بررسی سلامت آب شرب شهرستان نورآباد لرستان از نظر پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری با استفاده از اندیس‌های خوردگی در سال ۱۳۹۲

قدرت اله شمس خرم آبادی[۱]، حاتم گودینی[۲]، عبداله درگاهی[۳،۴]، لیلا تابنده*[۵]، لقمان منصوری[۶]

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران.

۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران.

۳- مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۴- دانشجوی دکترای تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۵- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران.

۶- کارشناس مهندسی بهداشت محیط، مرکز بهداشت شهرستان نورآباد، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران.

یافته / دوره هجدهم / شماره ۱ / بهار ۹۵ / مسلسل ۶۷

چکیده

دریافت مقاله: ۹۴/۱۱/۳ پذیرش مقاله: ۹۵/۱/۱۵

* **مقدمه:** خوردگی می‌تواند باعث آسیب‌های اقتصادی، کاهش عمر مفید تأسیسات آبرسانی و بیماری در مصرف کنندگان گردد. لذا هدف از این تحقیق، بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب گذاری منابع آب شرب شهرستان نورآباد لرستان می‌باشد.

* **مواد و روش‌ها:** این مطالعه از نوع توصیفی مقطعی بوده که طی فصول پاییز و زمستان از ۷حلقه چاه و ۲مخزن تأمین آب شرب شهرستان نورآباد نمونه برداری صورت گرفت. بدین منظور پارامترهای pH، pHs، درجه حرارت، سختی کلسیم، قلیاییت کل و TDS اندازه‌گیری و بر اساس مقدار آن‌ها، چهار اندیس خوردگی شامل لانژلیه، رایزنر، تهاجمی و پوکوریوس تعیین شدند.

* **یافته‌ها:** نتایج این بررسی نشان داد که شاخص لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس و تهاجمی در فصول مورد بررسی به ترتیب در محدوده ۰/۰۷+ تا ۰/۶۱+، ۷/۴۴ تا ۸/۰۶، ۶/۹ تا ۷/۲۵ و ۱۱/۳۸ تا ۱۱/۹ می‌باشد. بر اساس شاخص‌های رایزنر، پوکوریوس و تهاجمی تمامی منابع تأمین آب شرب شهرستان نورآباد خورنده بوده به‌طوری‌که بر اساس شاخص لانژلیه همه منابع تأمین آب شرب شهرستان نورآباد از نوع رسوب‌گذار بود.

* **بحث و نتیجه‌گیری:** بررسی شاخص‌های مربوطه نشان می‌دهد که آب آشامیدنی شهر نورآباد خورنده بوده و لذا بایستی کیفیت آب موجود در شبکه توزیع به‌طور مستمر مورد پایش قرار گرفته و اقدامات لازم در زمینه کنترل خوردگی اعمال نمود. بهترین راهکارهای قابل اجرا در مورد سیستم آبرسانی شهر نورآباد برای کاهش خورندگی آب، کنترل مداوم pH و مکانیسم کلرزنی و همچنین استفاده از لوله‌ها و تأسیسات مقاوم به خورندگی می‌باشند.

* **واژه‌های کلیدی:** شاخص لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس و تهاجمی، رایزنر، رسوب گذاری، منابع آب، نورآباد.

*آدرس مکاتبه : خرم آباد، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط.

پست الکترونیک: tabandeh.leila@gmail.com

مقدمه

خوردگی آب پدیده‌ای است که در اثر تماس مواد با محیط اطراف به وجود می‌آید. در مبحث مهندسی مواد با توجه به ماهیت فرایند خوردگی، این پدیده در دو شاخه مهم شامل خوردگی حاصل از فرسایش و خوردگی الکتروشیمیایی بررسی می‌شود که نوع اول شامل تخریب مواد توسط عوامل فیزیکی مثل برخورد مواد جامد معلق موجود در لوله‌های انتقال آب یا فاضلاب است و وقوع آن با توجه به ماهیت عوامل مؤثر آن در لوله‌های فلزی و غیر بتونی نظیر بتون مسلح محتمل می‌باشد. لیکن نوع دوم شامل ایجاد پیل الکتریکی و انجام واکنش‌های الکتروشیمیایی بین محیط اطراف و ماده موجود در آن است که با توجه به ماهیت فرآیند در مواد فلزی نظیر لوله‌های فولادی مورد استفاده در خطوط انتقال و توزیع آب رخ می‌دهد (۱).

خوردگی می‌تواند بر روی سلامتی عمومی، پذیرش عمومی یک منبع آب و هزینه‌های تأمین آب آشامیدنی اثر بگذارد. از مشکلات ناشی از خورده شدن لوله‌های شبکه توزیع آب و لوله کشی منازل می‌توان به کاهش طول عمر لوله و متعلقات آن، لزوم تعویض لوله‌های پوسیده و سوراخ شده، افزایش مقدار آب از دست رفته و بروز آلودگی‌های ثانویه در شبکه توزیع اشاره کرد که سالانه هزینه‌های زیادی به تأسیسات آب شهرها تحمیل می‌کند (۲).

