شستشو و خشک شدن توسط آسیاب گلوله‌ای (لوس‌آنجلس) به اندازه‌های در حد میکرو خرد شده و سپس از الک شماره ۲۰۰ (۷۵ میکرون) عبور داده شدند. تمام محلول‌های آزمایش به‌طور مصنوعی با استفاده از نمک کلرید سدیم و آب دی‌یونیزه تهیه شدند. pH اولیه محلول‌های مصنوعی با استفاده از HCl و NaOH ۰/۱ مولار و به‌وسیله یک pH متر در مقادیر ۲ تا ۸ تنظیم شد. آزمایش‌های جذب ناپیوسته، در دمای 20 ± 2 درجه سلسیوس و در ظروف پلی پروپیلن ۱۰۰ میلی‌لیتری به‌عنوان ظرف واکنش و اضافه کردن ۴۰ میلی‌لیتر از محلول یون فلزی انجام شد. جذب جامدات محلول از محلول آبی توسط جاذب کنوکارپوس با جرم ۰/۱ تا ۲ گرم، غلظت اولیه مس از ۸۳ تا ۹۶۰ میلی‌گرم بر لیتر، pH و زمان تعادل مورد بررسی قرار گرفت. در طول زمان واکنش، محلول روی دستگاه لرزاننده با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه قرار گرفت و پس از اتمام زمان واکنش از کاغذ صافی عبور داده شد. نمونه را با همزن مخلوط کرده و یک حجم مشخصی از آن را برداشته و فیلتر شد. بعد با آب مقطر در حجم‌های ۱۰ میلی‌لیتری شستشو داده، قسمت فیلتر شده با آب مقطر شستشو داده شده به یک کپسول چینی منتقل نموده و روی حمام بخار خشک شد. سپس به‌مدت یک ساعت در حرارت 180 ± 2 درجه سانتی‌گراد قرار داده سپس در دسیکاتور خنک نموده و بعد وزن شد و از روی فرمول (۱) کل جامدات محلول اندازه‌گیری شد.

$$\frac{(A - B)}{\text{ml sample}} * 100 = TDS \quad (۱)$$

که TDS : جامدات محلول، A : وزن باقیمانده خشک+کپسول چینی و B : وزن کپسول چینی هستند. درصد بازدهی حذف و میزان جذب جامدات محلول به ترتیب از روابط (۲) و (۳) محاسبه شد.

$$\%R = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \quad (۲)$$

$$q_e = \frac{C_i - C_f}{m} \times V \quad (۳)$$

که q_e : میزان جذب ماده حل‌شده در واحد جرم جاذب (mg g^{-1})، C_i : غلظت اولیه ماده حل‌شونده (mg L^{-1})، C_f : غلظت باقی‌مانده ماده حل‌شونده (mg L^{-1}) پس از سپری شدن زمان

ساعت با غلظت اولیه ۱۲۸۰ میلی گرم بر لیتر و ۰/۵ گرم جاذب کنوکارپوس را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، با افزایش pH محلول از ۲ تا ۳، بازدهی حذف از ۸۴ تا ۹۰ درصد شده و با افزایش pH، تغییرات ناچیزی در بازدهی جذب ایجاد شده است. بنابراین بیشترین بازدهی جذب در pH برابر ۳ است. در pH های بیشتر از ۳، جذب جامدات محلول تقریباً ثابت شده است. نتایج مشابهی توسط Samia et al. (2012) در حذف کادمیم، مس و سرب با استفاده از نانولوله های کربنی به دست آمده است.

۳-۲- اثر زمان تماس

شکل ۲ تغییرات بازدهی جذب جامدات محلول را با زمان pH بهینه ۳ با غلظت اولیه ۱۲۸۰ میلی گرم بر لیتر جامدات محلول و ۰/۵ گرم جاذب نشان می دهد. به منظور تعیین زمان تعادل، آزمایشها برای زمان تماسهای مختلف ۱۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ دقیقه انجام شد. همان طور که در شکل ۲ مشاهده میشود، برای جاذب نی، با افزایش زمان تماس از ۱۰ تا ۳۶۰ دقیقه شدت جذب تقریباً ثابت مانده و بازدهی جذب از ۸۹ تا ۸۹/۶ تغییر کرده است. با قرار دادن جامدات محلول در تماس با جاذب پس از زمان تعادل، تأثیر چندانی بر مقدار جذب نخواهد داشت. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان همخوانی داشته است (Wang et al., 2010).

۳-۳- اثر میزان جاذب بر حذف

جامدات محلول: یکی دیگر از عوامل مؤثر در میزان جذب، مقدار جاذب است. در این مرحله از آزمایشها، مقادیر مختلف از جاذب (۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در ۴۰ میلی لیتر محلول) با غلظت اولیه ۱۲۸۰ میلی گرم بر لیتر جامدات محلول، زمان تعادل ۱۰ دقیقه، pH برابر ۳ به بررسی راندمان جذب پرداخته شد. اثر جرم جاذب بر حذف جامدات محلول در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود جاذب کنوکارپوس با جرم ۰/۱ گرم، بیشترین درصد جذب (۸۵ درصد) را داشته و افزایش جرم جاذب از ۰/۱ به ۲ گرم تأثیر چندانی بر بازدهی حذف جامدات محلول نداشته است. دلیل آن ناشی از اشباع شدن جایگاههای جذب نی توسط جامدات محلول با بازدهی حذف ۸۵ درصد بوده است. افزایش جرم جاذب درصد حذف جامدات محلول را افزایش

$$\text{Pseudo second_order equation: } \frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (11)$$

$$\text{Pore diffusion, intra-particle diffusion model: } q_t = k_i t^{0.5} + C \quad (12)$$

$$\text{Power equation: } q_t = at^b \quad (13)$$

$$\text{Elovich equation: } qt = \left(\frac{1}{\beta} \right) \ln(\alpha\beta) + \left(\frac{1}{\beta} \right) \ln t \quad (14)$$

که q_e : ظرفیت جذب تعادلی (mg g^{-1})، q_t : مقدار مس جذب شده در زمان t (mg g^{-1}) و k_1 : ثابت جذب مدل لاگ گرگن (min^{-1})، k_2 : ثابت معادله هوو ($\text{g mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$)، k_i : ثابت معادله انتشار درون ذره ای، C : عرض از مبدأ معادله انتشار درون ذره ای، α : سرعت جذب اولیه ($\text{mg g}^{-1} \text{ min}^{-1}$)، β : ثابت واجذب (g mg^{-1})، q_t : مقدار جامدات محلول جذب شده در زمان t (mg g^{-1}) و a و b : ثابتهای معادله توانی هستند. در مدل الووچ، α : نشان دهنده سرعت جذب اولیه است.

۳-۲- معیار ارزیابی مدلها

برای ارزیابی مدل های مورد استفاده در این تحقیق، از معیارهای X^2 و RMSE استفاده شد. هر چه مقدار X^2 و RMSE کمتر باشد نشان می دهد که برازش صورت گرفته توسط مدل با دقت بهتری انجام شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_e - q_c)^2}{n}} \quad (15)$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(q_{\text{exp}} - q_m)^2}{q_m} \quad (16)$$

که q_c : مقدار به دست آمده از برازش مدل، q_e : مقدار به دست آمده از آزمایش، n : تعداد مؤلفه های آزمایش، q_m : مقدار به دست آمده از برازش مدل و q_{exp} : مقدار به دست آمده از آزمایش هستند.

۳- نتایج و بحث

اثر عواملی مانند pH، زمان تعادل، جرم جاذب، غلظت اولیه بر جذب جامدات محلول مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن به صورت زیر است.

۳-۱- نتایج آزمایش تأثیر pH اولیه

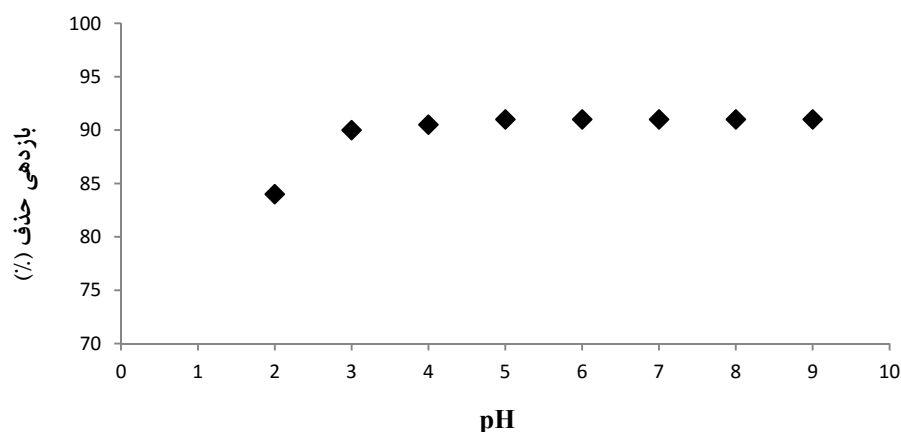
pH اولیه محلول فلزی یکی از برگ خریدهای مهم برای جذب توسط جاذب های مختلف است. شکل ۱ تغییرات بازدهی جذب جامدات محلول را به عنوان تابعی از pH در زمان تماس ۳

نداده است، زیرا غلظت جامدات محلول در جاذب کنوکارپوس با غلظت آن در محلول به تعادل رسیده است. نتایج این تحقیق با تحقیقات Bhattacharyya and Gupta (2008) همخوانی داشته است. کاهش جذب به ازای واحد جرم جاذب با گذشت زمان رفتاری است که در تحقیقات دیگران نیز مشاهده شده است (Bhattacharyya and Gupta, 2008).

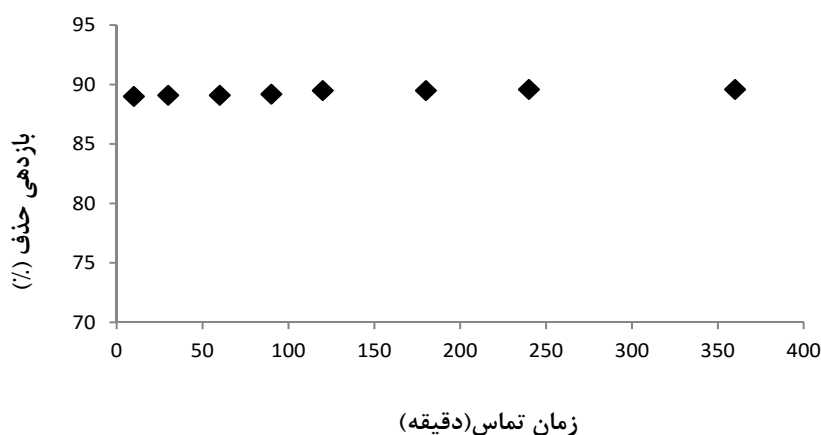
۳-۴- اثر غلظت اولیه جامدات محلول

اثر غلظت اولیه جامدات محلول توسط جاذب کنوکارپوس با غلظت‌های اولیه مختلف ۸۳، ۳۲۰، ۶۴۰ و ۹۶۰ میلی گرم بر لیتر با استفاده از ۰/۱ گرم جاذب در pH برابر ۳، در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۴، در جاذب نی، با

افزایش غلظت اولیه جامدات محلول از ۵ به ۴۰ میلی گرم بر لیتر، بازدهی جذب از ۹۶/۴۳ درصد به ۸۹/۲ درصد کاهش یافته است. در غلظت‌های پایین جامدات محلول سطح ویژه و مکان‌های جذب بالا بوده و یون‌های جامدات محلول قادرند با موقعیت‌های جذب موجود بر سطح جاذب برهمکنش داشته باشند، لذا بازدهی جذب بیشتر بوده است. با افزایش غلظت اولیه، هرچند مقدار وزنی جذب بالا رفته، اما چون نسبت جذبی به محلول ثابت است به دلیل اشباع بودن مکان‌های جذبی توسط ماده جذب شونده، در غلظت‌های بالا، بازدهی جذب کاهش یافته است. بنابراین به دلیل ثابت بودن مقدار جاذب (۰/۱ گرم)، درصد جذب با افزایش غلظت جامدات محلول، کاهش یافته است. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان



شکل ۱- اثر pH بر جذب جامدات محلول توسط جاذب کنوکارپوس



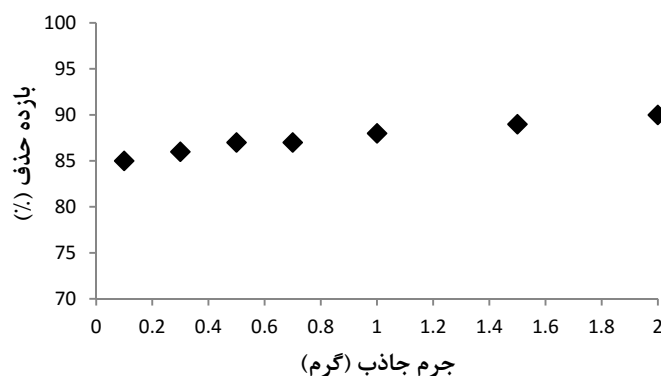
شکل ۲- تغییرات بازدهی حذف با زمان

مطابقت داشته است (Ding et al., 2014). در جاذب پوشال نیشکر با افزایش غلظت اولیه جامدات محلول از ۸۳ به ۹۶۰ میلی گرم بر لیتر، بازدهی حذف از ۹۶/۴۳ درصد به ۸۹/۲ درصد کاهش یافته است. با توجه به شکل ۴، با افزایش غلظت اولیه، کاهش شدت بازدهی حذف در جاذب بیشتر بوده و با شیب تندتری کاهش یافته که به دلیل کمتر بودن ظرفیت این جاذب در جذب جامدات محلول بوده است.

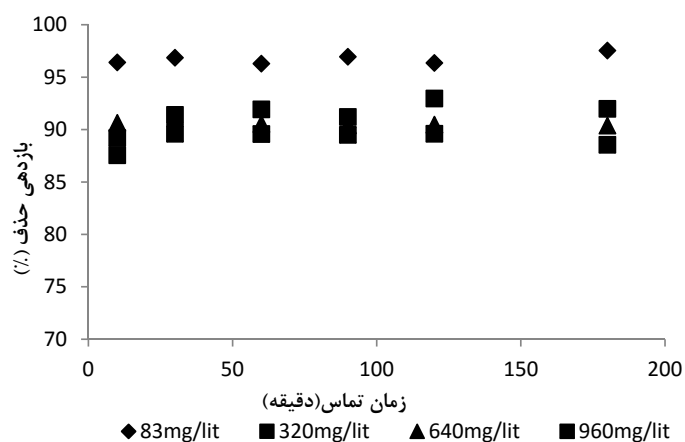
در این تحقیق داده‌های آزمایشگاهی با ایزوترم‌های مختلف برازش داده شدند. مقادیر ضریب تبیین (R^2)، کای اسکور (χ^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای مدل‌های مختلف در جدول ۱ ارائه شده است.

با توجه به ضریب همبستگی مدل‌های ایزوترم ارائه شده در جداول ۱ و ۲، داده‌های فرآیند جذب از مدل لانگمویر و هارکینز تبعیت کرده است. مدل هالسی به دلیل RMSE و χ^2 بالا با هیچ‌کدام از داده‌ها همخوانی نداشت. همچنین مشاهده

شد که مدل لانگمویر نسبت به مدل‌های مورد مطالعه، دارای R^2 بالا و RMSE پایین‌تری بود. در ایزوترم لانگمویر، حداکثر ظرفیت تبدیلی جاذب کنوکارپوس به ترتیب ۹/۹ میلی گرم بر گرم به دست آمده است. مقدار b در ایزوترم لانگمویر برابر با ۶/۷۹ لیتر بر میلی گرم به دست آمد. تغییرات ضریب R_L با تغییر در غلظت‌های اولیه جامدات محلول در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به منحنی‌های به دست آمده پارامتر R_L بین صفر و یک بوده که نشان می‌دهد جاذب کنوکارپوس دارای قابلیت حذف جامدات محلول از محلول آبی با استفاده از جذب سطحی بوده است. با توجه به این که معیار بررسی کارآمد بودن یا نبودن مدل لانگمویر، استفاده از ضریب R_L است و با توجه به مثبت بودن پارامتر b در تمامی نتایج، این ضریب همواره بین صفر و یک بوده، در نتیجه استفاده از مدل لانگمویر برای برازش داده‌ها مناسب بوده است. با توجه به شکل ۵، با افزایش غلظت اولیه مس، مقادیر R_L به سمت صفر میل پیدا کرده که



شکل ۳- اثر میزان جاذب بر حذف جامدات محلول توسط جاذب کنوکارپوس



شکل ۴- اثر غلظت اولیه بر حذف جامدات محلول از محلول توسط جاذب کنوکارپوس

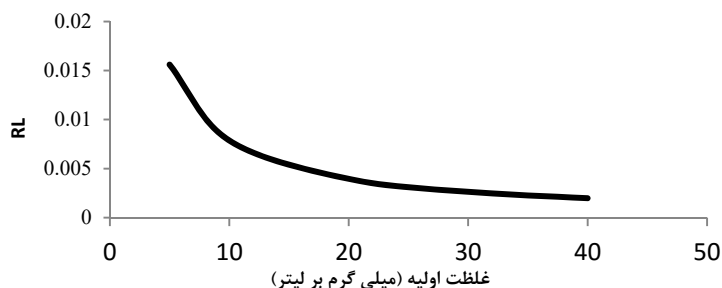
جدول ۱- نتایج حاصل از برازش مدل‌های ایزوترم بر جذب جامدات محلول (pH=۳، زمان تعادل برابر ۱۰ دقیقه).

مدل	معادله	RMSE	X ²	R ²
فروندلیچ	$\log q_e = 0.86 + 0.14 \log Ce$	۲/۷۸	۶/۸۷	۰/۱۳۱
لانگمویر	$\frac{Ce}{q_e} = 0.024 + 0.16 Ce$	۰/۳۲	۴/۱۶	۰/۹۵
تمکین	$q_e = 0.554 \ln 1.28 + 0.554 \ln Ce$	۰/۹۹۷	۵/۱۵	۰/۱۷۴
هالسی	$\ln q_e = 3.2 \ln 2.01 - 3.2 \ln(\frac{1}{Ce})$	۳/۹۰	۷/۵	۰/۸۴
هارکینز	$\frac{1}{q_e^2} = 0.19 - 0.13 \log Ce$	۲/۴۰	۴/۴۱	۰/۹۲

نشان می‌دهد در غلظت‌های بالای جامدات محلول، جذب یون جامدات محلول روی جاذب به‌طور مطلوبی صورت نگرفته است. در مدل فروندلیچ، با افزایش k_f ظرفیت جذب افزایش یافته است. در این مطالعه ضرایب $1/n$ (ثابت فروندلیچ) در محدوده ۰/۳۸ به‌دست آمده که چون در محدوده صفر و یک است، بنابراین شرایط جذب مطلوب بوده است. همچنین مقادیر ضریب همبستگی نسبتاً پایین ایزوترم فروندلیچ نشان داد که فرآیند جذب غیر همگن نبوده است. جدول ۲ نتایج حاصل از آزمایش‌های جذب سینتیک جامدات محلول توسط جاذب

کنوکارپوس را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۲، مدل لاگ‌گرن و الویج با RMSE و x^2 کوچک‌تر و R^2 بزرگ‌تر، برازش بهتری بر داده‌های آزمایشگاهی داشته است. در جاذب نی، مقدار ظرفیت جذب محاسبه شده مدل لاگ‌گرن (۵/۳۷ میلی‌گرم بر گرم) با ظرفیت جذب داده‌های به‌دست آمده از آزمایش (۶/۷۳ میلی‌گرم بر گرم) تطابق داشته و مدل هوو، مقدار ظرفیت جذب محاسبه شده (۳/۱۴ میلی‌گرم بر گرم) را کمتر از ظرفیت جذب داده‌های به‌دست آمده از آزمایش (۶/۷۳ میلی‌گرم بر گرم) برآورد کرده است. با توجه به



شکل ۵- تغییرات در ضریب R_L با تغییر در غلظت اولیه جامدات محلول برای جاذب کنوکارپوس

جدول ۲- پارامترهای مدل‌های سینتیک برازش شده بر جذب جامدات محلول

مدل	معادله	RMSE	X ²	R ²
هوو	$\frac{t}{q_t} = 21.62 + 7.14 t$	۰/۳۹	۴/۰۵	۰/۳۰
لاگ‌گرن	$\log(5.37 - q_t) = \log 5.37 - 0.002 t$	۰/۲۷	۳/۱۸	۰/۹۲
درون ذره ای	$q = 0.25 t^{1/2} + 2.53$	۲/۵۳	۶/۱۰	۰/۲۷
توانی	$q = 1.36 t^{0.291}$	۲/۲۶	۶/۱۴	۰/۳۰
الویج	$q_t = 1.22 \ln 0.85 + 1.22 \ln t$	۲/۲۵	۶/۰۹	۰/۳۲

- modynamics, Desalination*, 272, 66-75.
- Broseus, R., Cigana, J., Barbeau, B., Daines-Martinez, D., and Suty, H., (2009), "Removal of total dissolved solids, nitrates and ammonium ions from drinking water using charge-barrier capacitive deionization", *Desalination*, 249, 217-223.
- Das, D., Rose, V.L., Das, N., (2015), "Enhanced TDS removal using cyclodextrinated, sulfonated and aminated forms of bead-membrane due nanobiocomposite via sophorolipid mediated complexation", *Desalination*, 360, 35-44.
- Ding, S., Lei, Z., Yang, Y., Feng, C., and Zhang, Z., (2014), "Selective removal of cesium from aqueous solutions with nickel (II) hexacyanoferrate (III) functionalized agricultural residue-walnut", *Journal of Hazardous Materials*, 270, 187-195.
- Hassanlee, A.S., (2001), "Dripper clogging in trickle irrigation (case study) and its control strategy", *Journal of Agricultural Science*, 10(3), 49-59.
- Miller, J.E., (2003), *Review of water resources and desalination technologies*, SAND, 2003-0800.
- Ribeiro, T., Paterniani, J., Airolidi, R., and Silva, M., (2004), "Performance of non-woven synthetic fabric and disc filters for fertirrigation water treatment", *Science of Agriculture (Piracicaba, Braz.)*, p: 127-133.
- Ryoo, M.W., Kim, J.H., and Seo, G., (2003), "Role of titania incorporated on activated carbon cloth for capacitive deionization of NaCl solution", *Journal of Colloid Interface Science*, 264, 414-419.
- Samia, A.K., Ghalia, A., and Mohamed Abdel, S., (2012), "Removal of heavy metals from aqueous solutions by multi-walled carbon nanotubes modified with 8-hydroxyquinoline", *Chemical Engineering Journal*, 181, 159-168.
- Wang, F.Y., Wang, H., and Wei Ma, J., (2010), "Adsorption of cadmium (II) ions from aqueous solution by a new low-cost adsorbent-Bamboo charcoal", *Journal of Hazardous Materials*, 177, 300-306.

جدول ۲، معادله رگرسیونی به دست آمده از مدل انتشار درون ذره ای، دارای عرض از مبدا غیر صفر بوده (نمودار q در مقابل $t^{0.5}$ خطی نبوده)، بنابراین مدل انتشار درون ذره ای به تنهایی کنترل کننده مکانیزم سرعت اولیه جذب نبوده و مکانیزم جذب و انتشار درون ذره ای هم زمان صورت گرفته است. مقایسه مقادیر R^2 و RMSE مدل ها نشان داد که فرایند جذب از مدل لاگ رگن (R^2) بالاتر و RMSE و x^2 کمتر تبعیت نموده است.

