



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## بررسی غلظت فلزات سرب و کادمیوم در نمونه‌های آب شرب شبکه آبرسانی شهر گرگان: تهیه نقشه‌های پهنه بندی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

یوسف دادبان شهامت<sup>۱</sup>، حامد محمدی<sup>۲</sup>، نسرین سنگبری<sup>۴</sup>، غلامرضا روشندل<sup>۵</sup>، مینا قهرچی<sup>۳\*</sup>

- ۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران
- ۲- مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران
- ۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی تربت جام، تربت جام، ایران
- ۴- مرکز تحقیقات سرطان، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران
- ۵- مرکز تحقیقات کبد و گوارش، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** با گسترش شهرنشینی و توسعه صنعت، آلودگی محیط زیست از جمله منابع آب آشامیدنی به فلزات سنگین به یک مشکل جهانی تبدیل شده است. از این رو، مطالعه حاضر با هدف اندازه گیری غلظت سرب و کادمیوم در آب شبکه توزیع شهر گرگان انجام شد. **روش بررسی:** این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی است که در آن غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در ۲۵ ایستگاه مختلف شبکه آبرسانی شهر گرگان از اردیبهشت ماه تا مهرماه سال ۱۳۹۷ توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. جهت انجام آزمون‌های آماری از نرم افزار SPSS ver ۲۲ استفاده شد. همچنین نقشه‌های پهنه بندی براساس غلظت این دو فلز توسط نرم افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شد.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از سنجش غلظت سرب و کادمیوم نشان داد که تمامی مقادیر سنجش شده کمتر از استانداردهای ملی و بین المللی است. به طور کلی میانگین غلظت سرب و کادمیوم به ترتیب  $4/38 \mu\text{g/L}$  و  $0/1 \mu\text{g/L}$  بدست آمده است. نتایج آزمون کروسکال والیس نشان داد که بین غلظت‌های بدست آمده از فلز سرب در ماه‌های مختلف اختلاف معنی داری ( $P < 0/01$ ) وجود داشته است. همچنین نقشه پراکنش سرب و کادمیوم نشان داد که در نواحی مرکزی و برخی نواحی مرزی غلظت این دو فلز بیشتر است.

**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان دریافت که غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آب شرب شبکه آبرسانی شهر گرگان در حدود مجاز استانداردهای ملی و بین المللی قرار داشته است.

### اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵  
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸  
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

**واژگان کلیدی:** فلزات سنگین، آب، شبکه آبرسانی، پهنه بندی، گرگان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
[m.ghahrechi69@gmail.com](mailto:m.ghahrechi69@gmail.com)

Please cite this article as: Dadban Shahamat Y, Mohammadi H, Sangbari N, Roshandel Gh, Ghahrchi M. Investigation of Pb and Cd concentrations in drinking water samples of Gorgan water supply network: preparation of zoning maps by geographic information system. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(1):181-92.



## مقدمه

دسترسی به آب سالم و بهداشتی، مهمترین معیار ارتقای سلامت و مؤثرترین عامل پیشگیری از بیماری‌ها و مشکلات ناشی از آب غیر بهداشتی محسوب می‌گردد (۱). طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی (WHO)، "آب آشامیدنی" آبی است که برای مصرف انسانی و تمامی کاربردهای خانگی مناسب باشد (۲). طبق گزارش این سازمان، ۷۰ درصد بیماری‌ها و ۲۰ درصد سرطان‌ها مربوط به مصرف آب آلوده است (۳). از جمله عوامل مهم آلوده کننده آب، فلزات سنگین هستند که در سال‌های اخیر با گسترش شهرنشینی و توسعه صنعت، به یک مشکل جهانی تبدیل شده است (۴، ۵).

بخش بزرگی از فلزات موجود در آب‌های آشامیدنی شهرها مربوط به موادی است که در لوله کشی منازل به کار می‌رود. آب‌های خورنده به علت مجاورت و تماس با لوله‌ها، اتصالات، شیرآلات شبکه توزیع شهری و لوله کشی خانگی سبب انتقال فلزات به آب آشامیدنی می‌شوند (۶-۹).

مقادیر بالای فلزات سنگین در آب شرب اثرات سوء بر سلامت انسان داشته و منجر به غیر قابل مصرف شدن آب می‌گردد (۴، ۱۰). یکی از اساس‌ترین مسائل و مشکلات در ارتباط با فلزات سنگین عدم متابولیزه شدن آنها در بدن است. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، نه تنها از بدن دفع نشده، بلکه در بافت‌هایی مانند چربی، عضله، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند. این امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن از جمله انواع سرطان، فقر مواد مغذی، بر هم خوردن تعادل هورمون‌ها، چاقی، سقط جنین، اختلالات تنفسی و قلبی-عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها و مغز، بی‌اشتهایی، التهاب مفاصل، ریزش مو، پوکی استخوان و در موارد حاد مرگ می‌شود (۱۱). فلزات سنگین همچنین جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز در بدن می‌گردند. به عنوان مثال، در صورت کمبود روی در مواد غذایی کادمیوم جایگزین آن می‌گردد. از طرفی تجمع پذیری فلزات سنگین در گیاهان و ورود آنها به زنجیره غذایی خطرات ناشی از آنها را دو چندان

می‌کند (۱۲، ۱۳).

