

خورندگی و رسوبگذاری آب در شبکه آبرسانی شهر بندرعباس

دکتر امیرحسین محوی^۱ کاووس دیندارلو^۲ حمزه علی جمالی^۳ ولی علیپور^۲

^۱ دانشیار گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، مربی گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان^۲ استادیار گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی قزوین
مجله پزشکی هرمزگان سال چهاردهم شماره چهارم زمستان ۸۹ صفحات ۲۴۰-۲۳۵

چکیده

مقدمه: خورندگی و رسوبگذاری از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفی آب است. بروز خورندگی و رسوبگذاری، اقتصاد صنعت تصفیه و انتقال و توزیع آب را عموماً با مشکل مواجه می‌کند، همچنین خوردگی باعث ورود محصولات جانبی به آب آشامیدنی و بروز مشکلات بهداشتی و کاهش عمر لوله‌ها و اتصالات می‌شود. هدف از این مطالعه تعیین وضعیت خورندگی و رسوبگذاری آب در شبکه آبرسانی شهر بندرعباس می‌باشد.

روش کار: در این مطالعه توصیفی - مقطعی، نمونه‌برداری به روش خوشه‌ای بود که جمعاً تعداد ۱۵ خوشه انتخاب و از آنها ۴۵ نمونه به صورت تصادفی برداشت شد. متغیرهای مورد نیاز براساس شاخص‌های اشباع لانتزیه، پایداری رایزنر و آزمون ماربل اندازه‌گیری و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج: بر اساس شاخص رایزنر در ۲۰ درصد موارد آب متعادل و در ۸۰ درصد دیگر تمایل به خورندگی داشت. بر اساس شاخص لانتزیه نیز در ۶/۶ درصد موارد آب متعادل و در ۹۳/۴ درصد دیگر تمایل به خورندگی داشت. بر اساس آزمون ماربل نیز در همه موارد آب تمایل به خورندگی داشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج، در شبکه آبرسانی شهر بندرعباس پتانسیل خورندگی وجود دارد و لازم است تمهیدات لازم در این زمینه بکار گرفته شود. با توجه به عدم یکنواختی نتایج، استفاده از یک شاخص به تنهایی نمی‌تواند وضعیت خورندگی یا رسوبگذاری آب این شبکه را تعیین نماید. بنابراین پیشنهاد می‌شود جهت اطمینان از چگونگی وضعیت از چندین شاخص بطور همزمان استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: خورندگی - رسوبگذاری - شبکه آبرسانی - رایزنر - لانتزیه - ماربل

نویسنده مسئول:

ولی علیپور

دانشکده بهداشت دانشگاه علوم

پزشکی هرمزگان

بندرعباس - ایران

تلفن: ۰۲۲۳۶۲۰۲ ۹۸۷۶۱

پست الکترونیکی:

valipoor@hums.ac.ir

دریافت مقاله: ۸۷/۱۰/۹ اصلاح نهایی: ۸۹/۸/۱۰ پذیرش مقاله: ۸۹/۸/۲۶

مقدمه:

خورندگی شبکه‌های توزیع آب در اثر عوامل الکتروشیمیایی، فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و متالورژیکی صورت می‌گیرد و عواملی همچون قلیائیت، سختی، وجود گازهای محلول، درجه حرارت و pH، از عوامل عمده موثر در آن محسوب می‌شوند (۹-۱). عوامل متغیر فراوانی از جمله؛ ویژگی‌ها و نوع فلز بکار رفته در ساختار لوله، مقدار سطح در تماس با آب، اکسیژن، یون سولفات، افزایش دی‌اکسید کربن آزاد، وجود باقیمانده گندزداها، درجه حرارت و وجود میکروارگانیسم‌ها، میزان گسترش خوردگی در یک سیستم تأمین آب را کنترل می‌کنند (۱۳-۱۰).

