



## بررسی کیفیت شیمیایی و شاخص های خورندگی و رسوب گذاری شبکه آب آشامیدنی شهر بوشهر

قربان عسگری<sup>۱</sup>، بهمن راموندی<sup>۲\*</sup>، منیره طرلانی آذر<sup>۳</sup>، امیر فدایی نوبندگانی<sup>۱</sup>، زهره بریزی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

<sup>۲</sup> گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر

<sup>۳</sup> گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

(دریافت مقاله: ۹۲/۲/۲ - پذیرش مقاله: ۹۲/۹/۲)

### چکیده

زمینه: تعیین شاخص های خورندگی آب یکی از راهبردهای مؤثر در مدیریت منابع آب شرب می باشد. خورندگی آب می تواند باعث آسیب های اقتصادی، کاهش عمر مفید تأسیسات آبرسانی و بیماری در مصرف کنندگان گردد. هدف این مطالعه بررسی ویژگی های کیفیت شیمیایی و تعیین پتانسیل خورندگی شبکه آب آشامیدنی شهر بوشهر است.

مواد و روش ها: در این مطالعه که از نوع توصیفی - مقطعی می باشد طی یکسال از ۷ ایستگاه که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند نمونه برداری انجام گردید. سپس بر اساس مقادیر پارامترهای کیفی نمونه های آب (pH، کل جامدات محلول، سختی های دائم، موقت و کل و همچنین قلیانیت)، پتانسیل خورندگی آب با محاسبه شاخص های لائزلیه، رایزنر، خورندگی و پورکوربوس مشخص شد. یافته ها: میانگین پارامترهای pH، کل جامدات محلول، دما و همچنین قلیانیت به ترتیب برابر ۷/۵ میلی گرم در لیتر، ۵۸۶/۸۲ میلی گرم در لیتر، ۳۰/۶°C و ۶۶/۹۲ میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم به دست آمد. میانگین شاخص های خوردگی لائزلیه ۰/۲۸، رایزنر ۷/۲۴، خورندگی ۱۲/۰۲ و پورکوربوس ۷/۸۱ محاسبه شد.

نتیجه گیری: آب شرب شهر بوشهر بر اساس شاخص رایزنر اندکی رسوب گذار و سایر شاخص ها نشان دهنده خورنده بودن آب است. در کل کیفیت آب متمایل به خورنده بوده و توصیه می شود خطوط انتقال و توزیع آب از جنس مقاوم انتخاب شود یا اقداماتی همچون پوشش دیواره داخلی لوله یا اصلاح کیفیت آب انجام گیرد.

واژگان کلیدی: کیفیت شیمیایی، شاخص خورندگی، رسوب گذاری، بوشهر

\* بوشهر، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر

## مقدمه

توزیعی (متوسط جهانی ۸ درصد) به علت پوسیدگی حاصل از خوردگی لوله‌های انتقال و توزیع به هدر می‌رود. بدیهی است هزینه‌های تعویض و ترمیم لوله‌های فرسوده این زیان را چند برابر خواهد نمود (۴-۶). از سوی دیگر کادمیوم و سرب موجود در اتصالات، شیرآلات و لوله‌ها در مجاورت آب خورنده وارد آب شده و باعث مشکلات بهداشتی می‌شود. سایر محصولات جانبی خوردگی با تجمع و رسوب در شبکه‌های توزیع باعث حفاظت میکروارگانسیم‌ها از اثر گندزداها و تولید طعم و بو می‌شوند (۲). پایش منظم و مستمر کیفیت شیمیایی و وضعیت تعادل آب‌های آشامیدنی با هدف جلوگیری از خوردگی و رسوب‌گذاری از این دیدگاه حائز اهمیت است که باعث افزایش عمر مفید تأسیسات و کاهش احتمال نشت آب به‌ویژه در مناطق کم آب کشورمان مانند بوشهر می‌شود. رسوب‌گذاری آب در جدار لوله‌ها سبب افت فشار در سیستم توزیع و نارضایتی مصرف‌کنندگان، افزایش هزینه پمپاژ و سوخت در سیستم‌های گرمایشی خواهد شد (۷ و ۸). تمایل آب به خوردگی و رسوب‌گذاری با بررسی پایداری آب مشخص می‌شود. آب پایدار تمایل به خوردگی و رسوب‌گذاری کمی دارد و مقادیر آن برای نوع استفاده متفاوت است (۷). کاربرد شاخص‌های خوردگی روشی غیرمستقیم در اندازه‌گیری و تشخیص ساده تمایل آب به خوردگی و رسوب‌گذاری می‌باشد. شاخص‌های متداول عبارتند از: شاخص‌های اشباع لانژلیه (LSI)<sup>۲</sup>، شاخص پایداری رایزنار (RSI)<sup>۳</sup>، شاخص خوردگی (AI)<sup>۴</sup> و شاخص پوکوریوس (PI)<sup>۵</sup> (۸). بهره‌گیری همزمان از چند شاخص

