

بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب شرب روستاهای قائم شهر

مریم خادمیان قادیکلایی^{۱*}

m.khademian.gh@gmail.com

مصطفی زمانی^۲

فاطمه غفاری^۳

محمد رضا رحیمی^۴

سمانه محمودپور^۵

چکیده

خوردگی و رسوب گذاری از مهم ترین فاکتورهای مربوط به شبکه های آب آشامیدنی در بحث کنترل کیفیت است که نقش مهمی در سیستم انتقال و توزیع آب، از نظر جنبه های اقتصادی و بهداشتی می تواند ایفا کند. هدف این تحقیق تعیین پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب آشامیدنی مورد استفاده در روستاهای قائم شهر بوده است که در سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. کیفیت شیمیایی و فیزیکی نمونه ها و وضعیت پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری با استفاده از اندیس های لانژلیه، رایزرن، پورکوریوس، تهاجمی و لارسون تعیین گردید.

نتایج میانگین و انحراف معیار اندیس لانژلیه به ترتیب برابر با ۰/۰۵۲، ۰/۴۳۸ و برای شاخص رایزرن به ترتیب ۶/۹۹، ۰/۷۸۵ و شاخص تهاجمی به ترتیب ۱۱/۹۰، ۰/۵ و شاخص پورکوریوس به ترتیب ۵/۸۵، ۰/۸۱ و لارسون به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۲۴ می باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده، نشان می دهد که آب شرب روستاهای قائم شهر تمایل کمی به رسوب گذاری دارند.

کلمات کلیدی: آب شرب، پتانسیل رسوب گذاری، پتانسیل خوردگی.

۱- کارشناس ارشد شیمی آلی، دانشگاه علوم پایه، گیلان، ایران* (مسئول مکاتبات).

۲- دانشجو دکتری عمران، دانشگاه آزاد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

۳- کارشناس صنایع غذایی، دانشگاه غیرانتفاعی تاج، ساری، ایران.

۴- مربی گروه معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران.

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور، ساری، ایران.

مقدمه

زیرزمینی تامین می‌شود (۸). در مطالعه دیگری در شهر ایلام نتایج خورنده بودن آب شرب نشان داده شد (۹). آنچه که در سیستم انتقال و توزیع آب اهمیت دارد این است که خورندگی و رسوب‌گذاری آب به کیفیت شیمیایی آب بستگی دارد و در صورتی که آب از نظر کیفیت شیمیایی مطلوب باشد کمتر دچار خورندگی می‌شود. هدف از انجام این تحقیق بررسی شاخص‌های لائزلیه، رایزنر، پورکوریوس، تهاجمی می‌باشد (۱۰).

همین طور شاخص لارسون نیز به منظور بررسی خورنده بودن آب در مجاورت با لوله‌های فولادی با ساختار کربنی سبک و لوله‌های چدنی بررسی شده است (۱۱). بنابراین این بررسی اطلاعات با ارزش در مورد عوامل موثر در تمایل به خورندگی و یا رسوب‌گذاری آب ارائه می‌دهد و به متصدیان آب آشامیدنی کمک خواهد کرد تا اقدامات لازم جهت کنترل رسوب‌گذاری اعمال نمایند.

روش بررسی

قائم‌شهر یکی از شهرستان‌های استان مازندران می‌باشد که با مساحت ۴۵۸/۵ کیلومترمربع، ۱/۹۳ درصد از کل مساحت استان را به خود اختصاص داده است. شهرستان قائم‌شهر از جنوب با شهرستان سوادکوه از شمال با شهرستان جویبار، از شرق با شهرستان ساری و از غرب با شهرستان بابل هم مرز می‌باشد. این شهرستان دارای ۱۱۷ روستا است که ۷۵ روستای آن تحت پوشش آب و فاضلاب روستایی می‌باشد.

طول و عرض جغرافیایی این شهرستان بین ۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است.

