Filtration in Water Treatment Plants

N. Razeghi

The main process in water treatment plants for drinking purposes is filtration. The first type of filter developed and applied for water treatment is slow sand filters, (SSF). This filter is the most effective process in treatment of surface water. Considering that no chemical is used before filter unit and in many cases no chlorination is neccessary to filter effluent, makes the SSF a very unique procedure.

So, SSF is an appropriate water treatment for rural and small communities. It is a question why engineers do not consider this process and the rapid pressure filters are sellected while their efficiency are under question.

The second type of filter that developed after SSF was conventional rapid sand filter which can be named mono - media filter. Since 120 years ago in U.S.A and 40 years ago in Iran, this type of filter was designed and put into operation by consultants and manufacturers. The main limitation of mono-media filters is sand stratification due to unavoidable backwashing the filter, causing higher loss of head of water, shorter filter run time and lower capacity of suspended material adsorption.

In order to overcome this limitaion, since 50 years ago dual-media filters were developed, which contain sand media under the anthracite media.

Effective size of anthracite coal is about 0.4-1.0 mm with specific gravity of 1.4-1.5. So, backwashing does not produce stratification. This type of filter produces more water per unit surface area of filter with better quality.

This type of filter has replaced many old conventional filters in U.S.A and Canada, but in our country consultants overlooked this rather new technology.

There is rather a newer development on dual media filters, so called mixed media type too. Consultants, manufacturers and water companies should consider the dual-media filters as a first alternative in designing new water treatment plants or renewing the existing plants. There is no doubt that selection of this type of filter has ecomonic justifications.

صافیها در تصفیهٔ آب آشامیدنی

ناصر رازقی*

چکیده:

در حالی‌که ما توجه کافی به صافیهای کند ماسه‌ای برای تصفیه آب شرب نداشته‌ایم تمرکزی بیش از حد به انواع صافیهای تند متعارف نموده‌ایم، بطوری که از تکنولوژی صافیهای دو لایه، مخلوط و عمیق که انواع مدرنتری هستند بدون بهره مانده‌ایم. تبدیل صافیهای تند متعارف فعلی به انواع دولایه در تصفیه‌خانه‌های فعلی باید از اولین گامها برای به روز در آوردن صنعت تصفیه آب شرب شهرها در کشور باشد و مهندسین مشاور و سازندگان تاسیسات تصفیه نیز امتیازات غیر قابل انکار صافیهای دولایه را مورد توجه بیشتر قرار دهند زیرا آبی با کیفیت بهتر و ارزانتر تولید می‌نماید. هدف مقاله نگاهی اجمالی به تکامل این صافیهاست.

مقدمه:

با توجه به جمعیت حدود ۳۰ میلیون نفر ساکن شهرها و رشد سالیانه ۶ درصد احتمالی آن، سالیانه حدود ۱/۸ میلیون نفر بیشتر در شهرها نیاز به آب شرب دارند. از طرفی، اکثر شهرهای کشور مانند تهران، اصفهان، مشهد، تبریز، اهواز، شیراز، آبادان و ... و بسیاری از اجتماعات روستایی مانند روستاهای دشتهای خوزستان، سیستان، مغان و... همه از آب رودخانه‌ها و دریاچه‌های مصنوعی بهره‌گیری می‌نمایند. فرایند اصلی و یا غیرقابل اجتناب تاسیسات تصفیه آبهای سطحی فیلتر و یا صافی است و در اکثر موارد برای استفاده بهینه از آن نیاز به فرایندهای دیگر نیز می‌باشد.

برای تهیه تجهیزات الکتریکی و مکانیکی و اجرای کارهای سازه‌ای لازم در یک تصفیه‌خانه آب سطحی متعارف برای مصارف شرب و با ظرفیت یک متر مکعب در ثانیه به حدود ۲۵ میلیارد ریال بودجه نیاز است که با توجه به سیاستهای روز، هنوز حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد آن باید برای خرید تجهیزاتی در نظر گرفته شود که ساخت داخل کشور نیست.

