



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و ششم، شماره پنجم، ۱۳۹۸  
۲۲۵-۲۳۸

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2020.16917.3228

## بررسی اثر بسترهای مختلف فیلترهای شنی تحت فشار بر کیفیت آب تصفیه‌خانه معلم کلا ساری

سیما داداش‌زاده<sup>۱</sup>، \*مجتبی خوش‌روش<sup>۲</sup> و محمد غلامی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، آستادیار گروه مهندسی آب،

<sup>۲</sup> دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، کارشناس اداره مطالعات و بررسی‌های فنی، آبفاز خوزستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۶

### چکیده

**سابقه و هدف:** با توجه به کمبود منابع آب و سرانه مصرف در کشور ایران، حفاظت از منابع آب یکی از اولویت‌های اساسی و مهم است. آب آشامیدنی شهرستان ساری و روستاهای وابسته به آن از منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود. کیفیت نامطلوب آب خروجی به‌ویژه مقدار زیاد آهن بعد از فیلترهای شنی تحت فشار در تصفیه‌خانه معلم کلا باعث شد که به بررسی عوامل مؤثر بر کارایی فیلترهای مذکور پرداخته شود. هدف این پژوهش بررسی منبع آب زیرزمینی با تغییر بستر و بار سطحی فیلترهای شنی تحت فشار بر بهبود حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب تصفیه‌خانه است.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش با تغییر در دانه‌بندی فیلتر با استفاده از مدل فیلتر شنی تحت فشار ساخته شده و استفاده از بسترهای مختلف (سیلیس، سیلیس-آنتراسیت و لیکا-آنتراسیت) و همچنین با تغییر بار سطحی آن‌ها به بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مرتبط با فیلتر شنی تحت فشار پرداخته شد. بعد از اعمال تیمارها در سه نقطه از تصفیه‌خانه (در ابتدای کارکرد فیلتر، در انتهای کارکرد فیلتر و بعد از کلر زنی) پس از ۴ ماه نمونه‌برداری صورت گرفت. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل تعیین میزان جامدات معلق، کدورت، مقدار کل جامدات محلول، سختی، کلسیم، منیزیم و آهن بود. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه آماری داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که اثر مصالح بستر بر پارامترهای TSS، Tu، TDS، Ca و Fe در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر نقطه نمونه‌گیری نیز بر تمامی پارامترها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. بستر سیلیس-آنتراسیت بیش‌ترین تأثیر را در میزان کاهش تمامی پارامترها به‌ویژه کاهش مقادیر کدورت و آهن داشت. به‌طوری‌که کاهش مقادیر کدورت و آهن در بستر سیلیس-آنتراسیت نسبت به بستر سیلیس نزدیک به ۷۰ درصد بود.

\* مسئول مکاتبه: [khoshravesh\\_m24@yahoo.com](mailto:khoshravesh_m24@yahoo.com)

بستر لیکا- آنتراسیت نیز در مقایسه با بستر سیلیس وضعیت بهتری داشت. بهترین راندمان کاهش پارامترهای شیمیایی آب مربوط به حالت استفاده از سیلیس و آنتراسیت در فیلترهای شنی تحت فشار با بار سطحی ۵۴ مترمکعب بر ساعت بود. اثر متقابل مواد مختلف داخل فیلتر و نقطه نمونه‌گیری نیز بر پارامترهای TSS، TDS و Fe در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب مورد مطالعه در نقاط مختلف نمونه‌گیری نشان می‌دهد که آب خروجی در انتهای کارکرد فیلتر بعد گندزدایی کم‌ترین مقادیر را نسبت به مراحل آب خروجی از فیلتر در ابتدای کارکرد و آب خروجی از فیلتر در انتهای کارکرد داشت.

**نتیجه‌گیری:** گزینه استفاده از سیلیس و آنتراسیت در فیلترهای شنی تحت فشار علاوه بر افزایش کیفیت آب، باعث کاهش هزینه‌های بهره‌برداری (تعمیرات و نگهداری) فیلترها نیز خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** آنتراسیت، تصفیه آب، سیلیس، کدورت، لیکا

### مقدمه

فرایندهایی که برای تصفیه آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بستگی به کیفیت منبع تأمین آب دارند. فخری و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که تغییرات کیفی آب زیرزمینی تحت تأثیر سازندهای تبخیری و نمکی، انحلال کانی‌ها و رسوبات تشکیل‌دهنده سفره آبدار، واکنش بین آب و مواد آبخوان و تبخیر از سطح آب زیرزمینی است (۸).

آهن و منگنز اجزای طبیعی خاک و سنگ می‌باشند که معمولاً به اشکال نامحلول وجود دارند. هنگامی که آب باران به داخل خاک نفوذ می‌کند، اکسیژن محلول به واسطه تخریب مواد آلی حذف می‌شود. آن‌گاه آب قادر است مقداری آهن و منگنز را در خود حل نماید. بنابراین آهن محلول در بسیاری از منابع آب زیرزمینی حضور دارد. حضور مقدار زیاد آهن و منگنز در آب می‌تواند منجر به مشکلات بهره‌برداری و زیباشناختی شود. معمولاً آهن در آب خام به صورت محلول است؛ چون آب زلال است غلظت این عناصر زیاد نیست ولی در غلظت بالا موجب تغییر مزه می‌شوند. هنگامی که آهن و منگنز اکسید می‌شوند، به محض تماس آب با هوا، ابتدا آهن محلول در آن اکسید می‌شود و رنگ آب به تدریج تغییر می‌کند. رنگ آب زرد تیره به قهوه‌ای و سیاه

با توجه به میزان منابع آب و سرانه مصرف، ایران از جمله کشورهایی است که با کمبود آب مواجه است. این بدان معناست که این کشورها حتی با بالاترین راندمان و بهره‌وری ممکن در مصرف آب، برای تأمین نیازهایشان آب کافی در اختیار نخواهند داشت. نزدیک به ۲۵ درصد از مردم جهان از جمله ایران شامل این گروه می‌باشند. بنابراین حفاظت از منابع آب یکی از اولویت‌های اساسی و مهم است (۴). رشد روزافزون جمعیت جهان، همگام با گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی برای تأمین مواد غذایی و از طرفی کشش جامعه به سمت مصرف‌گرایی و در نظر نگرفتن آب‌های مجازی از یک سو و خشک‌سالی‌های پی‌درپی در سال‌های اخیر از سوی دیگر موجب شده است که منابع موجود آب شیرین سطحی و زیرزمینی در بیش‌تر کشورهای واقع در کمربندی مناطق خشک به اوج بهره‌برداری خود برسد و بالطبع فشار بی‌اندازه به منابع آب وارد آید و یکی از راهکارهای اصلی برای مقابله با مسأله بحران آب، استفاده بهینه از آب‌های دسترس می‌باشد (۹). آب‌های زیرزمینی به دلیل عبور از خاک‌ها و سنگ‌های سطح زمین، برخی از املاح را در خود حل می‌کنند.