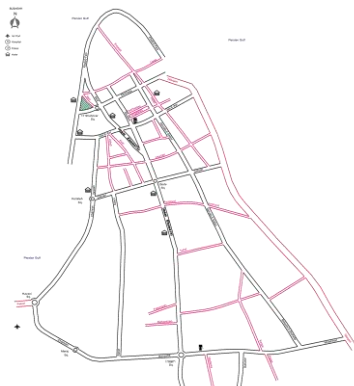
خوردگی واکنش فیزیکی- شیمیایی است که در اثر تماس مواد با محیط اطراف ایجاد و باعث تغییر خواص ماده می‌شود. در حوزه مهندسی مواد، خوردگی حاصل از فرسایش<sup>۱</sup> و یا واکنش الکتروشیمیایی است. در نوع اول عوامل فیزیکی نظیر برخورد مواد جامد معلق آب یا فاضلاب با دیواره لوله عامل تخریب لوله است در حالی که نوع دوم حاصل تشکیل پیل الکتریکی و انجام واکنش الکتروشیمیایی بین ماده و محیط می‌باشد. خوردگی نوع اول در لوله‌های فلزی و غیرفلزی نظیر بتونی مسلح و نوع دوم در لوله‌های فلزی بیشتر است (۱).

خوردگی داخلی لوله می‌تواند در اثر عوامل متعددی همچون کیفیت میکروبی آب، کیفیت فیزیکی- شیمیایی آب (غلظت اکسیژن، غلظت و نوع کلر باقیمانده و غلظت یون‌های کلرور، سولفات، کلسیم، دمای آب و pH)، شرایط هیدرولیکی آب در لوله (سرعت جریان) و جنس لوله تأثیر بپذیرد (۲). البته وجود یون‌هایی نظیر  $\text{SiO}_3^-$ ،  $\text{CrO}_2^-$  و  $\text{OH}^-$  در آب باعث کاهش خوردگی می‌گردد (۳).

در حال حاضر مسایل مربوط به خوردگی و رسوب‌گذاری درصد قابل توجهی از درآمد سالیانه کشورها را به خود اختصاص می‌دهد. در ایالت متحده آمریکا سالانه بیش از ۳۰۰ میلیارد دلار (بیش از ۴ تا ۵ درصد تولید ناخالص ملی آمریکا) صرف زیان‌های ناشی از خوردگی و جلوگیری از آن می‌شود. با وجود عدم آمار دقیق خسارات ناشی از خوردگی و رسوب‌گذاری در ایران، بررسی تلفات آب تصفیه شده شهری نشان می‌دهد سالانه بیش از ۳۰ درصد آب‌های

<sup>2</sup> Langelier Saturation Index<sup>3</sup> Ryznar Stability Index<sup>4</sup> Aggressive Index<sup>5</sup> Puckorius Index<sup>1</sup> Erosion

چاه آهکی که در کوه‌های مهرباش کازرون واقع‌اند و خط انتقال کوثر که از سد کوثر واقع در استان چهارمحال و بختیاری منشعب می‌شود، می‌باشد. جنس خطوط انتقال از فولاد و اخیراً در بعضی بخش‌ها از لوله‌های شیشه‌ای (GRP) استفاده شده است. جنس خطوط شبکه توزیع آب شهر بوشهر از چدن می‌باشد و در صورت نیاز به تعمیر و یا تعویض از لوله‌های سنتتیک مانند پلی‌پروپیلن استفاده می‌گردد. نمونه‌برداری از ابتدای سال ۹۰ تا اوایل سال ۹۱ به مدت یکسال از ۷ ایستگاه که در شکل ۱ نشان داده شده است، انجام شد.