کادمیوم و سرب از جمله فلزات سنگین هستند که اثرات سوء بسیاری بر سلامت موجودات زنده دارند. نیمه عمر کادمیوم در استخوان‌ها حدود ۳۰ سال است و این فلز پتانسیل سرطان زایی دارد. به طور کلی، کادمیوم سبب آسیب به کلیه، کبد و طحال می‌شود. مسمومیت حاد ناشی از کادمیوم اغلب به علت شرب آب یا دیگر مایعات آلوده به این عنصر رخ می‌دهد. استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران، استاندارد سازمان جهانی بهداشت و آژانس حفاظت محیط زیست برای این عنصر به ترتیب  $3 \mu\text{g/L}$ ،  $3 \mu\text{g/L}$  و  $5 \mu\text{g/L}$  است (۱۴، ۱۵).

سرب نیز یک نوروٹوکسین است و مسئول بسیاری از مسمومیت‌های ناشی از فلزات در بدن انسان است. اختلال بیو سنتز هموگلوبین و کم خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارس بودن نوزاد، اختلال سیستم عصبی و آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض سوء افزایش غلظت سرب در بدن است (۱۳، ۱۶). بنابر رهنمود سازمان جهانی بهداشت حداکثر مجاز آن در آب آشامیدنی  $10 \mu\text{g/L}$  است. همچنین طبق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و آب آشامیدنی ایران (استاندارد شماره ۱۰۵۳)، حد مجاز سرب در آب آشامیدنی به ترتیب  $15 \mu\text{g/L}$  و  $50 \mu\text{g/L}$  است (۱۴، ۱۵).

مطالعات متعددی در زمینه بررسی غلظت فلزات سنگین در منابع آب و خطوط شبکه توزیع آب انجام شده است (۱، ۱۷-۲۲).

سیستم اطلاع رسانی جغرافیایی (GIS)، از ابزارهای موثر و مناسب بررسی توزیع مکانی اطلاعات و داده‌ها است که امکان تصمیم‌گیری سریع را فراهم می‌نماید (۲۳).

بر این اساس، تحقیق حاضر به دلیل اهمیت زیست محیطی موضوع و با توجه به اینکه تاکنون هیچ گونه مطالعه‌ای در رابطه با فلزات سنگین موجود در آب شبکه آبرسانی شهر گرگان انجام نشده است، با هدف بررسی غلظت سرب و کادمیوم، در آب آشامیدنی شهر در نقطه مصرف و مقایسه

ظروف پلی اتیلن با حجم ۵۰۰ mL، که از قبل شست و شو و در فور خشک شده، جمع آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی گلستان، غلظت فلزات کادمیوم و سرب توسط دستگاه جذب اتمی کوره گرافیت اندازه گیری شد. برای هضم و آماده سازی نمونه براساس کتاب استاندارد متد (شماره استاندارد 3030D) از روش هضم اسیدی با اسید نیتریک (با خلوص ۶۵ درصد) استفاده شد (۲۵). طبق این روش به ۱۰۰ mL از نمونه، ۵ mL اسید نیتریک غلیظ اضافه شد. سپس یک شیشه ساعت به عنوان سرپوش و جلوگیری از آلودگی روی بشر قرار داده و نمونه روی هیتر حرارت داده شد تا به آرامی به جوش آید و تبخیر شود. حرارت تا زمانی که حجم نمونه به ۱۰ الی ۲۰ mL کاهش یافت، ادامه داده شد. در پایان، دیواره بشر و شیشه ساعت با آب دیونایز شستشو داده شد و نمونه را به بالون ژوژه ۱۰۰ mL انتقال و پس از سرد شدن به حجم رسانده و به طور کامل مخلوط شد.

براساس میانگین غلظت بدست آمده در طول شش ماه برای هر کدام از فلزات سرب و کادمیوم در نقاط مختلف نمونه برداری، نقشه‌های پهنه‌بندی توسط نرم افزار Arc GIS ver 10.3، با بهره گیری از روش درون یابی عکس فاصله وزنی (IDW) تهیه شد. این روش از مهمترین روش‌های درون یابی است که در آن فرض بر این است که در یک سطح میان یابی، اثر پارامتر مورد بررسی بر نقاط اطراف یکسان نیست. به طوری که نقاط نزدیک بیشتر و نقاط دورتر کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند و هر چه فاصله از مبدأ بیشتر شود، اثر پارامتر کمتر می‌شود (۲۶).

داده‌های بدست آمده پس از ثبت، توسط نرم افزار SPSS ver 22 آنالیز و با استانداردهای داخلی و خارجی مقایسه شد. جهت نرمال بودن داده‌ها، از تست Shapiro-Wilk استفاده شد. همچنین برای تعیین اختلاف میانگین چند جامعه مثل نواحی و ایستگاه‌ها در ماه‌های مختلف، آزمون Kruskal-Wallis با سطح

با استانداردهای ملی و بین المللی انجام شد. همچنین براساس نتایج بدست آمده از اندازه گیری غلظت فلزات سنگین، نقشه پراکنش آنها در سطح شهر توسط نرم افزار Arc GIS 10.3 آماده شد.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شهر گرگان است که در بخش جنوبی استان گلستان و در موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. شهر گرگان که یکی از شهرهای شمالی کشور است، در شمال رشته کوه‌های البرز و جنوب شرقی دریای خزر قرار دارد. مساحت آن ۱۷۰۰ km<sup>2</sup> و جمعیت آن براساس آخرین سرشماری در سال ۱۳۹۵، ۳۵۰۶۷۶ نفر گزارش شده است (شکل ۱).