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه غلظت اولیه و میزان جاذب بهینه تاثیر زیادی بر حذف جامدات محلول در pH و زمان تماس بهینه داشتند. بیشترین جذب جامدات محلول در pH ۳ صورت گرفت. بازدهی جذب در زمان تماس ۱۰ دقیقه و ۰/۱ گرم جاذب ثابت شد و برعکس با افزایش غلظت اولیه جامدات محلول، بازدهی جذب کاهش یافت. فرایند جذب از ایزوترم لانگمویر تبعیت می کرد. نتایج به دست آمده از آزمایش های جذب با مدل سینتیک لاگ رگن مطابقت کامل داشت. با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از جاذب کنوکارپوس برای حذف جامدات محلول از محلول آبی یک تکنولوژی کم هزینه بوده و استفاده مجدد از ضایعات محصولات برای تصفیه فاضلاب امیدوار کننده است.

۵- تقدیر و تشکر

این پژوهش به شماره ۶/۶۶۴ با حمایت مالی دانشگاه گنبد کاووس اجرا شده است. در این جا از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه که شرایط مناسب برای انجام این تحقیق را فراهم نمودند تشکر و قدردانی می شود.

۶- مراجع

- استواری، ی، بیگی هرچگانی، ح.ا، و داودپان، ع.ر. (۱۳۹۰)، «ارزیابی، بررسی تغییرات مکانی و پهنبندی برخی از شاخص های کیفی آب برای کاربرد در طراحی آبیاری قطره ای در دشت لردگان»، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۵)، ۲۴۲-۲۵۴.
- Bhattacharyya, K.G., and Gupta, S.S., (2011), "Removal of Cu(II) by natural and acid-activated clays: An insight of adsorption isotherm", *Kinetic and Ther-*



خانم دکتر زهرایی
دانشیار دانشگاه تهران و مدیرکل دفتر مدیریت
مصرف و بهره‌وری آب و آبفای وزارت نیرو

✿ لطفا یک معرفی اجمالی از خود ارائه فرمایید

من دارای دکترای مهندسی عمران در گرایش مدیریت منابع آب از دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و در حال حاضر دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران و مدیرکل دفتر مدیریت مصرف و ارتقای بهره‌وری آب و آبفای وزارت نیرو هستم. همچنین مسئولیت دبیری کارگروه ملی سازگاری با کم آبی را هم برعهده دارم.

✿ لطفا شرح وظایف و ساختار دفتر مدیریت مصرف و بهره‌وری آب و آبفای وزارت نیرو را توضیح دهید.

دفتر مدیریت مصرف و ارتقای بهره‌وری آب و آبفای وزارت نیرو در سال ۱۳۸۶ با عنوان "دفتر بهبود بهره‌وری و اقتصاد آب و آبفا" تشکیل شد. در سال ۱۳۹۴ در راستای تجدید و اصلاح ساختار سازمانی، از عنوان قبلی به عنوان "دفتر مدیریت مصرف و ارتقای بهره‌وری آب و آبفا" تغییر نام یافت و وظایف و اهداف آن اصلاح شد. این دفتر شامل سه گروه "گروه بهبود بهره‌وری آب و آبفا"، "گروه اقتصاد و سرمایه‌گذاری آب و آبفا" و "گروه مدیریت مصرف و توسعه فناوری‌های نوین آب و آبفا" است. به‌طور خلاصه، وظایف گروه‌های سه‌گانه فوق‌الذکر به شرح زیر است:

- بررسی، تهیه و تنظیم و پیشنهاد لوایح، آئین‌نامه‌ها، ضوابط، سیاست‌ها و خط‌مشی‌های لازم برای تحقق بهبود بهره‌وری و مطالعه، تهیه و تدوین شاخص‌ها، اهداف، سیاست‌ها و برنامه‌های بهبود بهره‌وری؛
- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی و استقرار نظام مدیریت عرضه و تقاضا و نهادینه کردن الگوی مصرف بهینه آب در بخش‌های مختلف؛

- نظارت عالیه بر برنامه عملیات کاهش آب بدون درآمد و هدررفت آب در شرکت‌های زیرمجموعه با همکاری واحدهای ذیربط؛

- تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های کلان تشویقی و حمایتی از طرح‌های بهینه‌ساز و نوآورانه در زمینه مدیریت مصرف آب؛
- تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های حمایتی از مصرف‌کنندگان بهینه آب و فرآیند مصرف بهینه و بازچرخانی آب در بخش‌های مختلف مصرف؛

- بررسی و پیشنهاد تعرفه‌های آب و آبفا برای تصویب توسط مراجع ذی‌ربط و نظارت بر اجرای آن‌ها در شرکت‌های آب و آبفا؛

- تهیه و پیاده‌سازی مدل ارزیابی و نظارتی اعمال تعرفه‌های مصوب و قیمت تمام شده در شرکت‌های آب و آبفا؛
- تبیین، محاسبه و تعیین ارزش اقتصادی آب؛

- تهیه، تنظیم، تبیین و تدوین معیارها و شیوه‌های واگذاری طرح‌ها و پروژه‌ها در حوزه آب و آبفا به بخش خصوصی؛
- بررسی و پیشنهاد و سیاست‌گذاری برای توسعه مشارکت بخش خصوصی و روش‌های جذب سرمایه و تامین مالی در بخش آب و آبفا و نظارت عالیه بر اجرای آن‌ها.

✿ لطفا برنامه‌های خود در جهت مدیریت مصرف و بهره‌وری آب و آبفا را بیان فرمایید.

در حوزه مدیریت مصرف، این دفتر تعامل نزدیکی با شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور داشته و سعی دارد در حوزه‌های کاهش هدررفت و مدیریت مصرف، هم‌افزایی با فعالیت‌های جاری شرکت‌های آبفا ایجاد کند. در شرکت مدیریت منابع آب ایران و شرکت‌های آب منطقه‌ای، اساساً ساختار تشکیلاتی

فاقد ساز و کار لازم برای پرداختن به مدیریت مصرف آب است و به همین دلیل، دفتر مدیریت مصرف وزارت نیرو، میزبان دبیرخانه کارگروه ملی سازگاری با کم آبی است که هدف از تشکیل آن، ایجاد هماهنگی و هم‌افزایی بین بخشی با دستگاه‌های مصرف‌کننده آب مثل بخش‌های صنعت و کشاورزی است تا از این طریق مدیریت مصرف آب محقق شود. مصوبه‌های کارگروه ملی از جمله محدودیت منجر به ممنوعیت کشت برنج در استان‌های غیر شمالی، کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب فضای سبز و یا افزایش تعرفه مصارف خانگی بالاتر از الگوی مصرف از جمله مصوبه‌های این کارگروه است که به مدیریت مصرف آب کمک خواهد کرد.

آیا به وجود بحران یا ورشکستگی آبی در کشور اعتقاد دارید؟

متأسفانه در حال حاضر در برخی از استان‌های کشور، بیش از صد درصد منابع آب تجدیدپذیر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده کمبود آب بسیار مزمن در این استان‌ها است. اگرچه این وضعیت نشان‌دهنده شرایط بحرانی منابع آب است ولی امیدوار هستم که با برنامه‌های مدیریت مصرف و سیاست‌های کلانی که منجر به افزایش بهره‌وری آب شود، بتوانیم ناپایداری موجود در منابع آب بخش‌های بحران‌زده کشور را مهار کنیم. نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که عمده مصرف‌کننده آب کشور، بخش کشاورزی است و به‌نظر می‌رسد در صورتی که سیاست‌های کلان ملی به‌سمت کاهش سطح خود اتکایی در تامین غذا و افزایش بهره‌وری مصرف آب در این بخش هدایت شوند، می‌توان تغییر بسیار قابل‌توجهی در سیمای منابع و مصارف آب در کشور ایجاد کرد. بنابراین علی‌رغم شکاف بسیار عمیق کنونی بین مصارف آب در شرایط فعلی با حد مطلوب مصرف آب در کشور، چشم‌انداز پیش‌رو را روشن می‌بینم.

اگر بلی مهم‌ترین اولویت‌های شما در جهت کاهش این بحران چیست؟

بیش از هر چیز، نیازمند حذف بخشی‌نگری و افزایش هماهنگی بین بخشی برای مدیریت مصرف آب در کشور هستیم. تشکیل شورای عالی آب و کارگروه ملی سازگاری با کم آبی از جمله تدابیری است که برای دستیابی به این هدف اندیشیده شده

است. خوشبختانه کارگروه ملی سازگاری با کم آبی، در کمتر از یک سال گذشته، توفیق بسیار خوبی در شفاف‌سازی مشکلات موجود در حوزه آب برای مسئولین سایر دستگاه‌های عضو از جمله وزارت‌خانه‌های "جهاد کشاورزی"، "صنعت، معدن، تجارت"، "کشور" و "سازمان برنامه و بودجه" داشته است که انتظار می‌رود به تدریج منجر به حساسیت بیشتر این دستگاه‌ها در حوزه‌های مرتبط با مصرف آب شود.

به‌نظر شما چرا در نزد سیاست‌گزاران و مدیران کشور و وزارت نیرو هنوز راه‌کارهای غیر سازه‌ای مانند مدیریت مصرف و بهره‌وری آب جایگاه لازم را ندارد؟ به‌طور مثال وزیر محترم نیرو مدیریت تقاضا را به‌عنوان یکی از برنامه‌های محوری خود ذکر می‌کند ولی معاونت امور آب و آبفا به‌راحتی از شیرین‌سازی و انتقال آب به دشت‌های مرکزی و حتی انتقال آب از دریای عمان به مشهد دفاع می‌کند.

یکی از مهم‌ترین دلایل این امر، این است که بخش آب جز در حوزه آب شهری و روستایی، بر مصارف آب مدیریت خاصی ندارد. در بخش آب شهری، از سال‌های گذشته، برنامه‌های متنوعی برای کاهش هدررفت و اصلاح تعرفه‌ها و توسعه استفاده از ابزارهای کاهنده مصرف در دست اقدام بوده که در چارچوب بودجه‌های در اختیار و تغییرات قابل‌پذیرش در نظام اجرایی و قانونی کشور پیگیری شده است. در بخش‌های صنعت و کشاورزی که عمده‌ترین مصرف‌کننده آب کشور نیز هست، عملاً وزارت نیرو به تنهایی نمی‌تواند منشا تغییر خاصی در مصارف آب این بخش‌ها باشد. شاید یکی از موثرترین راه‌کارها برای کاهش مصارف آب این بخش‌ها و تشویق آن‌ها به بازچرخانی و افزایش بهره‌وری، افزایش تعرفه‌های آب باشد که عملاً عمده تلاش‌های وزارت نیرو تاکنون برای هماهنگ‌سازی بیشتر تعرفه‌ها با ارزش آب در کشور خشک ایران، به‌دلیل شرایط سیاسی حاکم بر کشور با مخالفت نهادهای تصویب‌کننده تعرفه‌ها مثل شورای اقتصاد و مجلس مواجه شده است. خوشبختانه به‌نظر می‌رسد تلاش‌های انجام شده در وزارت نیرو با استفاده از ظرفیت‌هایی مثل شورای عالی آب و کارگروه ملی سازگاری با کم آبی برای ارائه تصویر واقع‌بینانه از شرایط آب کشور به دستگاه‌های ذی‌مدخل منجر شده که در ماه‌های اخیر، نگاه مثبت‌تری به مدیریت مصرف

آب از طریق ابزارهای اقتصادی ایجاد شود و امیدوار هستم این تغییر منجر به بازنگری اساسی در وضعیت تعرفه‌های آب شود. طرح‌های نمک‌زدایی و تامین بخشی از نیازهای شرب و صنعت از این طریق، منوط به سرمایه‌گذاری بخش خصوصی است. در این خصوص امکان تخصیص تا سقف یک میلیارد مترمکعب از خلیج فارس و دریای عمان وجود دارد و طرح‌هایی نیز توسط بخش خصوصی به‌طور مثال برای آب‌رسانی به کرمان و یزد در دست انجام است. با توجه به این‌که کشورهای حاشیه خلیج فارس، از منابع آب دریا به‌طور گسترده بهره‌برداری می‌کنند و انتظار می‌رود که با توجه به معضلات زیست‌محیطی آب شیرین‌کن‌ها، محدودیت‌های بین‌المللی برای بهره‌برداری از آب دریا در آینده نزدیک وضع شود، ایجاد حق‌آبه از این منابع برای کشور ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌همین دلیل وزارت نیرو، فضای لازم برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در این حوزه را فراهم کرده است ولی با صرف منابع دولتی در این حوزه موافق نیست. قطعاً این سیاست به‌معنی بی‌توجهی بخش آب به ضرورت پرداختن به مدیریت مصرف آب نیست.

✿ در مدت زمان تصدی خود در این مقام تا چه حد توانسته‌اید در زمینه مدیریت مصرف و افزایش بهره‌وری موفق باشید؟

به‌دلایلی که توضیح دادم، پیشرفت در حوزه مدیریت مصرف آب بسیار کند است ولی در مدت کوتاهی که افتخار خدمت‌گزاری به وزارت نیرو را پیدا کرده‌ام، به‌خوبی دریافته‌ام که ریشه بسیاری از مشکلات بخش آب در سیاست‌گذاری‌های کلان ملی است که منجر به توسعه بیش از حد بخش‌های مصرف‌کننده عمده آب شده است. سیاست پایین نگاه داشتن تعرفه‌ها و یا حذف آب بهای کشاورزی از جمله مواردی است که نقش بسیار کلیدی در پایین بودن بهره‌وری آب در کشور ایفا کرده است. خوشبختانه در ماه‌های اخیر، تلاش‌های وزیر محترم نیرو برای انتقال این معنا به بدنه دولت و مجلس شورای اسلامی از طریق محمل‌هایی مانند کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی به‌نظر من موفقیت‌آمیز بوده است و انتظار می‌رود هم‌زمان با بروز تبعات اجتماعی و سیاسی ناپایداری منابع آب در مناطق کم‌آب‌تر کشور، تغییرات بنیادی در سیاست‌های کلان ملی مرتبط با آب ایجاد شود. در خصوص بهره‌وری، با هماهنگی معاونت امور تحقیقات و

منابع انسانی وزارت نیرو و در راستای برنامه‌های سازمان ملی بهره‌وری، اسناد بهره‌وری آب و آبفا تهیه شده و در آستانه ابلاغ توسط وزیر محترم نیرو است. این اسناد کمک می‌کند تا پایش بهره‌وری در حوزه‌های منابع آب و آبفای شهری و روستایی به شکل سازمان‌یافته صورت گیرد و زمینه‌های ارتقای بهره‌وری فراهم شود.

✿ چرا بخشی از مردم به فعالیت‌های مسئولان حکومتی از جمله وزارت نیرو اعتماد لازم را ندارند و در برنامه‌ریزی‌های آن مشارکت فعال ندارند؟ به‌طور مثال در کاهش مصرف انگیزه لازم را نداشته و علی‌رغم هشدارهای مسئولین در مصرف آب تغییرات مورد انتظار اتفاق نمی‌افتد؟

به این سوال باید متخصصان جامعه‌شناسی و علوم اجتماعی پاسخ بدهند ولی آن‌چه که به ذهن من می‌رسد این است که برای جلب مشارکت مردم دو پیش‌زمینه زیر لازم است:

۱- آگاه بودن عموم مردم از وضعیت منابع آب کشور که در قالب سواد آبی بروز پیدا می‌کند.

۲- دموکراتیک بودن ساختار مدیریت بهره‌برداری از منابع آب که زمینه مشارکت بهره‌برداران از آب را در مدیریت این منابع فراهم کند.

به‌نظر می‌رسد علی‌رغم تلاش‌های مختلفی که برای اطلاع‌رسانی در مورد مسائل آب و فرهنگ‌سازی و آگاهی بخشی در این حوزه صورت گرفته است، هنوز بخش زیادی از جامعه و به‌خصوص جمعیت شهرنشین، سطح سواد آبی پایینی دارند. پایین بودن سطح سواد آبی، محدود کننده مشارکت مردم در مدیریت مصرف آب است. در خصوص بند دوم نیز، نظام فعلی حاکم بر مدیریت آب در کشور، ساز و کار لازم برای مشارکت مردم و به‌خصوص بهره‌برداران حوزه کشاورزی را در مدیریت مصرف آب فراهم نمی‌کند. در این خصوص تلاش‌های پراکنده‌ای در برخی از استان‌ها صورت گرفته است که می‌تواند به‌عنوان الگو برای سایر استان‌های کشور مورد استفاده قرار گیرد. بحث مدیریت مشارکتی یکی از مباحثی است که کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی اخیراً بر آن متمرکز شده است و در حال حاضر، کارگروهی برای این‌منظور تشکیل شده که فهرستی از الزامات پیاده‌سازی مدیریت مشارکتی در کشور را در دست تهیه دارد. بازنگری در ساختار بخش آب که اخیراً

به دستور وزیر محترم نیرو در حال پیگیری است نیز هدف عالیه پیاده سازی مدیریت به هم پیوسته منابع آب را دنبال می کند که مدیریت مشارکتی از جمله زیرساخت های اصلی آن است.

🌸 تا چه حد تلاش کرده اید امور اجتماعی، جامعه شناسی، فرهنگی و آموزشی را در برنامه ریزی و تصمیم گیری خود لحاظ کنید؟

یکی از فعالیت هایی که در این دفتر به طور مستمر در چند ماه گذشته انجام شده است، تعامل با گروه های مختلف اجتماعی و صنفی برای آگاهی بخشی در مورد بحران آب و ضرورت صرفه جویی در مصرف آب شهری و خانگی بوده است. برای این منظور با برخی از اصناف مانند هتل داران و دانشگاهیان و امور زنان دستگاه های دولتی مختلف، جلسات متعددی برگزار شده است. در این جلسات ضمن تشریح ضرورت مدیریت مصرف آب شهری و خانگی، راه کارهای مدیریت مصرف آب نیز تشریح شده است. شرکت در برنامه های رادیویی و تلویزیونی و انتشار یادداشت هایی در روزنامه های مختلف از جمله فعالیت های انجام شده در این حوزه بوده است.

🌸 ضرورت تشکیل انجمن آب و فاضلاب ایران و نقشی که می تواند در حوزه آب و فاضلاب ایفا کند را بیان کنید.

انجمن های علمی می توانند نقش بسیار مهمی در مواجهه با بحران آب ایفا کنند. در حال حاضر، انجمن های علمی به عنوان یکی از گروه های مرجع می توانند نقش عمده ای در فرهنگ سازی برای مدیریت مصرف آب ایفا کنند. در برنامه های وزیر محترم نیرو یکی از مواردی که مورد تاکید قرار گرفت "دهه همکاری ملی برای آب" بود. ایجاد هم افزایی برای آگاهی بخشی در مورد راه کارهای برون رفت از بحران آب در همه سطوح از عامه مردم تا سیاست گزاران و مسئولین عالی رتبه قوای سه گانه و مدیران سطوح پایین تر از جمله ضرورت های زمان حاضر است. بخش آب دولت به تنهایی قادر به پرداختن به این موضوع نیست چرا که نه اعتبارات کافی و نه نیروی انسانی متخصص به حد کافی برای این موضوع در اختیار دارد. استفاده از ظرفیت های علمی انجمن ها و فضای کار داوطلبانه حاکم بر آنها، فرصت مغتنمی برای فعالیت بیشتر در این حوزه است. در حوزه آب و فاضلاب، زمینه های تخصصی بسیار متنوعی وجود دارد که انجمن می تواند ضمن سازمان دهی به این زمینه های تخصصی، فضای

کار بین رشته ای به خصوص از طریق پرداختن به جنبه های غیر فنی و به خصوص اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی را فراهم کند.

🌸 نحوه ارتباط دفاتر ستادی وزارت نیرو با انجمن آب و فاضلاب ایران چگونه است و دو طرف چه کمکی می توانند به هم بکنند؟

خوشبختانه در حال حاضر، انجمن آب و فاضلاب در ارزیابی برخی از مطالعات و تحقیقات انجام شده در مورد استفاده از آب باران و بازچرخانی آب خاکستری، به وزارت نیرو مشاوره ارائه کرده است. نظیر این فعالیت، می تواند در آینده نیز ادامه داشته باشد. ظرفیت علمی بسیار ارزشمند انجمن آب و فاضلاب، فرصتی است که می تواند زمینه ارتقای فعالیت های تخصصی وزارت نیرو و شرکت های تابعه را در حوزه های مرتبط با انجمن فراهم کند. این همکاری مشترک می تواند زمینه آگاهی بیشتر متخصصان عضو انجمن را از محدودیت های مختلف حقوقی، سیاسی، ... حاکم بر بخش آب فراهم کند به نحوی که اعضای انجمن به سمت ارائه راه کارهای قابل اجرا در نظام سیاسی کشور هدایت شوند.

🌸 وقتی ارگان های مرتبط مثل انجمن های علمی وجود دارند به چه دلیل هنوز دستگاه های دولتی کماکان به طور مستقیم در برگزاری همایش ها، نمایشگاه ها، دوره های آموزشی و انتشار کتاب و مجلات درگیر می شوند؟

در سال جاری، به دلیل محدودیت های بودجه و شرایط خاص حاکم بر دولت، برگزاری همایش ها جز در موارد بسیار ضروری ممنوع بوده است. به همین دلیل، وزارت نیرو و شرکت های تابعه نیز برگزاری چنین برنامه هایی را به حداقل کاهش دادند. انتشار کتاب و مجلات نیز تا جایی که من در جریان هستم در وزارت نیرو به شکل حداقلی در موارد خاص و با استفاده از اعتبارات طرح ها صورت می گیرد. قطعاً بخش آب از واگذاری این نوع از فعالیت ها به انجمن های علمی استقبال می کند ولی نکته ای که باید به آن توجه کرد این است که محدودیت هایی در حمایت مالی از این نوع فعالیت ها نیز وجود دارد که بعضاً امکان واگذاری آنها را به مجموعه های بیرونی دچار مشکل می کند.

🌸 چه مقدار از تصمیم گیری ها و برنامه ریزی های کلان در دفتر شما از طریق مشارکت اتاق های فکر با حضور

دانشگاهیان و خبرگان صنعت و انجمن‌های علمی انجام می‌شود؟

متأسفانه تاکنون به دلیل عدم امکان پرداخت حق‌الزحمه به متخصصین، کمتر توانسته‌ام اتاق فکری تشکیل بدهم. ولی این مورد از جمله برنامه‌هایی بوده است که از ابتدا مدنظر داشته‌ام. در حال حاضر اتاق فکری در حوزه اقتصاد آب در حال شکل‌گیری است و یک کارگروه نیز برای مدیریت مشارکتی در قالب کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی تشکیل شده است.

❁ دفتر مدیریت مصرف و ستاد وزارت نیرو چه ارتباط ارگانیکی با دانشگاه‌ها داشته است؟ چقدر توانسته برای دانشگاه مسئله تعریف کند و چقدر از تحقیقات دانشگاهی را برای رفع مشکلات خود به‌کار گرفته است؟ چقدر دفتر شما توانسته داده‌های مورد نیاز طرح‌های تحقیقاتی دانشگاهی را تامین کند؟ لطفاً همه موارد به‌صورت کمی بیان شود.

