

## مقاله پژوهشی

## بررسی عملکرد دستگاههای تصفیه آب موجود در سطح شهر بجنورد در سال ۹۲-۱۳۹۱

آمنه توانگر<sup>۱</sup>، نیره نعیمی<sup>۲\*</sup>، هاجر علیزاده<sup>۱</sup>، حمید توکلی قوچانی<sup>۳</sup>، رضا قربانیپور<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران

<sup>۲</sup> مربی عضو هیأت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری تخصصی آموزش بهداشت و ارتقاء سلامت، عضو هیأت علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران

<sup>۴</sup> کارشناس آزمایشگاه گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت- دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی- بجنورد- ایران

\* نویسنده مسئول: بجنورد، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، دانشکده بهداشت

پست الکترونیک: naeimi\_n@yahoo.com

## چکیده

**زمینه و هدف:** دستگاههای تصفیه آب به روش اسمز معکوس از جمله سیستمهای تصفیه در نقطه مصرف به شمار می آیند. با توجه به کیفیت آب در شهر بجنورد و تمایل مصرف کنندگان به استفاده از آبهای با املاح کمتر، تحقیق حاضر با هدف بررسی عملکرد این دستگاهها و مقایسه آب خروجی با استانداردهای ملی صورت گرفته است.

**مواد و روش کار:** این مطالعه توصیفی تحلیلی از اسفند ۱۳۹۱ لغایت شهریور ۱۳۹۲ انجام و نمونه برداری به صورت مستقیم از شیر ورودی و خروجی ۶ دستگاه فعال در سطح شهر (۶۶ نمونه) جهت آزمایشات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی صورت پذیرفت. آنالیز نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS18 و آزمونهای آماری کلموگروف اسمیرنوف و تی زوجی و مقایسه با استانداردهای ملی انجام شد.

**یافتهها:** با توجه به میزان راندمان دستگاهها در حذف پارامترهای سختی، قلیائیت، کلرور، TDS، کدورت، فلوراید، سدیم، نیترات، سولفات، فسفات و هدایت الکتریکی مشخص گردید که بجز فلوراید و منیزیم، بقیه پارامترها تقریباً در حد مطلوب قرار دارند. میانگین غلظت pH در آب خروجی ۷/۶۸ واحد و کلرباقیمانده ۰/۶۴ mg/l بود. نتایج آنالیز تی زوجی نیز نشان دهنده تفاوت معنی دار آماری کلیه پارامترهای ورودی و خروجی دستگاهها ( $P < 0.05$ ) بجز فسفات است. ۵/۴۱٪ نمونهها آلوده به باکتریهای کلیفرم و تمام نمونهها آلوده به کلوستریدیوم پرفرنزئنس بودند. در هیچ یک از نمونهها آلودگی به کلیفرم مدفوعی مشاهده نشد. باکتریهای هتروتروف نیز پائین تر از حد استاندارد بودند.

**نتیجه گیری:** کنترل و پایش مداوم کیفیت آب ورودی و خروجی دستگاهها به منظور حفظ مقادیر در حد مطلوب توسط سازمانهای ذی-ربط امری ضروری به نظر می رسد.

**واژههای کلیدی:** ایستگاه تصفیه آب، کیفیت آب، اسمز معکوس، بجنورد

## مقدمه

افزایش فلئور اشاره نمود که به ترتیب باعث پوسیدگی دندان و اسکروزیس خواهد شد [۲، ۱]. بنابراین استاندارد بودن کیفیت آب آشامیدنی می تواند نقش مؤثری در بهداشت و سلامت انسان به عهده داشته باشد. به همین دلیل یکی از وظایف اصلی مسئولان تهیه و توزیع آب شرب، کنترل کیفیت آن است. آب آشامیدنی بایستی علاوه بر اینکه از نظر ظاهری شفاف، زلال و عاری از

آب یکی از نیازهای اساسی و اولیه ی هر موجودی است و بدون آن حیات معنایی نخواهد داشت. آب آشامیدنی علاوه بر تأمین آب مورد نیاز بدن در برگیرنده املاح و عناصر معدنی و ضروری برای بدن است که کمبود یا افزایش پاره ای از آنها منجر به ایجاد مشکلات و بیماری های مختلفی می شود بعنوان مثال می توان به کاهش و

کدورت باشد، از نظر کیفیت شیمیایی و میکروبی نیز در حد مطلوبی باشد [۲]. وجود باکتری‌هایی همچون اشرشیاکلی و کلیفرم‌ها در آب نشان دهنده ناکافی بودن فرآیند تصفیه و همچنین آلودگی متناوب و اخیر آب با مدفوع انسان و حیوان است. در تعیین منشأ آلودگی آب با مدفوع و ارزشیابی کارائی روش‌های گندزدائی آب می‌توان به عنوان یک نشانگر اضافی از استرپتوکوک‌های مدفوعی و کلستریدیوم‌های احیاءکننده سولفیت نیز استفاده نمود. کلستریدیوم‌ها در مقایسه با کلیفرم‌ها و استرپتوکوک‌ها نسبت به عوامل فیزیکی و شیمیایی مقاوم‌تر بوده و اسپور آن برای مدت طولانی در آب باقی می‌ماند بنابراین حضور آن در آب نشان دهنده وقوع آلودگی در گذشته و همچنین ناکافی بودن فرآیند تصفیه است. بیماری گاستروانتریت از جمله بیماری‌هایی است که توسط کلستریدیوم‌ها و اشرشیاکلی ایجاد شده و سبب بروز اسهال، استفراغ و دیگر مشکلات در انسان می‌شود [۳]. در جوامعی که دسترسی کمی به آب آشامیدنی سالم دارند، بیماری‌های ناشی از آب به عنوان یکی از علل عمده بیماری و مرگ و میر می‌باشد. سازمان بهداشت جهانی تخمین می‌زند که در هر سال ۱/۸ میلیون مرگ در جهان در اثر فقر و بهداشت نامناسب رخ می‌دهد [۴].

