



ارزیابی کارایی صافی های دو لایه ای در بهبود کیفیت آب در تصفیه خانه ی شهر آبادان

نویسندگان: ایران برای^۱، سیدمهدی برقی^۲، افشین تکدستان^۳، امیرحسام حسنی^۴، امیرحسین جاوی^۴

۱. نویسنده‌ی مسئول: دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست-آب و فاضلاب واحد، علوم و تحقیقات تهران

تلفن تماس: ۰۹۱۶۳۳۲۸۲۱۳ Email: iran.baraae@yahoo.com

۲. استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۳. دانشیار مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

۴. دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

مقدمه: امروزه، بیشترین نوع فرایندی که در تصفیه‌ی آب آشامیدنی استفاده می‌شود فرایند تصفیه معمولی و متداول است که نمی‌تواند به‌طور مؤثری مواد آلی را حذف کند. دفلتراسیون، یکی از مهم‌ترین فرایندهای تصفیه استفاده‌شده در تصفیه‌خانه آب می‌باشد. یکی از راهکارها، بهسازی فیلتر ماسه‌ای سریع به فیلتر دو یا چند لایه‌ای می‌باشد.

روش بررسی: این مطالعه، نتایج حاصل از یک تحقیق آزمایشگاهی در مقیاس پیلوت بود که باهدف بررسی عملکرد استفاده از GAC و آنتراسیت در صافی دولایه‌ای در تصفیه‌خانه‌ی آب آبادان در حذف پارامترهای کدورت، آهن، منگنز، نیترات و آمونیوم در واحد فیلتراسیون تصفیه‌خانه‌ی آب آبادان مورد بررسی قرار گرفت. کلیه‌ی آزمایش‌ها به روش استاندارد انجام شد. نتایج با استفاده از آزمون‌های آماری، مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نمونه‌ها در فصل تابستان از ورودی و خروجی پیلوت‌ها و واحد فیلتراسیون تصفیه‌خانه جمع‌آوری شدند و پارامترهای مذکور در هر نمونه طی سه بارگذاری کم، متوسط و زیاد مورد سنجش قرار گرفتند. پیلوت شماره دو بیشترین راندمان را در حذف پارامترهای مورد نظر داشته است که میزان حذف پارامترهای کدورت، آهن، منگنز، نیترات و آمونیوم به ترتیب $89/79\%$ ، $91/67\%$ ، $50/43\%$ ، $17/67\%$ ، $35/42\%$ و $42/33\%$ بوده است. همچنین بهترین عملکرد فیلتر GAC-sand در $EBCT=20min$ طی بار سطحی $35 l/d$ می‌باشد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، هر دو پیلوت در بارگذاری کم راندمان بالاتری دارند به‌خصوص پیلوت شماره دو نشان داد که به علت $EBCT$ بالاتر، کارایی بیشتری در حذف پارامترهای یاد شده دارد.

واژه‌های کلیدی: صافی دولایه‌ای، تصفیه‌خانه‌ی آب، کیفیت آب، TOC، فیلتراسیون، آبادان

طلوع بهداشت

دوماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال پانزدهم

شماره: سوم

مرداد و شهریور ۱۳۹۵

شماره مسلسل: ۵۷

تاریخ وصول: ۱۳۹۴/۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲۵

**مقدمه**

حضور مواد آلی در تصفیه‌ی آب‌های آشامیدنی، کیفیت آب و سیستم توزیع مهم است. مواد آلی در آب‌های سطحی می‌توانند باعث مشکلاتی مانند رنگ، طعم، بو، تشکیل DBPs بعد از گندزدایی و همچنین تکثیر باکتریایی در سیستم‌های توزیع شوند؛ بنابراین کنترل مواد آلی به‌عنوان یک بخش مهم عملکرد تصفیه‌خانه‌های آب آشامیدنی و سیستم‌های توزیع محسوب می‌شود. سرعت حذف مواد آلی به چندین پارامتر از جمله کمیت و کیفیت مواد آلی در منابع آب، طراحی تصفیه‌خانه‌ی آب و شرایط بهره‌برداری بستگی دارد. به‌طور کلی، میزان مواد آلی بعد از ته‌نشینی، جذب سطحی، فیلتراسیون با کربن فعال گرانولی (GAC) یا فرآیندهای غشایی کاهش می‌یابد. کاهش میزان مواد آلی در طی تصفیه ممکن است یک روش مؤثر در بهبود زیباشناختی آب و کنترل باکتری بدون استفاده از میزان اضافی گندزداها یا تشکیل DBPs باشد (۱).

در تصفیه‌خانه‌های آب، صاف‌سازی و به‌کارگیری انواع مختلفی از صافی‌ها از جمله بخش‌های مؤثر در حذف مواد آلی و کدورت محسوب می‌شود (۲). صاف‌سازی، عملیات فیزیکی یا مکانیکی است که برای جداسازی جامدات از سیالات به‌وسیله‌ی یک مدیا به کار می‌رود که تنها سیال می‌تواند عبور کند و جامدات با اندازه‌ی بزرگ باقی می‌مانند (۳).

در فیلتر تک بستری پس از شستشوی معکوس دانه‌های درشت‌تر سریع‌تر از دانه‌های کوچک‌تر ته‌نشین می‌شوند که این پدیده لایه‌بندی معکوس نامیده می‌شود. در واقع عیب اصلی صافی‌های تک لایه، دانه‌بندی معکوس است (۴).