پرمنگنات به‌عنوان اکسیدکننده، استفاده از هوادهی برای اکسیداسیون و استفاده ترکیبی هوادهی و پرمنگنات پتاسیم) و عامل محیط فیلتر تند شنی در دو سطح (شن، شن و آنتراسیت) و عامل غلظت آهن یا منگنز در چهار سطح (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) بود. نتایج نشان داد که هر سه عامل یادشده بر غلظت منگنز در خروجی فیلتر با اطمینان ۹۹٪ تأثیرگذار بودند. درحالی‌که عوامل روند اکسیداسیون و غلظت آهن تأثیر معنی‌داری را بر غلظت آهن خروجی از فیلتر در سطح اطمینان ۹۹٪ داشتند (۲). اسلوب و وریج کاظمی (۲۰۱۷) با استفاده از صافی شنی تحت فشار، میزان حذف عوامل مزاحم مانند کدورت، آهن و منگنز از آب آشامیدنی روستای لشکرک تنکابن را در دو فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۵ بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میزان حذف آهن و منگنز و کدورت در فصل تابستان به‌ترتیب ۶۹ و ۱۹ و ۳۳ درصد و در فصل پاییز ۶۲ و ۲۰ و ۴۳ درصد با استفاده از صافی شنی تحت فشار بوده و میزان کلر مصرفی جهت حذف عوامل کدورت ۳۷ درصد، آهن ۶۰ درصد و منگنز ۱۸ درصد است (۱۴). شاه‌منصوری و همکاران (۱۹۹۶) کارایی صافی‌های تصفیه‌خانه آب اصفهان پس از ۱۰ سال کارکرد در حذف کدورت و مواد معلق و نیز کارایی لایه آنتراسیت آن در مقایسه با آنتراسیت استفاده‌نشده در حذف مواد آلی و فلزات سنگین را بررسی نمودند. بررسی در یک واحد مطالعاتی صورت گرفت که طی دو مرحله با آنتراسیت استفاده‌نشده و آنتراسیت استفاده‌شده موجود در بستر صافی‌های تصفیه‌خانه بارگذاری شد. آب ورودی به صافی حاوی کدورت‌زا، فنل، املاح فلزات سنگین کروم، منگنز و آهن با غلظت معین بود که پس از عبور از بستر صافی، غلظت هر یک از پارامترهای فوق در آب خروجی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مقایسه نشان داد که در دو مرحله بارگذاری کارایی صافی در حذف کدورت

می‌رود و این تغییر نه‌تنها آب را برای مصرف ناخوشایند می‌نماید بلکه اثرات جدی‌تری ایجاد می‌کند (۱۶).

بسیاری از متغیرها بر عملکرد فیلترهای دارای محیط دانه‌ای مؤثرند. دانه‌بندی بستر فیلترها، روش بهره‌برداری شامل زمان‌بندی شست‌وشوی فیلترها، طریقه عملیات ته‌نشینی آب قبل از ورود به فیلترها بر عملکرد فیلترها تأثیرگذار است. آب‌های زیرزمینی در حالت معمول در منشأ خود از کیفیت بسیار مطلوبی برخوردار است، ولی با توجه به طبقات و لایه‌های زیرزمینی و ترکیبات خاک، از کیفیت آب کاسته می‌شود. از طرفی تخلیه مستقیم و بدون پالایش انواع زباله‌های اراضی کشاورزی، پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری، خانگی و روستایی در دشت و رودخانه‌ها موجب افزایش آلودگی فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب‌های زیرزمینی می‌شود. درعین‌حال جهت تأمین آب شرب ساکنین بسیاری از شهرها و روستاهای استان مازندران، از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. نجاتی و انصاری (۲۰۱۶) در پژوهشی حذف فلز آهن از آب شرب توسط سنگ توف میکرونیزه را بررسی کردند. نتایج نشان داد که پارامترهای زمان تماس ماده جاذب و سیال، غلظت ماده جاذب و pH بر کارایی حذف فلز آهن و ایزوترم جذب مؤثر می‌باشند. براساس نتایج به‌دست‌آمده بالاترین میزان جذب متعلق به  $pH=7$  در بازه زمانی بین ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه و با تغییرات ماده جاذب ۱ تا ۳ گرم بوده است (۱۳).

بانژاد و همکاران (۲۰۰۸) به مقایسه کارایی فیلتر تند شنی تک‌لایه و دولایه در قبال حذف آهن و منگنز در حضور روند متفاوت اکسیداسیون پرداختند. آن‌ها حذف آهن و منگنز آب شرب را از طریق فیلتر تند شنی بررسی کردند. عوامل مدنظر شامل روند اکسیداسیون آهن و منگنز در سه سطح (استفاده از

شیمیایی به‌عنوان ماده‌ای مناسب در ترکیب بستر صافی‌های دو بستری به‌منظور تصفیه آب به شمار می‌رود (۱۱).