از لحاظ کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی نیز کاتیون‌های چند ظرفیتی مخصوصاً کلسیم و منیزیم به راحتی ته نشین شده و بخصوص در واکنش با صابون سبب کف نکردن آن و تشکیل رسوبات مزاحم می‌گردند [۳]. بر اساس استانداردهای ملی ایران حداکثر مطلوب سختی کل بر حسب کربنات کلسیم ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد [۵]. بالا بودن جامدات محلول آب (TDS) نیز سبب ایجاد مزه شوری در آب شده و لذا تمایل مصرف‌کنندگان را به مصرف چنین آب‌هایی کاهش می‌دهد به همین دلیل مصرف‌کنندگان همیشه در پی آب‌های شیرین‌تر بوده‌اند [۲]. همچنین با توجه به مسأله کمبود منابع آبی در دسترس، انسانها به مدت طولانی در جستجوی روش تصفیه مناسبی برای منابع ناچیز آب شیرین بوده‌اند. آب شیرین‌کن مفهوم جدیدی برای انسان نیست بلکه این ایده ایست برای تبدیل آب شور به آب شیرین که روز به روز توسعه یافته و برای قرن‌ها از آن استفاده می‌شود [۶]. با توجه

به اینکه کیفیت آب آشامیدنی به طور معمول در شبکه توزیع کنترل شده است نه در نقطه مصرف استفاده از سیستم تصفیه در نقطه مصرف، از جمله روشهایی است که به منظور دستیابی به اهداف و مقررات جدید آب آشامیدنی مطرح شده‌اند [۷]. دستگاه‌های تصفیه آب به روش غشایی اسمز معکوس از جمله این سیستم‌ها به شمار می‌آیند به نحوی که قادر به جداسازی تقریباً ۹۰ تا ۹۵ درصد املاح آب می‌باشد [۱ و ۸]. در روش اسمز معکوس، آب خام توسط پمپ به داخل محفظه‌ای که دارای غشای نیمه تراوا می‌باشد، رانده می‌شود. چون تقریباً فقط آب خالص می‌تواند از غشاء عبور کند به این صورت آب تقریباً خالص در یک طرف غشاء و آب تغلیظ شده از ناخالصی‌ها در طرف دیگر خواهیم داشت. حذف باکتریها، ویروسها و دیگر میکروارگانیسم‌ها با این روش ۱۰۰٪ است اما به علت عدم آب بندی کامل سیستم اسمز معکوس مقدار کمی از این گونه ناخالصی‌ها در آب تصفیه شده، ممکن است دیده شود [۹، ۱۰].

در مطالعه‌ای که توسط مجرو<sup>۱</sup> و همکاران در جنوب آفریقا در زمینه‌ی نصب سیستم‌های تصفیه‌ی آب خانگی انجام پذیرفت مشخص گردید که میزان شیوع بیماری اسهال پس از استفاده از سیستم اسمز معکوس به ۵۷٪ کاهش یافته است [۱۱]. در پژوهش دیگری که واربتنز<sup>۲</sup> و همکاران در زمینه‌ی مزایای تصفیه‌ی آب آشامیدنی با استفاده از سیستم‌های تصفیه‌ی غیر متمرکز در مقیاس خانگی انجام دادند مشخص گردید کاربرد این سیستم‌ها به دلیل قیمت کم، راحتی کاربرد، نگهداری کم هزینه و وابستگی کم به منابع انرژی برای تصفیه آب مناسب می‌باشند [۱۲]. با توجه به میزان سختی آب آشامیدنی شهر بجنورد با جمعیت حدود ۸۱۱۵۷۲ نفر و تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از آب‌های با سختی کمتر لذا به ایستگاههای توزیع آب آشامیدنی تصفیه شده روی می‌آورند همچنین با توجه به این که این شهر در مسیر شهر مقدس مشهد قرار دارد و هر ساله مسافری و زائرین زیادی از این مسیر عبور می‌کنند و امکان خریداری و مصرف این آبها وجود دارد

1 -Majuru

2 -Varbanets

انحراف معیار و آزمون آماری کلموگروف اسمیرنوف و تی زوجی و در صورت عدم پیروی داده ها از توزیع نرمال از آزمون من ویتنی انجام پذیرفت و در نهایت میانگین نتایج حاصله با استانداردهای ملی ایران مقایسه شدند.

#### یافته ها

میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه گیری شده از ورودی و خروجی ۶ ایستگاه فعال موجود در سطح بجنورد در جدول ۱ و میانگین پارامترهای میکروبی مورد سنجش در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون تی زوجی حاکی از آن است که: در ایستگاه شماره ۱ بین مقادیر ورودی و خروجی پارامترهای کدورت، سدیم، EC، TDS، سولفات و فسفات، و در ایستگاه شماره ۲ بین کدورت، سدیم، پتاسیم، pH، کلر باقیمانده، سولفات و فسفات، تفاوت آماری معنی داری وجود ندارد. در ایستگاه شماره ۳ به جزء پارامترهای سختی کل، سدیم، پتاسیم، EC، TDS، کلر باقیمانده و فلوراید در مورد بقیه پارامترها بین مقادیر ورودی و خروجی تفاوت آماری معنی داری مشاهده نگردید. در ایستگاه شماره ۴ بین مقادیر ورودی و خروجی پارامترهای کدورت، سدیم، کلر باقیمانده، سولفات و فسفات، در ایستگاه شماره ۵ بین پارامترهای کدورت، سدیم، سولفات و فسفات و در ایستگاه شماره ۶ بین سدیم، نیترات و فسفات تفاوت آماری معنی داری مشاهده نگردید.

#### بحث

گندزدایی یکی از مهمترین فرآیندهای تصفیه آب جهت تخریب عوامل بیماریزای میکروبی و بهبود کیفیت آب برای مصارف مختلف می باشد [۱۴]. با توجه به نتایج حاصله میانگین کلر باقیمانده، در آب خروجی کلیه دستگاه ها در رنج استاندارد بود که با نتایج یاری و همکاران [۱] همخوانی ندارد. آب فاقد سختی یا با سختی خیلی کم اگرچه 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 بر لیتر و در محدوده ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر قرار داشته باشد. وجود غلظت مناسب سختی در آب آشامیدنی اگرچه از نظر بهداشتی دارای

بنابراین این تحقیق با هدف بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب دستگاه های تصفیه موجود در سطح شهر بجنورد و مقایسه آن با استاندارد ها انجام شده است.

#### روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی بوده و از اسفند سال ۱۳۹۱ لغایت شهریور ۱۳۹۲ ادامه یافت. پس از شناسایی ایستگاه های فعال تصفیه آب در سطح شهر، نمونه برداری به صورت لحظه ای و بدون اطلاع قبلی از شیر ورودی و خروجی ۶ دستگاه فعال به روش اسمز معکوس صورت پذیرفت. جهت آزمایشات فیزیکی و شیمیایی از ظروف پلی اتیلن ۲ لیتری تمیز و به منظور انجام آزمایشات میکروبی از ظروف شیشه ای استریل طبق دستورالعمل موجود در کتاب استاندارد متد استفاده گردید. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه مورد آزمایش های میکروبی و انواع آزمایش های فیزیکی و شیمیایی قرار گرفتند. در این مطالعه آزمایشات فیزیکی و شیمیایی از قبیل هدایت الکتریکی، دما، کدورت، کل مواد جامد محلول (TDS)، pH، سختی کل، سختی کلسیمی و منیزیمی، قلیائیت، کلرور، کلر باقیمانده آزاد، فسفات، سولفات، فلوراید، نیترات، سدیم و پتاسیم انجام شد. سنجش pH با استفاده از الکتروود pH متر (HACH)، کدورت نمونه ها به روش نفولومتری با استفاده از کدورت سنج مدل ۲۱۰۰N شرکت HACH، هدایت الکتریکی و TDS نمونه ها با استفاده از دستگاه کنداکتیو تیترومتر Jenway مدل ۴۵۱۰، سدیم و پتاسیم با استفاده از فلیم فتومتر Jenway PFP7 و اندازه گیری یونهای سولفات، فسفات، نیترات و فلوراید با دستگاه اسپکتروفوتومتر DR5000، کلرور با روش موهر و سختی و قلیائیت با روش تیتراسیون مطابق روش های استاندارد بر اساس کتاب استاندارد متد ۲۰۰۵ [۱۳] انجام گرفت. جهت دقت نمونه ها اندازه گیری ها دو مرتبه و میانگین نمونه ها یادداشت گردیدند. در آزمایشهای میکروبی از شاخص های کل کلیفرم ها، کلیفرم مدفوعی و کلستریدیوم پرفرژنس به روش تخمیر چند لوله ای و شمارش بشقابی باکتری های هتروتروف به روش گسترده (محیط کشت R<sub>2</sub>A agar) استفاده گردید. جهت آنالیز نتایج با استفاده از نرم افزار Excel و SPSS18، میانگین،

جدول ۱: میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد سنجش در آب ورودی و خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب موجود در سطح شهر بجنورد

ایستگاه	سختی کل (mg/l)		سختی کلسیم		سختی منیزیم		P-value
	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	
۱	± ۱۴۴/۹۵	۹۵ ± ۴۱/۴۸	۸۰/۱۲	± ۲۸۴/۶۷	± ۸۷/۶۶	۳۶ ± ۳۱/۷۸	۰/۰۰۳
۲	± ۱۵۷/۵۸	± ۶۶/۵۴	± ۱۲/۹۹	± ۹۹/۴۲	± ۱۴۲/۲۵	± ۵۷/۷	۰/۰۰۲
۳	± ۷۸/۷۵	± ۵۳/۸۷	± ۸۴/۱۷	± ۲۹۷/۳۳	± ۴۵۷/۱۷	± ۶۸/۳۳	۰/۰۰۳
۴	± ۴۳/۹۷	± ۱۰۴/۶۷	± ۲۶/۶۷	± ۲۶۷/۶۷	± ۸۴/۱۸	± ۴۶/۶۷	۰/۰۹۸
۵	۷۵۵ ± ۹۹/۷۱	± ۴۳/۹۷	± ۱۸/۳۵	± ۶۷/۳۷	± ۱۵۰/۴۳	± ۴۰۳/۱۷	۰/۰۰۱
۶	± ۱۳۲/۳۶	± ۶۰/۲۲	± ۷/۹۴	± ۹۸/۵۹	± ۹۱/۹۲	± ۵۶/۸	۰/۰۳۵
میانگین	۴۶۷/۶۷	۱۰۹/۵	۵۹/۳۳	۲۷۱	۱۹۶/۶۷	۵۰/۱۷	۰/۰۳۵
استاندارد	± ۷۵/۷	± ۸۵/۳۲	± ۱۰۴/۲۶	± ۲۷۷/۸۳	± ۶۰/۶۱	± ۸۸/۹	۰/۰۳۹
حد مطلوب	± ۱۵۹/۲۹	± ۶۳/۲۳	± ۲۵/۳۵	± ۸۹/۵۴	± ۱۳۲/۴۹	± ۵۶/۴۳	۰/۰۳۹
مقدار مجاز	۵۶۸/۱۸	۱۲۴/۴۵	۶۸/۳ ±	۲۹۳/۹۱	۲۷۴/۲۷	۵۶/۱۵	۰/۰۳۹
		۲۰۰	۳۰۰		۳۰		
		۵۰۰					

\* تمام داده‌ها با استفاده از آزمون آماری کلموگروف اسمیرنوف از توزیع نرمال برخوردار بودند.

ادامه جدول ۱: نتایج آنالیز شیمیایی ...

ایستگاه	فلوراید (mg/l)		P-value	کلر باقیمانده		P-value	قلیائیت		P-value
	ورودی	خروجی		ورودی	خروجی		ورودی	خروجی	
۱	± ۰/۲۵	± ۰/۱۱	۰/۰۰۳	± ۰/۲۸	± ۰/۱۱	۰/۰۱۷	۸۲/۵۹	۳۴/۳۹	۰/۰۰۳
	۰/۷۸	۰/۲		± ۰/۹	۰/۵۵		± ۰/۱۶۸	± ۰/۲۸۴/۵	
۲	± ۰/۲۷	± ۰/۹۴	۰/۰۰۳	± ۰/۲۳	± ۰/۷۹	۰/۷۹۰	۱۱۵/۱۷	۷۸/۰۵	۰/۰۳۷
	۰/۹۶	۰/۳۲		± ۰/۱۸۶	۰/۹۵		± ۰/۱۱۶/۱۷	± ۰/۳۲۸/۱۷	
۳	± ۰/۲۴	± ۰/۲	۰/۰۰۸	± ۰/۳۷	± ۰/۴۱	۰/۰۰۷	۸۸/۰۵	± ۹/۵	۰/۰۸۱
	۰/۸۱	۰/۳۵		± ۰/۱۸۸	۰/۳۹		± ۰/۷۷/۳۳	± ۰/۲۲۶/۳۳	
۴	± ۰/۲۹	± ۰/۱۲	۰/۰۰۲	± ۰/۲	± ۰/۲۷	۰/۲۱۵	۳۸/۶۴	± ۱۶/۹	۰/۰۰۰
	۰/۸۱	۰/۲۶		± ۰/۱۷۶	۰/۶۱		± ۰/۸۶	± ۰/۳۴۴/۵	
۵	± ۰/۳۴	± ۰/۲۵	۰/۰۱۳	± ۰/۳۳	± ۰/۲۷	۰/۰۱۶	۷۴/۹۴	۱۵/۳۹	۰/۰۰۱
	۰/۸۹	۰/۲۹		± ۰/۱۸۹	۰/۵۸		± ۰/۶۹/۸۳	± ۰/۲۶۷/۳۳	
۶	± ۰/۲۳	± ۰/۱۴	۰/۰۰۰	± ۰/۴	± ۰/۳	۰/۰۰۲	۵۶/۹۱	۲۰/۳۱	۰/۰۰۰
	۰/۹۵	۰/۲۳		± ۰/۱۰۳	۰/۶۳		± ۰/۵۸	± ۰/۲۶۵/۶۷	
میانگین	± ۰/۲۶	± ۰/۱۵		± ۰/۲۹	± ۰/۴۲		۸۱/۶۱	۴۱/۳۶	
	۰/۸۷	۰/۲۷		± ۰/۱۸۹	۰/۶۴		± ۰/۲۹۱/۵۲	± ۰/۷۸/۲۴	
استاندارد	حد	۰/۵					-	-	
	مقدار مجاز	۱/۵					-	-	

ادامه جدول ۱: نتایج آنالیز شیمیایی ...