شکل (۱) نقشه شهر بوشهر که در آن محل برداشت نمونه آب (با علامت \*) مشخص شده است.

این ایستگاه‌ها نقاطی هستند که کیفیت آب آشامیدنی آن‌ها توسط مراکز بهداشت شهرستان بوشهر دوبار در طول سال مورد پایش قرار می‌گیرد. ۱۱ نمونه تصادفی لحظه‌ای از ایستگاه‌های انتخاب شده طبق دستورالعمل‌های مذکور در کتاب روش‌های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب برداشت شد (۱۳). نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی ۰/۵ لیتری مخصوص نمونه‌برداری شیمیایی آب جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. حفاظت، نگهداری و آزمایش نمونه‌ها نیز بر اساس دستورالعمل مندرج در کتاب استاندارد متد انتخاب

خوردگی می‌تواند با اطمینان بیشتری وضعیت تعادل آب را برای انجام اقدامات کنترلی ارائه دهد (۹). بر اساس استانداردهای معتبر جهانی از جمله استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده، آب‌های مصرفی نباید خورنده باشند (۱۰).

طبق معیارهای جهانی شاخص‌های کنترل خوردگی و رسوب‌گذاری حداقل باید هر دو سال یکبار برای شبکه‌های توزیع با منبع سطحی و سالی یکبار برای شبکه‌های توزیع با منبع زیرزمینی تعیین شود (۱۱). در کشور ما متأسفانه تاکنون پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی شهرها و اندازه‌گیری میزان آن در شبکه‌های توزیع آب به‌صورت مناسبی بررسی نشده است و اطلاعات کمی در این زمینه وجود دارد. در استانداردهای مصوب کیفیت آب نیز موضوع عدم خورنده بودن آب در نظر گرفته نشده است (۱۲). با توجه به عدم وجود چنین تحقیقی در شهر بوشهر انجام این مطالعه جهت کاهش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری شبکه آبرسانی و تأمین آب شرب سالم ضروری به نظر می‌رسد. همچنین نتایج این مطالعه می‌تواند در توسعه الزامات قانونی و استاندارد برای ارزیابی وضعیت خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب در کشور مفید باشد. این تحقیق با هدف شناخت وضعیت کیفی و تعیین خوردگی یا رسوب‌گذاری آب شرب شهر بوشهر و ارائه راه‌کارهای اصلاحی جهت حل مشکلات احتمالی انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

در مطالعه توصیفی-مقطعی حاضر کیفیت شیمیایی و وضعیت خوردگی و یا رسوب‌گذاری آب شرب شهر بوشهر بررسی گردید. منابع عمده آب آشامیدنی استان بوشهر سد چشمه ساسان، ۴۰ حلقه

بوشهر از شاخص‌های اشباع لانتزیه، شاخص پایداری رایزنار، شاخص خوردگی و شاخص پوکوریوس استفاده شد. خلاصه این شاخص‌ها و تفسیر آن‌ها در جدول ۱ آمده است. در محاسبه شاخص‌های خوردگی پارامتر pH اشباع (Saturation pH)  $(\text{pHs} = A + B - \log[\text{Ca}^{++}] - \log(\text{total Alkalinity}))$  سنجش شد. در فرمول محاسبه pHs، پارامترهای A و B به ترتیب با درجه حرارت و غلظت کل جامدات محلول نمونه مرتبط می‌باشند (۱۴).