در مورد درخواست‌های همکاران دانشگاهی برای دستیابی به اطلاعات پایه، موارد بسیار معدودی به اینجانب اعلام شد که سعی کردم در چهارچوب ضوابط همکاری کنم. خوشبختانه نگاه بازی به انتشار اطلاعات بخش آب در وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه وجود دارد و در این مدت حضور من در وزارت نیرو، هر زمان درخواستی مطرح شده، شرکت‌های تابعه نهایت همکاری را داشته‌اند. در استفاده از تحقیقات دانشگاهی چندان موفق نبوده‌ایم چون زیرساخت لازم برای انتشار این تحقیقات فراهم نیست. در واقع روش ساده‌ای برای دستیابی به فهرستی از تحقیقات انجام شده در دانشگاه‌ها فراهم نیست. در این مورد به‌نظر می‌رسد هم بخش آب و هم دانشگاه‌ها باید تلاش مضاعفی داشته باشند.

❁ علت ضعف وضعیت آموزش و تحقیقات در ستاد و شرکت‌های وابسته وزارت نیرو و ارتباط ضعیف با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی را در چه می‌دانید و برای رفع این ضعف‌ها چه اقداماتی باید انجام شود؟

به دلیل وجود معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی در وزارت نیرو، هدایت فعالیت‌های تحقیقاتی و هم‌چنین آموزشی در این معاونت انجام می‌شود که شاید به‌همین دلیل، بخش آب و آبفا به‌طور مجزا کمتر در این حوزه فعالیت می‌کند. سنجش ضعف

عملکرد ستاد و شرکت‌های زیرمجموعه در این حوزه را باید در مقایسه با سایر ارگان‌های دولتی سنجید. به‌نظر می‌رسد وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه در مقایسه با سایر نهادهای دولتی، از جمله ارگان‌های پیشرو در راه‌اندازی موسسات آموزشی و تحقیقاتی و نیز همکاری با دانشگاه‌ها بوده اند، هرچند که حتماً از نقطه ایده‌آل فاصله زیادی دارند. توجه به این نکته هم ضروری است که ضعف همکاری بین صنعت و دانشگاه دو وجه دارد و حتماً هر دو سوی صنعت و دانشگاه در عدم شکل‌گیری ارتباط ایده‌آل نقش‌آفرین هستند. رموز موفقیت رابطه دانشگاه و صنعت را شاید بتوان به‌شکل زیر فهرست کرد:

- پایداری در سیاست‌گذاری (عدم تغییرات ناگهانی در مقررات و بودجه‌های تخصیصی)؛

- آزادی دادن به دانشگاه‌ها در مورد تعیین شیوه‌های همکاری (دانشگاه‌ها دستوری کار نمی‌کنند)؛

- تخصیص اعتبارات تشویقی به دانشگاه‌هایی که بیشتر برای ارتباط با صنعت تلاش می‌کنند. صنعت همیشه باید دانشگاه‌ها را به‌طور عملی تشویق به حرکت به سمت ایده‌آل‌ها بکند؛

- همکاری دانشگاه و صنعت باید حتماً در زمینه‌هایی باشد که صنعت به تنهایی نمی‌تواند آنها را انجام دهد؛

- تمرکز بر موضوعات بین‌رشته‌ای؛

- عدم اندازه‌گیری موفقیت همکاری‌های مشترک با براساس تعداد مقالات یا ثبت اختراعات؛

- تغییر تعریف دانشگاه‌های موفق با تمرکز بر نقش آن‌ها در حل مشکلات جامعه؛

- رابطه صنعت و دانشگاه باید در درازمدت منجر به مدرن شدن برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌ها شود؛ دستاوردی که در طراحی رابطه صنعت و دانشگاه معمولاً به آن توجه نمی‌شود؛

- تأسیس موسسات مشترک تحقیقاتی بین دانشگاه و صنعت با تمرکز بر موضوعات بین‌رشته‌ای.

در شرایط فعلی به‌نظر می‌رسد بسیاری از موارد فوق محقق نشده که قطعاً هم دانشگاه هم صنعت باید برای فراهم کردن الزامات فوق تلاش کنند.

❁ مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در حوزه آب و فاضلاب در کشور را چه می‌دانید؟

خصوصی‌سازی شرکت‌های آب و فاضلاب که مطابق اصل ۴۴ در حال پیگیری است به‌نظر می‌رسد بدون ایجاد پیش‌زمینه‌های

لازم در حال وقوع است. این مسئله با توجه به این که سلامت و بهداشت مردم به خدمات‌رسانی این شرکت‌ها وابسته است، نیازمند دقت‌نظر و زمینه‌سازی فراوانی است که به‌نظر می‌رسد در حال حاضر به‌شکل مناسبی صورت نگرفته است.

❁ چرا تلاش لازم توسط مسئولین وزارت نیرو برای توجیه ضرورت واقعی شدن قیمت آب در ارگان‌های تصمیم‌گیری کشور انجام نشده است و وضعیت منفی مالی شرکت‌های وابسته، روز به روز وخیم‌تر می‌شود؟

در این زمینه تلاش‌های بسیار زیادی فقط در همین چند ماهی که من در وزارت نیرو بوده‌ام صورت گرفته است ولی فضای سیاسی حاکم بر کشور موافق افزایش تعرفه‌های آب نیست. خوشبختانه این فضا در حال بهبود است و انتظار می‌رود به‌تدریج بتوان به‌سمت واقعی‌تر کردن قیمت‌های آب پیش رفت.

❁ به‌عنوان یک خانم و عضو هیئت علمی دانشگاه، فکر می‌کنید تا چه حد تاثیرگذاری در ستاد وزارت نیرو دارید و آیا این دو مورد به شما کمک می‌کند یا مانع ایجاد می‌کند؟

خوشبختانه فضای بسیار مثبتی بر همکاری اینجانب با وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه حاکم بوده است و هیچ‌کدام از دو موردی که ذکر کردید، مانعی پیش‌روی همکاری من با دفاتر و شرکت‌های مختلف نبوده است. از همکاری با کارشناسان و مدیران وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه، مطالب بسیاری آموختم و در تلاش هستم که بتوانم خدمتی هر چند اندک در راستای بهبود وضعیت منابع و مصارف آب در کشور ارائه کنم و امیدوارم تجربیات دانشگاهی من در کنار تجارب ارزشمند همکاران دفتر بتواند منشا خدماتی به بخش آب باشد.



گزارش میزگرد تخصصی سیاست‌ها، برنامه‌ها و عملکرد صنعت جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و بازیافت پساب اولین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، دانشگاه تهران، بهمن‌ماه ۱۳۹۵

اعضای میزگرد:

- دکتر مهرنیا (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، مدیر جلسه)
- دکتر رازقی (استاد بازنشسته دانشگاه تهران)
- دکتر صراف‌زاده: (دانشیار دانشگاه تهران و رئیس کرسی یونسکو در بازیافت آب)
- مهندس وکیلی (مدیر نظارت بر بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های کشور، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)
- دکتر اکبرزاده (عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات آب)
- دکتر یارقلی (عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات جهاد کشاورزی)
- دکتر فاضلی (عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی)
- دکتر برقی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف)
- مهندس نودریور (قائم مقام مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب استان تهران)



دکتر مهرنیا:

با سلام به شرکت کنندگان و حضار محترم، با موافقت اعضای پنل از حدود ۲۰ محوری که در رابطه با موضوع میزگرد مطرح است ۵ محور زیر را انتخاب کرده‌ایم و اعضای پنل در مورد آن‌ها حدود ۵ دقیقه صحبت می‌کنند. سپس نظرات حضار محترم را شنیده و جمع‌بندی خواهیم کرد.

۱- واقعی شدن تعرفه پساب و درنظر گرفتن آب به‌عنوان کالای اقتصادی و استراتژیک

۲- ارتقای فرآیندهای تصفیه و عملکرد بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب

۳- لزوم توجه به پژوهش در حوزه استحصال آب غیرمتعارف

۴- لزوم تصفیه درجا (در مبدا تولید) برای استفاده غیر شرب

۵- راهکارهای تقویت نقش‌آفرینی سازمان حفاظت از محیط زیست برای پایش، نظارت و اعمال قانون

دکتر رازقی:

من ۴۵ سال پیش در مورد Reuse مطلب نوشته‌ام و اینجا دو سناریو را به‌عنوان مقدمه عرض می‌کنم:

۱- اگر جمعیت کشور ۱۰۰ میلیون نفر بشود و اگر سرانه آب سالیانه برای توسعه همه جانبه دو هزار متر مکعب باشد، در این صورت ۲۰۰ میلیارد مترمکعب آب در کشور نیاز خواهیم داشت.

۲- به‌طور متوسط هر سال یک میلیون نفر جمعیت کشور اضافه شود و با فرض ۲۰۰۰ متر مکعب برای توسعه همه جانبه، دو میلیارد مترمکعب آب جدید باید تولید کنیم.

طبق آخرین ارقام، پنج سال پیش رقم اندازه‌گیری شده در آمریکا برای توسعه همه جانبه، ۲۰۰۰ متر مکعب بود. پس به ۲ میلیارد متر مکعب آب در سال نیاز است؛ آب جدید. با فرض عدم کمبود آب، از کجا باید این آب تامین شود؟ برای تامین آب از دریا برای هر مترمکعب در روز، سرانه لازم هزار دلار است. طبق آمارهای موجود، ۵۰ میلیون مترمکعب در سال نیاز آبی است که معادل ۵ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری برای تولید آب جدید است! این عدد غیر از آبگیری، تصفیه، انتقال، شبکه توزیع و ارتقای تصفیه‌خانه‌ها است؛ اگر آن‌ها را نیز به‌حساب آوریم به ۸ میلیارد می‌رسد. پس در سال بین ۸ تا ۱۰ میلیارد

دلار سرمایه نیاز داریم تا بتوانیم با خشکسالی مبارزه کنیم. در حالی که درآمد از نفت ۵۰ تا ۶۰ میلیارد دلار در سال است. پس این مقدار سرمایه باید به بخش آب و فاضلاب و وزارت نیرو اختصاص داده شود.

اما ما چه باید بکنیم؟

گام اول: صرفه جویی در مصرف آب و کاهش هدررفت با مدیریت‌های مختلف که این امر نیاز به سرمایه‌گذاری دارد.

گام دوم: مهار بارش‌ها و کاهش تبخیر. ذخیره بارش‌ها در پشت سدها یا سدهای زیرزمینی، این‌ها هم نیاز به سرمایه‌گذاری دارد که همان مدیریت توسعه منابع آب است.

گام سوم: استفاده دوباره از آب در شهرها با توجه به رعایت استراتژی جایگزینی، یعنی هر جا که آب از کشاورزی دریافت می‌شود، باید بعد از تصفیه به بخش کشاورزی بازگردانده شود. هر کجا که کشاورزی نباشد باید به بخش شهری اختصاص یابد. در این خصوص باید گفت: اول این‌که آن‌چه که هم اکنون در کشور به‌عنوان تصفیه فاضلاب داریم، تصفیه‌های ناقص هستند، مطابق با استانداردهای گذشته هستند. در کشور ما در پساب خروجی تصفیه‌خانه‌ها ۴۰۰ عدد فیکال کلی‌فرم مجاز است، در حالی‌که در آب شرب اگر یک دانه باشد آن آب قابل شرب نیست. بنابراین پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های ما باعث انتشار انواع بیماری‌زاهای میکروبی می‌شوند. به‌علاوه مسئله آنتی‌بیوتیک‌ها، هورمون‌ها و مسکن‌ها هم هست. اگر قرار باشد این پساب‌ها را به منابع آب تخلیه کنیم که معمولاً هم این‌گونه است، باید تصفیه پیشرفته بشوند. یعنی از هورمون‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و انواع حشره‌کش‌ها و غیره باید زدایش بشود (Purify بشود).

نکته بعد، برای استفاده در تولید محصولات غذایی، بسیاری از کشورها استفاده از فاضلاب را برای تولید محصولات غذایی که خام خورده می‌شوند تقریباً ممنوع می‌کنند و این به‌این دلیل است که مشخص نیست چه میزان از آنتی‌بیوتیک‌ها و هورمون‌ها از ریشه گیاه رد می‌شوند و اگر گیاهان صدمه ببینند خطر عبور عوامل میکروپلیوتنت هم وجود دارد. به این جهت می‌گویند از پساب نباید استفاده شود، چرا که از فاضلاب (پساب) برای آب شرب هم استفاده نمی‌کنیم، چون ضرورتی ندارد. بنابراین مزارع کشاورزی با آلودگی میکروبی در کنار آنتی‌بیوتیک‌ها آلوده می‌شوند و مشخص نیست که این عوامل بیماری‌زا در درازمدت چه واکنشی نسبت به آنتی

بیوتیک‌ها نشان خواهند داد. آیا مقاوم می‌شوند؟ آیا بعد ما را گرفتار می‌کنند؟

گام چهارم: تولید آب با استفاده از صنایع نمک‌زدایی است. استفاده دوباره (reuse) در مرحله سوم و استفاده از نمک‌زدایی مرحله چهارم است. زیرا اگر قرار باشد آب دریا نمک‌زدایی بشود و سپس به شهرها منتقل شود، فاضلابی که تولید می‌شود بسیار گران خواهد بود. باید مجدداً استفاده شود. اولین reuse در خود شهر است: فضای سبز شهری، صنایع، کارگاه‌ها، شستشوی شبکه‌های فاضلاب، شستشوی معابر، شستشوی اتومبیل‌ها. مصارف زیادی از این نوع وجود دارند. در شهرهای زیادی در دنیا بیش از ۳۰ تا ۴۰ سال است که شبکه آب نامتعارف وجود دارد. یعنی پساب بعد از تصفیه به کمک میکروب‌کشی (نه گندزدایی که اصطلاح غلطی است) و کلر زنی شود و سپس به مزارعی که در آن‌ها محصولات غذایی تولید نمی‌شود و یا خام خورده نمی‌شود برود.

گام پنجم: همه مراحل، انرژی لازم دارند، تولید انرژی با آب ارتباط دارد. چنانچه تأسیسات تولید نیرو و تولید آب کنار هم قرار بگیرند، هم آب ارزان‌تری فراهم می‌کند، هم برق ارزان‌تری. لازم به ذکر است که اولین نمونه این هم در جزیره قشم راه‌اندازی شده است. در وزارت نیرو بخش‌نامه‌ای در دی ماه سال ۱۳۹۳ برای جلب سرمایه‌گذار در شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب نوشته شده است. پس وزارت نیرو تصمیم دارد که آب را بفروشد که بتواند سرمایه جمع کند و بدین معنی است که ما با بحران سرمایه در واقع روبه‌رو هستیم. به‌عنوان مثال، آخرین بار شهر صنعتی اراک اعلام کرد که برای تصفیه فاضلاب سرمایه ندارد. از نظر من اندیشه فروش آب به بخش خصوصی غلط است و وزارت نیرو باید تولید آب کند و آن را نباید بفروشد.

بنابراین با کمبود آب روبرو هستیم. خشک‌سالی در راه است و باید سرمایه‌گذاری کنیم. برای سرمایه نیز انرژی خورشید، نفت و گاز و آب دریا را در اختیار داریم. در خیلی از شهرهای دنیا مثل Los Angeles, Pittsburgh, San Diego، در شهرهای اروپا و حتی در بنگلور هندوستان پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب را بعد از تصفیه‌ای که حداقل double filtration و ozonation و... است، یعنی اکسیداسیون پیشرفته، و بعد از اولترافیلتراسیون و اسمز معکوس، آب را به‌عنوان تقویت آب خام شرب به رودخانه یا به دریاچه می‌ریزند. یعنی آلودگی آب

را اول برطرف می‌کنند و بعد از تصفیه به رودخانه می‌ریزند. آبی را از سد دز می‌خواستند ۲۸۰ کیلومتر جابه‌جا کنند و ۱۰ میلیارد هزینه کنند. اگر این هزینه را صرف پاکسازی رودخانه کارون می‌کردند به احتمال زیاد جوابگو بود و اشتغال‌زایی انجام می‌شد.

استانداردها: از مشکلات مهم کشور در زمینه آب و فاضلاب می‌توان به استانداردها اشاره کرد. به‌عنوان مثال استاندارد، اعداد را برای فیکال کلیفرم ۴۰۰، کلیفرم کل ۱۰۰۰، BOD را برای کشاورزی ۱۰۰ و برای دفع در چاه ۵۰ اعلام می‌کند. در مقابل مثلاً در عربستان سعودی مقدار BOD، حداکثر ۱۰ است. فیکال کلیفرم باید صفر باشد که برای استاندارد ایران ۴۰۰ است. ما از لحاظ استانداردها و تکنولوژی تصفیه عقب هستیم که نیاز به سرمایه دارد تا بتوانیم به جنگ خشکسالی و به‌سازی محیط‌زیست برویم.

دکتر صراف زاده:

با سلام. آقای دکتر رازقی بحث را گسترده کردند. من از مورد آخر ایشان بحثم را شروع می‌کنم.

لزوم سرمایه‌گذاری: نیاز به سرمایه‌گذاری درست است؛ اما مشکل اصلی در ایران نبود سرمایه کافی نیست؛ نیاز اصلی مدیریت است. باید بررسی کرد که همین پولی که تاکنون موجود بوده چگونه خرج شده است. در عنوان این میزگرد سه بحث سیاست، برنامه و عملکرد است. من روی موضوع بهره‌وری تمرکز می‌کنم. بهره‌وری دو بخش دارد، یک بخش آن در حوزه effectiveness است، «اثربخشی». سیاست و برنامه در این بخش قرار می‌گیرد و یکی هم موضوع بازدهی و راندمان است که آن، بحث عملکرد است.

سرمایه‌گذاری‌هایی که طی این سال‌ها در حوزه آب شده، عمدتاً در بحث‌های سازه‌ای صرف شده و به موضوعات

غیرسازه‌ای کم‌لطفی شده است. در صورتی که معضل اصلی در بحث‌های آب و فاضلاب، در بسیاری از مواقع عدم مدیریت منابع موجود است. در برنامه پنجم توسعه سهم مشخصی از رشد اقتصادی به بهره‌وری اختصاص یافته است و یک سوم رشد اقتصادی باید با بهره‌وری تامین شود. یعنی جنس این یک سوم با دو سوم بقیه متفاوت است. در این یک سوم نیاز نیست که پول و هزینه جدید تامین شود. برای این یک سوم باید در حوزه اثربخشی و حوزه راندمان، کارها به‌طور سیستمی مدیریت شوند. در حوزه سیاست و برنامه دقیقاً باید سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها و استراتژی‌ها تبیین شده باشد. به‌عنوان مثال در بحث نمک‌زدایی، چندتا از شهرهای ساحلی کشور ما آب خود را از طریق آب شیرین‌کن به‌دست می‌آورند؟ بوشهر و بندعباس و چابهار دارند از منابع داخل سرزمینی استفاده می‌کنند. همیشه سببی از فناوری‌ها و راهکارهای متعدد را باید داشت و نباید از راه‌کارها و فناوری‌هایی به‌طور کل صرف‌نظر شود.

تصفیه فاضلاب: سازمان ملل و به‌طور مشخص یونسکو در بحث فناوری‌ها اصرار براین دارند که فناوری‌ها (Natural Based Solution NBS) باشد. موضوعی با عنوان بلوغ فناوری مطرح است. در کشور ما فناوری‌های سنتی وجود دارد که در طول زمان فرصت پیدا کردند بالغ شوند و خودشان را به‌نوعی با بومیت و سیستم‌هایی که در جامعه تکامل پیدا کرده‌اند وفق بدهند؛ با محیط زیست، مردم و تمام اجزای آن سیستم همگرا شده‌اند. مثلاً فناوری سیستمی چون قنات با چند هزار سال قدمت وجود دارد که یک روش پایدار برای تامین آب است ولی فناوری پمپ آمد و جای آن را گرفت.

در حوزه تصفیه فاضلاب نباید کپی فناوری کرد. اگر بخواهیم موضوع NBS را در نظر بگیریم در مقیاس کلان کره زمین چرخه آب را داریم. راه‌کار فعلی برای موضوع بحران آب در خیلی از نقاط، محلی دیدن موضوع است. یعنی چرخه‌ای که



در کره زمین است برای هر ناحیه پیاده سازی کنیم. چرا باید شهری مثل تهران، آب بالا دستش را بگیرد، آنرا تبدیل به فاضلاب کند و در پایین دست تحویل دهد؟ چرا این نباید به صورت منطقه‌ای دیده شود و در مداری بسته و با فناوری‌های مناسب و با توجه به توسعه پایدار در نظر گرفته نشود؟ صنایع بیان می‌کنند که تامین آب آن‌ها با استفاده از فاضلاب خواهد بود! اگر تامین آب صنعتی با فاضلاب صورت می‌گیرد، نباید فاضلابی تولید کند. این صنعت باید فاضلاب تولیدی‌اش را در همان مدار بسته بچرخاند و نیازی ندارد که به منابع آب خارج از سیستمش وابسته باشد. با اجرای نظام مدار بسته آبی، حداقل می‌تواند تا حدود ۷۰-۸۰ درصد مستقل باشد. از این طریق با تضمین تامین منابع آب، آلودگی زیست محیطی کمتری نیز خواهد داشت. بهتر است آب‌بهایی را که برای تامین آب یک سال پرداخت می‌کرده است برای یک سال برای ارتقای تصفیه‌خانه سرمایه‌گذاری کند.

مهندس وکیلی:

با عرض سلام و تشکر از برگزارکنندگان نشست، سعی می‌کنم عناوین کلی از وضعیت و راه‌کارهایی که برای موضوع این نشست وجود دارد را بیان کنم. من بحثم را به شرح زیر بیان می‌کنم.

ارتقای تصفیه‌خانه‌ها و واقعی شدن تعرفه‌ها:

هم اکنون بیش از ۱۶۰ تصفیه‌خانه فاضلاب در کشور وجود دارد که در نتیجه در سال، بالغ بر یک میلیارد و ۲۰۰ - ۳۰۰ میلیون مترمکعب پساب تولید می‌شود. این منبع با ارزشی است و باید برای آن برنامه‌ریزی داشت و برای جبران بخشی از منابع آبی باید از آن استفاده کرد. تصفیه‌خانه‌های قدیمی کشور با قدمت ۴۰-۵۰ ساله با توجه به نیازهای آن زمان، صرفاً برای دفع فاضلاب از شهرها و آبادی‌ها طراحی و ساخته شده‌اند. در قدیم تصفیه‌خانه صرفاً برای دفع فاضلاب از شهرها ساخته می‌شدند ولی با توجه به تغییر شرایط، این منبع می‌تواند با ارزش باشد و در صنعت استفاده شود. لذا باید به سمت ارتقا و تکمیل فرایندهای تصفیه حرکت کرد. این ارتقا با مدیریت و صرف هزینه ممکن است. شرکت‌های آب و فاضلاب در مقام متولی جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب باید به‌طور کامل بتوانند عهده‌دار نگهداری سیستم‌هایشان باشند. اینجا بحث استانداردها و آیین‌نامه‌ها مطرح می‌شود. با وجود تلاش زیاد

شرکت‌های آب و فاضلاب در بهره‌برداری از امکانات موجود، قیمت یک مترمکعب آب بیش از هزار تومان تمام می‌شود و حدود ۴۰۰ تومان به فروش می‌رسد. فاضلاب نیز با هزینه‌ای در حدود ۱۰۰۰ تومان به‌ازای یک مترمکعب تصفیه می‌شود ولی پساب ۲-۴ ریال فروخته می‌شود. این درآمد خیلی کم است و برای نگهداری از تجهیزات نیز کافی نیست. بسیار تاکید می‌شود که باید بتوان از درآمد فروش پساب‌ها حداقل برای نگهداری تجهیزات خود تصفیه‌خانه استفاده شود. در نتیجه وزارت نیرو باید تا حد ممکن تعرفه‌های آب و فاضلاب را به واقعیت نزدیک کند. اگر این اتفاق بیافتد خیلی از مشکلات حل خواهد شد.