این تحقیق با هدف تعیین پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی روستاهای قائم‌شهر با استفاده از شاخص‌های خورندگی لائزلیه، رایزنر، تهاجمی، پورکوریوس و لارسون انجام گرفت. به این منظور اندازه‌گیری پارامترهای کل جامدات محلول (TDS^۱)، سختی کلسیم، قلیابیت کل، درجه حرارت

عوامل مختلفی بر روی کیفیت آب تاثیر می‌گذارند که خورندگی و رسوب‌گذاری ۲ فاکتور بسیار مهم می‌باشند. چرا که میزان این فاکتورها نقش موثری در سیستم انتقال و توزیع آب آشامیدنی، زیبا شناختی و اقتصادی در سیستم‌های آبی بوجود می‌آورد. از نظر جنبه‌های بهداشتی، خورندگی می‌تواند در اثر عوامل متعددی از قبیل عوامل محیطی، عوامل میکروبی، دما، pH، سرعت جریان، جنس لوله، غلظت و نوع کلر باقی مانده، غلظت یون‌های کلر و سولفات و غلظت کربن و کلسیم معدنی باشد (۱) از این میان فرایندهای شیمیایی را می‌توان عامل اصلی و عوامل بیولوژیکی در درجه دوم اهمیت خورندگی در یک منطقه قرار داد (۲). در اثر فرایند خورندگی مشکلاتی همچون ایجاد حفره در لوله‌ها، کاهش طول عمر تاسیسات، نشت زمین و هدر رفت آب ایجاد خواهد شد که سبب اتلاف هزینه‌های زیادی می‌گردد (۳).

سرب و کادمیوم دو فلز بالقوه سمی بوده که نتیجه خورندگی لوله‌های شبکه توزیع می‌تواند وارد آب شبکه توزیع شوند (۴). علاوه بر خورندگی، رسوب‌گذاری نیز پدیده پیچیده‌ای است که موجب تجمع رسوبات نامطلوب روی سطوح تجهیزات صنعتی می‌شود (۵). عمده‌ترین رسوبات کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، سولفات کلسیم و کلراید منیزیم می‌باشد در بعضی مواقع رسوب عوامل فوق‌الذکر به صورت کنترل نشده باعث انسداد لوله‌ها و افزایش هزینه‌های بهره‌برداری از تاسیسات آبرسانی می‌گردد (۶). خورندگی و رسوب‌گذاری می‌تواند سبب مسدود شدن لوله‌ها، کاهش دبی عبوری و عیوب غیر منتظره در لوله‌ها گردد و همچنین می‌تواند باعث سوراخ شدن لوله‌ها شود. که در این حالت آب زیادی از لوله‌ها نشت کرده و میزان آب از دست رفته بسیار قابل توجه خواهد بود (۷).

عوامل مختلفی از جمله بافت زمین شناسی و نوع منبع آب، روی کیفیت شیمیایی آب و همین طور روی اندیس‌های خورندگی و رسوب‌گذاری آب تاثیر دارد. در مطالعه‌ی و همکاران در سال ۲۰۱۰ مشخص شد که خورندگی و ایجاد آب قرمز تنها در محل‌هایی مشاهده می‌شود که آب آن‌ها از آب‌های

آب زیرزمینی دچار تغییر زیادی نمی شوند و تقریباً ثابت می-باشند. جهت محاسبه اندیس های خوردگی لانژلیه و رایزنر ابتدا بایستی pH_s محاسبه شود (رابطه ۱).

$$pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D) \quad \text{رابطه (۱)}$$

بعد از محاسبه ی pH_s مقادیر اندیس لانژلیه و رایزنر به ترتیب از رابطه ی ۲ و ۳ بدست می آید.

$$LI = pH - pH_s \quad \text{رابطه (۲)}$$

تفسیر این اندیس در جدول شماره ۱ آمده است.

آب، pH ، pH_s ، سولفات، کلرو، بی کربنات، شاخص های پایداری لانژلیه، رایزنر، تهاجمی، پورکوریوس و لارسون بر روی تمامی ۴۰ حلقه چاه فعال تامین کننده ی آب شرب روستاهای قائم شهر انجام گرفت. نمونه برداری با استفاده از ظروف یک-لیتری انجام شد و متغیرهای pH ، دما، قلیابیت کل، سختی کلسمی، TDS، سولفات، کلرو در آزمایشگاه قائم شهر انجام گردید. کلیه آزمایشات براساس استاندارد ۱۰۵۳ انجام می-گردد (۱۲).

