# بررسی کارایی فیلترهای شنی حاوی تراشه‌های لاستیک در پوشش زه‌کش‌های زیرزمینی

جهانگیر عابدی کوپائی*، سید سعید اسلامیان و معظم خالقی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۱۴)

## چکیده

**بحران کمی و کیفی منابع آب یکی از مهم‌ترین مشکلات در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران به‌شمار می‌آید. در همین راستا تصفیه فاضلاب‌ها از آلاینده‌ها و سپس بهره‌برداری از این پساب‌های تصفیه شده به‌عنوان منبع بالقوه آب نه تنها می‌تواند کمبود آب را جبران کند بلکه از ورود آلاینده‌های خطرناک به منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی جلوگیری کند. روش‌های مختلفی برای بهبود کیفیت آب‌های نامتعارف وجود دارد که در بین آنها روش فیلتراسیون یک روش کارآمد و مؤثر در حذف عناصر بوده است. در ساختن فیلتر مهم‌ترین قسمت انتخاب جاذب است. در مطالعه حاضر از تراشه‌های لاستیکی به‌عنوان جاذب استفاده شد. آزمایش‌های جذب ستونی در شرایط مزرعه، در دو مرحله جداگانه و با استفاده از دو نوع آب نامتعارف شامل آب شور چاه و پساب صنعتی انجام شد. هر آزمایش به‌صورت فاکتوریل با سه فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل سه فاکتور اندازهٔ ذرات (در دو سطح ۵-۲ میلی‌متر و ۵-۳ سانتی‌متر)، ضخامت فیلتر (در سه سطح ۱۰، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر) و زمان تماس جاذب با محلول بود. نتایج نشان داد که با افزایش ضخامت فیلتر و زمان تماس جاذب با محلول میزان جذب عناصر افزایش می‌یابد. بهترین عملکرد در کاهش شوری در تیمار ضخامت ۵۰ سانتی‌متر با زمان تماس ۲۴ ساعت مشاهده شد. که میزان شوری در این تیمار ۲۰/۳ درصد (در مرحله آزمایش با آب شور چاه) و ۱۱/۲ درصد (در مرحله آزمایش با پساب صنعتی) کاهش یافت. عملکرد فیلتر در این تیمار برای کاهش غلظت فلزات سرب، روی و منگنز به‌ترتیب ۹۹، ۷۲/۱ و ۴۱/۴ درصد دیده شد که نسبت به تیمارهای دیگر بازدهٔ بهتری داشت. هم‌چنین در اکثر پارامترهای اندازه‌گیری شده عملکرد تیمارهای ذرات سانتی‌متری و میلی‌متری تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. به‌طور کلی تراشه‌های لاستیک کارائی مناسب برای بهبود کیفیت آب خصوصاً پساب صنعتی از خود نشان دادند.**

**واژه‌های کلیدی: تصفیه فاضلاب، آب‌های نامتعارف، فیلتراسیون، تراشه‌های لاستیکی، جذب ستونی**

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: koupai@cc.iut.ac.ir



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]

**مقدمه**

کمبود آب با کیفیت مناسب یکی از مهم‌ترین مشکلات در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران به‌شمار می‌آید. بنابراین در چنین مناطقی نیاز فزاینده‌ای برای استفاده از آب‌های با کیفیت پایین وجود دارد (۲ و۵). گرچه اغلب این آب‌ها کیفیت ممتاز خود را از دست داده‌اند اما هنوز قابل استفاده هستند. در این رابطه منابع آب‌های نامتعارف می‌توانند از منابع با ارزش محسوب شود. پساب‌ها، آب شور و زه‌آب‌ها در ردیف آب‌های نامتعارف قلمداد می‌شوند. اما لازم است به جنبه‌های مختلف استفاده از منابع آب‌های نامتعارف مخصوصاً بهبود کیفیت آن توجه گردد (۲).

تکنیک‌های مختلفی که برای کاهش مقدار یون‌های فلزی از پساب‌ها وجود دارد هر کدام دارای مزایا و معایبی براساس سادگی، انعطاف‌پذیری، مؤثر بودن فرآیندها، هزینه، مشکلات تکنیکی و نگهداری می‌باشند. از آنجایی‌که بسیاری از روش‌های طراحی شده به‌دلیل عدم کارایی کافی و صرفه اقتصادی عملاً غیر قابل استفاده می‌باشند، معرفی روشی ساده، ارزان و کارآمد ضروری است (۴، ۱۵، ۲۱ و ۲۲). در بین روش‌های موجود، فیلتراسیون یک فرآیند کارآمد در حذف عناصر و فلزات سنگین از پساب می‌باشد. در ساختن فیلتر مهم‌ترین قسمت، محیط یا انتخاب جاذب است. انواع مختلفی از جاذب‌های قابل دسترس می‌باشند. هرچند به‌دلیل قیمت بالای آنها و در بعضی موارد به‌دلیل قابل دسترس نبودن، کاربرد آنها به اندازه کافی ممکن و میسر نخواهد بود (۴.) امروزه مواد طبیعی و ضایعات موجود به‌دلیل هزینه کم و فراهمی زیاد آنها از بین سایر جاذب‌های موجود برای عناصر و فلزات سنگین، بیشترین کاربرد را دارند.