از طرفی برای جمعیت ۱/۸ میلیون نفری فوق الذکر باید سالیانه حدود چهار تصفیه‌خانه با ظرفیت هر کدام یک متر مکعب در ثانیه طراحی و اجرا نمود و برای این کار نیاز به حدود ۲۰۰۰ نفر کارشناس در سال معادل ۱۷۰ نفر متخصص صددرصد شاغل در این حرفه تخصصی است.

کمبود این نیروی متخصص در کشور باعث گردیده است که در صنعت تصفیه آب دچار اشتباه شویم و در انتخاب صافیهای تصفیه‌خانه‌ها انتخاب احسن را انجام ندهیم و حتی در سطح اجتماعات کوچک طراحیهای غلط انجام گیرد، چنانچه نصب صافیهای تند تحت فشار برای روستاها دارای توجیه فنی و اقتصادی نیست.

* - استاد و مدیر گروه مهندسی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

تاریخچه صافیها

حدود ۴۰۰ سال است که بشر به رابطه بین بعضی بیماریها و آب پی برده است چنانچه در سالهای ۱۶۲۷، ۱۶۸۶ و ۱۸۲۰ به ترتیب فرانسیس بیکن، لوکاس پورتیوس و رابرت تام در مورد تصفیه آب اندیشه نموده‌اند. در سال ۱۸۵۲، یعنی ۱۴۴ سال پیش، پارلمان انگلیس استفاده از آب رودخانه تایمز را منوط به تصفیه توسط فیلتر نمود و در سال ۱۸۷۰ اولین تصفیه‌خانه آب مجهز به صافیهای مدرن در آمریکا بکار افتاد. در کشور ما اولین تصفیه‌خانه آب در حدفاصل بین خیابان دکتر فاطمی و بلوار کشاورز به نام تصفیه‌خانه «شماره یک» و یا «جلالیه» در حدود ۴۰ سال پیش بنا گردید و مورد استفاده واقع شد.

اولین نوع صافیها دارای مشخصاتی است که بنام صافیهای ماسه‌ای کند شناخته می‌شوند و آخرین نوع دارای مشخصاتی است که بنام صافیهای مخلوط و یا دو لایه شناخته می‌شوند. در ایران تقریباً تمام تصفیه‌خانه‌های متعارف دارای نوعی صافی هستند که بنام تند متعارف شناخته می‌شوند. جای تعجب است که در حالی‌که صافیهای کند اولین نسل صافیها بوده و هنوز در دنیا مورد توجه و استفاده است، در ایران مورد بی‌مهری مهندسین قرار گرفته و حتی برای اجتماعات روستایی هم مورد استفاده قرار نمی‌گیرند ولی صافیهای تند متعارف که حدود ۳۰ سال است جای خود را به انواع دولایه و مخلوط داده‌اند، در ایران هنوز انتخاب اصلی محسوب می‌شوند. دلیل اصلی ارائه این مقاله نیز همین نادیده گرفته شدن صافیهای کند است.

اصول نظری صافیها

فرایند فیلتراسیون در صنعت آب برای جدا کردن جامدات از آب است و برای انجام آن آب حاوی ذرات معلق از بستری از ذرات دانه‌ای و یا شبکه‌ای از الیاف سیم و یا پارچه و کاغذ می‌گذرد و ذرات معلق خود را در آن باقی می‌گذارد. در فرایند فیلتراسیون چند پدیده دخالت دارند که عبارتند از:

۱ـ ته‌نشینی فیزیکی[1] – در اینجا مجموع کل فضای خالی یعنی تخلخل آن حوضچه فرضی ته‌نشینی است و چون طبق نظریه ته‌نشینی، سودمندی ته‌نشینی تابع $\frac{Q}{A}$ می‌باشد (در صافی، A عبارتست از سطح کل مصالح بستری)، به‌همین علت سودمندی این پدیده بالاست.