دانه‌های کوچک‌تر بستر در بالای صافی بیشتر ذرات را به دام می‌اندازند بنابراین ۴ الی ۵ سانتی‌متر فوقانی بستر در عملیات صاف‌سازی دخالت دارد و احتمال حذف ذراتی که از این لایه عبور می‌کنند در لایه‌های پایینی که اندازه‌ی ذرات بستر در آن‌ها بزرگ‌تر است، کمتر می‌باشد. علاوه بر این به علت درگیر شدن ۴-۵ سانتی‌متر از بستر در عملیات صاف‌سازی، دوره‌ی کارکرد صافی کوتاه خواهد بود (۵).

فیلتر دولایه‌ای یکی از تکنولوژی‌های جدید است که شامل آنتراسیت در بالای مدیای فیلتر و ماسه در پایین می‌باشد. آنتراسیت با وزن مخصوص ۱/۵۵ سبک‌تر از ماسه با وزن مخصوص ۲/۶۵ می‌باشد. این خصوصیات اجازه می‌دهد که دانه‌های آنتراسیت در بالای دانه‌های کوچک‌تر ماسه قرار بگیرند (۶). آنتراسیت و کربن فعال گرانولی به‌عنوان مدیای فیلتر برای حذف مواد آلی طبیعی استفاده می‌شوند (۷). علاوه بر آنتراسیت ممکن است از مواد دیگری مانند کربن فعال گرانولی نیز استفاده شود. فیلتراسیون با کربن فعال یک فرآیند جذب است که آلاینده را جذب می‌کند و در سطح ذرات کربن نگه می‌دارد. راندمان فرآیند به خصوصیات کربن مانند اندازه منافذ ذرات، مساحت سطحی، دانسیته و همچنین به خصوصیات آلاینده مانند غلظت، میل ترکیبی با آب، حلالیت آلاینده و جذب آلاینده به سطح کربن بستگی دارد (۸). مواد آلی می‌توانند منبعی برای رشد مجدد میکروارگانیسم‌ها در شبکه توزیع شوند و پایداری بیولوژیکی آب آشامیدنی را کاهش دهند (۹،۱۰).

محمد و همکارانش در تصفیه‌خانه‌ی آب El-Manshia تری



حذف DOC و AOC ندارد درحالی که حذف اکسیژن و تولید دی‌اکسید کربن با زیاد شدن دما زیاد می‌شود (۱۳).

طی تحقیقاتی که در مورد تصفیه‌ی پیشرفته‌ی آب آشامیدنی در پایلوت در خصوص آب تصفیه‌خانه تایوان انجام گرفت، آب خام شامل غلظت بالایی از پیش سازهای DBP گندزدایی است و باعث مشکلات جدی از نظر بو می‌شود. کلر زنی آب خام، اسید هاواستیک بیشتری نسبت به تشکیل تری هالومتان تولید می‌کند؛ بنابراین، غلظت بالای NOM که منبع اصلی پیش ساز DBP است و راندمان‌های حذف NPDOC, UV₂₅₄, THMF, HAAFP به ترتیب ۸۸/۷٪، ۹۴/۹٪، ۸۴/۳٪ و ۹۷/۵٪ است. این مطالعه نشان داد که فرآیند O₃/BAC یا GAC راه پیشرفته‌ای برای مشکلات بو است و بهترین راه برای حذف NOM و DBP است (۱۴).

هدف از این مطالعه ارزیابی کارایی صافی‌های دولایه‌ای در بهبود کیفیت آب در تصفیه‌خانه‌ی شهر آبادانمی باشد که راندمان فیلترهای دولایه‌ای GAC-sand و آنتراسیت- ماسه در حذف کدورت، TOC، آهن، منگنز، نیترات و آمونیوم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش بررسی

تحقیق حاضر یک نوع مطالعه‌ی نیمه تجربی - کاربردی است که در فصل تابستان در محل تصفیه‌خانه‌ی آب آبادان انجام گرفته است. جهت ارتقای وضعیت کمی و کیفی تصفیه‌خانه و همچنین حذف مواد آلی موجود در آب ورودی و دیگر پارامترها از طریق ساخت ۲ واحد مطالعاتی (پایلوت) با بارهای سطحی متفاوت، روند حذف مواد آلی و دیگر پارامترها مورد بررسی قرار گرفت.

هالومتان‌ها را به وسیله‌ی فیلتر دولایه‌ای GAC-Sand حذف کردند. مطالعه نشان داد که فیلتر دولایه‌ای GAC-Sand در جذب تری هالومتان‌ها کارآمدتر است و درصد حذف آن ۸۷٪ بود. میانگین کدورت آب فیلتر شده ۰/۳ NTU و درصد حذف آن ۹۰٪ بود اما راندمانش در حذف باکتری به علت جذب سطحی کلر باقیمانده به وسیله GAC، ضعیف و ۲۷٪ بود (۱۱).

در مطالعه‌ای که توسط Jong و همکاران در خصوص حذف ازت و فسفر با استفاده از فرآیند بیوفیلم صورت گرفت، حذف COD، ازت کل و فسفر کل به ترتیب ۸۱٪، ۷۴/۹٪ و ۵۰/۸٪ بود (۱۲).

در مطالعه‌ی دیگری، دو پایلوت ماسه‌ای تک لایه‌ای و دولایه‌ای ماسه - GAC طراحی شد. نتایج نشان داد که عملکرد فیلتر ماسه‌ای-GAC با ۳۰ سانتیمتر عمق GAC و ۹۰ سانتیمتر ماسه بهترین عمق برای بهبود کیفیت آب بود. در تابستان میانگین کدورت خروجی برای فیلتر دولایه‌ای ۰/۳ NTU و برای فیلتر ماسه‌ای ۰/۷ NTU بود. در زمستان میانگین کدورت پساب برای فیلتر دولایه‌ای ۰/۳ NTU بود درحالی که برای فیلتر ماسه‌ای ۰/۶ NTU می‌باشد (۱۱).