ضایعات پلیمری لاستیک‌های فرسودهٔ خودروها یکی از آلوده‌کننده‌های محیط زیست محسوب می‌شوند. تولید روزافزون این ضایعات سبب شده است تا راهکارهای کاهش اثرهای مضر ناشی از تجمع آنها در محیط زیست نیز پررنگ‌تر شود. به همین دلیل کاربرد تکنولوژی‌های جدید بازیافت و استفادهٔ مجدد از این حجم زیاد از لاستیک‌های خارج از رده مورد نیاز می‌باشد. امروزه کاربردهای زیادی از تایرهای فرسوده چه به‌صورت حلقه‌های کامل و چه به‌صورت تراشه در صنعت و مهندسی عمران به چشم می‌خورد. لاستیک‌های خرد شده قابلیت جذب مقادیر قابل ملاحظه‌ای از ترکیبات آلی فرار را هم در فاز مایع و هم در فاز گازی دارا می‌باشند که نشان‌دهنده این است که مواد لاستیک می‌توانند یک پوشش مفید برای فیلترها باشند (۱۰، ۱۳ و ۱۹). تایرهای خرد شده هم‌چنین به‌طور قابل قبولی بادوام، غیر قابل حل و نفوذپذیر هستند. نفوذپذیری این تراشه‌ها تقریباً ۰/۰۳ سانتی‌متر بر ثانیه می‌باشد (خیلی بیشتر از معیار ۰/۰۱ سانتی‌متر برثانیه در طرح‌های اجرایی) (۱۸). این نشان می‌دهد که تایرهای خرد شده به‌عنوان پرکننده در سیستم‌های جمع‌آوری شیرآبه لندفیل‌ها و هم‌چنین جایگزین برای فیلترهای دانه‌ای (شن و ماسه) سیستم‌های زه‌کشی مناسب هستند (۱۴ و ۱۸).

مانیکاتیا و همکاران به بررسی حذف جیوه از آب‌های آلوده زیرزمینی با انجام یک سری آزمایش‌ها با استفاده از تراشه‌های لاستیک طبیعی پرداختند. نتایج این تحقیق نیز مؤید این مطلب بوده که تراشه‌های لاستیکی می‌توانند به‌عنوان جاذب جیوه مورد استفاده قرار گیرند. هم‌چنین نتایج نشان داد که ظرفیت جذب جیوه با افزایش pH محلول کاهش پیدا می‌کند (۱۷). دانوانیچاکول و همکاران جذب جیوه به‌وسیله لاستیک‌های خردشده را پیشنهاد کردند. نتایج مطالعه آنان نیز نشان داد که خرده‌های لاستیک قابلیت جذب جیوه را دارد (۹). واریس و سادهاکار در پیش‌بینی قابلیت فشردگی نمونه‌های تایرهای خرد شده برای کاربرد در لندفیل‌ها به موفقیت‌هایی دست یافتند. در این مطالعه آزمایشگاهی، تست‌های قابلیت فشردگی به‌صورت یک بعدی روی ۴ نمونه خرده لاستیک اجرا شد و نتایج آن با نمودارهای تنش بر کشش به‌دست آمده از تحقیقات دیگر مقایسه شد. نتایج نشان داد که علی‌رغم کشش‌های محوری بزرگ آزمایش شده، نفوذپذیری متوسط نمونه‌ها، دو تا سه برابر بزرگ‌تر از معیار طراحی ۰/۰۱ سانتی‌متر بر ثانیه برای لایه‌های زه‌کش



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]

لندفیل‌ها باقی ماند (۲۳.)

از اهداف اصلی اجرای این طرح می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- بررسی تأثیر خرده‌های لاستیک به عنوان فیلتر زه‌کشی بر مقادیر pH، SAR، CE و غلظت برخی از عناصر فلزی زه‌آب خروجی (از جمله Zn , Mn و Pb)
- تعیین مناسب‌ترین ضخامت و اندازه خرده‌های لاستیک به‌کار برده شده به‌عنوان فیلتر زه‌کشی

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر فیلتر حاوی شن و تراشه‌های لاستیکی بر برخی خصوصیات آب، سیستمی شامل ۳۶ عدد لایسیمتر با قطر ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۱۰ سانتی‌متر(با حجم ۲۲۰ لیتر) که برای هر کدام یک شیر خروجی تعبیه شده بود، راه‌اندازی شد. آزمایش‌ها در شرایط مزرعه، در دو مرحله جداگانه و با استفاده از دو نوع آب نامتعارف شامل آب شور چاه و پساب صنعتی انجام شد. برای انجام آزمایش‌های جذب ستونی، از ۱۰ سانتی‌متر فیلتر شنی به همراه سه ضخامت مختلف ۱۰، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر تراشه‌های لاستیکی استفاده شد. تراشه‌های لاستیکی مورد استفاده در آزمایش در دو سطح اندازه (۵-۲ میلی‌متری و ۵-۳ سانتی‌متری) بوده و آزمایشات در ۳ تکرار صورت گرفت (شکل ۱). برای تهیه اندازه ذرات مناسب تراشه‌های لاستیکی از الک‌هایی با اندازه مش مورد نظر، استفاده شد تا ذرات در محدوده مورد نیاز آزمایش به‌دست آیند. برای تهیه فیلتر شنی مناسب نیز از معیارهای جهانی تعیین فیلتر (USBR , SCS) استفاده شد (۱۴.) بافت خاکی که براساس آن فیلتر شن تهیه شد، بافت سیلتی کلی لوم (خاک مزرعه آزمایشی دانشگاه صنعتی اصفهان) بوده و به‌عنوان یک معیار برای تهیهٔ یک فیلتر مناسب از آن استفاده شد (شکل‌های ۲ و ۳).