۲ـ صاف شدن[2] ـ گرچه گفته می‌شود که ضریب صاف شدن تابعی است از $\frac{1}{d^{2/5}}$ لیکن به‌عنوان مثال در یک صافی تند با دانه‌بندی ۰/۵ میلیمتر، اندازه متعارف روزنه‌ها در حدود ۰/۰۵ میلیمتر است اما ذراتی به اندازه ۰/۰۱ میلیمتر در آن متوقف می‌شوند. لذا پدیده صاف شدن نقش قابل ملاحظه‌ای در صافی ندارد.

۳ـ جذب سطحی[3] ـ در این کار، نیروهای جاذبه واندروال عمل می‌نمایند.

۴ـ انتشار[4] ـ در این کار همان حرکات برونین ناشی از برخورد ملکولهای آب به ذرات است.

۵ـ برخورد اینرسی– این پدیده ناشی از اینرسی حرکتی ذرات موجود در آب است.

۶ـ جذب الکتریکی– شیمیایی و بیولوژیکی و عمل احتمالی پیرداتورها در صافیهای کند.

اهمیّت هر یک از واکنشهای فیزیکی و شیمیایی فوق‌الذکر بستگی به کیفیت آب خام، نوع مصالح بستر صافی، میزان و یا سرعت فیلتراسیون و بالاخره مدت تماس ذرات آب با بستر دارد. لذا فیلتراسیون به عنوان یک فرایند در تصفیه آب حاصل چندین پدیده فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است و باید این امر در طراحی آن مورد توجه قرار گیرد.

به‌طور کلی اصول نظری صافی را می‌توان در معادله

$$\frac{-dy}{dt}=k(y_0-y)$$

معرفی نمود که k عبارتست از ضریب فیلتراسیون و به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$k=k_0+c\sigma-\phi\sigma^2/(\rho_0-\sigma)$$

که در آن k_0 ضریب فیلتراسیون در ابتدای کار صافی است

1- Sedimentation
2- Straining
3- Adsorption
4- Diffusion

که همراه با C و ϕ شاخص تماس ویژه ذرات با بستر می‌باشد، ρ_0 تخلخل بستر تمیز و σ حجم ذرات مانده در صافی برای هر واحد حجم صافی است.

مصالح صافی ـ برای ایجاد بستر صافی از مصالح مختلف زیر می‌توان استفاده نمود:

ـ سیلیس طبیعی
ـ آنتراسیت
ـ ذغال سنگ سخت
ـ ماگنتیت
ـ گارنت
ـ پلاستیک
ـ کربن فعال
ـ ماسه رودخانه‌ای

به طور کلی هر بستر دانه‌ای که در آب حل نشده و با آن ترکیب نگردد و در هنگام شستشو خرد نشود مناسب است. شاخص انتخاب، امکان تهیه و توجیه اقتصادی است. معمولاً مصالح سیلیسی به‌دلیل فراوانی و ارزانی انتخاب می‌شوند که عیب آن همان آزاد کردن سیلیس به آب است و می‌تواند در صنعت مشکل‌آفرین گردد. آنتراسیت، پلاستیک و ذغال سنگ مصالحی هستند که در ایران باید کاربرد آنها را بیشتر از گذشته مورد توجه قرار دهیم.

انواع صافیها

در صنعت تصفیه و تولید آب شرب اجتماعات از انواع صافیهای زیر استفاده می‌شود:

ـ صافی ماسه‌ای کند با اندازه موثر مصالح حدود ۰/۳ ـ ۰/۲ میلیمتر.
ـ صافی ماسه‌ای تند با اندازه موثر مصالح حدود ۰/۸ ـ ۰/۴ میلیمتر.
ـ صافی آنتراسیت تند با اندازه موثر مصالح حدود ۰/۷۵ ـ ۰/۷ میلیمتر.
ـ صافی دو لایه ماسه ـ آنتراسیت با اندازه موثر به ترتیب ۰/۳ ـ ۰/۸ میلیمتر.
ـ صافی مخلوط گارنت ـ ماسه ـ آنتراسیت با اندازه موثر به ترتیب ۰/۲ و ۰/۴ و ۰/۹ میلیمتر.
ـ صافی عمیق ماسه‌ای با دانه‌بندی ۲ـ۱ میلیمتر.