ایستگاه	pH		TDS(mg/l)		کدورت (NTU)		P-value
	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	
۱	± ۰/۲۷ ۷/۴۲	۶/۹۲ ± ۰/۱	± ۸۷۶/۸ ۱۱۱۰/۱۷	۲۱۶/۶۸ ± ۳۱۹/۶۷	± ۰/۴۷ ۰/۵۷	± ۰/۳۳ ۰/۳۳	۰/۳۴۶
۲	± ۰/۳۳ ۷/۳۱	۷/۱ ± ۰/۲۷	± ۵۳/۶۹ ۱۲۴۶/۶۷	± ۹۵/۸۹ ۳۱۵/۶۷	± ۰/۷۳ ۰/۶۵	± ۰/۲۹ ۰/۴۳	۰/۳۳۸
۳	± ۶/۳۳ ۱۴/۸۳	± ۶/۶۱ ۱۴/۶	± ۱۹۳/۲۸ ۸۰۹	± ۱۷/۷۹ ۲۵۵/۶۷	± ۳/۵۴ ۲/۹۱	± ۱/۰۵ ۰/۷۹	۰/۳۷۹
۴	± ۰/۲۸ ۷/۴	± ۰/۳۸ ۶/۹۳	± ۶۵۶/۱۱ ۱۴۴۸	± ۱۵۶/۶۴ ± ۳۹۱/۳۳	± ۰/۵۲ ۰/۶۴	± ۰/۳۳ ۰/۳۴	۰/۳۰۳
۵	± ۰/۲۵ ۷/۷۶	± ۰/۲۷ ۷/۱۲	± ۳۱۹/۷۶ ۸۴۷/۳۳	± ۷۵/۲۴ ۱۹۹/۸۵	± ۰/۶۹ ۰/۸۴	± ۰/۳۱ ۰/۳۷	۰/۵۵۶
۶	± ۰/۳۳ ۷/۸۷	± ۰/۲۸ ۶/۸۹	± ۲۱۵/۹۳ ۸۷۱	± ۵۰/۱۸ ۱۳۷/۴۸	± ۰/۶۱ ۰/۸۶	± ۰/۳۳ ۰/۴۲	۰/۵۰
میانگین	± ۲/۶۷ ۸/۲۱	± ۲/۷۸ ۷/۶۸	± ۵۱۹/۰۶ ۱۰۷۷/۷۵	± ۱۴۷/۴۸ ± ۲۷۱/۲۴	± ۱/۲۳ ۰/۹۱	± ۰/۴۱ ۰/۴۲	
استاندارد	حد مطلوب		۱۰۰۰		≤ ۱		
	مقدار مجاز		۱۵۰۰		۵		

ادامه جدول ۱: نتایج آنالیز شیمیایی ...

ایستگاه	EC ( $\mu\text{moh/cm}$ )		P-value	کلرور (mg/l)		P-value	سدیم (mg/l)		P-value
	ورودی	خروجی		ورودی	خروجی		ورودی	خروجی	
۱	$\pm 1463/44$ ۱۸۱۸/۳۳	$\pm 337/64$ ۵۱۴/۵	۰/۰۹۶	$61/0.9 \pm 33/4$ ۱۸۴/۶۵	$\pm 68/86$ ۱۸۴/۶۵	۰/۰۰۲	$52/97 \pm 28/0.8$ ۲۸/۰۸	$15/17 \pm 8/91$ ۸/۹۱	۰/۲۶۹
۲	$\pm 144/84$ ۲۰۱۲/۳۳	$\pm 165/94$ ۵۱۱/۸۳	۰/۰۰۰	$7/49 \pm 40/3$ ۲۲۱/۵۸	$\pm 80/0.4$ ۲۲۱/۵۸	۰/۰۰۲	$51/16 \pm 29/31$ ۲۹/۳۱	$8/7 \pm 13/57$ ۸/۷	۰/۳۳۷
۳	$\pm 351/76$ ۱۲۹۸/۶۷	$\pm 44/79$ ۴۰۹/۳۳	۰/۰۴۰	$48/88 \pm 52/8$ ۱۱۴/۳۳	$\pm 55/54$ ۱۱۴/۳۳	۰/۳۸۹	$6/0.8 \pm 1/7$ ۶/۰۸	$2/49 \pm 0.52$ ۲/۴۹	۰/۰۳۸
۴	$\pm 1115/35$ ۲۳۴۹/۶۷	$\pm 266/92$ ۵۵۲/۶۷	۰/۰۰۴	$8/54 \pm 51/65$ ۵۱/۶۵	$\pm 14/65$ ۲۵۰/۶۱	۰/۰۰۰	$41/62 \pm 25/16$ ۲۵/۱۶	$8/72 \pm 14$ ۸/۷۲	۰/۲۰۵
۵	$\pm 559/13$ ۱۴۰۲/۵	$\pm 131/5$ ۳۲۷/۶۷	۰/۰۰۳	$9/78 \pm 23/0.3$ ۲۳/۰۳	$\pm 67/49$ ۱۱۹/۶۷	۰/۰۱۷	$69/25 \pm 33/4$ ۳۳/۴	$28/0.7 \pm 13/22$ ۱۳/۲۲	۰/۳۸۴
۶	$\pm 658/26$ ۱۲۲۴/۱۷	$\pm 87/41$ ۲۲۵/۹۵	۰/۰۱۴	$13/31 \pm 21/22$ ۲۱/۲۲	$\pm 35/1$ ۸۱/۹۲	۰/۰۰۸	$31/0.3 \pm 17/71$ ۱۷/۷۱	$2/49 \pm 2/67$ ۲/۴۹	۰/۳۴۶
میانگین	$\pm 911/26$ ۱۷۱۹/۳۳	$\pm 229/0.6$ ۴۲۴/۹۶	-	$19/17 \pm 35/64$ ۳۵/۶۴	$\pm 82/69$ ۱۶۶/۴۷	-	$45/61 \pm 24/85$ ۲۴/۸۵	$15/28 \pm 7/87$ ۷/۸۷	-
استاندارد	حد مطلوب	-	-	۲۰۰	۲۰۰	-	۲۰۰	۲۰۰	-
	مقدار مجاز	-	-	۴۰۰	۴۰۰	-	۴۰۰	۴۰۰	-

ادامه جدول ۱: نتایج آنالیز شیمیایی ...