در مطالعه‌ای، چهار پایلوت فیلتر GAC برای مقدار تأثیر ازن زنی و دمای آب در تجزیه بیولوژیکی مواد آلی طبیعی در فیلترهای GAC به کار برده شد. حذف کربن آلی محلول (DOC)، (AOC) و تولید اکسیژن و دی‌اکسید کربن برای تجزیه‌ی بیولوژیکی نیترات نشان داده شد. ازن زنی بر حذف DOC و AOC در فیلترهای BGAC مؤثر است اما تأثیر مهمی در حذف اکسیژن و تولید دی‌اکسید کربن ندارد. دما تأثیر مهمی در



یک پمپ واقع در قسمت ورودی یکی از فیلترهای تصفیه‌خانه تأمین شد؛ و میزان جریان ورودی از طریق یک فلومتر 4 l/min - $0/5$ و تنظیم دبی خروجی

از طریق حجم‌سنجی و کنترل شیر خروجی انجام گرفت.

پس از راه‌اندازی پایلوت‌ها در بارگذاری هیدرولیکی یکسان یک روزه آن‌ها در حال کار فرصت داده شد تا به حالت تثبیت برسند، سپس از آب ورودی و خروجی هر دو پایلوت نمونه‌برداری گردید. نمونه‌برداری طی فصل تابستان انجام گرفت. پارامترهای کدورت، TOC، آهن، منگنز، نیترات و آمونیوم بعد از ۱۵ روز کار مداوم در هر بار سطحی مورداندازه‌گیری قرار گرفت؛ که کدورت هرروز و پارامترهای دیگر پنج بار در طی پانزده روز موردسنجش قرار گرفتند.

زمانی که قبل از فیلتراسیون، پیش‌کلرزی انجام نشود راندمان حذف TOC و بقیه پارامترها زیاد می‌شود (۱۵). زمانی که میزان کدورت در خروجی بالاتر از حد مجاز گردید، شستشوی معکوس انجام شد.

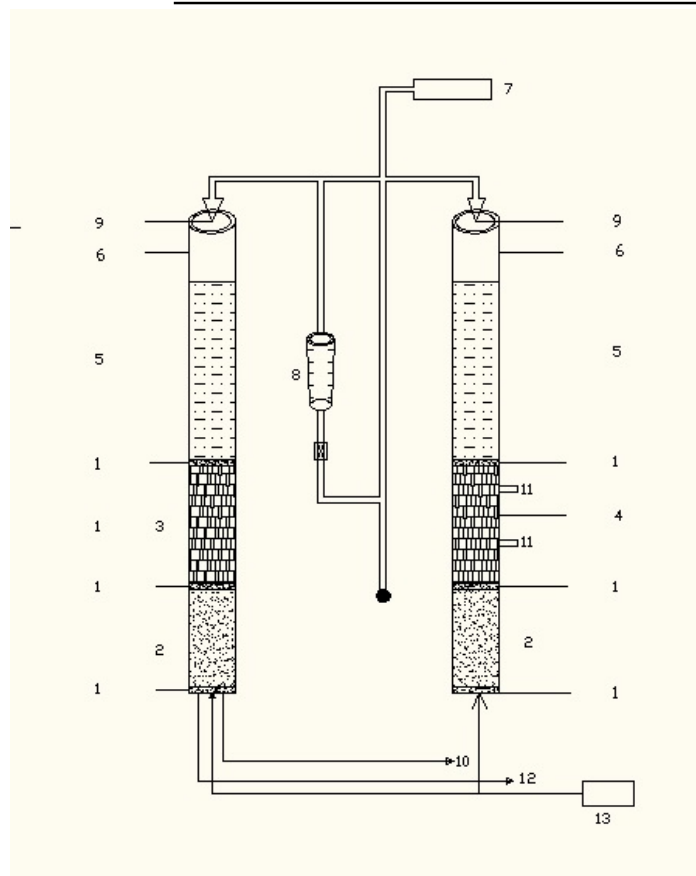
اندازه‌گیری مواد آلی بر مبنای سنجش کل کربن آلی و با استفاده از دستگاه TOC متر مدل TOC-VCSH با تواتر روزانه از ورودی و خروجی هر دو پایلوت به عمل آمد. کلیه مواد مورد استفاده ساخت شرکت مرک بوده و بدون هیچ‌گونه تغییری مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

همچنین کلیه آزمایش‌ها بر اساس دستورالعمل روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب (۱۶) صورت گرفته است. به‌منظور انجام تحلیل آماری نتایج نیز از آزمون‌های تی تست و رگرسیون استفاده گردید. شکل ۱ تجهیزات مورد استفاده در پایلوت‌ها را به‌صورت شماتیک نشان داده است.

آب آشامیدنی شهرستان آبادان از طریق سه تصفیه‌خانه‌ی آب سطحی تأمین می‌شود که تصفیه‌خانه‌ی آب شهید باوی، یکی از تصفیه‌خانه‌های موجود آن شهر می‌باشد که دارای ۸ صافی ماسه‌ای تک لایه با ابعاد $9/90 \text{ m} \times 5/45 \text{ m} \times 2/90$ جهت صاف‌سازی آب است. صافی‌ها از نوع ماسه‌ای هستند که ارتفاع لایه‌ی اول (لایه‌ی نگه‌دارنده) ۱۵ سانتی‌متر، ارتفاع لایه‌ی دوم ۸۵ سانتی‌متر و ارتفاع آب روی ماسه $1-1/5 \text{ m}$ می‌باشد. ماسه سیلیس‌ها از نوع بهداشتی، جهت مصرف آب شرب، از نوع ممتاز و با درصد خلوص بالای ۹۹٪ می‌باشند.