صافیهای تحت فشار ریزتوریها و تمیزکننده‌ها نیز در این صنعت کاربرد دارند که دارای اهمیت انواع فوق‌الذکر نیستند.

صافی ماسه‌ای کند

صافی ماسه‌ای کند موثرترین، ساده‌ترین و ارزانترین وسیله تصفیه آبهای سطحی برای مصارف شرب است و برای اجتماعات کوچک و روستایی حتی در ممالک پیشرفته مناسبترین انتخاب است.

سودمندی این صافی از نظر زدودن کلیفرمها به‌عنوان شاخص کیفیت آب بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد است و بستگی به اندازه موثر مصالح انتخابی دارد. با توجه به عدم نیاز به کاربرد مواد دلمه‌ساز در کشور، روشی بسیار مطلوب است.

تولید آب در هر متر مربع آن می‌تواند جوابگوی نیاز ۱۰۰ـ ۵۰ نفر در روز باشد که بستگی به معیارهای طراحی دارد. زمانی که صافی ماسه‌ای کند به مرحله رسیدن[1] می‌رسد آب خروجی نیازی به کلرزنی ندارد. مدت رسیدن به این مرحله ۴ـ۲ هفته پس از به‌کار افتادن آن است. این عدم نیاز به کلرزنی بخصوص برای اجتماعات کوچک و روستایی قابل توجه است. اهمیّت سودمندی کار صافیهای ماسه‌ای کند در جدول شماره ۱ نشان داده می‌شود.

جدول شماره ۱ ـ سودمندی صافیهای ماسه‌ای کند

ناخالصی آب	درصد کاهش توسط صافی
رنگ	۱۰۰ـ۳۰ درصد
تیرگی	خروجی می‌تواند درحد یک NTU بشود
کلیفرم مدفوعی	۱۰۰ـ۹۵ درصد
ویروسها	در حد کامل
مواد آلی	۷۵ـ۶۰ درصد بر حسب COD
آهن و منگنز	در حد بالا
فلزات سنگین	۹۰ـ۳۰ درصد

1- Maturation

در صورتی که تیرگی آب خام کمتر از ۲۰ واحد و کلیفرم مدفوعی آن نیز تا حد ۵۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر باشد فرایند دیگری برای تصفیه لازم نیست. در غیر این‌صورت ته‌نشینی ساده از انواع با بار هیدرولیکی زیاد[1] و صافیهای تمیزکننده باید مورد استفاده قرار گیرد. در اینجا نتایج کار با صافیهای ماسه‌ای کند به‌طور اجمال ارائه می‌گردد. یادآوری می‌شود که معمولاً هر چند ماه یک بار حدود ۳ سانتیمتر ماسه روی بستر برای شستشو جمع‌آوری می‌شود.

یافته‌های حاصل از کار با صافیهای ماسه‌ای کند را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱ـ هر چه اندازه موثر مصالح بستر کوچکتر باشد سودمندی صافی در جدا کردن مواد معلق از آب بیشتر است، چنانکه برای صافی ماسه‌ای با اندازه موثر ماسه ۰/۳ میلیمتر راندمان ۹۹/۹۹ درصد می‌باشد.

۲ـ با درشتتر شدن دانه‌بندی مصالح، سودمندی صافی کاهش می‌یابد و برای جبران این کاهش یا باید عمق ماسه را افزایش داد و یا همراه با کاهش بار هیدرولیکی از فرایند ته‌نشینی قبل از صافی بهره گرفت.

۳ـ با ریزتر شدن مصالح صافی افت فشار در صافی بیشتر شده و مدت زمان بین دو نظافت هم کاهش می‌یابد.

