بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب آشامیدنی شهرستان نور با استفاده از شاخص‌های پایداری

عبدالایمان عموئی [۱](Ph.D)، سیده حوریه فلاح [۱](M.Sc)، حسینعلی اصغرنیا [۱](Ph.D)، راضیه بور [۲](B.Sc)، سید محمود مهدی‌نیا [*۳](Ph.D)

۱- مرکز تحقیقات سلامت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۲- گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

چکیده

هدف: خورندگی و رسوب‌گذاری در سیستم‌های انتقال و توزیع آب آشامیدنی، هم از نظر اقتصادی و هم به لحاظ بهداشتی، نقش بسیار موثری را در هر جامعه بر عهده دارند. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی میزان پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهرستان نور و ارائه راه‌کارهای موثر بر کاهش مشکلات احتمالی آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی- مقطعی، از کلیه منابع آب آشامیدنی (۱۹ حلقه چاه عمیق)، نمونه‌برداری گردید. میزان سختی کلسیمی، pH، قلیائیت، TDS و دما بر اساس روش‌های استاندارد، اندازه‌گیری شد. با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس و خوردگی تهاجمی، کیفیت آب از لحاظ خورندگی و رسوب‌گذاری مورد سنجش قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین دما، pH، TDS، سختی کلسیمی و قلیائیت کل نمونه‌های آب به ترتیب ۲۱ درجه سانتی‌گراد، ۷/۲۵، ۴۵۴/۳ میلی‌گرم در لیتر، ۱۰۵ و ۳۲۴ میلی‌گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم به‌دست آمد. اگر چه که میانگین میزان پارامترهای مزبور در آب در فصول تابستان و پاییز با هم متفاوت بوده، اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. میانگین میزان شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس و تهاجمی در نمونه‌های آب در تابستان به ترتیب ۰/۲۸- ، ۷/۸۲، ۶/۹ و ۱۱/۷۳ و در پاییز ۰/۲۵-، ۷/۷۵، ۶/۷ و ۱۱/۷۸ به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: منابع آب آشامیدنی شهرستان نور دارای پتانسیل خورندگی بوده و لذا بایستی تنظیم پارامترهای pH، قلیائیت، سختی و اکسیژن محلول آب در منابع و شبکه توزیع آب آشامیدنی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری، شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس، تهاجمی

مقدمه

پدیده خورندگی و رسوب‌گذاری آب، یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفی یک منبع آب محسوب می‌شود [۳،۲،۱]. خورندگی آب، باعث تخریب لوله‌ها و تاسیسات آبی و ورود محصولات جانبی و ترکیبات سمی به درون آب آشامیدنی و بروز مشکلات بهداشتی می‌گردد [۴]. پدیده خورندگی و رسوب‌گذاری در آب ممکن است، ورود برخی از فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و مس را به داخل تاسیسات آب باعث گردیده و سلامتی مصرف‌کنندگان را به مخاطره بی‌اندازد [۶،۵]. این پدیده،

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۳-۳۵۲۲۰۱۴۰

Email: smmehdinia@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۲۵

تقویت رشد مجدد باکتری‌ها، افزایش غلظت فلزات آهن، منگنز، روی، مس و مشکلاتی نظیر بو، مزه، رنگ و کدورت، کاهش بازدهی در گندزدایی و تنزل کیفیت آب را باعث می‌گردد [۷-۱۰]. پارامترهایی نظیر قلیائیت، سختی، گازهای محلول (اکسیژن و دی‌اکسید کربن)، درجه حرارت و pH آب از عوامل مؤثر در خوردگی آب محسوب می‌شوند [۱۰-۱۲]. هم‌چنین، عوامل دیگری نظیر نوع فلز به کار رفته در ساختار لوله، میزان سطح تماس لوله با آب، یون‌های کلراید و سولفات، وجود باقی‌مانده گندزداها و میکروارگانیسم‌ها، میزان گسترش خوردگی را در یک سیستم تأمین آب تقویت می‌نمایند [۱۳،۱۴]. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عمده‌ترین رسوبات تشکیل شده در سیستم‌های توزیع آب شامل کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، سولفات کلسیم و کلرید منیزیم می‌باشند، به طوری که در بعضی از مواقع این رسوبات به صورت کنترل نشده، انسداد لوله‌ها و افزایش هزینه‌های بهره‌برداری از تأسیسات آب‌رسانی را سبب می‌گردند [۱۵]. در حال حاضر، هزینه‌های مصرفی مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری در لوله‌های آب، درصد قابل توجهی از درآمد سرانه کشورهای مختلف را به خود اختصاص می‌دهد. در آمریکا هزینه‌های تحمیل شده در اثر خوردگی و رسوب‌گذاری، سالانه بیش از ۳۰۰ میلیارد دلار برآورد شده که بیش از ۴ تا ۵٪ درآمد ناخالص ملی آن کشور را شامل می‌گردد [۱۳]. از سوی دیگر، بررسی تلفات آب تصفیه شده شهری نشان می‌دهد که هر ساله تخریب ناشی از خورندگی آب، بیش از ۳۰٪ آب‌های تصفیه شده در خطوط انتقال و شبکه توزیع آب به هدر می‌رود [۱۶،۱۷].