اندازه‌ی مؤثر ماسه‌ها در دولایه‌ی مختلف: $1/2 \text{ mm} - 0/7 \text{ mm}$ و $1/2-3$ و ضریب یکنواختی $1/6 \text{ mm}$ است. سازه‌های پایلوت از جنس CPVC به ارتفاع ۲ متر، قطر داخلی $15/24$ سانتی‌متر و سطح $0/2 \text{ m}^2$ برای هر پایلوت و سیستم زهکش از لوله‌های پلاستیکی متخلخل ساخته شد. عمق بستر و سطح آب به ترتیب ۷۵ و ۹۰ سانتی‌متر بود. پایلوت شماره یک شامل ماسه سیلیس و آنتراسیت بود.

ارتفاع ماسه سیلیس، اندازه مؤثر و ضریب یکنواختی به ترتیب ۲۵ سانتی‌متر، $1/2-0/7$ میلی‌متر و $1/6$ میلی‌متر بود. همچنین ارتفاع آنتراسیت، اندازه مؤثر و ضریب یکنواختی به ترتیب ۵۰ سانتی‌متر، $1/1-0/8$ میلی‌متر و $1/7$ میلی‌متر بود. پایلوت شماره دو شامل ماسه سیلیس و GAC بود. ارتفاع ماسه سیلیس، اندازه مؤثر و ضریب یکنواختی به ترتیب ۲۵ سانتی‌متر، $1/2-0/7$ میلی‌متر و $1/6$ میلی‌متر بود. ارتفاع GAC، اندازه مؤثر و ضریب یکنواختی به ترتیب ۵۰ سانتی‌متر، $1/1-0/8$ میلی‌متر و $1/4$ میلی‌متر بود. بارگذاری سطحی در هر پایلوت در سه مقدار مختلف معادل $35, 80, 120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ اعمال شد. آب ورودی به پایلوت از طریق



شکل ۱: شماتیک پایلوت ها

۱. لایه نگه دارنده، ۲. لایه ماسه، ۳. لایه GAC، ۴. لایه آنتراسیت، ۵. سطح آب، ۶. ارتفاع آزاد، ۷. خروجی تانک ته نشینی، ۸. فلومتر، ۹. شیر ورودی، ۱۰. شیر خروجی، ۱۱. محل نمونه برداری اندازه گیری بیوفیلم، ۱۲. آب حاصل از شستشوی معکوس، ۱۳. کمپرسور هوا جهت شستشوی معکوس

خروجی پایلوت ها و واحد فیلتراسیون تصفیه خانه در جداول ۱ و

۲ ارائه شده است.

شکل های ۲ و ۳ درصد حذف پارامترهای کدورت و TOC در

سه بارگذاری مختلف را بیان می کنند.

همچنین نتایج پارامترهای دیگر در قسمت بحث و نتیجه گیری

ارائه شده اند.

یافته ها

در این مطالعه ۱۶۰ نمونه از قسمت های مختلف پایلوت ها و

واحد فیلتراسیون تصفیه خانه (ورودی، خروجی پایلوت های ۱ و

۲ و خروجی واحد فیلتراسیون تصفیه خانه) گرفته شد که میانگین

مقدار و راندمان حذف پارامترهای کدورت، TOC آهن، منگنز،

نیتрат، و آمونیوم در بارهای سطحی مختلف در ورودی و



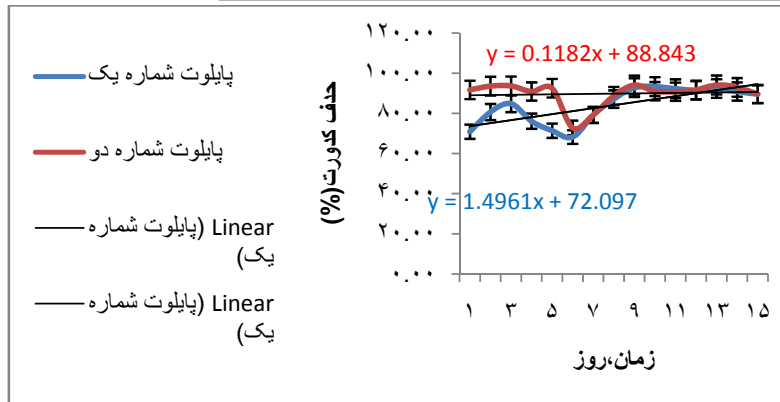
جدول ۱: میانگین پارامترها در بارهای سطحی مختلف