دلیل انتخاب این روش این است که پارامترهای شیمیایی

جدول ۱- تفسیر اندیس لانژلیه

$LSI < 0$	تمایل به انحلال $CaCO_3$ و پتانسیل تشکیل پوسته وجود ندارد
$LSI = 0$	عدم خوردگی و رسوب گذاری و حالت تعادل
$LSI > 0$	تمایل به رسوب $CaCO_3$

تفسیر اندیس رایزنر در جدول شماره ۲ آمده است.

$$RI = 2pH_s - pH$$

رابطه (۳)

جدول ۲- تفسیر اندیس رایزنر

$RSI < 6$	افزایش تمایل به رسوب گذاری با افزایش مقدار ایندکس
$6 < RSI < 7$	تشکیل رسوبات کربنات کلسیم منجر به ایجاد فیلم محافظ نمی شود
$RSI > 7$	بروز خوردگی ملایم در لوله های فولادی افزایش می یابد

$$AI = \text{شاخص خوردگی تهاجمی}$$

$$A = \text{قلیابیت کل (mg/l } CaCO_3)$$

$$H = \text{سختی کلسمیم (mg/l } CaCO_3)$$

تفسیر اندیس خوردگی در جدول شماره ۳ آمده است.

جهت محاسبه شاخص خوردگی (تهاجمی) از رابطه (۴) استفاده می شود:

$$AI = \{pH + \text{Log}(A)(H)\} \quad \text{رابطه (۴)}$$

جدول ۳- تفسیر اندیس خوردگی

مقدار AI	شرح حالت
<۱۰	آب خاصیت خوردگی زیاد است
۱۰ - ۱۲	آب دارای خوردگی متوسط است
>۱۲	آب فاقد خوردگی است

برای محاسبه ی اندیس پوکوریوس نیز از رابطه های ۵ و ۶ استفاده می شود:

$$pH = pH_{eq}$$

در حالت تعادل

$$Alk = \text{قلیابیت کل (mg/l CaCO}_3)$$

$$PI = \text{اندیس پوکوریوس}$$

چگونگی تفسیر در جدول شماره ۴ آمده است.

$$PI = 2pH_s - pH_{eq} \quad (۵)$$

$$pH_{eq} = 1.465 \text{ Log (Alk)} + 4.54 \quad (۶)$$

جدول ۴- تفسیر اندیس پوکوریوس

مقدار PI	شرح حالت
>۶	آب دارای خاصیت خوردگی است
<۶	آب رسوبگذاری است

روستاهای قائم شهر پارامترهای کیفی آب شامل دما، pH، قلیابیت کل، سختی کلسیم، غلظت کلسیم، غلظت سولفات، غلظت کلراید و TDS اندازه گیری شد که مقادیر مینیمم، ماکزیمم، میانگین و انحراف معیار این پارامترها در جدول ۵ نشان داده شده است.

سپس اندیس های خوردگی با استفاده از فرمول های ذکر شده محاسبه گردید. محاسبات نشان داد که اندیس لانژلیه دارای میانگین برابر با ۰/۰۵۲ با انحراف معیار ۰/۴۴ همچنین میانگین و انحراف معیار برای شاخص رایزنر به ترتیب ۶/۹۹ و ۰/۷۸، شاخص تهاجمی برابر ۱۱/۹۰ و ۰/۵، شاخص پوکوریوس ۵/۸۵ و ۰/۸۱۱ و شاخص لارسون برابر ۰/۴۷۲ و ۰/۲۴۳ می باشد.

جدول (۵) حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه گیری شده در آب آشامیدنی روستاهای قائم شهر را نشان می دهد.

برای محاسبه اندیس لارسون- اسکولد از رابطه شماره (۷) استفاده می شود:

$$LR = \frac{[Cl^-] + 2[SO_4^{2-}]}{HCO_3^-} \quad (۷)$$

غلظت یونی کلراید برحسب میلی گرم در لیتر mg/l
 Cl^- = غلظت یونی سولفات برحسب میلی گرم در لیتر
 SO_4^{2-} = غلظت یونی بی کربنات برحسب میلی گرم در لیتر
 HCO_3^- = غلظت یونی بی کربنات برحسب میلی گرم در لیتر
 سبب داده ها با استفاده از نرم افزار اکسل و آنالیزکننده پایداری آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و وضعیت آب از نظر خوردگی یا رسوب گذاری بررسی شد.