خورندگی و رسوبگذاری یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفی آب است (۱). بروز پدیده‌های خورندگی و رسوبگذاری، اقتصاد صنعت تصفیه و انتقال و توزیع آب را در برخی مواقع مختل می‌کنند. خوردگی باعث ورود محصولات جانبی به داخل آب آشامیدنی و بروز مشکلات بهداشتی و کاهش عمر لوله‌ها و اتصالات می‌شود (۴-۲). رسوبگذاری نیز باعث کاهش دبی لوله‌ها، کاهش کارایی شیرها و اتصالات می‌گردد (۴، ۵).

۴۵ نمونه به صورت تصادفی برداشت شد و مقادیر هر خوشه به عنوان یک میانگین در جدول نتایج ارائه گردید. متغیرهای مورد نیاز بر اساس کتاب استاندارد متد (۱۷) و به صورت جدول شماره ۱ مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس شاخص اشباع لانتزلیه، شاخص پایداری رایزنر و آزمون ماربل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جهت تعیین شاخص‌های لانتزلیه و رایزنر، نمونه های آب از نظر پارامترهای لازم در محاسبات این شاخص‌ها، بر اساس روشهای مندرج جدول شماره ۱ آزمایش و نتایج آنها در روابط شماره ۱ و ۲ وارد گردید.

رابطه ۱: $LSI = pH - pHS$ و pHS به ترتیب معرف pH واقعی و pH اشباع می‌باشند.

رابطه شماره (۲): $pHS = A + B - \log [Ca^{2+}]$ و $Log[Alkalinity]$ وابسته به درجه حرارت و کل مواد جامد محلول آب و ALK نیز معرف کل قلیائیت است. در محاسبه شاخص اشباع لانتزلیه سه حالت زیر ممکن است رخ دهد (۱۴): الف: اگر شاخص لانتزلیه (LI) بزرگتر از صفر باشد: $LI > 0$ آب فوق اشباع بوده و تمایل به تشکیل لایه کربنات کلسیمی دارد (رسوبگذار است).

ب: اگر $LI < 0$ آب غیر اشباع بوده و تمایل به حل نمودن کربنات کلسیم دارد (خورنده است).

ج: اگر $LI = 0$ آب پایدار و خنثی است (تمایل به رسوب گذاری و خورندگی پایین است).

اندیس پایداری رایزنر (RI) با استفاده از رابطه $(pH - RI = 2(pHS))$ تعیین می‌شود. الف: اگر $RI < 6$ آب به شدت رسوب گذار است. ب: اگر $RI > 7$ ، آب خورنده است. ج: اگر $RI > 8$ ، آب به شدت خورنده است.

برای نمونه برداری جهت انجام آزمایش پایداری کربنات کلسیم (Marble Test)، از دو بطری BOD با درب چوب پنبه‌ای، استفاده شد. دو لوله شیشه‌ای یا پلاستیکی در داخل بطری نصب شد تا از یک لوله آب وارد و از لوله دیگر هوا خارج شود. روی بطری اول بلافاصله آزمایش قلیائیت انجام شد و به بطری دوم ۰/۳ تا ۰/۴ گرم $CaCO_3$ اضافه گردید و مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار داده شد تا به آرامی به هم

به منظور ارزیابی وضعیت خورندگی و رسوبگذاری آب از روشهای مختلفی مثل شاخص‌های خورندگی و پایداری و نیز آزمایشهای کوپن و ماربل استفاده می‌شود. شاخص‌های اشباع که معمولاً بیشترین کاربرد را در صنعت آب برای تعیین خورندگی و رسوبگذاری آنها دارند، شامل شاخص اشباع لانتزلیه (LI) و شاخص پایداری رایزنر (RI) و نیز آزمایش پایداری کربنات کلسیم (ماربل) است.

مطالعات انجام شده بر روی آب مخازن شهر زنجان نشان داد که بر اساس شاخص اشباع لانتزلیه ۵۰ درصد نمونه‌ها خورنده و ۵۰ درصد آنها رسوبگذار بود. بر اساس شاخص پایداری رایزنر ۱۰۰ درصد نمونه‌ها خورنده بود. بر اساس شاخص اشباع لانتزلیه ۵۳/۵۱ درصد نمونه‌های شبکه خورنده و ۴۵/۷ درصد آنها رسوبگذار بود. بر اساس شاخص پایداری رایزنر ۸۰/۳۱ درصد نمونه‌ها خورنده بود (۱۵).

