بررسی میزان کارایی سیستم نانو فیلتراسیون در تصفیه آب شهری و حذف برخی از آلاینده ها در تصفیه خانه آب ملاثانی

نغمه عروجی[۱]، افشین تکدستان[*۲]، غلامرضا رئیسی[۳] و ابراهیم پناهپور[۴]

۱–دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات فناوریهای زیست محیطی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز.

۳ - مدیریت کنترل کیفیت و نظارت بر بهداشت شرکت آب و فاضلاب اهواز،اهواز، ایران .

۴- گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت:۹۳/۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۲

چکیده

با توجه به کمبود منابع آب و رشد قابل ملاحظه جمعیت، تأمین آب آشامیدنی به یک چالش تبدیل شده است. در چنین شرایطی استفاده از تکنولوژی های مؤثر و به صرفه نظیر فناوری نانو در تصفیه آب پیشنهاد می گردد. از جدیدترین سیستم های نمک زدایی در تصفیه آب، می توان به نانو فیلتراسیون اشاره نمود. مکانیسم جداسازی در نانو فیلتراسیون شامل اثر اندازه مولکول، اختلاف در نفوذپذیری و حلالیت اجزای خوراک و برهم کنش الکتریکی بین سطح غشا و یونهای موجود در خوراک می باشد. هدف از این مطالعه بررسی درصد حذف آلاینده های چالش زا توسط سیستم های نانو فیلتر می باشد. این مطالعه، با استفاده از یک سیستم نانوفیلتراسیون با ظرفیت اسمی معادل ۳۰۰ مترمکعب در روز و میزان بازیابی ٦٠ درصد و با سیستم پیش تصفیه کربن فعال و فیلتر ماسه ای متشکل از سه آوند نانو فیلتر در تصفیه خانه آب ملاثانی در سال ۱۳۹۲ انجام شده است. آزمایش ها با استفاده از روشهای استاندارد متد انجام و نتایج با استفاده از نرم افزار اکسل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که کارایی سیستم در حذف هدایت الکتریکی(۹۸/٤۷ درصد)، کل جامدات محلول (۹۸/٤٥ درصد)، سختی کل (۹۸/۷٤ درصد)، کلسیم (۹۸/٥٥ درصد)، منیزیم (۹۹/۱٥ درصد)، کلراید (۹٦/٤۸ درصد) ، سدیم (۹٦/٤۸ درصد) و کل کربن آلی (۹۸/٥۷ درصد) می باشد.با توجه به پائین بودن کلیه املاح محلول در آب تصفیه شده و همچنین ارزش تغذیه ای آب به ویژه از نظر عناصر کلسیم و منیزیم و اهمیت جذب این عناصر از طریق آب به بدن انسان و ارتباطی که بین سختی آب آشامیدنی و کاهش شیوع بیماریهای قلبی و عروقی در جوامع وجود دارد، این مسئله می تواند در دراز مدت مسئله انگیز باشد.

کلیدواژه ها: نانو فیلتراسیون، تصفیه آب، سازمان بهداشت جهانی.

Nano-filtration System Efficiency in Urban Water Treatment and Removal of Pollutants in Molasani Water Treatment Plant

N. Orooji[1], A. Takdastan[2*],Gh. R. Raeesi[3]and E. Panahpour[4]

1- Ph.D. student, Department of Environmental Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2*-Associat Professor, Environmental Health Engineering and Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

3- Management of Quality Control and Health Monitoring of Ahvaz Water and Wastewater, Khouzestan, Iran.

4- Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Received:1 December 2014 Accepted:12 January 2016

Abstract

Due to the scarcity of water resources and significant population growth, water supply has become a challenge. In such circumstances,efficient and cost-effective technologies such as nanotechnology in water treatment is recommended. The latest in water purification,

Archive of SID

www.SID.ir

desalinationsystems, Nano-filtration can bepointed. Nano-filtration separation mechanism of the effect of molecular size, The difference in permeability,and solubility of the feed components and electrical interaction between the membrane and ions are present in the feed.The purpose of this study of Nano-filter system to remove contaminants is challenging.This study, using a Nano-filtration system with a nominal capacity of 300 m^3/d and Recovery rate of %60,and activated carbon filtration system and sand filterconsists of three vessel was Molasani Nano-filter water treatment plants in 2013. Experiments using the standard method carried out and the results were analyzed using the Excellsoftware.The results showed that the removal efficiency of the system in EC (%98.47), TDS (%98.45), total hardness (%98.74), calcium (%98.55), magnesium (%99.15), chloride (%96.48), sodium (%96.48) and TOC (%98.57) .Due to the low renal solute dissolved in water and the nutritional value of the elements of water, particularly calcium and magnesium and absorption of these elements of water and nutrients through the body is necessary and the relationship between drinking water hardness and reduced incidence of cardiovascular disease in the community is in the long term this can be a contentious issue.

Keywords: Nano-filtration, Water treatment, WHO.