شد (۱۳). کل جامدات محلول با روش وزن سنجی، اجزا سختی و قلیائیت آب با روش تیتراسیون بر اساس دستورالعمل‌های C-۲۵۴۰، B-۲۳۲۰ و C-۲۳۴۰ کتاب استاندارد متد اندازه‌گیری شدند. درجه حرارت و pH با استفاده از pH متر مجهز به دماسنج در محل (Hach Co. USA) و آنیون‌ها و کاتیون‌ها با اسپکتروفوتومتر (مدل DR5000-Hach Co. USA) تعیین مقدار گردید. تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایش‌های شیمیایی آب محصول شرکت مرک (Merck) آلمان بود. در این تحقیق برای تعیین پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر

جدول ۱) خلاصه شاخص‌های پایداری آب در این مطالعه

| شاخص                | معادله   | مقدار شاخص     | تفسیر  |
|---------------------|--|----------------|--|
| شاخص اشباع لانتزیه  | $LSI = \text{pH} - \text{pHs}$   | $LSI > 0$      | آب فوق اشباع بوده و تمایل به رسوب $\text{CaCO}_3$ دارد.    |
|                     |  | $LSI = 0$      | حالت تعادل (آب تمایل به رسوب‌گذاری و خوردگی ندارد).        |
| شاخص پایداری رایزنر | $RSI = 2\text{pHs} - \text{pH}$  | $RSI < 6$      | آب زیر اشباع بوده و پتانسیل تجزیه $\text{CaCO}_3$ را دارد. |
|                     |  | $6 < RSI < 7$  | آب فوق اشباع بوده و تمایل به رسوب $\text{CaCO}_3$ دارد.    |
| شاخص خوردگی         | $AI = [\text{pH} + \log(A)(H)]$  | $AI < 10$      | آب بسیار خورنده است.                                       |
|                     |  | $10 < AI < 12$ | آب خوردگی متوسط دارد.                                      |
| شاخص پوکوریوس       | $PI = 2\text{pHs} - \text{pHeq}$<br>$\text{pHeq} = 1.465 \log(T.ALK) + 4.54$ | $AI > 12$      | آب فاقد خوردگی است.  |
|                     |  | $PI > 6$       | آب خورنده است.   |
|                     |  | $PI < 6$       | آب رسوب‌گذار است.  |

## یافته‌ها

محاسبات در جدول ۳ نشان داده شده است. مقادیر شاخص‌های لانتزیه، رایزنر خوردگی و پوکوریوس به ترتیب ۰/۲۸، ۷/۲۴، ۱۲/۰۲ و ۷/۸۱ محاسبه گردید. کیفیت آب شرب بوشهر بر اساس شاخص لانتزیه جزئی رسوب‌گذار و بر اساس شاخص‌های رایزنر، خوردگی و پوکوریوس خورنده می‌باشد. با توجه به میانگین مقادیر شاخص‌های محاسبه شده، کیفیت آب آشامیدنی شهر بوشهر متمایل به خورنده می‌باشد.

در جدول ۲ نتایج حاصل از بررسی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب شهر بوشهر ارائه شده است. قلیائیت کل، سختی، pH، دما و درجه حرارت آب پارامترهای اصلی در محاسبه شاخص‌های تعیین پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب می‌باشند. براساس آنالیزهای شیمیایی ارائه شده در جدول ۲ و روابطی که در جدول ۱ ارائه شده مقادیر pHs و شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری محاسبه گردید. نتایج این

جدول ۲) کیفیت شیمیایی آب شرب شهر بوشهر در طی نمونه برداری

| پارامترها                     | واحد                      | حداقل | حداکثر | میانگین | استاندارد ایران |            | استاندارد EPA |
|-------------------------------|---------------------------|-------|--------|---------|-----------------|------------|---------------|
|                               |                           |       |        |         | مقدار مطلوب     | مقدار مجاز |               |
| دما                           | °C                        | ۲۵    | ۳۵     | ۳۰/۶    | -               | -          | -             |
| pH                            | -                         | ۶/۸   | ۸/۲    | ۷/۵     | ۶/۵-۹/۲         | ۶/۵-۸/۵    | ۶/۵-۸/۵       |
| T.ALK                         | mg/l<br>CaCO <sub>3</sub> | ۱۸    | ۱۰۰    | ۶۶/۹۲   | -               | -          | -             |
| TDS                           | mg/l                      | ۶۰/۸  | ۱۱۶۷   | ۵۸۶/۸۲  | ۵۰۰             | ۱۵۰۰       | ۵۰۰           |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | mg/l                      | ۱۷    | ۱۲۰    | ۵۸/۳۳   | ۲۵۰             | ۶۰۰        | ۲۵۰           |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/l                      | ۶۳/۹  | ۲۴۸/۵  | ۱۷۰/۳۴  | ۲۵۰             | ۴۰۰        | ۲۵۰           |
| Ca <sup>2+</sup>              | mg/l                      | ۴۰/۰۸ | ۱۶۰/۳۲ | ۱۰۵/۲۴  | -               | ۲۵۰        | -             |
| Mg <sup>2+</sup>              | mg/l                      | ۴/۸۸  | ۲۹/۲۸  | ۲۸/۹۲   | -               | ۱۵۰        | -             |
| F                             | mg/l                      | ۰     | ۱/۲۱   | ۰/۳۸    | -               | ۱/۷        | -             |
| سختی<br>CaCO <sub>3</sub>     | mg/l                      | ۱۰۰/۲ | ۴۰۰/۸  | ۲۶۳/۱   | -               | ۱۵۰        | ۵۰۰           |

