علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره شش، شهریورماه ۹۸

مدیاهای جدید در فیلترهای چند لایه تصفیه آب و مقایسه کارایی آنها با مدیاهای متداول (ماسه/آنتراسیت)

سید مصطفی خضری[1*]

khezri_m@yahoo.com

فریما روشن آبکنار[2]

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۲۸ **تاریخ پذیرش:۹۵/۲/۱**

چکیده

زمینه و هدف: به منظور دستیابی به آب شرب با کیفیت بالا، استفاده از فن آوری ها و دانش روز دنیا از جمله استفاده از فیلترهای دو لایه ای در تصفیه خانه های آب امری ضروری است. امروزه استفاده از مواد بازیافتی در دنیا رایج گردیده و از آنها در صنایع مختلف استفاده می شود، که همچنین می توان به استفاده از این مواد در فرایند فیلتراسیون اشاره کرد. تحقیقات قبلی انجام شده در خصوص استفاده و جایگزینی از مواد دوریز در بسترهای چند لایه شامل استفاده از خرده شیشه و پوسته روغنی سوخته خرما می باشد.

در این بررسی به منظور حفظ و پاکیزگی محیط زیست و با هدف پیدا کردن ترکیبات جدیدی برای فیلترهای چند لایه و مقایسه آنها با فیلترهای متداول چند لایه از مصالح ساختمانی دور ریخته شده نظیر خرده سنگهای گرانیت و بازالت استفاده شده است.

روش بررسی: این مطالعه نتایج حاصل از یک تحقیق تجربی در مقیاس پایلوت می باشد و کلیه آزمایشات براساس روش استاندارد B100 AWWA انجام شد و پارامترهای مختلفی، از جمله کدورت، زمان کارکرد و ارتفاع در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته ها: بستر دو لایه (ماسه/آنتراسیت) به عنوان مبنای مقایسه و بسترهای دو لایه (گرانیت/آنتراسیت) و (بازالت/آنتراسیت) نسبت به آن مقایسه گردید. متوسط راندمان حذف کدورت به ترتیب برای بسترهای دو لایه (ماسه /آنتراسیت) ۱۹/۴٪، (گرانیت/آنتراسیت) ۲۹/۱٪، (بازالت/آنتراسیت) ۲۹٪/۹ و در بین ارتفاعات مورد آزمایش ۵۸ cm، ۵۵ و ۰۷ بهترین ارتفاع برای بسترهای دو لایه مجموع ارتفاع ۵۸cm می باشد. و بیشترین زمان کارکرد در بین این سه بستر دو لایه متعلق به بستر دو لایه (گرانیت/ آنتراسیت) و برابر با ۶۳ ساعت است.

بحث و نتیجه گیری: بسترهای دولایه (بازالت/آنتراسیت) شباهت بسیاری به بسترهای دولایه (ماسه/آنتراسیت) از لحاظ زمان کارکرد، ارتفاع و راندمان حذف کدورت دارند، همچنین می توان به شباهتی که بازالت به ماسه در خصوص آزمایشهای سختی و حلالیت در اسید دارد اشاره کرد. بنابراین می توان از مصالح دور ریز ساختمانی گرانیت و بازالت بدلیل کارایی بالایشان در حذف کدورت و زمان کارکرد طولانی در بسترهای دو لایه استفاده کرد و حتی آنها را جایگزین مواد متداول مانند ماسه در بسترها نمود.

واژه‌های کلیدی: بستر دو لایه، مقایسه کارایی بسترها، آنتراسیت، گرانیت ، بازالت.

۱- استادیار دانشکده منابع و محیط زیست، دانشگاه آزاد و اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران *(مسوول مکاتبات).

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی محیط زیست گرایش منابع آب دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد و اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.6, August, 2019

New Medias in Multi – Layer Filters and Comparing their Performance with Conventional Multi – Layer Filter

Mostafa Khezri[1*]

khezri_m@yahoo.com

Farima Roshan Abkenar[2]

Admission Date:April 20, 2016 Date Received: December 19, 2014

Abstract

Background and Objective: In order to purify drinking water, we usually use different water treatment units which one of them is filtration. Today multi media and specially two media filtration one usual units in developed countries but unfortunately in Iran we still use the single media filtration. In order to develop these types of media in Iran we perforemed this research. The purpose of this study is to investigate new media from waste material for alternative use in Sand – Anthracite media beds.

Method: This study is the results from one of the experiential research in pilot scale. All of the experiments were done according to AWWA B 100 standard method and also different parameters including turbidity, running time were considered.

Findings: Results showed average turbidity removal efficiency of three media Sand – Anthracite, Basalt – Anthracite, Granite – Anthracite are 91.4, 92.1, 92.9 respectively and best height of two media beds is 85 cm, and maximum running time belongs to Granite – Anthracite bed.

Discussion and Conclusion: Performance of Basalt material is very similar to Sand from hardness and solubility in acid points. So we suggest that waste Granite and Basalt are very good substitution for sand in water treatment industries.

Keywords: dual media beds, Comparative performance of dual media beds, Anthracite, Granite, Basalt.

1-Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University*(Corresponding Authors).

2-MSc Student of Environmental Engineering-Water Source, College of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University.

مقدمه

فیلتراسیون یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تصفیه آب است. فیلتراسیون به حذف مکانیکی ذرات عامل کدورت از طریق عبور دادن آب از میان یک بستر متخلخل گفته می‌شود که این بستر می‌تواند هم به صورت بستر گرانوله و هم بصورت غشاء باشد. هدف از صافسازی حذف تمام ذرات ایجاد کننده کدورت است که از فاز ته‌نشینی عبور کرده‌اند و به این ترتیب آب زلال شفافی با کدورت تقریباً صفر تولید می‌شود(۱).