مقدمه

بی شک آب یکی از عناصر بی بدیل عالم ما است و به همین دلیل نیز حضور غیرقابل انکاری را در استمرار حیات زیست کنندگان بر پهنه خاک داشته و خواهد داشت.انسان امروز بیش از گذشتگان خود نقش آب را در سلامت و بهداشت انسان و جامعه برجسته میسازد . بدیهی خواهد بود که بی توجهی به بهداشت و سلامت آب می تواند مشکلات زیست محیطی و بهداشتی فراوان در پی داشته باشد. آنچه دارای اهمیت می باشد این است که آب فاقد آلودگی باشد . آب ممکن است با عواملی مانند مواد رادیواکتیو ، عوامل بیماریزا ، موادشیمیائی که خود شامل مواد معدنی سمی مثل آرسنیک ، جیوه ، کادمیوم ، سرب ، نیتریت و نیترات می باشد و موادآلی که شامل سموم دفع آفات،پاک کننده ها ، ترکیبات فنلی ، تری هالومتان ها و غیره می باشد ، آلوده شود . آب آشامیدنی باید صاف و زلال باشد، آلوده به عوامل بیماری زا وسموم نباشد، مواد آلی و معدنی آن زیان آور نباشد(ویلتز و دلارکو[1]، ۱۹۹۶.، کومینگ و جولی[2]، ۱۹۹۳.، هادسون[3]، ۲۰۰۴).نا مطلوب ترین عناصر موجود در آب، آنهایی هستند که قابلیت تأثیر مستقیم بر سلامتی را دارا می باشند . مهم است که توجه شود آیا تصفیه آب پیشنهادی می تواند به شکل قابل قبولی آب آشامیدنی را تحت تأثیر قرار دهد؟ مقادیر رهنمودی برای بسیاری از مواد شیمیایی موجود در آب آشامیدنی وجود دارد. یک میزان رهنمودی به طور نرمال و معمولی غلظت یک ماده را که هیچ گونه خطری برای سلامت انسان در خلال یک دوره زمانی مصرف می گردد را ارئه می دهد.تعدادی از مطالعات تحلیلی و اکولوژکی بیماریهای واگیردار، به طور آماری نسبت معکوس بین سختی آب آشامیدنی و بیماری های قلب و عروق نشان می دهند. مقدار رهنمود از ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر برای سختی به وجود آمد و براساس مزه و با توجه به استفاده های خانگی بود. ولی از سال ۱۹۹۳ عنوان شد که سختی بالاتر از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر ممکن است منجر به رسوب در سیستم توزیع شود (بی نام، ۲۰۱۱؛ دیندارلو و همکاران، ۱۳۸۵؛ بی نام، ۱۹۹۶). منیزیم در درمان بیماری پره‌اکلامپسی مورد استفاده قرار می گیرد و احتمال خطر مرگ و میر مادران در زمان بارداری را کاهش داده و باعث حاملگی بدون عارضه میگردد. همچنین باعث طول عمر بیشتر می شود. حداقل مقدار مورد نیاز کلسیم ،۲۰ میلی گرم بر لیتر تعیین شده است. ویژگی اصلی کمبود کلسیم در کودکان، نرمی استخوان و تغییر شکل ساختاری استخوان های در حال رشد می باشد در حالیکه در بزرگ سالان در پوکی استخوان نقش دارد (بی نام، ۲۰۰۹). بنابراین پایش مداوم پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی از ضروریات است. امروزه دستگاه های آب شیرین کن در تأمین آب مورد نیاز کشورهای مختلف جهان نقش به سزایی دارند و با توجه به افزایش مصرف آب و کاهش منابع طبیعی و تجدیدپذیر آب شیرین، این نقش روز به روز پر رنگ تر می شود. اگرچه استفاده از دستگاه های آب شیرین کن منجر به تولید آب شیرین می شود، ولی این تکنولوژی نیز مانند سایر علوم طبیعی دارای یک سری معایب از جمله مصرف بالای انرژی و تأثیر های زیست محیطی می باشد. به طور کلی می توان گفت که دستگاه های آب شیرین کن از طریق تخلیه کنترل نشده پساب خروجی (پساب نمکی) می توانند به محیط زیست آسیب جدی وارد نمایند، چرا که پساب تولید شده در دستگاههای آب شیرین کن ، دارای باقیمانده مواد شیمیایی به کار گرفته شده در طول فرایند، جامدات محلول بالا، شوری بالا، مواد معدنی خورنده، دمای بالاتر از محیط و همچنین چگالی بالا می باشد (مژر و همکاران[4]، ۲۰۱۱؛لاتمان و هونر[5]، ۲۰۰۸).از جمله فرایندهای غشایی مورد استفاده در تصفیه آب می توان به نانو فیلتراسیون اشاره نمود. نانو فیلتراسیون یک فرایند غشایی است که مشخصات جداسازی آن بین اولترافیلتراسیون و اسمز معکوس قرار دارد. غشاهای نانو

1- Wiltse and Dellarco.
2- Cumming and Jolley .
3- Hodgson .

4-Mezher*et al.*
5-LattemannandHöpner

Archive of SID

www.SID.ir

فیلتراسیون معمولا" از دو لایه تشکیل می شوند. لایه های نازک و متراکم عمل جداسازی و لایه محافظ، عمل حفاظت در برابر فشار سیستم را انجام می دهد. غشاها در شکل های مختلف مارپیچی، صفحه ای، لوله ای و فیبری هستند (خاواجی و همکاران[1] ، ۲۰۰۸؛ چوبانوگلوس[2]، ۲۰۰۶). از جمله مزایای فنی و اقتصادی استفاده از نانو فیلتراسیون نسبت به روش متعارف تصفیه می توان به هزینه کم، بهره برداری آسان و میزان حذف مطلوب اشاره نمود و مزایای آن نسبت به سایر روش های نوین مانند اسمز معکوس در هزینه کمتر بهره برداری، فشار کاری پایین تر، خروجی با کیفیت مناسب، عدم خورندگی خروجی و بازیافت بیشتر آب می باشد (شات و فوک[3]، ۲۰۰۷). از نانو فیلترها برای حذف یون های چندظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم، آفت کش ها، مواد آلی، ویروس، باکتری، یون های تک ظرفیتی مانند نیترات، کلراید و سدیم استفاده می گردد. میزان حذف برای موارد گفته شده یکسان نیست و وابسته به نوع غشا، بار یون و ظرفیت آن (مواد باردار)، اندازه مواد(مواد بدون بار) و همچنین شرایط عملیاتی می باشد. نانو فیلتراسیون می تواند به عنوان یک فرایند پیش تصفیه برای اسمز معکوس در تصفیه آب دریا استفاده گردد. از مزایای استفاده از نانو فیلتراسیون کاهش فشار عملیاتی و رسوب گذاری در غشا اسمز معکوس می باشد (داچ[4]، ۲۰۰۸ ؛ تورسن و فلوگستاد[5]، ۲۰۰۶). مکانیسم جداسازی در نانو فیلتراسیون شامل اثر اندازه مولکول(برای محلول غیر یونی)، اختلاف در نفوذپذیری و حلالیت اجزای خوراک و برهم کنش الکتریکی(پدیده دونان) بین سطح غشا و یون های موجود در خوراک می باشد(لابز و همکاران[6]، ۲۰۰۳ ؛ عمو عموها، ۱۳۸۹). مطالعات زیادی در خصوص استفاده از فناوریهای نانوفیلتراسیون برای تصفیه آب و فاضلاب انجام شده است. در مطالعات انجام شده توسط وان در برگن[7] (۲۰۰۳)و وان در برگن و اسچیپ[8] (۱۹۹۸)، حذف آلودگی از آب های سطحی و زیر زمینی، همچنین حذف سختی از آب های زیر زمینی توسط سیستم نانو فیلتراسیون مورد بررسی قرار گرفته است. صباح و هوشیاری (۱۳۹۰) نیز در مطالعه ای به بررسی درصد حذف آلاینده های چالش زا توسط سیستم های نانو فیلتر پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که کارایی سیستم در حذف هدایت الکتریکی (۸۸ درصد)، کل جامدات محلول (۸۵درصد)، سختی کل (۸۹درصد)، کلسیم (۸۹درصد)، منیزیم (۸۶درصد)، کلراید (۸۸درصد) ، سدیم (۸۵درصد) و نیترات(۶۰درصد) می باشد و نشان دادند که کارایی سیستم در حذف نیترات متاثر از ترکیب آب ورودی و شرایط بهره برداری است.در شهر قم کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب تصفیه شده توسط دستگاه های آب شیرین کن توسط یاری و همکاران (۱۳۸۶) بررسی گردید. در تحقیق دیگری با عنوان بررسی کیفیت آب استحصال شده از آب شیرین کن های مستقر در شهر ها و روستاهای ایران توسط قنادی و فرهاد پور (۱۳۸۴) مشخص گردید که کارآمدی آب شیرین کن ها در حذف اکثر ترکیبات موجود در آب را نشان داد. شومان و استین[9] (۲۰۰۳) در مطالعه ای در آفریقای جنوبی ثابت نمودند، دستگاه های آب شیرین کن قادر است نیترات و کل جامدات محلول را به میزان زیادی در آب خروجی کاهش دهد. از طرفی تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف جهان نشان داده است که در دستگاه های آب شیرین کن به دلیل این که زدایش انتخابی وجود ندارد و تمام کاتیون ها و آنیون ها بدون توجه به مفید بودن یا مفید نبودن حذف می گردند، بنابراین می تواند منجر به برهم خوردن تعادل املاح در آب خروجی شده و سلامت مصرف کننده را به خطر اندازند (میران زاده و ربانی، ۱۳۸۹). در نتیجه پایش و بررسی مداوم کیفیت آب خروجی از این دستگاه ها لازم و ضروری است.