تصفیه‌خانه آب روستایی معلم‌کلا در نزدیکی ساحل رودخانه تجن جهت تأمین آب شرب روستایی در سال ۱۳۸۶ به بهره‌برداری رسیده است. در این تصفیه‌خانه آب پس از انجام عملیات کلرزنی و ته‌نشینی، وارد فیلترهای شنی تحت‌فشار شده و پس‌از آن وارد خطوط انتقال می‌شود. فیلترهای مورد‌استفاده قبلی در این تصفیه‌خانه از بستر سیلیس بوده است. هدف از این پژوهش بررسی منبع آب زیرزمینی با تغییر بستر و بار سطحی فیلترهای شنی تحت‌فشار بر بهبود حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب تصفیه‌خانه است. در حال حاضر با توجه به وضعیت کیفیت نامطلوب آب خروجی و همین‌طور مقدار زیاد آهن بعد از فیلترهای شنی تحت‌فشار در تصفیه‌خانه روستایی معلم‌کلا شهرستان ساری با وجود عملیات تصفیه ابتدایی، فیلترهای شنی تحت‌فشار نیز به‌سرعت و در زمان کوتاهی دچار افت فشار می‌شوند و احتیاج به شست‌وشو دارند. بنابراین نیاز است که این تصفیه‌خانه مورد‌بررسی و مطالعه قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در تصفیه‌خانه آب معلم‌کلا ساری در سال ۱۳۹۶ انجام شده است. چاهی به عمق ۱۰۰ متر در تصفیه‌خانه حفاری شده است که آب‌گیری از آن انجام می‌شود و آب ارسالی از ایستگاه پمپاژ، مستقیم وارد مخزن ته‌نشینی می‌شود. در این مخزن، ذرات و مواد معلق تا حدی قابل ته‌نشین به‌صورت ثقلی ته‌نشین شده و در مسیر ورودی به مخزن ته‌نشینی کلر موردنیاز تزریق می‌شود تا در مخزن مراحل انعقادسازی و ته‌نشینی انجام شود.

و کلر اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. حداکثر تغییر کارایی در مورد یون فلزات سنگین آزمایش‌شده مربوط به آهن و حداقل تغییر مربوط به منگنز بود. بررسی‌ها نشان داد که کارایی لایه آنتراسیت در حذف ترکیبات آلی (فنل) به‌طور معنی‌دار کاهش یافته است (۱۵). علی‌پور و رضایی (۲۰۰۸) با به‌کارگیری بستر دولایه سیلیس- آنتراسیت به نتایج حذف ۷۹/۳۶ درصد مواد آلی رسیدند و توانستند بو، طعم و کدورت آب را کاهش دهند (۱). کاظمی (۲۰۰۱) در بررسی تأثیر صافی چندلایه برای کاهش کدورت ناشی از املاح آهن در آب زیرزمینی نشان داد که صافی چندلایه در حذف کدورت تأثیر بهتر و فیلترها عملکرد طولانی‌تری دارند و درصد تلفات آب برای شستشوی معکوس کم‌تر است (۱۰). الملکو (۲۰۰۳) و منج و همکاران (۲۰۰۱) در پژوهش‌های جداگانه‌ای نشان دادند که حذف کدورت آب در صافی سه لایه‌ای نسبت به صافی دو یا تک‌لایه‌ای کارایی بیش‌تری دارد (۷ و ۱۲). برایی و همکاران (۲۰۱۶) با به‌کارگیری بستر کربن فعال- آنتراسیت نشان دادند که میزان کاهش پارامترهای کدورت، آهن، منگنز، نیترات و آمونیوم به‌ترتیب  $۰/۵۰/۴۳$ ،  $۰/۱۷/۶۷$ ،  $۰/۳۵/۴۲$  و  $۳۳/۴$  درصد بود و شرایط بهتری نسبت به بستر سیلیس- کربن فعال داشت. آن‌ها همچنین بیان کردند که بستر چندلایه و هوادهی در خروجی فیلتر بر کاهش آهن بسیار معنی‌دار بود (۳). اسلوب و وریج کاظمی (۲۰۱۷) به بررسی میزان حذف پارامترهای آهن و کدورت با استفاده از فیلتر شنی تحت‌فشار با بستر آنتراسیت پرداختند و نشان دادند که پارامترهای آهن و کدورت به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت و میزان کلر مصرفی نیز کاهش یافت (۱۴). ماهرور و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که آنتراسیت بیش‌ترین ترکیب کربنه را دارد و به‌علت برخورداری از خاصیت جذب سطحی بالا، حذف کدورت در حد بسیار عالی و مقاومت به مواد

پخش کردن آب ورودی روی سطح بستر قرار داده شد و در قسمت خروجی نیز یک کنتور جهت اندازه‌گیری دبی خروجی نصب شد (شکل ۱). از آب ورودی به فیلترهای تحت فشار تصفیه‌خانه نیز دو انشعاب جهت ورود به دو مدل فیلتر شنی تحت فشار در نظر گرفته شد. مصالح بستر فیلتر روی یک سه‌پایه فلزی که نگاه‌دارنده صفحه بستر است و درون لوله ۶ اینچ قرار دارد نگاه داشته شدند. صفحه بستر مدل به‌جای نازل از سوراخ‌های متعدد برخوردار است و روی آن توسط نوعی اسفنج پوشانیده شده است که مصالح بستر روی آن قرار می‌گیرند.

در این پژوهش ستونی از فیلتر شنی تحت فشار به‌عنوان مدل در نظر گرفته شد. عملیات ساخت دو دستگاه مدل فیلتر شنی تحت فشار جهت تغییر در دانه‌بندی و استفاده از دانه‌های آنتراسیت و سیلیس و لیکا در این فیلترها در تصفیه‌خانه انجام شد. جهت ساخت هر یک از این مدل‌ها از لوله گالوانیزه ۶ اینچ به ارتفاع ۲ متر استفاده شد و جهت ورود و خروج آب به این مدل از لوله ۰/۵ اینچ پلی‌اتیلن استفاده شد. در قسمت ورودی، یک دستگاه فشارسنج جهت اندازه‌گیری افت فشار، یک دستگاه کنتور جهت اندازه‌گیری دبی ورودی، یک شیر قطع و وصل جهت کنترل دبی، یک پخش‌کننده آب در درون لوله جهت

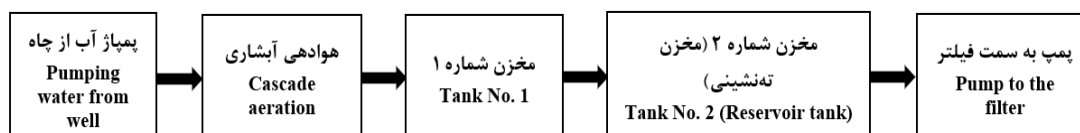


شکل ۱- نمایی از مدل فیلتر شنی تحت فشار با محتویات سیلیس.