در حال حاضر مسائل مربوط به خورندگی و رسوب‌گذاری، درصد قابل توجهی از درآمد سالیانه کشورها را به خود اختصاص می‌دهد. در ایالت متحده آمریکا سالانه بیش از ۳۳۳ میلیارد دلار (بیش از ۴ تا ۵ درصد تولید ناخالص ملی آمریکا) صرف زیان‌های ناشی از خورندگی و جلوگیری از آن می‌شود. باوجود عدم آمار دقیق خسارات ناشی از خوردگی و رسوب‌گذاری در ایران، بررسی تلفات آب تصفیه شده شهری نشان می‌دهد سالانه بیش از ۳۳ درصد آب‌های توزیعی (متوسط جهانی ۸ درصد) به علت پوسیدگی حاصل از خورندگی لوله‌های انتقال و توزیع به هدر می‌رود. بدیهی است هزینه‌های تعویض و ترمیم لوله‌های فرسوده این زیان را چند برابر خواهد نمود (۵-۳). خوردگی علاوه بر وارد کردن خسارت مالی به تأسیسات، می‌تواند سبب ورود فلزات سنگینی چون سرب، کادمیوم، مس و کروم به شبکه توزیع شده و سلامت مصرف کنندگان را تهدید کند (۶،۷). مهم‌ترین مسئله بهداشتی مربوط به خوردگی، حضور آلاینده‌های کادمیوم و سرب بوده که باعث ایجاد خطرات جدی برای سلامتی عموم می‌شود (۸،۹). تحقیقات نشان داده که سرب و کادمیوم دو فلز بالقوه سمی بوده که در نتیجه خوردگی لوله‌های شبکه توزیع می‌تواند وارد بدنه آب شبکه توزیع شوند (۲). به‌طوری که آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده سرب را در گروه B2 سرطان زا در انسان طبقه بندی کرده است. چون این ماده خاصیت تجمعی داشته و مانع فعالیت آنزیم‌های مولد هموگلوبین شده و باعث کم خونی و ناراحتی‌های عصبی می‌شود. سایر محصول‌های جانبی خورندگی از جمله مس، روی، آهن و منگنز جزء استانداردهای ثانویه آب هستند و بیشتر از جنبه زیباشناختی اهمیت دارند (۱۰). به‌طوری‌که این فلزات موجب لکه دار شدن ظرف‌ها و مزه فلزی در آب می‌شوند. مس لکه سیاه و روی مزه فلزی در آب به وجود می‌آورند (۷).

راهکارهای زیادی توسط دانشمندان و محققین به‌منظور جلوگیری از پدیده‌های خوردگی و رسوب گذاری در تأسیسات ارائه شده است. با این وجود بهره گیری از روش‌های پیش بینی کننده، توأم با استفاده از هر روش کنترل می‌تواند به نحو مطلوب‌تری اثرات و خسارات ناشی از این پدیده‌ها را در صنعت تصفیه آب کاهش دهد. با این دیدگاه توجه به کیفیت آب تحویلی به مصرف کننده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد شد (۱۱).

تمایل آب به خورندگی و رسوب گذاری با بررسی پایداری آب مشخص می‌شود. آب پایدار تمایل به خورندگی و رسوب گذاری کمی دارد و مقادیر آن برای نوع استفاده متفاوت است (۱۲). کاربرد شاخص‌های خورندگی روشی غیرمستقیم در اندازه گیری و تشخیص ساده تمایل آب به خورندگی و رسوب گذاری می‌باشد. شاخص‌های متداول شامل شاخص‌های اشباع لانژلیه، شاخص پایداری رایزنر، شاخص خورندگی و شاخص پوکوریوس می‌باشد (۱۳). بهره گیری همزمان از چند شاخص خورندگی می‌تواند با اطمینان بیشتری وضعیت تعادل آب را برای انجام اقدامات کنترلی ارائه دهد (۱۴).

در مطالعه‌ای که احمدی و همکاران (۲۰۱۳) بر روی آنالیز شکستگی شبکه توزیع آب شهر اهواز انجام دادند نتایج نشان داد که مهم‌ترین دلیل اصلی شکستگی لوله‌ها، خاصیت خورندگی ناشی از آب و مستهلک بودن لوله‌ها می‌باشد (۱۵).

نتایج حاصل از مطالعه رضایی کلانتری و همکاران (۱۳۹۲) با عنوان بررسی کیفیت و تعیین اندیس‌های پایداری منابع آب شرب روستاهای استان قم نشان داد که وضعیت آب در بخش‌های مورد مطالعه در محدوده خورنده می‌باشد (۱۶).

شهر نورآباد با جمعیتی معادل ۶۴۵۰۰ نفر در شمال غربی استان لرستان قرار دارد. فاصله این شهر تا مرکز استان (شهر خرم آباد) ۸۵ کیلومتر می‌باشد. محدوده این شهرستان در موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول جغرافیایی شرقی نصف‌النهار گرینویچ و ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۸ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی واقع شده است به نحوی که گستردگی در طول ۵۲ دقیقه و در عرض ۲۸ دقیقه نشان می‌دهد، مساحت این شهرستان ۸ کیلومتر مربع و میانگین بارش سالانه ۶۰۰-۵۵۰ میلی متر است. به‌طور کلی آب شرب شهرستان نورآباد از ۷ حلقه چاه آب موجود در روستای کفراج از توابع شهرستان نورآباد تأمین می‌گردد که ابتدا وارد مخزن شماره ۱ شده و سپس توسط دستگاه کلرزن گازی، کلرزنی می‌شود و یک خط آن وارد شبکه توزیع آب شده و جمعیت ۴۳۰۰۰ نفر را پوشش می‌دهد و خط دیگر آن نیز وارد مخزن شماره ۲ شده و جمعیت ۲۱۵۰۰ نفر را پوشش می‌دهد.

با توجه به مضرات بهداشتی و اقتصادی ناشی از خورندگی و رسوب گذاری در تأسیسات آب، همواره پایش کیفی آب از نظر این دو پدیده لازم است. همچنین به خاطر اینکه تاکنون هیچ مطالعه‌ای در زمینه خورندگی و رسوب گذاری آب شرب شهرستان نورآباد انجام نشده بود، لذا این مطالعه با هدف تعیین پتانسیل خورندگی و رسوب گذاری منابع آب شرب شهرستان نورآباد در سال ۱۳۹۲ بوده و ضمن توصیف شرایط موجود، راه‌کارهای مناسب را در زمینه پیشگیری داده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی می‌باشد. در این مطالعه تعداد ۷ منبع تأمین آب آشامیدنی (۷ حلقه چاه) در شهرستان نورآباد طی ۶ ماه (فصول پاییز و زمستان) از نظر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت.