پارامترها	بار سطحی ($m^3/m^2.d$)	ورودی به واحد فیلتراسیون	خروجی پایلوت یک	خروجی پایلوت دو	خروجی واحد فیلتراسیون تصفیه خانه
کدورت	کم	۲۸/۱۳	۴/۲۸	۲/۷۳	۳/۳۰
	متوسط	۳۱/۹۳	۵/۴۰	۳/۴۶	۴/۳۱
	زیاد	۳۶/۴۰	۷/۳۳	۴/۵۷	۴
TOC	کم	۷/۱۸	۳/۰۲	۰/۷۲	۳/۶
	متوسط	۶/۶۲	۲/۹۸	۰/۷۴	۳/۶
	زیاد	۶/۶	۳/۳۲	۱/۱۸	۳/۶
Fe^{+2}	کم	۰/۱۸۴	۰/۰۹۶	۰/۰۹	۰/۱۱۶
	متوسط	۰/۱۸۲	۰/۱۰۲	۰/۰۹۴	۰/۱۱
	زیاد	۰/۱۷۴	۰/۱۰۶	۰/۰۹۸	۰/۱۰۲
Mn^{+2}	کم	۰/۲۱	۰/۱۷۳	۰/۱۷۲	۰/۱۹۶
	متوسط	۰/۲۱	۰/۱۷۸	۰/۱۷۶	۰/۱۹۲
	زیاد	۰/۲۱۴	۰/۱۸۵	۰/۱۸۴	۰/۱۹۸
NO_3^-	کم	۱/۶۸	۱/۱۴	۱/۰۸	۱/۲۴
	متوسط	۱/۶۴	۱/۱۸	۱/۱۶	۱/۲
	زیاد	۱/۶۲	۱/۲۲	۱/۲۲	۱/۱۸
NH_4^+	کم	۰/۲۳۶	۰/۱۴۴	۰/۱۳۶	۰/۱۷۸
	متوسط	۰/۲۱۴	۰/۱۴۲	۰/۱۳۸	۰/۱۶
	زیاد	۰/۲۲۲	۰/۱۵۴	۰/۱۵	۰/۱۶۸

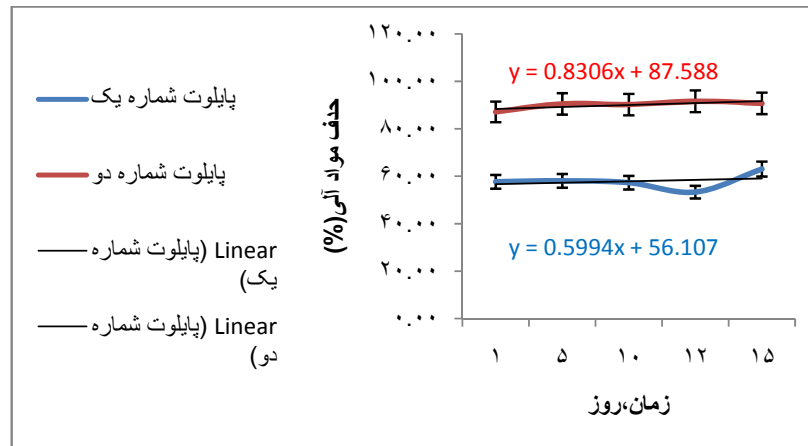


جدول ۲: تأثیر بارهای سطحی مختلف بر حذف پارامترها

پارامترها	بار سطحی ($m^3/m^2.d$)	خروجی پایلوت یک	خروجی پایلوت دو	خروجی واحد فیلتراسیون تصفیه‌خانه
کدورت	کم	۸۴/۰۷	۸۹/۷۹	۸۸/۲۰
	متوسط	۸۲/۵۶	۸۸/۷۰	۸۵/۹۵
	زیاد	۷۸/۶۸	۸۶/۲۳	۸۵/۴۲
TOC	کم	۶۳/۰۸	۹۱/۶۷	۵۸/۵۴
	متوسط	۵۵/۰۷	۸۸/۷۷	۴۳/۱۳
	زیاد	۴۹/۷۹	۸۲/۱۱	۴۴/۴۸
Fe ⁺²	کم	۴۷/۵۹	۵۰/۴۳	۴۰/۴۵
	متوسط	۴۳/۰۹	۴۷/۶۷	۴۱/۵۴
	زیاد	۳۷/۵۱	۴۲/۰۱	۴۱/۹۱
Mn ⁺²	کم	۱۶/۹۳	۱۷/۶۷	۶/۳۷
	متوسط	۱۵/۲۹	۱۶/۷۴	۷/۳۶
	زیاد	۱۴/۰۵	۱۴/۱۱	۶/۷۹
NO ₃ ⁻	کم	۳۱/۷۹	۳۵/۴۲	۲۶/۰۱
	متوسط	۲۷/۸۷	۲۹/۱۹	۲۶/۷۶
	زیاد	۲۴/۳۰	۲۴/۲۲	۲۶/۶۱
NH ₄ ⁺	کم	۳۸/۷۱	۴۲/۳۳	۲۴/۲۲
	متوسط	۳۳/۶۵	۳۵/۳۰	۲۵/۱۲
	زیاد	۳۰/۲۷	۳۲/۲۷	۲۴/۰۴



شکل ۲: تغییرات راندمان حذف کدورت از هر پایلوت در بار سطحی کم



شکل ۳: تغییرات راندمان حذف TOC از هر پایلوت در بار سطحی کم

بحث و نتیجه گیری

حذف کدورت در پایلوت یک افزایش $(18/75 \pm 26/77)$ و در خصوص پایلوت دو کاهش یافته است $(2/09 \pm 11/152)$. از طرفی نتایج آزمون T-test نشان داد که بین راندمان حذف کدورت در پایلوت ها و خروجی فیلتراسیون تصفیه خانه تفاوت معناداری وجود ندارد. در خصوص پارامتر TOC، بیشترین میانگین خروجی در بار سطحی زیاد و مربوط به پایلوت یک $(3/32 \text{ mg/l})$ و کمترین میزان مربوط به پایلوت دو و در بار سطحی کم بوده است $(0/77 \text{ mg/l})$. بیشترین درصد حذف در بار سطحی کم در پایلوت دو $91/67\%$ اتفاق افتاد که در جدول