یکی از روش‌های غیر مستقیم اندازه‌گیری و تشخیص ساده خورندگی و بررسی تمایل آب به رسوب‌گذاری، کاربرد شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری است. این شاخص‌ها بیانگر خصوصیات کیفی آب هستند. ارزیابی دقت هر یک از شاخص‌ها بر اساس توانایی‌های آن‌ها در مشخص کردن حالات زیر اشباع، اشباع یا فوق اشباع آب بر حسب کربنات کلسیم و نیز بر پایه پیش‌بینی ظرفیت آب‌ها در ذخیره کردن و ایجاد رسوب کربنات کلسیم و یا تجزیه و حل شدن آن می‌باشد [۱۸،۱۹]. این شاخص‌ها، شامل اندیس اشباع لانژلیه (Langelier Saturation Index, LSI)، اندیس پایداری رایزنر (Riznar Stability Index, RSI)، اندیس پوکوریوس (Puckorious Index, PI) و اندیس خورندگی تهاجمی (Aggressive Index, AI) می‌باشد [۱۹،۲۰] مقادیر اندیس لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس و تهاجمی در شرایط مختلف آب به ترتیب در جداول ۱، ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

در پژوهش ناصحی‌نیا و همکاران، پتانسیل خورندگی آب آشامیدنی شبکه توزیع شهر دامغان با استفاده از اندیس‌های لانژلیه و رایزنر انجام گردید. نتایج این مطالعه مبین آن است که آب شهر دامغان تمایل به خورندگی دارد [۲۱]. در تحقیقی دیگر توسط شمس و همکاران، میزان پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب شرب مناطق روستایی شهرستان طبس بر اساس شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه، ۲۹/۳٪، ۹۰/۳۲٪، ۹۶/۷۸٪، ۹۶/۷۷٪ و ۱۲/۱٪ از نمونه‌های آب به ترتیب بر حسب شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس، لارسون و تهاجمی، تمایل به خورندگی داشته‌اند [۲۲]. در مطالعه زرولی و همکاران در بررسی کیفیت آب آشامیدنی شهر یاسوج بر اساس شاخص‌های متداول خورندگی و رسوب‌گذاری آب، وضعیت آب این شهر نیز به سمت خورندگی متمایل بوده است [۲۳].

با توجه به موارد اشاره شده و لزوم بررسی میزان خورندگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی در مناطق مختلف و نیز عدم انجام هیچ‌گونه تحقیقی در این خصوص در شهرستان نور، این مطالعه به منظور بررسی میزان پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب در منابع آب آشامیدنی شهرستان نور انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، یک مطالعه توصیفی- مقطعی بوده و با هدف تعیین پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب آشامیدنی

شهرستان نور در سال ۱۳۹۴ و با استفاده از شاخص‌های خورندگی لانژلیه (LSI)، رایزنر (RSI)، پوکوریوس (PI) و خورندگی تهاجمی (AI) انجام گرفت. به منظور اندازه‌گیری پارامترهای کل جامدات محلول (TDS)، سختی کلسیمی، قلیائیت کل، درجه حرارت و pH آب، از کلیه منابع آب آشامیدنی شهرستان نور (۱۹ حلقه چاه عمیق) در شهرهای نور، رویان و ایزد شهر نمونه‌برداری انجام گردید. برنامه نمونه‌برداری به گونه‌ای تنظیم شد که جهت تعیین اثرات مکان و زمان بر کیفیت آب، از هر منبع تامین آب، دو نمونه در فصول تابستان و پاییز برداشت گردید. بنابراین، تعداد نمونه‌های آب برداشت شده در این مطالعه ۳۸ عدد به‌دست آمد. میزان دما وpH آب در محل نمونه‌برداری، توسط دستگاه WTWساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. مقدار TDS، سختی کلسیمی و قلیائیت کل، مطابق با دستورالعمل روش‌های استاندارد آب و فاضلاب انجمن بهداشت عمومی آمریکا [۲۴] در آزمایشگاه تعیین گردید. پس از آنالیز نمونه‌ها و تعیین مقادیر کمی پارامترها، مقادیر شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس و خورندگی تهاجمی محاسبه گردید [۲۰،۱۹]. کلیه آزمایشات در دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی بابل انجام گرفت.

الف- نحوه محاسبه شاخص لانژلیه. میزان شاخص لانژلیه با رابطه LSI = pH – pHs محاسبه گردید. در این رابطه، pHs در واقع pH اشباع آب ناشی از کربنات کلسیم می‌باشد [۱۹].