### فاکتورهای در نظر گرفته شده در طرح

بررسی تأثیر اندازهٔ ذرات: مواد جاذب ریز به‌دلیل دارا بودن سطح ویژهٔ بالاتر، می‌توانند میزان جذب بیشتری داشته باشند. بدین منظور، تراشه‌های لاستیکی به‌کار برده شده در دو اندازه مختلف ۵-۲ میلی‌متر و ۵-۳ سانتی‌متر استفاده گردید (شکل‌های ۴ و ۵).

### بررسی ضخامت فیلتر به‌کار برده شده

فاکتور ضخامت تراشه‌های لاستیکی به منظور نشان دادن ضخامت بهینه برای کاربرد آن به‌عنوان فیلتر، در سه سطح ۱۰، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر در این طرح مورد استفاده قرار گرفت.

### بررسی اثر زمان تماس

نرای بررسی اثر زمان تماس جاذب با ماده جذب شونده در محلول‌های آبی، زمان‌های متفاوت نمونه‌برداری برای آب شور و پساب صنعتی و برای تمامی تیمارها و تکرارهای آن مورد آزمایش قرار گرفت.

آب شور از چاه متعلق به دانشکده منابع طبیعی در داخل محوطه دانشگاه صنعتی اصفهان و پساب صنعتی نیز از قسمت خروجی کوره بلند و قبل از ورود به حوضچه‌های ته‌نشینی، از یک کارخانهٔ صنعتی تهیه گردید.

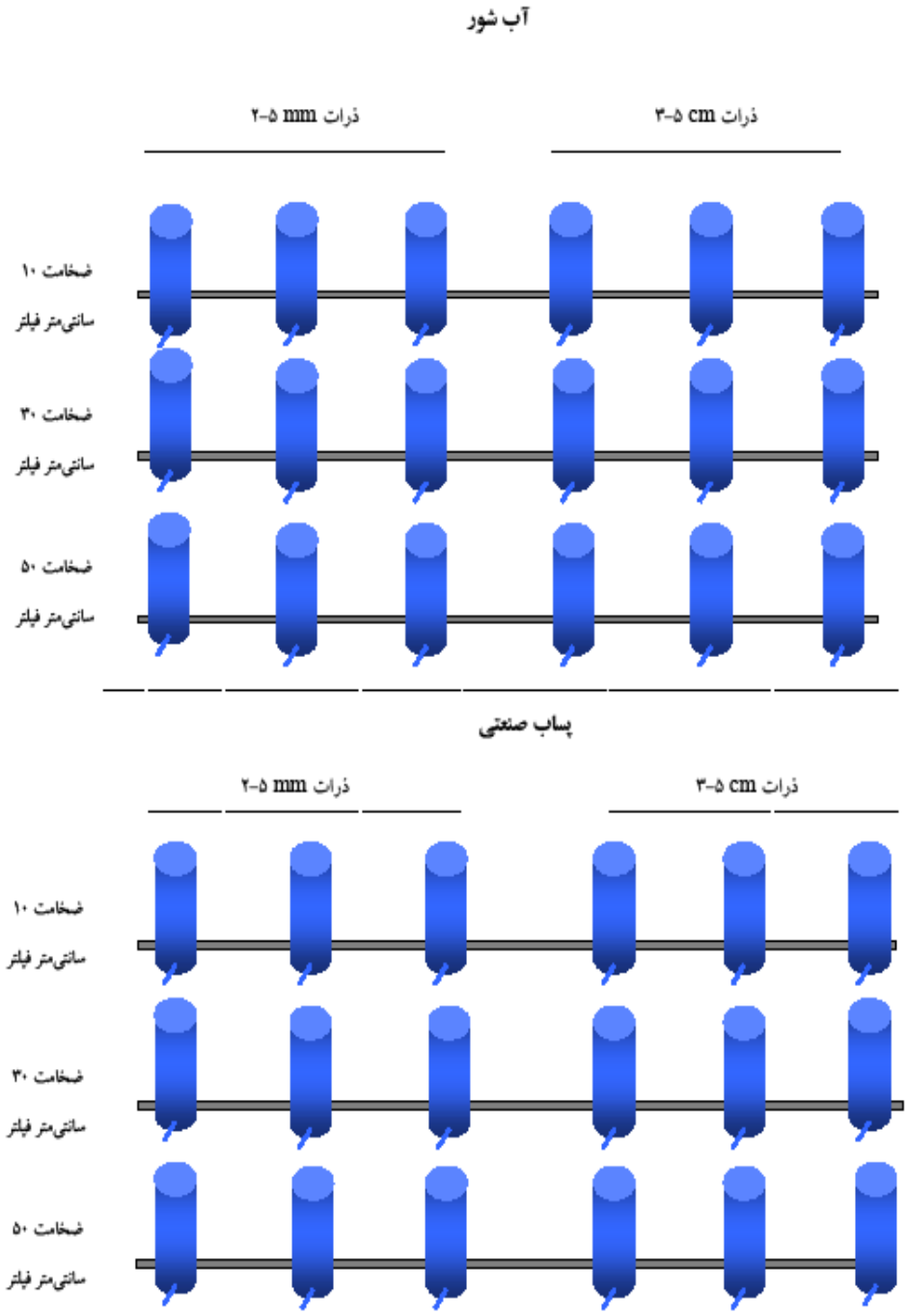
هدایت الکتریکی آب چاه برابر با ۶/۴ دسی زیمنس بر متر با اسیدیتهٔ ۷/۷ و هدایت الکتریکی پساب صنعتی ۱۳/۳ دسی زیمنس بر متر با اسیدیتهٔ ۶/۵ بود. هم‌چنین غلظت اولیه فلزات سنگین سرب، روی و منگنز موجود در پساب صنعتی به‌ترتیب ۱/۸۵، ۴/۱ و ۸/۸۶ پی پی ام بود (غلظت عناصری همچون Cr, Cd, Ni, Co در پساب ناچیز و زیر حد تشخیص دستگاه بوده است).

