مجله سلامت و بهداشت اردبیل

دوره دوم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۰، صفحات ۵۶ تا ۶۶

بررسی غلظت فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شهر کاشان در سال ۱۳۸۹

محمدباقر میران زاده [۱]، عباسعلی محمودزاده [۲]، مجتبی حسن زاده [۳]، محمود بیگدلی [۳]*

۱. دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان

۲. کارشناس بهداشت محیط ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کاشان

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۳۱۶۱۲۸۵۲ فکس: ۰۳۶۱۵۵۵۰۱۱۱ ایمیل: miranmn@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: آب آشامیدنی باید عاری از هر گونه آلودگی شیمیایی و میکروبی باشد. یکی از آلودگی‌های مهم آب آشامیدنی وجود فلزات سنگین در آن است که می‌تواند برای سلامتی مصرف‌کنندگان بسیار مخاطره‌آمیز باشد. از آنجایی‌که احتمال ورود فلزات سنگین به منابع آب از طریق آلاینده‌های محیطی و انحلال از جدار لوله‌ها وجود دارد، لذا این تحقیق به‌منظور کنترل غلظت فلزات سنگین در آب شبکه توزیع شهر کاشان انجام گرفت.

روش کار: این تحقیق در ۵ ناحیه شبکه توزیع آب شهر کاشان در سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. نمونه‌ها در سه فصل بهار، تابستان و پاییز به تعداد ۳۵ نمونه در هر فصل و در مجموع ۱۰۵ نمونه در ظروف پلی‌اتیلن تمیز برداشت گردید. نمونه‌ها در آزمایشگاه توسط دستگاه ICP جهت اندازه گیری فلزات سنگین مورد آنالیز قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد که میانگین غلظت فلزات کروم، مس، روی، سرب، نقره، کبالت، نیکل و کادمیوم به‌ترتیب برابر ۳/۶۶، ۷۶/۵، ۱۶۷/۸، ۲/۸۷، ۱/۳۷، ۳/۷۴، ۵/۱ و ۰/۴۵ میکروگرم در لیتر بوده است.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که غلظت فلزات سنگین فوق‌الذکر در آب شبکه توزیع کاشان بالاتر از حد استانداردهای ملی و بین‌المللی نبوده و برای مصرف‌کنندگان خطری در بر نخواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، آب آشامیدنی، شبکه توزیع، غلظت.

دریافت: ۹۰/۴/۵ **پذیرش:** ۹۰/۷/۴

مقدمه

جدولناوبی فلزات گروه ۳ تا ۱۶ از تناوب ۴ به بعد را فلزات سنگین می‌گویند. این فلزات ترکیبات معدنی با دانسیته بالا و مسمومیت در غلظت کم هستند که وزن مخصوص آن‌ها ۴ تا ۵ برابر آب است [۱, ۲].

فلزات سنگین در محیط زیست پایدارند و برای موجودات زنده سمی هستند و تمایل دارند در بافت‌های گیاهی و جانوری تجمع یابند. این فلزات از راه‌های مصنوعی مثل سوختن سوخت‌های فسیلی، استخراج معادن، فاضلاب‌های کشاورزی، آب‌های جمع‌آوری‌شده سطحی، فاضلاب کارخانجات، حمل و نقل و غیره [۳, ۴] و راه‌های طبیعی مثل بارندگی، فرسایش خاک و حل‌شدن نمک‌های محلول وارد مخازن آب می‌شوند [۴, ۵].