جدول ۱. مقادیر اندیس لانژلیه در شرایط مختلف آب

مقدار اندیس	شرایط
LSI<0	تمایل به انحلال $CaCO_3$ و خورنده
LSI=0	عدم خورندگی و رسوبگذاری
LSI>0	و رسوبگذار$CaCO_3$ تمایل به ترسیب

ب- نحوه محاسبه شاخص رایزنر. میزان شاخص رایزنر (RSI)، توسط معادله (RSI = 2(pHs) – pH) به‌دست می‌آید [۲۰].

جدول ۲. مقادیر اندیس رایزنر در شرایط مختلف آب

مقدار اندیس	شرایط
<۴	آب رسوبدهی زیاد دارد
۵-۶	آب نسبتاً رسوبگذار می باشد
۶-۶/۵	آب نه خاصیت خورندگی و نه رسوبگذاری دارد
۶/۵-۷	آب خاصیت خورندگی دارد
>۸	آب خاصیت خورندگی شدید دارد

ج- نحوه محاسبه شاخص پوکوریوس. جهت محاسبه اندیس پوکوریوس از رابطه (pI=2pHs-pHeq)، استفاده شد [۱۹].

pH = pHs آب در حالت اشباع از کربنات کلسیم

pH = pHeq آب در حالت تعادل که از رابطه (pHeq=1.465log (T-Alk)+4.54)، به دست می‌آید:

در این رابطه = T-AIK کل قلیائیت بر حسب میلی‌گرم در لیتر است.

جدول ۳. مقادیر اندیس پوکوریوس در شرایط مختلف آب

مقدار اندیس	شرایط
>۶	آب خورنده است
<۶	آب رسوبگذار است

د- نحوه محاسبه شاخص خورندگی تهاجمی. جهت محاسبه شاخص خورندگی تهاجمی (AI) از رابطه (AI=pH+log[(A)(H)])، استفاده شده است [۱۹].

AI = شاخص خوردگی تهاجمی

A = قلیائیت کل (mg/l $CaCO_3$)

H = سختی کلسیم (mg/l $CaCO_3$)

جدول ۴. مقادیر اندیس تهاجمی در شرایط مختلف آب

مقدار اندیس	شرایط
AI<10	به شدت خورنده
10< AI <12	خورنده (ملایم)
AI>12	غیر خورنده

پس از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی موثر بر خورندگی و رسوب‌گذاری آب و محاسبه شاخص‌های خورندگی، میانگین نتایج به‌دست آمده با استفاده از آزمون تی (t-test) در نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۰، تجزیه و تحلیل و وضعیت آب از نظر خورندگی و رسوب‌گذاری مشخص گردید. در این مطالعه، سطح معنی‌داری ۹۵٪ و میزان خطای قابل قبول، کم‌تر از ۵٪ تعیین گردیده است (p<۰/۰۵).

نتایج

بر اساس نتایج این پژوهش، تغییرات دمای آب در تابستان و پاییز به ترتیب ۱۹ تا ۲۵ و ۱۸ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد؛ تغییرات pH آب در تابستان و پاییز به ترتیب ۷/۰۸ تا ۷/۶۱ و ۷/۱۳ تا ۷/۳۹؛ تغییرات TDS آب در تابستان و پاییز به ترتیب ۳۹۷ تا ۶۵۷ و ۴۱۲ تا ۶۱۹ میلی‌گرم بر لیتر؛ تغییرات میزان سختی کلسیمی آب در تابستان و پاییز به ترتیب ۴۷ تا ۱۴۸ و ۵۰ تا ۱۳۴ میلی‌گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم؛ و تغییرات میزان قلیائیت کل آب در تابستان و پاییز به ترتیب ۲۵۰ تا ۴۱۰ و ۲۰۰ تا ۳۹۰ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه گردید.

اگر چه در این پژوهش، میانگین میزان هر یک از پارامترهای دما، pH، TDS، سختی کلسیمی و قلیائیت کل آب در فصول تابستان و پاییز با هم متفاوت بوده، اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد (p<۰/۰۵).