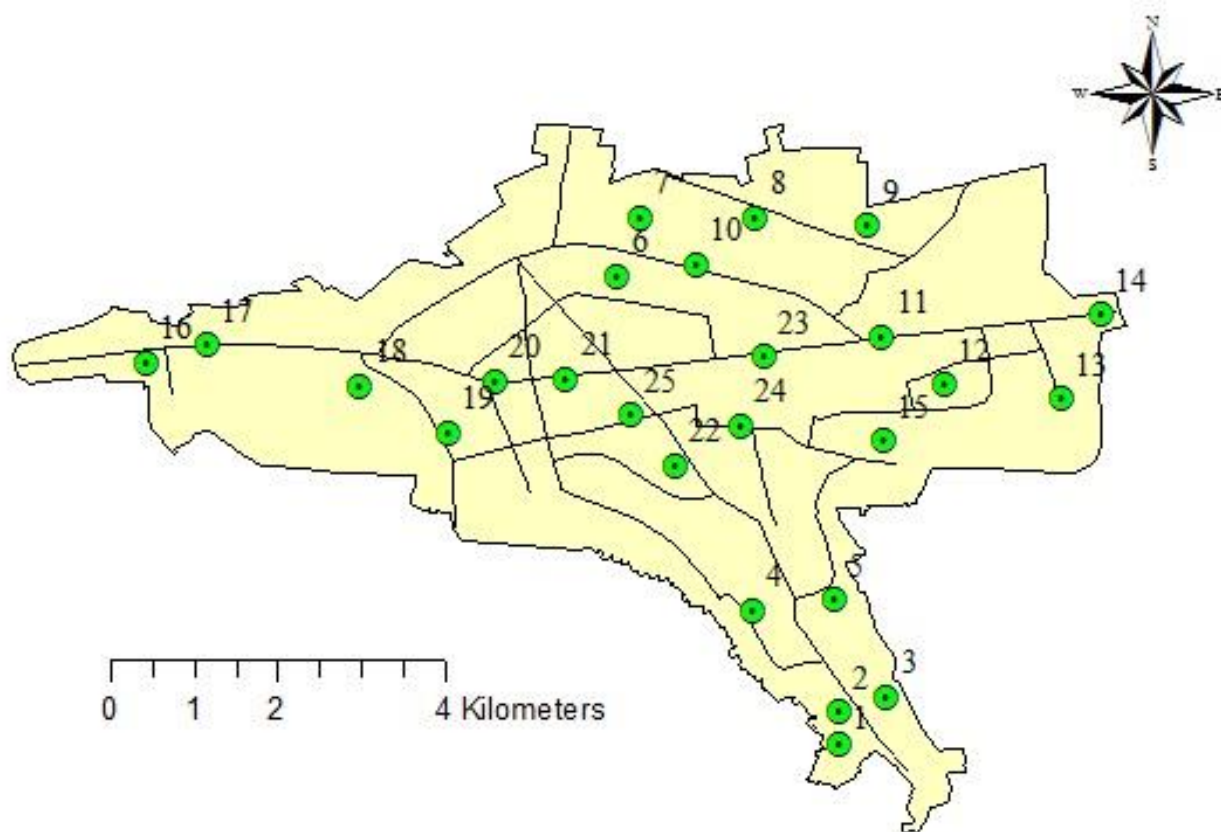
مطالعه حاضر از نوع توصیفی-مقطعی بود که براساس آن غلظت فلزات سنگین در آب شبکه آبرسانی شهر گرگان از فروردین ماه تا مهرماه سال ۱۳۹۷ سنجش شد.

به منظور بالا بردن صحت و دقت مطالعه، با همکاری سازمان آب و فاضلاب استان گلستان و با استفاده از نقشه جغرافیایی و کروکی شبکه توزیع آب شرب، شهر گرگان به ۵ منطقه شمالی (ناحیه ۱)، جنوبی (ناحیه ۲)، شرقی (ناحیه ۳)، غربی (ناحیه ۴) و مرکزی (ناحیه ۵) تقسیم بندی شد.

برای محاسبه حجم نمونه براساس انحراف معیار فلز سنگین در منابع آب استان گلستان و مقدار واریانس ( $\delta^2$ ) برای سرب که معادل ۰/۲۶۵ mg/L است و با فرض ۹۵ درصد سطح اطمینان ( $\alpha=0/05$ ) و میزان خطای ۰/۰۵، از معادله ۱ استفاده شد (۲۴):

$$n = [ z (1 - \alpha/2)^2 * \delta^2 ] / d^2 \quad (1)$$

در مجموع ۱۵۰ نمونه بصورت خوشه‌ای در ۲۵ ایستگاه و در طی ۶ ماه جمع آوری شد. نمونه‌برداری‌ها به صورت تصادفی از نقاط مختلف شبکه و از محل شیر آب مصرف کننده در



شکل ۱- نقشه شهر گرگان و نقاط نمونه برداری از آب شبکه آبرسانی

### یافته‌ها

نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت سرب و کادمیوم در آب شرب شبکه آبرسانی شهرستان گرگان در ماه‌ها و نواحی مختلف، در جدول ۱ نشان داده شده است. با مشاهده نتایج می‌توان دریافت که به طور کلی میانگین غلظت سرب نسبت به کادمیوم در مقادیر بالاتر قرار دارد. به طور کلی میانگین غلظت سرب و کادمیوم در طول دوره سنجش، به ترتیب  $4/38 \mu\text{g/L}$  و  $0/1 \mu\text{g/L}$  بدست آمد. میانگین

غلظت سرب و کادمیوم در نواحی مختلف نشان داد که حداکثر میانگین غلظت سرب در ناحیه ۲ و شهریور ماه و حداقل آن نیز در ناحیه ۲ و مرداد ماه بوده که به ترتیب معادل  $6/64 \mu\text{g/L}$  و  $1/02 \mu\text{g/L}$  بدست آمده است. حداکثر میانگین غلظت کادمیوم نیز در ناحیه ۲ و شهریور ماه معادل  $0/18 \mu\text{g/L}$  محاسبه شد. همچنین حداقل غلظت کادمیوم،  $0/04 \mu\text{g/L}$  بدست آمد که در ماه‌های تیر و شهریور قابل مشاهده است.