ایستگاه	نیترات (mg/l)		P-value	سولفات (mg/l)		P-value	فسفات (mg/l)		P-value
	ورودی	خروجی		ورودی	خروجی		ورودی	خروجی	
۱	± ۲/۵۱	± ۱/۴۶	۰/۰۰۱	± ۱۱/۵۴	۱۸۹/۵۷	۰/۰۹۸	± ۳/۱۵	± ۰/۹۳	۰/۳۵۸
	۷/۴	۳/۲		۴۴	± ۲۰/۱۶۷		۲/۰۳	۰/۹۲	
۲	± ۴/۰۹	± ۰/۸۵	۰/۰۳۶	± ۱۶/۲۶	۱۲۱/۵۸	۰/۱۰۸	± ۰/۲	± ۰/۴۴	۰/۹۲۰
	۶/۱	۲/۱۵		۷۰	± ۱۶۶		۰/۵۵	۰/۵۳	
۳	± ۱/۶۷	± ۰/۲۶	۰/۲۰۴	± ۲۶	± ۸۸/۲۷	۰/۰۹۴	± ۰/۰۶	± ۰/۱۹	۰/۸۴۳
	۲/۲۳	۱/۲		۶۸/۳۳	۲۶۸		۰/۲۷	۰/۲۵	
۴	± ۱/۹۲	± ۰/۷۴	۰/۰۰۳	± ۳۸/۸۵	۱۲۴/۲۲	۰/۰۹۵	± ۰/۴	± ۰/۲۷	۰/۰۵۷
	۸/۹	۳/۱		۶۹/۶۷	± ۱۶۶/۶۷		۰/۵۶	۰/۳۸	
۵	± ۲/۵۹	± ۰/۷۶	۰/۰۴۵	± ۱۶/۹۲	۱۶۳/۰۲	۰/۰۹۴	± ۰/۴۱	± ۰/۵۱	۰/۲۰۶
	۳/۵	۱/۲۲		۴۵/۵	± ۱۸۴/۳۳		۰/۴۸	۰/۶۱	
۶	± ۲/۵۸	± ۱/۸۳	۰/۰۷۳	± ۲/۹۳	± ۸۹/۰۳	۰/۰۴۵	± ۰/۳۶	± ۰/۸۵	۰/۶۳۷
	۳/۶۲	۱/۵۲		۲۸/۱۷	۱۲۴/۳۳		۰/۳۷	۰/۴۸	
میانگین	± ۳/۳۹	± ۱/۳۶		± ۲۵/۶۱	۱۳۲/۹۵		± ۱/۴۲	± ۰/۶۱	
	۵/۶۲	۲/۱۴		۵۳	± ۱۷۷/۶۴		۰/۷۵	۰/۵۶	
حد مطلوب				۲۵۰					
استاندارد مقدار مجاز				۴۰۰					
									۵۰

جدول ۲: میانگین پارامترهای میکروبی مورد سنجش در آب ورودی و خروجی از دستگاه های تصفیه آب موجود در سطح شهر بجنورد

پارامترهای مورد سنجش	واحد	مقدار استاندارد	نام ایستگاه					
			۱		۲		۳	
			ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی
کلستریدיום پرفرنزنس	MPN/100 <sup>cc</sup>	Negative	۳۶۹/۸	۵۷۶/۷	۳۶۸/۵	۵۹۳/۷	<۳	۳۸۳/۷
کلیفرم کل	MPN/100 <sup>cc</sup>	Negative	<۱/۱	۷/۷	۳/۸	۹/۲	<۱/۱	۰/۴
کلیفرم مدفوعی	MPN/100 <sup>cc</sup>	Negative	<۱/۱	<۱/۱	<۱/۱	<۱/۱	<۱/۱	<۱/۱
باکتریهای هتروتروف	CFU/mL	500	۱۵۷/۲	۳۰۴/۳	۲۸/۵	۱۴۱/۸	۸۳/۳	۳۱/۷

ادامه جدول ۲- میانگین پارامترهای میکروبی ...

پارامترهای مورد سنجش	واحد	مقدار استاندارد	نام ایستگاه					
			۴		۵		۶	
			ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی
کلستریدיום پرفرنزنس	MPN/100 <sup>cc</sup>	Negative	۳۷۰	۶۴۸/۵	۳۶۸/۲	۴۵۴	۱۹۵/۳	۷۶۴/۵
کلیفرم کل	MPN/100 <sup>cc</sup>	Negative	۳/۸	۴/۶	<۱/۱	۱۰/۶	<۱/۱	<۱/۱
کلیفرم مدفوعی	MPN/100 <sup>cc</sup>	Negative	<۱/۱	<۱/۱	<۱/۱	<۱/۱	<۱/۱	<۱/۱
باکتریهای هتروتروف	CFU/mL	500	۶۱/۵	۸۵/۳	۱۲۶/۸	۴۷۷/۸	۲۵/۸	۲۳/۵