جدول۵. ارزیابی شاخص های خورندگی در منابع آب آشامیدنی مورد مطالعه در فصل تابستان

شماره منبع	شاخص				ارزیابی بر اساس شاخص			
	لانژلیه	رایزنر	پوکوریوس	خوردگی	لانژلیه	رایزنر	پوکوریوس	خوردگی
۱	۰/۲	۷/۰۳	۶/۱۰	۱۲/۲۲	LP	C	C	NC
۲	-۰/۳۵	۷/۸۳	۶/۷۷	۱۱/۶۵	C	C	C	MC
۳	-۰/۲۵	۷/۶۷	۶/۶۳	۱۱/۷۳	C	C	C	MC
۴	-۰/۰۷	۷/۵۱	۶/۶۶	۱۱/۹۲	C	C	C	MC
۵	-۰/۲۵	۷/۶۸	۶/۶۲	۱۱/۷۴	C	C	C	MC
۶	-۰/۱۸	۷/۶۶	۶/۷۵	۱۱/۸۲	C	C	C	MC
۷	-۰/۲۷	۷/۹۰	۷/۲۱	۱۱/۷۲	C	C	C	MC
۸	-۰/۲۷	۷/۷۵	۶/۷۰	۱۱/۷۵	C	C	C	MC
۹	-۰/۲۵	۷/۸۱	۷/۰۲	۱۱/۷۷	C	C	C	MC
۱۰	-۰/۲۹	۷/۸۱	۶/۸۵	۱۱/۰۴	C	C	C	MC
۱۱	-۰/۳۷	۷/۹۳	۶/۹۲	۱۱/۶۹	C	C	C	MC
۱۲	-۰/۵۳	۸/۱۴	۷/۱۳	۱۱/۵۳	C	HC	C	MC
۱۳	-۰/۳۲	۷/۸۶	۶/۸۹	۱۱/۷۴	C	C	C	MC
۱۴	-۰/۶۵	۸/۴۴	۷/۲۷	۱۱/۳۷	C	HC	C	MC
۱۵	-۰/۷۰	۸/۵۵	۷/۴۶	۱۱/۳۴	C	HC	C	MC
۱۶	-۰/۳۹	۷/۸۹	۶/۷۴	۱۱/۶۱	C	C	C	MC
۱۷	-۰/۰۵	۷/۴۰	۶/۷۶	۱۲/۰۲	LP	C	C	NC
۱۸	-۰/۶۵	۸/۴۲	۷/۲۴	۱۱/۳۸	C	HC	C	MC
۱۹	-۰/۱۶	۷/۲۷	۶/۷۱	۱۲/۱۳	LP	C	C	NC

C : خورنده ، N : طبیعی ، MC :خورندگی متوسط ، NC : فاقد خورندگی ، HC : خورندگی شدید، LP : رسوبگذاری اندک

جدول۶. ارزیابی شاخص های خورندگی در منابع آب آشامیدنی مورد مطالعه در فصل پاییز

شماره منبع	شاخص				ارزیابی بر اساس شاخص			
	لانژلیه	رایزنر	پوکوریوس	خوردگی	لانژلیه	رایزنر	پوکوریوس	خوردگی
۱	-۰/۰۵	۷/۴۶	۶/۵۳	۱۲/۰۲	C	۱	C	NC
۲	-۰/۲۷	۷/۷۷	۶/۷۴	۱۱/۸۰	C	۲	C	MC
۳	-۰/۱۹	۷/۶۵	۶/۶۶	۱۱/۸۷	C	۳	C	MC
۴	-۰/۱۵	۷/۶۳	۶/۷۱	۱۱/۸۳	C	۴	C	MC
۵	-۰/۲۷	۷/۶۹	۶/۵۷	۱۱/۷۱	C	۵	C	MC
۶	-۰/۲۶	۷/۷۸	۶/۷۸	۱۱/۷۲	C	۶	C	MC
۷	-۰/۲۰	۷/۷۲	۶/۸۷	۱۱/۸۴	C	۷	C	MC
۸	-۰/۲۹	۷/۷۱	۶/۶۱	۱۱/۶۹	C	۸	C	MC
۹	-۰/۳۸	۷/۹۴	۶/۹۴	۱۱/۶۰	C	۹	C	MC
۱۰	-۰/۳۲	۷/۸۵	۶/۸۳	۱۱/۲۷	C	۱۰	C	MC
۱۱	-۰/۲۵	۷/۷۲	۶/۷۰	۱۱/۸۲	C	۱۱	C	MC
۱۲	-۰/۲۹	۷/۷۶	۶/۷۰	۱۱/۷۵	C	۱۲	C	MC
۱۳	-۰/۱۹	۷/۶۲	۶/۵۸	۱۱/۸۵	C	۱۳	C	MC
۱۴	-۰/۳۸	۷/۹۶	۶/۹۵	۱۱/۶۶	C	۱۴	C	MC
۱۵	-۰/۸۲	۸/۸۷	۸/۱۸	۱۱/۲۲	C	۱۵	C	MC
۱۶	-۰/۲۹	۷/۷۱	۶/۶۱	۱۱/۷۵	C	۱۶	C	MC
۱۷	-۰/۱۱	۷/۵۵	۶/۶۲	۱۱/۹۳	C	۱۷	C	MC
۱۸	-۰/۰۴	۷/۲۹	۶/۳۵	۱۲/۱۰	LP	۱۸	C	NC
۱۹	-۰/۱۷	۷/۶۳	۶/۶۴	۱۱/۸۹	C	۱۹	C	MC

شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری نمونه‌های آب در فصول تابستان و پاییز به ترتیب در جداول ۵ و ۶، ارائه شده است. بر اساس این جداول، میانگین میزان شاخص لانژلیه در تابستان و پاییز به ترتیب برابر ۰/۲۸- و ۰/۲۵-؛ میانگین شاخص رایزنر در فصل تابستان و پاییز به ترتیب برابر ۷/۸۲ و ۷/۷۵؛ میانگین شاخص پوکوریوس در تابستان و پاییز به ترتیب ۶/۸۶ و ۶/۷ و شاخص تهاجمی به ترتیب برابر ۱۱/۷۳ و ۱۱/۷۸ به‌دست آمد. بر اساس شاخص لانژلیه، در فصل تابستان در ۱۹ منبع مورد بررسی، تعداد ۳ منبع (۱۵/۸٪) رسوب‌گذار و تعداد ۱۶ منبع (۸۴/۲٪) خورنده بودند. مطابق همین شاخص در فصل پاییز تعداد ۱ منبع (۵/۳٪) رسوب‌گذار و تعداد ۱۸ منبع (۹۴/۷٪) خورنده بودند. بر اساس شاخص رایزنر در فصل تابستان تعداد ۱۵ منبع (۷۸/۹٪) خورنده و تعداد ۴ منبع (۲۱/۱٪) خورنده شدید؛ در فصل پاییز تعداد ۱۸ منبع (۹۴/۷٪) خورنده و تعداد ۱ منبع (۵/۳٪) خورنده شدید بودند. بر اساس شاخص پوکوریوس، تمامی منابع هم در فصل پاییز و هم در فصل تابستان خورنده بودند. میانگین شاخص پوکوریوس در فصل تابستان ۶/۸۶ و در فصل پاییز ۶/۷ به‌دست آمد. بر اساس شاخص خورندگی تهاجمی در فصل تابستان، تعداد ۳ منبع (۱۵/۸٪) فاقد خورندگی و ۱۶ منبع (۸۴/۲٪) خورندگی متوسط؛ در فصل پاییز تعداد ۲ منبع (۱۰/۵٪) فاقد خورندگی و ۱۷ منبع (۸۹/۵٪) خوردگی متوسط داشتند.

بحث و نتیجه‌گیری

خورندگی و رسوب‌گذاری از موضوعات بسیار مهم در پایش سیستم‌های توزیع آب می‌باشند. زیرا عدم توجه به کیفیت آب بر حسب پایداری شیمیایی و پیدایش خورندگی یا رسوب‌گذاری، آسیب‌های بهداشتی و اقتصادی جدی را بر افراد جامعه وارد می‌نماید. [۱۷] در این پژوهش، میانگین و انحراف از معیار پارامترهای دما، pH، TDS، سختی کلسیمی و قلیائیت کل نمونه‌های آب در فصل تابستان به ترتیب ۲۱/۵±۱/۷، ۷/۳±۰/۲، ۴۵۲/۲±۶۱/۸، ۱۰۰±۲۵/۸ و ۳۱۹/۳±۳۸/۷ میلی‌گرم در لیتر و در فصل پاییز به ترتیب ۲۰/۵±۱/۶، ۷/۲±۰/۱، ۴۵۶±۴۸/۸، ۱۰۹±۳۷/۷ و ۳۲۹±۳۷/۶ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. اگرچه، میانگین میزان پارامترهای مورد مطالعه در منابع آب شرب مختلف از لحاظ آماری به طور کلی معنی‌دار بوده است ($p<0/05$)، اما این اختلاف در مقایسه با یک‌دیگر معنی‌دار نمی‌باشد. هم‌چنین، اختلاف میانگین میزان پارامترهای مورد نظر در نمونه‌های آب در فصول تابستان و پاییز از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است. برخورداری استان مازندران و شهرستان نور از آب و هوای معتدل و مرطوب و تغییرات و نوسانات ناچیز دمای هوا در این مناطق از دلایل عمده فقدان تغییرات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های آب شرب در شهرستان نور می‌باشد. بر اساس یافته‌های این مطالعه و نتایج مربوط به اندیس‌های خورندگی و رسوب‌گذاری، در آب آشامیدنی شهرستان نور، میانگین اندیس لانژلیه در فصل تابستان و پاییز به ترتیب ۰/۲۸- و ۰/۲۵- بوده است. در این تحقیق، بر اساس شاخص لانژلیه، در فصل تابستان، ۱۵/۸٪ از نمونه‌های آب رسوب‌گذار و ۸۴/۲٪ آن‌ها خورنده؛ در فصل پاییز ۵/۳٪ از نمونه‌ها رسوب‌گذار و ۹۴/۷٪ از آن‌ها خورنده و در کل ۱۰/۵۵ و ۸۹/۴۵٪ از نمونه‌های آب به ترتیب رسوب‌گذار و خورنده گزارش شده است. مقادیر اندیس رایزنر و پوکوریوس در فصول تابستان و پاییز به ترتیب ۷/۸۲، ۷/۷۵ و ۶/۸۶ و ۶/۷ به‌دست آمد. به طوری که، بر اساس شاخص رایزنر در تابستان؛ ۸۷/۹٪ از نمونه‌ها خورنده و ۲۱/۱٪ خورنده شدید و در پاییز؛ ۹۴/۷٪ از نمونه‌ها خورنده و بقیه خورنده شدید و به طور کلی، ۸۶/۸٪ از نمونه‌ها خورنده و ۱۳/۲٪ از آن‌ها خورنده شدید بودند. بر حسب شاخص پوکوریوس، کلیه نمونه‌های آب در فصول تابستان و پاییز خورنده می‌باشند. با توجه به اندیس خورندگی تهاجمی، میانگین این شاخص در فصل تابستان ۱۱/۷۳ و در فصل پاییز ۱۱/۷۸ بوده است. در این تحقیق، بر اساس اندیس خورندگی تهاجمی، در فصل تابستان؛ ۱۵/۸٪ از نمونه‌های آب فاقد خورندگی، و ۸۴/۲٪ آن‌ها دارای خورندگی متوسط، در فصل پاییز؛ ۱۰/۵٪ از نمونه‌ها فاقد خورندگی و بقیه نمونه‌ها (۸۹/۵٪) دارای خورندگی متوسط و در کل، ۱۳/۱۵٪ از نمونه‌های آب فاقد خورندگی و ۸۶/۸۵٪ از آن‌ها خورنده می‌باشند.

