# بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین (مس، سرب، روی، کادمیوم، آهن و منگنز) در منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر نورآباد لرستان در سال ۱۳۹۲

قدرت اله شمس خرم آبادی[۱]، عبداله درگاهی[۲]، لیلا تابنده*[۳]، حاتم گودینی[۴]، پروین مصطفایی[۳]

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

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

۳- کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران.

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

یافته / دوره هجدهم / شماره ۲ / تابستان ۹۵ / مسلسل ۶۸

## چکیده

دریافت مقاله: ۹۵/۲/۱۱ پذیرش مقاله: ۹۵/۴/۸

**مقدمه:** آب سالم در طول مسیر از منابع تأمین تا محل مصرف مراحلی را طی می‌کند که در عبور از این مراحل ممکن است دچار بعضی از موارد آلودگی از قبیل آلودگی عناصر فلزی سنگین گردد. لذا هدف از این تحقیق بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین (مس، سرب، روی، کادمیوم، آهن و منگنز) در منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر نورآباد لرستان در سال ۱۳۹۲ می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه که از نوع توصیفی– تحلیلی مقطعی می‌باشد طی ۶ ماه از ۷ حلقه چاه منابع تأمین آب شرب و ۲ مخزن تأمین آب شهر نورآباد نمونه برداری به روش نمونه‌برداری طبقه‌ای انجام گردید. بدین این منظور پارامترهای فلزاتی نظیر مس، سرب، روی، کادمیوم، آهن و منگنز توسط دستگاه پلاروگراف و همچنین هدایت الکتریکی، سولفات، کلراید و کل جامدات محلول مطابق استاندارد متد اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که غلظت فلزات مورد بررسی در منابع تأمین آب پایین‌تر از استانداردهای ملی و سازمان جهانی بهداشت بوده و در شبکه توزیع بعضی از فلزات بیشتر از استاندارد ارزیابی گردید. همچنین با توجه به نتایج غلظت فلزات مورد بررسی در فصل زمستان بیشتر از فصل پاییز بدست آمد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در منابع تأمین آب شهرنورآباد زیر حد استاندارد ملی و سازمان جهانی بهداشت بوده و مشکلی برای مصرف‌کنندگان آب وجود ندارد؛ اما با این وجود به دلیل بهداشت عمومی و بالاتر بودن این فلزات در شبکه توزیع بایستی پایش‌های مستمر و منظم بر روی غلظت فلزات‌سنگین آب شرب منطقه از طرف سازمان‌های مسئول صورت گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** فلزات سنگین، منابع آب شرب، آلودگی شیمیایی، نورآباد لرستان.