فرآیند فیلتراسیون در تصفیه آب و فاضلاب شهری و صنعتی کاربرد دارد. در تصفیه‌خانه آب از فیلتر برای دستیابی به مقاصد مختلفی استفاده می‌شود. فرآیند فیلتراسیون مورد استفاده در تصفیه آب شامل عبور آب از میان یک بستر محتوی مواد دانه‌ای مثل ماسه، آنتراسیت، گارنت یا کربن فعال است (۲).

فیلترهای دو لایه به علت کارایی مناسبشان اخیراً در صنعت آب بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، ولی اکثر فیلترهایی که مورد استفاده قرار میگیرند از نوع متداول یعنی آنتراسیت، ماسه و گارنت است که بعضاً تهیه ماسه گارنت به دلیل بالا بودن هزینه با مشکلاتی همراه است (۳) ؛ در سالهای اخیر به دلیل افزایش روز افزون به استفاده مجدد از مواد دور ریخته شده و استفاده گسترده آنها در عرصه های مختلف سبب گردید که این مواد دور ریز در بسترهای دو لایه مورد استفاده قرار گیرند؛ که می توان به استفاده از شیشه خرده های بازیافتی در سال ۲۰۰۲ در ایالات متحده اشاره کرد، این بررسی توسط Simon O. Rutledge, Graham A. Gagnon صورت گرفت، خرده های شیشه بازیافتی به عنوان بستر دوم در فیلتر های دو لایه استفاده شد، در این تحقیق عملکرد این گونه فیلترها یعنی فیلترهای متشکل از دو لایه خرده شیشه-آنتراسیت با فیلترهای دو لایه آنتراسیت - ماسه مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج این بررسی نشان می دهد که توانایی بستر های شیشه ای در حد بستر های ماسه ای در حذف مواد معلق می باشد(۴)، در بررسی دیگری که در سال ۲۰۰۳ در ترکیه توسط Burbanettin Farizoglu و همکارانش صورت گرفت از سنگ خارا استفاده شد، در این تحقیق تحت شرایط یکسان ماسه و سنگ خارا مورد آزمایش قرار گرفتند و نتایج حاصله نشان می دهد که میزان حذف کدورت برای ماسه و سنگ خارا بطور نسبی ٪۹۰-۸۵ و ٪۹۹-۹۸ می باشد، بعلاوه افت فشار برای ماسه و سنگ خارا بترتیب mm ۴۶۰ و mm ۲۱۵ می-باشد. بنابراین چنین می توان نتیجه گرفت که سنگ خارا دارای پتانسیل بالایی برای استفاده در بستر فیلتر است(۵). در سال ۲۰۰۶ در مالزی نیز از پوسته روغنی سوخته خرما بعنوان نوعی بستر در فیلتر استفاده شد، این تحقیق توسط AHMAD JUSOH و همکارانش انجام گرفت، در این بررسی از پوسته روغنی سوخته خرما هم در بستر تک لایه و هم در بستر دو لایه استفاده شد و با بستر شنی مورد مقایسه قرار گرفته شد و براساس نتایج می توان به قابلیت این فیلترها در تولید آب با میزان کدورت قابل قبول (NTU 1>) اشاره کرد. کیفیت آب فیلتر شده حاصل از فیلتر دو لایه شن/ پوسته روغنی سوخته خرما بهتر از فیلتر تک لایه شنی می باشد و همچنین زمان کارکرد فیلتر دو لایه شن/ پوسته روغنی سوخته خرما ۴ تا ۹ برابر بیشتر از فیلتر تک لایه شنی است. بنابراین پوسته روغنی سوخته خرما می تواند گزینه مناسبی برای بستر فیلترها باشد(۶).

در این بررسی ها از مصالحی استفاده شده که اصولا دور ریخته می شوند و البته نتایج قابل قبولی از این بررسی ها بدست آمد، اما تاکنون در خصوص استفاده از مصالح ساختمانی دورریز بررسی انجام نشده است، در صورت استفاده مدیاهای جدید برای فیلترهای دو لایه مخصوصاً از مواد ضایعاتی ساختمانی و مواد موجود در داخل کشور میتواند به کاهش هزینه‌ها و همچنین عدم وابستگی به سایر کشورها و در نتیجه پاکیزگی محیط زیست کمک نماید.

در صورت استفاده مدیاهای جدید برای فیلترهای دو لایه مخصوصاً از مواد ضایعاتی و مواد موجود در داخل کشور میتواند به کاهش هزینه‌ها و همچنین عدم وابستگی به سایر کشورها و در نتیجه پاکیزگی محیط زیست کمک نماید.

گرانیت گونه‌ای سنگ آذرین درونی است و بافت آن دارای دانه‌های متوسط تا درشت است، گرانیت یکی از سخت‌ترین سنگ‌ها می‌باشد، به همین علت بعنوان مصالح ساختمانی بصورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می گیرد. مقاومت این سنگ در مقابل خوردگی باعث استفاده گسترده از آن در آزمایشگاه‌ها شده است. مقاومت و سختی بالای این سنگ این امکان را فراهم می‌کند که ورقه‌هایی به ضخامت تنها چند میلیمتر از این سنگ ساخت(۷).

بازالت عبارت از سنگ آتشفشانی تمام بلورین، نیمه بلورین و گاهی شیشه‌ای است، یکی از معروفترین سنگهای آذرین می‌باشد که بازمانده فعالیتهای آتشفشانی می‌باشد. سنگ بازالت از کاربردهای گسترده‌ای برخوردار است این سنگ بصورت لاشه و خرده شده بعنوان سنگ ساختمانی و در زیرسازی جاده‌ها، پر کننده ستونها و ... عرضه می‌شود. همچنین بصورت کاشی و سرامیک در کاربردهای مقاوم به اسید و باز با مقاومت سایشی بالا و بعنوان پوششهای داخلی مخازن، لوله‌ها، همزن‌ها، کف مجراهای صنعتی و ... عرضه می‌گردد(۸).