ضرورت تغییر نگرش در طراحی‌ها و استفاده از سیستم‌های بهینه: باید نگرش و طراحی‌ها را تغییر داد. مثلاً باید از تصفیه‌خانه‌های متمرکز به سمت تصفیه‌خانه‌های محلی و کوچکتر حرکت کند و بتوانیم در هر مجتمع و محله، فاضلاب را تصفیه کنیم و از این طریق در هزینه‌های بالای احداث خطوط انتقال و شبکه‌های جمع‌آوری صرفه‌جویی شود. در تصفیه‌خانه‌های محلی این امکان وجود دارد که این پساب‌ها در جهت تقویت منابع زیرزمینی در همان نقاط به زمین تزریق شوند و هم در مصارف دیگر به‌کار برده شوند و دیگر نیازی به انتقال فاضلاب‌ها به چندین کیلومتر خارج از شهر و تحمل مشکلات این روش نخواهد بود. متأسفانه، حجم بسیار زیادی از فاضلاب‌ها و پساب‌ها بلامتکلیفاند و استفاده درستی ندارند و به هدر می‌روند.

تحقیقات و آموزش: تحقیقات و آموزش هر دو از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند. در کشورهای پیشرفته آموزش تعلیمات اجتماعی را از سنین کودکی در دبستان شروع می‌کنند. مثلاً آموزش می‌دهند چه چیزی باید در سینک ظرف‌شویی ریخته شود. ولی متأسفانه به‌علت ضعف آموزش، در خطوط جمع‌آوری فاضلاب در شهرهای ما، هر ماده‌ای وجود دارد مثلاً: باتری، لاستیک ماشین، پتو، جنازه و... رفع این مشکلات نیاز به فرهنگ‌سازی و آموزش دارد. باید با همکاری صنعت و دانشگاه با هم از الان برای حل این مشکلات برای نسل آینده بستر سازی کرد.

بازنگری آیین‌نامه‌ها: آیین‌نامه‌ها هم نیاز به بازنگری دارند. باید آیین‌نامه‌هایی که کاربردی‌تر باشند تصویب شود. بعضی از دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌ها و استانداردهای کشور، مربوط به

۲۰ سال پیش است. باید آیین‌نامه‌ها و استانداردهایی تدوین شوند که با شرایط فعلی منطبق باشند.

ساماندهی بخش خصوصی: استفاده از بخش خصوصی به‌عنوان تامین منابع مالی، ایده خوبی بوده که در شرکت‌های آب و فاضلاب اجرا شده و در بهره‌برداری هم این کار اتفاق افتاده است. شرکت‌های آب و فاضلاب، پیمانکاران و مشاوران بخش خصوصی را رتبه‌بندی کرده‌اند. پیمانکاران بهره‌بردار از نظر وزارت نیرو و شرکت آب و فاضلاب دارای رتبه و تخصص بهره‌برداری هستند و این امر باعث می‌شود که هم ارتقای بهره‌برداری و هم راندمان بهره‌برداری و نگهداری تاسیسات افزایش یابد.

دکتر اکبرزاده:

با سلام، من با استفاده از تجربیات و دانشی که طی انجام دو پروژه‌ای که مجری آن هستم یعنی: سند راهبردی و نقشه راه ملی نمک‌زدایی و سند راهبردی و نقشه راه ملی تصفیه فاضلاب کشور و همین‌طور به‌عنوان ناظر طرح کلان ملی بازیافت پساب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، مطالبی که در سه ساله اخیر مرتبط با بازیافت بر عهده من گذاشته شده است به‌طور خلاصه بیان خواهم کرد.

تغییر رویکرد جهانی: رویکرد جهانی دیگر الان از موضوع جلوگیری صرف از گسترش فاضلاب، به رویکرد استفاده از فاضلاب به‌عنوان یک منبع پایدار تولید آب حرکت کرده است. یعنی آبی که یک بار استفاده شده است می‌تواند به عنوان تغذیه به کارخانه‌های تولید آب استفاده شود. اسم wastewater به used water تغییر کرده است.

مشکل خشک‌سالی و راه کارهای مقابله: تمامی سازمان‌هایی که می‌توانند پیش‌بینی انجام بدهند مانند WMO، NASA و ... پیش‌بینی کرده‌اند که تا ۲۰۵۰ خشک‌سالی وجود خواهد داشت. کشورهایی که دچار این چالش می‌شوند مثل کشور ایران که در ناحیه MENA (Middle East & North Africa) قرار گرفته است؛ استراتژی‌هایی که از نظر جهانی می‌توانند دنبال کنند ۴ استراتژی زیر است:

استراتژی اول: نمک‌زدایی انجام بدهند؛

استراتژی دوم: بهینه‌سازی مصرف به‌خصوص در بخش کشاورزی؛

استراتژی سوم: روش‌های متعارفی هستند که از قبل وجود

داشته‌اند، به میزان کمتری با توجه به این‌که بارش‌های جوی کم شده ادامه پیدا می‌کنند، مثل استفاده از آب‌های سطحی و زیرزمینی؛

استراتژی چهارم: روش بازیافت آب از فاضلاب است (موضوع اصلی این میزگرد).

باید مشخص شود با توجه به شرایط از کدام استراتژی باید استفاده کرد.

مصرف آب: وقتی آب تولید می‌شود در سه بخش اصلی مصرف می‌شود، شرب، صنعت و کشاورزی. در کشاورزی قیمت آب آن‌قدر پایین است که کار از نظر اقتصادی نمی‌صرفد. قوانین هم در حال حاضر این اجازه را نمی‌دهند که مبلغ زیادی از کشاورز دریافت شود.

بخش دیگری که کارکردن فناوری برای آن ارزش افزوده دارد بخش صنعت است. بخش صنعت به‌خاطر سرمایه‌گذاری که در گذشته انجام داده، حاضر است اعداد بزرگ‌تری را برای مترمکعب‌های پساب بپردازد، بنابراین استفاده از فناوری معنا پیدا می‌کند. بخش دیگر، بخش شرب است که حداقل می‌شود گفت در یک بازه زمانی چند ده ساله، حداقل ۲۰ ساله ۳۰ ساله، کشور ما آن‌قدر خشک نیست که ما نیازمند به این باشیم که فاضلابمان را به‌صورت نه مستقیم بلکه به‌صورت غیرمستقیم مصرف کنیم. یعنی ما در آن مرحله نیستیم. بنابراین به‌خصوص با محدودیت‌هایی که در حوزه مالی برای کشور وجود دارد، تاکید بر استفاده از فناوری‌های نوین در حوزه تصفیه فاضلاب برای بازیافت آب و استفاده برای صنعت است. به چند موضوع اشاره می‌کنم:

موضوع اول: نیاز شدید ما به سرمایه‌گذاری خارجی در این بخش است و در واقع سیستم‌های دولتی تسهیلاتی را برای جذب سرمایه‌گذار خارجی در نظر بگیرد.

موضوع بعدی: تعیین تکلیف تعرفه فروش پساب است که هنوز نیاز به بررسی دارد.

موضوع سوم: الزام بازچرخانی آب در مجتمع‌های مسکونی و ساختمان‌های بند مرتبه (تصفیه درجا) است

موضوع مهم آخر لزوم توجه به پژوهش در حوزه استحصال آب از منابع غیرمتعارف است، دولت باید در حوزه پژوهش سرمایه‌گذاری بیشتری بکند و هم سرمایه‌گذاری‌ای که در حوزه پژوهش همین الان صورت می‌گیرد را به سمتی جهت‌دهی کند که پروژه‌های پایان‌نامه دکترا یا پروژه‌های پژوهشی که برای

سازمان‌های مختلف تایید و تصویب می‌شود در حوزه استحصال آب از منابع غیر متعارف، بازیافت آب از پساب، در حوزه نمک زدایی، تولید آب از بخار آب و موارد مشابه باشد.



دکتر یارقلی:

تفاوت مصرف آب در ایران با سایر کشورها: مصارف آب در سه حوزه اصلی کشاورزی، صنعت و شرب در ایران خیلی متفاوت با متوسط جهانی است، یا به عبارتی غیر اصولی است. در حال حاضر بالغ بر ۹۰ درصد برای کشاورزی، حدود ۵-۶ درصد برای شرب و حدود ۲-۳ درصد برای صنعت استفاده می‌شود. در صورتی که میانگین دنیا ۶۰ درصد برای کشاورزی، ۳۰ درصد برای صنعت و ۱۰ درصد برای بحث های شرب و بهداشت است. یعنی ما از آب حق صنعت به مصارف دیگر اختصاص داده‌ایم. از طرف دیگر اگر بهره‌وری آب را بررسی کنیم؛ بهره‌وری آب در صنایع کشور بالاتر از میانگین دنیا است و در کشاورزی خیلی پایین‌تر است.

اقتصاد پساب: خیلی وارد این موضوع نمی‌شوم. در واقع هدف اصلی ما از ایجاد تصفیه‌خانه، بحث قیمت تمام شده پساب نیست بلکه ارتقا و حفاظت از محیط زیست است که در کنار این هدف اصلی، بهتر است از پساب تولیدی استفاده سودمندی با حفظ محور زیست‌محیطی داشته باشیم. قیمت تمام شده پساب حدوداً ۰/۳ دلار است و در صورت استفاده از نمک‌زدایی ۰/۸ تا ۱ دلار خواهد بود. پس به صرفه‌تر است تا در ابتدا تصفیه و پساب را مدنظر قرار دهیم.

کیفیت منابع آب: تحلیلی که در مقیاس کشور انجام شده، چالش اصلی در کشورمان روند شور شدن منابع آب است. حدود ۳۰ درصد منابع آب سطحی و بالغ بر این، منابع آب زیرزمینی در حال شور شدن هستند. چالش دیگر عناصر مغذی است. نیتروژن و فسفر و عناصر مغذی‌ای که از پساب‌های انسانی و صنعتی و... می‌توانند وارد بشوند و باید توجه ویژه‌ای به تصفیه‌خانه و ارتقای فرایندها و عملکرد بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌ها داشت. متأسفانه بسیاری از سیستم‌های موجود

در کشور، آن راندمان و عملکردی که از آن‌ها انتظار می‌رود، یا با آن هدف طراحی شده‌اند را تامین نمی‌کنند. در بحث ارتقای فرایندها، نباید مشابه بحث سد و سازه‌های آبی سیاسی و مدیریتی باشد و هر جا که نیاز به ارتقا حس می‌شود باید انجام شود و سیستم‌ها به صورت متحد کار کنند.

لزوم اجرایی کردن تحقیقات کاربردی: متأسفانه جزء کشورهایی هستیم که سرانه تحقیقات کشور بسیار پایین است در نتیجه انجام تحقیقات کاربردی تقریباً غیرممکن است و نیاز به تخصیص منابع مالی دارد.

نحوه اجرای تصفیه غیرمتمرکز: در قدیم دیدگاه اصلی به این شکل بود که یک تصفیه خانه اصلی وجود داشت و همه فاضلاب‌ها به آن هدایت می‌شده‌اند که دارای چالش‌هایی مثل هزینه و امنیت است. باید تصفیه‌خانه‌ها به صورت محلی در نقاطی که بتواند برای مصارف فضای سبز و تغذیه مصنوعی استفاده شود، طراحی شود. تصفیه در مبدا برای آپارتمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی در حال حاضر شاید خیلی برای کشور ما از لحاظ اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی مناسب نباشد و نیاز به بسترسازی مناسب دارد. به عنوان مثال تفکیک زباله در محل خیلی برنامه موفق نبوده است.



دکتر فاضلی:

ماده‌ای را که از طبیعت می‌گیریم اگر به طبیعت برگردانیم مشکل و آنتروپی ایجاد می‌شود. اگر آب را برداریم و تبدیل به پساب کنیم و تصفیه کنیم و سپس هدر دهیم اصلاً درست نیست. ما باید آب را به منبع خود بازگردانیم. حال بهتر است از این آب چندبار استفاده کنیم (مباحث reuse و غیره). یعنی نهایتاً آب از هر منبعی برداشته شده است باید با درصدی به همان منبع بازگردانده شود تا تعادل برقرار شود.

تعرفه پساب: ارزش اقتصادی آب با قیمت تمام شده متفاوت است. ما قیمت تمام شده را نمی‌توانیم از مصرف‌کننده و خریدار بگیریم، پس ارزش اقتصادی را که اصلاً نمی‌توان گرفت. به عنوان مثال قیمت سیب در ایران و اروپا یکسان است و در

آنجا قیمت آب در آن حساب شده ولی اینجا قیمت آب در محصول سیب مساوی صفر است. ارزش اقتصادی آب و پساب را باید بدانیم. الان قیمت پساب تصفیه خانه فاضلاب در تهران از قیمت آب خام چاه بیشتر است. پساب آبی است که توسط مصرف کننده آب استفاده و به فاضلاب تبدیل و الان تصفیه شده است. قیمت تصفیه فاضلاب را باید از مصرف کننده آب بگیریم و خیلی روی فروش آن حساب نکنیم. نهایتاً ارزش اقتصادی آب باید به درستی محاسبه و مشخص شود.

استفاده از پساب در کشاورزی: استفاده از پساب در محصولات کشاورزی که خام مصرف می شوند، باید ممنوع باشد. حتی در محصولات کشاورزی ای که پخته مصرف می شود هم به صورت Trace Element وجود خواهد داشت. در نتیجه افزایش مقاومت افرادی که استفاده می کنند در مقابل آنتی بیوتیک ها، هورمون ها و ... که در پساب شهری وجود دارد ضعیف شده، می تواند در آینده مصرف داروها را افزایش دهد. این امر بعداً ممکن است فاجعه ای به وجود آورد.

آب غیرمتعارف و کاهش تبخیر: بارش متوسط طولانی مدت در ایران ۴۰۰ میلیارد متر مکعب و ظرفیت برداشت زیر ۱۰۰ میلیارد مترمکعب است؛ تفاوت بیش از ۳۰۰ میلیارد مترمکعب صرف تبخیر و تعرق می شود. تا به حال تحقیقات گسترده ای در این زمینه در کشور صورت نگرفته و می توان به عنوان یک منبع بسیار عظیم آب غیرمتعارف روی تبخیر و تعرق مطالعه کرد. این کاهش تبخیر و تعرق به معنای افزودن ظرفیت آب قابل استحصال خواهد بود.

لزوم تصفیه درجا و در محل تولید: اگر محل تولید در خانه است، اگر پساب را به پایین دست برای تصفیه انتقال دهیم، انرژی پتانسیل آن را گرفته ایم و دوباره بازگردانی آن نیاز به انرژی زیادی برای پمپاژ دارد. در نتیجه از نظر مصرف انرژی بسیار به صرفه است. معضل بزرگ آن تخصص استفاده از تجهیزات تصفیه درجا است. آیا افرادی که در منزل تصفیه را انجام می دهند توانایی بهره برداری مناسب را از این تجهیزات دارند؟ از نظر من این توانایی وجود ندارد. مشابه معضل دستگاه های تصفیه خانگی، که شامل تعویض یون، جذب سطحی، RO و غیره می شود و افراد در منزل استفاده می کنند ولی اغلب دستگاه ها دارای آلودگی میکروبی اند، زیرا افراد نمی توانند از این تجهیزات درست استفاده کنند. حتی افراد متخصص هم نمی توانند درست استفاده کنند، زیرا در منازل

آزمایشگاه وجود ندارد.

راه کارهای تقویت نقش آوری سازمان محیط زیست: ما خلاء قانونی در کشور داریم. بزرگ ترین معضل مسائل آب بحث خلاءهای قانونی است. اگر حتی قانون ها درست اعمال شوند باز هم ناقص اند. این موضوع وظیفه کسانی است که لایحه تهیه می کنند و باید قوانین به مجلس برده شود و توسط مجلس تصویب شود. به عنوان مثال در سال ۱۳۶۲، تولیدات به این شکل بود که محصولات در یک سال قیمت زیادی داشت و صادر می شد ولی در سال بعد تولیدات زیاد بود و در مزرعه خراب می شد. بعد آمدند برای محصولات برنامه ریزی کردند و مجلس آن را تصویب کرد ولی مجلس شورای نگهبان آن را مغایر با مبانی اسلام دانست و رد شد. در اینجا کار شورای نگهبان درست بود، زیرا این لایحه با فکر نبود. در اینجا باید خود مردم دخالت داده می شدند و خودشان در تصمیم گیری ها باید حق اظهار نظر می داشتند. دستور از بالا جواب نمی دهد. امروزه با استفاده از NGO ها این مسائل در حال بررسی است. البته دیر شده ولی جلو ضرر را هر جا بگیرد نفع است.

دکتر مهرنیا:

باید مجموعه ای وجود داشته باشد تا ذهن نمایندگان و مجلس روشن شود. به عنوان مثال در ماده ۸۰ برنامه ششم توسعه باید ۲ درصد از اعتبارات عمرانی صرف تحقیق و پژوهش شود و دولت بسیار تلاش کرد تا این ۲ درصد تحول عظیمی ایجاد کند ولی متأسفانه مجلس این ۲ درصد را کاملاً خط زد! بدون تحقیق و پژوهش وضعیت مملکت بحرانی تر خواهد شد. این باعث تأسف است و باید نمایندگان مجلس متوجه این موضوع باشند و دانشگاهیان باید به کسانی رای دهند که به تحقیق و پژوهش باور داشته باشند.



دکتر برقعی:

بحث اصلی در ارتباط با مقابله با کم آبی و بی آبی و صدمات آن به مملکت است. به دنبال راه حل های فانتزی نباید رفت، مثل انتقال آب دریای خزر به سمنان و ... اثرات شبکه های اجتماعی

۲۰ برابر روزنامه‌ها است و ما از این شبکه‌ها استفاده می‌کنیم و بسیار اطلاعات خوبی نیز منتقل می‌شود. گروه‌های آموزشی و محیط‌زیستی موجود در این شبکه‌ها بسیار مفید است و باید تشویق شود.

من به این مسئله که گفته می‌شود مصرف آب ما ۲/۵ برابر دنیا است اعتقادی ندارم. ببینید در کشور هندوستان ۶۰ درصد مردم در منزل توالت ندارند و در واقع آمار درستی از جهان وجود ندارد و نمی‌توان مصرف‌مان را با آن‌ها مقایسه کرد. من معتقدم مصرف آب در ایران زیاد نیست، ولی در کشور ما پرت آب بسیار زیاد است. حتی قیمت آب ما نیز خیلی پایین نیست. قیمت آب در تهران و لندن خیلی فرق ندارد در حالی که سطح درآمد افراد خیلی فرق دارد. مشکل اصلی در عدم انجام درست مسئولیت مسئولین است. پرت و هدر رفت شبکه بسیار زیاد است و صرفه‌جویی نمی‌کنیم. هزینه تمام شده خدمات زیاد است و دولت مجبور است پولش را از مردم بگیرد. فرونشست‌های زیادی در تهران اتفاق می‌افتد. به‌عنوان مثال فرونشست بزرگراه آزادگان می‌تواند به دلیل چاه‌هایی باشد که در نزدیکی آن منطقه برای استحصال آب شرب تهران توسط وزارت نیرو حفر شده است. یعنی اگر مصرف آب تهران ۳ میلیون مترمکعب آب در روز باشد، ۲ میلیون مترمکعب آن از چاه‌ها تامین می‌شود که باعث نشست زمین می‌شود. در هر جا که می‌توان باید آب را صرفه‌جویی کرد چه در صنعت یا کشاورزی. یک کشاورز در اسرائیل برای یک هکتار ۸ مترمکعب آب در سال استفاده می‌کند و این رقم در ایران ۴۰ مترمکعب است! کشاورز ما نمی‌تواند آن کار را بکند، زیرا شیوه کاشت و برداشت و نوع محصول متفاوت است ولی باید به سمت صرفه‌جویی آب پیش رویم. در منازل نیز باید آب سالم وجود داشته باشد و صرفه‌جویی شود. شاید خیلی مانور روی آب شرب درست نباشد. از راه‌های متنوعی مثل آب بطری و شیوه کارتی و غیره باید استفاده کنیم و دنبال راه‌حل‌های فانتزی نرویم.



مهندس نوذریپور:

اصلاح الگوی مصرف و فرهنگ: این مورد جزء ضروریات است ولی یک مولفه‌ای از مدیریت مصرف آب است. بحث آب

و فاضلاب را نیز نمی‌شود از هم جدا کرد. در واقع وقتی که اقتصاد آب بیمار باشد و ارزش واقعی آب در جامعه شناخته نشود نباید انتظار داشت که فرهنگ اصلاح شود و یا اینکه رفتار مصرف‌کننده تغییر کند. متأسفانه قیمت آب واقعی نیست، یکی از دلایلی که داریم منابع را از دست می‌دهیم، ارزان‌فروشی است. اقتصاد آب در اصلاح رفتار و استفاده از تکنولوژی‌های آب راه‌کار بسیار موثری خواهد بود.

هدررفت و تلفات: این‌طور نیست که ۴۰ درصد آب شرب را هدر دهیم. در سال ۱ میلیارد و ۲۰ میلیون مترمکعب آب در شهر تهران از ۵ سد و تصفیه‌خانه‌های موجود در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد، تنها از ۲۴ درصد از آب، بهایی دریافت نمی‌شود و اندازه‌گیری نمی‌شود. این ۲۴ درصد شامل سه بخش اصلی است. ۱۲ درصد آن هدر رفت واقعی است که ناشی از نشت مخازن و تاسیسات و شبکه‌ها است. ۱۲ درصد دیگر آن هدر رفت ظاهری است که شامل خطای اندازه‌گیری (مانند خطا کنتور) و مصارف غیرمجاز است. بقیه نیز مصارف مجازی است که در فرآیند تصفیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. **بحث فاضلاب:** در شهر تهران ۱ میلیارد و ۲۰ میلیون مترمکعب و در سطح استان ۱ میلیارد و ۳۵۰ میلیون مترمکعب آب را در چرخه تولید برای جمعیتی حدود ۱۳ میلیون نفر داریم. در تهران از سال ۱۳۷۴ شروع شد و هزینه ایجاد شبکه فاضلاب، بخشی از بانک جهانی و بخشی از فروش انشعابات و وام‌ها تامین شده و ۶۰ درصد شبکه تاکنون ایجاد شده است. از یک میلیون اشتراک موجود در تهران تاکنون حدود ۸ مترمکعب در ثانیه از تصفیه‌خانه جنوب و ۷ تصفیه‌خانه محلی پساب خارج می‌شود. شبکه‌های فاضلاب در کشور ما دیر شروع شده و از کشورهای دیگر عقب هستیم.