مطالعات انجام شده بر روی شبکه آبرسانی شهر قزوین نشان می‌دهد، بر اساس شاخص اشباع لانتزلیه برای ۹۲/۶ درصد نمونه‌ها متعادل، شاخص پایداری رایزنر برای ۸۰ درصد نمونه‌ها خورنده بود و بر اساس آزمون ماربل ۷۴ درصد نمونه‌ها متعادل بود (۱۶).

منابع تأمین آب شهر بندرعباس، شامل سد استقلال میناب و ۳۱ حلقه چاه می‌باشد که به ترتیب ۸۰ و ۲۰ درصد آب مورد نیاز را تأمین می‌نمایند، شبکه توزیع آب شرب شهر بندرعباس با قدمتی ۵۰ ساله، با طول ۸۰۰ کیلومتر از جنس آزیست، چدن و پلی‌اتیلن، نیاز آبی ۱/۵ متر مکعب در ثانیه را توزیع می‌کند (اطلاعات شرکت آب و فاضلاب شهری استان هرمزگان). با توجه به درجه حرارت بالا و کل جامدات محلول (TDS) بالای آب و همچنین قدمت بالای شبکه توزیع، می‌توان انتظار داشت، شبکه توزیع آب شرب شهر بندرعباس شرایط مساعدی برای بروز پدیده خوردگی داشته باشد. از اینرو و با توجه به پیامدهای نامطلوب پدیده خوردگی، موضوع خوردگی در این شبکه مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش کار:

در این مطالعه توصیفی - مقطعی، شبکه توزیع آب به ۱۵ خوشه تقسیم‌بندی گردید، از هر خوشه ۳ نمونه و در مجموع،

نتایج:

در این مطالعه پارامترهای دخیل در خورندگی و یا رسوبگذاری سنجش گردید که نتایج این سنجشها در جدول شماره ۲ ارائه شده است. سپس بر اساس مقادیر مندرج در جدول شماره ۲ و محاسبات انجام شده بر اساس روابط شاخص‌های لائزلیه و رابیزنر، شاخص‌های مزبور محاسبه گردید و به همراه تفسیر آن در جدول شماره ۳ آمده است.

بخورد. پس از طی زمان ۲۴ ساعته، قلیائیت نمونه دوم اندازه‌گیری شد و سپس قلیائیت دو نمونه با هم مقایسه گردید. از آنجایی که در آب خورنده CaCO_3 حل و قلیائیت افزایش می‌یابد، اگر قلیائیت دو نمونه مساوی باشد، آب در حال تعادل است. اگر قلیائیت نمونه اول بیشتر از نمونه دوم باشد، آب رسوبگذار است و در حالت عکس، آب خورنده است (۱۸).
به منظور بررسی و تحلیل نتایج بدست آمده از شاخص تمایل مرکزی نظیر میانگین استفاده گردید.

جدول شماره ۱- متغیرهای مورد بررسی در سنجش پتانسیل خورندگی و رسوبگذاری

شماره آزمایش	روش آزمایش	واحد	متغیر
۲۳۲۰	تیتراسیون یا اسیدکلریدریک	mg/l(CaCO ₃)	قلیائیت
۲۳۴۰	تیتراسیون با EDTA	(CaCO ₃)	سختی کلسیم
۲۰۴۷	کل جامدات محلول خشک شده در دمای ۱۸۰°C	mg/l	کل جامدات محلول (TDS)
-	هدایت سنج مدل HACH	(μs/cm)	هدایت الکتریکی
-	pH متر متروهم مدل CP-501	-	pH
-	-	°C	دما

جدول شماره ۲- پارامترهای سنجش شده مرتبط با خورندگی و رسوبگذاری در شبکه آبرسانی شهر بندرعباس