Figure 1. Schematic of a pressurized sandy filter model with silica contents.

آب بعد از مخزن دوم به کمک پمپ وارد فیلترها شده و بعد با توجه به آزمایش‌های مطرح‌شده، نمونه‌گیری از سه‌نقطه صورت گرفت. جهت افزایش کارایی فیلترهای شنی تحت فشار، تغییراتی در روند تصفیه آب اعمال شد. این تغییرات شامل تغییر در دانه‌بندی فیلتر با استفاده از مدل فیلتر شنی تحت فشار ساخته شده و استفاده از دانه‌های آنتراسیت و لیکا و سیلیس در آن و افزایش بار سطحی در مدل فیلترهای شنی تحت فشار بود.

برای تهیه مخزن آب بعد از مرحله هوادهی و مخزن ته‌نشینی، دو منبع آب و بشکه با حجم موردنظر تهیه، پاک‌سازی و رنگ‌آمیزی شد. سپس برای بخش هوادهی که در تصفیه‌خانه غیرفعال شده بود شروع به ساخت بخش هوادهی به‌صورت آبشاری با چهار طبقه و ارتفاع ۱/۵ متر شد و آب در طبقه آخر با کیفی از کف طبقه آخر به انتهای مخزن اول وارد شد تا آب در حین پر شدن منبع اول فرصت ته‌نشینی هم پیدا کند و آب از بالای منبع اول وارد منبع دومی شد که تقریباً مواد معلق در آن بسیار کم می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲- شماتیک مراحل انجام کار.

Figure 2. Schematic of the testing steps.

در مدل فیلتر شنی تحت فشار از سه دانه‌بندی شکل ۱ نمایی از مدل فیلتر شنی تحت فشار با سیلیس با مشخصات جدول ۱ استفاده شده است. محتویات سیلیس را نشان می‌دهد.

جدول ۱- دانه‌بندی سیلیس مورد استفاده در مدل فیلترهای شنی تحت فشار.

Table 1. Silica granulation used in pressurized sand filters model.

ارتفاع Height (cm)	ضریب یکنواختی Uniformity coefficient	اندازه مؤثر Effective size (mm)	دانه‌بندی Granulation (mm)
30	1.2	0.84	0.1-5.2
25	1.35	6.73	5-8
30	1.3	8	8-12

آتراسیت مورد استفاده در این پژوهش دارای دانه‌بندی ۱/۲-۰/۵ میلی‌متر و اندازه مؤثر ۳/۳۶ و ضریب یکنواختی ۱/۲۰ با ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر بود. جدول ۲ دانه‌بندی لیکا مورد استفاده در مدل فیلترهای شنی تحت فشار را نشان می‌دهد.

جدول ۲- دانه‌بندی لیکا مورد استفاده در مدل فیلترهای شنی تحت فشار.

Table 2. Leca granulation used in pressurized sand filters model.

ارتفاع Height (cm)	ضریب یکنواختی Uniformity coefficient	اندازه مؤثر Effective size (mm)	دانه‌بندی Granulation (mm)
30	1.55	0.6	0.2-5
25	1.35	5.3	4-6
30	1.35	6.35	6-8

بعد از اعمال هر تغییر، نمونه آب برداشت شد. ایستگاه‌های نمونه‌گیری شامل آب خروجی از فیلتر در ابتدای کارکرد (C)، آب خروجی از فیلتر در انتهای کارکرد (D) و آب خروجی در انتهای کارکرد فیلتر بعد گذردایی (E) بودند. آزمایش‌های اندازه‌گیری شده شامل تعیین میزان جامدات معلق (TSS)، کدورت، مقدار کل جامدات محلول (TDS)، سختی، کلسیم، منیزیم و آهن بود. ذرات معلق جامد به کمک فیلتراسیون تعیین شدند. برای این منظور نمونه آب فیلتر شده و جرم باقیمانده و فیلتر تا یک وزن ثابت در دمای (±۱°C) ۱۰۴ خشک شده و جرم باقی‌مانده بر روی فیلتر تعیین می‌شود. مقدار به‌دست‌آمده جامدات معلق برحسب جرم خشک در حجم (mg/l) بیان می‌شود. کدورت بر اساس روش

مجاورت اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (ورسین) اندازه‌گیری و سدیم با دستگاه فلیم‌فتومتر مدل PFP7 تعیین شد. برای اندازه‌گیری مقدار آهن، مقداری از نمونه توسط پمپ خلأ صاف شده و سپس ۵۰ سی‌سی از آن توسط پیپت جدا شده و درون بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد. در یک بالن ژوژه مشابه نیز ۵۰ سی‌سی آب مقطر به‌عنوان شاهد قرار داده شد. سپس درون بالن‌ها روی دستگاه هات‌پلیت (Hot plate) قرار داده شد تا حجم آن‌ها به ۲۵ سی‌سی کاهش یافت. سپس مقداری آب مقطر به نمونه اضافه شده و فرصت داده شد تا بالن ژوژه و نمونه خشک شوند. بعد از خنک شدن ۱۰ سی‌سی استات آمونیوم، ۴ سی‌سی فنانونین به نمونه اضافه شد. سپس توسط آب مقطر نمونه‌ها تا خط نشانه بالن ژوژه (۱۰۰ml) به حجم رسانده شد و آنگاه مقداری از محلول شاهد و سپس نمونه‌ها درون سل دستگاه اسپکتروفتومتر DR5000 اضافه شده و میزان آهن بر حسب میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. مشخصات شیمیایی اولیه آب در جدول ۳ نشان داده شده است.