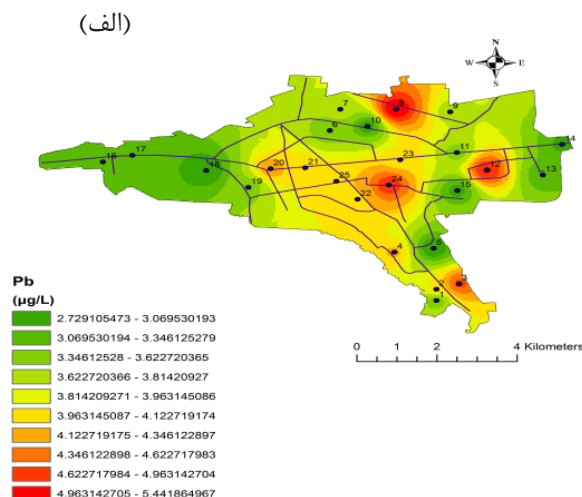
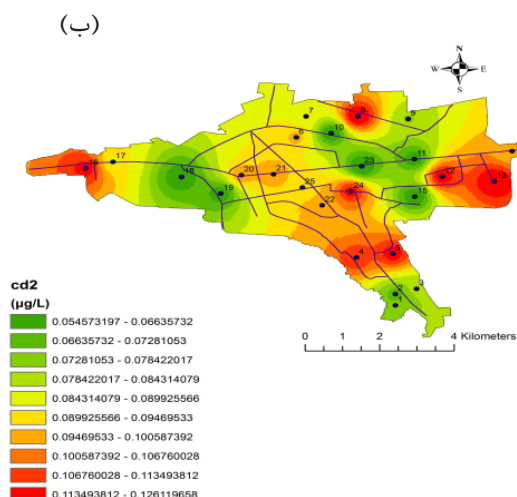
جدول ۱- غلظت سرب و کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف شهر گرگان بر حسب  $\mu\text{g/L}$

منطقه	شماره ایستگاه	اردبیل		خرود		تیر		مروداد		شهریور		مهر	
		Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb		
ناحیه ۱	۱	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.04 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	
	۲	$0.13 \pm 0.06$	$0.05 \pm 0.07$	$0.02 \pm 0.01$	$0.09 \pm 0.04$	$0.05 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.01$	$0.13 \pm 0.06$	
	۳	$0.15 \pm 0.05$	$0.05 \pm 0.06$	$0.13 \pm 0.05$	$0.03 \pm 0.01$	$0.04 \pm 0.02$	$0.03 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.15 \pm 0.05$	
	۴	$0.07 \pm 0.02$	$0.05 \pm 0.05$	$0.15 \pm 0.07$	$0.03 \pm 0.01$	$0.09 \pm 0.04$	$0.03 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.02$	
	۵	$0.07 \pm 0.03$	$0.05 \pm 0.07$	$0.07 \pm 0.03$	$0.02 \pm 0.01$	$0.06 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.03$	
	ناحیه ۲	۶	$0.09 \pm 0.04$	$0.05 \pm 0.07$	$0.05 \pm 0.04$	$0.02 \pm 0.01$	$0.04 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.09 \pm 0.04$
		۷	$0.18 \pm 0.09$	$0.04 \pm 0.07$	$0.09 \pm 0.04$	$0.03 \pm 0.01$	$0.06 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.09$
		۸	$0.15 \pm 0.07$	$0.03 \pm 0.07$	$0.08 \pm 0.04$	$0.02 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.15 \pm 0.07$
		۹	$0.12 \pm 0.06$	$0.05 \pm 0.07$	$0.07 \pm 0.04$	$0.02 \pm 0.01$	$0.04 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.12 \pm 0.06$
		۱۰	$0.05 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.07$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.02$
ناحیه ۳		۱۱	$0.08 \pm 0.04$	$0.03 \pm 0.07$	$0.05 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.08 \pm 0.04$
		۱۲	$0.19 \pm 0.11$	$0.05 \pm 0.07$	$0.08 \pm 0.04$	$0.02 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.19 \pm 0.11$
		۱۳	$0.17 \pm 0.15$	$0.05 \pm 0.07$	$0.09 \pm 0.04$	$0.02 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.03$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.17 \pm 0.15$
		۱۴	$0.13 \pm 0.05$	$0.05 \pm 0.07$	$0.04 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.13 \pm 0.05$
		۱۵	$0.07 \pm 0.04$	$0.05 \pm 0.07$	$0.06 \pm 0.03$	$0.02 \pm 0.01$	$0.04 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.04$
	ناحیه ۴	۱۶	$0.05 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.07$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.02$
		۱۷	$0.04 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.07$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.04 \pm 0.01$
		۱۸	$0.02 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.07$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$
		۱۹	$0.13 \pm 0.07$	$0.02 \pm 0.07$	$0.03 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.13 \pm 0.07$
		۲۰	$0.12 \pm 0.08$	$0.02 \pm 0.07$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.12 \pm 0.08$
ناحیه ۵		۲۱	$0.07 \pm 0.02$	$0.05 \pm 0.07$	$0.07 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.02$
		۲۲	$0.07 \pm 0.03$	$0.05 \pm 0.07$	$0.07 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.03$
		۲۳	$0.09 \pm 0.04$	$0.03 \pm 0.07$	$0.06 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.09 \pm 0.04$
		۲۴	$0.18 \pm 0.11$	$0.05 \pm 0.07$	$0.05 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.11$
		۲۵	$0.07 \pm 0.02$	$0.05 \pm 0.07$	$0.05 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.02$