جدول ۳) نتایج پتانسیل خوردنگی آب شرب شهر بوشهر بر اساس شاخص‌های خوردنگی

| نمونه   | pHs  | شاخص           |        |               |        |
|---------|------|----------------|--------|---------------|--------|
|         |      | LSI            | RSI    | AI            | PI     |
| ۱       | ۷/۲۸ | ۰/۵۲           | ۶/۷۵   | ۱۲/۲۶         | ۷/۲۶   |
| ۲       | ۷/۲۱ | ۰/۵۹           | ۶/۶۲   | ۱۲/۲۴         | ۷/۰۲   |
| ۳       | ۷/۴۳ | ۰/۳۷           | ۷/۰۶   | ۱۱/۹۴         | ۷/۳۹   |
| ۴       | ۷/۷۶ | ۰/۰۴           | ۷/۷۲   | ۱۱/۷          | ۸/۲    |
| ۵       | ۷/۳۹ | ۰/۴۱           | ۶/۹۸   | ۱۲/۲۴         | ۷/۳۸   |
| ۶       | ۸/۴۲ | -۰/۶۲          | ۹/۰۴   | ۱۱/۲۳         | ۱۰/۴۶  |
| ۷       | ۷/۴  | ۰/۴            | ۷      | ۱۲/۱۸         | ۷/۶۶   |
| ۸       | ۷/۳۶ | ۰/۴۴           | ۶/۹۲   | ۱۲/۲۵         | ۷/۴۸   |
| ۹       | ۷/۹۴ | ۰/۴            | ۷      | ۱۲/۱۸         | ۷/۶۶   |
| ۱۰      | ۷/۳  | ۰/۵            | ۶/۸    | ۱۲/۳          | ۷/۲۷   |
| ۱۱      | ۷/۷۸ | ۰/۰۲           | ۷/۷۶   | ۱۱/۸۲         | ۸/۳۵   |
| میانگین | ۷/۵۷ | ۰/۲۸           | ۷/۲۴   | ۱۲/۰۲         | ۷/۸۱   |
| نتیجه   | -    | جزیی رسوب‌گذار | خورنده | خورندگی متوسط | خورنده |

حائز اهمیت است. نتایج حاکی از آن است که غلظت این آنیون در آب شرب شهر بوشهر کمتر از محدوده استاندارد ایران و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) می‌باشد. وجود یون فلوراید در آب آشامیدنی از نظر بهداشتی حائز اهمیت است. نتایج ارائه شده در جدول ۲ حاکی از آن است که غلظت این آنیون کمتر از استاندارد ارائه شده می‌باشد.

آنیون‌های کلرور و سولفات، علاوه بر پارامترهای اصلی که در محاسبه شاخص‌های خوردنگی و رسوب‌گذاری به کار برده می‌شوند، در خوردنگی تأسیسات آبرسانی تأثیر دارند (۱۵). همان‌طوری که نتایج نشان می‌دهد حداکثر غلظت یون کلرور بیشتر از حد مطلوب استانداردهای ارائه شده برای این آنیون می‌باشد. آنیون سولفات از نظر خوردنگی بیولوژیکی