وضعیت آب‌های زیرزمینی: پسایی که در اختیار بخش کشاورزی قرار می‌گیرد می‌تواند برداشت‌ها از سفره‌های آب زیرزمینی را کم کند. در استان تهران نقاطی هستند که سالیانه ۱/۵ متر افت سطح آب زیر زمینی دارند و تا ۳۶ سانتی‌متر فرونشست زمین در بعضی از نقاط استان ثبت شده که به آن‌ها تعبیر زلزله خاموش می‌شود. بنابراین ضرورت جلوگیری از برداشت آب‌های زیرزمینی و چاه‌های غیرمجازی که در سطح استان و کشور هست وجود دارد.

امروزه رویکرد اصلی ایجاد تصفیه‌خانه فاضلاب و تجهیزات مرتبط، استفاده از مدل‌های مالی با سرمایه‌گذاری بخش

خصوصی است. چندسالی است در تامین منابع مالی دچار مشکل هستیم. برای تکمیل سیستم فاضلاب تهران ۱۰ هزار میلیارد تومان و در بقیه استان نیز ۵ هزار میلیارد تومان نیاز است. بخش خصوصی ظرفیت این را دارد که ظرف ۳ تا ۵ سال مجموعه پروژه فاضلاب استان را از صفر تا صد به نتیجه برساند. اولویت اصلی این پروژه بحث‌های زیست‌محیطی و بهداشت عمومی و حفظ منابع آب زیرزمینی است.



پرسش و پاسخ و دیدگاه‌ها:

سوال: چرا تعرفه آب را در کشور را واقعی نمی‌کنند؟ زیرا از نظر من اگر قیمت آب واقعی نشود مردم و کشاورزان به استفاده صحیح از آب دقت نمی‌کنند. آیا دولت برنامه‌ای برای این موضوع دارد؟

مهندس وکیلی: در واقع وزارت نیرو پیشنهاد را می‌دهد ولی در نهایت باید هیئت دولت آن را تصویب کند و در حال حاضر تا همین سقف را اجازه داده‌اند. هر ساله درصد بسیار جزیی به آن اضافه می‌شود و زیر نظر شرکت‌های آب و فاضلاب نیست و دولت تصمیم‌گیرنده نهایی است.

سوال: به عنوان یک دانشجوی مهندسی صنایع عرض می‌کنم اگر قیمت‌ها بخواهد واقعی شود صنعت و کشاورزی صدمه خواهد دید. در حال حاضر با این که آب ارزان است ولی قیمت کالاهای داخلی از نمونه خارجی بیشتر است و با واقعی شدن آب احتمالاً گران‌تر نیز خواهد شد و تورم را در پی دارد. از نظر من راه حل بهتر، محلی کردن فاضلاب‌ها و استفاده از بازچرخانی است، همان‌طور که آقای دکتر صراف‌زاده بیان کردند. شاید با مدیریت مصرف و کنترل جمعیت بتوان مصرف آب را کنترل

کرد.

دکتر صفوی: بررسی قیمت صرفاً یک موضوع یک بعدی نیست. بخش عمده‌ای از آبی که در کشاورزی استفاده می‌شود در بسیاری از نقاط دنیا اقتصادی نیست. نکته مهم در این است که سوبسید را دولت به کجا می‌دهد. هر موقع یارانه را به نهاده بدهیم شکست می‌خوریم. ما الان یارانه را به آب، برق، گاز، انرژی، کود، بذر و .. می‌دهیم. این باعث می‌شود که کشاورز اصلاً رعایت نکند. اگر به کشاورز بگوییم برای کشاورزی باید قیمت واقعی همه نهاده‌ها را بپردازیم و سوبسید روی محصول داده شود و ما محصول او را به قیمت واقعی بخریم، یعنی محصول با قیمت واقعی تولید شود، در نتیجه آب را بهتر مصرف خواهد کرد. در حال حاضر چون قیمت تولید محصول کم است، بیش از ۲۵ تا ۳۰ درصد محصولات کشاورزی هدررفت دارد، چون ارزان است. سوبسید را دولت روی منابع طبیعی مثل آب و برق می‌دهد و این‌ها هم درست استفاده نمی‌شود. محل مدیریت مصرف آب در آب نیست بلکه در محصولاتی است که پشتش آب است. در واقع جای درست سوبسید باید شناسایی شود. نظام تعرفه‌ای و سوبسیدی حال حاضر فقط به درد واسطه‌ها می‌خورد چون کشاورز باید محصولش را ارزان بدهد و اینجا فقط واسطه‌ها سود می‌کنند، نه مردم و کشاورز.

دکتر سمساریزدی: اگر چنانچه منابع مالی لازم برای اجرای طرح‌های آب و فاضلاب وجود داشت آیا باز هم طرح‌ها به بخش خصوصی واگذار می‌شد یا خیر؟ از آنجایی که شرکت‌های خصوصی فقط به منافع شخصی خود فکر می‌کند و وظیفه دولت که رساندن آب سالم و کافی به مصرف‌کننده است را در نظر نمی‌گیرند، مسیرها به تدریج منحرف می‌شود. به همین دلیل در سایر کشورها دارند به حالت قبلی برمی‌گردند و به بخش عمومی واگذار می‌کنند.

مهندس وکیلی: این موضوع می‌تواند جنبه‌های مختلفی داشته باشد. بخش خصوصی فقط بحث مالی را شامل نمی‌شود، بلکه افزایش راندمان بهره‌روی و بهره‌برداری هم هست. برون‌سپاری بدین معنا است که بخشی از فعالیت‌ها را به بخش خصوصی بدهیم تا بخش دولتی بدنه کوچکتری داشته باشد تا در نهایت بهره‌وری بهتر شود و راندمان و کیفیت بالا برود. در شرایط

فعلی که منابع مالی عمرانی و دولتی محدود است و از طرف دیگر به دلیل پایین بودن تعرفه ها مجبوریم محصول تولیدی را یک سوم یا یک چهارم قیمت واقعی بفروشیم، تنها راه، واگذاری به بخش های خصوصی است. قطعا اگر برون سپاری با معنای واقعی انجام شود باعث ارتقای کیفیت می شود. الان در دنیا در بخش های اجرا و بهره برداری از سرمایه گزاران استفاده می شود. این راه کاری است که می تواند راه گشا باشد و الان هم پروژه های زیادی در دست بخش خصوصی است.

دکتر سمسار یزدی: ببینید آقای مهندس وکیلی، راهی که ما الان می رویم راهی است که کشورهای اروپایی ۴۰-۵۰ سال پیش رفته اند. کتابی است به نام Reclaimed water که من توصیه می کنم برای استفاده دوستان در آبفا ترجمه شود. آن ها با توجه به این همه سعی و خطا که کرده اند الان می گویند ثابت شده است بخش خصوص در بحث آب دنبال منافع خودش است و آن دیدگاهی که دولت ها مکلف به تامین آب سالم برای همگان هستند را ندارد. بنابراین امروز در اروپا دوباره دارند این تاسیسات را از بخش خصوصی گرفته و به بخش عمومی می دهند. بنابراین بد نیست که به این تجارب هم نگاه شود.

مهندس وکیلی: البته اختیار این موضوع دست دولت است. ممکن است نظر شخصی من چیز دیگری باشد. البته مواردی هم داریم که با برون سپاری با این که هزینه بیشتری می کنیم راندمان پایین تر است. اما به نظر من برون سپاری به معنای واقعی که بتواند موجب ارتقای کیفیت و بهره وری شود ولو با هزینه بیشتر، بهتر است.

مهندس پیراینده (مهندس مشاور): امروز هم دولتی ها و دانشگاهی ها انتقادات و پیشنهادهایی مثل بازچرخانی و آب شیرین کن ها داشتیم. به شکلی میزگرد به سمت سرمایه گذاری های سنگین می رود که احتمالا خیلی کمکی نمی کند. در شرایطی که کشور با کمبود منابع آب و مالی روبه رو است پیشنهادات گران هستند. علاوه بر این مصرف سرانه آب ما تقریبا دو برابر متوسط دنیا است و راندمان بخش کشاورزی تقریبا نصف است و فرهنگ مصرف آب بسیار پایین است. اگر بر روی فرهنگ سازی کار شود با کمترین هزینه ها مشکلات مردم حل خواهد شد. به جای رفتن سراغ آب شیرین کن ها،

آب های ژرف و بقیه مواردی که مطرح شد باید بررسی شود و پیشنهادهاتی در این رابطه ارائه شود که با فرهنگ سازی علاوه بر این که مصرف آب پایین می آید منابع آبی نیز حفظ می شود.

دکتر یوسفی: بین واژگان تعرفه، قیمت و ارزش آب تفاوت وجود دارد، ولی متأسفانه خیلی از عزیزان که صحبت کردند تفاوت ها را نمی دانستند. بین تعرفه آب و بهای تمام شده آب تفاوت وجود دارد و نمی توان گفت با پوشش این شکاف، اهداف جامعه پوشش داده می شود. نباید بین قیمت ها در ایران و جای دیگر مثل اروپا مقایسه انجام داد. این ها قیمت های مالی است. روی بسیاری از اعداد و آمار، بحث وجود دارد، مثلا این که ۹۰ درصد آب در بخش کشاورزی مصرف می شود. در جاهای مختلف کشور این عدد متفاوت است و ما نباید سیگنال غلط به سیاست گزار بدهیم. این که گفته شود اگر مصرف آب در بخش کشاورزی را درست کنیم همه چیز درست می شود، این طور نیست. مسئله راندمان هم همین طور است. راندمان آب و ارزش محصول به ازای یک واحد مصرف آب اگر بالا برود لزوما مسئله را حل نمی کند. تمام مباحث به خیلی از موارد بستگی دارند. باید اول هدف مشخص شود. بین ابزار و هدف تفاوت وجود دارد. اول باید هدف گذاری شود و سپس روی ابزارهای رسیدن به آن بحث کرد. مثلا این جا گاهی شبکه فاضلاب هدف می شود، گاهی تصفیه آن و گاهی سیستم غیرمتمرکز و ثبات ایجاد نشده است. آیا قیمت ارز یا قیمت محصولات کشاورزی در کشور واقعی است؟ با مکانیزم بازار در کشور ما نمی توان قضاوت کرد.

دیدگاه (مهندس مشاور): در ۳ بحث اختلاف وجود دارد: قیمت، کیفیت و هدررفت آب. اعداد مختلفی مثلا درباره هدررفت اعلام می شوند. آیا سازمانی وجود دارد که اعداد را تایید کند؟ در بحث کیفیت پساب نیز شرکت های آبفا و موسسات مختلف اعداد متفاوتی را اعلام می کنند. اینجا باید یک ریگولاتوری (تنظیم کننده) وجود داشته باشد که اعلام نظر کند. هم چنین راجع به قیمت باید در نظر داشت که قیمت پلکانی است و نباید حد پایین را فقط در نظر گرفت. بنابراین قیمت آب از نظر من گران است. باید یک ناظر در این سه مورد خارج از بدنه وزارت نیرو و دولت باشد که روی این موارد به طور مستقل نظارت کند.

مهندس نوذریور:

لازم به توضیح است که در استان تهران مصرف آب کشاورزی ۹۰ درصد نیست، تقریباً ۵۰ درصد است. اگر در سال ۱۳۵۵ حجم منابع آب تجدید پذیر کشور ۱۳۰ میلیارد مترمکعب بوده است و الان به ۹۰ میلیارد مترمکعب رسیده یقیناً فقط در آب شرب به هدر نرفته است. عمده مصرف در آبیاری سنتی کشاورزی بوده است. در بحث کنترل مقادیر و آمار و ارقام، سازمان‌هایی برای کنترل و نظارت وجود دارند به عنوان مثال در تصفیه‌خانه‌ها، سازمان محیط زیست کاملاً خروجی‌ها را کنترل می‌کند. در بحث کیفیت آب، وزارت بهداشت کنترل‌کننده است. برای بحث هدررفت و قیمت و مالی ما سازمان حسابرسی داریم. هدررفت هیچ جای دنیا کمتر از ۴-۵ درصد نشده چون اقتصادی نیست. برای هر ۱ درصد کاهش هدررفت حداقل ۴۰۰ میلیارد تومان هزینه لازم است. بین مصرف و فرهنگ و اقتصاد آب ارتباط وجود دارد. از وقتی هدفمندی اجرا شد در ۲۰ سال قبل از آن جمعیت ۳ درصد و مصرف هم حدود ۳ درصد رشد داشته ولی بعد از هدفمندی نرخ مصرف ثابت شده است. قیمت خیلی تعیین کننده است. تا موقعی که قیمت واقعی نباشد شما انگیزه‌ای برای صرفه‌جویی ندارید.

از نظر من سرمایه‌گذار خارجی واقعی با این شرایط مملکت در ایران وارد نمی‌شود. به دلیل این که از طرف ما گارانتی دریافت نمی‌کند، جذب سرمایه در این جا نمی‌شوند. باید نحوه سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذار مشخص شود. ما در ۵ سال گذشته در تمام قراردادهای BO و BOT که داشتیم سرمایه‌گذار از ما ۸۰ درصد پول پیش خرید آب را دریافت کرده و بعد هیچ کاری انجام نداده و منتظر است از صندوق توسعه ملی به او وام بدهند. الان عربستان اعلام کرده در ۵ سال آینده می‌خواهد ۵۳ میلیارد دلار برای بحث زیرساخت‌های خود در ۸ آیتم خرج کند و جذب سرمایه‌گذار از بخش خصوصی بکند.

آقای دکتر رازقی اشاره کردند به بیع متقابل. ما با بیع متقابل در توسعه پایدار به تضاد می‌رسیم. آقای دکتر فاضلی هم اشاره کردند. ما در دشت‌هایمان بیع متقابل داریم، مثلاً الان در شهر اردکان صنعت قرار داد بسته که فاضلاب شهر را جمع‌آوری و تصفیه کند و در صنعت مصرف کند. اما مردم شهر مخالفند چون ارزش فاضلاب بیشتر است. در پنل باید از صنعت و دولت و دانشگاه باشند. مشاور هم باید باشد تا بحث‌ها پخته شود.

دیدگاه: بیشتر مسائل مدیریتی است. باید مسائل اولویت‌بندی شود. مثلاً تا زمانی که شبکه جمع‌آوری فاضلاب احداث شود بسیاری از آلاینده‌ها وارد آب‌های زیرزمینی می‌شوند. آمایش زمین درست انجام نمی‌شود. باید آموزش به شکل درستی انجام و از نیروهای متخصص استفاده شود. بسیاری از صنایع جایی ایجاد می‌شود که آب شرب وجود ندارد. جایی هست که تصفیه‌خانه آن از خود صنعت بزرگتر است.

دیدگاه: ما باید نگاهمان را به آب و تامین آب عوض کنیم. ما داریم نیازهای ضروری‌مان را تامین می‌کنیم. ما فکر می‌کنیم افزایش قیمت مشکل را حل می‌کند. آیا افزایش قیمت بنزین مشکل را حل کرد. با افزایش قیمت آب قشر ثروتمند پول بیشتر می‌پردازد و بیشتر هم مصرف می‌کند اما قشر کم درآمد نمی‌تواند بپردازد و کمتر مصرف می‌کند و با ایجاد مشکلات بهداشتی جامعه باید هزینه‌های بیشتری بپردازد. الان خیلی از آمارها واقعی نیست. من معتقدم میزان تلفات خیلی بیشتر از اعداد اعلام شده است. از نظر من باید به هر طریقی برنامه‌ریزی کرد تا کاهش مصرف و افزایش راندمان اتفاق بیفتد تا مشکل آب حل شود.

رتبه دوم اولین دوره مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۵ در مقطع کارشناسی ارشد
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشگاه: تهران

پردیس: کشاورزی و منابع طبیعی

دانشکده: مهندسی و فناوری کشاورزی

گروه: مهندسی آبیاری و آبادانی، رشته مهندسی منابع آب

عنوان: بهینه سازی چندهدفه شبکه پایش کیفی در سامانه رودخانه-مخزن در شرایط بروز آلاینده ناگهانی

نگارش: مهیار ابوطالبی

استاد راهنما: دکتر امید بزرگ حداد

زمان: اسفند ۱۳۹۲

چکیده

غلظت آلاینده MTBE در دریچه خروجی از مخزن به همراه آنمودهای غلظت آلاینده در ۱۶ مکان از سامانه که به عنوان مکان های پتانسیل نمونه برداری در نظر گرفته شده اند، توسط مدل CE-QUAL-W2 شبیه سازی و به شکل یک پایگاه داده ذخیره شده اند. به دلیل زمان بر بودن مدل CE-QUAL-W2 در شبیه سازی های متعدد و مورد نیاز مدل بهینه سازی، توانایی سه ابزار رایج در علم داده کاوی یعنی ANN، GP و SVM برای شبیه سازی آنمود غلظت در دریچه خروجی از مخزن مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاکی از این بود که SVM نسبت به دو ابزار دیگر به طور متوسط براساس شاخص R^2 از ۵٪ دقت بیشتر، برخوردار است. سپس ابزار SVM برای شبیه سازی آنمودهای غلظت آلاینده MTBE در دریچه خروجی از مخزن به بهینه ساز NSGAII متصل شده و NSGAII-SVM با در نظر گرفتن تعداد مکان های نمونه برداری مختلف، برای حل مسئله به کار گرفته شد. بنابر نتایج به دست آمده استفاده از روش پیشنهادی یعنی NSGAII-SVM به طور موثری می تواند در طراحی چندهدفه بهینه شبکه پایش سامانه رودخانه-مخزن مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: بهینه سازی چندهدفه، شبکه پایش، آلاینده MTBE، مدل CE-QUAL-W2، داده کاوی، NSGAII

با توجه به اهمیت منابع آب اعم از منابع آب سطحی و منابع آب زیرزمینی، به ویژه منابع آب ذخیره شده در پشت مخازن، وجود زیرساخت هایی که در مواقع وقوع بحران، بتوانند باعث افزایش کارایی تصمیمات اتخاذ شده، شوند امری ضروری و بسیار مهم است. یکی از زیرساخت هایی که در مواقع وقوع بحران در منابع آب می تواند وجود داشته باشد، وجود یک شبکه پایش کیفی مستقر بر روی سامانه منابع آب است. در این تحقیق طراحی بهینه یک شبکه پایش در سامانه رودخانه-مخزن کرج با رویکرد تعیین مکان های نمونه برداری در دو بعد طولی و عمقی در صورت ورود ناگهانی آلاینده MTBE با در نظر گرفتن دو هدف کمی مورد بررسی قرار گرفته است. این اهداف شامل (۱) بیشینه شدن دقت شبیه سازی آنمود غلظت آلاینده MTBE در دریچه خروجی مخزن براساس آنمودهای غلظت آلاینده MTBE گزارش شده در مکان های نمونه برداری و (۲) کمینه شدن میانگین زمان شناسایی آلاینده MTBE در مکان های نمونه برداری از لحظه ورود آلاینده به سامانه مورد اشاره، هستند. برای این منظور ابتدا، ۳۶ سناریو از نحوه ورود آلاینده ناگهانی MTBE به سامانه رودخانه-مخزن کرج یعنی ورود آلاینده با مقادیر مختلف (۱۵، ۳۰ و ۶۰ هزار لیتری)، در مکان های متفاوت (ابتدا، میانه و انتهای سامانه) و زمان های گوناگون (ابتدای هریک از فصول چهارگانه) در نظر گرفته، سپس آنمود

رتبه سوم اولین دوره مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۵ در مقطع کارشناسی ارشد
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

دانشگاه: صنعتی امیرکبیر

دانشکده: مهندسی عمران و محیط زیست

عنوان: بازسازی شبکه توزیع آب با رویکردهای اقتصادی و محیط زیستی

نگارش: فرشید رحمانی

اساتید راهنما: دکتر عبدالله اردشیر و دکتر کوروش بهزادیان

زمان: دی ماه ۱۳۹۳

چکیده

عبارتند از انتخاب نوع بازسازی لوله‌ها (تعویض یا کارگذاری لوله جدید به صورت موازی با لوله کهنه)، انتخاب قطر مناسب برای لوله‌های نوسازی شده، برنامه‌ریزی پمپ‌ها با استفاده از افزایش پمپ‌های موجود در شبکه یا ایجاد تغییر در کارکرد پمپ‌ها به منظور کاهش مصرف انرژی، باز و بسته نمودن لوله‌ها، افزایش حجم تانک‌ها، هم‌چنین اضافه کردن شیرهای فشارشکن و به کارگیری مدلی برای برنامه‌ریزی آن‌ها. مدل طراحی شده به گونه‌ای است که به صورت گام به گام (در سه گام مختلف) به جواب‌های نزدیک بهینه نزدیک می‌شود. نتایج نشان داد که می‌توان علاوه بر رعایت محدودیت‌های موجود در شرکت‌های آب و فاضلاب، هم میزان نشت در شبکه را به حد قابل قبولی رساند و هم از تولید بیشتر گازهای گلخانه‌ای جلوگیری کرده و هم زمان میزان کارایی شبکه را نیز از نظر هیدرولیکی در حد قابل قبولی نگه داشت.

کلمات کلیدی: شبکه توزیع آب شهری، بازسازی و نوسازی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، هزینه‌های اقتصادی، بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک

در این پایان نامه سعی بر آن شده است که مسئله بازسازی و نوسازی شبکه‌های توزیع آب شهری با در نظر گرفتن طراحی در زمان حال (Real Time) و با توجه به معیارهای اقتصادی و زیست محیطی مورد بررسی قرار گیرد و در عین حال میزان تاثیر اعمال اهداف زیست محیطی بر جواب‌های نهایی نیز ارزیابی شود. به منظور نیل به اهداف عنوان شده، دو مدل بهینه‌سازی چندهدفه طراحی شد. در مدل اول بهینه‌سازی بازسازی شبکه توزیع آب شهری با مدنظر قرار دادن سه هدف اقتصادی (هزینه‌های مربوط به زیرساخت، هم‌چون تعویض لوله‌ها و یا اضافه کردن پمپ‌ها و تانک‌های جدید و ...؛ هزینه‌های نگهداری هم‌چون هزینه اتلاف آب از طریق نشت و هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی؛ هزینه‌های مربوط به نصب و استفاده از شیرهای فشارشکن) انجام گرفت. مدل دوم دربرگیرنده اهداف اقتصادی و زیست محیطی است. هدف اقتصادی شامل همه هزینه‌های شبکه هم‌چون هزینه‌های تعویض و موازی‌سازی لوله‌ها، افزایش تعداد تانک‌ها، افزایش یا تعویض پمپ‌ها با پمپ‌های جدید، شیرهای فشارشکن، انرژی و اتلاف (نشت) آب بوده و هدف زیست محیطی شامل میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در شبکه توزیع آب شهری است. در این دو مدل، بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه NSGA-II در محیط نرم افزار MATLAB و شبیه‌سازی شبکه توزیع آب شهری با مدل شبیه‌ساز هیدرولیکی EPANET انجام شد. متغیرهای تصمیم

اقتصاد چرخشی: مفاهیم پایه، تئوری‌ها و تجربه‌ها

نویسندگان:

دکتر سید حسین سجادی‌فر

مسعود خشائی

علی اصغر قانع

محمد داودآبادی

انتشارات: دریچه نو

سال: ۱۳۹۷



هرچند در اقتصاد خطی متعارف، بهینه‌یابی در زمینه‌های گوناگون تصمیم‌گیری، هدف آرمانی است، اما در آن استفاده از ضایعات تولید، بازیابی زباله‌های حاصل از مصرف و تخریب و آلودگی محیط زیست، به جد لحاظ نمی‌شود. این رویکرد منفی در توسعه، پس از دهه ۱۹۴۰ آسیب‌های جدی متعددی بر محیط زیست هم‌چون پدیده گرمایش کره زمین، تغییرات محسوس آب و هوایی، نابودی برخی از گونه‌های گیاهی و جانوری را به همراه آورده است. در آغاز دهه ۱۹۷۰ کشورهایمانند چین، آلمان

و اتحادیه اروپا و برخی موسسه‌های غیردولتی، فعالیت‌های علمی و عملیاتی ارزنده‌ای را در انجام فعالیت‌های اقتصادی و در عین کاهش آلودگی و تخریب محیط زیست، استفاده مجدد از ضایعات تولید و زباله‌ها انجام داده‌اند، که منجر به شکل‌گیری دانش جدید اقتصاد چرخشی شد. در اقتصاد چرخشی، برنامه‌ریزی، منابع، تهیه، تولید، بازفرآوری و طراحی، به‌عنوان فرآیند و خروجی برای به حداکثر رساندن عملکرد اکوسیستم و رفاه بشری مدنظر است.