هدف از انجام این تحقیق پیدا نمودن جایگزین مناسبی برای مدیاهای متداول و مقایسه کارایی مواد بازیافتی مورد استفاده در فیلترهای دو لایه نسبت به فیلتر های دو لایه متداول در فرآیند تصفیه آب و همچنین بررسی راندمان حذف میزان کدورت بر حسب واحد بین المللی NTU می باشد. در این بررسی از مصالح ساختمانی دوریز نظیر خرده سنگهای گرانیت و بازالت استفاده شده است.

گرانیت و بازالت مورد استفاده در این بررسی به صورت خرده سنگ ریز می باشند این مواد به خاطر ریز بودنشان اصولا کارایی ندارند و دور ریخته میشوند.

بمنظور بررسی و مقایسه عملکرد بسترها از آزمایشگاه و پایلوت تصفیه خانه شماره ۱ تهران استفاده گردیده شد. در آزمایشگاه، آزمایشهای متداولی مانند حلالیت در اسید، اندازه‌گیری (Specific Gravity)، آزمایش سختی و آزمایش الک بر روی مصالح انجام شد و سایر آزمایشها توسط پایلوت انجام گرفت.

مواد و روش ها

مشخصات **منبع و شرکت تولید کننده** گرانیت و بازالت به شرح زیر می باشد:

شرکت تولید کننده: تکنو سیلیس

منبع سنگ گرانیت و بازالت: معادن سنگ همدان

ماسه و آنتراسیت استفاده شده به عنوان بستر صافی پایلوت از بستر فیلتر واقعی تصفیه خانه جمع آوری و در بستر فیلتر پایلوت قرار داده شده است.

جهت انجام پروژه تحقیقاتی نیاز به پایلوتی می باشد که کلیه پارامترها از قبیل بار سطحی و سرعت آب ورودی و خروجی از صافی پایلوت و زمان شستشوی معکوس و ... مشابه با شرایط عملی تصفیه خانه باشد. پایلوت فوق بصورت استوانه تک ستونی و با ابعاد ۲۶۵ سانتیمتر ارتفاع و قطر ۵۰ سانتیمتر و تعداد ۶ نازل طراحی و ساخته شده است. پایلوت در تصفیه خانه آب شماره ۱ (جلالیه) در کنار کانال آب ورودی به تصفیه خانه در فضای باز واقع شده و طرح اولیه آن در سال ۱۳۸۴ توسط شرکت P2m Berlin به عنوان مشاور ارائه گردید.

لایه بندی بستر در صافی پایلوت براساس وزن مخصوص می باشد؛ شرایط شستشوی معکوس در تمامی فیلترهای پایلوت مانند شستشوی معکوس در تصفیه خانه بصورت استفاده از آب و هوا می باشد.

برای استفاده از نتایج آزمایشات پایلوت در عمل از آب ورودی به تصفیه خانه واقعی در آزمایشات پایلوت استفاده شد. نرخ دبی ورودی وخروجی به پایلوت ثابت و میزان آن ۴۰۰ L/hr می باشد. کدورت آب خام ورودی به تصفیه خانه بین NTU ۲/۴-۶/۷ متغییر است و زمان کار پایلوت از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعد از ظهر روز و بطور معمول ۳ الی ۴ نمونه در طول روز از آب خروجی پایلوت فیلتر گرفته می شد. این تحقیق در دو مرحله اجرا شده است،

مرحله اول: آزمایشات متداول بر روی مصالح بستر

مرحله دوم: آزمایش بر روی کارایی بسترهای فیلتراسیون

آزمایشات مرحله اول:

آزمایشات متداول روی مصالح بستر بر اساس استاندارد های بین المللی AWWA- B 100 می باشد و انواع آن به این شرح است:

۱- آزمایش سختی مصالح بستر:

سختی ، مقاومتی است که کانی در برابر خراشاندن ، ساییدن یا خراشیده شدن از خود نشان می‌دهد. برای تعیین سختی کانیها کافی است که هر کانی را توسط کانی دیگر خراش دهیم تا سختی نسبی آن دو معلوم گردد. باید توجه داشت که درجات سختی فقط نسبت سختی را نشان می‌دهد و نشانگر مقدار واقعی سختی کانی نیست. این آزمایش توسط شرکت مادر تخصصی وزارت راه وترابری (آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک) انجام شد.

۲- اندازه‌گیری (Specific Gravity):

از راه اندازه‌گیری وزن خشک و وزن آب اشباع کننده بستر ماده فیلتر مورد نظر مطابق با روش آزمایش استاندارد ۱۲۷ ASTM C برای ماسه و ۱۸۸ ASTM C برای ماسه و آنتراسیت قابل محاسبه می‌باشد.

۳- آزمایش الک:

به منظور اندازه‌گیری دانه‌بندی و پارامترهای ES و UC و Dao و نظایر آن با استفاده از الک‌های با اندازه روزنه استاندارد و با لرزاننده (Sieve Shaker) که الکها و روش آزمایش مطابق استاندارد ۱۳۶ ASTM C انجام می‌شود. اندازه منافذ الک استفاده شده در این تحقیق بین۶۳۰ تا ۲۵۰۰ میکرون است(۹).

۴- حلالیت در اسید:

این آزمایش به منظور اندازه‌گیری مواد معدنی قابل حل در اسید (Acid – Soluble Mineral) و یا سایر ناخالصی‌های احتمالی موجود در مصالح بستر می‌باشد. این آزمایش مصرف کننده را از وجود ناخالصی‌ها با اطلاع می‌نماید؛ از جمله ناخالصی‌های در ماسه سیلیسی و قلوه (Gravel) ، سنگ آهک (Limestone) یا کربنات کلسیم است که میزان آن در این آزمایش مشخص می‌گردد.