عناصر جزئی به‌طور طبیعی در مقادیر کم در آب وجود دارند [۶]. بسیاری از این عناصر نقش دوگانه‌ای

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

در بدن انسان دارند. به‌طوری‌که در مقادیر کم بی‌ضرر و در برخی موارد حتی برای سلامتی مفید هستند، ولی در مقادیر بالاتر از استانداردهای آب آشامیدنی می‌توانند اثرات جدی بر سلامتی داشته باشند [٤, ٦ -٩]. فلزاتی مانند منگنز، آهن، کبالت، مس، روی، کروم، وانادیوم، سلنیوم و مولیبدن برای رشد بهینه، نمو و زاد و ولد ضروری هستند و به‌عنوان کاتالیست در فعالیت‌های آنزیمی بدن انسان عمل می‌کنند. اما وقتی غلظت آن‌ها زیاد باشد سمی می‌شوند [۷, ۸]. این مواد معمولاً کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در روز مورد نیاز هستند [۱۰]. علاوه بر فلزات ضروری برای انسان، آب می‌تواند شامل فلزات سمی مثل جیوه، سرب، کادمیوم، نقره، آلومینیوم، آرسنیک و باریم نیز باشد [۷, ۸].

در اکوسیستم‌های آبی، فلزات سنگین می‌توانند در بدن ارگانیسم‌هایی مثل پلانکتون‌ها، بنتوس‌ها و ماهی‌ها تجمع یابند و در نهایت وارد بدن انسان شوند [٤, ۱۱]. طبق مطالعات اپیدمیولوژیک بین پوسیدگی دندان، ابتلا به بیماری‌های قلبی، اختلالات کلیوی و عصبی و شکل‌های مختلفی از سرطان با فلزات سنگین ارتباط وجود دارد [۷, ۸, ۱۰, ۱۲]. این فلزات در مقادیر بالا می‌توانند باعث اختلالات مرفولوژیکی، کاهش رشد، افزایش مرگ و میر و اثرات ژنتیکی در انسان شوند [۶]. کادمیوم دارای نیمه‌عمر ۳۰ سال در استخوان است و خواص سرطان‌زایی دارد [۸]. این عنصر می‌تواند باعث بیماری‌های فشار خون و تصلب شرائین نیز شود [۱۳]. سرب نیز یک نوروتوکسین است و مسئول بسیاری از مسمومیت‌های فلزی در انسان است [۸]. این فلز در شکل غیرزیستی جذب دستگاه گوارش می‌شود. مهم‌ترین اثر این فلز، اثر بر روی جنین می‌باشد [۱]. همچنین مسمومیت سرب می‌تواند باعث جلوگیری از سنتز هموگلوبین، عدم کارکرد صحیح کلیه، سیستم تناسلی و سیستم گردش خون و آسیب حاد و مزمن به سیستم اعصاب مرکزی و محیطی شود [۱, ١٤]. اثرات دیگر این فلز شامل صدمه به سیستم گوارشی و دستگاه ادراری در نتیجه خون ادراری، اختلالات عصبی و آسیب شدید مغزی است. اگر در بدن روی و کلسیم به مقدار کافی وجود نداشته باشد، جذب سرب تشدید می‌شود [۱]. کروم یک عنصر ضروری، هم برای انسان و هم حیوانات است. اما در مقادیر اضافی مخصوصاً در ظرفیت ۶+ برای سلامتی مضر است و می‌تواند باعث سرطان ریه و روده شود [۱۳].

مس به‌ندرت در آب‌های طبیعی یافت می‌شود. بنابراین حضور آن در غلظت بالا شاخصی برای آلودگی آب از طریق شیرابه زباله یا فاضلاب‌های صنعتی است [۳]. مس در مقادیر زیاد در آب آشامیدنی می‌تواند یک سم عصبی باشد و بیماری‌هایی مثل آلزایمر ایجاد کند [۱۳]. روی در بدن با مس در تعادل است و برای فعالیت‌های جنسی مردانه ضروری است. کمبود روی باعث آنمی و تأخیر در رشد و نمو می‌شود و مقادیر اضافی آن می‌تواند مسمومیتی شبیه به سرب ایجاد کند [۱].