نمونه گیری از ۷ حلقه چاه به طریق طبقه‌ای بود. بدین صورت که ۳ نمونه از هر منبع آب برداشته و با هم ترکیب گردید و نمونه‌های ترکیبی با ۳ بار تکرار جهت پارامترهای موردنظر آنالیز شد.

آب منطقه تحت پوشش توسط دو مخزن ذخیره آب (مخزن ۱ و ۲) توزیع می‌گردد به‌طوری که مخزن شماره یک، ۶۶ درصد مشترکین تحت پوشش و مخزن شماره دو، ۳۳ درصد مشترکین شهر را پوشش می‌دهد. لذا منطقه تحت پوشش با توجه به تقسیم بندی توزیع مخازن ذخیره آب به دو طبقه تقسیم بندی گردید. درون هر طبقه نیز تعدادی نقاط وجود داشت و این نقاط به‌عنوان

سرخوشه (بلوک شهری) در نظر گرفته شد و در این سرخوشه‌ها نیز چند خوشه به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. به‌طوری که در طبقه یک ۳ سرخوشه و در هر سرخوشه ۸ خوشه به‌صورت تصادفی و با فواصل مشخص انتخاب شد.

در طبقه دوم نیز ۳ سرخوشه انتخاب شد و در هر سرخوشه ۴ خوشه به‌صورت تصادفی و با فواصل مشخص انتخاب گردید. در نهایت حجم نمونه نهایی با توجه به جمعیت تحت پوشش هر طبقه و سرخوشه های بین آن‌ها تعداد ۳۶ نمونه از شبکه توزیع شهری و ۷ نمونه از چاه‌ها (منابع آب) با شرایط ترکیبی بود.

برای نمونه‌برداری از ظرف‌های پلاستیکی به حجم نیم لیتر استفاده شد. پس از برداشت نمونه‌ها و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه دانشکده بهداشت، نسبت به انجام آزمایشات بر روی نمونه‌ها با توجه به پارامترهای مورد نظر اقدام گردید. pH و دما در محل نمونه برداری و به ترتیب به‌وسیله pH متر و دماسنج اندازه گیری شد. مقادیر سختی کلسیم، قلیاییت،کلراید، سولفات، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی و اکسیژن محلول در آزمایشگاه و با استفاده از کتاب استاندارد متد سنجش و با استانداردهای ملی و محیط زیست مقایسه شدند (۱۷). سپس شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس و تهاجمی با استفاده از فرمول‌های ارائه شده در جدول ۱ محاسبه گردید و بر مبنای اعداد حاصله و مقایسه با جدول ۲ آب‌ها به سه دسته رسوب گذار، خنثی و خورنده تقسیم شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی شاخص‌هایی نظیر میانگین، انحراف معیار، آزمون کولموگروف اسمیرونوف، آزمون t تک نمونه‌ای، آزمون ویل کاکسون تک نمونه‌ای استفاده گردید.

جدول ۱. نحوه محاسبه شاخص‌های خورندگی با استفاده از پارامترهای اندازه گیری شده (۲۱-۱۸)

شاخص‌های پایداری	معادله مربوط به شاخص‌ها
لانژلیه (LI)	LI=pH- pHs
رایزنر (RI)	RI=2pHs- pH
تهاجمی (AI)	AI= pH+Log [(Alk). (Hardness)]
پوکوریوس (PI)	pHeq= 1.465+ Log(T Alk)+4.54 PI=2pHs- pHeq

جدول ۲. تقسیم بندی آب بر اساس شاخص‌های پایداری (۲۳،۲۲)

شاخص پایداری	خورنده	خنثی	رسوب‌گذار
لانژلیه (LSI)	LSI<۰	LSI=۰	LSI>۰
رایزنر (RSI)	RSI>۷	۶<RSI<۷	RSI<۶
پوکوریوس (AI)	AI<۱۰	۱۰<AI<۱۲	AI>۱۲
تهاجمی (PSI)	PSI>۶	PSI=۶	PSI<۶

یافته‌ها

جدول ۳ پارامترهای مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری منابع تأمین آب آشامیدنی شهر نورآباد را در فصل پاییز و زمستان بر اساس واحد اندازه گیری به‌صورت میانگین و انحراف معیار نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که پارامتر قلیائیت در فصل پاییز انحراف معیار بیشتری نسبت به فصل زمستان دارد. به‌طوری که ماکزیمم غلظت در فصل پاییز (۳۱۰/۱۴۰ mg/l $CaCO_3$) و مینیمم غلظت (۲۳۰ mg/lit $CaCO_3$) می‌باشد. بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف متغیرهای TDS، EC، سولفات، سختی کلسیم، کلراید و pH در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین آب آشامیدنی شهر نورآباد دارای توزیع نرمال بوده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که میانگین غلظت‌های اندازه‌گیری شده منابع تأمین آب شرب شهرستان نورآباد به‌استثناء کل جامدات محلول در فصل زمستان که بیشتر از حداکثر مقدار مجاز استاندارد محیط زیست است در بقیه موارد در محدوده استاندارد ملی و محیط زیست می‌باشند.

همچنین در جدول ۳ نتایج مربوط به پارامترهای مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری در ۲۴ ایستگاه از نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ به‌صورت میانگین و انحراف معیار بر اساس واحد اندازه گیری ارائه شده است.

بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف متغیرهای سولفات و سختی کلسیم در فصل پاییز و زمستان، کلراید و EC در فصل زمستان و pH در فصل پاییز دارای توزیع نرمال بوده است. بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف متغیرهای TDS در پاییز و زمستان، کلراید و EC در پاییز و pH در زمستان دارای توزیع نرمال نبوده است. نتایج بر اساس آزمون t تک نمونه‌ای و ویلکاکسون تک نمونه‌ای نشان داد که کلیه پارامترها در فصل پاییز و زمستان در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ در حد محدوده استانداردهای ملی و محیط زیست می‌باشد (به‌استثناء کل جامدات محلول که در فصل زمستان در محدوده استاندارد محیط زیست نمی‌باشد ولی در فصل پاییز در محدوده استاندارد محیط زیست است).

نتایج مربوط به میانگین و انحراف معیار پارامترهای مرتبط با خوردگی در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ در جدول ۳ ارائه گردیده است. بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف کلیه متغیرها به‌استثناء pH در فصل زمستان دارای توزیع نرمال بوده است. بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف متغیر pH در فصل زمستان دارای توزیع نرمال نبوده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که میانگین غلظت‌های سنجش شده از نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ شهرستان نورآباد در همه موارد در محدوده استاندارد است به‌استثناء کل جامدات محلول که در فصل زمستان در محدوده استاندارد محیط زیست نمی‌باشد.

با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌ها در خصوص اندیس‌های خوردگی و رسوب‌گذاری، در منابع آب بر اساس آزمون مجذور کای بین سطوح مختلف لانژلیه در دو فصل پاییز و زمستان تفاوت معنی داری وجود دارد ($P<0/05$). بر اساس آزمون مجذور کای بین سطوح مختلف رایزنر در دو فصل پاییز و زمستان تفاوت معنی داری وجود ندارد ($P>0/05$). بر اساس آزمون مجذور کای بین سطوح مختلف پوکوریوس در دو فصل پاییز و زمستان تفاوت معنی داری وجود ندارد ($P>0/05$).

در مخزن شماره ۱ بر اساس آزمون مجذور کای بین سطوح مختلف لانژلیه در دو فصل پاییز و زمستان تفاوت معنی داری وجود دارد ($P<0/05$). بر اساس آزمون مجذور کای بین سطوح مختلف پوکوریوس در دو فصل پاییز و زمستان تفاوت معنی داری وجود دارد ($P<0/05$) و در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ بر اساس آزمون مجذور کای بین سطوح مختلف لانژلیه در دو فصل پاییز و زمستان تفاوت معنی داری وجود دارد ($P>0/05$). بر اساس آزمون مجذور کای بین سطوح مختلف پوکوریوس در دو فصل پاییز و زمستان تفاوت معنی داری وجود دارد ($P<0/05$).

جدول ۴ نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری جهت اندیس‌های لانژلیه و رایزنر در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین آب و نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ و ۲ را به‌صورت درصد بیان می‌کند.

جدول ۵ نتایج حاصله آنالیز پارامترهای مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری اندیس‌های پوکوریوس و تهاجمی را به‌صورت درصد نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه گیری

خوردگی و رسوب گذاری آب از اهم مسائلی است که در پایش سیستم‌های توزیع آب باید با دقت بیشتری مورد توجه قرار گیرد، زیرا عدم توجه به کیفیت شیمیایی آب از نظر تعادل شیمیایی و پیدایش هر کدام از پدیده‌های فوق می‌تواند باعث آسیب‌های بهداشتی و اقتصادی فراوانی گردد. بر اساس شاخص رایزنر، پوکوریوس و تهاجمی تمامی منابع تأمین آب شرب و مخازن آب شماره ۱ و ۲ بررسی شده شهرستان نورآباد خورنده می‌باشند به‌طوری که بر اساس شاخص لانژلیه همه منابع تأمین آب شرب و مخازن آب شماره ۱ و ۲ بررسی شده شهرستان نورآباد از نوع رسوب‌گذار بود. مطالعه‌ای که توسط دهقانی و همکاران در سال ۱۳۸۶ در استان فارس انجام گرفت، نشان داد شاخص‌های لانژلیه و رایزنر در آب آشامیدنی

شهر شیراز به ترتیب در حدود ۰/۴۲+ و ۶/۷ می‌باشد. محققین گزارش نموده‌اند ۹۵ درصد نمونه‌های مورد آزمایش در زمان مطالعه بر اساس اندیس لانژلیه دارای پتانسیل رسوب گذاری بوده‌اند و بر اساس اندیس رایزنر ۸۲ درصد نمونه‌ها وضعیت متعادل و ۱۲ درصد پتانسیل خوردگی داشته‌اند (۲۴) که با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

جدول ۳. نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری در منابع تأمین کننده آب شهر نورآباد