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

پست الکترونیک: tabandeh.leila@gmail.com



[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

## مقدمه

دسترسی به آب آشامیدنی سالم یکی از نیازهای اساسی جامعه و به‌عنوان مهم‌ترین منبع حیاتی محسوب و اهمیت به سزایی در زندگی انسان دارد. امروزه تأمین آب آشامیدنی مورد نیاز و ارائه خدمات آبرسانی به مردم یک مشکل اساسی در اغلب شهرها و روستاها است (۱،۲). همگام با رشد صنعتی و اقتصادی و تولید انواع مختلف ترکیبات و مواد شیمیایی و غیره که بشر برای رفاه و آسایش خود با استفاده از منابع طبیعی به دست آورده در این راستا به‌طور ناخواسته موادی چون انواع فلزات سنگین و سمی را به طبیعت وارد می‌کند که هم برای محیط زیست و هم برای خود انسان مشکلات و خطرات جدی به همراه دارد. از جمله موادی که ممکن است وارد محیط شود انواع فلزات سمی را می‌توان نام برد. انسان به‌طور دائم و موقت در معرض ۳۵ فلز سمی قرار دارد از این تعداد ۲۳ فلز جزء فلزات سنگین هستند (۳). فلزات سنگین به‌طور طبیعی در سطوح مختلف زمین و آب‌ها وجود دارند، اگر میزان این فلزات بیش از میزان طبیعی شود با توجه به ثبات شیمیایی، تجزیه پذیری ضعیف و داشتن قدرت تجمع زیستی در بدن موجودات زنده تبدیل به آلاینده‌های مضر می‌شوند. به‌طوری که امروزه فلزات سنگین جزء مهم‌ترین آلاینده منابع آبی کره زمین به شمار می‌آیند (۳). فلزات سنگین شامل دو دسته عناصر ضروری و غیرضروری می‌باشند که در بوم سم شناسی قابل توجه‌اند، از این رو این عناصر پایداری بالایی داشته و توانایی ایجاد تهدید برای موجودات زنده را دارند (۴). در اکوسیستم‌های آبی، آلودگی آب توسط فلزات سنگین یک نوع عمده از آلاینده است که سبب استرس در جوامع حیاتی می‌شود (۵). این عناصر کمتر از یک درصد وزن بدن موجودات زنده را تشکیل می‌دهند و مقدار آن‌ها آن قدر ناچیز است که با وجود این که در گذشته محققان قادر به اثبات وجود آن‌ها در بدن بوده، اما روش‌های تجزیه‌ای دقیقی برای تعیین کمی چنین عناصری وجود نداشته است. وجود غلظت پایین برخی از این عناصر در بدن، در ساختمان مولکول‌های حیاتی شامل هموگلوبین، هموسیانین و غیره و همچنین به‌عنوان کوآنزیم در اکثر واکنش‌های حیاتی بدن ضروری است. با این وجود در صورتی که در یک محیط به هر دلیل، میزان غلظت فلزات سنگین از حد معینی بالاتر برود ایجاد آلودگی نموده و سبب تهدید برای موجودات زنده می‌گردد (۶). همچنین برخی از فلزات سنگین از جمله کادمیوم، سرب و آرسنیک زوال ناپذیرند (۷) که بیشتر این فلزات نه تنها برای حیات بیولوژیکی ضروری نیستند، بلکه خاصیت سمی بالایی دارند. یکی از مسائل اساسی در ارتباط با فلزات سنگین عدم متابولیزه شدن آن‌ها در بدن می‌باشد (۸)؛ در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، دیگر از بدن دفع نشده بلکه در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند که همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. به‌طور کلی اختلالات عصبی، انواع سرطان‌ها و در موارد حاد، مرگ از نتایج اثرات ورود فلزات سنگین به بدن انسان می‌باشد. از طرفی خاصیت تجمع پذیری فلزات سنگین در گیاهان و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی خطرات ناشی از آن‌ها را دو چندان می‌کند (۹). امروزه مشکلات آلودگی در کشور ما نیز مانند سایر کشورهای در حال توسعه، به‌واسطه پیشرفت تکنولوژیک و فعالیت‌های امروزی بشر، روز به روز در حال افزایش می‌باشد و لزوم توجه بیشتری را می‌طلبد.

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. از این رو در تحقیق حاضر به دلیل اهمیت زیست محیطی و بهداشتی موضوع به بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین (مس،



[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

سرب، روی، کادمیوم، آهن و منگنز) در منابع تأمین کننده آب شرب شهر نورآباد لرستان در سال ۱۳۹۲ پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی مقطعی می‌باشد. در این مطالعه تعداد ۷ منبع تأمین آب آشامیدنی (۷ حلقه چاه) در شهر نورآباد طی ۶ ماه (فصول پاییز و زمستان) از نظر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت. مشخصات جغرافیایی منابع تأمین آب شهرستان نورآباد در جدول ۱ ارائه شده است.

برداشت نمونه‌ها به این صورت بود که از منابع تأمین آب که ۷ حلقه چاه می‌باشد به طریق طبقه‌ای نمونه گیری به عمل آمد. بدین صورت که ۳ نمونه از هر منبع آب استخراج و با هم ترکیب گردید و نمونه‌های ترکیبی با ۳ بار تکرار جهت پارامترهای مورد نظر آنالیز شد.

آب منطقه تحت پوشش توسط دو مخزن ذخیره آب (مخزن ۱ و ۲) توزیع می‌گردد به‌طوری که مخزن شماره یک، ۲/۳ مشترکین تحت پوشش و مخزن شماره دو، ۱/۳ 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 دارد 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 گردید.

در طبقه دوم نیز ۳ سرخوشه انتخاب شد و در هر سرخوشه ۴ خوشه به‌صورت تصادفی و با فواصل مشخص انتخاب گردید و جمعاً در طبقه دو، ۱۲ نمونه برداشت شد. در نهایت حجم نمونه نهایی با توجه به جمعیت تحت پوشش هر طبقه و سرخوشه‌های بین آن‌ها تعداد ۳۶ نمونه از شبکه توزیع شهری و ۷ نمونه از چاه‌ها (منابع آب) با شرایط ترکیبی بود.