پارامتر نمونه	Ca ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	سختی (mg/l)	قلیائیت (mg/l)	PH	TDS (mg/l)	EC (μ845s/cm)	دما (°C)
۱	۳۲/۵۴	۱۱۲	۱۴۲/۶	۱۱۲	۷/۹۷	۴۶۵	۸۴۵	۲۷/۵
۲	۲۱/۶۶	۱۱۱/۴	۱۳۹/۲	۱۴۹/۲	۷/۹۲	۴۴۸	۸۱۳	۱۱۲
۳	۳۱/۵۸	۱۱۲/۴	۱۳۴/۲	۱۱۲/۴	۸/۲۱	۴۷۵/۵	۸۳۱	۲۷/۵
۴	۲۹/۲	۱۱۲/۸	۱۵۴/۴	۱۲۱/۲	۷/۹۴	۶۰۷/۵	۱۱۰۷/۵	۲۵
۵	۲۸/۸	۱۲۱/۴	۱۵۸	۱۱۷/۶	۸/۰۵	۵۹۳/۵	۱۰۷۹	۲۵
۶	۲۱/۵۶	۱۴۷/۲	۱۴۹/۴	۱۲۱/۴	۸	۶۰۷/۲	۱۱۰۴	۲۵/۵
۷	۲۹/۵۷	۱۳۸	۱۷۶	۱۴۷/۲	۷/۶۳	۶۶۷/۵	۱۲۱۵	۲۵/۵
۸	۲۸/۵۸	۱۳۸	۱۷۱/۸	۱۴۹/۶	۷/۸۷	۶۴۳	۱۱۶۹	۲۶
۹	۲۴/۲	۱۳۷/۴	۱۶۷/۴	۱۳۷/۴	۷/۸۶	۶۳۸/۵	۱۱۶۱	۲۶
۱۰	۳۱/۹	۱۵۷	۱۶۷	۱۴۷	۷/۹۷	۶۴۵/۵	۱۱۷۳	۲۳
۱۱	۳۱	۱۶۰	۱۶۶/۵	۱۵۰/۴	۷/۹۶	۶۴۵/۵	۱۱۷۱	۲۲/۵
۱۲	۳۳/۵	۱۶۱	۱۷۱	۱۵۰	۷/۶۵	۶۶۳	۱۱۸۷	۲۳
۱۳	۳۲	۱۵۸	۱۶۷	۱۴۸	۷/۹۷	۶۵۰	۱۱۸۱/۵	۲۳/۵
۱۴	۳۱/۲۶	۱۴۸	۱۶۷/۵	۱۳۴/۴	۷/۷۷	۶۳۴/۵	۱۱۵۳	۱۴
۱۵	۲۹/۹۵	۱۵۱/۳	۱۵۸/۱۵	۱۳۷/۸	۷/۹۱	۵۸۸/۸۱	۱۰۶۷/۸۷	۲۵

جدول شماره ۳- نتایج و تفسیر شاخص‌های خورندگی آب شرب شهر بندرعباس

شاخص محل برداشت	لانژیله	رایزنر	آزمایش ماربل	تفسیر بر اساس	
				لانژیله	رایزنر
۱	۰/۰۳	۷/۰۸	۱/۲۸	تقریباً متعادل	تقریباً متعادل
۲	-۰/۱۳	۷/۳۸	۲/۱۰	کمی خورنده	کمی خورنده
۳	-۰/۴۰	۷/۱۹	۳/۶	کمی خورنده	کمی خورنده
۴	-۰/۳۴	۷/۳۶	۳/۲	کمی خورنده	کمی خورنده
۵	-۰/۳۹	۷/۴۰	۲/۷۸	کمی خورنده	کمی خورنده
۶	۰/۰۱	۷/۲۱	۱/۹۰	تقریباً متعادل	کمی خورنده
۷	-۰/۴۶	۷/۹۷	۲/۳	کمی خورنده	کمی خورنده
۸	-۰/۳۹	۷/۳۷	۲/۱۰	کمی خورنده	کمی خورنده
۹	-۰/۴	۷/۰۷	۳/۶	کمی خورنده	کمی خورنده
۱۰	-۰/۳۳	۷/۳۰	۳/۱۰	کمی خورنده	کمی خورنده
۱۱	-۰/۴۴	۸/۰۳	۲/۳۰	خورنده	خورنده
۱۲	-۰/۶۰	۷/۳	۳/۰۰	کمی خورنده	کمی خورنده
۱۳	-۰/۳۳	۷/۱	۳/۱	کمی خورنده	کمی خورنده
۱۴	-۰/۰۳	۷/۱۴	۳/۲۰	کمی خورنده	کمی خورنده
۱۵	-۰/۰۸	۷/۱	۳/۳	تقریباً متعادل	کمی خورنده