## بحث

بر اساس نتایج آزمایشگاهی و محاسبات انجام شده، آب شرب شهر بوشهر با توجه به شاخص لانتزلیه در محدوده رسوب‌گذار جزیبی و بر اساس دیگر شاخص‌ها (رایزنر، خوردندگی و پوکوریوس) در محدوده خوردنده می‌باشد. محوی و همکاران در سال ۸۷ در بررسی آب شرب بندرعباس همراه با اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی دریافتند شاخص LSI در ۶/۶ درصد نمونه‌ها متعادل و در ۹۳/۴ درصد خوردنده می‌باشد و شاخص RSI در ۲۰ درصد نمونه‌ها متعادل و ۸۰ درصد خوردنده می‌باشد. پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده در تحقیق اخیر با این مطالعه مطابقت دارد (۱۶). رضایی کلاتری و همکاران در سال ۹۱ در مطالعه‌ای با اعلام مقادیر میانگین شاخص‌های LSI (۱/۶۲)، AI (۱۱/۶۲۶)، RSI (۱۰/۵) و AIE (۱۲/۰۳) نشان دادند آب آشامیدنی روستاهای استان قم وضعیت خوردنده دارد (۱۷). در مطالعه‌ای که توسط چین (Chien) و همکاران با هدف بررسی وضعیت کیفیت باکتریولوژیکی و شیمیایی آب شبکه لوله‌کشی یکی از شهرهای تایوان از نظر تشکیل رسوب و خوردندگی انجام شد به این نتیجه رسیدند که کیفیت شیمیایی آب شرب شهر از شرایط مطلوبی برای خوردندگی برخوردار می‌باشد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (۱۸).

بررسی آب آشامیدنی شهر شیراز در سال ۱۳۸۶ نشان داد شاخص‌های LSI و RSI در آب آشامیدنی شهر شیراز به ترتیب حدود ۰/۴۲ و ۶/۷ بود و بر اساس شاخص LSI، ۹۵ درصد نمونه‌ها رسوب‌گذار و بر اساس شاخص RSI، ۸۲ درصد نمونه‌ها وضعیت متعادل و ۱۲ درصد وضعیت خوردنده داشتند. با توجه به این که بخشی از منبع تأمین آب استان فارس و

بوشهر یکسان می‌باشد، اما نتایج این تحقیق با نتایج ارائه شده در خصوص شرایط آب شیراز مطابقت ندارد (۱۱). علل مختلفی می‌تواند باعث ایجاد رسوب و خوردندگی آب گردد که روابط بین این علل بسیار پیچیده است. اگرچه بخشی از منبع تأمین آب استان فارس و بوشهر یکسان می‌باشد، اما طول خط انتقال، سرعت آب، نحوه اجرا سیستم‌های توزیع، دمای محیط، غلظت اکسیژن محلول و کلر باقیمانده و غیره می‌تواند در خوردندگی و رسوب‌گذاری تأثیرگذار باشد (۱۵ و ۱۷). آب بعد از انتقال از منابع تأمین وارد مخازنی در شهر بوشهر شده و به سیستم شبکه توزیع تزریق می‌گردد. زمان نگهداری در مخازن و سن آب در شبکه توزیع نیز از عوامل تأثیرگذار در کیفیت آب هستند. همچنین منابع تأمین آب شهر بوشهر از آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد. بنابراین با توجه به موارد اشاره شده، نتایج این مطالعه با مطالعه انجام شده در سال ۱۳۸۶ هم‌خوانی ندارد، اما روند مطالعه و پارامترها مورد مطالعه با بیشتر مطالعات انجام شده هم‌خوانی دارد.

پاتزای (Patzay) و همکاران در سال ۱۹۹۸ در بوداپست مجارستان با ساخت مدل تشکیل رسوب و خوردندگی در آب‌های ژئوترمال وضعیت آب را بررسی و رسوب‌گذار اعلام نمودند که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی ندارد. مجاورت منطقه تحت مطالعه با دریا و نفوذ آن به منابع آب می‌تواند باعث تغییر وضعیت آب به سمت خوردندگی و تفاوت نتیجه باشد (۱۹). الراواجفه و الشمایله (Al-Rawajfeh and Al-shamaileh) در سال ۲۰۰۶ در مطالعه‌ای پتانسیل تشکیل رسوب و خوردندگی آب شرب در استان تقیلا (در جنوب اردن) را با استفاده از شاخص‌های LSI و RSI مورد بررسی و آنالیز قرار دادند. مقادیر LSI منفی و در محدوده