این مطالعه عملکرد پایلوت ها با سه بارگذاری مختلف را مورد بررسی قرار داد. جدول ۱ بیان می کند میانگین کدورت خروجی در پایلوت ها و خروجی واحد فیلتراسیون کمتر از حد مطلوب آب آشامیدنی است و با زیاد شدن بار سطحی، میانگین کدورت در خروجی پایلوت ها بیشتر می شود، که طبق جدول ۲، عملکرد پایلوت دو در حذف کدورت ورودی بهتر از فیلتر ماسه ای تند متداول است $(89/79\%)$. همچنین با توجه به شکل ۱، شیب خط نشان داد که با افزایش زمان عملکرد صافی، راندمان



نتایج جدول ۱ نشان داد که با زیاد شدن بار سطحی میانگین مقدار منگنز به طور نامحسوسی افزایش یافته است و نتایج جدول ۲ بیانگر بالا بودن راندمان حذف منگنز در پایلوت دو به میزان ۱۷/۶۷٪ می باشد. نتایج آزمون آماری تفاوت بین راندمان حذف منگنز در پایلوت ها و خروجی فیلتراسیون را در بارهای سطحی کم و متوسط غیر معنادار نشان داد. از طرفی، شیب در پایلوت یک نشان داد که به تدریج با افزایش زمان عملکرد صافی میزان حذف منگنز زیاد شده است و در خصوص پایلوت دو، راندمان حذف سیر افزایشی داشته است که درصد حذف در پایلوت یک بیشتر بوده است ($13/18 \pm 14/339$). تصفیه تک مرحله ای فیلتراسیون برای حذف آهن و منگنز تا غلظت های ۵ mg/l و تصفیه دومرحله ای (تانک های ته نشینی و فیلترها) برای حذف آهن و منگنز تا غلظت های بالای ۵ mg/l استفاده می شوند. حذف آهن و منگنز در این مطالعه در واقع به علت تشکیل لایه بیولوژیکی روی مدیا می باشد (۲۰).

میانگین مقدار پارامتر نیترات در پایلوت ها با افزایش بار سطحی زیاد شده است و بین راندمان حذف نیترات در پایلوت یک و خروجی فیلتراسیون تصفیه خانه رابطه ای غیر معنادار و بین پایلوت دو و خروجی فیلتراسیون رابطه ای معناداری حاکم است و در بارهای سطحی متوسط و زیاد تفاوت غیر معنادار است. بیشترین درصد حذف نیترات در بار سطحی کم در پایلوت دو در بار سطحی کم به میزان ۳۵/۴۲٪ اتفاق افتاد. نتایج نشان داد با افزایش کار صافی، کارایی پایلوت ها در حذف نیترات به یک نسبت افزایش می یابد ($4/17 \pm 7/711$). همچنین میانگین مقدار پارامتر آمونیوم در پایلوت ها با افزایش بار سطحی زیاد شده است و بین راندمان حذف آمونیوم در پایلوت ها در بار سطحی

۲ ارائه شده است. همچنین تحقیقات اخیر بیوراکتورهای full-scale ثابت کرده اند که راندمان حذف مواد آلی در فیلترهای دولایه ای GAC-Sand نسبت به فیلتر ماسه ای بسیار بیشتر است (۱۷).

نتایج آزمون T-Test در خصوص پارامتر TOC نشان داد که بین راندمان حذف TOC در پایلوت شماره یک و دو و خروجی واحد فیلتراسیون تصفیه خانه در بار سطحی کم و متوسط اختلاف معنادار است. همچنین شکل ۳ نشان داد که با افزایش زمان کارکرد صافی پس از ۱۵ روز، شیب در پایلوت ها افزایش راندمان حذف را نشان داد که میزان حذف در پایلوت دو بیشتر بوده است ($3/59 \pm 12/487$). راندمان حذف TOC با زیاد شدن EBCT زیاد می شود که راندمان حذف TOC به EBCT و بار سطحی بستگی دارد و در مطالعات انجام شده ی قبلی راندمان حذف TOC با افزایش EBCT و کم شدن بار سطحی زیاد شد (۱۸، ۱۹).

جدول ۱ نشان داد که افزایش میانگین مقدار آهن با زیاد شدن بار سطحی نامحسوس بوده است و مطابق جدول ۲ بیشترین درصد حذف در بار سطحی کم در پایلوت دو ۵۰/۴۳٪ اتفاق افتاد. نتایج آزمون T-Test بیانگر این موضوع است که بین راندمان حذف آهن در پایلوت یک و خروجی فیلتراسیون تصفیه خانه تفاوت غیر معنادار و بین راندمان حذف کدورت در پایلوت دو و خروجی فیلتراسیون تفاوت معنادار است. از طرفی نتایج آزمون T-test نشان داد که با افزایش زمان عملکرد صافی، شیب در هر دو پایلوت افزایش یافته است. به عبارتی، زمان عملکرد صافی در میزان حذف آهن تأثیر مثبت داشته است (به ترتیب $10/924 \pm 5/96$ و $17/261 \pm 12/63$).



است. EBCT های طولانی تر نقطه‌ی شکست فیلتر را به تأخیر می‌اندازند و انتخاب درست بار سطحی می‌تواند منجر به زیاد شدن EBCT و افزایش زمان عملکرد فیلتر شود. بار سطحی تأثیر زیادی در زمان کارکرد فیلتر دارد که این مطلب با نتایج گزارش شده توسط Ko و همکاران در خصوص ارزیابی سیستم کربن فعال بیولوژیکی دو لایه‌ای برای آب آشامیدنی سازگاری دارد. آن‌ها گزارش دادند که نقطه شکست برای بارهای سطحی کم، متوسط و زیاد در ۷۲، ۴۸ و ۲۴ ساعت اتفاق می‌افتد (۲۴).