جنس لوله‌های استفاده شده از کفاژ مخزن به مخزن شماره یک، چدن و فولاد است. جنس لوله‌های استفاده شده از مخزن شماره یک به شماره دو، فولاد و آزبست است. طول خط پمپاژ از مخزن شماره یک به مخزن شماره دو، ۳۶۰۰۰ متر و قطر لوله‌ها نیز ۲۵۰ میلی متر بود. در طول شبکه توزیع نیز از لوله‌هایی به جنس آزبست، پلی اتیلن، فولاد، چدن و تا حدودی لوله‌های گالوانیزه استفاده شده بود و قطر لوله‌ها در شبکه توزیع ۶۰۰-۸۰ میلی متر 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، کلراید، سولفات، کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی در آزمایشگاه و با استفاده از کتاب استاندارد متد سنجش و با استانداردهای ملی و سازمان جهانی بهداشت مقایسه شدند (۱۰). سپس پارامترهای فلزات سنگین توسط دستگاه پلاروگراف اندازه گیری شد. جهت صحت سنجی دستگاه از نمونه استاندارد و نمونه مجهول برای هر عنصر در سه تکرار انجام گرفت که این دقت به‌طور میانگین بین ۹۵-۹۰ درصد بود. 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 شده است. درصورتی‌که متغیرها بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف دارای توزیع نرمال باشد برای اینکه تشخیص داده شود در حد استانداردها است یا خیر، از آزمون نمونه‌ای استفاده گردید و درصورتی‌که دارای توزیع نرمال نباشد از آزمون ویلکاکسون تک نمونه‌ای استفاده شد.

منابع تأمین کننده آب این شهرستان از ۱۱ حلقه چاه که تنها ۷ حلقه از چاه‌ها در مدار می‌باشند تأمین می‌گردد (چاه ۱، ۲، ۳، ۵، ۷ و ۹). این چاه‌ها، در مجاورت یکی از روستاها بنام کفراج که در شعاع ۵ کیلومتری شهر نورآباد است واقع شده است. عمق این چاه‌ها به‌طور کلی بین ۹۰-۷۰ متر است و به‌طور

[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

متوسط ۸۳-۸۲ متر است. نوع چاه‌های موجود آبرفت و آرتزین می‌باشند.

**جدول ۱. مشخصات جغرافیایی منابع تذمین آب شرب شهرستان نورآباد**

| منابع آب | X | Y | Z |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۳۷۷۷۲۹۴ | S022721039 | ۱۸۰۷ |
| ۲ | ۳۷۷۷۲۸۸ | 39S0227636 | ۱۸۱۰ |
| ۳ | ۳۷۷۷۲۸۸ | 39S0228107 | ۱۸۰۹ |
| ۴ | ۳۷۷۷۴۱۰ | 39S0228488 | ۱۸۳۰ |
| ۵ | ۳۷۷۷۴۹۱ | 39S0228902 | ۱۸۲۸ |
| ۶ | ۳۷۷۷۳۰۴ | 39S0229671 | ۱۸۱۷ |
| ۷ | ۳۷۷۶۸۶۵ | 39S0230324 | ۱۸۱۳ |
| مخزن ۱ | ۳۷۷۵۶۱۱ | 38S0774303 | ۱۸۳۸ |
| مخزن ۲ | ۳۷۷۲۶۴۸ | 38S0775334 | ۱۸۷۵ |

## یافته‌ها

نتایج حاصل از مطالعه حاضر در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. جدول ۳ نتایج آنالیز میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین مس، سرب، روی، کادمیوم، آهن و منگنز در دو فصل پاییز و زمستان در منابع آب شهر نورآباد را نشان می‌دهد. در این تحقیق میانگین مقادیر عددی پارامترهای فوق با استانداردهای ملی و بهداشت جهانی مقایسه شد.

بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف متغیرهای مس، سرب، روی، کادمیوم، آهن و منگنز منابع تأمین آب در فصل زمستان دارای توزیع نرمال بوده است. بر اساس آزمون‌های t مستقل متغیرهای کلسیم، کلراید و منگنز منابع تأمین آب در دو فصل پاییز و زمستان تفاوت معناداری وجود دارد ($p < ۰/۰۵$) و بین متغیرهای سولفات، روی، کادمیوم و سرب در دو فصل (پاییز و زمستان) تفاوت معناداری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$)

بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف متغیرهای مس و سرب (در فصل پاییز)، کادمیوم و منگنز (پاییز و زمستان) دارای توزیع نرمال بود و سایر متغیرها دارای توزیع نرمال نبود. نتایج بدست آمده نشان داد که میانگین متغیرهای آهن در فصل پاییز و زمستان در محدوده استاندارد ملی و بهداشت جهانی نبود ($p>۰/۰۵$) و بقیه متغیرها در محدوده استانداردهای ملی و بهداشت جهانی است ($p<۰/۰۵$).