نفلومتری اندازه‌گیری شد و واحد آن NTU می‌باشد. مقدار جامدات محلول که از فیلتر عبور می‌کنند نیز بر حسب میلی‌گرم در لیتر بیان می‌شود که این مقدار برابر است با اختلاف بین جامدات کل موجود در آب و جامدات معلق در یک نمونه آب. برای اندازه‌گیری مقدار کل جامدات محلول باید ابتدا آب را فیلتر نمود تا ذرات معلق جامد جداسازی شود. سپس نمونه به کمک تبخیر خشک شد. وزن رسوب باقی‌مانده نشان‌دهنده مقدار TDS است. نتیجه این آزمایش بر حسب میلی‌گرم در لیتر بر مبنای جرم خشک بیان می‌شود. برای اندازه‌گیری سختی، حجم معینی از نمونه آب خروجی از مدل با مزور برداشته و در داخل ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس به محلول داخل ارلن به مقدار یک میلی‌لیتر محلول بافر اضافه و محلول هم زده شد. به محتوای داخل ارلن یک عدد معرف Manver2 اضافه و سپس میکس شد. در نهایت محلول به رنگ صورتی در آمد که با استفاده از تیترانت EDTA تیتراسیون ادامه یافته تا رنگ محلول آبی شد. کلسیم و منیزیم موجود در آب به روش کمپلکسومتری با تیتراسیون و تشکیل کمپلکس در

جدول ۳- مشخصات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه.

Table 3. Chemical characteristics of water in the study area.

Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)
1.33	27.3	90.5	572.3	8.03	235.3

تحلیل و بررسی قرار گرفت و بهترین گزینه جهت بالا بردن کارایی فیلترهای شنی تحت فشار مشخص شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثر تیمارهای مصالح بستر و نقطه نمونه‌گیری بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در جدول‌های ۴ تا

بسترهای مورد استفاده شامل سیلیس، سیلیس-لیکا، سیلیس-آنتراسیت بود که در قالب آزمایش‌های فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه آماری داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. در پایان نتایج به‌دست‌آمده مورد

۷۰ درصد بود (جدول ۵). بستر لیکا-آنتراسیت نیز در مقایسه با بستر سیلیس وضعیت بهتری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب مورد مطالعه در نقاط مختلف نمونه‌گیری نشان می‌دهد که آب خروجی در انتهای کارکرد فیلتر بعد گذردایی (نقطه E) کم‌ترین مقادیر را نسبت به مراحل آب خروجی از فیلتر در ابتدای کارکرد (نقطه C) و آب خروجی از فیلتر در انتهای کارکرد (نقطه D) داشت. نتایج این پژوهش با نتایج عیسی‌زاده و مهدوی (۲۰۰۴) در مورد کاهش پارامتر کدورت هم‌خوانی دارد. تأثیر کربن فعال بر کیفیت آب شرب بندرعباس با استفاده از بستر سیلیس-آنتراسیت نشان داد که پارامترهای بو، طعم و کدورت به ترتیب به مقدار ۱۰۰، ۱۰۰ و ۹۲ درصد کاهش یافتند (۶).

۶ آمده است. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مصالح بستر بر پارامترهای Ca، TDS، Tu، TSS و Fe در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر معنی‌داری بر پارامتر منیزیم نداشت. اثر نقطه نمونه‌گیری نیز بر تمامی پارامترها (به‌غیر از منیزیم) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. اثر متقابل مواد مختلف داخل فیلتر و نقطه نمونه‌گیری نیز بر پارامترهای TSS، TDS و Fe در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بستر سیلیس-آنتراسیت بیش‌ترین تأثیر را در میزان کاهش تمامی پارامترها به‌ویژه کاهش مقادیر کدورت و آهن داشت. به‌طوری‌که کاهش مقادیر کدورت و آهن در بستر سیلیس-آنتراسیت نسبت به بستر سیلیس نزدیک به

جدول ۴- تجزیه واریانس مصالح بستر و نقطه نمونه‌گیری بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

Table 4. Analysis of variance for bedding materials and sampling point on the physical and chemical parameters of water.

میانگین مربعات Mean squares						درجه آزادی (df)	منبع تغییرات Variables
Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)		
0.001	746.59	13.6	206.74	0.21	1.17	2	تکرار Replication
0.96**	686.18 <sup>ns</sup>	1881.37**	28853.01**	37.51**	28577.17**	2	مصالح بستر (A) Bedding materials (A)
0.001	655.87	40.29	914.9	0.36	33.33	4	خطا Error
0.006**	494.34 <sup>ns</sup>	18.60**	731.13**	1.47*	623.72**	2	نقطه نمونه‌گیری (B) Sampling point (B)
0.001*	702.57 <sup>ns</sup>	1.14 <sup>ns</sup>	115.62**	0.56 <sup>ns</sup>	21.88**	4	A * B
0.03	638.55	0.73	281.54	0.36	58824.83	12	خطا Error
0.026	641.32	75.87	3150.46	1.81	1109.9	26	کل Total

\*\*، \* و <sup>ns</sup> به ترتیب بیانگر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند. \*\*، \* and <sup>ns</sup> represent significant at 1% probability level, significant at 5% probability level and non-significant, respectively.



جدول ۵- مقایسه میانگین اثر مصالح بستر بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

**Table 5. Comparison of the average effect of bedding materials on the physical and chemical parameters of water.**

Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)	مصالح بستر
0.55 <sup>a</sup>	27.28 <sup>a</sup>	94.17 <sup>a</sup>	502.50 <sup>a</sup>	4.03 <sup>a</sup>	177.00 <sup>a</sup>	سیلیس Silica
0.36 <sup>b</sup>	29.72 <sup>a</sup>	82.80 <sup>b</sup>	461.00 <sup>b</sup>	2.27 <sup>b</sup>	138.83 <sup>b</sup>	لیکا و آنتراسیت Leca-anthracite
0.17 <sup>c</sup>	27.38 <sup>a</sup>	74.08 <sup>c</sup>	422.44 <sup>c</sup>	1.17 <sup>c</sup>	97.33 <sup>c</sup>	سیلیس و آنتراسیت Silica-anthracite

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر نقاط نمونه‌گیری بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

**Table 6. Comparison of the average effect of sampling points on the physical and chemical parameters of water.**

Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)	نقطه نمونه‌گیری Sampling points
0.38 <sup>a</sup>	20.65 <sup>a</sup>	84.14 <sup>a</sup>	469.00 <sup>a</sup>	4.03 <sup>a</sup>	144.27 <sup>a</sup>	C
0.36 <sup>b</sup>	20.51 <sup>a</sup>	82.80 <sup>b</sup>	460.38 <sup>b</sup>	2.27 <sup>ab</sup>	136.00 <sup>b</sup>	D
0.34 <sup>c</sup>	20.22 <sup>a</sup>	82.14 <sup>c</sup>	456.55 <sup>c</sup>	1.17 <sup>b</sup>	132.88 <sup>c</sup>	E

نمونه‌گیری نیز روی پارامترها معنی‌دار نشد (جدول ۷). جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بین دو بار بستر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۸). هم‌چنین جدول ۹ نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین نقاط نمونه‌گیری مشاهده نشد.