۴ـ مطالعات موجود نشان داده است که تا جمعیتهای حدود ۳۰۰۰۰ نفر صافی ماسه‌ای کند ارزانترین روش تصفیه آب است، گرچه حد جمعیتی ۳۰۰۰۰ نفر برای کشور ما احتمالاً کم است زیرا نقطه ضعف این صافیها نیاز به زمین و مصالح ساختمانی بیشتر نسبت به انواع صافیهای تند است که با عنایت به ضرورت مواد شیمیایی و وسائل پیچیده مورد نیاز انواع تند این دو نقطه ضعف قابل بررسی مجدد است.

صافیهای ماسه‌ای تند

صافیهای ماسه‌ای تند که در حدود ۱۰۰ سال پیش به‌دلیل نیاز بیشتر آب مورد توجه قرار گرفت، در حقیقت نسل دوم صافیهاست و چون تا حدود ۴۰ سال پیش بیشتر تصفیه‌خانه‌های آب شهرها مجهز به این نوع صافی بودند، به نام متعارف[2] شناخته می‌شوند.

دلیل توسعه این صافیها ضرورت آب بیشتر در واحد سطح است چنانکه یک متر مربع این صافیها حدود ۳۰ـ۲۰ برابر انواع کند آب تولید می‌نماید.

وضعیت ناشی از افزایش تولید آب در این صافیها به‌قرار زیر است:

ـ برای افزایش تولید در واحد سطح و در حقیقت برای افزایش سرعت جریان آب لازم است اندازه موثر مصالح صافی بزرگتر شود، این رقم در حدود ۰/۷ ـ ۰/۵ میلیمتر است زیرا سرعت ۱۰ـ۸ متر در روز انواع کند به ۱۵۰ـ۱۲۰ متر در روز می‌رسد.

ـ به علت افزایش سرعت جریان آب، ذرات معلق به لایه‌های زیرین صافی نفوذ می‌کنند و تمیز کردن آن مانند انواع کند نبوده بلکه جریان شدید آب باید از زیر در صافی ایجاد شود.

ـ برای کنترل بار هیدرولیکی و جلوگیری از تغییر میزان عبور آب لازم است از شیرهای خاصی بهره گرفت چه در غیر این صورت نمی‌توان به کیفیت آب خروجی اطمینان داشت.

ـ یکی از نتایج شستشوی معکوس این صافیها ایجاد پدیده لایه‌بندی[3] ذرات بستر طبق معادله استوک در استقرار مجدد ذرات بستر است. در نتیجه ،افت فشار در لایه‌های بالایی افزایش بیشتری خواهد داشت و در صورت عدم توجه شرایط فشار منفی در صافی ایجاد می‌گردد.

ـ به علت بالا بودن سرعت جریان آب در صافی، ذرات کلوئیدی آب به راحتی از آن عبور خواهند نمود و برای جلوگیری از این پدیده نامطلوب لازم است ذرات ریز به کمک مواد شیمیایی دلمه‌ساز درشتتر شوند تا در صافی باقی بمانند. به‌طور متعارف پیش‌بینی واحدهای اختلاط سریع مواد دلمه‌ساز با آب، واحد تولید ذره و ته‌نشینی قبل از صافیهای تند متعارف اجتناب ناپذیر است، گرچه بحث

1- High rate settling tank 2- Conventional
3- Stratification

فیلتراسیون مستقیم[1] موضوع مورد توجه مهندسین نیز می‌باشد.

در صورتی که فرایندهای اختلاط ـ انعقاد و ته‌نشینی به‌خوبی تحت کنترل نبوده و انجام نگیرد، ذرات ته‌نشین شده به صافی می‌رسد و آن را سریعاً از کار انداخته و دفعات شستشو افزایش غیر ضروری خواهد یافت. از مهمترین محدودیتهای این صافیها فرار مواد معلق آب به علت افزایش ناگهانی بار هیدرولیکی است و به همین علت کنترل میزان خروجی ضرورت دارد.