با توجه به نتایج حاصله از جداول ۳ در خصوص فلزات سنگین در ایستگاه‌های تحت پوشش مخزن شماره ۱ می‌توان گفت که بر اساس آزمون t مستقل بین متغیرهای کلسیم و منگنز در دو فصل (پاییز و زمستان) تفاوت معناداری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$) و بر اساس آزمون‌های t مستقل بین متغیرهای کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، کلراید، سولفات و مس در دو فصل (پاییز و زمستان) تفاوت معناداری وجود دارد ($p<۰/۰۵$) و بین متغیرهای آهن، روی، کادمیوم، سرب و pH در نقاط مختلف تحت پوشش مخزن شماره ۱ (در دو فصل پاییز و زمستان) تفاوت معناداری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$).

میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین مس، سرب، روی، کادمیوم، منگنز و آهن را در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ شهرستان نورآباد به تفکیک در فصل پاییز و زمستان در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف متغیرهای سرب (فصل پاییز)، روی (پاییز و زمستان) و آهن (زمستان) دارای توزیع نرمال بوده است و بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرونوف دیگر متغیرها دارای توزیع نرمال نبوده است.

نتایج نشان داد که میانگین غلظت آهن در فصل زمستان در محدوده استاندارد ملی و بهداشت جهانی نبود ($p>۰/۰۵$). بر اساس آزمون‌های t مستقل بین متغیرهای مس، کادمیوم، سولفات و کلراید در دو فصل (پاییز و زمستان) تفاوت معناداری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$) و بر اساس آزمون‌های t مستقل بین pH، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، آهن و منگنز در دو فصل (پاییز و زمستان) تفاوت معنی داری وجود دارد ($p<۰/۰۵$) و بین متغیرهای روی و سرب در دو فصل (پاییز و زمستان) تفاوت معناداری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$).

[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

**جدول ۲. نتایج پارامترهای شیمیایی مورد بررسی در منابع تأمین کننده آب شهر نورآباد**

| محل نمونه برداری | منبع تأمین آب (۷ حلقه چاه) | | انحراف معیار±میانگین نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ | | نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ | | استاندارد | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نام متغیر | پاییز | زمستان | پاییز | زمستان | پاییز | زمستان | ملی | سازمان بهداشت جهانی |
| جامدات محلول (mg/l) | ۳۴۴/۲۳±۲۲/۴ | /۹۵±۵۶۶ ۹۴۰ | /۸۷±۳۷/۸ ۵۳۰ | /۳۴±۱۳۴/۴ ۱۱۹۹ | ۱۷۲۵۲۹±۱۰۰/۱ | /۰۸±۲۰۲/۹ ۱۶۰۴ | ۱۵۰۰ | ۵۰۰ |
| هدایت الکتریکی (µmoh/cm) | ۵۳۷/۸۷±۳۵/۰۳ | /۲۳±۹۲/۵۹ ۱۵۶۸ | /۷۶±۶۳/۱۲ ۵۸۴ | /۴۳±۱۶۸/۵ ۱۶۲۲ | ۳/۴۸±۰/۸۲۱ | ۴/۸۲±۰/۶۱۱ | ۲۰۰۰ | - |
| سولفات (mg/l) | ۴۶/۶۲±۱۰/۴۶ | /۴۷±۱۰/۸۷ ۴۸ | /۱۹±۱۷/۴۷ ۵۶ | /۴۱±۱۳/۳۷ ۴۹ | ۱۷۱/۵۷±۱۲/۳۴ | ۱۷۹۳۶±۱۷۳۲ | ۶۰۰ | ۲۵۰ |
| سختی کلسیم (mg/lCaco3) | ۱۶۰/۶±۴۱/۶۲ | /۰۹±۲۸/۳۳ ۱۸۲ | /۹۲±۳۰/۰۶ ۱۷۷ | /۱۶±۱۴/۴۲ ۱۸۰ | ۱۷۵۷۱±۲۰/۲۳ | ۲۰۸۹۳±۱۵۶۲ | 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 | ۴/۸۷±۱/۷۷ | 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 |