بحث و نتیجه‌گیری:

لوله‌کشی و آبرسانی‌های مسکونی، ایجاد مزه‌هایی شبیه به تلخی در آب به دلیل وجود مقادیر نسبتاً زیاد ترکیبات فلزی، ایجاد آب رنگی، افزایش هدر رفت آب و احتمال مسمومیت به دلیل مصرف آبهایی که دارای مقادیری فلزات سمی مثل سرب و مس هستند. علاوه بر موارد فوق، خورندگی آب تأثیرات نامطلوبی بر جنبه‌های زیبایی شناختی آب خواهد داشت. از آنجایی که اهداف مهم در کنترل خورندگی و رسوبگذاری شامل، حفظ بهداشت عمومی، ارتقای کیفیت آب، افزایش طول عمر تأسیسات آبرسانی و همچنین تأمین استانداردهای ملی جهت کیفیت آب است. از این رو اقدامات منطقی و علمی در این زمینه با صرفه اقتصادی نیز همراه خواهد بود.

از طرفی به لحاظ شرایط گرم آب و هوایی بندرعباس که باعث تسریع واکنش‌هایی شیمیایی مرتبط با خوردگی می‌گردد، لذا امکان انحلال برخی ترکیبات مثل فلزات سنگین و دیگر ترکیبات نامطلوب در آب دور از انتظار نیست. از این رو ضمن توجه به کنترل خورندگی آب، پایش مداوم وضعیت خورندگی و یا رسوبگذاری آب توصیه می‌شود.

چنانکه از جدول شماره ۳ نیز مشخص است، بر اساس شاخص‌های لانژیله در ۲۰ درصد و بر اساس شاخص رایزنر در ۶/۶ موارد، آب متعادل و در بقیه موارد آب کمی خورنده ارزیابی گردید در حالی که بر اساس آزمایش ماربل در ۸۶/۷ درصد موارد آب خورنده بود و تنها در ۱۳/۳ درصد موارد آب کمی خورنده ارزیابی شد. این وضعیت مبین این مطلب است که استفاده از یک شاخص به تنهایی نمی‌تواند وضعیت خورندگی یا رسوبگذاری آب یک شبکه را تعیین نماید. این وضعیت با نتایج حاصل از دیگر مطالعات انجام شده در زنجان و قزوین مطابقت دارد (۱۰،۱۶). بنابراین پیشنهاد می‌شود جهت اطمینان از چگونگی وضعیت از چندین شاخص همانند آزمون ماربل بطور همزمان استفاده شود.

آنچه برآیند کلی مطالعه اخیر بود، اینکه آب شرب شهر بندرعباس تمایل به خورندگی دارد. آب خورنده نیز مشکلاتی را برای مصرف کنندگان و بهره برداران ایجاد خواهد نمود. آبهای خورنده از طرق مختلفی باعث ایجاد هزینه می‌گردند که مهمترین آنها عبارت هستند از: کاهش راندمان سیستم‌های گرم‌کننده و ایجاد اختلال در کار آنها، خوردگی و صدمه به سیستم