با استانداردهای ملی و جهانی احتمال عدم تعادل کیفیت شیمیایی آن وجود دارد و برآیند این پارامترها می‌تواند وضعیت نهایی آب را مشخص نماید. عدم تعادل آب یک عامل اساسی در مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های انتقال و توزیع آب شرب بوده که می‌تواند صدمات اقتصادی و بهداشتی بسیاری ایجاد نماید. بر این اساس لازم است مسئولین حداقل سالی یکبار با کنترل دقیق ویژگی‌های شیمیایی آب و ارائه راهکارهایی همچون تعدیل pH، هوادهی و استفاده از لوله‌های با جنس مناسب (نظیر لوله پلی‌پروپیلن) از بروز این مشکلات جلوگیری نمایند.

#### سپاس و قدردانی

این تحقیق با مساعدت و همکاری کارشناسان واحد بهداشت محیط و حرفه‌ای مرکز بهداشت و درمانی خیبر و کارشناسان آزمایشگاه شبکه بهداشت و درمان بوشهر انجام گردید. بدین‌وسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را اعلام می‌نماییم.

(۰/۳۹- تا ۱/۵-) و مقادیر RSI در محدوده (۸/۷ تا ۹/۸) قرار داشت که بیانگر خوردنگی آب می‌باشد و علت آن گرمایش و تبخیر آب همراه با آزاد شدن CO<sub>2</sub> نسبت داده شد. شرایط جغرافیایی بوشهر و دمای بالای محیط در اکثر ماه‌های سال (میانگین دمای سالانه ۲۵/۷°C) باعث تبخیر آب و رها شدن CO<sub>2</sub> و در نتیجه خوردنگی آب می‌گردد (۲۰). با توجه به عدم یکنواختی شاخص‌های استفاده شده در مطالعات ارائه شده در خصوص رسوب‌گذاری و خوردنگی آب می‌توان نتیجه‌گیری کرد، استفاده از یک شاخص نمی‌تواند وضعیت خوردنگی یا رسوب‌گذاری آب را تعیین نماید، بنابراین لازم است چند شاخص به‌طور همزمان بررسی شوند. با وجود توجه بسیار کم به بررسی وضعیت خوردنگی و رسوب‌گذاری منابع آب در کشور، نتایج بررسی‌ها و مطالعات اخیر تا حدودی وضعیت یکسانی را در منابع آبی اغلب استان‌های کشور نشان می‌دهد.

#### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه و مطالعات مشابه نشان می‌دهد که علی‌رغم مطابقت پارامترهای شیمیایی آب

## References:

1. Mokhtari S, Alighadri M, Hazrati S, et al. Evaluation of corrosion and precipitation potential in Ardebil drinking water distribution system by using Langelier & Ryznar indexes. *J Health Hyg* 2010; 1: 14-23 (Persian).
2. Mazloomi S, Babaei A, Fazlzadeh Devil M, et al. Corrosion and scaling potential of Shiraz drinking water. *J Toloo-e-behdasht* 2008; 1-2: 64-71. (Persian).
3. Metcalf E, Tchobanogolus G, Burton FL, et al. *Wastewater Treatment: Treatment and Reuse*. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
4. Ghanizadeh G, Ghaneian MT. Corrosion and precipitation potential of drinking-water distribution systems in military centers. *J Mil Med* 2009; 11: 155-60. (Persian).
5. Li X, Wang H, Zh Yu, et al. Characterization of the bacterial communities and iron corrosion scales in drinking groundwater distribution systems with chlorine/chloramine. *Int Biodeter Biodegradation* 2014; 96: 71-79.
6. Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Ghanizadeh GH, et al. Survey of corrosion and precipitation potential in dual water distribution system in Kharanagh district of Yazd. *Toloo-E-Behdasht* 2009; 7: 65-72. (Persian)
7. Świetlik J, Raczyk-Stanisławiak U, Piszora, P, et al. Corrosion in drinking water pipes: The importance of green rusts. *Water Res* 2012; 46: 1-10.
8. Shams M, Mohamadi A, Sajadi SA. Evaluation of Corrosion and Scaling Potential of Water in Rural Water Supply Distribution Networks of Tabas, Iran. *World Appl Sci J* 2012; 17: 1484-9.
9. Vairavamoorthy K, Yan J, Galgale HM, et al. IRA-WDS: A GIS-based risk analysis tool