**جدول ۳. میانگین غلظت فلزات سنگین در منابع تأمین آب شهر نورآباد**

| محل نمونه برداری | منبع تأمین آب (۷ حلقه چاه) | | انحراف معیار±میانگین بر حسب mg/lit نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ | | نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ | | استاندارد | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| فلزات سنگین | پاییز | زمستان | پاییز | زمستان | پاییز | زمستان | ملی | سازمان بهداشت جهانی |
| مس | ۰/۰۱۶۴±۰/۰۰۹۱ | ۰/۰۲۷۶±۰/۰۲۳۲ | ۰/۱۱۹±۰/۰۷۹ | ۰/۱۵۵±۰/۳۱۱ | ۰/۱۴۱±۰/۰۸۴ | ۰/۱۰۷±۰/۰۱۴ | ۲ | ۲ |
| سرب | ۰/۰۰۰۹۸±۰/۰۰۰۵ | ۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۶۹ | ۰/۵۲۱±۰/۴۱۲ | ۰/۵۰۱±۰/۳۰۷ | ۰/۰۰۶۴±۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷۵±۰/۰۰۵۱ | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ |
| روی | ۰/۰۳۱±۰/۰۱۹۶ | ۰/۰۳۶±۰/۰۲۴۲ | ۰/۰۰۶±۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۶±۰/۰۰۰۶ | ۰/۶۴۱±۰/۵۶۲ | ۰/۸۷۹±۰/۲۸۴ | ۳ | ۳ |
| کادمیوم | ۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۹۳ | ۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۱۶ | ۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۳ |
| آهن | ۰/۱۰۹±۰/۰۳۸۹ | ۰/۱۰۸±۰/۰۳۷۹ | ۰/۲۸±۰/۲۷۲ | ۰/۴۴۶±۰/۲۱۶ | ۰/۰۹۱±۰/۰۰۷ | ۰/۹±۰/۷۹۲ | ۰/۳ | ۰/۳ |
| منگنز | ۰/۰۳۱۵±۰/۰۰۴۵ | ۰/۰۷۱±۰/۰۹۷ | ۰/۰۴۵±۰/۰۲۲ | ۰/۰۵±۰/۰۱۷ | ۰/۰۳۶۸±۰/۰۱۲ | ۰/۰۷۴±۰/۰۰۶ | ۰/۴ | ۰/۴ |

## بحث و نتیجه گیری

آب‌های خورنده در تماس با جدار داخلی لوله‌ها و شیرآلات موجب نشت ریز آلاینده‌هایی نظیر مس، سرب، کادمیم، روی، آهن و منگنز به درون آب آشامیدنی می‌شوند که موجب افزایش غلظت فلزات سمی و خطرناک بوده و سلامتی شهروندان را به مخاطره می‌اندازد (۱۱،۱۲). تغییر در میزان فلزات در اکوسیستم‌های مختلف، تحت تأثیر عوامل متفاوتی صورت می‌گیرد. فلزات سنگین ممکن است در اثر عوامل طبیعی مانند فرسایش خاک، سیلاب یا توسط عوامل مصنوعی از جمله فعالیت‌های انسانی نظیر ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی وارد سیستم آبی شوند. فلزات سنگین انتخاب شده در تحقیق جزء عناصر نادری هستند که با توجه به نقش زیست محیطی بسیار مهمی که دارند انتخاب شده‌اند (۱۳). بر این اساس غلظت فلزات سنگین در منابع تأمین آب شهرستان نورآباد به صورت زیر می‌باشد.

سرب و کادمیوم از مهم‌ترین محصولات جانبی خوردگی و جزء استانداردهای اولیه محسوب می‌شوند سرب بر اساس گزارش سازمان بین‌المللی پژوهش بر روی سرطان در گروه BB2 (امکان سرطان زایی برای انسان) و کادمیوم بر اساس پیشنهاد EPA در گروه AA2 (احتمال سرطان زایی برای انسان) طبقه بندی

[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

شده‌اند (۱۴،۱۵). لذا وجود آن‌ها در آب‌های آشامیدنی منازل شهرها با هر غلظتی از یک طرف بیانگر خورنده بودن آب‌ها و از طرف دیگر مؤید وجود ترکیبات سرب و کادمیوم در مواد اولیه لوله‌های گالوانیزه و شیرآلات برنجی به کار رفته در شبکه‌های داخلی منازل شهرهای مورد بررسی می‌باشند (۱۶).