شکل ۲ (الف و ب)، نقشه پراکنش فلزات سرب و کادمیوم را در آب شبکه آبرسانی شهرگران براساس میانگین غلظت‌های سنجش شده در طی ۶ ماه نمونه برداری نشان می‌دهد. در شکل ۲ (الف)، مشاهده می‌گردد غلظت سرب در ایستگاه‌های ۸، ۱۲ و ۲۴ حداکثر و در محدوده  $4/96-5/44 \mu\text{g/L}$  است. همچنین در شکل ۲ (ب)، علاوه بر ایستگاه‌های فوق، ایستگاه ۴، ۵، ۱۳ و ۱۶ نیز در شرایط حداکثر غلظت و در محدوده  $0/11-0/12 \mu\text{g/L}$  است. حداقل غلظت سرب در ایستگاه‌های ۵، ۱۰، ۱۴، ۱۵ و ۱۸ سنجش شد که در نواحی غرب، شمال غرب و شرق قرار دارند و میانگین غلظت کادمیوم نیز در ایستگاه‌های ۱۰، ۱۱، ۱۵، ۱۸، ۱۹ و ۲۳ دارای مقادیر حداقل و در محدوده  $0/05-0/06 \mu\text{g/L}$  بدست آمد.

به منظور بررسی وجود رابطه معنی‌دار بین متغیرهای ناحیه، ماه‌های مختلف و غلظت فلزات سرب و کادمیوم از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس استفاده شد. براساس نتایج بدست آمده، اختلاف غلظت هر کدام از فلزات سرب و کادمیوم در مناطق پنج گانه از لحاظ آماری معنی‌دار نیست ( $p > 0/05$ )، یعنی از لحاظ آماری نوع منطقه در تغییرات غلظت فلز سرب و کادمیوم در آب شبکه آبرسانی شهرگران اثر معنی‌داری ندارد.

نتایج بررسی ارتباط متغیر ماه‌های نمونه برداری و غلظت فلزات نشان داد که بین میانگین غلظت سرب و ماه‌های مختلف ارتباط معنی‌داری وجود دارد ( $p < 0/01$ )، اما در مورد کادمیوم این ارتباط معنی‌دار نیست ( $p > 0/05$ ).



شکل ۲- نقشه پراکنش میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف شهرگران

استاندارد سازمان جهانی بهداشت و استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست نشان داد که تمامی مقادیر سنجش شده برای کادمیوم و سرب کمتر از حد مجاز استانداردهای ذکر شده است، بنابراین نگرانی درخصوص آلودگی آب شبکه آبرسانی به فلزات سرب و کادمیوم وجود ندارد.

## بحث

در مطالعه حاضر، غلظت دو فلز سنگین سرب و کادمیوم در آب شبکه آبرسانی شهرگران از اردیبهشت تا مهر ماه سال ۱۳۹۷ اندازه گیری و بررسی شد. مقایسه غلظت فلزات مذکور با استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران،

حد استاندارد بوده است (۲۹). همچنین نتایج مطالعات انجام شده بر روی میزان غلظت فلزات سنگین در آب شبکه توزیع شهرهای اردبیل، همدان و بیرجند نشان دادند که غلظت فلزات در آب این شهرها کمتر از حد استاندارد بوده است که همسو با نتایج به دست آمده در این مطالعه است (۳۰-۳۲). همانطور که ذکر شد، ساختار شبکه توزیع آب و وجود صنایع در مناطق مختلف و شرایط جوی بر تغییرات غلظت فلزات موجود در آب شرب موثر هستند. نتایج آزمون آماری نشان داد تفاوت غلظت کادمیوم و سرب در نواحی مختلف معنی‌دار نیست، با این وجود، اختلاف ساختاری در شبکه توزیع نقاط مختلف شهر (بافت قدیم و جدید) می‌تواند منجر به نوسانات جزئی غلظت سرب در نواحی مختلف گردد. غلظت کادمیوم نیز که به طور طبیعی در منابع آب ناچیز است، می‌تواند از طریق تماس منبع آبی با آلودگی‌های محیطی همچون دفع غیر بهداشتی فاضلاب و زباله، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و سوزاندن سوخت‌های فسیلی افزایش یابد، بنابراین، غلظت این فلز با توجه به موقعیت منبع تأمین کننده آب می‌تواند متغیر باشد (۳۳).