اندازه‌گیری این پارامتر بدین صورت است که نسبت اختلاف وزن نمونه قبل و بعد از نگهداری نمودن آن در محلول اسید کلریدریک نرمال با درجه خلوص ٪۴۰ (HCl 1:1) برحسب درصد حلالیت در اسید بیان می‌شود(۱۰).

$$\text{درصد کاهش} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} * ۱۰۰$$

تمامی آزمایشات حلالیت در اسید ، اندازه‌گیری (Specific Gravity) ، آزمایش الک در آزمایشگاه تصفیه خانه آب شماره ۱ تهران انجام شد و نتایج آزمایشات انجام گرفته بر روی مصالح بستر در قسمت نتایج و در جداول ۱ ، ۲ آمده است.

آزمایشات مرحله دوم:

۱- تغییر دادن نوع بستر فیلتر:

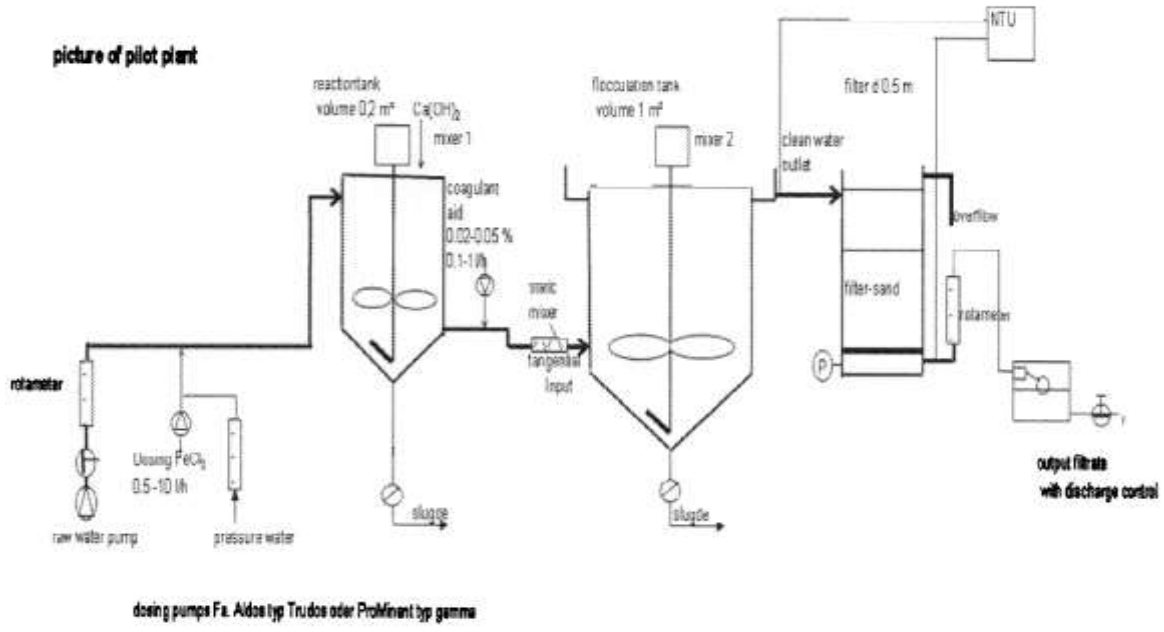
بستر پایلوت در سه مرحله تعویض می شود، مرحله اول بستر فیلتر پایلوت حاوی ماسه و آنتراسیت، مرحله دوم بستر فیلتر پایلوت حاوی گرانیت و آنتراسیت و مرحله سوم بستر فیلتر پایلوت حاوی بازالت و آنتراسیت است.

۲- تغییر دادن ارتفاع بستر:

هر یک از بستر ها دارای سه ارتفاع مختلف ۵۵،۷۰،۸۵ cm می باشند؛ در تمامی فیلترها ارتفاع ماسه، گرانیت و بازالت ثابت نگه داشته شده و ۳۵ cm می باشد، و ارتفاع لایه آنتراسیت قرار گرفته در بالا تغییر داده می شود و به ارتفاع cm ۱۵،۳۰،۴۵ می باشد. کف پایلوت دارای شن ساپورت به ارتفاع ۵ cm می باشد.

۳- اندازه گیری کدورت آب خروجی از بستر پایلوت:

اندازه گیری کدورت آب خروجی از بسترها توسط دستگاه کدورت سنج Hach مدل۲۱۰۰ AM انجام گرفت. دقت اندازه‌گیری کدورت در این دستگاه هزارم است و دارای ۲ سل برای اندازه گیری کدورت، یکی برای آب خام و دیگری برای آب زیر صافی می باشد و هر دو ساعت یکبار اندازه گیری انجام می شد.



شکل ۱- شماتیک پایلوت تصفیه خانه

Figure 1. Schematic of pilot in treatment plant

۴- تشریح عملکرد فیلتراسیون در پایلوت:

در ابتدا آب از کانال تصفیه خانه توسط لوله‌ای که در سر آن یک شیر فلکه متصل است وارد مخزنی می‌شود که دارای آشغالگیر است، (مدت زمان پر شدن اولیه آن حدوداً ۳۰ دقیقه است) میزان دبی ورودی به سیستم توسط یک فلومتر و یک شیر فلکه دیگر تنظیم می‌گردد، فلومتر مندرج می‌باشد و میزان دبی ورودی به سیستم را نشان می‌دهد. سپس این آب توسط پمپی به مخزن اختلاط سریع که کلرید فریک همزمان به آب