میزان سولفات آب خروجی ایستگاه های تصفیه آب کمتر از حد مطلوب استاندارد ملی آب آشامیدنی می باشد. از طرفی با توجه به اینکه غلظت منیزیوم در کلیه ایستگاه ها بالاتر از رنج استاندارد ملی است اما از لحاظ تغییر طعم و امکان اختلال در جهاز هاضمه، میزان سولفات کمتر از  $250 \text{ mg/l}$  می باشد. میزان کلرور آب خروجی ایستگاه های تصفیه آب شهر بجنورد در کلیه ایستگاه ها کمتر از حداکثر مطلوب استاندارد ملی آب آشامیدنی می باشد. در آب آشامیدنی، غلظت های کلراید بیشتر از  $250$  میلی گرم بر لیتر به علت ایجاد مزه شور ناخوشایند است. کلراید همچنین می تواند اهمیت زیادی در خوردگی فولاد و آلومینیوم در مقادیر  $50$  میلی گرم بر لیتر یا حتی کمتر داشته باشد [۳]. میانگین فلوراید در آب ورودی کلیه ایستگاه ها در رنج استاندارد ملی قرار دارد اما در خروجی تمام ایستگاه ها به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش یافته و به کمتر از رنج استاندارد رسیده است که با نتایج میران زاده و همکاران همخوانی دارد. علت آن این است که در فرآیند RO تمام یون ها بدون توجه به مفید بودن یا نبودن آن ها زدایش شده و حالت زدایش انتخابی وجود ندارد، لذا یکی از معایب اصلی این دستگاه ها کاهش غلظت فلوراید به پایین تر از حد مطلوب می باشد [۲]. با توجه به نقش فلوراید در رشد و استحکام دندان ها و استخوان ها به ویژه در کودکان و از آنجایی که یکی از راه های ورود فلوراید به بدن از طریق مصرف آب آشامیدنی حاوی فلوراید است لذا توجه به این نکته امری لازم و ضروری به نظر می رسد. pH در تصفیه آب نقش بسیار مهمی ایفا می کند، از قبیل تاثیر مستقیمی که بر مقدار مواد شیمیایی اضافه شده جهت کاهش سختی و ذرات منعقد کننده دارد [۳]. نتایج این مطالعه نشان داد که حداقل مقدار pH در نمونه های آب خروجی  $6/9$  و ماکزیمم آن  $14/6$  بوده است. نتایج نشان می دهد که در مقایسه با مقادیر استاندارد به جزء در ایستگاه ۳، در بقیه موارد در حد استاندارد می باشد اما نسبت به مقادیر ورودی کاهش یافته است. در نتایج نمونه های دستگاه های آب شیرین کن خانگی و صنعتی در شادگان pH در محدوده  $7/5 - 6/8$  گزارش شده است [۱۶]. در مطالعه

اهمیت است ولی در سیستم های لوله کشی سبب ایجاد رسوب شده و کاهش خاصیت پاک کنندگی صابون و سایر شوینده ها را به همراه خواهد داشت. میانگین سختی کل آب خروجی از دستگاه های آب شیرین کن در این مطالعه، بین  $164/5 - 93/7$  میلی گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم بوده است که فقط در ۲ ایستگاه در محدوده  $100$  تا  $150$  میلی گرم بر لیتر می باشد. در مورد دستگاه های آب شیرین کن شهر کاشان، نتایج تحقیق نشان داد که به جز در دو دستگاه که غلظت سختی زیر  $100$  میلی گرم بر لیتر بوده در بقیه دستگاه ها مقدار آن در محدوده  $100$  تا  $150$  میلی گرم بر لیتر قرار داشته است [۲]. همچنین نتایج بررسی کیفیت آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن مستقر در روستاها و شهر های ایران در سال  $1385$  نشان داده که در مواردی غلظت سختی در آب خروجی دستگاه ها تا حد مطلوب فاصله داشته است [۱۵]. میزان کدورت در منابع آب تغییرات زیادی بر روی پارامترهای کیفی آب ایجاد می نماید. افزایش کدورت اندازه گیری شده اغلب به عنوان شاخصی برای افزایش غلظت ترکیباتی مانند باکتری ها، کیست ژیا ردیا و اووسیت کریپتوسپوریوم به کار برده می شود [۳]. با توجه به استاندارد ملی ایران میانگین کدورت در آب خروجی کلیه دستگاه ها بیشتر از حداکثر مطلوب  $1 \text{ NTU}$  نبوده است که با نتایج یاری و همکاران همخوانی دارد [۱]. در مطالعه انجام شده در شادگان بر روی  $12$  دستگاه آب شیرین کن صنعتی و خانگی، در  $25$  درصد موارد میزان کدورت بین حداکثر مطلوب  $1$  واحد و حداکثر مجاز  $5$  واحد  $\text{NTU}$  قرار دارند [۱۶]. کلسیم می تواند تقویت کننده حرکات قلبی-عروقی باشد. از طرفی افزایش اندک کلسیم، سبب کاهش سطح کلسترول خون می شود [۱۸]. میزان کلسیم آب خروجی تمامی ایستگاه های تصفیه آب کمتر از حاکثر مطلوب استاندارد ملی آب آشامیدنی می باشد. میزان منیزیوم در آب خروجی تمامی ایستگاه های تصفیه آب بالاتر از محدوده استاندارد ملی آب آشامیدنی می باشد. وجود سولفات در منابع آب عمومی در مقادیر زیاد به دلیل دارا بودن اثرات مسهل بسیار مهم است [۱۹]. نتایج این مطالعه نشان می دهد

میکروموس بر سانتی متر بوده است که بجزء ایستگاه های ۵ و ۶ در بقیه ایستگاه ها بالاتر از ۴۰۰ میکروموس می باشد. نتایج هدایت الکتریکی در نمونه های آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن خانگی قم در سال ۱۳۸۹ بین ۱۵۹۰ - ۹۹ میکروموس بر سانتیمتر بوده است که در ۴۷ درصد موارد مقدار EC کم تر از ۴۰۰ میکروموس بر سانتیمتر بوده است [۱۵]. در مطالعه ای که در سال ۱۳۸۱ بر روی آب شیرین کن های بخش خصوصی در شهر قم انجام شد، نتایج نشان داد که هدایت الکتریکی در نمونه های آب خروجی این دستگاه ها بین ۵۸۸ - ۸۳ میکروموس بر سانتیمتر بوده است. در واقع در ۸۳ درصد موارد مقدار هدایت الکتریکی کم تر از ۴۰۰ میکروموس بر سانتیمتر بوده است [۱]. در مطالعه انجام شده در شادگان بر روی ۱۲ دستگاه آب شیرین کن صنعتی و خانگی مقدار EC از ۱۹۹۰ - ۱۴۰ میکروموس بر سانتیمتر گزارش شده است. در این مطالعه در ۵۰ درصد موارد مقدار EC کم تر از ۴۰۰ میکروموس بر سانتیمتر بوده است [۱۷]. پایین بودن مقدار EC در نتیجه کاهش یون های آب خواهد بود و بنابراین باید در محدوده ذکر شده فوق رقیق شود. علاوه بر مواد شیمیایی مختلف، میکروارگانیسم های گوناگونی نیز در آب پیدا می شوند که عامل اصلی شیوع بیماری های واگیر مانند: حصبه، وبا، شبه حصبه، بیماری های اسهالی و انگلی در جوامعی می باشند که از آب آلوده استفاده می نمایند. واحد های مختلف دستگاه های آب شیرین کن و از جمله غشاء اسمز معکوس آن، در بسیاری از شرایط، محیط مناسبی برای رشد و تکثیر باکتری ها فراهم می نماید. چنانچه این دستگاه ها به طور دوره ای و مرتب بازرسی و شست و شو نشوند تجمع کلنی میکروارگانیسم های مختلف بر روی غشاء و واحد های مختلف دستگاه که موجب تشکیل بیوفیلم میکروبی می شود را خواهیم داشت. اهمیت موضوع شمارش HPC در سیستم های آبرسانی و توزیع، زمانی است که تغییرات شدید در تعداد آن ها رخ می دهد، که این امر نشان دهنده ضعف عملکرد گند زدایی و یا وجود نقص از جمله شکستگی، رسوب گذاری و یا خوردگی، نشت به شبکه و یا ایجاد فشار منفی در سیستم توزیع است که باید پیگیری و اقدام مناسب جهت رفع آن به عمل آید. در