توجه به مسایل اقتصاد چرخشی، می‌تواند بخشی از چالش‌های صنعت با محیط زیست را که ارتباط متقابل و مستقیمی با صنعت آب و فاضلاب دارد و برخی تنگنایهای مرتبط با ارزش افزوده منابع اقتصادی را مرتفع سازد. هم‌چنین اهمیت به مولفه‌های اقتصاد چرخشی در صنعت آب و فاضلاب، به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد حاکم بر آن و ارتباط متقابل فرآیندهای تامین و توزیع آب و جمع‌آوری و دفع فاضلاب با محیط زیست و از سویی ارتباط محیط زیست با اقتصاد چرخشی (کاهش آلودگی و بازیافت ضایعات)، می‌تواند در زمینه‌های گوناگون این صنعت تاثیرگذار باشد.

این کتاب در بردارنده مطالب، نوشتارها، تجربه‌های میدانی کشورهای و موسسه‌های غیردولتی پیرامون اقتصاد چرخشی، با رویکرد محیط زیست و صنعت آب و فاضلاب است. در این کتاب ابتدا، موضوع‌های مرتبط با مفاهیم پایه، تئوری‌ها و مبانی نظری اقتصاد چرخشی، بیان و در منظر نقد و بررسی قرار گرفته است. سپس تجربه‌های موفق مدیریتی برخی از کشورها و سازمان‌های مستقل در استقرار و به‌کارگیری این شیوه بیان شده و بر آن است تا خوانندگان محترم را با مبانی پایه، کارکردها و مزایای اقتصاد چرخشی با بیان مصداق‌های عملی و تجربه‌های موفق آشنا سازد. این کتاب در دو بخش شامل ۱۲ فصل تهیه شده است.

بخش دوم: نمونه تغییرات عملیاتی اقتصاد چرخشی

۱- اتحادیه اروپا

۲- آلمان

۳- فرانسه

۴- ژاپن

۵- چین

بخش اول: تئوری‌ها و مبانی نظری اقتصاد چرخشی

۱- واژه‌های مرتبط با اقتصاد چرخشی

۲- اصول و مبانی نظری

۳- مزایا و فرصت‌ها

۴- مفاهیم پایه در اقتصاد چرخشی

۵- فرآیندها و محدودیت‌ها

۶- کاربرد در عمل

۷- ارزشیابی شاخص‌ها



گزارش برگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران و دومین همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی



دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران و دومین همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی از سوی انجمن آب و فاضلاب ایران، با مشارکت دانشگاه صنعتی اصفهان و حمایت شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان و شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور در روزهای ۲۲ تا ۲۴ آبان ماه سال ۱۳۹۷ در محل تالار شیخ بهایی دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار شد. آنچه که در پیش رو دارید خلاصه‌ای است از اقدامات صورت گرفته قبل، حین و بعد از کنگره.

ارکان کنگره:

در اولین گام برنامه‌ریزی کنگره، شورای سیاست‌گذاری و ارکان اصلی کنگره تعیین شدند. اعضای شورای سیاست‌گذاری عبارت بودند از:

- آقایان دکتر مسعود تابش و دکتر حمیدرضا صفوی (نمایندگان انجمن آب و فاضلاب ایران)

- آقایان دکتر منوچهر حیدرپور، محمدرضا چمنی و خانم دکتر آزاده احمدی (نمایندگان دانشگاه صنعتی اصفهان)

- آقایان مهندس امینی، مهندس قبادیان، مهندس صالح و خانم‌ها مهندس ملاباشی و مهندس مرتضوی (نمایندگان شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان)

- آقایان مهندس مجید قنادی و مهندس علی اصغر قانع (نمایندگان شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور).

جلسات مستمر شورای سیاست‌گذاری (۱۹ جلسه در عرض ۱۴ ماه و دو جلسه مشترک با نمایندگان دستگاههای اجرایی استان اصفهان) به‌عنوان یکی از نقاط قوت اصلی در جهت برگزاری هماهنگ و منظم این کنگره، نقش کلیدی داشت. ارکان کنگره نیز به‌شرح زیر تعیین شدند:

- آقای دکتر مسعود تابش (ریاست شورا)

- آقای دکتر منوچهر حیدرپور (دبیر)

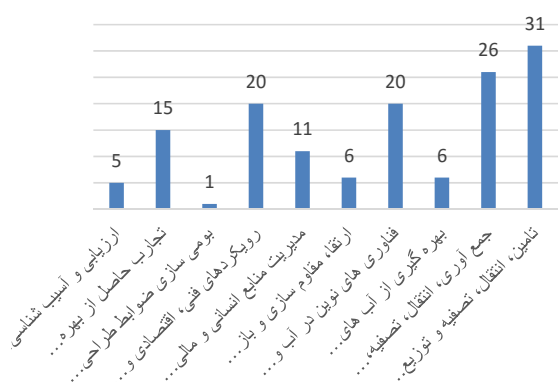
- آقای دکتر محمدرضا چمنی (دبیر علمی)

کمیته علمی کنگره مشتمل بر بیش از ۳۰ نفر از اساتید و متخصصان صنعت آب و فاضلاب از سراسر کشور و با لحاظ کردن حوزه‌های مختلف دانش فنی تشکیل شد. این کمیته

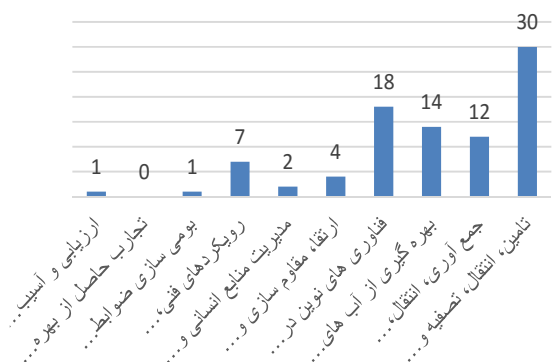
در تبیین محورهای کنگره و نیز فرآیند ارزیابی و تصمیم‌سازی در مورد مقالات نقش کلیدی را ایفا نمود. کمیته اجرایی کنگره نیز با مشارکت حدود ۵۰ نفر از دانشجویان فعال دانشگاه صنعتی اصفهان در مقاطع مختلف تحصیلی تشکیل شد و در طول برگزاری کنگره توانست فضای مناسبی را برای استفاده شرکت‌کنندگان از کنگره فراهم نماید.

اطلاع‌رسانی و ارسال فراخوان

در اولین گام به‌منظور اطلاع‌رسانی و ارتباط با مخاطبان، پس از فعال‌نمودن دبیرخانه کنگره و انتخاب مدیر اجرایی در دانشگاه صنعتی اصفهان و استفاده از نیروهای دبیرخانه دائمی کنگره مستقر در محل دفتر انجمن آب و فاضلاب ایران، وبگاه کنگره به نشانی iwwa-conf.ir راه‌اندازی شد. همچنین بروشور و پوستر همایش نیز در طول یک ماه اول راه‌اندازی دبیرخانه آماده شد. به‌منظور اطلاع‌رسانی و جلب حمایت مادی و معنوی و نیز مشارکت در فعالیتهای جنبی کنگره، در مجموع با بیش از ۵۰۰ مجموعه شامل وزارتخانه‌ها و موسسات و سازمان‌های دولتی مرتبط، شرکت مهندسی آب و فاضلاب در سطح کشور، دانشگاه‌ها و دانشکده‌های مختلف مرتبط در حوزه‌های فنی و علوم پزشکی، موسسات خبری و اطلاع‌رسانی و شرکت‌های مهندسی مشاور و پیمانکار و تولیدکنندگان ادوات و تجهیزات مربوطه از طریق ارسال نامه به‌صورت دورنما و پستی مکاتبه شد. در نهایت ۱۵ مجموعه به حامیان معنوی و ۸ مجموعه به حامیان مادی کنگره پیوستند که البته در کنار آن‌ها ۵ شرکت

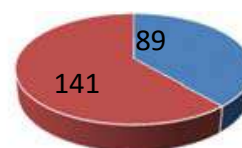


شکل ۴- تعداد مقالات از صنعت



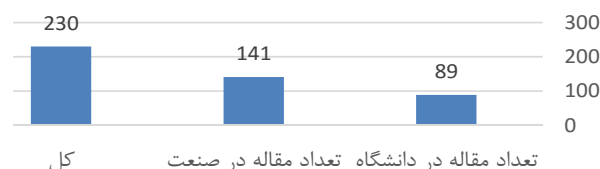
شکل ۵- تعداد مقالات از دانشگاهها

وزیر و رئیس مرکز امور اجتماعی منابع آب و انرژی وزارت نیرو) به ایراد سخنرانی پرداختند. هم‌چنین در بعدازظهر روز اول، آقای دکتر علی‌زاده فرد (مدیرعامل شرکت OSMOTEC استرالیا) به‌عنوان میهمان ویژه، سخنرانی کلیدی خود را ایراد کردند. حضور چهره‌های بین‌المللی به‌عنوان سخنرانان کلیدی در طول کنگره از جمله مواردی بود که امکان تبادل نظر و آگاهی از رویکردهای فراملی در صنعت آب و فاضلاب را فراهم می‌نمود.

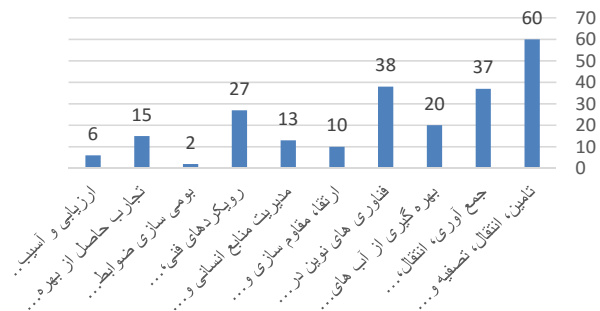


تعداد مقاله در صنعت

شکل ۱- نحوه مشارکت صنعت و دانشگاه بر اساس تعداد مقالات ارسالی



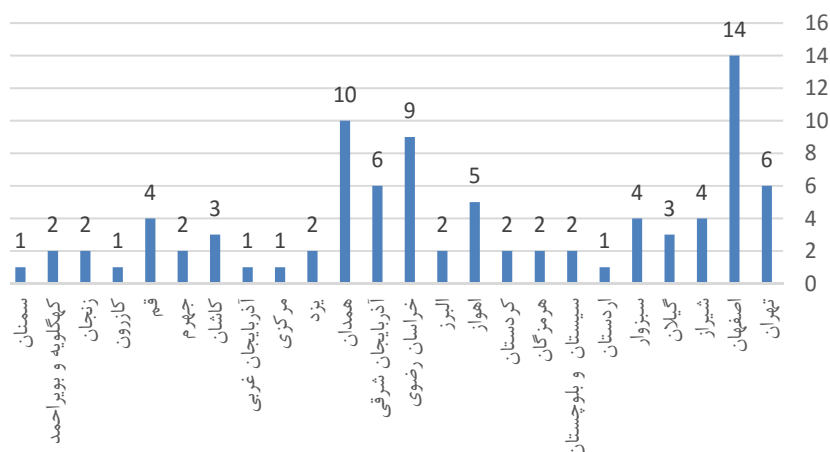
شکل ۲- نحوه مشارکت صنعت و دانشگاه بر اساس تعداد مقالات ارسالی



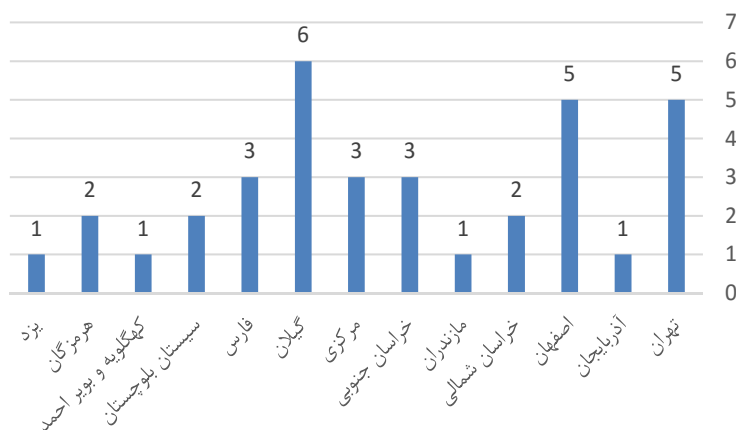
شکل ۳- تعداد کل مقالات در هر محور

سخنرانان و مقالات کلیدی

در مراسم افتتاحیه آقایان دکتر مدرس هاشمی (ریاست محترم دانشگاه صنعتی اصفهان)، دکتر حیدرپور (دبیر محترم کنگره)، دکتر تابش (رئیس هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران)، مهندس امینی (مدیرعامل محترم شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان)، آقای مهندس فولادگر (نماینده محترم مردم اصفهان در مجلس شورای اسلامی) و دکتر محمد فاضلی (مشاور محترم



شکل ۶- تعداد مقالات از شرکت های آب و فاضلاب



شکل ۷- تعداد مقالات از شرکت های آب و فاضلاب روستایی



شکل ۸- تعداد مقالات از شرکت های آب منطقه ای

نشست های تخصصی

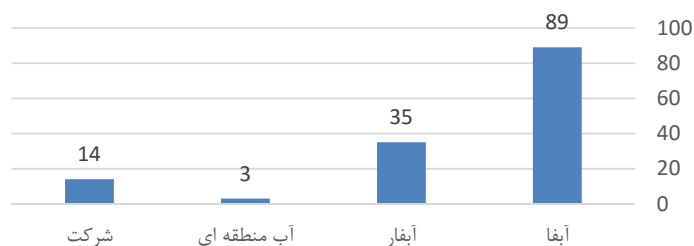
برای طرح چالش های صنعت و رسیدن به راه حل های اجرایی برای مواجهه با آن ها، سه نشست تخصصی در طول کنگره به شرح زیر برگزار شدند. در این نشست ها که با استقبال و مشارکت قابل توجه شرکت کنندگان نیز مواجه شد، اعضا پنل، ترکیب متنوعی از متخصصان صنعت و دانشگاه را شامل می شدند که کمک می نمود بتوان مسائل را از جنبه های مختلف مورد تحلیل و بررسی قرار داد.

اطلاعات میزگردهای برگزار شده

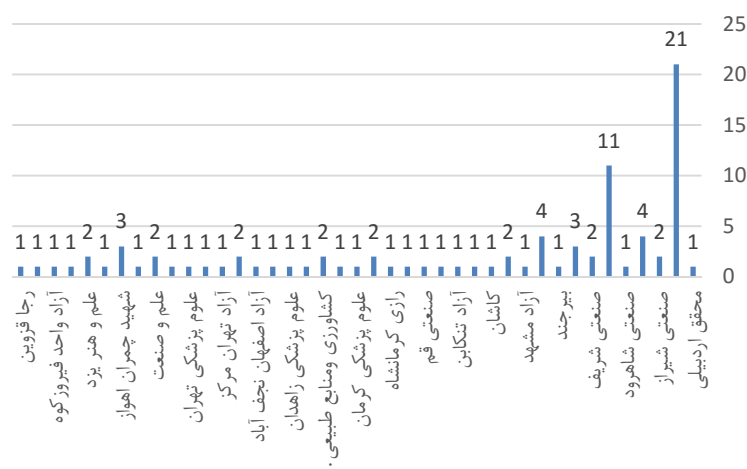
ردیف	عنوان میزگرد	اعضای میزگرد
۱	مدیریت تعارضات اجتماعی در حوزه آب	دکتر فصیحی‌هرندی، دکتر فاضلی، دکتر یوسفی، دکتر ضرغامی، دکتر میرمحمدصادقی، مهندس قانع
۲	مدیریت مصرف و تقاضا و سازگاری با کم آبی	دکتر تابش، دکتر سمسار یزدی، دکتر جلیلی قاضی‌زاده، مهندس طاهری، مهندس ملاباشی
۳	ضرورت‌ها و چالش‌های استفاده از منابع آب نامتعارف	دکتر صفوی، دکتر تائبی، دکتر صراف‌زاده، دکتر فاضلی، مهندس اکبری، مهندس قبادیان



شکل ۹- تعداد مقالات از شرکت‌های دیگر



شکل ۱۰- تعداد مقالات از صنعت به تفکیک اجزا



شکل ۱۱- تعداد مقالات از دانشگاه‌ها به تفکیک

کتابچه چکیده مقالات و لوح فشرده مقالات

مجموعه مقالات ارائه شده در کنگره در قالب سخنرانی کلیدی، مقالات شفاهی و پوستری به صورت کتابچه چکیده مقالات و نیز لوح فشرده تدوین و به شرکت کنندگان در کنگره اهدا شد.

کلینیک صنعت

به منظور پاسخ به سوالات و ابهامات تخصصی شرکت کنندگان، کلینیک صنعت در بعدازظهر روز اول با حضور کارشناسان زیر تشکیل شد:

- دکتر جلیلی قاضی زاده
- مهندس هنری
- مهندس صهبایی
- دکتر سجادی فر
- مهندس قنادی

نمایشگاه جانبی

در کنار کنگره، نمایشگاه جانبی با حضور حدود ۱۰ مجموعه برگزار شد. در این نمایشگاه شرکت های سازنده تجهیزات، شرکت های مهندسی مشاور و نیز موسسات پژوهشی حضور داشتند.



مراسم تقدیر و بزرگداشت

در مراسم اختتامیه کنگره از دو تن از استادان پیشکسوت به پاس سال ها زحمت و تلاش در عرصه تولید علم و پرورش متخصصان صنعت آب و فاضلاب تقدیر به عمل آمد. همچنین برندگان سومین دوره مسابقه پایان نامه برتر در زمینه آب و فاضلاب که توسط انجمن آب و فاضلاب ایران برگزار شد، در دو مقطع کارشناسی ارشد و دکتری معرفی و مورد تقدیر قرار گرفتند. ۱۰ مقاله برتر منتخب براساس نظر داوران از ۹ محور مقالات شفاهی و نیز ۳ مقاله برتر منتخب از میان مقالات پوستری و نیز غرفه برتر نمایشگاه نیز با اهدای لوح تقدیر و تندیس جشنواره مورد تشویق قرار گرفتند. در نهایت، حامیان مالی کنگره نیز معرفی شده و لوح سپاس و تندیس کنگره به آنها اهدا شد.

پیشکسوتان نمونه

۱- دکتر ابراهیم شاه قاسمی (استاد بازنشسته دانشگاه تهران)



۲- دکتر امیر تائبی هرندي (استاد بازنشسته دانشگاه صنعتی اصفهان)



برندگان سومین دوره مسابقه پایان نامه برتر ۱۳۹۷

مقطع	نام و نام خانوادگی	عنوان رساله/پایان نامه	دانشگاه-رشته- زمان دفاع	استاد راهنما
کارشناسی ارشد	محمد صباغیان	بررسی اثر پارامترهای عملیاتی بر تشکیل و عملکرد غشای دینامیکی با استفاده از استاتیک	تهران - مهندسی شیمی زمستان ۱۳۹۵	دکتر مهرنیا
	علیرضا مقدم	مقایسه و ارزیابی الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی ازدحام ذرات در طراحی بهینه شبکه توزیع آب شهری	فردوسی مشهد - کشاورزی (منابع آب) تیر ۱۳۹۲	دکتر علیزاده
	محمد فرامرزian	بررسی میزان حذف بقایای آموکسی‌سیلین از محیط‌های آبی با استفاده از سیستم پیوندی فیلتر بیولوژیکی هوادهی شده و راکتور بیولوژیکی غشائی	شیراز - بهداشت محیط شهریور ۱۳۹۲	دکتر بقاپور
دکتری	زهرا درخشان	بررسی کارایی سیستم تلفیقی HIFAS فتوبیوراکتور جلبیکی در حذف هم‌زمان آترازین، ازت و فسفر از محیط‌های آبی	علوم پزشکی صدوقی یزد - بهداشت ۱۳۹۷	دکتر احرام‌پوش
	مختار مهدوی	تصفیه پساب حاصل از شستشوی معکوس فیلترهای شنی با روش ترکیبی انعقاد، سیستم غشائی اولترافیلتراسیون و جذب در تصفیه‌خانه آب بابا شیخعلی اصفهانی	علوم پزشکی اصفهان - بهداشت اسفند ۱۳۹۵	دکتر ابراهیمی
	سید ناصر باشی	مدیریت دینامیک پیامدهای ناشی از تزریق مواد آلاینده	علم و صنعت - عمران شهریور ۱۳۹۶	دکتر عباس افشار