تزریق می‌شود وارد می‌گردد. بعد از آن آب توسط لوله‌ای دیگری وارد مخزن بزرگتری به نام زلال ساز شده، تا در آنجا لخته‌های تشکیل شده فرصت ته نشین شدن را پیدا نموده و پس از آن آب زلال از سرریز زلال ساز خارج شده و وارد ستون فیلتر می‌گردد، آب از مرکز وارد فیلتر شده بنابراین جریان up flow می باشد و پس از عبور از لایه‌های مختلف مدیا، آب صاف شده توسط لوله فلزی دیگری وارد مخزن آهنی شده که محل نمونه‌برداری می‌باشد. میزان دبی خروجی از فیلتر نیز توسط شیر فلکه و فلومتری که در انتهای فیلتر است تنظیم می‌گردند. نمونه‌برداری توسط بطری‌های شیشه‌ای ۵۰۰ CC انجام می‌گیرد، سپس آب صاف شده را درون سل‌های دستگاه کدورت سنج ریخته و درون دستگاه گذاشته، بعد دستگاه عددی را نشان می‌دهد این عدد کدورت آب عبور کرده از صافی می باشد. تمامی این فرآیند را می توان در شکل ۱ که شماتیکی از پایلوت است مشاهده کرد.

مدت زمان راه اندازی اولیه پایلوت حدودا بین نیم تا دو ساعت طول می کشد.

۵- نتایج

آزمایشهای الک و اندازه گیری(Specific Gravity) به منظور تعیین اندازه موثر، ضریب یکنواختی و چگالی مصالح می باشند، که می توان نتایج آنها را در جدول ۱ و همچنین می توان نتایج آزمایشات مربوط به حلالیت در اسید و سختی را در جدول ۲ مشاهده کرد.

جدول ۱- جنس مواد، اندازه موثر، ضریب یکنواختی و چگالی و شستشوی معکوس

Table 1. Material type, Effective size, Uniformity factor, Density and kind of backwash

نوع صافی	نوع دانه	چگالی (gr/cm^3)	اندازه موثر (mm)	ضریب یکنواختی	نوع شستشوی معکوس
ماسه و آنتراسیت	ماسه	۲/۱۱	۰/۶۵	۱/۴۵	استفاده از سیستم آب وهوا
	آنتراسیت	۱/۳۴	۰/۸۲	۱/۳۳	
گرانیت و آنتراسیت	گرانیت	۲/۳۵	۰/۸۳	۱/۳۲	استفاده از سیستم آب وهوا
	آنتراسیت	۱/۳۴	۰/۸۲	۱/۳۳	
بازالت و آنتراسیت	بازالت	۲/۳۲	۰/۶۵	۱/۴۶	استفاده از سیستم آب وهوا
	آنتراسیت	۱/۳۴	۰/۸۲	۱/۳۳	

با توجه به نتایج بدست آمده چگالی گرانیت و بازالت با چگالی ماسه یکسان است، بنابراین گرانیت و بازالت مانند ماسه در قسمت اول بسترهای دو لایه قرار می گیرند.

جدول ۲- میزان حلالیت در اسید و سختی مصالح بستر

Table 2. Amount of Solubility in Acid and Hardness of Media Material

نوع مواد	حلالیت در اسید (٪)	سختی (مول)
ماسه	۰/۱۵	۷
گرانیت	۱/۳	۶/۵
بازالت	۰/۵۸	۹

همانطور که نتایج نشان می‌دهد کمترین درصد کاهش (حلالیت در اسید) متعلق به ماسه سیلیسی است، یعنی کمترین ناخالصی را دارا می باشد و بعد از آن بازالت است که نزدیک به ماسه سیلیسی می باشد، البته باید اشاره نمود که خرده سنگ

بازالت در هنگام ریختن اسید واکنشی نمی دهد و ناخالصی های دیگری که همراه خرده سنگ می باشند واکنش می دهند، این مصالح از یک کارگاه تولید مصالح اولیه ساختمانی خریداری شده است به همین علت در هنگام بسته بندی کمی ناخالصی همراه مصالح می شود، البته تا حد امکان این مواد جدا شدند اما بعلت ریز بودنشان نمی توان همه نا خالصی ها را جدا نمود، اما اگر این مواد وجود نداشت ممکن بود در صد کاهش (حلالیت در اسید) بازالت خیلی کمتر از این مقدار گردد. چون در صد کاهش آنها زیر ۵٪ است، در نهایت از هر دو ماده می توان در فیلتر استفاده کرد.

سختی نیز از دیگر پارامترهایی است که مورد سنجش قرار گرفت. این پارامتر از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد، زیرا هر چقدر میزان سختی مصالح بیشتر باشد ، مقاومت آن در برابر فرسایش بیشتر، همچنین عمر مصالح و زمان کارکرد آنها نیز طولانی تر خواهد بود.

آزمایش سختی توسط شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری انجام شد و نتایج آن در جدول ۲ آمده است که نشان می‌دهد میزان سختی بازالت بیشتر از سایر مواد دیگر است؛ یعنی اینکه مقاومت آن در برابر فرسایش نسبت به سایر نمونه ها بیشتر و زمان کارکرد آن طولانی تر است.