هدف از این مطالعه، بررسی کیفیت و تعیین میزان کارایی سیستم نانو فیلتراسیون و ارزش تغذیه ای آب های تصفیه شده در تصفیه خانه آب ملاثانی و در نهایت مقایسه آب خروجی دستگاه با استاندارد ملی ایران و دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی می باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی تصفیه خانه آب ملاثانی

شهر ملاثانی از شمال به شهرستان شوشتر و از جنوب به شهر ویس و شهرستان اهواز و از شرق به شهر هفتگل و از غرب به دهستان عنافجه محدود بوده و با وسعتی بالغ بر ۱۶ هزار هکتار دارای ۲۰ هزار نفر جمعیت بوده و در سال ۱۳۴۷ توسط افراد بومی به منظور تأمین آب شرب تاسیسات ابتدایی تأسیس گردید که تنها نسبت به ته‌نشین نمودن آب رودخانه به طور طبیعی اقدام نموده و به وسیله شبکه معمولی یک جا بین خانوارهای آن زمان به صورت دو ساعت در شبانه‌روز توزیع می‌گردید که با پیروزی انقلاب و وسعت شهر، آبرسانی به شورا و سپس به دفتر عمران و بعد از آن به شهرداری و در سال ۱۳۷۲ رسماً به شرکت آب و فاضلاب شهری تحویل گردید که اقدامات اساسی و زیربنای کاملی تأسیس گردیده و هم اکنون این اداره به صورت مستقل و منظم به شهروندان محترم خدمات مطلوبی را ارائه می‌دهد. قابل ذکر است شهر ملاثانی جزء محدود شهر هایی در سطح کشور است که دارای دو شبکه آب شرب تصفیه شده و آب شیرین به صورت مستقل و مجزا می باشد. سیستم آب شیرین کن قابلیت و توان

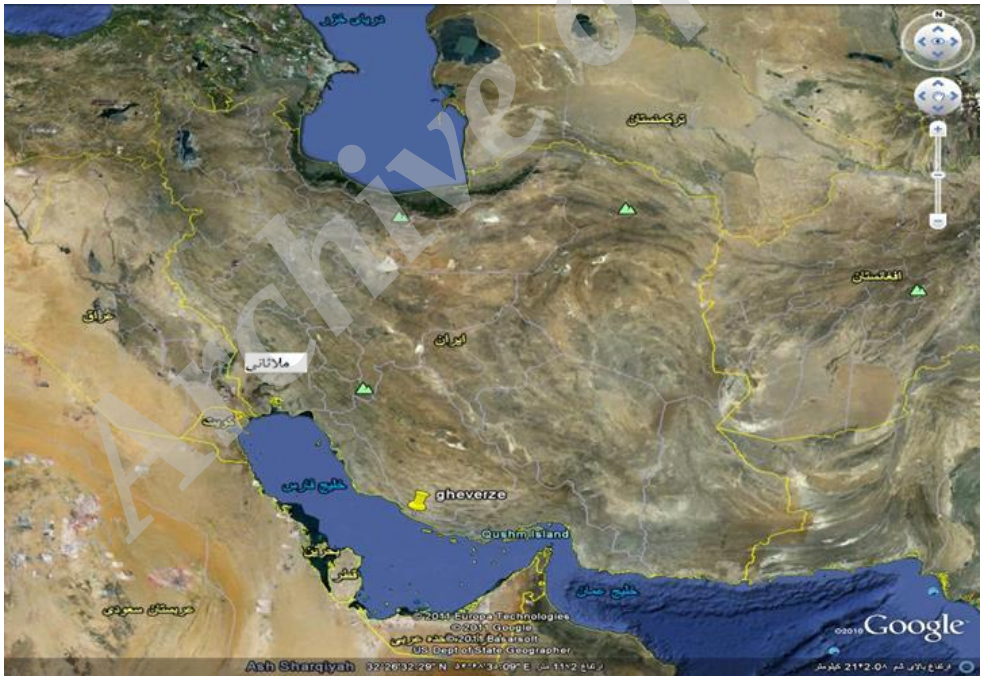
1-Khawaji*et al.*
2-George
3-Schutte and Focke.
4-Dach.
5-ThorsenandFlogstad.
6-Labbez*et al.*
7-Van der Bruggen.
8-Van der BruggenandSchaep.
9-SchoemanandSteyn.

Archive of SID

www.SID.ir

تولید ۳۰۰ متر مکعب آب شیرین را بـه روش نـانو فیلتراسـیون در شـبانه روز دارد(بـی نـام، ۲۰۱۲).موقعیـت جغرافیـایی سـامانه آب شیرین کن ملاثانی روی نقشه در شکل (۱) ارائه شده است.