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثر تیمارهای بار بستر و نقطه نمونه‌گیری بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در جدول‌های ۷ تا ۹ ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر بار بستر و نقطه نمونه‌گیری بر هیچ‌کدام از پارامترها معنی‌دار نبود. هم‌چنین اثر متقابل بار بستر و نقطه

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر بار بستر و نقطه نمونه‌گیری بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

**Table 7. Analysis of variance for bed load and sampling point on the physical and chemical parameters of water.**

میانگین مربعات Mean squares						درجه آزادی (df)	منبع تغییرات Variables
Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)		
0.0008	746.59	13.61	206.74	0.213	1.17	2	تکرار Replication
0.0081 <sup>ns</sup>	747.19 <sup>ns</sup>	6.06 <sup>ns</sup>	271.13 <sup>ns</sup>	0.061 <sup>ns</sup>	104.17 <sup>ns</sup>	1	بار بستر (A) Bed load (A)
0.001	541.66	4.45	32.07	0.31	1.7	2	خطا Error
0.0057 <sup>ns</sup>	494.34 <sup>ns</sup>	18.60 <sup>ns</sup>	731.13 <sup>ns</sup>	1.48 <sup>ns</sup>	623.72 <sup>ns</sup>	2	نقطه نمونه‌گیری (B) Sampling point (B)
0.000016 <sup>ns</sup>	790.67 <sup>ns</sup>	1.41 <sup>ns</sup>	4.01 <sup>ns</sup>	0.76 <sup>ns</sup>	11.16 <sup>ns</sup>	2	A * B
0.03	631.55	89.52	1413.58	2.05	1305.56	8	خطا Error
0.025	641.32	75.87	1457.41	1.81	58824.83	17	کل Total

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر بار بستر بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

**Table 8. Comparison of the average effect of bed load on the physical and chemical parameters of water.**

Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)	بار بستر Bed load
0.35 <sup>a</sup>	27.18 <sup>a</sup>	83.36 <sup>a</sup>	459.74 <sup>a</sup>	2.47 <sup>a</sup>	136.33 <sup>a</sup>	1
0.37 <sup>a</sup>	19.74 <sup>a</sup>	82.69 <sup>a</sup>	464.22 <sup>a</sup>	2.52 <sup>a</sup>	139.11 <sup>a</sup>	2

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر نقاط نمونه‌گیری بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

**Table 9. Comparison of the average effect of sampling points on the physical and chemical parameters of water.**

Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)	نقطه نمونه‌گیری Sampling point
0.38 <sup>a</sup>	20.65 <sup>a</sup>	84.14 <sup>a</sup>	469.00 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	144.28 <sup>a</sup>	C
0.36 <sup>a</sup>	20.51 <sup>a</sup>	82.80 <sup>a</sup>	460.29 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	136.00 <sup>a</sup>	D
0.35 <sup>a</sup>	20.22 <sup>a</sup>	82.44 <sup>a</sup>	456.56 <sup>a</sup>	2.21 <sup>a</sup>	132.89 <sup>a</sup>	E

توسط صافی یک‌لایه (ماسه)، صافی دولایه (آنتراسیت و ماسه) و صافی دولایه (لیکا و ماسه) به ترتیب ۷ و ۱۲ و ۴/۲ درصد بود. هم‌چنین میزان کاهش کدورت توسط صافی یک‌لایه (ماسه)، صافی دولایه (آنتراسیت و ماسه) و صافی دولایه (لیکا و ماسه) به ترتیب ۶۹ درصد، ۸۰ درصد و ۷۴ درصد به دست آمد (۵).

نتایج جدول ۱۲ نشان می‌دهد که بین تمامی تیمارهای مصالح بستر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. هم‌چنین بین مقادیر مصالح به کار گرفته شده، بستر سیلیس - آنتراسیت بیش‌ترین اثر را در کاهش پارامترهای TSS، Tu، TDS، Ca و Fe در مقایسه با دو بستر سیلیس و لیکا - آنتراسیت داشت. کم‌ترین اثر کاهش مقادیر سختی، کدورت و کاهش آهن مربوط به بستر سیلیس است (جدول ۱۲). نتایج این پژوهش با یافته‌های بانژاد و همکاران (۲۰۰۸) و برای و همکاران (۲۰۱۶) هم‌خوانی دارد (۲ و ۳). بانژاد و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که بستر تک لایه سیلیس و بستر دولایه سیلیس - آنتراسیت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد برای کاهش مقدار آهن داشت (۲).