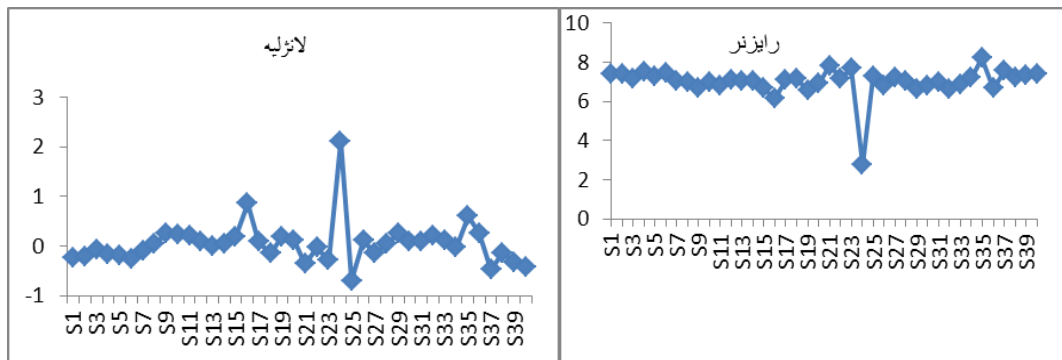
یافته ها

برای بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب شرب

جدول (۵) - حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه گیری شده در آب آشامیدنی روستاهای قائمشهر

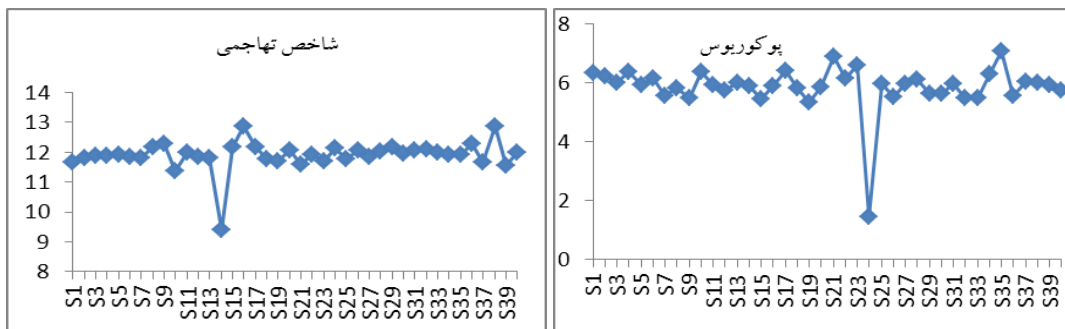
استاندارد EPA	استاندارد ایران		انحراف معیار	میانگین	حداقل	حداکثر	واحد	پارامترهای اندازه گیری شده
	مجاز	مطلوب						
-	-	-	۲/۹۲	۲۳/۵۴	۱۹/۷	۲۸	°C	دما
۶/۵-۸/۵	۶/۵-۹/۲	۷-۸/۵	۰/۲۱	۷/۰۵	۷/۸۷	۶/۹	-	pH
۵۰۰	۱۵۰۰	۵۰۰	۱۸۷/۰۴۱	۵۹۴/۲۲	۳۹۰	۱۰۴۶	mg/l	TDS
-	-	-	۶۶/۱۳	۲۷۶/۳۲۵	۲۰۰	۶۵۷	mg/l	سختی کلسیم
-	-	-	۴۵/۹۸	۳۱۴/۰۷۵	۲۸۲	۴۱۲	mg/l	قلیائیت کل
-	-	-	۰/۴۴	۰/۰۵۲	-۰/۷	۰/۸۶	-	لانژلیه
-	-	-	۰/۷۸	۶/۹۹	۶/۱۵	۷/۸۲	-	رایزنر
-	-	-	۰/۵۰	۱۱/۹۰	۹/۳۹	۱۲/۸۸	-	تهاجمی
-	-	-	۰/۸۱	۵/۸۵	۵/۳۲	۶/۳۷	-	پورکوریوس
-	-	-	۰/۲۴	۰/۴۷	۰/۱	۱/۱۲	-	لارسون

نمودار شماره ۱ تا ۵ شاخص های لانژلیه، رایزنر، تهاجمی، پورکوریوس و لارسون- اسکوند را نشان می دهد.



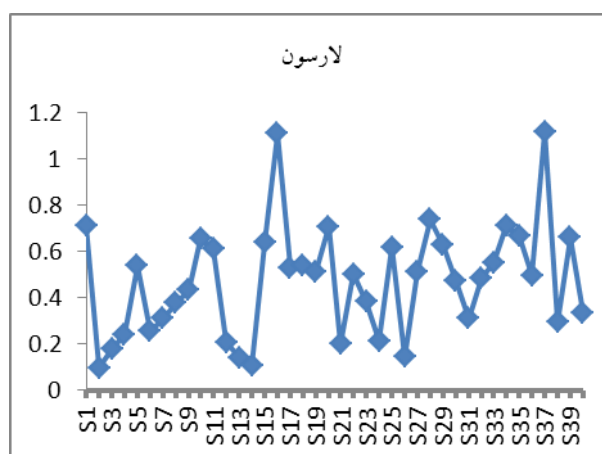
نمودار ۲- مقادیر شاخص رایزنر منابع آب آشامیدنی