این مطالعه، با استفاده از یک سیستم نانوفیلتراسیون با ظرفیت اسمی معادل ۳۰۰ مترمکعب در روز و میزان بازیابی ۶۰ درصد و با سیستم پیش تصفیه کربن فعال و فیلتر ماسه ای متشکل از سه آوند نانو فیلتر انجام شده است. مشخصات سیستم های پیش تصفیه و واحد نانو فیلتراسیون متشکل از سه آوند که هر یک حاوی چهار غشا به صورت سری می باشد در جدول های (۱) الی (۳) آمده است. مشخصات کیفی آب ورودی در جدول (۴) آمده است. این سیستم جزء فرایندهای غشایی تحت فشار است که با کاربرد فشار منجر به عبور آب از داخل غشا شده و در نتیجه درصدی از یون های محلول به وسیله غشا حذف می شوند، در این فرایند آبی که از داخل غشا عبور می کند تحت عنوان آب پرمیت یا آب تولیدی شناخته می شود و آبی که پشت غشا به همراه جامدات محلول باقی می ماند جریان تغلیظ شده، آب شور یا پس مانده نامیده می شود.ابتدا آب خام که همان آب لوله کشی شهر می باشد، توسط پمپ تغذیه (فید پمپ) وارد مخازن پیش تصفیه می شود که مراحل ابتدایی تصفیه آب می باشد. اولین مرحله مخزن سیلیس است که حاوی سنگ سیلیس بوده و کار حذف گل ولای آب را انجام می دهد. مرحله دوم کربن اکتیو می باشد که کلر و باقیمانده گل و لای همراه آب را حذف می کند. در مرحله بعد آب وارد یک مخزن استوانه ای استیل به نام هرزینگ می شود که درون این مخزن سه عدد فیلتر کارتریج (فیلترهای پنبه ای) با منافذ بسیار ریز که اندازه آنها پنج میکرون است می شود و پس از این سه مرحله که مراحل پیش تصفیه است، آب توسط پمپ فشار قوی وارد سه عدد آوند که حاوی دوازده ممبران می باشد می شود و آب با عبور از منافذ بسیار ریز و نانویی ممبران ها به صورت کاملا تصفیه شده و شیرین توسط یک لوله به قطر ۱/۵اینچ وارد مخازن آب تصفیه می شود. چهار عدد مخزن برای ذخیره سازی آب شیرین نصب شده اند که آب پس از ورود به آنها مجددا" کلرزنی شده و توسط دو عدد پمپ که بوستر پمپ نام دارند، به یک مخزن اصلی هوایی با حجم ۱۲۰ متر مکعب ارسال شده و از آنجا به شبکه توزیع شهر و دستگاه های توزیع الکترونیکی آب، همچنین یک دوش آب مرتفع که برای فروش از طریق تانکر به متقاضیان نصب گردیده ارسال می گردد (بی نام، ۲۰۱۲).



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی و نقطه نمونه برداری روی نقشه شهر اهواز

Archive of SID
www.SID.ir

علوم و مهندسی آبیاری (مجله ی علمی- پژوهشی)، جلد ۳۹، شماره‌ی۴ زمستان ۹۵

جدول۱- مشخصات پمپ انتقال،فیلتراسیون چند بستری، تزریق آنتی اسکالانت

پمپ انتقال		فیلتراسیون چند بستری		تزریق آنتی اسکالانت	
نوع	سانتریفیوژی	تعداد فیلتر	۱	ماده شیمیایی	ویتک[1] ۵۳۰۰
تعداد	۱	نوع	عمودی	نوع پمپ تزریق	۱ عدد دیافراگمی
جنس	استنلس استیل	جنس	فایبرگلاس تقویت شده با پلی استر	دوز طراحی شده	۲ میلی گرم بر لیتر
سرعت جریان آب خام	۱۶/۶۸ متر مکعب بر ساعت	سایز شیر ورودی/خروجی	۳ اینچ	ظرفیت	۰/۲ لیتر بر ساعت
فشار	۴/۵ بار	سایز ورودی/خروجی بک واش	۳ اینچ	فشار	۶ بار
ولتاژ	۴۰۰ ولت	شیر تخلیه	۳ اینچ	سازنده	آلدوس
فرکانس	۵۰ هرتز	فیلتر مدیا	۷۰ درصد شن ریز ۲۰ درصد شن متوسط ۱۰ درصد شن درشت	ظرفیت مخزن ذخیره	۶۰ لیتری
دانسیته	۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب	پایه ها	پایه نگهدارنده	جنس	پلی اتیلن
برق	۴ کیلو وات	عملکرد	دستی		
فرکانس کنترل شده	–	شیرها	شیر دستی		
ابزار اندازه گیری	مانومتر				
اتصالات	شیرهای ایزولاسیون+شیر یکطرفه				

دستگاه NF:

همه تجهیزات زیر روی شاسی سوار شده اند.

جدول۲- مشخصات فیلترهای رسوب گیر پنج میکرون، پمپ فشار بالا، مدول های NF

فیلترهای رسوب گیر پنج میکرون		پمپ فشار بالا		مدول های NF	
تعداد هوزینگ	۱	نوع	استینلس استیل	نوع ممبران	نانو فیلتر فیلم تک[2] ۴۰۰-۹۰
نرخ فیلتراسیون	۵ میکرون	تعداد	۱	تعداد	۱۲
جنس فیلتر کارتریج	پلی پروپیلن	سرعت جریان آب خام	۱۷ متر مکعب بر ساعت	تعداد وسل های تحت فشار	۴
طول کارتریج	۳۰ اینچ	فشار	۹ بار	جنس وسل	فایبرگلاس با فشار ۱۷۵ اتمسفر
تعداد کارتریج ها	۸	ولتاژ	۴۰۰ ولت	اتصالات	پلی وینیل کلراید
جنس هوزینگ	استینلس استیل	فرکانس	۵۰ هرتز		
میزان فشار هوزینگ	۱۰ بار	دانسیته	۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب		
تعداد هوزینگ	۱	برق	۷/۵ کیلو وات		
نرخ فیلتراسیون	۵ میکرون	فرکانس کنترل شده	–		

1- Vitec.
2-FilmtecNF.

Archive of SID

www.SID.ir

شستشو در محل (cip):

جدول۳- مشخصات پمپ شستشو / cip، مخزن شستشو / cip، فیلتر کارتریج شستشو / cip

پمپ شستشو / cip		مخزن شستشو / cip		فیلتر کارتریج شستشو / cip	
نوع	سانتریفیوژی	تعداد	۱	تعداد	۱
تعداد	۱	ظرفیت	۵۰۰ لیتر	نرخ فیلتراسیون	۲۵ میکرون
جنس	۳۱۶ استینلس استیل	جنس	پلی اتیلن	جنس فیلتر کارتریج	پلی پروپیلن
برق	۴/۵ کیلو وات	تجهیزات	سوئیچ سطح جهت کنترل سطح مخازن	جنس هوزینگ	استینلس استیل
فرکانس کنترل شده	–			میزان فشار هوزینگ	۱۰ بار
تجهیزات	مانومتر				
اتصالات	شیرهای ایزولاسیون+شیر یکطرفه				

جدول٤-مشخصات کیفی آب ورودی

مشخصه	ورودی
هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر سانتی متر)	۱۹۶۰
کل جامدات محلول (میلی گرم بر لیتر)	۱۲۶۲
سختی کل (میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم)	۴۹۲
کلسیم (میلی گرم بر لیتر)	۱۳۵/۵۲
منیزیم (میلی گرم بر لیتر)	۳۶/۷۷
کلراید (میلی گرم بر لیتر)	۳۹۹/۳
پ هاش	۷/۷۹
سدیم (میلی گرم بر لیتر)	۲۵۸/۷
کل کربن آلی (میلی گرم بر لیتر)	۰/۷