میانگین عددی مقادیر غلظت سرب بر حسب میلی گرم در لیتر در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین آب (۰/۰۰۰۹ و ۰/۰۰۱)، نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ (۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۶) و نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ (۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۷) بود. نتایج نشان داد که غلظت سرب در شبکه توزیع آب شهری نسبت به منابع آب در فصل پاییز و زمستان افزایش یافت. یکی از دلایل افزایش غلظت سرب در شبکه توزیع ممکن است به دلیل وجود لوله‌های PVC محتوی سرب باشد که یون‌های سرب آن‌ها می‌تواند با یون‌های کلسیم آب آشامیدنی مبادله شود. لوله‌های سربی تنها منبع سرب در آب نیستند؛ زیرا در لحیم کاری لوله‌های مسی نیز معمولاً از سرب استفاده می‌شود و در نتیجه می‌تواند روی کیفیت آب‌هایی اثر داشته باشند که با این لوله‌ها در تماس باشند (۱۷). با توجه به اینکه در شبکه توزیع آب آشامیدنی این شهر از لوله‌های PVC استفاده شده بود. آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که در منابع تأمین آب و شبکه توزیع شهری در فصل پاییز و زمستان غلظت سرب در حد مطلوب استاندارد ملی و بهداشت جهانی است. در سال ۲۰۰۷ یوحنا نسبت به بررسی غلظت فلزات سنگین در آب ۳۶۴ چاه شخصی منطقه باتینای عمان اقدام نمود که نتیجه حاصل از آن نشان دهنده افزایش بیش از حد استاندارد سرب و کروم در ۸۰ درصد این چاه‌ها بود. علت آلودگی فعالیت‌های صنعتی منطقه و تخریب برخی صخره‌های منطقه به علت شرایط آب و هوایی شناخته شد (۱۸).

میانگین مقادیر عددی کادمیوم در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین (۰/۰۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱)، در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ (۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۲) و در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ (۰/۰۰۰۱ و ۰/۰۰۰۲) بر حسب میلی گرم بر لیتر بود. نتایج نشان داد غلظت کادمیوم در شبکه توزیع نسبت به منابع تأمین آب در فصل پاییز و زمستان افزایش یافته است. همچنین با توجه به یافته‌ها غلظت کادمیوم در منابع تأمین آب و نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ و ۲ بر حسب میلی گرم در لیتر در فصل پاییز و زمستان در محدوده استاندارد ملی و بهداشت جهانی بود. وجود کادمیوم به‌طور طبیعی به میزان کمی در آب شرب یافت می‌شود اما مقادیر بالاتر از حد مجاز نشان دهنده آلودگی محیطی مثل ورود فاضلاب یا استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی و ورود آن‌ها به منابع آب شرب می‌باشد (۱۹). با توجه به بررسی به عمل آمده در این تحقیق آلودگی شیمیایی و آلودگی محیطی در منابع آب این شهرستان مشاهده نگردید ولی ممکن است یکی از دلایل افزایش غلظت کادمیوم در شبکه توزیع نسبت به منابع آب وجود مواد اولیه در لوله‌های گالوانیزه و شیرآلات برنجی باشد. نتایج تحقیق سعیدی و همکاران در ارزیابی میزان غلظت فلزات سنگین در آب رودخانه تجن مازندران نشان داد که غلظت فلزات کادمیوم و سرب بیشتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود آن‌ها همچنین غلظت فلزات کادمیوم، مس، نیکل، سرب و آهن را به ترتیب ۴۱/۱، ۱۶/۱، ۱۸/۷، ۳۶/۲ و ۹۰۲/۱ میکرو گرم بر لیتر به دست آوردند (۲۰) که برخلاف این مطالعه غلظت این دو فلز در آب شرب شهرستان نورآباد کمتر از حد استاندارد بود.

میانگین مقدار عددی غلظت مس در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین آب (۰/۰۱۶ و ۰/۰۲۷) در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱(۰/۱۱۹ و ۰/۱۵۵) و در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ (۰/۱۴۱ و ۰/۱۰۷) میلی گرم در لیتر است. یافته‌ها نشان داد میانگین عددی غلظت مس در شبکه توزیع آب آشامیدنی در دو فصل پاییز و زمستان افزایش یافت. با توجه به اینکه در کشور ما کاربرد لوله‌های مسی در شبکه توزیع و لوله کشی منازل بر خلاف کشور آمریکا متداول نیست، لذا تنها منبع مس در شهرهای مطالعه شده شیرآلات و اتصالات برنجی است (۲۱،۲۲) و وجود آن در نمونه‌های این مطالعه می‌تواند به دلیل خورنده بودن آب‌ها و نشت این فلز در آب از طریق خورده شدن

[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

جدار داخلی شیرآلات برنجی است. در سال ۲۰۰۶ اکر و همکاران نسبت به سنجش فلزات سنگین مس و کادمیوم و سرب در آب‌های سطحی منطقهMytilu sp اقدام نمودند. نتایج حاکی از آن بود که غلظت این فلزات در آب‌های سطحی در زمان‌های متفاوت متغیر است و غلظت کادمیوم در محدوده پایین‌تری قرار دارد. ولی غلظت مس و سرب در نمونه برداری‌های اولیه بسیار بالاتر بود (۲۳).