در مطالعه‌ای که توسط علیپور و همکاران بر روی پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب در شبکه آب‌رسانی شهر بندرعباس در زمستان ۸۹ انجام شد، مشخص گردید که در شبکه آبرسانی این شهر بر اساس شاخص رایزنر ۸۰٪ و بر اساس شاخص لانژلیه ۹۳/۴٪ تمایل به خورندگی دارند [۲۵]. در مطالعه آذری و همکاران، در خصوص بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری منابع آب شرب شهر شاهرود با استفاده از شاخص‌های پایداری نشان داده شد که آب این شهر دارای خاصیت خورندگی می‌باشد [۲۶]. در تحقیق تقی‌پور و همکاران در زمینه تعیین پتانسیل خورندگی آب شرب شبکه توزیع شهر تبریز بر اساس شاخص‌های خورندگی، نتایج نشان می‌دهد که آب این شهر خورنده بوده و اقدامات حفاظتی از قبیل تنظیم pH و قلیائیت آب ضرورت دارد [۲۷]. در مطالعه حسین‌زاده و همکاران، کیفیت آب خروجی از تصفیه خانه آب شهر تکاب بر پایه شاخص‌های خورندگی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، مشخص شد که آب آشامیدنی این شهر بر طبق شاخص لانژلیه خورنده و اندکی رسوب‌گذار، بر اساس شاخص رایزنر به شدت خورنده و بر حسب شاخص تهاجمی غیر خورنده می‌باشند [۲۸]. در مطالعه‌ای که توسط جعفری و همکاران بر روی کیفیت آب شرب شهر انزلی از نظر

پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری با استفاده از انـدیس‌هـای خوردگی صورت گرفت، مبین این موضوع است که منـابع آب شرب این شهر پتانسیل خورندگی داشته و خورنده مـی‌باشـند [۲۹]. در پـژوهش امینـی و همکـاران، در خصـوص بررسـی میزان پتانسیل خورندگی و رسـوب‌گـذاری منـابع آب شـرب روستاهای شهرستان مریـوان نشـان داده شـد کـه بـر اسـاس شاخص رایزنر، ۹۷٪ از آب چشمه‌هـا خورنـده و ۹۰٪ از آب چاه‌ها، تمایل به رسوب‌گذاری دارند. در حالی که بـر حسـب شاخص لانژلیه، ۵۷٪ از آب چشمه‌ها و ۷۸٪ از آب چاه‌ها از لحاظ خورندگی، وضعیت مناسبی را دارا بوده‌اند [۳۰]. نتـایج ارائه شده از پژوهش‌های حاضر و مقایسه آن‌ها با این مطالعه، مبین این موضوع اسـت کـه کیفیـت منـابع آب شـرب اغلـب شهرهای ایران تمایل به خورندگی داشته و با گذشت زمـان و افزایش مداخلات غیر منطقـی بشـر در منـابع آب و افـزایش تـدریجی امـلاح و ترکیبـات معـدنی در آن‌هـا، رونـد میـزان خورندگی در منابع آب افزایش خواهد یافت. در مطالعـه Al-Rawajfeh و Al-Shamaileh در خصـــوص کیفیـــت آب آشامیدنی استان Tafila در جنوب کشور اردن، میزان پتانسیل تشکیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب بر اساس شاخص‌هـای لانژلیه، رایزنر و میزان رسوب کربنات کلسـیم مـورد بررسـی قرار گرفت. در این پژوهش، میـزان شـاخص‌هـای لانژلیـه و رسوب کربنات کلسیم منفی و به ترتیـب ۰/۳۹- تـا ۱/۵- و ۱/۷- تا ۱۶/۷۶- و بر حسب رایزنر ۸/۷ تـا ۹/۸ بـه‌دسـت آمد [۳۱]. در تحقیق Shankar، کیفیت آب‌هـای زیـر زمینـی منطقه Puram بنگلور هند بـر اسـاس انـدیس‌هـای لانژلیـه و رایزنر مورد بررسی قرار گرفـت. در ایـن مطالعـه بـر اسـاس شاخص لانژلیه، ۲۷/۶۷٪ از نمونه‌ها رسوب‌گذار، ۱۳/۳۳٪ از آن‌هـا کمـی رسـوب‌گـذار، ۶/۶۷٪ کمـی خورنـده، ۱۳/۳۳٪ خورندگی شدید و ۴۰٪ از نمونه‌ها خورندگی غیر قابل تحمل داشتند، در حالی که بر پایه اندیس رایزنر، ۱۳/۳۳٪ از نمونه‌ها خورنده یا اندکی رسوب‌گذار، ۱۳/۳۳٪ خورندگی قابل توجه، ۶/۶۷٪ خورندگی شدید و ۶/۶۷٪ از آن‌هـا خورنـدگی غیـر قابل تحمل داشته‌اند [۳۲].