غرفه های برتر نمایشگاه

- ۱- شرکت هامون نیزه
- ۲- شرکت بلندا صنعت
- ۳- شرکت ژرف آب آوید

حامی مالی برتر

شرکت فولاد مبارکه اصفهان

مقالات برتر دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران - ۱۳۹۷

شماره مقاله	عنوان مقاله	نویسندگان	محل کار	محور
1345O-IWWA	توسعه شاخص ارزش در قالب پویایی‌های سیستم به‌منظور بررسی عملکرد شبکه‌های توزیع آب	محسن حاجی‌بابایی، سارا نظیف	دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران	۱
1107O-IWWA	یافتن موقعیت و تعیین مقدار دو نشت هم‌زمان در شبکه‌های آبرسانی	محمدرضا جلیلی قاضی‌زاده و رضا معاشری	دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی تهران	۱
1192O-IWWA	طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه هوشمند فیلتراسیون گیاهی جهت تصفیه پساب شهری	مهرز پشم فروش، حسین شمسایی، احمد باقری و محسن کریمی	شرکت آب و فاضلاب اهواز	۲
1366O-IWWA	طراحی سیستم آب‌شیرین‌کن خورشیدی سبز به‌روش اسمز معکوس-فتوولتائیک (مطالعه موردی)	بهنام سامی، مهدی ضرغامی، رضا یگانی و مهران صباحی	دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تبریز،	۳
1203O-IWWA	استفاده از نیروگاه هیبریدی برقابی و فتوولتائیک برای تأمین و فروش انرژی الکتریکی در صنعت آب	محمد مهدی سلیمانی و سعید سیدمهدوی چابک	گروه مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد	۴
	بررسی تأثیر به‌سازی و بازسازی هدفمند انشعابات فرسوده در کاهش تعداد حوادث انشعابات شهر سبزوار	مهدی پیش‌یار، عباس روزه و سیامک بوداق‌پور	شرکت آب و فاضلاب سبزوار، دانشکده مهندسی عمران، محیط‌زیست دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی	۵
1034O-IWWA	شناسایی توسعه‌یافتگی هلدینگ صنعت آب و فاضلاب شهری (رویکرد تحلیل عاملی و خوشه‌بندی)	مسعود خشایی، غلام‌رضا ابراهیم آبادی، سیدحسین سجادی‌فر و محمد داودآبادی	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	۶
1230O-IWWA	طرح بهینه تجهیز اماکن مسکونی به لوازم کاهنده مصرف آب (مطالعه موردی شهر اصفهان)	آسیه سادات ملاباشی، هاشم امینی و ناصر اکبری	شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان	۷
1128O-IWWA	نحوه تأمین آب شرب با اجرای طرح‌های دوگانه در اجتماعات کوچک (مطالعه موردی: مجتمع کوثر فردوس)	نوید عبدالهی، یاسر جمشیدی مقدم و هاجر نوروزی	شرکت آب و فاضلاب روستایی فردوس، خراسان جنوبی	۹
1024O-IWWA	چارچوب استخراج و رتبه‌بندی عوامل اصلی پیاده‌سازی موفق مدیریت دانش در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری	فائزه موسوی‌زاده جزائری و محمد شکیب‌زاد	شرکت فاضلاب تهران، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران	۱۰
1250P-IWWA	اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد منابع انسانی در صنعت آب و فاضلاب (مطالعه موردی: شرکت آب‌فا استان هرمزگان)	عبدالحمید جابری و زهرا سالمی	شرکت آب و فاضلاب روستایی استان هرمزگان، اداره آموزش و پرورش ناحیه یک بندرعباس	۴
1089P-IWWA	رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف در شبکه‌های توزیع آب روستایی استان مرکزی با استفاده از تصمیم‌گیری چندشاخصه	یوسف عرفانی‌نسب و عباس جهانگیری	شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی، اراک، امور آب و فاضلاب روستایی شهرستان فراهان، فرمهین	۷
1385P-IWWA	روش‌شناسی استقرار و پیاده‌سازی شهر آب‌پایه	علی یوسفی و محمدعلی گرانمهر	دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی	۷

کارگاه‌های برگزار شده

ردیف	عنوان کارگاه	مدرس
۱	اصول طراحی سیستم های غشایی در صنعت آب، فاضلاب	دکتر محمدرضا علیزاده فرد
۲	چالش های طراحی و بهره برداری از تصفیه خانه های فاضلاب	خانم دکتر تهرانی - آقای دکتر شهرکی
۳	استفاده از آب های نامتعارف	دکتر امید امیدبخش
۴	نمک زدایی، فرصت ها و چالش ها	دکتر مجتبی فاضلی
۵	تجربه بهره برداری سیستم های پایش آنالاین در تاسیسات آب و فاضلاب با تاکید بر آنالیزهای سنجش کیفی	مهندس مصطفی محمدی
۶	روش های نوین در پیاده سازی GIS	آقای مهندس جبلی
۷	کنترل خوردگی و انتشار بو در سیستم های جمع آوری و تصفیه فاضلاب	دکتر امیررضا طلایی خوزانی
۸	لزوم استفاده از روش های نوین بازسازی، نوسازی و اجرای خطوط فاضلاب در کشور	دکتر محمدرضا زارع
۹	فضاهای سبز شهری با رویکرد مدیریت مصرف آب	خانم دکتر فروغ مرتضایی نژاد - آقای مهندس محب
۱۰	نحوه انتخاب صحیح سیستم تصفیه آب نامتعارف برای مصارف مختلف	دکتر امید امیدبخش
۱۱	تاسیسات تامین فشار و ذخیره سازی آب در ساختمان ها و بررسی تاثیرات آن بر عملکرد شبکه توزیع	دکتر جلیلی قاضی زاده
۱۲	تحلیل جیره بندی در شبکه های توزیع آب و بررسی تجارب ملی و بین المللی	دکتر جلیلی قاضی زاده
۱۳	ارائه تجربیات نظارت هوشمند (نرم افزاری) بر رفع اتفاقات شبکه ها و خطوط اصلی آب و فاضلاب	مهندس احسان ثابتی امینائی
۱۴	شهر آب پایه، معیارهای طراحی و پیاده سازی آن	مهندس علیرضا سلامت، دکتر سید اوپس ترابی، مهندس Pierre Renault
۱۵	ملاحظات انتخاب، نصب و بهره برداری الکتروپمپ های شناور در چاه های عمیق	آقای مهندس غلامرضا مهرنوش
۱۶	آشنایی با اصول و روش های بازسازی شبکه فاضلاب	مهندس پیمان یراقی، مهندس علیرضا کامرانیان، آقای مهندس بشیر کریمی

کارگاه های تخصصی

به عنوان یکی از برنامه های جانبی کنگره، بعد از مراسم اختتامیه، برگزاری ۱۹ کارگاه تخصصی در زمینه های مختلف پیش بینی شد که در نهایت ۱۶ کارگاه ۲ و ۴ ساعته به شرح زیر برگزار شد. با توجه به استقبال حدود ۲۰۰ نفر از شرکت کنندگان، نتایج نظرسنجی صورت گرفته حاکی از کیفیت مطلوب برگزاری کارگاه ها و رضایت شرکت کنندگان است.

بازدید علمی

به عنوان یکی دیگر از برنامه های جانبی کنگره علوم و

مهندسی آب و فاضلاب ایران، در روز پنجشنبه ۲۴ آبان ماه پس از برگزاری کنگره بازدیدهای زیر با همکاری دانشگاه صنعتی اصفهان، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان و شرکت شهرک های صنعتی استان اصفهان کشور ترتیب داده شد که با استقبال قابل توجه شرکت کنندگان مواجه شد.

- ۱- سیستم بازیافت و بازچرخانی آب در دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۲- تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان
- ۳- تصفیه فاضلاب و بازچرخانی پساب در شهرک صنعتی مورچه خورت



حامیان علمی کنگره



حامیان علمی کنگره



حامیان معنوی کنگره



فعالیت‌های عمده انجام شده انجمن آب و فاضلاب ایران در سه ماهه سوم سال ۱۳۹۷ به شرح زیر است:

- ❁ ملاقات رئیس هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران با مدیرعامل شرکت مدیریت منابع آب (۱۳۹۷/۰۷/۰۱)
- ❁ برپایی غرفه انجمن در چهاردهمین نمایشگاه بین‌المللی صنعت آب و فاضلاب (مهر ۱۳۹۷)
- ❁ انجام مرحله نهایی داوری مقالات دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران به صورت حضوری در دانشگاه صنعتی اصفهان (۱۳۹۷/۰۷/۱۲)
- ❁ برگزاری پانزدهمین جلسه شورای سیاستگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب (۱۳۹۷/۰۷/۱۷)
- ❁ برگزاری بیست و چهارمین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۱۳۹۷/۰۷/۲۴)
- ❁ جلسه مشترک رئیس هیئت مدیره انجمن با هیئت مدیره انجمن صنفی شرکت‌های صنعت آب و فاضلاب (۱۳۹۷/۰۷/۲۴)
- ❁ انتشار اولین شماره از دوره سوم نشریه علمی - ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب
- ❁ برگزاری شانزدهمین جلسه شورای سیاستگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران در روز پنجشنبه ۲۶ مهر ۱۳۹۷ با حضور مدیرکل مدیریت بحران استانداری اصفهان و نمایندگان دستگاه‌های اجرایی استان اصفهان در محل شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان و جلسه با کمیته‌های اجرایی در دانشگاه صنعتی اصفهان
- ❁ برگزاری هفدهمین جلسه شورای سیاستگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران با حضور ریاست محترم دانشگاه صنعتی اصفهان (۱۳۹۷/۰۸/۰۹)
- ❁ برگزاری بیست و پنجمین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۱۳۹۷/۰۸/۱۱)
- ❁ برگزاری پنجمین جلسه هیئت تحریریه نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب (۱۳۹۷/۰۸/۱۱)
- ❁ برگزاری هجدهمین جلسه شورای سیاستگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران (۱۳۹۷/۰۸/۲۰)
- ❁ برگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران و دومین همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی (۲۲ تا ۲۴ آبان ماه، دانشگاه صنعتی اصفهان)
- ❁ برگزاری مجمع عمومی سالیانه و انتخاب اعضای دومین دوره هیئت مدیره و بازرسین انجمن آب و فاضلاب ایران (۱۳۹۷/۰۸/۲۲)
- ❁ برگزاری نمایشگاه جانبی دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران و دومین همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی (۲۲ و ۲۳ آبان ماه، دانشگاه صنعتی اصفهان)
- ❁ تقدیر از اساتید پیشکسوت نمونه کشوری در دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران (۱۳۹۷/۰۸/۲۳)
- ❁ انجام سومین دوره مسابقه پایان‌نامه برتر و اعطای جوایز نفرات برتر در دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب (۱۳۹۷/۰۸/۲۳)
- ❁ تقدیر از مقالات برتر دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران (۱۳۹۷/۰۸/۲۳)
- ❁ انجام دو بازدید تخصصی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اصفهان و شهرک صنعتی مورچه خورت (۱۳۹۷/۰۸/۲۴)
- ❁ انتخاب و تقدیر از آقایان دکتر ناصر طالب بیدختی، دکتر کاوه حریری اصلی و دکتر ستار صالحی (از اعضای محترم هیئت مدیره و کمیته‌های تخصصی انجمن) به‌عنوان پژوهشگر نمونه در مراسم هفته پژوهش، به‌ترتیب در استان‌های فارس و گیلان و دانشگاه آزاد اسلامی گرمسار
- ❁ برگزاری بیست و ششمین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۱۳۹۷/۰۹/۲۱)
- ❁ مشارکت و برپایی غرفه انجمن در دومین همایش ملی اقتصاد آب، اتاق بازرگانی تهران (۱۳۹۷/۹/۲۰)
- ❁ انتشار خبرنامه ماهانه انجمن (شماره‌های ۳۱ تا ۳۳)



انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA
Iran Water & Wastewater Association

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال سوم - شماره هفتم - مهر ماه ۱۳۹۷

مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیشرو
- اخبار صنعت

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir
۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

نشانی پستی:

تهران، خیابان طالقانی، بین خیابان، قدس و وصال، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

نشانی تلگرام:

<https://telegram.me/IRWWA94>

نشانی linkedin:

<https://ir.linkedin.com/in/irwwa-irwwa-098454117>



همکاران خبرنگار:

دکتر سارا نظیف

دکتر مسعود تابش

مهندس سید احمدرضا شاهنکیان

سروش تابش

سخن اول:

مسئله شماره ۱۹

در راستای کاهش و مدیریت مصرف آب به نظر شما کدام یک از رویکردهای زیر در اولویت هستند:

- ۱- روشهای تکنولوژیکی
- ۲- روشهای فرهنگی و آموزشی
- ۳- روشهای مکنی بر اعمال قوانین تشبیهی و تشویبی

لطفا شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل comp.irwwa@gmail.com یا ۲۱ آبان ارسال فرمایید. در قسمت subject ایمیل، شماره سئواله را وارد کنید. در پایان هر ماه به نفر برگزیده به قید قرعه هدیه ای



انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA
Iran Water & Wastewater Association

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران، سال سوم، شماره سی و سوم، آذر ماه ۱۳۹۷

مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیشرو
- اخبار صنعت
- فناوری

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir
۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

نشانی پستی:

تهران، خیابان طالقانی، بین خیابان، قدس و وصال، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

نشانی تلگرام:

<https://telegram.me/IRWWA94>

نشانی linkedin:

<https://ir.linkedin.com/in/irwwa-irwwa-098454117>



همکاران خبرنگار:

دکتر سارا نظیف

دکتر مسعود تابش

مهندس سید احمدرضا شاهنکیان

سروش تابش

سخن اول:

با همت و یاری اعضای همیشه همراه انجمن، دومین دوره انتخابات هیات مدیره انجمن برگزار شد. بر خود لازم می دانیم تا مراتب درود و قدردانی خود را نثار شما بزرگواران نماییم. هیات مدیره انجمن با امید و همراهی شما، مصمم تر از پیش در راه تحقق اهداف انجمن تلاش نموده و دست همراهی و کمک یکپایه شما عزیزان را می فشارد. امیدواریم در این دوره بتوانیم با راهاندازی کمیته‌های تخصصی و برنامه‌های پربارتر همراهی نزدیک‌تری با شما داشته باشیم.



انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA
Iran Water & Wastewater Association

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

سال سوم، شماره هفتم، آبان ماه ۱۳۹۷

ویژه نامه

۲۲

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

و همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی

2nd IRAN WATER & Wastewater Science Engineering Congress

National Conference on Demand Supply of Drinking Water and Sanitation



دانشگاه صنعتی اصفهان
۲۲ آبان، ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۷

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir
۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

نشانی پستی:

تهران، خیابان طالقانی، بین خیابان، قدس و وصال، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

نشانی تلگرام:

<https://telegram.me/IRWWA94>

نشانی linkedin:

<https://ir.linkedin.com/in/irwwa-irwwa-098454117>

سخن اول: خداوند بزرگ را شاکرم که دو سال پس از برگزاری موفقیت آمیز اولین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران در آذرماه سال ۱۳۹۵ توسط انجمن آب و فاضلاب ایران و با مشارکت دانشگاه تهران و حمایت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، توفیق یافتیم که دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران و دومین همایش مدیریت عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی را در سال ۱۳۹۷، با مشارکت دانشگاه صنعتی اصفهان و حمایت شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان و شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور برگزار نماییم.

هدف اصلی کنگره‌های علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران ایجاد فضایی برای ارائه آخرین دستاوردهای دانش آب و فاضلاب، تجربیات موجود در صنعت آب و فاضلاب کشور و تبادل آرا و نظرات دانشگاهیان و محققین، مدیران و کارشناسان شرکت‌های آب و فاضلاب، مهندسين مشاور، پیمانکاران و سازندگان تجهیزات آب و فاضلاب برای یافتن راه حل‌های بهینه برای دفعه‌ها و کمبودهای موجود در حوزه علوم و مهندسی آب و فاضلاب است.

انجمن آب و فاضلاب ایران بر آن است زمینه‌ای فراهم آورد تا اساتید، دانشجویان و محققان دانشگاه‌های کشور بتوانند بیش از پیش با کارشناسان و مدیران دست‌اندرکار صنعت آب و فاضلاب کشور نزدیک و همراه شوند و ضمن ارائه آخرین دستاوردها در حوزه علم و فناوری، با نیازها و مشکلات این صنعت بیشتر آشنا شده و جهت گیری تحقیقاتی کشور به‌صورت کاربردی در راستای حل مسائل و مشکلات این حوزه شکل گیرد.

مسعود تابش
رئیس هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران
و رئیس شورای سیاستگذاری کنگره

بزرگوار کنندگان



گزارش برگزاری مجمع عمومی سالیانه

جلسه مجمع عمومی سالیانه انجمن آب و فاضلاب ایران (نوبت دوم) روز سه شنبه ۲۲ آبان همزمان با دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران تشکیل شد. در این جلسه ضمن ارائه گزارش عملکرد توسط آقای دکتر تابش و گزارش مالی توسط آقای دکتر صفوی، انتخابات هیئت مدیره و بازرسین با حضور نماینده وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برگزار شد. نتایج انتخابات به ترتیب آرای اخذ شده به شرح زیر است:

	دکتر مسعود تابش استاد دانشگاه تهران (رئیس هیئت مدیره)
	دکتر ناصر طالب بیدختی استاد دانشگاه شیراز (عضو اصلی)
	دکتر حمیدرضا صفوی استاد دانشگاه صنعتی اصفهان (خزانه دار)
	دکتر سیدحسین سجادی فر مشاور معاون برنامه ریزی و اقتصادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و استادیار دانشگاه آزاد شهریار (عضو علی البدل)
	مهندس علی اصغر قانع مشاور مدیر عامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور (نایب رئیس)
	دکتر رحیم عالی استادیار دانشگاه علوم پزشکی قم (عضو علی البدل)
	دکتر سارا نظیف استادیار دانشگاه تهران (دبیر)
	مهندس محمد عبدالله زاده رئیس تصفیه خانه کن شرکت آب و فاضلاب استان تهران (عضو علی البدل)
	دکتر میلاد لطیفی استادیار دانشگاه شهید بهشتی (بازرس اصلی)
	دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده استادیار دانشگاه شهید بهشتی (عضو اصلی)
	مهندس عباس پیراینده مدیر عامل مهندسین مشاور طرح و تحقیقات (عضو اصلی)
	مهندس حمیدرضا هنری عضو هیئت علمی بازنشسته دانشگاه علوم پزشکی تهران و شرکت مهندسین مشاور آبران (بازرس علی البدل)

کنفرانس های داخلی

عنوان کنفرانس	برگزارکننده	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
شانزدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	تهران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۲ تا ۴ بهمن ۱۳۹۷	http://www.ichec.ir/
دومین همایش بین المللی مدیریت، تقاضا و بهره‌وری مصرف آب	دبیرخانه دائمی همایش	همدان	۲۹ بهمن ۱۳۹۷	http://www.hwater.ir/
اولین همایش ملی فناوری‌های پیشرفته در مهندسی و محیط زیست	انجمن متخصصان محیط‌زیست ایران	تهران	۵ اسفند ۱۳۹۷	http://conf.isc.gov.ir/atec97/fa/
یازدهمین کنگره ملی مهندسی عمران	دانشگاه شیراز	شیراز، دانشگاه شیراز	۱۰ تا ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۸	http://www.11-ncce.ir/

کنفرانس های خارجی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
Efficient 2019 – The 10th IWA Specialist Conference on Efficient Urban Water Management	Manila, Philippines	13 - 16 January 2019	https://efficient2019.org/
8th International Conference on Swimming Pool & Spa – Supported	Marseille, France	19 - 22 March 2019	https://8thswimpoospa.sciencesconf.org/
Wasser Berlin International 2019 – Supported	Berlin, Germany	26 – 28 March 2019	https://www.wasser-berlin.com/Homepage.html
1st Intermittent Water Supply Conference	Kampala, Uganda	7 – 9 April 2019	www.iws2019.org
WEF/IWA Residuals and Biosolids Conference 2019	Fort Lauderdale, Florida, USA	7 – 10 May 2019	www.wef.org
LET2019- The 16th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies	Edinburgh, United Kingdom	10 – 14 June 2019	http://iwa-let.org/
12th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse	Berlin, Germany	16 – 20 June 2019	http://iwareuse2019.org/
10th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries	Rhodes, Greece	19 – 21 June 2019	http://agro2019.itu.edu.tr/
9th IWA Specialised Membrane Technology Conference & Exhibition for Water and Wastewater Treatment and Reuse	Toulouse, France	23 – 27 June 2019	https://mtc2019.sciencesconf.org/

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
International Young Water Professionals Conference	Toronto, Canada	23 – 27 June 2019	http://iwa-youngwaterprofessionals.org/
16th IWA World Conference on Anaerobic Digestion	Delft, Netherlands	23 – 27 June 2019	https://www.ad16conference.com/
IWA Conference on Algal Technologies and Stabilisation Ponds for Wastewater Treatment and Resource Recovery	Valladolid, Spain	1 – 2 July 2019	http://eventos.uva.es/23274/detail/iwalgae-2019.html
9th IWA Specialized Conference on Sustainable Viticulture, Winery Wastes and Agri-industrial Wastewater Management	Mons, Belgium	3 – 5 July 2019	http://www.winery2019.com/
The 11th International Symposium on Water Supply Technology – Supported	Yokohama, Japan	9 – 11 July 2019	https://water2019.jp/en/
9th International Conference on Sewer Processes and Networks	Aalborg, Denmark	27 – 30 August 2019	http://www.spn9.dk/
10th IWA Symposium on Modelling and Integrated Assessment	Copenhagen, Denmark	1 – 4 September 2019	http://www.watermatex2019.org/
Smarter Catchment Monitoring, Cleaner Waters- Supported	London, United Kingdom	4 – 6 September 2019	http://conference.intcatch.eu/
3rd IWA Resource Recovery Conference	Venice, Italy	8 – 12 September 2019	http://www.iwarr2019.org/
5th IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations: Evolution of Technologies from Prehistory to Modern Times	Dead Sea, Jordan	11 – 13 September 2019	http://conferences.ju.edu.jo/en/IWA5/Home.aspx
20th International Symposium on Health Related Water Microbiology	Vienna, Austria	15 – 20 September 2019	http://www.hrwm.eu/
Regional Water Loss Conference	Bucharest, Romania	22 – 24 September 2019	http://www.waterloss2019.org/index.php/en/
LESAM/PI 2019	Vancouver, Canada	23 – 27 September 2019	https://lesampi2019.com/upload/
11th IWA EE YWP Conference: Water for All, Water for Nature, Reliable Water Supply, Wastewater, Treatment and Reuse	Prague, Czech Republic	1 - 5 October 2019	http://iwa-ywp.eu/
The 7th IWA Specialist Conference on Natural Organic Matter in Water	Tokyo, Japan	7 – 10 October 2019	http://iwa-nom7.org/index.html
8th IWA Odour and VOC/Air Emissions Conference	Hangzhou, China	14 - 16 October 2019	http://iwaodours2019.csp.escience.cn/
11th Micropol & Ecohazard Conference 2019	Seoul, South Korea	20 – 23 October 2019	http://www.micropol2019.org/

 شرکت مهندسی کاشفان	 سیال کنترل FLUID CONTROL ما راهی را پیدا می کنیم	 مهندسین مشاور آبخوان منابع آب - تأسیسات شهری - سدسازی - کناورزی، منابع طبیعی و دامپروزی - حفاظت و مهندسی رودخانه - محیط زیست
 هپیکو شرکت توسعه خط لوله هامون Hamoon Pipe Line Development Company Hapico	 پادیاب تجهیزات	 PERSIA ARAS JONOUR Co.
 S.A.A سنجش افزار آسیا (با مسئولیت محدود)	 سپید یاس فراز (سهایی خاص)	 Haidar Group aidar company شرکت مهندسی حلیل آب پایدار
 شرکت فناوری زیست محیط ییک صبا ثبت: ۱۵۲۲	 مهندسین شاورج و تحقیقات آب و فاضلاب MAHAB GHODSS CONSULTING ENGINEERING CO.	 مهاب قدس شرکت مهندسی مشاور MAHAB GHODSS CONSULTING ENGINEERING CO.
 مهندسین مشاور آببران	 وزارت نیرو شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان	 شرکت آب و فاضلاب استان تهران
 تتیرالات اتوماتیک پاندا ۰۲۵ - ۳۳۳۳۴۶۰۰۰ (خط)  BOLANDA www.bolanda-co.com @bolandafaucets	 مهندسین شاورساز آب رسته کارهای آبی - معماری و ژئوتکنیک	 آبساران مهندسین مشاور Absaran Consulting Engineers www.absaran-co.ir