فلز روی در بدن انسان، در غلظت بالا در پروستات، استخوان، عضله و کبد پیدا شده است. نیمه عمر روی باقیمانده در بدن انسان، یک سال است. روی عنصری حیاتی برای تمامی ارگانیسم‌های زنده است. بعضی از عوارض نامطلوب آن عبارتند از مسمومیت، تب، تهوع، استفراغ و اسهال متعاقب مصرف نوشیدنی‌های اسیدی یا غذاهایی که در ظروف گالوانیزه تهیه و نگهداری می‌شوند (۲۴). میانگین مقدار عددی روی در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین آب آشامیدنی به ترتیب (۰/۰۳۱ و ۰/۰۳۶) در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ (۰/۵۲۱ و ۰/۵۰۱) و نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ (۰/۶۴ و ۰/۸۷) میلی گرم در لیتر بود. با توجه به اینکه روی جزء آلاینده‌ها و استانداردهای ثانویه آب محسوب می‌شوند بیشترین تأثیر آن روی جنبه‌ها و زیبا شناسی آب است (۲۵). نتایج نشان داد غلظت این فلز روی در منابع آب در فصل پاییز و زمستان نسبت به شبکه توزیع خیلی کمتر بود ولی به علت خورنده بودن آن‌ها و همچنین ممکن است به دلیل وجود روی در روکش لوله‌های گالوانیزه و همچنین به دلیل اتصالات و شیرآلات برنجی به کار رفته در شبکه داخلی منازل فلز روی به درون آب نشت نموده است. همچنین یافته‌ها نشان داد که غلظت روی در منابع تأمین آب و نقاط تحت پوشش مخزن شماره یک و دو در فصل پاییز و زمستان در حد مطلوب استاندارد ملی و استاندارد بهداشت جهانی است.

میانگین مقدار عددی غلظت آهن در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین آب به ترتیب (۰/۱۰۹ و ۰/۱۰۸) نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ (۰/۲۸۰ و ۰/۴۴۶) و نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ (۰/۰۹۱ و ۰/۹) میلی گرم در لیتر است. نتایج نشان داد که افزایش آهن در نمونه‌های شبکه توزیع شهری قابل توجه بوده به‌طوری‌که میانگین غلظت آهن در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ شبکه توزیع ۳ برابر میانگین استاندارد است که ممکن است علت آن نشت از طریق لوله‌ها و اتصالات باشد و این مسئله باید مورد توجه قرار گیرد زیرا وجود غلظت بالای آهن می‌تواند باعث رشد باکتری‌های آهن شود که از لحاظ بهداشتی قابل توجه است. نتایج تحقیق عالیقدری و همکاران بر روی غلظت فلزات سنگین در منابع آب آشامیدنی اردبیل مشخص کرد که غلظت فلز آهن در تمام نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد و غلظت مس در مرز استاندارد ملی قرار دارد (۲۶).

خطر بهداشتی ناشی از منگنز در آب‌های آشامیدنی بسیار بعید است، اثرات نامطلوب آن عمدتاً مربوط به مشکلات زیباشناسی نظیر طعم، بو، کدورت و رنگ است (۲۷). میانگین مقدار عددی منگنز در فصل پاییز و زمستان در منابع تأمین آب (۰/۰۳۱ و ۰/۰۷۱)، نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۱ (۰/۰۴۵ و ۰/۰۵) و در نقاط تحت پوشش مخزن شماره ۲ (۰/۰۳۶ و ۰/۰۷۴) میلی‌گرم در لیتر است. در شبکه‌های توزیع، منگنز از طریق نشت از مواد اولیه لوله کشی منازل، به درون آب منتقل می‌شود . نتایج نشان داد غلظت منگنز در فصل زمستان نسبت به فصل پاییز افزایش یافته و در شبکه توزیع نیز تا حدودی افزایش یافت.

در این تحقیق نتایج مؤید این واقعیت بود که میزان فلزات سنگین 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 گردیده و احتمال ایجاد مشکل در آب آشامیدنی شهر نورآباد زیاد می‌باشد. به‌طور کلی غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در منابع تأمین آب شهر نورآباد زیر حد استاندارد ملی و سازمان جهانی بهداشت بوده و مشکلی برای مصرف کنندگان آب وجود ندارد؛ اما با این وجود به دلیل بهداشت عمومی و بالاتر بودن این فلزات در شبکه توزیع پیشنهاد می‌شود پایش‌های

[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

مستمر و منظم بر روی غلظت فلزات سنگین آب شرب منطقه از طرف سازمان‌های مسئول صورت گیرد.