نمونه‌برداری برای مرحله کار با آب شور در زمان‌های ۲، ۴، ۶ و ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش و در مرحله کار با پساب صنعتی ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۶ و ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش صورت گرفت. در حین انجام آزمایش در تمام مراحل بار آب ثابت ۵۰ سانتی‌متر بر روی فیلتر قرار داده شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظروف نمونه‌برداری پلاستیکی با حجم



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]




**شکل ۱. شماتیک طرح پیاده شده در آزمایش‌های جذب ستونی (صحرایی**

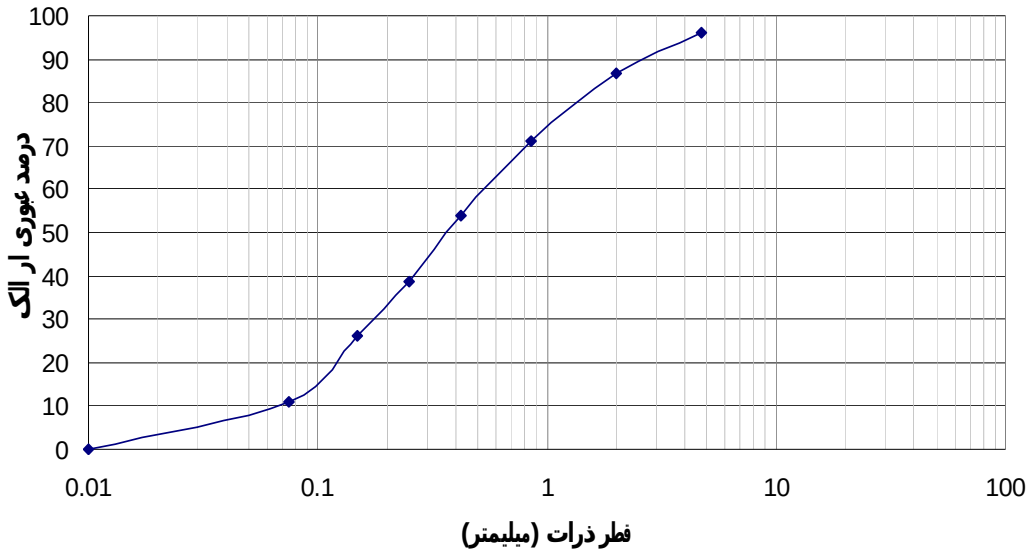
۸۰ سی‌سی نگه‌داری و برای اندازه‌گیری پارامترها به آزمایشگاه منتقل شد.

روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی نمونه‌ها: نمونه‌های برداشت شده در بطری‌های پلاستیکی جمع‌آوری گشته و بر روی آنها برچسب‌های مشخصات آزمایش انجام شده چسبانده شد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی از دستگاه هدایت سنج مدل المترون 401 – cc و برای اندازه‌گیری اسیدیته از دستگاه pH متر مدل ۸۲۷ Ω metrohm استفاده شد (شکل‌های ۶ و ۷). برای اندازه‌گیری SAR، مجموع غلظت‌های کلسیم و منیزیم آب به روش تیتراسیون و تعیین غلظت سدیم با