صافی تند با مصالح آنتراسیت

در سالهای ۱۹۷۰ در آمریکا به جای استفاده از سیلیس با چگالی ۲/۶۵ از آنتراسیت با چگالی ۱/۵ و دانه‌بندی ۰/۷۵ ـ ۰/۷ میلیمتر در صافیهای تند استفاده شد که در هنگام شستشوی معکوس، آب کمتری مورد نیاز بود. از محدودیت این صافیها فرار آنتراسیت بود. به علاوه مسئله لایه‌بندی در این صافیها نیز وجود داشت. برای جلوگیری از بروز پدیده لایه‌بندی که مهمترین عیب صافیهای تند است، مسئله جریان آب از ذرات درشت دانه به ریز دانه مطرح گردید. درکار با صافیهای تند متعارف، چه با مصالح ماسه و چه آنتراسیت، نکات زیر را باید مورد توجه قرار داد:

ـ این صافیها را امروزه به نام یکسان لایه[2] (تک لایه) در مقابل انواع دولایه و مخلوط می‌شناسند.

ـ اندازه موثر دانه‌بندی ۰/۷ـ۰/۵ میلیمتر و حدود تیرگی مجاز آب ورودی ۱۰ـ۵ واحد بوده و سرعت جریان و یا بار هیدرولیکی ۲۰۰ـ۱۵۰ متر در روز است.

ـ به علت لایه‌بندی ناشی از شستشوی آن، از تمام ظرفیت پذیرش مواد معلق بستر استفاده نمی‌شود.

ـ سودمندی این صافیها تابعی از لزجت آب، بار هیدرولیکی، اندازه موثر مصالح بستر و به‌طور خلاصه $\lambda = \frac{1}{\mu dv}$ است که در آن λ ضریب فیلتراسیون می‌باشد.

بدون پرداختن به مسائل طراحی آنها یادآوری می‌شود که در بهره‌برداری از این صافیها سه مسئله اساسی وجود دارد که عبارتند از:

۱ـ تنظیم و کنترل تزریق ماده دلمه‌ساز و تولید ذره

۲ـ حفظ یکنواختی بار هیدرولیکی و یا اجتناب از تغییر سرعت جریان آب در صافی

۳ـ شستشوی صحیح و مطلوب که عوامل اندازه ذرات بستر، درجه حرارت آب، نوع مواد موجود در صافی و سرعت آب شستشو از اهمیت زیادی برخوردار است.

صافیهای دولایه ـ قبلاً یادآوری گردید که در بهره‌برداری از صافیهای تند یک لایه متعارف دو محدودیت وجود دارد که عبارتند از ۱) بروز لایه‌بندی و افزایش فشار و در نتیجه عدم بهره‌برداری از کل ظرفیت صافی برای زدودن ذرات معلق و ۲) تغییر ناگهانی بار هیدرولیکی که باعث فرار ذرات معلق مانده در بستر با جریان خروجی می‌شود.

از حدود سالهای ۱۹۴۵ پتانسیل صافیهای دو لایه مطرح و مورد توجه قرار گرفت زیرا با قرار دادن یک لایه آنتراسیت با چگالی ۱/۵ ـ ۱/۴ و با اندازه مؤثر حدود ۰/۸ـ۰/۶ میلیمتر از تشکیل لایه ریزدانه سطحی جلوگیری می‌شود و لایه‌های آنتراسیت خیلی دیرتر از لایه‌های ماسه‌ای قبلی به انسداد می‌رسند، به‌طوری که وزن مواد جامد مانده در صافیهای دو لایه تقریباً دو برابر مقدار مانده در انواع تند متعارف برای یک میزان افت فشار است. به علاوه، خطر فرار مواد معلق از آن نیز کمتر از صافیهای قبلی است. به‌طور معمول این صافیها از ۴۵ سانتیمتر آنتراسیت در روی ۲۰ سانتیمتر ماسه تشکیل گردیده‌اند. گرچه در حد فاصل دو لایه بروز اختلاط دو جنس مصالح دارای امتیازاتی مانند جلوگیری از تجمع ذرات معلق آب در این عمق خواهد شد، بار هیدرولیکی این صافیها می‌تواند تا ۳۰۰ درصد نسبت به انواع متعارف بیشتر شود.