محل نمونه برداری	انحراف معیار±میانگین						استاندارد	
	منبع تأمین آب (۷ حلقه چاه)		نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱		نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲			
نام متغیر	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	ملی	محیط زیست
دما (^{o}C)	۱۴/۶±۱/۶۹	۱۹/۶۵±۲/۷۶	۱۷/۶۶±۱۶/۶۹	۱۶/۶۹±۱/۸	۱۷/۹۷±۰/۹۳	۱۶/۳۴±۱/۳۲	–	–
قلیائیت ($mg/l\ Caco_3$)	۲۷۱/۱۰۴±۲۲/۸۴	۲۲۴/۸۹۵±۷/۴۶	۱۶۵/۵۲±۲۶/۵۶	۲۳۱/۲۳±۲۳/۷۸	۷/۱۰۷±۰/۰۸	۷/۳۴±۰/۱۱	–	–
اکسیژن محلول (mg/l)	۳/۸۱±۰/۲۰۹	۳/۷۳±۰/۸۱۸	۳/۰۷±۰/۴۷	۴/۳۹±۰/۵۸	۳۵۳/۰۲±۱۳/۹	۹۶۲/۴۳±۱۲۱/۸	–	–
جامدات محلول (mg/l)	۳۴۴/۲۳±۲۲/۴	۹۴۰/۹۵±۵۶/۶	۵۳۰/۸۷±۳۷/۸	۱۱۹۹/۳۴±۱۳۴/۴	۱۷۲۵/۲۹±۱۰۰/۱	۱۶۰۴/۰۸±۲۰۲/۹	۱۵۰۰	۵۰۰
هدایت الکتریکی ($\mu moh/cm$)	۵۳۷/۸۷±۳۵/۰۳	۱۵۶۸/۲۳±۹۲/۵۹	۵۸۴/۷۶±۶۳/۱۲	۱۶۲۲/۴۳±۱۶۸/۵	۳/۴۸±۰/۸۲۱	۴/۸۲±۰/۶۱۱	۲۰۰۰	–
سولفات (mg/l)	۴۶/۶۲±۱۰/۳۶	۴۸/۴۷±۱۰/۸۷	۵۶/۱۹±۱۷/۴۷	۴۹/۴۱±۱۳/۳۷	۱۷۱/۵۷±۱۲/۳۴	۱۷۹/۳۶±۱۷/۳۲	۶۰۰	۲۵۰
سختی کلسیم ($mg/lCaco_3$)	۱۶۰/۶±۴۱/۶۲	۱۸۲/۰۹±۲۸/۳۳	۱۷۷/۹۲±۳۰/۰۶	۱۸۰/۱۶±۱۴/۴۲	۱۷۵/۷۱±۲۰/۲۳	۲۰۸/۹۳±۱۵/۶۲	۲۵۰	۲۰۰
کلراید (mg/l)	۱۱/۵۷±۳/۵۳	۸/۴۶±۲/۲۳	۱۴/۸۴±۵/۶۵	۱۰/۵۳±۳/۴۸	۵۴/۴±۸/۳	۴۸/۷۸±۱۱/۷۷	۴۰۰	۲۵۰
PH	۶/۸۳±۰/۰۲۲	۷/۲۸±۰/۰۹	۷/۱۴±۰/۱۵	۷/۳۱±۰/۱۷۷	۷/۱±۰/۰۸	۷/۳۴±۰/۱۲	۶/۵-۹	۶/۵-۸/۵
اندیس لانژلیه (LI)	+ ۰/۶۱	+ ۰/۰۷	+ ۰/۳۷	+ ۰/۱۶	+ ۰/۳۸	+ ۰/۱۴۸	–	–
	رسوب‌گذار	رسوب‌گذار	رسوب‌گذار	رسوب‌گذار	رسوب‌گذار	رسوب‌گذار	–	–
اندیس رایزنر (RI)	۸/۰۶	۷/۴۴	۷/۸۸	۷/۶۵	۷/۸۶	۷/۶۴	–	–
	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	–	–
پوکوریوس (PI)	۷/۱۹	۶/۹	۷/۲۵	۷/۰۷	۷/۱۹	۷/۱۳	–	–
	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	–	–
تهاجمی (AI)	۱۱/۳۸	۱۱/۹۰	۱۱/۵۹	۱۱/۸۶	۱۱/۵۹	۱۱/۹۰	–	–
	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	خورنده	–	–
PHs	۷/۴۴	۷/۳۶	۷/۵۱	۷/۴۷	۷/۵	۷/۴۸	–	–

جدول ۴. درصد وضعیت اندیس‌های لانژلیه و رایزنر در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین آب و شبکه توزیع آب شهرستان نورآباد

محل نمونه برداري	اندیس لانژلیه								اندیس رایزنر			
	تعداد نمونه		رسوب‌گذار		تعادل		خورنده		خورنده		شدیداً خورنده	
	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان
منابع تأمین آب	۲۱	۲۱	۱۰۰	۸۶/۱۱	۰	۰	۰	۳۳/۳۳	۸۵/۷۱	۱۰۰	۱۴/۲۸	۰
نقاط تحت پوشش مخزن ۱	۷۲	۷۲	۹۵/۸۳	۸۱/۹۴	۱/۳۸	۱/۳۸	۲/۷۷	۱۶/۶۶	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰
نقاط تحت پوشش مخزن ۲	۳۶	۳۶	۱۰۰	۸۶/۱۱	۰	۰	۰	۱۳/۸	۱۰۰	۱۰۰	–	–

جدول ۵. درصد وضعیت اندیس‌های پوکوریوس و تهاجمی در منابع تأمین آب و شبکه توزیع آب شهرستان نورآباد

محل نمونه برداری	تعداد نمونه		پوکوریوس						تهاجمی			
			خورنده		رسوب‌گذار		خوردگی زیاد		فاقد خورندگی		خورندگی متوسط	
	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان	پاییز	زمستان
منابع تأمین آب	۲۱	۲۱	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۴/۷۶	۰	۹/۵۲	۱۰۰	۸۵/۷۱
شبکه توزیع ۱	۷۲	۷۲	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۱/۳۸	۱۳/۸۲	۹۸/۶۱	۸۱/۹۴
شبکه توزیع ۲	۳۶	۳۶	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰

در تحقیقی که در سال ۱۳۹۰ توسط زولی و همکاران جهت بررسی خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب شرب شهر یاسوج انجام شد، آنالیز نتایج نشان داد که مقادیر شاخص لانژلیه، رایزنر، تهاجمی و پوکوریوس در فصل زمستان به ترتیب ۰/۶۶- تا ۰/۲۵-، ۸/۴۸، ۱۱/۵۸ و ۸/۱۳ بوده که نشان می‌دهد بیشتر آب‌ها تمایل به رسوب‌گذاری نداشته و خورنده هستند (۲۵). همچنین نتایج حاصل از مطالعه Aiman و همکاران با عنوان ارزیابی کیفیت آب شرب و پتانسیل آن در تشکیل رسوب و خوردگی در استان Tafila با استفاده از دو شاخص لانژلیه و رایزنر نشان داد که مقادیر لانژلیه منفی و در محدوده ۰/۳۹- تا ۱/۵- بوده و مقادیر رایزنر در حدود ۹/۸-۷/۸ بود که نشان دهنده وضعیت خورنده بودن آب می‌باشد و علت آن به گرمایش و تبخیر آب همراه با آزاد شدن CO_2 نسبت داده شده است (۲۶) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

نتایج مطالعه رضایی کلانتری و همکاران با عنوان بررسی کیفیت و تعیین اندیس‌های پایداری منابع آب شرب روستاهای قم نشان داد که اندیس لانژلیه، رایزنر، خوردگی یا تهاجمی و اندیس پوکوریوس به ترتیب ۱/۶۲- ، ۱۰/۵، ۱۲/۰۳ و ۹/۹۲ می‌باشد (۲۷). در مطالعه تقی پور و همکاران در سال ۲۰۱۲ که تحت عنوان «بررسی خوردگی و رسوب گذاری آب آشامیدنی شهر تبریز» انجام شد به این نتیجه رسیدند که میزان شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، تهاجمی و پوکوریوس به ترتیب برابر ۰/۷۹-، ۸/۱۶، ۱۱/۱۶، ۸ می‌باشد (۲۸). همچنین نتایج مطالعه عسگری و همکاران با عنوان بررسی کیفیت شیمیایی و شاخص‌های خورندگی و رسوب گذاری شبکه آب آشامیدنی شهر بوشهر نشان داد که میانگین شاخص‌های خورندگی لانژلیه ۰/۲۸-، رایزنر ۷/۲۴، خورندگی ۱۲/۰۲ و پوکوریوس ۷/۸۱ می‌باشد (۲۹). در این مطالعه آب شرب نورآباد بر اساس شاخص رایزنر اندکی رسوب‌گذار و سایر شاخص‌ها نشان دهنده خورنده بودن آب می‌باشد.

نتایج حاصل از مطالعه تیموری و همکاران نشان داد که اندیس‌های خورندگی لانژلیه و رایزنر برای آب شهرک کیان به ترتیب ۰/۶۸- و ۸/۵۲ بوده و این آب دارای خاصیت خورندگی با شرایط جزئی تا شدید می‌باشد (۳۰). در مطالعه‌ای که توسط مختاری و همکارانش در سال ۱۳۸۹ با عنوان ارزیابی وضعیت خورندگی و رسوب‌گذاری شبکه توزیع آب شرب شهر اردبیل با استفاده از شاخص‌های لانژلیه و رایزنر انجام گرفت مشخص شد آب شبکه آبرسانی اردبیل تمایل به خوردگی داشته و بایستی کنترل کیفیت آب بر اساس پارامترهایی از جمله تنظیم pH، قلیائیت و سختی همراه با استفاده از مصالح مقاوم در برابر خوردگی در شبکه آب شرب مورد توجه قرار گیرد که نتایج این پژوهش با تحقیق حاضر تا حدودی شباهت دارد (۳۱). نتایج حاصل از وضعیت آب شهرستان نورآباد مبین این مطلب است، هر چند اکثر پارامترهای مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری در محدوده استانداردها می‌باشد ولی کیفیت آب آشامیدنی منابع تأمین آب و شبکه توزیع متعادل نمی‌باشد. ایندکس تهاجم، مقیاسی از تمایل آب به تخریب لوله‌های انتقال آب که از جنس آزبست سیمان می‌باشد. این ایندکس برای لوله‌های آب از جنس آزبست سیمان و شرایط دمایی بین ۴ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد قابل استفاده می‌باشد. اگر مقدار ایندکس تهاجم کمتر از ۱۰ باشد آب به‌شدت خورنده، بین ۱۰ تا ۱۲ خورنده (ملایم) و بالاتر از ۱۲ رسوب‌گذار می‌باشد، که با توجه به نتایج این تحقیق بیشتر منابع آب شهر نورآباد دارای خورندگی از نوع به‌شدت خورنده می‌باشند. در مطالعه ابراهیمی و همکاران در بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب گذاری آب شرب شهر کوهدشت با استفاده از اندیس‌های خورندگی، نتایج نشان داد که آب دارای خصوصیت خورندگی است و باید اقدامات کنترلی در

زمینه تعادل pH و تثبیت آب انجام گیرد (۳۲). مطالعه نتایج مطالعه تیموری و همکاران در بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب گذاری آب شهر کیان با استفاده از شاخص رایزنر و لانژلیه نشان داد که آب دارای خصوصیت خورندگی است (۳۳). بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، میانگین عددی پارامتر pH در منابع تأمین کننده آب، نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ و ۲ در فصل پاییز و زمستان به ترتیب (۶/۸۳ و ۷/۲۸)، (۷/۱۴ و ۷/۳۱) و (۷/۱ و ۷/۳۴) است که در محدوده استاندارد ملی و استاندارد محیط زیست می‌باشد. به‌طور کلی آب شهرستان نورآباد در محدوده خنثی و تا حدودی در معرض خوردگی می‌باشد.