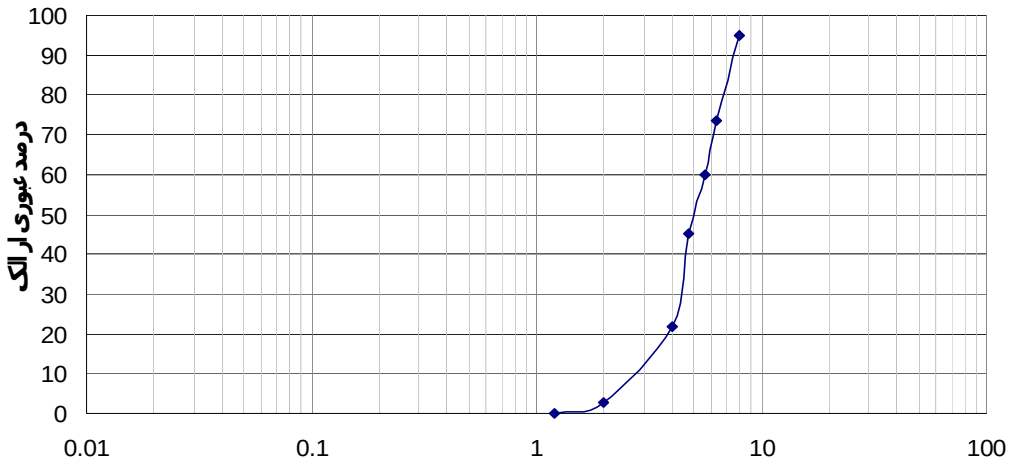


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]




شکل ۲. منحنی دانه‌بندی خاک مورد مطالعه برای تعیین فیلتر




شکل ۳. منحنی دانه‌بندی فیلتر تعیین شده بر اساس استانداردهای جهانی



شکل ۴. تراشه‌های لاستیکی ۵-۲ میلی‌متر



شکل ۵. تراشه‌های لاستیکی ۵-۳ سانتی‌متر



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]



شکل ۶. اندازه‌گیری EC با دستگاه هدایت سنج



شکل ۷. اندازه‌گیری اسیدیته با دستگاه pH متر

دستگاه فلیم‌فتومتر (شعله‌سنج) مدل corning 410 انجام شد. برای اندازه‌گیری عناصر سنگین نمونه‌های پساب شامل منگنز، روی و سرب از دستگاه نشر اتمی ICP پرکین المر مدل (DV 7300) استفاده شد.

پس از یادداشت‌برداری و ثبت همه صفات مورد نظر، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تحلیل آماری قرار گرفتند. طرح آماری به‌کار برده شده، آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بوده و مقایسه میانگین‌ها برای هر صفت با استفاده از آزمون LSD و در سطح ۵ درصد انجام شد و نمودارهای مربوطه ترسیم گردید. هم‌چنین برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج این مطالعه نشان داد کاربرد تراشه‌های لاستیکی، سبب کاهش هدایت الکتریکی، pH و افزایش SAR آب شور و کاهش غلظت فلزات سنگین پساب شده است. تحقیقات نشان داده که یکی از پارامترهای مؤثر، زمان تماس آب حاوی یون‌ها با جاذب می‌باشد و مطالعات زیادی به منظور بررسی اثر زمان تماس یون‌ها با جاذب انجام شده است (۸، ۱۱، ۱۲ و ۱۶).

به‌طور معمول انتظار می‌رود سرعت جذب یون‌ها در ابتدای زمان تماس جاذب با محلول زیاد بوده و با گذشت زمان این سرعت کاهش یافته و در نهایت پس از طی مدت زمانی، به حالت تعادل رسیده و پدیده جذب متوقف گردد. چنین روندی، در نتایج آزمایش حاضر مشاهده شد.

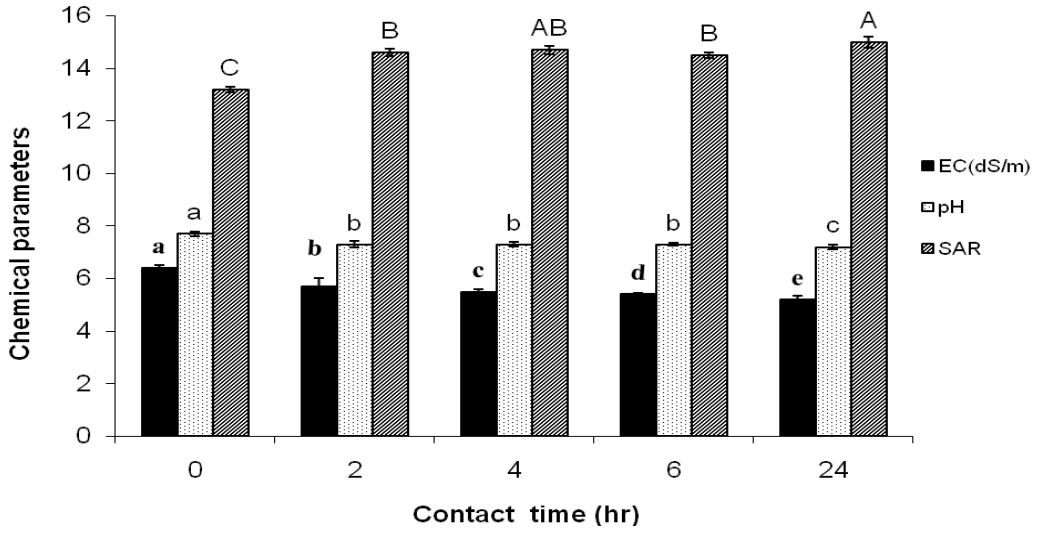
نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف زمان تماس وجود دارد (شکل ۸). در مرحله کار با آب شور نیز تیمار زمان تماس ۲۴ ساعت موجب بیشترین تغییرات در مقدار EC شد بدین صورت که هدایت الکتریکی آب شور با کاربرد فیلتر حاوی تراشه‌های لاستیکی از ۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر به ۵/۳ دسی‌زیمنس بر متر کاهش پیدا کرد.