چنانکه برداشتن ۱۵ سانتیمتر ماسه از صافیهای تند متعارف و قرار دادن آنتراسیت با اندازه مؤثر ۰/۹ میلیمتر امتیازات قابل ملاحظه‌ای به صافی می‌دهد، زیرا اندازه مؤثر ماسه ریزدانه در این صورت در حدود ۰/۶ میلیمتر

1- Direct filtration 2- Monolayer

خواهد بود.

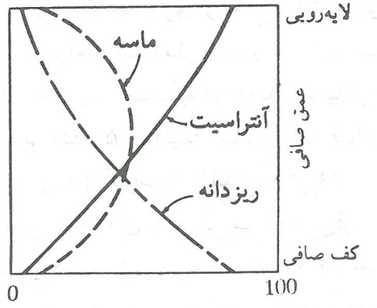
در این صافیها مقدار آب مصرفی برای شستشوی صافی کمتر و بار هیدرولیکی نیز می‌تواند بیشتر شود.

صافی مخلوط[1] ـ با عنایت به مکانیسمهای فیلتراسیون و عوامل مؤثر بر سودمندی صافیها و مشاهدات و تجارب موجود اهمیّت کاربرد صافیهای دولایه مسلم است. در فرایند طرح و بهره‌برداری از صافیهای دولایه مشاهدات نشان داده که هر قدر ضخامت لایه مخلوط ماسه و آنتراسیت بیشتر باشد امتیازات آن نیز بیشتر می‌شود و به همین دلیل نسل چهارم صافیها به نام صافیهای مخلوط از حدود ۳۵ سال پیش وارد صنعت تصفیه آب شرب و صنعتی گردید.

در این صافیها حدود ۶۰ درصد آنتراسیت با دانه‌بندی ۱ میلیمتر، ۳۰ درصد ماسه سیلیسی با دانه‌بندی ۰/۶ ـ ۰/۴ میلیمتر و ۱۰ درصد گارنت با دانه‌بندی ۰/۲ میلیمتر به‌کار می‌رود و در این صورت سودمندی صافی در حد بهینه خواهد بود.

لازم به یادآوری است که برای هر آبی باید تناسب مطلوب مصالح را به کمک آزمایشات صحرائی تعیین نمود. به هر حال در این صافیها فضای خالی جهت جذب مواد معلق آب بیشتر بوده و در عین حال سرعت جریان نیز در حد ۵۰۰ متر در روز رقم متعارفی منظور می‌شود.

همانطور که یادآوری گردید بنا نیست که طرح و بهره‌برداری این صافیها مورد بحث قرار گیرد، بلکه روند تکاملی آنها به طور اجمال مطرح گردید تا توجه طراحان به موضوع جلب شود.شکل شماره۱ چگونگی‌توزیع



شکل شماره ۱ـ توزیع دانه‌بندی در یک صافی مخلوط

دانه‌بندی در یک صافی مخلوط را پس از شستشو نشان می‌دهد.

در خاتمه بحث، جدول شماره ۲ جهت مقایسه دو نوع صافی تصفیه آب شرب ارائه می‌گردد.