References

منابع

1. Horfar A. Principal of Corrosion Technology. Center for University Press; 1996. [Persian]
2. Kirmeyer, Gregory, Logsdon, Gray S. Principles of internal corrosion and corrosion monitoring. *Journal AWWA*. 1983;75:78-83.
3. Single Yand JE, Lee T. Determining internal corrosion potential in water supply systems. 2nd ed. Denver. AWWA Press; 1984.
4. Viessman WJr, Hammer MJ. Water Supply and Pollution Control, 8th ed. New York: Prentice Hall Press; 2008.
5. Lauer W. Introduction to Water Treatment: Principles and Practices of Water Supply Operations. 2nd ed. Denver: AWWA Press; 2003.
6. McGraw. Water quality and treatment. Denver: AWWA Press; 1991.
7. Hand book of public water systems. 2nd ed. New York: HDR Engineering Inc; 2001.
8. Gilbert M, Wendell PE. Introduction to environmental engineering & science, 2nd ed. London: Prentice- Hall Press; 1997.
9. Kawamura S. Integrated designs and operation of water treatment facilities, 2nd ed. New York: John Wily and Sons Inc; 2000.
10. Puyate YT, Rim - Rukeh A. Comparative study of microbial and non-microbial Corrosion of X60 steel exposed to produced water. *Journal of Applied Sciences Research*. 4;2008.
11. Daneshvar N. Water chemistry. Tabriz: Amid Press; 1992. [Persian]
12. Ramezani P. Corrosion and scaling of drinking water wells in Rasht. *Journal of Water & Environment*. 1996;28. [Persian]
13. Hossainian S, Mirsadeghi J. Corrosion and its control in water pipes. *Journal of Water & Environment*. 1998;28. [Persian]
14. Pishnamazi A. Corrosion Control in Industries and Water rule; corrosion examples analysis. 1st ed. Isfahan: Arkan Press; 1998. [Persian]
15. Mahvi AH. Corrosion factors in Zanjan drinking water network. PhD Tesis, Tehran: Tehran medical sciences University School of Health: 2008. [Persian]
16. Naddafi k, Jamali HA. Corrosion factors in Qazvin drinking water network. PhD Tesis, Tehran: Tehran medical sciences University School of Health: 2008. [Persian]
17. Claceri LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard method for the examination of water and wastewater. 21st ed. Denver: AWWA Press; 2005.
18. Keynejad M, Ebrahimi S. Environmental engineering. Tabriz: Sahand Technical Press; 1997. [Persian]

Corrosion and scaling in Bandar Abbas Pipe water network

A.H. Mahvi, PhD¹ K. Dindarlou, MSc² H. Ali Jamali, PhD³ V. Alipour, MSc²

Associate Professor Department of Environmental Health¹, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Instructor Department of Environmental Health², Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran. Assistant Professor Department of Environmental Health³, Ghazvin University of Medical Sciences, Ghazvin, Iran.

(Received 29 Dec, 2008 Accepted 17 Nov, 2010)

ABSTRACT

Introduction: Scaling and corrosion is one the most important indices in water quality evaluation. Occurrence of scaling or corrosion may create disorder in economy of water and wastewater industry. In addition, corrosion produces by-products in water leading to health problem and reduction of water pipe life-time. In this study, the condition of scaling and corrosion in Bandar Abbas water network was evaluated.

Methods: In this cross-sectional study, pipe water network of Bandar Abbas was divided into 15 sections and, randomly 3 samples were taken from each section. Langleier and Rysnar indices and Marble test were used for water quality analysis.

Results: Based on Rysnar index, in 20% of samples, water was neutral and in 33% as slightly corrosive. Based on Langleier index in 6.6% of samples, water was neutral and in 93.4% were slightly corrosive. Marble test showed that all of the tested samples were corrosive.

Conclusion: We showed that, there is corrosion potential in Bandar Abbas water network so as proper interference is required. Evaluation of indices shows that, there is significant difference among indices findings; therefore it seems that mono-index evaluation is likely unable to determine the corrosion status or scaling condition. To evaluate water stability or corrosiveness condition, simultaneous indices are recommended.

Key words: Corrosion – Scaling – Water Network – Langleier – Rysnar – Marble

Correspondence:
V. Alipour, MSc.
Department of Health
Hormozgan University of
Medical Sciences.
Bandar Abbas, Iran
Tel: +98 761 3336202
Email:
valipoor@hums.ac.ir