جدول ۳-کدورت ورودی و خروجی، زمان کارکرد و در صد حذف فیلتر دو لایه

Table 1. Turbidity of Inlet and Outlet, Duration Time and removal percent of Double Layer Filter

ردیف	کدورت ورودی (NTU)	کدورت خروجی (NTU)	زمان کارکرد (hr)	در صد حذف
۱	۳/۲۹	۰/۳۱۷	۲	۹۰
۲	۳/۴۱	۰/۳۱۲	۴	۹۱
۳	۳/۴۰	۰/۲۶۶	۶	۹۲
۴	۳/۸۱	۰/۲۹۴	۸	۹۲
۵	۳/۷۶	۰/۱۱۱	۱۰	۹۶
۶	۳/۷۹	۰/۰۹۶	۱۲	۹۷
۷	۴/۱۲	۰/۱۹۵	۱۴	۹۵
۸	۴/۱۵	۰/۰۹۹	۱۶	۹۸
۹	۴/۲۱	۰/۰۹۲	۱۸	۹۸
۱۰	۲/۸۱	۰/۱۷۹	۲۰	۹۳
۱۱	۳/۷۵	۰/۰۹۵	۲۲	۹۷
۱۲	۳/۶۹	۰/۰۹۱	۲۴	۹۷
۱۳	۳/۳۹	۰/۱۷۲	۲۶	۹۵
۱۴	۳/۴۷	۰/۰۹۶	۲۸	۹۷
۱۵	۳/۴۷	۰/۰۹۳	۳۰	۹۷
۱۶	۴/۲۰	۰/۳۰۹	۳۲	۹۲
۱۷	۴/۱۸	۰/۶۶۱	۳۴	۸۴
۱۸	۴/۱۸	۱/۲۱	۳۶	۷۳

در جدول ۳ می توان تغییرات کدورت آب خام ورودی و خروجی به پایلوت و همچنین در صد حذف کدورت در بستر دو لایه را مشاهد کرد، که نشان دهنده توانایی بالای بسترهای دو لایه در حذف کدورت می باشد.

هچنین ارزیابی بر روی عملکرد فرآیند فیلتراسیون بسترهای دو لایه (ماسه/آنتراسیت)، (گرانیت/آنتراسیت) و (بازالت/آنتراسیت) صورت گرفته؛ در این ارزیابی به فاکتورهایی چون عمق بستر، کیفیت آب و زمان کارکرد توجه شده، و نتایج در جدول ۴ آمده است.

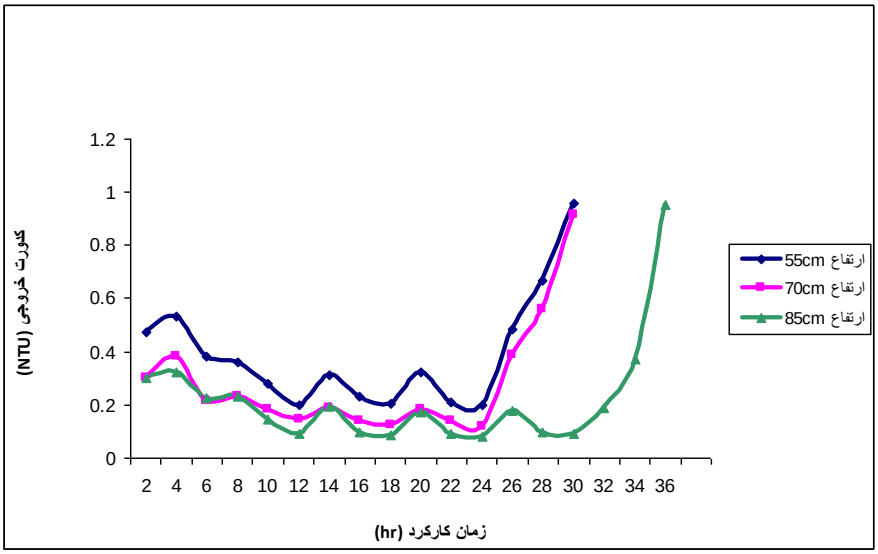
جدول ۴- میانگین در صد حذف کدورت و زمان کارکرد در ارتفاعات مختلف

Table 4. Average turbidity removal and Duration Time in Diferent Height of filter

نوع صافی	میانگین در صد حذف	زمان کارکرد بهینه در ارتفاع ۵۵ cm	زمان کارکرد بهینه در ارتفاع ۷۰ cm	زمان کارکرد بهینه در ارتفاع ۸۵ cm
ماسه و آنتراسیت	۹۱/۴	۳۰ ساعت	۳۰ ساعت	۳۶ ساعت
گرانیت و آنتراسیت	۹۲/۱	۳۶ ساعت	۳۶ ساعت	۴۲ ساعت
بازالت و آنتراسیت	۹۲/۹	۳۰ ساعت	۳۶ ساعت	۳۶ ساعت

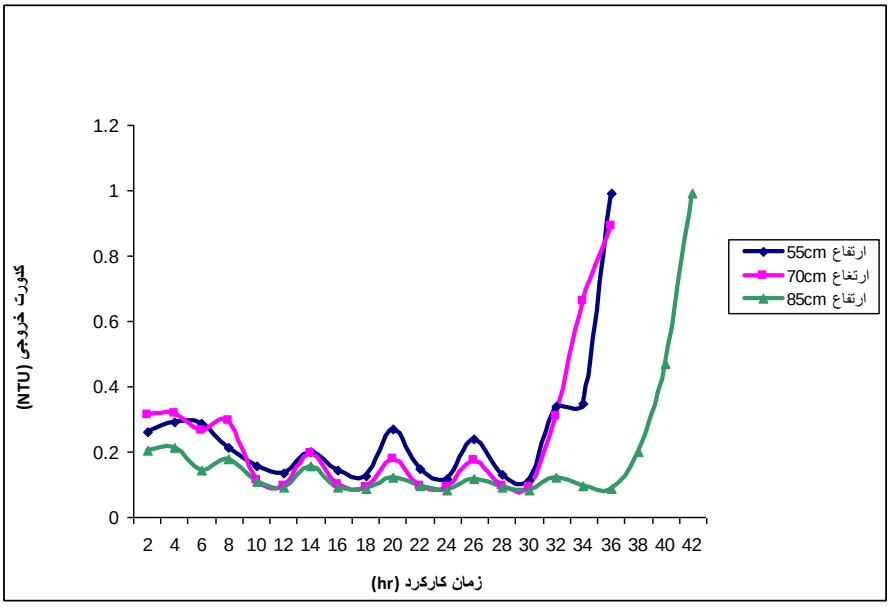
متوسط درصد حذف کدورت در صافی پایلوت به ترتیب در بستر دو لایه (ماسه/آنتراسیت) ۹۱/۴ در صد و در بستر دو لایه (گرانیت/آنتراسیت) ۹۲/۱ در صد و در بستر دو لایه (بازالت/آنتراسیت) ۹۲/۹ در صد می باشد ؛ یکی از دلایل مهم و تاثیرگذار در مهار ذرات داخل محیط توزیع اندازه منافذ است. از آنجایی که توزیع ذرات تابعی از توزیع اندازه ی محیط است لذا می توان نتیجه گرفت که در محیط های با اندازه ی دانه های کوچکتر به دلیل پیچیدگی و کوچکتر بودن اندازه ی منافذ نسبت به محیط های با اندازه ی دانه های بزرگتر میزان مهار ذرات بیشتر است. همچنین محیط های با اندازه ی دانه های بزرگتر فضای خالی کمتری فراهم می کنند و بنابراین مهار ذرات کمتر اتفاق می افتد. همچنین جنس و شکل ظاهری مدیا نیز در به دام انداختن ذرات موثرند. دانه های بازالت بکار رفته در فیلتر، در مقایسه با دانه های ماسه و گرانیت دارای زاویه و گوشه است که این خصوصیت باعث عملکرد مناسب تر آن شده است. بنابراین در صد حذف کدورت در بستر دو لایه (بازالت/آنتراسیت) هم به دلیل ریز بودن و هم شکل ظاهری کمی بیشتر از دو بستر دیگر می باشد(۸).