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثر تیمارهای بار بستر و مصالح بستر بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در جدول‌های ۱۰ تا ۱۲ آمده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر بار بستر بر پارامترهای TSS، Tu، TDS، Ca و Mg معنی‌دار نبود ولی بر مقدار آهن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر مصالح بستر فقط بر مقادیر TDS و Fe در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و بر پارامترهای دیگر معنی‌دار نشد. هم‌چنین اثر متقابل بار بستر و مصالح بستر روی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب معنی‌دار نشد (جدول ۱۰). جدول ۱۱ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین مقدار آهن تیمارهای بار بستر وجود دارد ولی تفاوت معنی‌داری بین میزان کاهش سایر پارامترها مشاهده نشد (جدول ۱۱). نتایج این پژوهش با یافته‌های دل‌بازی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. در پژوهش آن‌ها صافی یک لایه با بستر ماسه و صافی دو لایه با بسترهای لیکا و آنتراسیت در کاهش مواد آلی مقایسه شد و مشخص شد که صافی چندلایه اثر خوب و معنی‌داری در کاهش کدورت آب داشت. میزان کاهش مواد آلی

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر بار بستر و مصالح بستر بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

**Table 10. Analysis of variance for bed load and bedding materials on the physical and chemical parameters of water.**

میانگین مربعات Mean squares						درجه آزادی (df)	منبع تغییرات Variables
Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)		
0.0008	746.59	13.61	206.74	0.21	1.16	2	تکرار Replication
0.008**	747.19 <sup>ns</sup>	6.06 <sup>ns</sup>	271.13 <sup>ns</sup>	0.061 <sup>ns</sup>	104.16 <sup>ns</sup>	1	بار بستر (A) Bed load (A)
0.001	541.66	4.45	32.07	0.31	1.72	2	خطا Error
0.66**	686.18 <sup>ns</sup>	1881.37 <sup>ns</sup>	288530.01**	37.52 <sup>ns</sup>	28577.16 <sup>ns</sup>	2	مصالح بستر (B) Bedding materials (B)
0.0002 <sup>ns</sup>	565.54 <sup>ns</sup>	0.125 <sup>ns</sup>	109.68 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	10.05 <sup>ns</sup>	2	A * B
0.09	64.06	4.90	130.51	0.42	35.01	8	خطا Error
0.33	641.32	57.87	1251.41	1.81	1109.90	17	کل Total

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر بار بستر بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

**Table 11. Comparison of the average effect of bed load on the physical and chemical parameters of water.**

Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)	بار بستر Bed load
0.35 <sup>b</sup>	27.18 <sup>a</sup>	83.36 <sup>a</sup>	459.74 <sup>a</sup>	2.47 <sup>a</sup>	136.33 <sup>a</sup>	1
0.37 <sup>a</sup>	19.74 <sup>a</sup>	82.69 <sup>a</sup>	464.22 <sup>a</sup>	2.52 <sup>a</sup>	139.11 <sup>a</sup>	2

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر مصالح بستر بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب.

**Table 12. Comparison of the average effect of bedding materials on the physical and chemical parameters of water.**

Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	TDS (mg/l)	Tu (NTU)	TSS (mg/l)	مصالح بستر Bedding materials
0.55 <sup>a</sup>	27.28 <sup>a</sup>	94.17 <sup>a</sup>	502.50 <sup>a</sup>	4.03 <sup>a</sup>	177.00 <sup>a</sup>	سیلیس Silica
0.36 <sup>b</sup>	29.72 <sup>a</sup>	80.82 <sup>a</sup>	461.00 <sup>b</sup>	2.27 <sup>a</sup>	138.83 <sup>a</sup>	لیکا و آنتراسیت Leca-anthracite
0.17 <sup>c</sup>	27.38 <sup>a</sup>	74.08 <sup>a</sup>	422.40 <sup>c</sup>	1.17 <sup>a</sup>	97.33 <sup>a</sup>	سیلیس و آنتراسیت Silica-anthracite

سطحی ۵۴ مترمکعب بر ساعت بود. به طوری که راندمان کاهش برای کدورت، TDS، TSS، کلسیم، منیزیم و آهن به ترتیب برابر ۸۵/۲۸ درصد، ۲۳/۵۴

در پایان نتایج نشان داد که بهترین راندمان کاهش پارامترهای شیمیایی آب مربوط به حالت استفاده از سیلیس و آنتراسیت در فیلترهای شنی تحت فشار با بار

کم‌ترین اثر کاهش مقادیر سختی، کدورت و کاهش آهن مربوط به بستر سیلیس بود. همچنین تغییر بارسطحی از نظر استانداردهای آب آشامیدنی تفاوت معنی‌داری روی پارامترها نداشته و در نتیجه می‌توان از بار سطحی بیشتر برای آبرسانی استفاده نمود. در پایان آزمایش‌ها، راندمان کاهش آهن و کدورت به ترتیب برابر ۸۹/۴۷ درصد و ۸۵/۲۸ درصد بود. در نهایت، نتایج حاصل از بررسی و ارزیابی داده‌های آزمایش نشان داد که بهترین گزینه استفاده هم‌زمان از سیلیس و آنتراسیت در بستر فیلترها با ۱/۵ برابر بارسطحی به‌کار گرفته شده در تصفیه‌خانه به‌همراه استفاده از یگان هوادهی و تهنشینی است که در این صورت می‌توان ساعت آبرسانی به روستاهای تحت پوشش را تا ۱/۵ برابر افزایش داد.

درصد، ۵۶/۹۴ درصد، ۲۰/۵۴ درصد، ۳۲/۲۸ درصد و ۸۹/۴۷ درصد به‌دست آمد.

### نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش با هدف بررسی عوامل مؤثر بر کارایی فیلترهای شنی تحت فشار جهت بالا بردن راندمان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب به‌خصوص کاهش مقدار آهن و کدورت آب، کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری فیلترهای شنی تحت فشار با تغییر در بستر و بار سطحی فیلترهای شنی تحت فشار انجام شد. نتایج نشان داد که بین مقادیر مصالح به‌کار گرفته‌شده، بستر سیلیس- آنتراسیت بیش‌ترین اثر را در کاهش پارامترهای TSS، Tu، TDS، Ca و Fe در مقایسه با دو بستر سیلیس و لیکا- آنتراسیت داشت و