نکته دیگری که در نتایج آنالیز آماری مورد توجه است معنی‌دار شدن اختلاف غلظت سرب شبکه توزیع آب شهر گرگان در ماه‌های مختلف است ( $p < 0/01$ ). این اختلاف می‌تواند به دلیل تغییر در کیفیت آب از لحاظ شاخص خورندگی با توجه به سرعت آب، نحوه بهره برداری سیستم توزیع، دمای محیط، غلظت اکسیژن محلول، کلر باقیمانده و ... باشد که منجر به خوردگی اتصالات و انحلال سرب در آب می‌گردد (۳۴). یکی دیگر از عوامل تاثیرگذار در نوسانات غلظت یک آلاینده در منابع آبی، شرایط جوی است. بارش باران در فصول پرباران می‌تواند مقادیر مختلفی از سرب که به دلیل آلودگی هوا بر روی پوشش گیاهی وجود دارد، شسته و وارد منابع آبی کند (۳۵، ۳۶). برخلاف سرب، با وجود نوسان غلظت کادمیوم آب در ماه‌های مختلف، این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در این راستا، در پژوهشی مشابه، Miranzadeh و

منابع ورود سرب فاضلاب‌های صنایع، آلکیل‌های سرب ناشی از بنزین و مهمترین منبع ورود این فلز به آب، از طریق لوله‌های سربی و لچیم سربی اتصالات مربوط به آن است. کادمیوم نیز از طریق منابع کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و باطله‌های معدنی وارد محیط می‌شود. بنابراین شدت آلودگی منابع آبی توسط این فلزات در نقاط گوناگون و تحت شرایط جوی که در ماه‌های مختلف سال حاکم است، متغیر است (۲۷).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در منابع آب شهرهای مختلف کشور انجام شده است. در پژوهشی، Valinejad و همکاران (۲۰۱۱) میزان فلزات سنگین کادمیوم، کروم، نیکل، سرب و روی را در منابع آب زیرزمینی شهرستان اسلامشهر بررسی نمودند و براساس نتایج بدست آمده گزارش نمودند که در ۹۱/۳ درصد چاه‌های منطقه در فصل زمستان مقادیر کادمیوم بیش از حد مجاز رهنمود سازمان بهداشت جهانی (WHO) بوده است. همچنین از ۹۲ نمونه برداشت شده، ۵۸ نمونه دارای سرب بیش از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بوده است (۲۷).

در مطالعه‌ای دیگر Shahriyari و همکاران (۲۰۲۰) با اندازه‌گیری فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شرب شهر زابل دریافتند که مقادیر کادمیوم بیش از استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران بوده، اما غلظت‌های سنجش شده فلز سرب در محدوده استاندارد ذکر شده گزارش شده است (۱۵). اما بررسی غلظت برخی فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم در آب شبکه توزیع شهر سنندج که توسط Mansouri و همکاران (۲۰۱۵) انجام شده است نشان داده که غلظت تمامی فلزات سنگین سنجش شده مطابق استانداردهای ملی و بین‌المللی آب شرب بوده است (۲۸). Alidadi و همکاران با بررسی فلزات کادمیوم، سرب و کروم در آب شرب شهر مشهد در سال ۲۰۱۱، گزارش نمودند تنها غلظت سرب در برخی مناطق به دلیل بافت کهنه و فرسودگی لوله‌های آبرسانی بالاتر از

زیست ندارد. آنالیزهای آماری توسط آزمون کروسکال والیس نشان داد که بین غلظت‌های سنجش شده در نواحی پنج گانه، اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است ( $p > 0/05$ ). همچنین با بررسی ارتباط ماه‌های نمونه برداری با غلظت‌های سنجش شده در نمونه‌ها مشخص شد که بین غلظت‌های سرب و ماه‌های مختلف، تفاوت معنی‌دار است ( $p < 0/05$ ), اما این اختلاف برای فلز کادمیوم معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ ). ویژگی‌های شیمیایی آب و نحوه بهره برداری از سیستم آبرسانی در ماه‌های مختلف می‌تواند از عوامل موثر در اختلاف معنی‌دار غلظت سرب آب شرب در ماه‌های مختلف در نظر گرفته شود. نقشه پراکنش سرب و کادمیوم در آب شبکه آبرسانی نشان داد که به طور کلی غلظت این فلزات در نواحی مرکزی و مرزی بالاتر بوده است که جنس و سن لوله‌های شبکه آبرسانی می‌تواند در این افزایش غلظت موثر باشد.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق IR.GOUMS.REC.1397.080 است.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی گلستان در سال ۱۳۹۷ که با حمایت این دانشگاه اجرا شده است.

همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که در غلظت فلزات سنگین شبکه توزیع شهر کاشان در فصول مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است (۳۷).

نقشه پراکنش فلزات کادمیوم و سرب حاکی از آن است که در نواحی مرکزی و جنوبی شهر گرگان غلظت سرب از مقادیر بالاتری برخوردار است. بافت قدیم شهر و پوسیدگی لوله‌های به کار رفته در این مناطق می‌تواند دلیل بالاتر بودن غلظت سرب آب در این نواحی در نظر گرفته شود. غلظت کادمیوم نیز در نواحی مرکزی و مرزی بالاتر است. غلظت‌های بالاتر کادمیوم احتمال ورود فاضلاب آلوده به آب را تقویت می‌کند. همچنین به دلیل شکستگی‌های متعدد و نشت لوله‌های فرسوده در سطح شهر، احتمال ورود آلودگی از این طریق دور از انتظار نیست. هر چند که آنالیزهای آماری نشان داد که اختلاف غلظت سرب و کادمیوم در نواحی مختلف معنی‌دار نیست.

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم دسترسی به دستگاه ICP و سایر لامپ‌های دستگاه جذب اتمی جهت اندازه‌گیری دیگر فلزات سنگین اشاره نمود.

### نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف اندازه‌گیری غلظت فلزات سرب و کادمیوم در شبکه توزیع آب گرگان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. نتایج نشان داد در تمامی نمونه‌های برداشت شده، غلظت سرب و کادمیوم از حدود مجاز استانداردهای ملی و بین‌المللی تجاوز نکرده و خطر جدی برای انسان و محیط

## References

1. Mohammadian M, Nouri J, Afshari N, Nassiri J, Nourani M. Investigation of Heavy Metals Concentrations in the Water Wells Close to Zanjan Zinc and Lead Smelting Plant. Iranian Journal of Health and Environment. 2008;1(1):51-56. (in

Persian)

2. AhmadizadehFini A, Razmand N, Zamani A. Evaluation of heavy metal concentrations (Zn, Cd, Pb) in drinking water wells in the rural areas of Bandar Abbas, Iran. Hormozgan Medical Journal. 2014;18(3):219-225. (in Persian)
3. Ghaffari HR, Kamari Z, Ranaei V, Pilevar Z, Akbari



- M, Moridi M, et al. The concentration of potentially hazardous elements (PHEs) in drinking water and non-carcinogenic risk assessment: A case study in Bandar Abbas, Iran. *Environmental Research*. 2021;201:111567.
4. Buragohain M, Bhuyan B, Hari Prasad S. Seasonal variations of lead, arsenic, cadmium and aluminium contamination of groundwater in Dhemaji district, Assam, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2010;170(1):345-351.
5. Hou D, He J, Lü C, Ren L, Fan Q, Wang J, et al. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2013;93:135-144.
6. Craun GF, Calderon RL. Waterborne disease outbreaks caused by distribution system deficiencies. *Journal AWWA*. 2001;93(9):64-75.
7. Zhang X, Pehkonen SO, Kocherginsky N, Ellis G. Copper corrosion in mildly alkaline water with the disinfectant monochloramine. *Corrosion Science*. 2002;44(11):2507-2528.
8. Davidson C, Peters N, Britton A, Brady L, Gardiner P, Lewis BD. Surface analysis and depth profiling of corrosion products formed in lead pipes used to supply low alkalinity drinking water. *Water Science and Technology*. 2004;49(2):49-54.
9. Savari J, Jaafarzadeh N, Hassani AH, Khoramabadi GS. Heavy metals leakage and corrosion potential in Ahvaz drinking water distribution network. *Journal of Water and Wastewater*. 2007;18(4):16-24. (in Persian)
10. Smith AH, Steinmaus CM. Health effects of arsenic and chromium in drinking water: recent human findings. *Annual Review of Public Health*. 2009;30:107-122.
11. Jamshaid M, Khan AA, Ahmed K, Saleem M. Heavy metal in drinking water its effect on human health and its treatment techniques-a review. *International Journal of Biosciences*. 2018;12(4):223-40.
12. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton D, clinical, toxicology e. Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*. 2012;101:133-164.
13. Engwa GA, Ferdinand PU, Nwalo FN, Unachukwu MNJPitmw-ntfaod. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. *Poisoning in the Modern World-new tricks for an old dog*. 2019;10:77-99
14. Yang Q, Li Z, Lu X, Duan Q, Huang L, Bi JJSotte. A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment. *Science of The Total Environment*. 2018;642:690-700.
15. Shahriyari J, Rezaei MR, Kamani H. Carcinogenic and Non-Carcinogenic Risk Assessment of Heavy Metals in drinking tap water in Zabol city, Iran. *Journal of Neyshabur University of Medical Sciences*. 2020;8(28):59-75. (in Persian)
16. Vardhan KH, Kumar PS, Panda R. A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*. 2019;290:111197.
17. Mosaferi M, Taghipour H, Hassani A, Borghei M, Kamali Z, Ghadirzadeh A. Study of Arsenic Presence in Drinking Water Sources: A Case Study. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2008;1(1):19-28. (in Persian)
18. Amin MM, Kazemi A, Eskandari O, Ghias M, Fatehizadeh A, Zare MR. Geographical distribution of stomach cancer related to heavy metals in Kurdistan, Iran. *International Journal of Environmental Health Engineering*. 2015;4(1):12-17.
19. Rajaei Q, Pourkhabbaz A, 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. (in Persian)
20. Farokhneshat F, Rahmani AR, Samadi MT, Soltanian AR. Non-Carcinogenic Risk Assessment of Heavy Metal of Lead, Chro-mium and Zinc in Drinking Water Supplies of Hamadan in Winter 2015. *Avicenna*