در تحقیق حاضر به‌دلیل جذب بیشترعناصر منیزیم و کلسیم نسبت به سدیم روند افزایشی در مقدار میانگین نسبت جذب سدیم (SAR) مشاهده شده است که می‌تواند به‌علت شعاع یونی کوچکتر کلسیم و منیزیم در برابر سدیم باشد. (شکل ۸).



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]




**شکل ۸. مقایسه میانگین تیمار زمان تماس بر پارامترهای شیمیایی آب شور**

بیشترین کاهش هدایت الکتریکی برای پساب صنعتی در تیمار زمان تماس ۲۴ ساعت مشاهده شده به‌طوری‌که مقدار آن از ۱۳/۳ دسی‌زیمنس بر متر به ۱۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر رسید که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند. هم‌چنین بیشترین کاهش در مقادیر میانگین غلظت عناصر سنگین سرب، روی و منگنز پساب صنعتی نیز در زمان تماس ۲۴ ساعت بود به‌طوری‌که در این زمان بیشترین میزان راندمان حذف این فلزات به‌ترتیب برابر با ۹۴، ۶۱ و ۵۴ درصد مشاهده شد (شکل ۹). سلیمانی و همکاران (۲۰۰۱) اثر زمان تعادل را در جذب یون آمونیوم توسط فیلترهای معدنی بررسی کردند و نتایج حاصله پس از ۲۴ ساعت تماس کانی با محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف نشان داد که با افزایش زمان تماس جاذب با محلول حاوی آمونیوم، میزان جذب این یون افزایش یافت (۱). عابدی و موسوی نیز طی تحقیق خود نشان دادند که با افزایش زمان تماس جاذب خاکستر با محلول فلزی، جذب سرب افزایش یافته است که از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است (۳).

بوکا و همکاران نیز طی تحقیقی نشان دادند که ذرات لاستیک قدرت جذب یون‌های فلزی را داشته و ترتیب قدرت جذب در تحقیق آنان بدین صورت زیر بوده است

$$Zn > Mg > Fe > Sr > Al > Mn > Cd > Pb > Rb \quad [۷]$$

در این مطالعهٔ قدرت جذب فلزات مورد بررسی توسط جاذب، با توجه به راندمان حذف به‌صورت $Pb > Zn > Mn$ بود. که تفاوت در ترتیب قدرت جذب عناصر مشابه در دو تحقیق احتمالاً به‌دلیل تفاوت در شرایط آزمایش می‌باشد.

تفاوت در میزان جذب کاتیون‌های فلزی را می‌توان به تفاوت در میل ترکیبی آنها برای اتصال به گروه‌های عاملی سطح مواد جاذب و هم‌چنین شعاع یونی آنها ربط داد (۸).

از نتایج مقایسه میانگین داده‌ها چنین برمی‌آید که ضخامت‌های مختلف به‌کار برده شده، موجب اختلاف معنی‌داری در پارامترهای اندازه‌گیری شده آب شور خروجی از فیلتر شده است (شکل ۱۰).

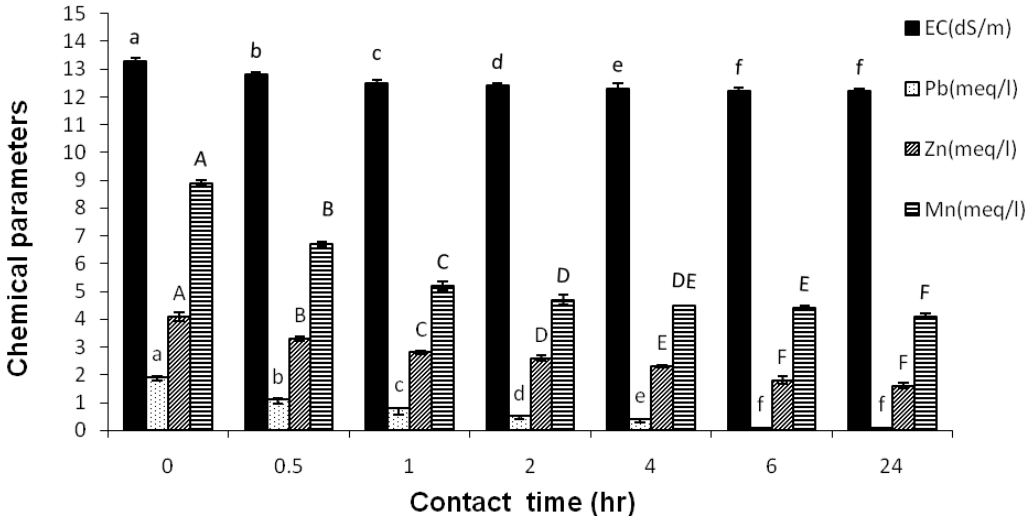
هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش ضخامت فیلتر(حجم جاذب)، روند کاهشی غلظت عناصر در پساب خروجی نیز افزایش می‌یابد و بهترین عملکرد فیلتر در کاهش هدایت الکتریکی و هم‌چنین غلظت عناصر سنگین در ضخامت ۵۰ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۱۱).