رابطه‌ی بین کدورت ورودی و زمان عملکرد فیلتر در بارهای سطحی کم در پیلوت ها موضوع دیگری است که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. با زیاد شدن بار سطحی، کدورت ورودی زیاد و زمان عملکرد فیلترها نیز کم شده است. به طوری که در بار سطحی کم، پیلوت دو با ۷۱ ساعت بیشترین زمان کارکرد را داشته است. به عبارتی، بار سطحی بر زمان عملکرد فیلتر تأثیر غیرمستقیم داشته است.

بر اساس نتایج ارائه شده و همچنین آنالیز آماری می‌توان گفت که پیلوت دو بیشترین راندمان حذف کدورت، TOC، نترات و آمونیوم را دارد. واضح است که کدورت در خروجی هر پیلوت تحت تأثیر بار سطحی است. به عبارت دیگر، نتیجه‌ی میزان بارهای سطحی بالاتر، کدورت بیشتر است. مطابق با موارد ذکر شده‌ی بالا، بیشترین راندمان حذف TOC و دیگر پارامترها در بار سطحی کم مشاهده شد. به طور کلی، می‌توان گفت که فیلتر GAC-Sand با بار سطحی کم در مقایسه با فیلتر آنتراسیت- ماسه و فیلتر تک لایه‌ای موجود در تصفیه‌خانه بیشترین راندمان حذف را در پارامترهای مورد نظر دارد. توانایی

کم و متوسط رابطه معنادار است. بیشترین درصد حذف آمونیوم مطابق با جدول ۲ مربوط به پیلوت دو در بار سطحی کم و به میزان ۴۲/۳۳٪ بوده است.

از طرفی زمان عملکرد صافی در میزان حذف آمونیوم در پیلوت یک تأثیر غیرمستقیمی داشته است و به تدریج با افزایش زمان کارکرد صافی، راندمان حذف کاهش یافته است (۸/۹۳±۱۲/۲۳۳) اما در خصوص پیلوت دو راندمان حذف آمونیوم مقداری افزایش داشته است (۱/۱۹±۵/۴۱۶) که می‌تواند به دلیل پدیده‌ی نیتریفیکاسیون باشد. قسمتی از آمونیوم در داخل مدیای فیلتر جذب می‌شود که باعث افزایش میزان نترات و راندمان حذف آمونیوم می‌شود. می‌توان گفت انتخاب مدیای مناسب فیلتر تأثیر معناداری بر پدیده نیتریفیکاسیون به خصوص زمانی که غلظت آمونیوم کم باشد دارد (۲۱). اگرچه مطالعات قبلی بر عملکرد مناسب فیلترهای GAC در حذف مواد آلی اشاره می‌کنند اما حذف مؤثر آمونیوم نیز در این فیلترها گزارش شده است (۲۲).

Huck و Zhang (۱۹۹۶) گزارش کردند که درصد حذف مواد آلی با زیاد شدن EBCT زیاد می‌شود (۲۳).

همچنین حجم آب فیلتر شده به وسیله GAC و EBCT در بارهای سطحی مختلف را نشان می‌دهد. محاسبات نشان داد که EBCT در بارهای سطحی کم، متوسط و زیاد به ترتیب 1 ± 0.455 ، 2 ± 0.312 و $6/25 \pm 0.12$ دقیقه بوده است. همچنین حجم آب فیلتر شده در بارهای سطحی گفته شده $20/88$ ، $47/952$ و 72 مترمکعب بوده است. به طور کلی می‌توان گفت با بیشتر شدن EBCT، درصد حذف مواد آلی بیشتر شده



طولانی‌تر، شستشوی معکوس را به تأخیر می‌اندازند و جایگزینی/تولید مجدد GAC را کاهش می‌دهند.

عمق کربن و حجم جذب می‌تواند EBCT مطلوب را تعیین کنند.

EBCT شاخص برای تصفیه‌ی آب بین ۵ تا ۲۵ دقیقه است. معمولاً درصد حذف مواد آلی با زیاد شدن زمان تماس به حجم مطلوب و بار سطحی کم زیاد می‌شود.

هر دو عمق فیلتر و بارگذاری هیدرولیکی می‌توانند با زیاد شدن EBCT تغییر کنند. حذف TOC با EBCT طولانی‌تر نسبت به EBCT کوتاه‌تر بیشتر بود. بهترین عملکرد فیلتر GAC-sand با EBCT=20min در بار سطحی 35 l/d می‌باشد.

جذب و سطح متخلخل GAC اجازه می‌دهد که آلاینده‌های آلی با قابلیت تجزیه بیولوژیکی کم و یا مواد با زمان تماس طولانی‌تر، جذب شوند.

نشان داد که حذف TOC بالاتری نسبت به آنتراسیت دارد. ترکیبی از آمونیاک بیولوژیکی و اکسیداسیون نیترات، سرانجام آمونیاک را به نیترات تبدیل می‌کند که نیتریفیکاسیون است. همچنین، حذف آمونیوم بیشتر از نیترات است چون مقداری از آمونیوم به نیترات تبدیل می‌شود. EBCT های طولانی‌تر می‌تواند به وسیله‌ی زیاد شدن حجم بستر یا کاهش سرعت جریان از میان فیلتر به دست آید. EBCT و سرعت جریان طراحی، مقدار کربن در واحدهای جذب را تعیین می‌کنند. EBCT های