بر اسـاس یافتـه‌هـای ایـن تحقیـق و نتـایج مربـوط بـه اندیس‌های خورندگی و رسوب‌گذاری مورد مطالعه، مشـخص می‌شود که منابع آب آشامیدنی شهرسـتان نـور هـم در فصـل تابستان و هم در فصل پاییز در بیش‌تر مـوارد دارای پتانسـیل خورندگی می‌باشند. این وضعیت می‌تواند زمینه‌ای برای کاهش عمر مفید لوله‌ها و تاسیسات آب و تخریب آن‌ها و به‌دنبال آن ورود عوامل عفونی و آلاینده‌های شیمیایی را بـه شـبکه‌هـای توزیع آب شـرب فـراهم سـازد. جهـت پیشـگیری از ایجـاد خورندگی و معضلات و پیامدهای نامطلوب ناشی از آن، بایـد این گونه تاسیسات به طور مستمر مورد نظارت و بازبینی قرار گرفته و در صورت وجود پتانسیل خورندگی زیـاد، اقـدامات کنترلـی در خصـوص کیفیـت آب و حفاظـت از تاسیسـات و شبکه‌های توزیع آب به عمل آید.

تشکر و قدردانی

از زحمات و حمایت‌های مسئولین و کارشناسـان محتـرم شرکت آب و فاضلاب شهری و روستایی شهرستان نور و نیـز از مساعدت‌های کارشناسان محترم آزمایشـگاه شـیمی آب و فاضلاب دانشگاه علوم پزشکی بابل تقدیر به عمل می‌آید.

منابع

[1] AWWA. Water quality and treatment: A handbook of community water supplies. Technical edited by Pontius F.W. 4th ed. Washington D.C. McGraw-Hill, Inc, 1990; 613- 781.

[2] Lowental RE, Morison I, Wentzel MC. Control of corrosion and aggression in drinking water systems. Water Sci Technol 2004; 49: 9-18.

[3] Kirmeyer, Gregory, Logsdon, Gray S. Principles of internal corrosion and corrosion monitoring. J AWWA 1983; 75: 78-83.

[4] Viessman WJr, Hammer MJ. Water supply and pollution control, 8th ed. New York: Prentice Hall Press; 2008.

[5] Kawamura S. Integrated designs and operation of water treatment facilities, 2nd ed. New York: John Wily and Sons Inc; 2000.

[6] Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. Environmental engineering. Fifth edition. New Jercy: John Wiley and Sons Inc. 2009; P: 1047.

[7] Lauer W. Introduction to water treatment: Principles and Practices of Water Supply Operations. 2nd ed. Denver: AWWA Press; 2003.

[8] Vasoula SM, K.S. First desalination plant in cyprus product water aggresivity and corrosion control. Desalination 2001; 138: 251-259.

[9] Nawrocki J, Stanislawiak, Swietlik UR, Olejmik A, Sroka MJ. Corrosion in a distribution system: Steady water and its composition. Water Res 2010; 44: 1863-1872.

[10] Lianga J, Deng A, Xie R, Gomez M, Huj Zhang J, Ong CN, Adin A. Impact of flow rate on corrosion of cast iron and quality of re-mineralized seawater reverse osmosis (SWRO) membrane product water. Desalination 2013; 322: 76-83.

[11] Antony A, Gray S, Childress AE, Le-Clech P, Leslie G. Scale formation and control in high pressure membrane water treatment systems: a review. J Membr Sci 2011; 383: 1-16.

[12] Peng CY, Korshin GV, Valentine R, Hill RL, Friedman AS. Characterization of elemental and structural composition of corrosion scales and deposits formed in drinking water distribution systems. Water Res 2010; 44: 4570-4580.

[13] Whiters A. Options for recabonation, remineralsation and disinfection for desalination plants. Desalination 2005; 179: 11-24.

[14] Atasoy AD, Yesilnacar MI. Effect of high sulfate concentration on the corrosivity: a case study from groundwater in harran plain, Turkey. Environ Monit Assess 2010; 166: 595-607.

[15] Edwards M. Controlling corrosion in drinking water distribution systems: a grand challenge for the 21 st century. Water Sci Technol 2004; 49: 1-8.