عابدی و موسوی نشان دادند که با افزایش میزان جاذب (خاکستر)، جذب سرب افزایش یافته است که از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است (۳). نتایج دیگر محققین نیز بیانگر این

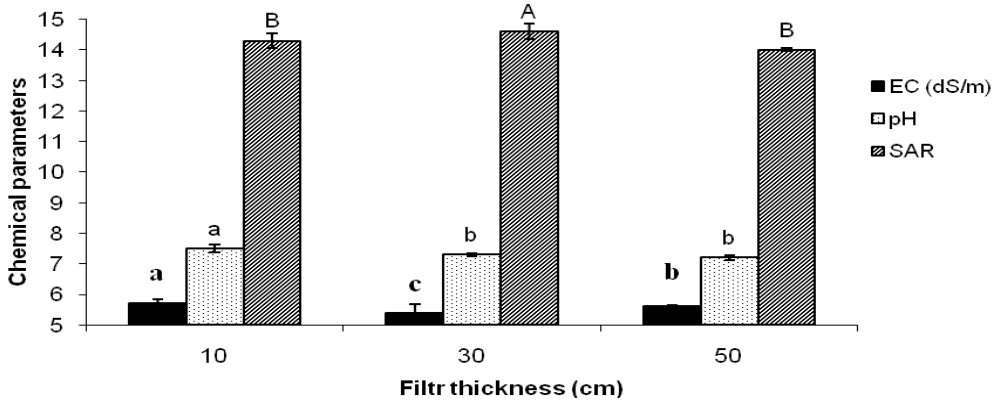


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

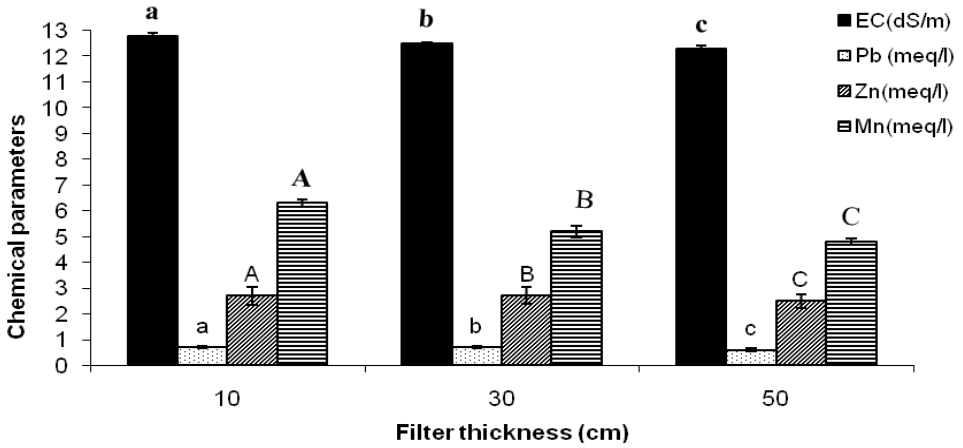
[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]




شکل ۹. مقایسه میانگین تیمار زمان تماس بر پارامترهای شیمیایی پساب صنعتی




شکل ۱۰. مقایسه میانگین تیمار ضخامت فیلتر بر پارامترهای شیمیایی آب شور




شکل ۱۱. مقایسه میانگین تیمار ضخامت فیلتر بر پارامترهای شیمیایی پساب صنعتی



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]

می‌باشد که با افزایش حجم جاذب، میزان جذب افزایش یافته و باعث حذف بیشتر یون‌ها می‌شود (۶، ۱۲ و ۲۰).

## نتیجه‌گیری

در تحقیق انجام شده از تراشه‌های لاستیکی به‌عنوان یک جاذب ارزان قیمت، بادوام و در دسترس برای بررسی تغییرات در برخی خصوصیات شیمیایی آب شور چاه و پساب صنعتی استفاده شد که نتایج قابل قبولی را به همراه داشت. نتایج نشان داد که کاهش هدایت الکتریکی و حذف عناصر به عوامل مختلفی چون زمان تماس جاذب با محلول و مقدار ماده جاذب به‌کار برده شده (ضخامت فیلتر) بستگی دارد. با افزایش زمان تماس، میزان جذب افزایش یافته و سبب کاهش بیشتری در غلظت عناصر موجود در زه‌آب خروجی شد. هم‌چنین با افزایش ضخامت فیلتر نیز بر مقدار جذب افزوده شد. به‌طورکلی می‌توان پیشنهاد کرد از تراشه‌های لاستیک به‌عنوان ماده پرکننده ترانشه‌ها در زه‌کش‌های زیرزمینی استفاده شود که در این صورت هم موجب بهبود کیفیت زه‌آب خروجی گشته و هم مشکل دفع این ماده آلوده کننده محیط زیست، با کاربرد مفید آن حل می‌شود.