جدول شماره ۲ـ حداکثر بار هیدرولیکی توصیه شده برای چهار ساعت کار بر حسب متر مکعب در متر مربع در روز

صافی دولایه و یا مخلوط	صافی یک لایه	مقدار کل مواد معلق آب ورودی به‌میلی‌گرم در لیتر
۵۸۰	۲۹۰	۱۰
۴۵۴	۲۹۰	۲۵
۳۴۸	۲۳۲	۵۰

تجارب موجود در یک تحقیق و مقایسه دوگروه صافی در یک تصفیه‌خانه واقعی نتایج زیر را نشان داده است:

ـ حدود ۸۰ درصد مواقع تیرگی آب خروجی از صافی تند متعارف در حدود ۰/۱ واحد جکسون بوده و این رقم برای صافی مخلوط ۸۸ درصد است.

ـ صافیهای با بستر مخلوط با بار هیدرولیکی ۵ برابر صافیهای متعارف یعنی با سرعت جریان ۵۹۰ متر در روز آبی با همان تیرگی و حتی کمتر تولید نموده است.

ـ در شرایطی که بار هیدرولیکی بستر مخلوط ۳ برابر نوع متعارف بوده تعداد کلنیهای میکربی آب خروجی به مراتب کمتر از صافی تند متعارف بوده است.

در بررسی دیگری توسط یک گروه مهندسین مشاور در آمریکا نشان داده شد که تغییر صافیهای موجود یک تصفیه‌خانه به نوع مخلوط برای افزایش تولید آب به مراتب ارزانتر از گسترش تصفیه‌خانه موجود و افزایش صافیهای تند متعارف است.

همین مطالعه درکارولینای شمالی نیز نشان داد که تغییر صافیهای تند متعارف موجود به انواع بابستر مخلوط دارای توجیه اقتصادی بیشتری نسبت به افزایش صافیهای

1- Mixed media filter

متعارف است.

در اینجا مسئله مقایسه صافی دولایه و مخلوط به‌طور اجمال مطرح می‌شود. طبق مطالعات انجام شده، کیفیت خروجی از صافیهای دو لایه و مخلوط دارای اختلاف فاحشی نیستند. هر دو نوع، آبی با تیرگی کمتر از ۰/۵ NTU تولید می‌نمایند و هر دو در زدودن آلومینیوم نیز موفق بوده و مقدار آب مصرفی برای شستشو تقریباً یکسان است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با نگاهی اجمالی به بحث کلی فوق‌الذکر و عنایت به اینکه استفاده از آبهای سطحی برای تأمین آب شرب شهرهای کشور ضرورتی اجتناب ناپذیر است در تبدیل صافیهای تند متعارف موجود به انواع دولایه نباید تردید نمود، زیرا این سیاست از امتیازات قابل ملاحظه‌ای برخوردار است و در طرح، ساخت و اجرای تصفیه‌خانه‌های جدید بدون تردید باید به دنبال استفاده از صافیهای دو لایه بود.

هدف این مقاله تنها مروری بر روند تکاملی صافیهای تصفیه‌خانه‌های آب شرب شهرها بوده است و از ذکر جزئیات در طرح و بهره‌برداری آنها خودداری شده است. تنها یادآوری می‌شود که استفاده از پایلوت، چه در مرحله مطالعات مربوط به طراحیها و چه در مرحله بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه، یک امر ضروری است.

مراجع:

1) ASCE. AWWA. (1969) "Water Treatment Plant Design".

2) ASCE. AWWA. (1993) "Water Treatment Plant Design".

3) Culp, G.L., and Culp, R.L. (1974),"New Concepts in Water Purification", Van Nostrand Environmental Engineering Series.

4) Elliot, B.R. et al. (1992) Journal AWWA, May.

5) International Reference Center for Community Water Supply and Sanitation, WHO, (1987) Technical Paper NO. 24.

6) Liptal, B.G . (1974) " Environmental Engineering Water pollution". Volume 1, Chition Book Company.

7) Malagute, D.A., "Modern Filtration", Calligan I Taliana S.P.A.

8) Vesilind, Price, J.J. and Veiner, R.F. (1990) "Environmental Pollution and Control," Butterwoth Heinemann. Reed Publishing Inc.

9) W.H.O. Regional Office for Europe, Copenhagen, (1983), Report NO. 87.