### منابع

- Alipour, V., and Rezaei, L. 2008. Improve the efficiency of Bandar Abbas water treatment plant using smoothed bed filter change. The Eleventh National Conference on Health and Environment, 29 October, Zahedan University of Medical Sciences. 6p. (In Persian)
- Banezhad, H., Hamedani, R., and Ghasemi, A. 2008. Comparison the efficiency of single-layer and double-layer fast-grained filter in relation to removal of iron and manganese in the presence of different process of oxidative. 9th Seminar of Irrigation and Reduction of Evaporation, 5-7 February, Shahid Bahonar University of Kerman. 7p. (In Persian)
- Baraee, I., Borghei, M., Takdastan, A., Hasani, A.H., and Javid, A.H. 2016. Evaluate the performance of dual media filter to improve water quality in Abadan water treatment plant. J. Toloo-e-Behdasht, 15: 3. 130-143. (In Persian)
- Chalkesh Amiri, M. 2013. Principles of water purification. Arkane Danesh Press, Isfahan, 528p. (In Persian)
- Delbazi, N., Ahmadi Moghadam, M., Takdastan, A., and Jaafarzade Haghghi fard, N. 2011. Comparison of mono layer filter (sand) and dual media filter (anthracite and leca) and performance in removal of organic matter and turbidity. Iran. J. Health Environ. 4: 3. 301-312. (In Persian)
- Eisazadeh, H., and Mahdavi, A. 2004. The Effect of activated carbon on Bandar Abbas drinking water quality. The First National Civil Engineering Congress, 13 May, Sharif University of Technology. 7p. (In Persian)
- Elmelko, M.B. 2003. Removal of viable and inactivated Cryptosporidium by dual- and tri-media filtration. Water Research, 37: 1-2. 2998-3008.
- Fakhri, M.S., Asghari Moghaddam, A., and Najib, M. 2016. Application of statistical methods and saturation indices in groundwater quality assessment of the Marand plain. J. Water Soil Cons. 22: 6. 117-133. (In Persian)
- Hasanoghli, A.R., Liaghat, A., and Mirabzadeh, M. 2002. Soil organic matter changes due to irrigation with domestic

- sewage and self-pollination. *J. Water Wastewater*, 13: 2. 2-11. (In Persian)
10. Kazemi, M. 2001. Comparison of the efficiency of the two-layer and single-layer filter in the removal of turbidity caused by iron. Master Thesis of Environmental Engineering, Mazandaran University. 105p. (In Persian).
  11. Mahrouf, N., Pologea-Moraru, R., Moiescu, M.G., Orłowski, S., Leveque, P., and Mir, L.M. 2005. In vitro increase of the fluid-phase endocytosis induced by pulsed radiofrequency electromagnetic fields: importance of the electric field component. *Biochim Biophys Acta*, 1668: 1. 126-137.
  12. Menge, J.G., Haarofoff, J., and König, E. 2001. Occurrence and removal of giardia and cryptosporidium at the goreangab reclamation plant. *Water Science and Technology: Water Supply*, 1: 1. 97-105.
  13. Nejati, N., and Ansari, M. 2016. Iron removal from drinking water by tuff rock. The Second International Conference and the Fifteenth National Conference of Tourism, Geography and Sustainable Environment. 16p. (In Persian)
  14. Osloob, M., and Vervij Kazemi, K. 2017. Investigation the effect of using a pressurized sand filters for iron, manganese and turbidity removing from drinking water (Case study: Tonekabon Lashgarak Village). The Third International Conference on Sustainable Development, Solutions and Challenges Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, 8-10 March, Tabriz. 7p. (In Persian)
  15. Shahmansouri, M.R., Bina, B., and Rezaei, R. 1996. Comparison of sand filter in removal of coliform and organic matter. *J. Water Wastewater*, 7: 2. 22-26. (In Persian).
  16. Zazooli, M.A., and Bazrafshan, E. 2011. Comprehensive textbook on water and sewage technology. Samat press, Tehran, 512p. (In Persian)



## Investigating the effect of different substrates of pressurized sand filters on the water quality of Moallemkola refinery in Sari city

S. Dadashzadeh<sup>1</sup>, \*M. Khoshravesh<sup>2</sup> and M. Gholami<sup>3</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, <sup>3</sup>Expert of the Office of Studies and Technical Research, Rural Water and Wastewater Company of Khoozestan

Received: 07.22.2019; Accepted: 12.07.2019

### Abstract

**Background and Objectives:** Due to lack of water resources and per capita consumption in Iran, conservation of water resources is one of the most important and basic priorities. Drinking water in Sari city and its dependent villages are provided with groundwater resource. The poor quality of the outlet water especially the high amount of iron after the pressurized sand filters in the refinery of Moallemkola led to investigate the effective factors on the efficiency of the above filters. The purpose of this study is to investigate groundwater resource by changing the bed and surface load of pressurized sand filters to improve the removal of physical and chemical parameters of the water refinery.

**Materials and Methods:** In this study, changes in filter grading were made using pressure filter sand model and using different substrates (silica, silica-anthracite and leca -anthracite) as well as changing their surface charge the physical and chemical parameters of pressurized sand filters were investigated. Samples were taken after treatment at three points in the refinery (at the beginning of the filter operation, at the end of the filter operation and after chlorination) after 4 months. The measured parameters included determination of suspended solids, turbidity, total soluble solids, hardness, calcium, magnesium and iron. The experiments were carried out in factorial and completely randomized design with three replications. Statistical analysis of data was done using SAS software and comparison of means was done by Duncan method at 5% probability level.

**Results:** The results showed that the effect of substrates materials on TSS, Tu, TDS, Ca and Fe parameters was significant at 1% probability level. The effect of sampling point on all parameters was significant at 1% probability level. The silica-anthracite bed had the greatest effect on the reduction of all parameters, especially the reduction of turbidity and iron content. So that the reduction of turbidity and iron content in the silica-anthracite bed was close to 70% relative to the silica bed. The leca-anthracite bed was better than the silica substrate. The best reduction in chemical parameters of water was related to silica-anthracite in pressurized sand filters with a surface load of 54 cubic meters per hour. The interaction effect of different materials inside the filter and sampling point on TSS, TDS and Fe parameters was also significant at 1% probability level. The results of the comparison of the average of the physical and chemical parameters of the water studied at different points of sampling showed that the output water at the end of the disinfection had the lowest values relative to the water outflow from the filter at the beginning of the operation and the outlet water from the filter at the end of the operation.

**Conclusion:** Administration of silica-anthracite in pressurized sand filters in addition to improving the water quality, will reduce the cost of operating (maintenance and repair) of the filters.

**Keywords:** Anthracite, Leca, Silica, Turbidity, Water refinery

---

\* Corresponding Author; Email: khoshravesh\_m24@yahoo.com