- for water distribution systems. Environ Model Softw 2007; 22: 951-965.
- 10.Environmental Protection Agency. Drinking Water Standards and Health Advisories. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, Office of Water; 2004.
- 11.Peng CY, Korshin GV. Speciation of trace inorganic contaminants in corrosion scales and deposits formed in drinking water distribution systems. Water Res 2011; 45: 5553-5563.
- 12.Ebrahimi A, Kamarehie B, Asgari G, et al. Drinking water corrosivity and sediment in disturbance network of kuhdasht, Iran. Health Sys Res 2012; 8: 480-86.(Persian)
- 13.Federation WE, Association APH. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA. 2005.
- 14.Singley JE, Beaudet BA, Markey PH. Corrosion manual for internal corrosion of water distribution systems (No. ORNL/TM-8919; EPA-570/9-84-001). Environmental Science and Engineering, Inc., Gainesville, FL (USA), 1984; 45-50.
- 15.Rossiter HMA, Owusu PA, Awuah E, et al. Chemical drinking water quality in Ghana: Water costs and scope for advanced treatment. Sci Total Environ 2010; 408; 2378-2386.
- 16.Mahvi AH, Dindarloo K, Jamali HA, et al. Corrosion and scaling in Bandar Abbas Pipe water network. J Hormozghan Univ Med Sci 2011; 14: 335-40.(Persian)
- 17.Rezaei Kalantari R, Yari AR, Ahmadi E, et al. Survey of corrosion and scaling potential in drinking water resources of the villages in Qom province by use of four stability indexes (With Quantitative and qualitative analysis). Arch Hyg Sci 2014, 2: 126-134.
- 18.Chien CC, Kao CM, Chen CW et al. Evaluation of biological stability and corrosion potential in drinking water distribution systems: a case study. Environ Monit Assess 2009; 153:127-138.
- 19.Patzay G, Stahl G, Karman FH, et al. Modeling of scale formation and corrosion from geothermal water. Electrochimica Acta 1998; 43: 137-47.
- 20.Al-Rawajfeh AE, Al-shamaileh EM. Assessment of tap water resources quality and its potential of scale formation and corrosivity in Tafila Province, South Jordan. Desalination 2007; 206: 322-32.



Original Article

## Survey of chemical quality and corrosion and scaling potential of drinking water distribution network of Bushehr city

G. Asgari<sup>1</sup>, B. Ramavandi<sup>2\*</sup>, M. Tarlaniazar<sup>3</sup>, A. Fadaie nobandegani<sup>1</sup>,  
Z. Berizie<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Social Determinants of Health Research Center, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>2</sup> Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

<sup>3</sup> Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

(Received 22 Apr, 2013      Accepted 23 Nov, 2013)

*Abstract*

**Background:** Determination of water corrosion indexes is one of the affecting approaches on drinking water management. Corrosion can causes economical problems, reduce the useful life of water facilities, and health damages to consumers. The aim of this study was to survey of chemical quality and determination of the corrosion potential of the water distribution system in Bushehr city.

**Materials and Methods:** In this cross sectional study, the sampling was carried out during one year from 7 stations. Values of Langelier, Ryznar, corrosivity and Puckorius indexes were calculated by using such parameters as pH, total dissolved solids, temperature, permanent and temporary hardness, and alkalinity.

**Results:** The average values for pH, total dissolved solids, temperature, and alkalinity was obtained 7.5, 586.82 mg/L, 66.92 mg/L CaCO<sub>3</sub>. The corrosion indexes were calculated Langelier 0.28, Ryznar 7.24, corrosivity 12.02, and Puckorius 7.81.

**Conclusion:** Bushehr city water is tends to be slightly scaling based on Ryznar index and corrosive based on other studied indexes. Overall, the water quality was tending to corrosive and, therefore, recommended to use corrosion resistance pipes in water transmission and network or lining the inner wall of pipes or correction the water quality.

**Key words:** Chemical quality, Corrosion index, Scaling, Bushehr

\*Address for correspondence: Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran; E-mail: ramavandi\_b@yahoo.com