یکی دیگر از عوامل موثر و مهم در فرآیند فیلتراسیون زمان کارکرد می باشد. زمان کارکرد تحت تاثیر فاکتورهای زیادی از جمله اندازه موثر، عمق بستر، نرخ دبی، دانسیته مواد ته نشین شده، میزان تخلخل، نوع بستر و ... می باشد. در این بررسی فاکتور عمق بستر در نظر گرفته شد، همانطور که در جدول ۴ مشاهده می شود با افزایش ارتفاع میزان زمان کارکرد افزایش و از میزان کدورت خروجی نیز کاسته می شود، این موارد را می توان در منحنی های ۱،۲،۳ مشاهده کرد. هر چقدر ارتفاع بستر بیشتر باشد احتمال گیر افتادن ذرات در بین خلل و فرج بیشتر و زمان بیشتری طول می کشد تا این خلل و فرج مسدود شوند در نتیجه زمان کارکرد بسترها بیشتر می شود. البته باید در نظر داشت این افزایش ارتفاع نباید به حدی زیاد باشد که افت فشار فیلتر زیاد گردد.



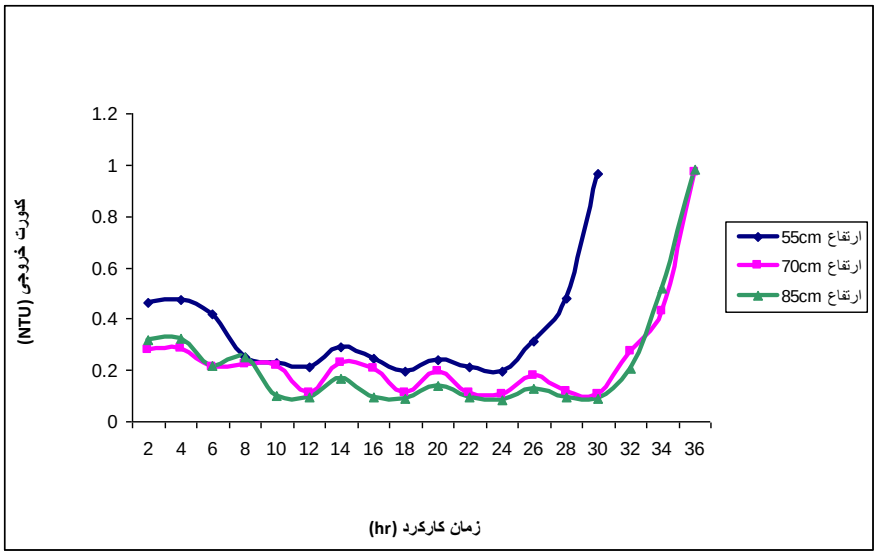
نمودار ۱- کدورت خروجی و زمان کارکرد فیلتر دو لایه (ماسه/آنتراسیت) با اندازه موثر mm ۰/۶۵ در ارتفاعات مختلف (۷۰،۵۵ و ۸۵cm)

Diagram 1. Outlet Turbidity and Duration Time for Double Layer Filter (geranite & anthracite) with Effective Size of 0.65 mm in different Heights (55,70,85 cm)



نمودار ۲-کدورت خروجی و زمان کارکرد فیلتر دو لایه (گرانیت/آنتراسیت) با اندازه موثر mm ۰/۸۳ در ارتفاعات مختلف (۷۰،۵۵ و ۸۵cm)

Diagram 2. Outlet Turbidity and Duration Time of Double Layer Filter (geranite & anthracite) with Effective Size of 0.83 mm in Different heights (55,70,85 cm)



نمودار ۳-کدورت خروجی و زمان کارکرد فیلتر دو لایه (بازالت/آنتراسیت) با اندازه موثر ۰/۶۵ mm در ارتفاعات مختلف (۸۵cm و۷۰،۵۵)

Diagram 3. Outlet Turbidity and Duration Time of Double Layer Filter (geranite & anthracite) with Effective Size of 0.65 mm in Different heights (55,70,85 cm)

همچنین با توجه به جدول ۴ و منحنی ۲ بیشترین زمان کارکرد متعلق به بستر دو لایه (گرانیت/آنتراسیت) است، قطر ذرات گرانیت با توجه به جدول ۱ نسبت به دو ماده دیگر بیشتر می باشد بنابراین زمان کارکرد آن بیشتر از دو بستر دیگر است.