[16] Mahvi AH, Dindarlou K, Ali Jamali H, Valipour V. Corrosion and scaling in Bandar Abbas Pipe water network. Hormozgan Univ Med Sci 2010; 14: 335-340. (Persian).

[17] World Health Organization; Drinking water quality guidelines, vol.1, Geneva, 2008.

[18] Demodis KD. Focus on operation and maintenance: Scale formation and removal. Power 2004; 148: 17-24.

[19] Melidis P, Sanosidou M, Mandusa A, Ouzounis K. Corrosion control by using indirect methods. Desalination 2007; 213: 152-158.

[20] ASTM, "Standard test methods for corrosivity of water in the absence of heat transfer", Designation :D2688-92, 1994.

[21] Nassehinia HR, Naghizadeh A, Ravankhah M. Determining of corrosion or sedimentation of drinking water in Dameghan city with corrision indexes. The 4th conference & exhibition on environmental engineering; Tehran Univ 2010. (Persian).

[22] Shams M, Mohammady 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: 1484-1489.

[23] Zazouli MA, Barafrashtehpour M, Sedaghat F, Mahdavi Y. Assessment of scale formation and corrosion of drinking water supplies in Yasudj (Iran) in 2012. J Mazand Univ Med Sci. 2013; 23: 29-35. (Persian).

[24] APHA, AWWA, WEF. Standard methods for examination of water and wastewater. 22th ed, 2010.

[25] Alipour V, Dindarloo K, Mahvi AH, Rezaei L. Evaluation of corrosion and scaling tendency indices in a drinking water distribution system: a case study of Bandar Abbas city , Iran. J Water Health 2015; 13: 203-209.

[26] Azari A, Nazemi S, Kakavandi B, Rastgar A. Survey of scaling and corrosion potential in drinking water resources of Shahrood city by using stability indexes in 2013. J Sabzevar Univ Med Sci 2016; 22: 944-954. (Persian).

[27] Taghipour H, Shaker Khatibi M, Pourakbar M, Belvasi M. Corrosion and scaling potential in drinking water distribution systems of Tabriz, Nort western Iran. Health Promot Perspect 2012; 2: 103-111.

[28] Houseinzadeh E, Yusefzadeh A, Rahimi N, Khorsandi H. Evaluation of corrosion and scaling potential of a water treatment plant. Arch Hygiene Sci 2013; 2: 41-47.

[29] Jafari MA, Fallah F, Hasani AH. Investigating the hygiene of Anzali drinking water resources for corrosion and precipitation potentials using corrosion indexes. Guilan Univ Med Sci 2011; 20: 90-96. (Persian).

[30] Amini S, Rezaee R, Jafari A, Maleki A. Evaluation of corrosion and scaling potential of drinking water supply sources of Marivan villages, Iran. J Adv Environ Health Res 2015; 3: 172-178.

[31] 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: 322-332.

[32] Shankar BS. Determination of scaling and corrosion tendencies of water through the use of Langelier and Ryznar indices. Schol J Engine Technol (SJET) 2014; 2: 123-127.

Evaluation of corrosion and scaling potential of drinking water resources in Noor city (Iran) by using stability indices

Abdoliman Amouei (Ph.D)[1], Hourieh Fallah (MSc)[1], Hosseinali Asgharnia (Ph.D)[1], Razieh Bour[2](MSc), Mahmoud Mehdinia(Ph.D)[*3]

1- Environmental Health Research Center (EHRC), Department of Environmental Health, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

2 - Dept. of Environmental Health, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

3 - Dept. of Environmental Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

(Received: 14 Sep 2016; Accepted: 15 Nov 2016)

Introduction: One of the important factor in the control of water quality is, the corrosion potential and sedimentation, because for health and economic aspects. The purpose of this study was to evaluate the corrosion and scaling of drinking water resources of Noor, a city in Iran.

Materials and Methods: This cross-sectional study was conducted in water resources of Noor city (Mazandarnae Province of Iran) and sampling was done twice in the summer and automn seasons from 19 drinking water wells. Calcium hardness, PH, total alkalinity, TDS and temperature were measured based on the standard methods. The Langelier, Rayzner, Puckhorius and Aggressive indexes were calculated.

Results: The mean of temperature, pH, total dissolved solids, calcium hardness and total alkalinity in the water samples were 21°c, 7.25, 434.3 mg/l, 105 and 324 mg/l as CaCO3, respectively. The average of LSI, RSI, Puchorious and aggressive indices in summer were 0.28, 7.82, 6.86 and 11.73; in autumn were 0.25, 7.75, 6.7 and 11.78, respectively.

Conclusion: Comparison of four indices and obtained results showed that drinking water resources in Noor city was coorosive. Therefore, it is suggested that laboratorial examinations such as pH, total alkalinity, dissolved oxygen and chloride and sulfate ions should be assessed.

Keywords: Corrosion and Scalling Potential, Stability Indices, Drinking Water

* Corresponding author. Tel: +98 23 35220140

smmehdinia@yahoo.com