نگرانی‌ها در مورد فلزات سنگین در آب آشامیدنی رو به افزایش است [٤, ١٥]. امروزه آلودگی آب‌ها به فلزات سنگین به یک مشکل جهانی تبدیل شده است [۱۶]. نشت فلزات سنگین از طریق خوردگی لوله، درصد مهمی از آلودگی آب‌های آشامیدنی را تشکیل می‌دهد [۱۹-۱۷]. بخش بزرگی از فلزات موجود در آب‌های آشامیدنی شهرها مربوط به موادی است که در لوله‌کشی منازل به کار می‌رود. آب‌های خورنده به علت مجاورت و تماس با لوله‌ها، اتصالات، شیرآلات شبکه توزیع شهری و لوله‌کشی خانگی سبب انتقال فلزات به آب آشامیدنی می‌شوند. این فلزات شامل سرب، کادمیوم، مس، روی، آهن و منگنز می‌باشند [۲۰].

در مطالعه‌ای که فیکت[1] و همکاران در کرواسی انجام دادند دریافتند که غلظت سرب در آب شهری در قسمت‌هایی که لوله‌کشی فلزی انجام شده است بسیار بالا می‌باشد. آنها بیان کردند که مقدار سرب حل‌شده از سیستم لوله‌کشی به چندین فاکتور بستگی دارد که شامل وجود کلر در آب، مقدار اکسیژن محلول، pH،

1. Fiket

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

دما و سختی آب و زمان ماند آب در لوله می‌شود [۶]. در مطالعه‌ای که سواری و همکاران در اهواز انجام دادند نیز مشخص شد که لوله‌ها و شیرآلات و اتصالات مورد استفاده در شبکه شهر اهواز و احتمالاً شهرهای دیگر ایران دارای پتانسیل نشت فلزات به درون آب آشامیدنی هستند [۲۰].

شهر کاشان با جمعیتی بالغ بر ۲۰۰ هزار نفر در نزدیکی ناحیه کویر مرکزی ایران واقع گردیده است. این شهر از نظر منابع آب‌های سطحی بسیار فقیر بوده و تنها منبع تامین آب شهر از طریق برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی است. در حال حاضر حدود ۷۰ حلقه چاه عمیق در نواحی مختلف اطراف و داخل شهر وجود دارد که تامین‌کننده آب شرب شهر می‌باشد. از آنجا که در سال‌های اخیر، منطقه با افت شدید کیفیت آب‌های زیرزمینی روبه‌رو شده است، لذا یکی از گزینه‌های جبران کمبود آب در کاشان انتقال آب از رودخانه زاینده‌رود به کاشان است که فاز اول اجرایی این پروژه با ظرفیت ٤۰۰ لیتر در ثانیه به بهره‌برداری رسیده و از این مقدار در حدود ۲۰۰ لیتر در ثانیه آن به آب شبکه توزیع شهر کاشان اضافه می‌گردد و مابقی آن توسط شهرهای موجود در مسیر خط انتقال مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی از خصوصیات مهم آب‌های زیرزمینی دشت کاشان بالا بودن کل جامدات محلول[1] آب است که باعث ایجاد مزه شوری در آب می‌گردد. طول شبکه آبرسانی کاشان بالغ بر ٤۰۰ کیلومتر است که جنس لوله‌های آن از گالوانیزه، چدن، آزبست سیمان و پلی‌اتیلن است و قدمت بعضی از لوله‌گذاری‌ها نیز به بیش از ٤۰ سال گذشته بر می‌گردد. از آنجایی‌که احتمال ورود فلزات سنگین به منابع آب از طریق آلاینده‌های محیطی از جمله فاضلاب‌های شهری و صنعتی و پساب کشاورزی، شیرابه محل دفن زباله‌ها و همچنین از طریق انحلال از جداره لوله‌ها و ورود آن‌ها به آب شبکه توزیع وجود دارد و تا کنون نیز مطالعه‌ای در کاشان در این زمینه انجام نشده است، لذا این تحقیق به‌منظور بررسی غلظت این فلزات در آب شبکه توزیع شهر کاشان در سال ۱۳۸۹ انجام گرفت.