روش نمونه برداری لحظه ای انتخاب گردید و بدون اطلاع قبلی در ساعات کاری برداشت شد. قابل ذکر است برای برداشت نمونه ها از ظروف دو لیتری پلی اتیلنی تمیز و مواد شیمیایی استفاده شده همگی ساخت شرکت مرک المان با درجه خلوص بالا استفاده گردید. نمونه های برداشت شده برای انجام آزمون های شیمیایی و فیزیکی به ازمایشگاه مرکزی آب اهواز منتقل و در دمای چهار درجه سانتی گراد نگهداری شد. در هر بار نمونه برداری، دو نمونه از هر نقطه نمونه برداری یعنی قسمت ورودی (آب لوله کشی شهری) و قسمت خروجی دستگاه آب شیرین کن و در مجموع تعداد ۲۴ نمونه (۱۲ نمونه آب ورودی، ۱۲ نمونه آب خروجی از دستگاه) برداشت شد. به طور کلی آزمایش ها در دو دسته آزمایش های دستگاهی و تیتریمتری بر اساس مرجع استاندارد متد برای آزمایش های آب و فاضلاب صورت پذیرفت (بی نام، ۲۰۰۵).تمام پارامترهای مورد مطالعه برای افزایش دقت ، با سه بار تکرار برای هر نمونه برداشت شده مورد آزمایش قرار گرفت. اندازه گیری دما، هدایت الکتریکی وپ هاش ابتدا در محل های نمونه برداری و با استفاده از دستگاه هدایت الکتریکی متر مدل (WTW)، پ هاش متر پرتابل مدل (WTW330/SET)اندازه گیری شد. سنجش کلراید، سختی ، کلسیم ، منیزیم به روش تیتراسیون، کل کربن آلی با استفاده از دستگاه تی اسی متر SHIMADZU مدل TOC-VCSH، سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و با استفاده از دستورالعمل مندرج در کتاب روش های استاندارد متد استفاده شده است. در نهایت نیز نتایج بدست امده توسط نرم افزار اکسل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین غلظت های به دست آمده با استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران و استاندارد سازمان بهداشت جهانی مقایسه گردید (بی نام، ۲۰۱۱، بی نام، ۱۳۸۸، بی نام، ۲۰۰۸ و بی نام، ۲۰۰۴).برای محاسبه درصد حذف ترکیبات معدنی در هر مرحله از رابطه (۱) استفاده شده است:

$$R = [1-(cpi/cpf)] \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن R: درصد حذف هر یون در مرحله مورد نظر، c_{pi}: غلظت هر یون در مرحله مورد نظر و c_{pf}: غلظت هر یون در آب ورودی می‌باشد.

Archive of SID

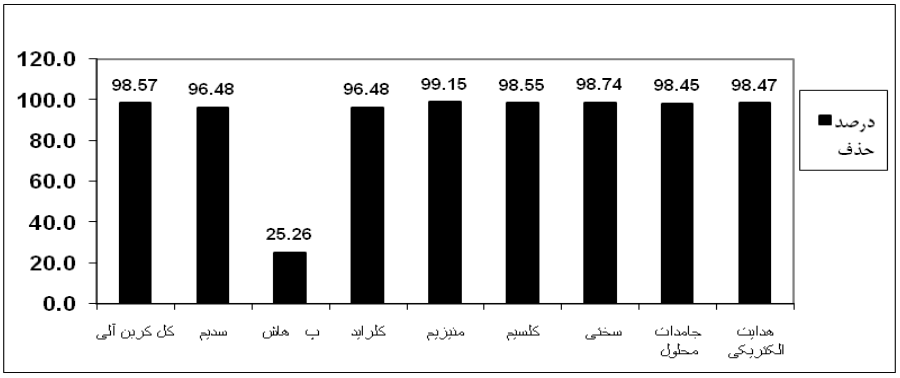
www.SID.ir

جدول۵-نتایج تحلیل کیفی آب تصفیه شده بر اساس استاندارد ملی ایران و درصد حذف آنیون ها و کاتیون ها

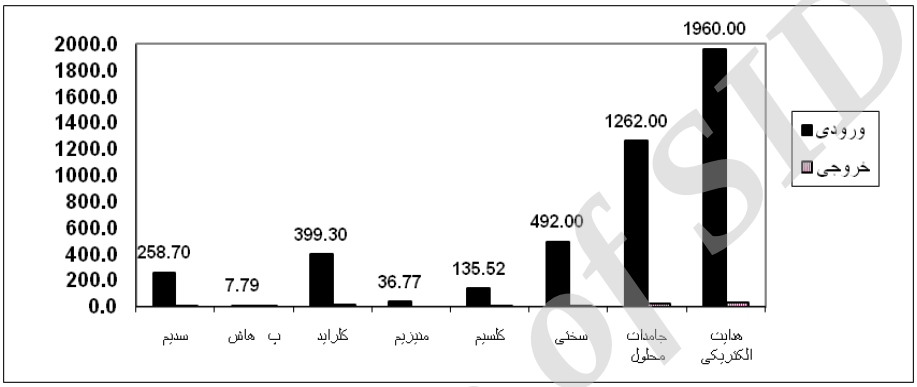
ردیف	مشخصه	واحد	ورودی	میانگین	حداقل	حداکثر	درصد حذف	حد مطلوب استاندارد	حداکثر مجاز
۱	هدایت الکتریکی	میکرو زیمنس بر سانتی متر	۱۹۶۰	۳۰	۳۰	۳۰	۹۸/۴۷		
۲	کل جامدات محلول	میلی گرم بر لیتر	۱۲۶۲	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۹/۵	۹۸/۴۵	۱۰۰۰	۱۵۰۰
۳	سختی کل	میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم	۴۹۲	۶/۲	۶	۶/۶	۹۸/۷۴	۲۰۰	۵۰۰
۴	کلسیم	میلی گرم بر لیتر	۱۳۵/۵۲	۱/۹۶	۱/۷۶	۲/۱۶	۹۸/۵۵	۳۰۰	
۵	منیزیم	میلی گرم بر لیتر	۳۶/۷۷	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۴۳	۹۹/۱۵	۳۰	
۶	کلراید	میلی گرم بر لیتر	۳۹۹/۳	۱۴/۰۷	۱۳/۲۱	۱۴/۷۹	۹۶/۴۸	۲۵۰	۴۰۰
۷	پ هاش		۷/۷۹	۵/۸۲	۵/۷۱	۵/۹۲	۲۵/۲۶	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۹
۸	سدیم	میلی گرم بر لیتر	۲۵۸/۷	۹/۱۲	۸/۵۶	۹/۵۸	۹۶/۴۸	۲۰۰	۲۵۰
۹	کل کربن آلی	میلی گرم بر لیتر	۰/۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۹۸/۵۷		
۱۰	دما	درجه سانتی گراد		۱۷/۳۵	۱۷/۲	۱۷/۵			