References

- 1-Kornegay BH. Recommendations to water utilities. AWWA Research foundation, Denver, co (2000).
- 2- Banik SS, Bandyopadhyay, and S. Ganguly. "Bioeffects of microwave—a brief review." *Bioresource technology* 87.2 (2003): 155-59.
- 3-Article on Water solution: filtration, retrieved on the 15th October 2013. from <http://www.Lenntech.com/chemistry/filtration.htm>
- 4- Syed R, Zhu G. "Water works engineering: planning, design and operation." PHI edition, New Delhi (2000).
- 5- Reynolds TD. Unit operations and processes in environmental engineering. Brooks, 1995.
- 6- Piyali D. Study on the Performance of Dual Media Filter for Surface Water Treatment. Diss. (2013).
- 7- Hulsey RA, Neemann JJ, Zegers RE, Rexing DJ. Water treatment using ozone and having a reduced likelihood of bromate formation from bromides found in the water. 6(2003).
- 8- Dvorak B, Skipton S. "Drinking Water Treatment: Activated Carbon Filtration." *Water Resource Management Drinking Water* 11 (2013): 1-12.
- 9-Bolt O, Brian. "Removal of natural organic matter by ion exchange." *Water research* 36.20 (2002): 5057-5065.
- 10- Cornelissen ER. "Selection of anionic exchange resins for removal of natural organic matter (NOM) fractions." *Water research* 42.1 (2008): 413-23.



- 11- Manal A. "Removal of Trihalomethanes by Dual Filtering Media (GAC-Sand) at El-Manshia Water Purification Plant." *The Journal of the Egyptian Public Health Association* 81.3-4 (2005): 241-58.
- 12- Chittaranjan R, Melin G, Ronald B. Linsky *Riverbank filtration: improving source-water quality*. Vol. 43. Springer Science & Business Media, 2003.
- 13- Van der Aa L., Rietveld J, Van Dijk C. "Effects of ozonation and temperature on biodegradation of natural organic matter in biological granular activated carbon filters." *Drinking Water Engineering and Science Discussions*, 3 (1), 2010 (2010).
- 14- Yang J, Sheng O, Dong Yuan, Tzu P. "Pilot study of drinking water treatment with GAC, O₃/BAC and membrane processes in Kinmen Island, Taiwan." *Desalination* 263.1 (2010): 271-78.
- 15-Chara c, William G. *Bacterial regrowth in distribution systems*. American Water Works Association, 1988.
- 16- *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.
- 17- Kim J, Byeongsoo K. "DBPs removal in GAC filter-adsorber." *Water Research* 42.1 (2008): 145-52.
- 18-Le Ch, Mark W. "Evaluating the performance of biologically active rapid filters." *Journal (American Water Works Association)* (1992): 136-46.
- 19-Prévost J. "Comparison of biodegradable organic carbon techniques for process control." *Journal of Water Supply Research and Tecnology-Aqua* 41.3 (1992): 141-50.
- 20-Doula A, Maria K. "Removal of Mn²⁺ ions from drinking water by using clinoptilolite and a clinoptilolite-Fe oxide system." *Water Research* 40.17 (2006): 3167-76.
- 21- McDowell W H. "A comparison of methods to determine the biodegradable dissolved organic carbon from different terrestrial sources." *Soil Biology and Biochemistry* 38.7 (2006): 1933-42.
- 22-Yapsak li, Bulent K, Ferhan C. "Identification of nitrifiers and nitrification performance in drinking water biological activated carbon (BAC) filtration." *Process Biochemistry* 45.9 (2010): 1543-49.
- 23 - Zhang Sh, Peter M, Huck T. "Parameter estimation for biofilm processes in biological water treatment." *Water Research* 30.2 (1996): 456-64.
- 24- Young-Song Ko, Yoon-Jin L, Sang-ho N. "Evaluation of a pilot scale dual media biological activated carbon process for drinking water." *Korean Journal of Chemical Engineering* 24.2 (2007): 253-60.



Evaluate the Performance of Dual Media Filter to Improve Water Quality in Abadan Water Treatment Plant

Baraee I(PhD)¹, Borghei M(PhD)², Takdastan A(PhD)³, Hasani AH(PhD)⁴, Javid AH(PhD)⁵

1-Corresponding Author: student of PhD, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

2-Professor, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

3-Associate Professor, Department of Environmental Health and Environmental Technologies Research Centre, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

4-Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

5-Associate Professor, Department of Maritime sciences, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Nowadays, the greatest of process type used in treatment of beverage water is conventional treatment. That it cannot remove organic matter effectively. Filtration is one of the most important treatment processes used in water treatment plant. The one of approaches, modification of conventional rapid sand filters into dual or multimedia filters.

Methods: This study was results from of pilot study that with the purpose of assessment performance was using of GAC and Anthracite in dual media filter filters in Abadan water treatment plant in removal of TOC, Fe, Mn, NO₃⁻ and NH₄⁺ in Drinking Water by GAC and Anthracite in dual - media filters in Abadan water treatment plant. All parameters were measured according to sections of Standard Methods APHA et al. The t-test and regression equations were calculated.

Results: Samples were collected in summer from the inlet and outlet of each pilot filter and the outlet of the filtration unit. Turbidity, Total Organic Carbon (TOC), Fe, Mn, NO₃⁻ and NH₄⁺ were measured in each sample for three different low, medium, and high filtration rates. Pilot No.2 had a maximum efficiency in the removal of the parameters that removal average of turbidity, TOC, Fe, Mn, NO₃⁻, NH₄⁺, respectively. So, the best performance of GAC-sand filter is in EBCT=20 min during loading rate of 35 l/d.

Conclusion: In general, both pilot filters performed better at low surface loading rate. More specifically, pilot scale No. 2 showed better removal of parameters and longer empty bed contact time (EBCT) in that surface loading rate.

Keywords: dual media filter, water treatment, water quality, TOC, filtration, Abadan