ای که در سال ۸۱ بر روی آب شیرین کن های بخش خصوصی در شهر قم انجام شد، نتایج نشان داد که pH آب خروجی دستگاه ها در محدوده ۶/۸۹ - ۵/۵۳ قرار دارد [۱]. در آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن شهر کاشان، میزان pH کمی کاهش یافته و به محدوده ۶/۸ تا ۶/۹ رسیده است [۲]. نتایج این مطالعه نشان می دهد که در نمونه های آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن مقدار کلیانیت بین ۱۱۶/۲ - ۵۸ می باشد. مشخص شده است که کلیانیت آب از نظر بهداشت عمومی دارای اهمیت چندانی نمی باشد. آب های با کلیانیت بالا معمولاً گوارا نبوده و مصرف کنندگان متمایل به انتخاب دیگر منابع می شوند [۱۹]. نتایج نشان داد که در نمونه های آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن در مطالعه فوق مقدار TDS بین ۳۹۱/۳ - ۱۳۷/۵ میلی گرم بر لیتر بوده است. نتایج نشان داد که در نمونه های آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن خانگی در قم مقدار TDS ۱۰۳۴ - ۶۴ میلی گرم بر لیتر بوده است [۱۵]. در مطالعه آب شیرین کن های بخش خصوصی شهر قم نتایج نشان داد که در ۲۳ درصد موارد مقدار TDS کم تر از ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بوده است [۱]. در مطالعه انجام شده در شادگان بر روی نمونه های آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن خانگی و صنعتی نتایج نشان داد که در ۱۷ درصد موارد مقدار مواد جامد محلول کم تر از ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و در ۱۷ درصد موارد مقدار TDS بیش تر از ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر بوده است [۱۷]. با توجه به نتایج کیفیت آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن شهر کاشان، مقدار TDS در خروجی تمام دستگاه ها به زیر ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر رسیده است [۱]. هدایت الکتریکی آب نشان دهنده آنیون ها و کاتیون های حل شده در آب است و بالا بودن آن باعث بالا رفتن شوری آب می شود. هر چند در استاندارد های ملی ایران مقدار مشخصی برای هدایت الکتریکی به عنوان استاندارد، تعیین نشده است، اما استاندارد های اروپایی حداقل هدایت الکتریکی را ۴۰۰ و تا ۱۰۰۰ میکروموس برای آب آشامیدنی مطلوب دانسته اند [۲۰]. نتایج نشان داد که هدایت الکتریکی در نمونه های آب خروجی دستگاه های آب شیرین کن در مطالعه فوق بین ۵۵۲/۷ - ۲۲۶

کلیفرم های مدفوعی نشانگر وجود مدفوع ناشی از حیوانات خونگرم می باشد. نتایج این مطالعه نشان می دهد که با توجه به استاندارد ملی آب آشامیدنی در هیچ یک از ایستگاه ها کلیفرم مدفوعی مشاهده نشد که با مطالعه محمدی و همکاران [۱۷]، یاری و همکاران در سال ۸۹ [۱۵] و دوبرادران و همکاران [۲۲] همخوانی دارد.

#### نتیجه گیری

بطور کلی با توجه به یافته های میکروبی این تحقیق نیاز است قبل از مصرف، به مسأله گندزدایی آب توجه شود. با توجه به پایین بودن غلظت فلئور در آب خروجی دستگاه ها و به منظور حفظ بهداشت و سلامت مصرف کنندگان پیشنهاد می گردد روش های فلئورزنی به آب تصفیه شده مورد بررسی قرار گیرد. در این رابطه روش کار و نحوه کنترل غلظت فلئور در آب تصفیه شده نهایی دارای اهمیت است. کنترل و پایش مداوم کیفیت آب خروجی دستگاه ها توسط سازمان های ذی ربط و ارائه آموزش های لازم به متصدیان دستگاه ها در خصوص بهداشت و کیفیت آب و شست و شوی مداوم غشاها نیز لازم و ضروری به نظر می رسد.

#### تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر حاصل طرح مصوب شماره ۵۹۳/پ/۹۱ معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی است که نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از حمایت های مادی و معنوی دانشگاه و آزمایشگاه شیمی و میکروبیولوژی دانشکده بهداشت بعمل آورند.

مطالعه ای در شادگان که در آن ۱۲ دستگاه آب شیرین کن خانگی و صنعتی مورد بررسی قرار گرفت، در ۴ مورد (۳۳٪) از این دستگاه ها، مقدار HPC کم تر از  $cfu/ml$  ۵۰۰ و در ۸ مورد (۶۷٪) بقیه مقدار HPC بیش تر از حد استاندارد  $cfu/ml$  بوده است [۱۷]. میانگین کلستریدیوم پرفرنزس، در آب خروجی از دستگاه در ایستگاه ۱ (۵۷۶/۷)، در ایستگاه ۲ (۵۹۳/۷)، در ایستگاه ۳ (۳۸۳/۷)، در ایستگاه ۴ (۶۴۸/۵)، در ایستگاه ۵ (۴۴۴)، در ایستگاه ۶ (۷۶۴/۵) می باشد که در کلیه موارد بالاتر از رنج استاندارد می باشد. اسپور های کلستریدیا مدت طولانی تری از ارگانیسیم های کلیفرم در آب باقی می ماند و نسبت به ضد عفونی کننده ها نیز مقاوم تر هستند. حضور آن ها در آب های ضد عفونی شده، نشان دهنده عدم کارایی سیستم تصفیه است. به ویژه حضور کلستریدیوم پرفرنزس در آب های عبوری از صافی، علامت عدم کارایی صافی ها می باشد. وجود این ارگانیسیم در آب نشان دهنده آلودگی قدیمی آب است [۲۱]. کلیفرم کل شاخص دیگری است که جهت تعیین کیفیت آب آشامیدنی استفاده می گردد. با در نظر گرفتن استاندارد ملی آب آشامیدنی، نتایج این مطالعه حاکی از آن است که آب خروجی از دستگاه های تصفیه جز در یک مورد، در بقیه موارد آلوده به کلیفرم کل می باشد. در مطالعه شادگان نتایج نشان داد که در ۵۰٪ از موارد کل کلیفرم مثبت بوده است [۱۷]. در مطالعه ای که در سال ۱۳۹۱ در بوشهر بر روی دستگاه های آب تصفیه انجام گرفت، نتایج نشان داد که هیچ یک از نمونه های آب خروجی از دستگاه ها آلوده به کل کلیفرم نبودند [۲۲]. حضور