## منابع مورد استفاده


۱. سلیمانی، م.، آ. انصاری، م. ع. حاج عباسی و ج. عابدی کوپایی، ۱۳۸۷. بررسی حذف نیترات و آمونیوم از آب‌های زیرزمینی با استفاده از فیلترهای کانساری. مجله آب و فاضلاب ۶۷: ۱۸-۲۶.

۲. عابدی کوپایی، ج. و ا. مهری اصفهانی. ۱۳۸۷. بهبود کیفیت آب شور با استفاده از فیلتر شنی حاوی ذرات بقایای گیاهی، دومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد بهره‌برداری). تهران.

۳. عابدی کوپایی، ج. و ف. موسوی. ۱۳۸۷. جذب سرب از پساب صنعتی توسط خاکستر پوسته شلتوک، مجله آب و فاضلاب ۴۸: ۱۷-۲۳.

۴. محمدی، م.، ا. فتوت و غ. ح. حق نیا. ۱۳۸۷. کاربرد فیلتر شن-خاک-پوسته برنج برای کاهش فلزات سنگین موجود در فاضلاب صنعتی، سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدیدشونده در کشاورزی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.

۵. نبی بیدهندی، غ. ر.، آ. آقاجانی یاسینی، ع. زاهدی، م. عباسی و م. پازوکی. ۱۳۸۷. استفاده از بیوجاذب در حذف فلزات سنگین از پساب، دومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد بهره‌برداری). تهران.

6. Ajmal, M., R. Ali khan Rao, S. Anwar, J. Ahmad and R. Ahmad. 2003. Adsorption studies on rice husk: removal and recovery of Cd(II) from wastewater. Bioresour. Technol. 86:147-149.
7. Bocca, B., G. Forte, F. Petrucci, S. Costantini, and P. Izzo. 2009. Metals contained and leached from rubber granulate used in synthetic turf areas. Sci. Total Environ. 407: 2183-2190.
8. Cho, H., D. Oh and K. Kim, 2005. A study on removal characteristics of heavy metals from aqueous solution by fly ash. J. Hazard. Mater. B127:187-195.
9. Danwanichakul, P., D. Dechojarasrri, S. Meesumrit and S. Swangwareesakul. 2008. Influence of sulfur-cross linking in vulcanized rubber chips on mercury (II) removal from contaminated water. J. Hazard. Mater. 154: 1-8.
10. Edil, T. B., J. K. Park and J. Y. Kim. 2003. Effectiveness of scrap tire chips as sorptive drainage material. J. Environ. Eng. 130: 824-831.
11. Kavitha, D. and C. Namasivayam. 2005. Experimental and kinetic studies on methylene blue adsorption by coir pith carbon. Bioresour. Technol. 98: 14-21.
12. Kazemipour, M., M. Ansari, S. Tajrobehkar, M. Majdzadeh and H. Reihani Kermani. 2008. Removal of lead, cadmium, zinc and cooper from industrial wastewater by carbon developed from walnut, hazelnut, almond, pistachio shell and apricot stone. J. Hazard. Mater. 150: 322-327.




[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]

13. Kim, J. Y., D. I. Oh and J. K. Lee. 2000. ISWA World Congress, International Solid Waste Association, Paris, France.
14. Lisi, R. D., J. K. Park and J. C. Stier. 2004. Mitigating nutrient leaching with a sub-surface drainage layer of granulated tires. Waste Manage. 24: 831-839.
15. Malekzadeh, F., A. Farazmand, H. Ghaforian, M. Shahamat and M. Levin. 1996. Accumulation of heavy metals by an acterium isolated from electro planting effluent. Proc. Biotechnol. Risk Assessment Symposium. Canada. pp: 388-398.
16. Malik, P. K., 2003. Use of activated carbons prepared from sawdust and rice husk for adsorption of acid dyes: a case study of acid yellow 36. Dyed and Pigments. 56: 239-249.
17. Maneekattia, N., P. Maggomin, and P. Danwanichakul. 2008. Mercury (II) removal from water by batch adsorption with natural rubber chips. Thammasat Intl. J. Sci. Technol. 13: 108-113.
18. Mondal, B., and M. A. Warith. 2007. Use of shredded tire chips and tire crumbs as packing media in trickling filter systems for landfill leachate treatment. J. Environ. Sci. Technol. 29: 827-836.
19. On-site News. 2006. Alternatives to Gravel Soil Absorption Systems. Health Department, National Environmental Services Center, 16: 2.
20. Ram Bishnoi, N., M. Bijaj, N. Sharma and A. Gupta. 2004. Adsorption of Cr(VI) on activated rice husk carbon and activated alumina. Bioresour. Technol. 91: 305-307.
21. Spain, A. and E. Alm. 2003. Implication of microbial heavy metal tolerance in the environment. Rev. Undergraduate Res. 2: 1-6.
22. Sumathi, K. M. S., S. Mahimairaja and R. Naidu. 2004. Use of low-cost biological waste and vermicule for removal of chromium from tannery effluent. Bioresource Technol. 96: 309-316.
23. Warith, M. A. and M. Rao. Sudhakar. 2006. Predicting the compressibility behavior of tire shred samples for landfill applications. Waste Manage. 26: 268-276.

[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.16.5 ]