جامدات محلول آب به شکل یون وجود دارند و باعث افزایش هدایت الکتریکی آب می‌شوند، هرچه مقدار جامدات محلول آب بیشتر باشد یا به عبارت دیگر هرچه مقدار نمک‌های محلول بیشتر باشد، پتانسیل خوردگی آب افزایش می‌یابد و این پتانسیل خوردگی به‌واسطه افزایش در هدایت الکتریکی آب و یونیزاسیون سریع‌تر است (۳۴). بر اساس نتایج این مطالعه میانگین کل جامدات محلول در منابع تأمین آب، نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ و ۲ در فصل پاییز و زمستان به ترتیب (۳۴۴/۲۳ و ۹۴۰/۹۵)، (۵۳۰/۸۷ و ۱۱۹۹/۳۴) و (۳۵۳/۱۰۹ و ۹۶۲/۴۳) میلی گرم در لیتر بود. با توجه به نتایج، کل جامدات محلول در فصل پاییز در منبع تأمین آب در حد مجاز استاندارد ملی و محیط زیست بوده اما در فصل زمستان در حد استاندارد محیط زیست نبود. همچنین نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ در فصل زمستان در حد مجاز استاندارد ملی و محیط زیست نبود. در صورتی که نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ در فصل زمستان در محدوده استاندارد ملی و محیط زیست می‌باشد. یکی از دلایل افزایش کل جامدات محلول در فصل زمستان می‌تواند بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و افزایش بارندگی در طول مدت نمونه برداری در مقایسه با فصل پاییز باشد.

آب‌های حاوی آنیون‌های کلرید و سولفات از طریق یون‌های سختی مانع از تشکیل رسوب حفاظتی کربنات کلسیم در جدار داخلی لوله‌ها می‌شوند لذا آن‌ها را یون‌های خورنده می‌نامند و هر چه غلظت آن‌ها در آب بیشتر باشد به علت محافظت از تشکیل رسوب، خوردگی آب بیشتر است (۳۵). غلظت سولفات در منابع تأمین آب و نقاط تحت پوشش مخازن شماره ۱ و ۲ در فصل پاییز و زمستان به ترتیب (۴۶/۶۱ و ۴۸/۴۷)، (۵۶/۱۹ و ۴۹/۴۱)، (۵۴/۴۰۰ و ۴۸/۷۸) میلی گرم در لیتر بدست آمد. بر اساس آنالیزهای حاصل از یافته‌ها، پارامتر سولفات در منابع تأمین آب و نقاط تحت پوشش مخازن شماره ۱ و ۲ در فصل پاییز و زمستان در حد استاندارد ملی و محیط زیست بود.

به‌طور کلی نتایج پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شهر نورآباد خورنده بودن آب آشامیدنی شهر نورآباد را تأیید می‌کند. نتایج حاصل از وضعیت اندیس‌های خوردگی و رسوب‌گذاری منابع تأمین آب و شبکه توزیع شهری در فصل پاییز و زمستان نشان داد که در اندیس‌های لانژلیه و رایزنر درصد خورنده بودن آب در فصل زمستان و در مقایسه با منابع آب افزایش یافته است که از دلایل آن می‌تواند افزایش جامدات محلول و به‌تبع افزایش هدایت الکتریکی در فصل زمستان در مقایسه با فصل پاییز و همچنین پایین بودن pH (در محدوده خنثی) باشد؛ اما آنچه که دارای اهمیت می‌باشد این است که صرفاً استناد بر نتایج آنالیز کیفیت شیمیایی آب و مطابقت ظاهری برخی از پارامترها با استانداردهای ملی و بین‌المللی (بهداشت جهانی و محیط زیست آمریکا) گویای واقعی وضعیت تعادل کیفی آب نخواهد بود. چنانچه در این تحقیق نیز نتایج مؤید این واقعیت بود که اکثر پارامترهای مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری به‌تنهایی

مشکل چندانی نداشته‌اند ولی در مجموع با توجه به شاخص‌های بکار رفته در منابع تأمین آب و شبکه توزیع، به دلیل خورنده بودن آب و جنس لوله‌ها و اتصالات و شیرآلات بکار رفته در سیستم آبرسانی باعث نشت ریز آلاینده‌ها به درون شبکه توزیع آب شهری می‌شوند و احتمال ایجاد مشکل در آب آشامیدنی شهر نورآباد زیاد است. بهترین راهکارهای قابل اجرا در مورد سیستم آبرسانی مورد مطالعه برای کاهش خورندگی آب، کنترل مداوم pH و مکانیسم کلرزنی و همچنین استفاده از لوله‌ها و تأسیسات مقاوم به خورندگی می‌باشند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی به شماره ۱۸۳۰ می‌باشد لذا نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی لرستان به خاطر تأمین بودجه این پروژه تحقیقاتی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