Archive of SID

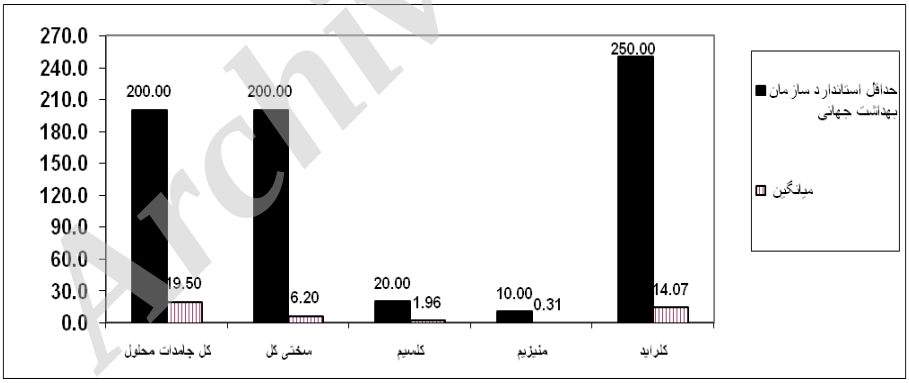
www.SID.ir



شکل۲- درصد حذف آنیون ها و کاتیون ها



شکل۳ - روند تغییرات آنیون ها و کاتیون ها در ورودی و پرمیت



شکل٤- روند تغییرات پنج پارامتر کیفی در پرمیت با حداقل استاندارد مطلوب سازمان بهداشت جهانی

نتایج و بحث

نتایج تحلیل کیفی آب تصفیه شده و همچنین مقادیر میانگین، حداقل، حداکثر، پارامترهای مورد بررسی و مقادیر حداقل مطلوب و حداکثر مجاز بر اساس استانداردهای ملی ایران و درصد حذف آنیون ها و کاتیون ها در هر مرحله از فرایند تصفیه تا خروجی تصفیه در جدول (۵)و شکل (۲) ارائه شده است.

همانطور که مشاهده می شود منیزیم بیشترین مقدار حذف را داشته است. نتایج آزمایش ها در شکل (۲) نشان می دهد که میانگین غلظت کلسیم، منیزیم، کلراید،سختی کل و کل جامدات محلول نمونه ها به ترتیب برابر ۱/۹۶، ۰/۳۱،۱۴/۰۷، ۶/۲ و ۱۹/۵میلی گرم بر لیتر است،که این مقادیر کمتر از حد مطلوب استانداردهای ملی ایران و حداقل مطلوب استانداردهای سازمان بهداشت جهانی می باشد. آب فاقد سختی یا با سختی خیلی کم اگر چه برای مصارف صنعتی بسیار مناسب است ولی برای آشامیدن مناسب نیست، به همین دلیل در آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن غلظت سختی بایستی بالای ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و در محدوده ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی گرم در لیتر قرار داشته باشد سختی بالای حداکثر۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، ممکن

Archive of SID
www.SID.ir

است باعث رسوب در سیستم های لوله کشی ، شبکه توزیع و مخازن در سراسر ساختمان شود. همچنین باعث پایین آوردن قدرت تمیزکنندگی آب وکاهش خاصیت پاک کنندگی صابون و سایر شوینده ها را به همراه خواهد داشت. آب های سبک با سختی کمتر از ۱۰۰میلی گرم بر لیتر و پ هاش پایین تر از هفت، ممکن است ظرفیت محافظتی کمتر داشته باشند و خیلی بیشتر برای لوله ها فرساینده باشند و باعث خوردگی لوله ها گردند و آلودگی بیشتری را در لوله های آب ایجاد نمایند. مقدار رهنمود سازمان بهداشت جهانی از ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر برای سختی به وجود آمد و بر اساس مزه و توجه به استفاده های خانگی بود(بی نام، ۲۰۱۱).سختی کل به دست آمده در این تحقیق پایین تر از حد مطلوب بود که با نتیجه به دست آمده از مطالعه یاری و همکاران (۱۳۸۶)، مطالعه خدادادی و همکاران (۱۳۸۹)، قنادی و فرهادپور (۱۳۸۴) و بلکاسمو همکاران[1] (۲۰۰۷) مطابقت دارد.در مطالعه میران زاده و ربانی (۱۳۸۹) در کاشان، میانگین سختی کل آب خروجی از دستگاه های آب شیرین کن ۱۱۸ میلی گرم بر لیتر و در حد مطلوب بوده است و با نتایج حاصل شده از این مطالعه مغایرت دارد. در اولین نسخه رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی که در سال ۱۹۸۴ منتشر شد، ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر برای کل جامدات محلول را به عنوان بالاترین حد مجاز غلظت عنوان نمودند. وجود مقدار زیاد کل جامدات محلول سبب اعتراض مصرف کنندگان است که علت بروز این ماده را رسوبات موجود در لوله های آب، گرم کننده های دیگ های جوش و سایر ابزار آلات ساختمانی می دانند. نتایج محکمی در رابطه با همیاری بین سدیم در آب آشامیدنی و وقوع بیماری هایپرتنشن نمی توان به دست آورد. بنابراین ارزش راهنما بر اساس بهداشت برای آن پیشنهاد نشده است. اما غلظت های در حدود زیر۲۰۰ میلی گرم بر لیتر ممکن است طعم غیر قابل قبولی ایجاد نماید(بی نام، ۲۰۱۱). همنین مقدار سدیم ۹/۱۲میلی گرم بر لیتر است که این مقدار کمتر از حد مطلوب استاندارد ملی می باشد. با توجه به نتایج آزمایش های انجام شده، آب حاصل از دستگاه آب شیرین کن دارای درجه اسیدی پائین تر از استاندارد تعیین شده هستند(میزان استاندارد ۶/۵ تا ۸/۵می باشد) که این موضوع از نظر خورنده بودن آب و حل شدن مواد مختلف در آن حائز اهمیت است که با نتیجه حاصل شده از مطالعات یاری و همکاران (۱۳۸۶)بر روی آب شیرین کن ها در شهر قم، میران زاده و ربانی (۱۳۸۹) در شهر کاشان، قنادی و فرهادپور (۱۳۸۴) در شهر و روستاهای ایران، سهن[2] (۲۰۰۸) و بلکاسم و همکاران (۲۰۰۷) و آل ادوانی و همکاران[3] در کشور کویت (۲۰۰۶)همخوانی دارد. میزان کلسیم و منیزیم به ترتیب برابر ۱/۹۶ و ۰/۳۱ میلی گرم بر لیتر می باشد در صورتی که مقادیر حداقل آنها به ترتیب ۲۰ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر می باشد و میزان مناسب کل جامدات محلول در آب آشامیدنی۲۰۰میلی گرم بر لیتر می باشد در صورتی که میانگین این پارامتر در نمونه های مورد بررسی ۱۹/۵ میلی گرم بر لیتر می باشد.کاهش منیزیم منجر به بیماری هیپو منیزیمی[4] می شود. علائم این بیماری شامل گرفتگی عضلانی، تپش قلب، تحریک پذیری عصبی و عضلانی همراه با تشنج در موارد بسیار شدید، بی اشتهایی، بی حالی و اسهال طولانی مدت می باشد. همچنین کمبود منیزیم باعث فشار خون بالا و بیماری های قلبی و عروقی، بیماری آتروژنیز، دیابت نوع دو، سکته مغزی میگردد. ویژگی اصلی کمبود کلسیم در کودکان، نرمی استخوان و تغییر شکل ساختاری استخوان های در حال رشد می باشد در حالی که در بزرگ سالان در پوکی استخوان نقش دارد (بی نام، ۲۰۰۹).بنابراین با اضافه نمودن ترکیبات کلسیم و منیزیم به آب خروجی از این سیستم می توان این مشکلات را برطرف نمود (دیندارلو و همکاران، ۱۳۸۵ ؛میران زاده و ربانی، ۱۳۸۹). البته می توان آب ورودی را با درصد مشخص و با در نظر گرفتن سایر پارامترها به آب تصفیه شده اضافه نمود تا سختی مورد نظر تامین شود.