شرکت مهندسی حلیل آب پایدار این شرکت در سال ۱۳۹۲ با هدف اجرای سیستم‌های تصفیه‌خانه فاضلاب با اتکا به دانش و تجربه نیروی انسانی با اهداف توسعه و تعالی در این زمینه تاسیس شد و دارای رتبه ۵ آب است. از زمان تاسیس تاکنون بیش از صد پروژه فاضلابی مختلف توسط این شرکت در مراکز بهداشتی-درمانی، صنایع مختلف لبنی، فلزی، غیر فلزی، غذایی و دارویی به‌صورت موفق انجام شده است. خط‌مشی اصلی شرکت، حفظ رضایت کارفرما با انجام تعهدات به‌موقع و خدمات پس از فروش در کمترین زمان ممکن و با به‌کارگیری پرسنل مجرب و آکادمیک است. سیستم‌های تصفیه فاضلاب اجرا شده توسط این شرکت دارای فرایندهای پیچیده با بهره‌برداری آسان بوده است.	
---	---

شرکت سپید یاس فراز این شرکت، تولید کننده نمک تصفیه یددار و بدون ید به‌روش تبلور مجدد با ظرفیت تولید روزانه ۱۲۰ تن و خلوص ۹۹/۹٪ تحت برندهای "دلچسب" و "لونوس" بوده و دارای گواهی‌نامه‌های بین‌المللی ISO 22000, HACCP, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, CE & HALAL و مجوز ۱۷۰۲۵ آزمایشگاهی (آزمایشگاه معتمد اداره استاندارد و سازمان غذا و دارو) است. همچنین کسب عنوان واحد تولیدی نمونه از طرف اداره استاندارد طی سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ نیز از دیگر افتخاراتی است که نشان از کیفیت محور بودن تولیدات این شرکت دارد. از جمله مصرف‌کنندگان نمک‌های تولیدی و مشتریان شرکت می‌توان به واحدهای شناخته‌شده بسته‌بندی، فروشگاه‌های زنجیره‌ای، صنایع تولیدی معتبر غذایی و لبنی و پروتئینی، مجتمع‌های کشت و صنعت فعال در بخش‌های کشاورزی و دامپروری و تولیدکنندگان خوراک دام، کارخانجات نساجی و رنگرزی، فعالان عرصه شوینده و بهداشتی به همراه واحدهای تصفیه آب و فاضلاب استانی در سراسر کشور و سایر بخش‌های مجهز به سیستم الکترولیز نمک و یا سپتیک اشاره کرد. بخشی از محصولات تولیدی نیز در حال حاضر به کشورهای مختلف صادر می‌شود.	
---	--

شرکت دانش بنیان سنجش افزار آسیا این شرکت در سال ۱۳۷۸ با هدف تحقیق، توسعه و ساخت تجهیزات صنعتی مورد نیاز صنایع وابسته به وزارت نیرو و وزارت نفت، گاز و پتروشیمی، آغاز به کار کرد. این شرکت با تحقیق و توسعه در زمینه تجهیزات و دستگاه‌های الکترونیک و نرم‌افزارهای وابسته به آن در چهار صنعت آب، برق، گاز و پتروشیمی‌ها و نیروگاه‌ها، تولید، فروش و بازاریابی محصولات و ارائه خدمات پشتیبانی و پس از فروش به مشتریان محترم خدمات خود را ارائه می‌دهد. از جمله تولیدات این شرکت در صنعت آب می‌توان به کنتور آب هوشمند چاه‌های کشاورزی و آب‌های سطحی، سیستم قرائت کنتور آب مشترکین، قرائت از راه دور کنتورهای آب و مانیتورینگ توزیع و انتقال سیستم‌های آبرسانی اشاره کرد.	
---	---

از علاقه‌مندان به حوزه‌های مرتبط با علوم و صنعت آب و فاضلاب دعوت می‌شود تا برای شروع فرآیند عضویت خود در انجمن آب و فاضلاب ایران، از طریق لینک <http://irwwa.ir>، به سایت انجمن مراجعه و با ایجاد حساب کاربری در سایت، اقدام به دریافت نام کاربری و رمز ورود اقدام کنند. سپس وارد حساب کاربری خود شده و گزینه عضویت را انتخاب نموده و با تکمیل فرم عضویت حقیقی، عضویت خود را در انجمن تکمیل نمایند. مراحل پرداخت حق عضویت و اعطای کارت پس از ارسال ایمیل تأییدیه از سوی انجمن، شروع خواهد شد.

تذکر مهم:

با توجه به برگزاری مجمع عمومی و انتخابات انجمن در سال ۱۳۹۷، براساس ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تنها اعضای حقیقی که حق عضویت خود را پرداخت نموده باشند حق رأی خواهند داشت.

حق عضویت اعضای حقوقی

نوع شرکت	حق عضویت سالانه (ریال)
کوچک	۳۰۰۰۰۰
متوسط	۶۰۰۰۰۰
بزرگ	۱۰۰۰۰۰۰

حق عضویت اعضای حقیقی

نوع	مبلغ (ریال)
حق عضویت با تاخیر سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶	۵۵۰۰۰۰
حق عضویت سال ۱۳۹۷	۵۰۰۰۰۰
حق عضویت با تخفیف سال ۱۳۹۸	۴۵۰۰۰۰
حق عضویت با تخفیف ۳ ساله ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹	۱۲۰۰۰۰۰
هزینه صدور و ارسال کارت عضویت	۲۰۰۰۰۰

شماره حساب: ۱۳۵۷۲۰۶۲۳

شماره شب: IR9301800000000000135720623

شماره کارت مجازی: ۵۸۵۹-۸۳۷۰-۰۰۱۲-۶۲۵۶

بانک تجارت شعبه اردیبهشت (کد ۱۸۷) به نام انجمن آب و فاضلاب ایران

لطفا اسکن فیش واریزی را به ایمیل واحد پذیرش انجمن (membership@irwwa.ir) ارسال فرمایید.

* هزینه چاپ آگهی در نشریات انجمن

نوع	مبلغ (ریال)
۱ صفحه در یک شماره	۱۲۵۰۰۰۰
۲ صفحه در یک شماره	۲۵۰۰۰۰۰
۱ صفحه در چهار شماره پیاپی	۵۰۰۰۰۰۰
۲ صفحه در چهار شماره پیاپی	۸۰۰۰۰۰۰

شامل یک‌سال عضویت حقوقی انجمن

مزایای عضویت در انجمن آب و فاضلاب ایران

مزایای عضویت			عضویت حقیقی			عضویت حقوقی (شرکت‌ها)		
			پایسته	وابسته	کوچک	متوسط	بزرگ	
تخفیف شرکت در کنفرانس‌های انجمن			٪۲۰	٪۲۰	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰	
تخفیف شرکت در نمایشگاه‌های انجمن			-	-	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰	
تخفیف شرکت در دوره‌های آموزشی انجمن			٪۲۰	٪۲۰	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰	
تخفیف شرکت در کارگاه‌ها و بازدیدهای انجمن			٪۲۰	٪۲۰	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰	
تخفیف چاپ مقالات در مجلات انجمن			٪۲۰	٪۲۰	٪۱۰	٪۲۰	٪۲۰	
تخفیف چاپ آگهی در مجلات انجمن*			-	-	٪۲۰	٪۲۰	٪۲۰	
تخفیف خرید انتشارات انجمن			٪۲۰	٪۲۰	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰	
امکان صدور معرفی‌نامه عضویت در انجمن			*	*	*	*	*	
اطلاع‌رسانی و امکان حضور در نشست‌ها، گردهمایی‌ها و کارگروه‌های انجمن			*	*	*	*	*	
دسترسی به اطلاعات سایت انجمن	دسترسی به مقالات بارگذاری شده در سایت		*	*	*	*	*	
	دسترسی به آموزش‌های بارگذاری شده در سایت		*	*	*	*	*	

- فایل Word مقاله بدون نام نویسندگان، که محل شکل‌ها و جدول‌ها را در متن مشخص کرده است اما شکل‌ها و جدول‌ها در انتهای متن ارائه شده‌اند.

- فایل pdf مقاله بدون نام نویسندگان که شامل کلیه اجزا و محتویات مقاله است و شکل‌ها و جدول‌ها در جای خود جانمایی شده‌اند.

- فایل مشخصات نویسندگان.

- فایل کپی رایت که نامه‌ای است که نویسندگان با مضمون تعهد ارسال مقاله فقط برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه می‌کنند و با امضای کلیه مولفین با ترتیبی که قرار است چاپ شود، ارسال می‌نمایند (نمونه این نامه در زمان ثبت مقاله در قسمت نامه به سردبیر قابل رویت است).

🌀 **نرم‌افزار حروف چینی:** نرم‌افزار Microsoft Word 2013

🌀 **عنوان:** کوتاه اما معرف محتوای مقاله است و از ۱۵ واژه تجاوز نمی‌کند.

🌀 **نام نویسنده(گان):** به همان ترتیبی که در مقاله چاپ می‌شود، در یک فایل جداگانه به طور کامل آورده می‌شود. عناوین دانشگاهی نویسنده(گان) به ترتیب نویسنده: مرتبه علمی، گروه، دانشکده، دانشگاه، شهر، کشور نشان داده می‌شود. عناوین غیر دانشگاهی نیز به ترتیب عنوان آخرین مدرک دانشگاهی، سمت، محل کار، شهر و کشور نشان داده شود. ثبت اسامی تمامی نویسندگان به همراه پست الکترونیکی و اطلاعات تماس ایشان در سامانه الزامی است. با توجه به سیستم الکترونیک مجله برای پیشبرد وضعیت مقالات، مقاله مستقیماً برای داور ارسال می‌شود، لذا تاکید می‌شود که فایل‌های ارسالی به مجله فاقد نام نویسنده(گان) باشد. در غیر این صورت تا اصلاح شدن فایل، ارسال مقاله برای داوران متوقف می‌شود.

🌀 **نام مؤسسه:** نام مؤسسه در بخش فارسی و انگلیسی منطبق بر نام مصوب و رایج مؤسسه است (نام رسمی مندرج در سربرگ رسمی مؤسسات، دانشگاه‌ها، سازمانها و ...).

🌀 **چکیده فارسی:** شامل مقدمه، مواد و روش‌ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث و نتیجه‌گیری است. حداقل تعداد کلمات در چکیده ۱۵۰ و حداکثر ۲۵۰ کلمه باشد.

🌀 **چکیده انگلیسی:** باید دقیقاً معادل چکیده فارسی باشد.

🌀 **واژه‌های کلیدی فارسی و انگلیسی:** باید یکسان و شامل حداقل چهار و حداکثر شش واژه مجزا باشد که موضوع

نویسندگان محترم پس از آماده‌سازی مقاله مطابق راهنمای تدوین مقالات، از طریق ثبت نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب به آدرس jwwse.ir می‌توانند وارد صفحه شخصی خود شده و با تکمیل بخش‌های مربوطه، مقاله خود را ارسال نمایند.

توجه به نکات زیر در ارسال مقاله ضروری است:

- ارسال مقاله منحصراً از طریق ثبت نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب انجام می‌شود.

- نویسنده‌ای که برای بار چندم اقدام به ارسال مقاله می‌نماید، حتماً باید از طریق صفحه شخصی قبلی خود نسبت به ارسال مقاله اقدام نموده و به هیچ عنوان دوباره در سامانه ثبت نام نکند.

- وارد کردن اسامی تمامی نویسندگان در سامانه و در محل مربوط به مشخصات نویسندگان مقاله، الزامی است.

- نویسندگان در طی مراحل ارسال مقاله، در قسمت نامه به سردبیر، متعهد می‌شوند که مقاله صرفاً برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه شده و برای چاپ یا ارزیابی به مجله دیگری ارائه نشده است.

- نویسندگان در قسمت ارسال فایل‌ها با ارسال یک فایل word که به امضای همه نویسندگان رسیده است، حق چاپ مقاله را به مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب واگذار می‌نمایند. در غیر این صورت مقاله در روند داوری قرار نخواهد گرفت.

- فایل‌هایی که نویسنده در مرحله اولیه ارسال می‌کنند شامل فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، فایل Pdf بدون نام نویسندگان، فایل مشخصات کامل نویسندگان و فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری مربوطه است.

🌀 دستورالعمل نگارش و تنظیم مقالات

مجله علمی- ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب به زبان فارسی و با چکیده انگلیسی چاپ می‌شود. تعداد صفحات مقاله کامل و نیز مروری حداکثر ۱۲ صفحه و یادداشت فنی بین ۴ تا ۶ صفحه قابل چاپ است. لازم به ذکر است که مقاله ارسالی نباید همزمان در مجله دیگری چاپ شده یا تحت داوری باشد.

🌀 **نویسنده مسئول مقاله به هنگام ثبت مقاله، فایل‌های زیر را برای دفتر مجله از طریق سامانه ارسال می‌نماید:**

تحقیق، بیشتر پیرامون آنها است.

🌀 **متن مقاله:** متن کامل مقاله در دو فایل جداگانه شامل یک فایل Word با قلم نازک B Nazanin با اندازه ۱۲ برای زبان فارسی و قلم Times New Roman با اندازه ۱۰ برای زبان انگلیسی و با فاصله بین خطوط ۱/۵ سانتیمتر به صورت تک ستونی و یک فایل با فرمت pdf ارائه می‌شود. فایل word مقاله، یک مقاله کامل و شامل تمامی اجزای ضروری است، با این تفاوت که محل ارائه تمامی شکل‌ها و جدول‌ها در انتهای فایل word است و فقط محل ارجاع آن‌ها در متن اصلی جانمایی می‌شود. در فایل pdf، مقاله به صورت کامل و با جانمایی درست شکل‌ها و جدول‌ها ارائه شود. همان‌طور که اشاره شد، در هر دو فایل word و pdf اسامی و مشخصات نویسندگان به طور کامل حذف می‌شوند.

متن مقاله شامل بخش‌های چکیده، مقدمه، مواد و روش‌ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و مراجع و همچنین شکل‌ها و جدول‌ها است. در صورت لزوم، بخش قدردانی و بخش پی‌نوشت‌ها در انتهای مقاله و قبل از بخش مراجع نوشته می‌شود. بخش‌های مختلف متن و همه صفحات و همین‌طور تمام سطرها به ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند.

- معادل انگلیسی کلمات فارسی که نیاز به توضیح به زبان اصلی دارد، وقتی برای اولین بار در مقاله به کار می‌روند، به صورت پی‌نوشت در انتهای مقاله قبل از لیست مراجع درج می‌شوند. شماره پی‌نوشت‌ها در هر صفحه با گذاردن شماره فارسی در گوشه بالای آخرین حرف از کلمه، در متن مشخص می‌شود و به صورت مسلسل ادامه می‌یابد.

🌀 **جدول‌ها و شکل‌ها:** در صفحات جداگانه در انتهای فایل word مقاله با کیفیت مناسب چاپ ارائه می‌شوند. همه جدول‌ها و شکل‌ها شماره‌گذاری شده و عنوان جدول در بالای آن و عنوان شکل در زیر آن نوشته می‌شود. در عنوان جداول و نمودارها باید سه ویژگی «چه، کجا و کی» برای محتوای آن مشخص شود. مثلاً نوشته شود: نوسان‌های دبی آب خام در تصفیه‌خانه بابا شیخ علی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۵. در ضمن اگر شکل یا جدولی از مرجع دیگری اخذ شده است، به مرجع مورد نظر در آخر عنوان جدول یا شکل اشاره می‌شود و مشخصات مأخذ در بخش مراجع درج می‌شود. همچنین ارسال فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری به همراه کاربرگ داده‌های نمودار نیز ضروری است. در فایل pdf مقاله، تمامی

شکل‌ها و جدول‌ها در محل خودشان در متن مقاله جانمایی می‌شوند.

- در صورتی که در مقاله از عکس استفاده شده باشد، ارسال فایل اصلی آن الزامی است.

- در مورد نمودارهایی که با نرم‌افزارهای تخصصی تهیه شده‌اند، ارسال کاربرگ داده‌های رسم نمودار نیز ضروری است.

🌀 **معادلات:** معادلات به صورت خوانا با حروف و علائم مناسب با استفاده از Microsoft Equation تهیه می‌شوند. واحدها بر حسب واحد بین‌المللی (SI) و معادلات به ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند.

🌀 **مراجع:** نگارش مراجع در این مجله بر اساس شیوه مرجع‌نویسی هاروارد است. در متن مقاله به منظور اشاره به مرجع به صورت انگلیسی یا فارسی (نویسنده، سال) عمل می‌شود و در انتهای مقاله مرجع‌نویسی به صورت الفبایی است. ارجاع در داخل متن به بیش از یک مرجع در کنار هم، به این صورت است که مراجع با نقطه ویرگول (;) از هم جدا می‌شوند. لازم به ذکر است که همه مراجع فارسی انگلیسی به ترتیب ارائه می‌شوند. فقط مراجعی که در متن مقاله به آن‌ها اشاره شده است، در بخش مراجع آورده می‌شوند. تاکید می‌شود که در بخش فهرست مراجع نام تمامی مجلات، انتشارات، موسسات، کنفرانس‌ها و غیره به صورت کامل درج می‌شود و از به کار بردن نام اختصاری آن‌ها (Abbreviation) خودداری می‌شود. در متن مقاله نام نویسندگان مراجع فارسی (به صورت فارسی) و مراجع انگلیسی (به صورت انگلیسی) نوشته می‌شود. در صورتی که نویسندگان تا دو نفر باشند، نام هر دو نویسنده و در صورتی که بیش از دو نفر باشند، از عبارت et al., (و همکاران) در متن مقاله استفاده می‌شود.

🌀 **مقاله غیر انگلیسی:**

تابش، م.، بهبودیان، ص.، و بیگی، س.، (۱۳۹۳)، «پیش‌بینی بلندمدت تقاضای آب شرب (مطالعه موردی: شهر نیشابور)»، تحقیقات منابع آب/ایران، ۱۰(۳)، ۱۴-۲۵.

عنبری، م.، (۱۳۹۲)، «تحلیل ریسک سیستم‌های فاضلاب با استفاده از شبکه‌های بیزین»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

🌀 **مقاله انگلیسی:**

Pasha Zanousi, S., Ayati, B., and Ganjoudous T.H.,

(2010), "Investigation of tubifex worms potential in mass and volume reduction of sludge wastewater treatment plants in laboratory scale", *Journal of Water and Wastewater*, 24(4), 59-65.

🌀 مقاله منتشر نشده:

Foladori, P., Tamburini, S., and Bruni, L., (2017), "Bacteria permeabilisation and disruption caused by sludge reduction technologies evaluated by flow cytometry", *Journal of Water Research*, in press.

🌀 کتاب:

Briere, F.G., (2014), *Drinking-water distribution, sewage, and rainfall collection*, Presses Internationales Polytechnique, Paris.

🌀 بخشی از کتاب:

Meltzer, P.S., Kallioniemi, A., and Trent, J.M., (2002), "Chromosome alterations in human solid tumors", in: B. Vogelstein & K.W. Kinzler (eds.), *The Genetic Basis of Human Cancer*, pp. 93-113, McGraw-Hill, New York.

🌀 موسسه به جای نویسند:

WHO, (2011), *Nitrate and nitrite in drinking-water-background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality*, World Health Organization, Geneva.

🌀 مقالات کنفرانسی:

Murphy, L.J., Dandy, G.C., and Simpson, A.R., (1994), "Optimum design and operation of pumped water distribution systems", *Proceedings of the International Conference on Hydraulics in Civil Engineering*, Institution of Engineers, Brisbane, Australia, pp. 149-155.

🌀 پایان نامه:

Hashemi, S.S., (2010), "Optimization of water networks by minimizing pumping energy", MSc. Thesis, School of Civil Engineering, Collage of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

🌀 سایت اینترنتی:

Burka, L.P., (2003), "A hypertext history of multiuser dimensions", Viewed 5 Dec 2015, <http://www.ccs.neu.edu/>

Journal of Water and Wastewater Science and Engineering

Vol. 3, No. 3, Autumn 2018

Ministry of Science, Research and Technology of Iran has granted the Science and Promotion (Elmi-Tarviji) credit to JWWSE according to the letter No. 3/18/290129 at 6 March 2017.

Concessionaire

Iran Water and Wastewater Association (IWWA)

Director-in-Charge

Tabesh, M. (PhD)

Editor-in-Chief

Safavi, H.R. (PhD)

Editorial Board

Azimi, A.A. (PhD): Assistant Professor, University of Tehran and Islamic Azad University (Ahar Branch)

Bina, B. (PhD): Professor, Isfahan University of Medical Science

Ghanadi, M. (MSc): Advisor of Deputy of Engineering and Development, Iran National Water & Wastewater Engineering Company

Naseri, S. (PhD): Professor, Tehran University of Medical Sciences

Nazif, S. (PhD): Assistant Professor, University of Tehran

Safavi, H.R. (PhD): Professor, Isfahan University of Technology

Sajadifar, S.H. (PhD): Assistant Professor, Islamic Azad University, Shahriar Branch and Advisor of Deputy of Planning and Economical Issues, Iran National Water & Wastewater Engineering Company

Sarrafszadeh, M.H. (PhD): Associate Professor, University of Tehran

Tabesh, M. (PhD): Professor, University of Tehran

Takdastan, A. (PhD): Associate Professor, Ahwaz Jundishapur University of Medical Sciences

Taleb Beydokhti, N. (PhD): Professor, Shiraz University

Torabian, A. (PhD): Professor, University of Tehran

Vosoghi, M. (PhD): Professor, Sharif University of Technology



Industrial Water and Wastewater Policy Council

Ghane, A.A. (MSc): Adviser of Managing Director, Iran National Water And Wastewater Engineering Company

Sayahi, A. (PhD): Director General of the Office of Research, Technology Development and Industry Relations, Iran Water and Wastewater Engineering Company

Hajhariri, A. (MSc): Former Deputy of Supervision of Operation, Tehran Water and Wastewater Company

Editorial Staff: Graphic Designer and Page Setting: English Editor:

Akhtari, N.

Mahdi Esfahani, N.

Publisher:

Ostadrahimi, A.

No. Prints:

Iran Water and Wastewater Association (IWWA)

Address:

1000

Tel and Fax:

No. 7, 4th Floor, 429 Taleghani Street, Tehran, Iran.

Online ISSN:

+98 21 88956097, +98 21 88391390

E-Mail:

2588-395X

info@jwwse.ir



ISSN 2588-3941

Journal of Water & Wastewater Science and Engineering

Volume 3, No. 3, Autumn 2018

Preface	2
Technical Papers	
Drugs in Water: Environmental Concerns, an Alarming Truth Majid Ghannadi	3
The Effect of Concentration of Paranitrophenol on Efficiency of the Aerobic Biological Wastewater Treatment and the Production of Excess Sludge Afshin Takdastan, Ali Akbar Azimi, Ferdos Karimi and Naghmeh Orooji	17
Effect of Irrigation with Wastewater on Some Physiological and Morphological Characteristics of Rosmarinus Officinalis (Case Study: Yazd City Wastewater) Zahra Ghasemi, Ali Akbar Karimian, Hamid Reza Azim Zadeh and Hamid Sodaeezadeh	29
Development of Passive Defense in Supplying Drinking Water in Yazd City by Improving the Weaknesses Governing Current Situation Gholamreza Jalali Farahani, Hassan Piri Hor and Mohammad Ali Nikooi	39
Prediction of Iran's Water Resources by Singular Spectrum Analysis Approach Ramin Khochiani and Reza Maaboudi	52
Removal of Total Dissolved Solids from Contaminated Water Using Conocarpus Adsorbent Masumeh Farasati and Ali Heshmatpour	60
General Section	
Interview	68
Roundtable	74
Best Thesis	85
Book Presentation	87
IWWA News	88