1. Crittenden JC, Trussell RR, Hand DW, Howe KJ, Tchobanoglous G. Water treatment principals and design, New York: Jon Wiley and Sons, 2005.
2. Shahmansoori MR, Poirmoghadas H, Shams Gh. Survey of micro pollutant of pipes corrosion in the water distribution system. Journal of Research in Medical Sciences. 2003; 8(3): 35-40.(In Persian).
3. Ghanizadeh G, Ghaneian MT. Corrosion and precipitation potential of drinking-water distribution systems in military centers. J Mil Med 2009; 11: 155-60. (In Persian).
4. Li X, Wang H, Zh Yu. Characterization of the bacterial communities and iron corrosion scales in drinking groundwater distribution systems with chlorine/chloramine. Int Biodeter Biodegradation 2014; 96: 71-79.
5. 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. (In Persian).
6. Edwards M. Controlling corrosion in drinking water distribution system: A Grand challenge for the 21st centurt. Water Science & Technology. 2002;49(2):58-68.
7. Karbassi AR, Nabi Bidhendi Gh R. Corrosion in water distribution system and drinking water quality. Journal of Mohit Shenasi. 2000;17:24-33.(in Persian).
8. Singly, C E and T Lee. Determining internal corrosion potential in water supply system. committee report, J. AWWA, August 1984.
9. Shahmansuri MR, Pourmoghadas H, Shams Gh. Leakage of trace metals by internal corrosion into drinking water distribution system. Diffuse pollution ۱E: water resources management conference, Dublin 2003. (In Persian).
10. Schock MR. Intenal corrosion and deposision control. In association AWW(ED) Water Quality and Treatment: A Handbook of community water supplies. Philadelphia; Mcgrow-Hill, 1999: 1-17.
11. Hadi M. Development a software for calculation of eight important water corrosion indices. 12th Congress Environmental Health. Tehran. 2009; 56-62. (In Persian).
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Ahmadi M, Mohammadi MJ, Ahmadi K, Babaei AA. Failures analysis of water distribution network during 2006-2008 in Ahvaz, Iran. J Adv Environ Health Res 2013;1(2): 129-37.
16. Rezaei Kalantary R, Azari A, Ahmadi E, Ahmadi Jebelli M. Quality evaluation and stability index determination of Qom rural

drinking water resources. Journal of Health in the Field. 2013; 1(3): 9-16. (In Persian).
17. American Public Health Association, American Water Work Association and water environment federation. (2003) Standard Methods For the Examination of water and Wastewater, 21th Edition, New York.
18. Davil M, Mahvi A, Norouzi M, Mazloomi S. Survey of corrosion and scaling potential produced water from Ilam water treatment plant. World Applied Sci ence Journal 2009;7(11):11-24 (In persian)
19. United States Enviromental Protection Agency(U.S.EPA). corrosion Manual for Internal Corrosion of Water distribution System.2nd. USA1984; p:11-81
20. Rossum JR, Merrill DT. An Evaluation of the Calcium Carbonate Saturation Index. J. AWWA. 1983; 198.
21. Pishnamazi SA. (1998). The water and it's corrosion in industry with analisis of corroded samples, Arkan publishing, Isfahan, Spring.
22. Singley JE, Lee T. Determining Internal corrosion potential in water supply systems. Committee Report, J. AWWA, August.1994.
23. Torkian A. The hand book of the water and sewage tests,first Edition, Asfahan, Reseach `s assistance publication of Asfahan university of medical science, winter. 2000; 65-98. (In Persian).
24. Dehghani M, Fayaz T, Tabatabaee H. Assessment of scale formation and corrosion of drinking water supplies in Shiraz. 11th National Conference on Environmental Health. Zahedan. 2006. (In Persian).
25. Zazouli1 MA, BarafrashtehPour M, Sedaghat F, Mahdavi Y. Assessment of scale formation and corrosion of drinking water supplies in Yasuj (Iran) in 2012. J Mazand Univ Med Sci 2013; 23(Suppl-2): 29-35 (Persian).
26. Aiman E, Al-Rawajfeha, Ehab M, Al-Shamaileh. Assessment of tap water resources quality and its potential of scale formation and corrosivity in Tafila Province, South Jordan. Desalination 2007;206(1-3):322-332.
27. Rezaei Kalantary R, Azari A, Ahmadi E, Ahmadi Jebelli M. Quality evaluation and stability index determination of Qom rural drinking water resources. Journal of Health in Field. 2013; 1(3): 9-16. (In Persian)
28. Taghipour H, Shakerkhatibi M, Pourakbar M, Belvasi M. Corrosion and Scaling Potential in Drinking Water Distribution System of Tabriz, Northwestern Iran. Health Promot Perspect 2012;2(1):103-111 (In persian)
29. Asgari G, Ramavandi B, Tarlaniazar M, Fadaie nobandegani A, Berizie Z. Survey of chemical quality and corrosion and scaling potential of drinking water distribution network of Bushehr city. ISMJ 2015; 18(2): 353-361. (In Persian).
30. Teimouri F, Sadeghi M, Drees F, Hashemi H, Shakeri K, Rezaei S. Survey of Corrosion or Scaling Potential of Resources, Storage and Distribution of Wate Supply System in Kian by using Langlier and Rizne

Indexes. Journal Research Health. 2012; 8(1): 78-84. (In Persian).

31. Mokhtari S, Aliqadri M, Hazrati S, Sadeghi H, GHarari N, Ghorbani L. Evaluation of corrosion and sedimentation of drinking water in Ardebil city. Res Sci J Ardabil Univ Med Sci. 2010;1(1):14-23.
32. Ebrahimi A, Kamarehie B, Asgari G, Mohammadi AS, Roshanaei G. Drinking Water Corrosivity and Sediment in the Distribution Network of Kuhdasht, Iran. Resae Health Syst 2012; 8(3): 479-86. (In Persian).
33. Teimouri F, Sadeghi M, Drees F, Hashemi H, Shakeri K, Rezaei S. Survey of Corrosion or Scaling Potential of Resources, Storage and Distribution of Water Supply System in Kian by using Langelier and Rayznar Indexes. Res.Health Syst 2012; 8(1): 78-84. (In Persian).
34. Hoseinzadeh E, Yusefzadeh A, Rahimi N, Khorsandi H. Evaluation of Corrosion and Scaling Potential of a Water Treatment Plant. Arch Hyg Sci 2013;2(2):41-47. (In Persian).
35. Malakootian M, Mobini M, Sharife I, Haghighi fard A. Evaluation of Corrosion and Scaling Potential of Wells Drinking Water and Aqueducts in Rural Areas Adjacent to Rafsanjan Fault in During October to December 2013. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2014; 13 (3) :293-304. (In Persian).