## References

- 1- Yari A., Safdari M., Hadadian L., Babakhani M., Evaluation of physical, chemical and microbial quality of water treated from the personal desalination plants in Qom city during 2003, Journal of Qom university of medical sciences, 2007; 1(1): 45-54. [Persian]
- 2- Miranzadeh M, Rabbani D, Chemical quality evaluation for the inlet and outlet water taken from of the desalination plants utilized in Kashan during 2008, Journal of Kashan University of Medical Sciences, 2010; 14(2): 120-125. [Persian]
- 3- Kritenden Gh, Terasel R., Hend D., Hav K., Chobanoglous G., Traslated by: Masoudinejad M., Iravani H., Aghaee A., Principals of water treatment, Shahrab Press., 2011. [Persian]
- 4- Ahammed M., Davra K., Performance evaluation of biosand filter modified with iron oxide-coated sand for household treatment of drinking, water Desalination, 2011;276: 287-293.
- 5- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Drinking water -Physical and chemical specifications, 1053, 5th.revision. [Persian]
- 6- Greenlee L., Lawler D., Freeman B., Marrot B., Moulin P., Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges, water research 2009; 43: 2317 – 2348.
- 7- Lautenschlager K., Boon N., Wang Y., Egli T., Hammes F., Overnight stagnation of drinking water in household taps induces microbial growth and changes in community composition, water research, 2010;44: 4868-4877.
- 8- Melián-Martel N., Sadhwani J.J., Malamis S., Ochsenkühn-Petropoulou M., Structural and chemical characterization of long-term reverse osmosis membrane fouling in a full scale desalination plant, Desalination 305; (2012): 44-53.
- 9- Chalkesh Amiri M., Principals of water treatment, Arkan Press, 2007.
- 10- <http://www.iran-eng.com>
- 11- Majuru B., Mokoena M., Jagals P., Hunter P., Health impact of small-community water supply reliability, International Journal of Hygiene and Environmental Health 214; (2011):162-166.
- 12- Varbanets P-M., Zurbrugg C., Swartz C., Pronk w., Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology, water research 2009; 43: 245 – 265.
- 13- APHA-AWWA-WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed., American public Health Association, Washington, DC. 2005.
- 14- Alighadri M., Fadaeian M., Evaluation of free residual chlorine in water distributed system in Ardabil city, 8<sup>th</sup> congress of environmental health, Tehran university of medical sciences, 2005. [Persian]
- 15- Yari A., Mahvi A.H., Mahmodian M., Safdari M., Evaluation of microbial quality of household desalination plants by HPC method in Qom city during 2010, Journal of Qom university of medical sciences, 16th congress of environmental health, Yazd university of medical sciences, 2011. [Persian]
- 16- Ghanadi M., Farhadpour J., Evaluation of outlet water quality taken from the desalination plants in urban and rural area of Iran, 1st congress of adaptability with dehydration, Tehran, 2008. [Persian]
- 17- Mohammadi, Microbial and chemical quality evaluation of drinking water from rural area in Shadegan city, Dissertation for the degree of Msc. of environmental health engineering, Tehran university of medical sciences, 2008. [Persian]
- 18- Zazouli M., Bazrafshan A., Water and wastewater technology, Samat Press, 2009. [Persian]
- 19- Babae A., Alavi N., Chemical environment (wastewater analysis), Andishe Rafee Press, 2009. [Persian]
- 20- Melián-Martel N., Sadhwani J.J., Malamis S., Ochsenkühn-Petropoulou M., Structural and chemical characterization of long-term reverse osmosis membranefouling in a full scale desalination plant, Desalination 2012, 305: 44-53.
- 21- Gholami M., Mohammadi H., Water and wastewater microbiology, Hayya Press, 1998.
- 22- Dobaradaran S., Hayati R., Shobankarefard A., Khorsand M., Mirahmadi S.R., Evaluation of physical, chemical and microbial quality of water treated plants in Bushehr city during 2012, 16<sup>th</sup> congress of environmental health, Tabriz university of medical sciences, 2012. [Persian]

Original Article

## Evaluation of water treatment systems' performance available in Bojnurd city during 2013

Tavangar A.,<sup>1</sup>, Naimi N.<sup>2\*</sup>, Alizade H.<sup>1</sup>, Tavakoli Ghochani H.<sup>3</sup>, Ghorbanpour R.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> students of environmental health, Health School, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran

<sup>2</sup> M.Sc of Environmental Health, Faculty member of Health School, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran

<sup>3</sup> PhD students of health educational and health promotion, Faculty member of Health School, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran

<sup>4</sup> environmental health group, Health School, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran

**\*Corresponding Author:**  
Health School, North Khorasan  
University of Medical  
Sciences, Bojnurd, Iran  
Email: naeimi\_n@yahoo.com

---

### Abstract

**Background & Objectives:** water treatment systems by reverse osmosis are treatment systems in consumer point. According to water quality in Bojnurd city and Consumers tend to use water treatment systems. This study was carried out for the evaluation of water treatment systems' performance and compared with national standards.

**Method and Materials:** This cross-sectional descriptive study was carried out using samples taken from the inlet and outlet water of plants during a seven-month period in winter until summer seasons of the year 2013. A total number of 66 samples taken from 6 plants were analyzed for water physical, chemical and microbial quality. Data were analyzed with SPSS 18 and presented with Kolmogorov-Smirnov and T-Test.

**Results:** According to the results the percentage of physical and chemical parameters in treated water for hardness, Alkalinity, Fluoride, TDS, Turbidity, EC, chloride, Na, K, Nitrate, Sulfate and Phosphate were all in acceptable level except for Fluoride and Mg. The average concentration of residual chlorine= 0.64 mg/l and pH range = 7.68. T-Test for total parameters except Phosphate were  $P < 0.05$ . 5.41% of samples were contaminated by Total Coliforms and all samples by *Clostridium perfringens* but no fecal coliforms. Heterotrophic bacteria were lower than standards.

**Conclusions:** Continuous control and monitoring of the quality of inlet and outlet water in desalination plants is necessary.

**Keywords :** water treatment systems, water quality, reverse osmosis , Bojnurd

---