نمودار ۱- مقادیر شاخص لانژلیه منابع آب آشامیدنی



نمودار ۴- مقادیر شاخص تهاجمی منابع آب آشامیدنی

نمودار ۳- مقادیر شاخص پورکوریوس منابع آب آشامیدنی



نمودار ۵- مقادیر شاخص لارسون منابع آب آشامیدنی

بحث و نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های این تحقیق و مطالعات صورت گرفته بر- نتایج آنالیز شیمیایی آب و مطابقت ظاهری پارامترها با- استانداردهای ملی گویای وضعیت تعادل کیفی آب نخواهد بود، چنانچه در این بررسی نتایج نشان داد که پارامترها مشکل چندانی نداشته اند و در حد مطلوب و قابل شرب می- باشد. در مجموع با توجه به شاخص های به کار رفته و موید این امر است که قسمت عمده آب شرب تولیدی از ۴۰ حلقه چاه روستاهای قائم شهر تمایل کمی به رسوب گذاری دارند. لذا کنترل بیش تر و دقیق تر پارامتر های کیفی موثر در رسوب- گذاری ضروری بوده و پیشنهاد می گردد حداقل به صورت دوره ای (یک ساله) ، شبکه و منبع آب شرب مورد آزمایش و ارزیابی قرار گیرد تا وضعیت خوردگی و رسوب گذاری بررسی- شود.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاصل با حمایت واحد بهره برداری آب و فاضلاب روستایی قائم شهر (آقای مهندس قربانزاده و مهندس دریاباری) به انجام رسیده است. بدین وسیله از کلیه همکارانی که در انجام این پژوهش مساعدت و همکاری کرده اند تشکر می نمایم.

منابع

- 1- Edzwald, J., 2010. Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water (Water Resources and Environmental Engineering Series). 6th. United States: American waterwork Association.
- 2- Roberge, P., Corrosion Basic: An introduction. 2nded. New York: NACE Press Book; 2006. pp. 1-290.
- 3- Shahmansoori, M., Pourmoghadas, H., Shams, G., 2008. Survey of Micro Pollutant of Pipes corrosion in the water Distribution system. Journal of Research in Medical Sciences, Vol. 8, No.2, pp.1-7.
- 4- پروین، ناهید، مصلحی مصلح آبادی، پرپوش، ۱۳۸۷، بررسی و آنالیز عناصر فلزی سنگین در آب های آشامیدنی مناطق مختلف تهران در سطح pbb و روش های حذف آنها، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۱، ص ۲۹-۳۵
- 5- Loe Wenthal, RE., Morrision, I., Wentzel, Mc., 2004. Control of Corrosion and aggression in drinking water. Vol. 49, pp 9-18.
- 6- Geldrieck, E., 1996. Microbial quality of water supply in distribution

- 10- American Water Works Association, Awwa.2011. Internal Corrosion control in Water Distribution Systems.
- 11- Larson, J.E., Skold, R.V., 1958. Laboratory Studies Relating Mineral Quality of water to corrosion of steel and cast iron. Corrosion, Vol. 14, No.6, pp. 285-288.
- 12- APHA, Standard Methods for Examination of water and waste water 2th ed. Washington D.C.
- systems. Florida: CRC Press. Vol. 6, pp. 159.
- ۷- پاکشیر، محمود، معلم، علی، عباسی، شهرام ۱۳۸۳، محدودیت های شاخص های میزان خوردگی و رسوب گذاری آب در سیستم های صنعتی، فصلنامه علمی پژوهشی آب فاضلاب، شماره ۳، ص ۶۰-۶۵.
- 8- Shyam, R., Kalwania, G., 2010. Corrosivness and Scaling potential of ground water from sikar city, Rajasthan, Journal of Natura Conscientia. Vol.1, No.2, pp. 223-390.
- ۹- زوزولی، محمدعلی، برافراشته پور، منصور، صداقت، فرهاد، مهدوی، یوسف، ۱۳۹۱، بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری منابع آب شرب شهر یاسوج در سال ۱۳۹۰، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، شماره ۲، ص ۲۹-۳۵.