نتیجه گیری

در این تحقیق از مصالح ساختمانی که کارایی چندانی نداشته اند، استفاده شد؛ مصالحی که به علت ریز بودن به عنوان مصالح ساختمانی مورد استفاده قرار نمی گیرند استفاده شد. لازم به یاد آوری است که این مصالح در صنعت ساختمان به عنوان ضایعات به حساب می آیند. بنابراین آنها، در بسترهای چند لایه تصفیه آب مورد استفاده قرار گرفتند و نتایج مذکور حاصل گردیده شدند.

همانطوریکه نتایج نشان می دهند راندمان حذف کدورت هر سه بستر(ماسه/آنتراسیت)، (گرانیت/آنتراسیت) و (بازالت/آنتراسیت)، برتری قابل قبولی نسبت به یکدیگر ندارند، و راندمان حذف کدورت هر سه بستر تقریبا در یک محدوده می باشند، اما بازالت بکار رفته در بستر دو لایه مانند شیشه خرده بازیافتی دارای گوشه و زاویه می باشد و در عین حال درجه یکنواختی (Uc) آن اندکی بیشتر نسبت به دانه های ماسه و گرانیت است که این امر باعث عملکرد بهتر این بستر دو لایه در حذف کدورت شد. بازالت و گرانیت مانند ماسه موجود در بستر دو لایه می توانند کدورت را به زیر ۱NTU برسانند بنابراین این مواد دارای پتانسیل بالایی برای جایگزینی در بستر فیلترهای دو لایه می باشند.

همچنین در این بررسی شاهد تغییر زمان کارکرد با افزایش ارتفاع بسترها بودیم، هر چقدر ارتفاع بسترها بیشتر و اندازه ذرات بزرگتر زمان کارکردشان طولانی تر می شود. البته زمان کارکرد بستر دو لایه (گرانیت/آنتراسیت) بیشتر از دو بستر دیگر شد و آن به علت اندازه ذرات گرانیت است که بزرگتر از ماسه و بازالت می باشد، این امر سبب طولانی تر شدن زمان کارکرد این بستر گردید.

بنابراین نتایج حاصل هم در این بررسی نشان دادند که همانند سایر مواد دور ریزی که در بسترهای چند لایه استفاده شده بودند این مصالح نیز می توانند در بسترهای چند لایه تصفیه آب استفاده شوند و حتی جایگزین مواد متداول بسترهای تصفیه خانه شوند، به عنوان مثال می توان بازالت را به دلیل شباهت نسبی که به ماسه از لحاظ حلالیت در اسید، سختی،

راندمان حذف کدورت خروجی و زمان کارکرد دارد در تصفیه‌خانه‌ها جایگزین ماسه بسترهای تک لایه نمود و از آن در فرآیند فیلتراسیون تصفیه خانه‌ها استفاده کرد.

پیشنهاد

۱- در طراحی اولیه صافی های چند لایه بایستی دقت کافی شده و لایه بندی مناسب از نظر ارتفاع بهینه هر یک از بسترها و با توجه به منابع علمی معتبر انتخاب و مورد استفاده قرار گیرد.

۲- لازم است که شرکت های آب و فاضلاب توجه کافی به استفاده از این گونه صافی ها جهت تولید آب با کیفیت بهتر را مورد نظر قرار دهند.

۳- پیشنهاد می شود که گرانیت و بازالت را در بسترهای تک لایه مورد بررسی قرار دهند و همچنین از مصالح دور ریز ساختمانی دیگر نظیر شیشه خرده نیز استفاده شود.

قدردانی و تشکر

از شرکت آبفای استان تهران و آقای مهندس خسرو بخش مدیر تصفیه خانه آب شماره ۱ تهران (جلالیه) و آقای مهندس عسگری مسئول بهره برداری و کلیه همکاران شاغل در واحد آزمایشگاه تصفیه خانه آب شماره ۱ تهران که در انجام این تحقیق با ما کمال همکاری و مشارکت را نموده اند، صمیمانه سپاسگزاری می نماییم.

منابع

1. Hoseinian, M 1387, Design of Drinking Water Treatment plants Olume Rooz Press Co. p169-170. (In Persian)
2. Alay ra,1381, Water Quality (Translated by Akbari Behrooz et, al Isfehan water treatment Press, P 323. (In Persian)
3. Meemaarzade.M et, al 1388 Investigation of Garnet in Tripple Layer Filter of Isfehan Water Treatment plant, Water and Wastewater Journal, No.76. (In Persian)
4. Rutledg, S.O. Gagnon, G. A. 2002. Comparing Crushed Recycled Glass to Silica Sand for Dual Media Filtration, J. Environ. Eng. Vol. 1, p. 349-358.
5. Farizoglu, B. Nuhoglu, A. Yildiz, E. Keskinler, B. 2003, The performance of pumice as a filter bed material under rapid filtration condition. J. filtration and separation. Vol.2, p 41-46.
6. Joush, A. Giap, S.G. Nora, A.A. Halim, A.G. Noor, M.J.M.M. Zakaria, M.P.2006. Comperactive Performances of Single and Dual Media Filters of Sand and Burnt Oil Palm Shell. J. Teknologi.Vol. 45, p 43-52.
7. WWW.Wikipedia/Granite.org
8. WWW.Wikipedia/Basalt.org
9. Anon. AWWA Standard B 100-01, NSF Standard 61. 2002. Standard approved for drinking water.
10. Twort, A.C. Ratnayaka, D. D. McGhee. Brandt M. J. Steel. 2006. Water Supply and Sewerage, Binnie Black and Veatch, p 320.