- Journal of Clinical Medicine. 2016;23(1):25-33. (in Persian)
21. Malakootian M, Khashi Z. Heavy metals contamination of drinking water supplies in Southeastern villages of Rafsanjan plain: Survey of arsenic, cadmium, lead and copper. Journal of Health in the Field. 2014;2(1):1-9. (in Persian)
  22. Sinkakarimi M, Rajei G, Mahdijezhad M, Hatamimanesh M. health risk assessment of some heavy metals in groundwater resources of birjand flood plain using Environmental Protection Agency (EPA) model. Journal of Health and Hygiene. 2020;11(2):183-193. (in Persian)
  23. Seifi A, Riahi H. Evaluation of heavy metal pollution indices for surface water of the Sarcheshmeh copper mine using multivariate statistical methods and GIS. Iranian Journal of Soil and Water Research. 2019;50(1):161-176. (in Persian)
  24. Aghavali N, NezhadAli M, Qomi M. Assessment of heavy metals (Pb, Cd and Cu) concentrations in groundwater resources of Shahrab and its surrounding villages in Ardestan city during May and June 2015. Journal of Health in the Field. 2017;4(4):1-8. (in Persian)
  25. Baird RB. Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd. Water Environment Federation, American Public Health Association, (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), Washington DC. 2017.
  26. Alavi C, Kianejad S, Sabbagh SA. Preparation of Air Pollution Mapping by Interpolating Kriging Method in GIS, Case Study: Tehran Metropolis. Journal of Urban Ecology Researches. 2019;10(20):171-184.
  27. Valinejhad F, Hassani AH, Sayadi MJJoES, Technology. Investigation of heavy metals (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn) in Islamshahr groundwater resources and their regional distribution pattern in GIS. Journal of Environmental Science and Technology. 2016;18(3):187-199.
  28. Mansouri B, Azadi N, Habibi Y. Study the concentration of heavy metals and some chemical parameters in water distribution network of Sanandaj city in 2014. Jorjani Biomedicine Journal. 2015;3(2):80-88. (in Persian)
  29. Alidadi H, Peiravi R, Dehghan AA, Vahedian M, Haghghi HM, Amini A. Survey of heavy metals concentration in Mashhad drinking water in 2011. Razi Journal of Medical Sciences. 2014;20(116):27-34. (in Persian)
  30. Alighadr M, Hazrati S, Qanbari M, editors. Measurement of Heavy metals concentration in drinking water sources in Ardebil City. 10th Environmental Health National Conference. Hamedan Medical Sciences; 2007:16-24.
  31. Kari MM, Shariat M. A study of heavy metals in drinking water network, in hamadan city, in 1994. Avicenna Journal Of Clinical Medicine. 2000;7(3):44-47. (in Persian)
  32. Shahriari T, Moasheri B, Khodadadi M, Azizi M, editors. The survey of chromium and copper concentration in Birjand citys drinking water resources and water supply network. 13th Environmental health conference; 2010.
  33. Kaplan O, Yildirim NC, Yildirim N, Tayhan NJE-JoC. Assessment of some heavy metals in drinking water samples of Tunceli, Turkey. E-Journal of Chemistry. 2011;8(1):276-280.
  34. Asgari G, Ramavandi B, Tarlaniazar M, Fadaie NA, Berizie Z. Survey of chemical quality and corrosion and scaling potential of drinking water distribution network of Bushehr city. Iranian South Medical Journal. 2015; 18(2):353-361. (in Persian)
  35. Dadban Shahamat Y, Mojerlo S, Dehghan S, Niksiar P, Ghahrchi M, Moghiseh Z. Investigation of iodine content in iodized salts distributed in Gorgan, 2016. Journal of Environmental Science Studies. 2021;6(1):3407-3411. (in Persian)
  36. Ghahrchi M, Bazrafshan E, Kor Y, Khani M, Sarmadi M, Shahamat Y. Investigation variations of particulate matter and volatile organic compounds concentration in gorgan city and the effect of atmospheric factors

in emission these pollutants: Estimation of spatial distribution of air quality index by GIS. International Journal of Environmental Health Engineering. 2020;9(1):3-11.

37. Miranzadeh M, Mahmoodzadeh A, Hasanzadeh M, Bigdeli M. Concentrations of heavy metals in Kashan water distribution network in 2010. Journal of Health and Hygiene. 2011;2(3):56-66. (in Persian)



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>  
Original Article



## Investigation of Pb and Cd concentrations in drinking water samples of Gorgan water supply network: preparation of zoning maps by geographic information system

Yousef Dadban Shahamat<sup>1,2</sup>, Hamed Mohammadi<sup>3</sup>, Nasrin Sangbari<sup>4</sup>, Gholamreza Roshandel<sup>5</sup>, Mina Ghahrchi<sup>3,\*</sup>

- 1- Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran
- 2- Environmental Health Research Center, Golestan University of Medical Sciences, Golestan, Iran
- 3- Department of Environmental Health Engineering, Torbat Jam Faculty of Medical Sciences, Torbat Jam, Iran
- 4- Cancer Research Center, Golestan University of Medical Science, Gorgan, Iran
- 5- Research Center of Gastroenterology and Hepatology, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 14 February 2022  
**Revised:** 02 May 2022  
**Accepted:** 08 May 2022  
**Published:** 11 June 2022

**Keywords:** Heavy metals, Water, Distribution network, Zoning, Gorgan

**\*Corresponding Author:**  
m.ghahrechi69@gmail.com

### ABSTRACT

**Background and Objective:** With the expansion of urbanization and the development of industry, environmental pollution, including sources of drinking water to heavy metals, has become a global problem. Therefore, the present study was conducted to measure the concentration of lead and cadmium in the water of Gorgan distribution network.

**Materials and Methods:** This is a descriptive cross-sectional study in which the concentrations of heavy metals lead and cadmium were measured in 25 different stations of the Gorgan drinking water distribution network from April to September 2018 by atomic absorption device. Statistical analysis was used from SPSS ver 22 software. Also, zoning maps based on the concentration of these two metals were prepared by Geographic Information System (GIS) software.

**Results:** The results of measuring the lead and cadmium concentration showed that all measured values are less than national and international standards. In general, the average concentrations of lead and cadmium were 4.38 and 0.1 µg/L, respectively. The results of Kruskal-Wallis test showed that there was a significant difference (p <0.01) between the concentrations obtained from lead metal in different months. Additionally, the distribution map of this lead and cadmium exhibited that in the central areas and some border areas, the concentration of these two metals is higher.

**Conclusion:** According to the obtained results, it can be seen that the concentration of heavy metals lead and cadmium in the water of Gorgan distribution network is within the permitted standards.

Please cite this article as: Dadban Shahamat Y, Mohammadi H, Sangbari N, Roshandel Gh, Ghahrchi M. Investigation of Pb and Cd concentrations in drinking water samples of Gorgan water supply network: preparation of zoning maps by geographic information system. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(1):181-92.