میزان کل کربن آلی و کلر باقیمانده نیز به ترتیب برابر ۰/۰۱و ۰ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. نتایج به دست آمده در این تحقیق با مطالعات وان در برگن (۲۰۰۳)و وان در برگن و اسچیپ (۱۹۹۸) مطابقت داشت. دهقانی و همکارانش (۱۳۹۲) در مطالعه ای در شهر قشم، به این نتیجه رسیدند که دستگاه های آب شیرین کن قابلیت بالایی در تهیه آب آشامیدنی سالم در مقایسه با استانداردهای کیفی را دارا می باشد، سختی کل و فلوئور در آب خروجی کمتر از حد مطلوب، کلرور بالاتر از حد مجاز و غلظت سایر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه در محدوده قابل قبول بود. سهن (۲۰۰۸) در مطالعه دیگری در فنلاند تاثیر دستگاه های آب شیرین کن بر کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب را بررسی نمود. نتایج تحقیق نشان داد که این فرایند توانایی حذف اکثر یون های موجود در آب به میزان بالای ۹۰ درصد را دارد. بدالو و همکاران[5] در مطالعه ایی در اسپانیا و داعی نیاکی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه دیگری، کارایی این فرایند را در حذف سولفات و دیگر املاح را مطلوب گزارش کردند . شکل (۳)، روند تغییرات آنیون ها و کاتیون ها در ورودی و پرمیت و شکل (۴)، روند تغییرات پنج پارامتر کیفی در پرمیت با حداقل استاندارد مطلوب سازمان بهداشت جهانی را نشان می دهد.

نتیجه گیری

۶۰ درصد آب ورودی به سیستم نانو فیلتراسیون به آب تولیدی (پرمیت) و ۴۰ درصد به پساب(جریان تغلیظ شده) تبدیل می شود. کارایی سیستم در حذف هدایت الکتریکی (۹۸/۴۷ درصد)، کل جامدات محلول (۹۸/۴۵ درصد)، سختی کل (۹۸/۷۴ درصد)،

1-Belkacem *et al.*
2- Sehn.
3- Al-Odwani *et al.*

4-Hypomagnesaemia.
5- Bodalo *et al.*

Archive of SID

www.SID.ir

کلسیم (۹۸/۵۵ درصد)، منیزیم (۹۹/۱۵ درصد)، کلراید (۹۶/۴۸ درصد) ، سدیم (۹۶/۴۸ درصد) و کل کربن آلی (۹۸/۵۷درصد)می باشد. با توجه به پائین بودن کلیه املاح محلول در آب تصفیه شده و همچنین ارزش تغذیه ای آب به ویژه از نظر عناصر کلسیم و منیزیم و اهمیت جذب این عناصر از طریق آب به بدن انسان و ارتباطی که بین سختی آب آشامیدنی و کاهش شیوع بیماری های قلبی و عروقی در جوامع وجود دارد، این مسئله می تواند در دراز مدت مسئله انگیز باشد. بنابراین پیشنهاد می گردد عملیات ترقیق آب تصفیه شده را با آب ورودی تا تنظیم فاکتورهای مختلف در حد مطلوب انجام دهند. همچنین میزان کلر باقیمانده در محل بارگیری تانکر ۱ میلی گرم بر لیتر و در شبکه دستگاه کارتخوان ۰/۳میلی گرم بر لیتر تنظیم گردد. محدوده پ هاش نیز بایستی بین ۶/۵تا ۸/۵ تنظیم گردد. بدیهی است طعم لب شور آب کارون، مسبب اصلی در رویکرد عمومی به استفاده از سیستم های آب شیرین کن بوده و تسریع در اجرای پروژه های انتقال آب از بالا دست، راهکار اصلی در حل این معضل به شمار می رود. علیرغم این موضوع تغییر ذائقه عمومی به دلیل استفاده از آب شیرین با مقدار کل جامدات محلول بسیار پایین وپ هاش نسبتا" اسیدی، می تواند تاثیر مثبت دریافت آب از بالا دست، در بهبود کیفیت آب شرب را تحت الشعاع قرار دهد. بدیهی است فرهنگ سازی در خصوص عدم استفاده از آب شیرین کن ها با وضعیت کیفی آب کارون امری ناممکن می باشد لذا در راستای تضمین بهداشت و سلامت شهروندان پیشنهاد می گردد تمهیدات مقتضی جهت الزام شرکت های تولیدکننده و نصب کننده سامانه های آب شیرین کن صنعتی و خانگی برای تنظیم میزان کل جامدات محلول آب تولید شده در محدوده ۶۰۰-۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اتخاذ گردیده و امکانات آموزشی و فرهنگی برای اطلاع رسانی عمومی در این زمینه به کار گرفته شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری صمیمانه مسئولان شرکت آب و فاضلاب اهواز و تصفیه خانه ملاثانی، سپاسگزاری می شود.

منابع

۱- بی نام. ۱۳۸۸. ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی. موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران، تجدید نظر پنجم.

۲- خدادادی، م.، دری، ح. و م. میرزایی. ۱۳۸۹. بررسی نقش آب شیرین کن های سطح شهر بیرجند درحذف پارامترهای شیمیای و فیزیکی و میکروبی آب آشامیدنی شهر بیرجند ۱۳۸۸. یازدهمین کنگره سالیانه دانشجویان علوم پزشکی کشور، دانشگاه علوم پزشکی بندر عباس، ۵۵.

۳- داعی نیاکی، م.، تکدستان، ا.، زرولی، م.ع . و م.ص. مرتضوی. ۱۳۹۲. بررسی کارایی فناوری نانو فیلتراسیون در حذف فلزات سنگین از فاضلاب. ۲۴(۱): ۱۳۱-۱۲۵.