## 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.

[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

## References


1. Chen-Wuing L, Kao-Hung L, Yi-Ming B. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a Blackfoot disease area in Taiwan: Journal of the Science of the Total Environment. 2003; 313: 77-89.
2. Kannel PR, Lee S, Lee Y. Assessment of spatial–temporal patterns of surface and ground water qualities and factors influencing management strategy of groundwater system in an urban river corridor of Nepal: Journal of Environmental Management. 2008; 86:595–604.
3. World Health Organization. Helerotrophic Plate Count Measurement in Drinking Water Safty Management. WHO Geneva. 2002; 43-45.
4. American Water Works Assossiation. Water borne pathogens. AWWA manual M48. 1999; pp 6-7.
5. Betton G.Waste Water Microbiolog. Wiley-Liss Second edition. 1999; pp 2-3.
6. Jalali B, Meshki M. Fish toxicity of heavy metals in water and its importance in public health. Tehran: Publication of Manbook 2006. p. 140 (In Persian)
7. Rajaei Q, Pourkhabbaz A. R, Hesari Motlagh S. Assessment of Heavy Metals Health Risk of Groundwater in Ali Abad Katoul Plian. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. 2012; 4(2): 155-162.
8. Hadizadeh H, Bakhshi A, Besharati J. West Quaternary sediments geochemical survey, geochemical Mashhad (Iran strap to the village of lettuce) to measure toxic elements in soil and water, Khorasan Regional Water Authority Research Committee. 2002: 23-31.
9. Karbasi A, Bayati A. Environmental Geochemistry, published by Kavoshe Ghalam, Tehran. 2002: 45-49.
10. Classer LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard method for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington DC: the American Water Works Association 2005; 589-691.
11. Jafar zadeh N, Ghotbi A. Askari A, Yarahmadi M. Drinking water Quality problems and solutions. Publisher khaniran. 2nd 2008 : 87-91. (In Persian)
12. Singley GE, lee T. Determining Internal corrosion potential in water supply systems committee report j. AWW A Agust 1994: 123-128.
13. Singley GE, lee T. Determining Internal corrosion potential in water supply systems committee report j. AWW A Agust 1994:213-219.
14. Pontius F, Acurrent look at the federal Drinking water Regulation j. AWWA, March1992: 29-35.
15. Mahvi A. Health and aesthetic aspects of water Quality of (AWWA). One edition. Summer 1996: 76-84. (In Persian)
16. AWWA, Lead and copper Rule, vol 1,2 1992: 321-329.
17. AWWA , “New world water” july 1998: 87-99.
18. Johana B. Measurement of arsenic and manganese in underground water sources in bangladesh Cambodia. Water Research, 2007;36: 1211-1218.




[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]

19. Nahid P, Moslehi P. heavy metals concenteration on drinking water in different areas of Tehran as ppb and methods of removal them. Iranian journal of food science and technology. 2008,5:29-35. (In Persian)
20. Saeedi M, Karbasi AA, Bidhendi GR, Mehrdadi N. The effect of human activities on the accumulation of heavy metals in river water Tajan in province Mazandaran. J of Environ Studies 2006; 32(40): 41-50. (In Persian)
21. Edwards M. EFFects of selected Anions on copper corrosion Rates j. AWWA. 1994;86 (12): 46-55.
22. MC Ghee, Tj. water supply and sewerage 6th ed. MC Graw- Hill, Newyork, 1991: 88-94.
23. Aker F. Calculate the amount of heavy metals copper and cadmium and lead in surface water area Mytilus sp. Wat. Sci. Tech, 2006;75: 98-105
24. Ghafoori M, Mortazavi R. Hydrology, Publishing Tehran University, Tehran, 1996:105-115.
25. Edwards, M. The pitting corrosion of copper J.AWWA , 1994;86(7):213-220.
26. Alighadr M, Hazrati S, Qanbari M. Measurement of Heavy metals concentration in drinking water sources in Ardebil City. 10th Environmental Health National Conference. Hamedan Medical Sciences. 2007; 16- 24. (In Persian)
27. Sayed Razi SM. The industries corrosionmanagement, First Edition, second Edition, Irans corrosion Associotion, 1997: 39-44. (In Persian)

[ Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-06 ]