۴- دهقانی، م.، دوله، م.، هاشمی، ح. و ن. شمس‌الدینی. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب ورودی و خروجی دستگاه‌های آب شیرین‌کن با فرایند اسمز معکوس در شهر قشم. ۲ (۱) :۳۳-.

۵- دیندارلو، ک.، علی پور، و. و غ. فرشیدفر. ۱۳۸۵. کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس. مجله پزشکی هرمزگان، ۱۰(۱): ۶۲-۵۷.

۶- صباح، س. و ب. هوشیاری. ۱۳۹۰. بررسی میزان کارایی سیستم نانو فیلتراسیون در تصفیه آب آشامیدنی و حذف یونهایی نظیر نیترات از آبهای زیر زمینی. کنفرانس بین المللی آب و فاضلاب، تهران، ۸۹.

۷- عمو عموها، م. ۱۳۸۹. بررسی و تعیین مبانی طراحی و کارایی سیستم نانو فیلتراسیون در حذف نیترات از آبهای زیر زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۸- قنادی، م. و ژ. فرهادپور. ۱۳۸۴. آب شیرین کن های شهری و روستایی ایران و کیفیت آب استحصال شده ی آنها. فصلنامه آب و محیط زیست، ۳ (۶۴):۱۰-۳.

۹- میران زاده،م. و ربانی.د. بررسی کیفیت شیمیایی آب ورودی و خروجی دستگاه های آب شیرین کن شهر کاشان طی سال های ۸۷ – ۱۳۸۶. دوماه نامه علمی ـ پژوهشی فیض. ۱۴ (۲) :۱۲۰-۱۲۵.

۱۰- یاری، ا.، صفدری، م.، حدادیان، ل. و م.ح. باباخانی. ۱۳۸۶. بررسی کیفیت فیزیکی ،شیمیایی و میکروبی آب تصفیه شده دستگاههای آب شیرینکن بخشخصوصی در شهر قم در سال۱۳۸۱. مجلهدانشگاه علوم پزشکی قم، ۱(۱): ۵۴-۴۵.

Archive of SID
www.SID.ir

11- Al-Odwani, A., El-Sayed, E.E.F., Al-Tabtabaei, M. and M. Safar . 2006. Corrosion resistance and performance of copper-nickel and titanium alloys in MSF distillation plants. Desalination. 201(1-3): 46-57.

12- Anonymous. 2012. Water and waste water company portal of Ahwaz,Molasani water treatment plant, available from:2012/2/8.http://www.aww.co.ir/tabid/84/Default.aspx.

13-Anonymous.2011. Guidelines for drinking-water quality: 4th Edition, Volume 1, Recommendations, pp. 251-255.Geneva, ISBN 978 92 4 154815 1.

14- Anonymous. 2009. Calcium and magnesium in drinking-water, Geneva, ISBN 978 92 4 156355 0.

15- Anonymous. 2008. Guidelines for drinking-water quality: Incorporating 1 st and 2 nd addenda. 3th Edition. Volume 1, Recommendations,pp. 451-455.

16- Anonymous.2005, Standard methods for the examination of water and waste water.21st Edition, American Public Health Association, Washington, DC, USA.

17- Anonymous. 2004. Guidelines for Drinking-water Quality. 3th Edition.Vol 1, Recommendations, pp.103-108. Geneva, Switzerland.

18- Anonymous. 1996. Health and aesthetic aspects of water quality.Translator. Mahvi Amir.Hossein. 1stEdition. Tehran, Iran: Balgostar; 1996.

19- Belkacem, M., Bekhti, S. and K. Bensadok . 2007. Groundwater treatment by reverse osmosis. Desalination. 206(1-3): 100-6.

20- Bodalo, A., Gomez, J.L., Gomez, E., Leon, G. and M. Tejera . 2004. Reduction of sulphate content in aqueous solutions by reverse osmosis using cellulose acetate membranes. Desalination. 162: 55-60.

21- Cumming, R.B. and R. L. Jolley.1993. Occurrence and exposure to disinfectants and disinfection by-products. In Safety of Disinfection:Balancing Chemical and Microbial Risks, 257-275,ILSI Press, Washington, DC.

22- Dach, H. 2008. Comparison of nanofiltration and reverse osmosis operation for selective desalination of brackish water: in laboratory scale of industrial pilot , PhD Thesis, Engineering Sciences. Angers, English.

23- Tchobanoglous, G. 2006 . Water Reuse, McGraw-Hill,pp.115-118.

24- Hodgson, E. 2004. The textbook of modern toxicology.John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey,3thEdition, pp.43-45.

25-Khawaji, AD., Kutubkhanah, I.K. and J. Wie. 2008. Advances in seawater desalination technologies. Desalination, 221(1-3): 47-69.

26- Labbez, C., P, Fievet., F, Thomas., A, Szymczyk., A, Vidonne., A, Foissy. And P. Pagetti. 2003. Evaluation of the “DSPM” model on a titania membrane: measurements of charged and uncharged solute retention, elctrokinetic charge, pore size, and water permeability. Journal of Colloid and Interface Science, 262: 200-211.

27- Lattemann, S. and T. Höpner. 2008. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. Desalination, 220(1-3): 1-15.

28- Mezher, T., Fath, H., Abbas, Z. and A. Khaled. 2011. Technoeconomic assessment and environmental impacts of desalination technologies. Desalination, 266(1-3): 263-73.

Archive of SID

www.SID.ir

29- Sehn, P. 2008. Fluoride removal with extra low energy reverse osmosis membranes: three years of large scale field experience in Finland. Desalination, 223: 73-84.

30- Schoeman, J.J. and A. Steyn. 2003. Nitrate removal with reverse osmosis in a rural area in South Africa. Desalination, 155(1): 15-26.

31- Schutte, C.F. and W. Focke. 2007. Evaluation of nanotechnology for application in water and wastewater treatment and related aspects in south Africa , Water Research Commission (WRC) Report no. KV 195/07. Pretoria, South Africa.

32-Thorsen, T. and H. Flogstad. 2006. Nanofiltration in drinking water treatment. EU FP6 project Techneau: D 5.3.4B, available at: http://www.techneau.org/fileadmin/files/Publications/Publications/Deliverables/D5.3.4b.pdf

33- Van der Bruggen, B. 2003. Removal of pollutants from surface water and groundwater by nanofiltration: overview of possible applications in the drinking water industry. Environmental Pollution, 122: 435-445.

34- Van der Bruggen, B. and J. Schaep. 1998. Removal of hardness from groundwater by nanofiltration.Desalination, 119: 295-302.

35-Wiltse,J.andV.L.Dellarco.1996.U.S.environmental Protection Agency Guidelines for carcinogen risk assessment:Past and future. Mutation Resarch, 365:3-15.

Archive of SID

www.SID.ir