روش کار

این مطالعه به‌صورت مقطعی- توصیفی بر روی سنجش غلظت فلزات سنگین در آب شبکه توزیع شهر کاشان در سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. به منظور بالا بردن دقت مطالعه، با استفاده از نقشه جغرافیایی و کروکی شبکه توزیع، شهر کاشان به ۵ ناحیه شمالی، جنوبی، غربی، شرقی و مرکزی تقسیم‌بندی شد. از نظر زمانی این تحقیق در سه فصل بهار، تابستان و پاییز انجام گرفت. در فصل زمستان با توجه به محدودیت زمانی تحقیق و فراهم‌نبودن امکانات آزمایشگاهی نمونه‌برداری انجام نشد. با استفاده از روش‌های آماری متداول تعداد کل نمونه‌ها در هر فصل ۳۵ نمونه و در مجموع ۳ فصل ۱۰۵ نمونه محاسبه گردید (۷ نمونه در هر فصل و هر ناحیه). نمونه‌برداری‌ها در روزهای مختلف هفته به‌صورت تصادفی از نقاط مختلف شبکه در ظروف پلی‌اتیلن ۲ لیتری برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشگاه علوم پزشکی کاشان توسط دستگاه ICP[2] مدل اپتیما[3] 2100 برای سنجش غلظت فلزات کروم، کادمیوم، سرب، روی، نقره، مس، نیکل و کبالت مورد آنالیز قرار گرفت.

روش مورد استفاده بر اساس دستورالعمل ارائه‌شده در کتاب استاندارد متد بخش مربوط به ICP انتخاب گردید [۲۱]. برای استانداردسازی و کالیبراسیون دستگاه از محلول‌های استاندارد خریداری‌شده برای این منظور استفاده گردید. در جدول شماره ۱ آنالیز دقت و حساسیت محلول استاندارد استفاده‌شده ارائه شده است. در نهایت سنجش غلظت هر یک از فلزات فوق‌الذکر پس از تکرار سه مرحله‌ای انجام گرفت. نمونه‌هایی که اندازه‌گیری غلظت فلزات آن‌ها در همان روز امکان‌پذیر نبود، از طریق افزودن اسید سولفوریک و رساندن pH آن به کمتر از ۲ محافظت از

1. Total dissolved solids

2. Inductivity Coupled Plasma
3. Optima

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

نمونه انجام می‌گردید. در نهایت نتایج به‌دست‌آمده توسط آزمون آماری تی تست و آنووا[1] مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۱. آنالیز دقت و حساسیت محلول استاندارد استفاده شده در تعیین غلظت نمونه‌ها در دستگاه ICP

نام عنصر	غلظت استاندارد (میکروگرم در لیتر)	حد تشخیص دستگاه (میکروگرم در لیتر)	درصد خطای نسبی*
Ag	۱۰	۰/۰۸	+۲/۱
Ni	۱۰۰	۰/۰۹	-۰/۷
Cr	۱۰۰	۰/۰۸	-./۵
Cd	۱۰	۰/۰۵	+۰/٤۵
Zn	۱۰۰	۰/۰۹	+۱/۸۷
Cu	۱۰۰	۰/۰۹	+۳/۶
Pb	۱۰	۰/۰۵	+٤/۲
Co	۱۰۰	۰/۰۹	-۰/٤

*Relative Error

یافته‌ها

در جداول شماره ۲ الی ٤؛ حداقل، حداکثر و میانگین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری‌شده در نواحی مختلف شبکه توزیع آب کاشان، به تفکیک سه فصل بهار، تابستان و پاییز ۸۹ ارائه شده است.

بر اساس نتایج این مطالعه (جدول ۲) حداقل غلظت فلزات کروم، سرب، نقره، کبالت، نیکل و کادمیوم در فصل بهار برابر صفر و حداکثر غلظت آن‌ها در همین فصل به‌ترتیب برابر ۷/۲، ۷/۲، ۶/۲، ۹/۵، ۱۲ و ۱/۱ میکروگرم در لیتر بوده است. در فصل تابستان و پاییز نیز به‌جز مس و روی حداقل غلظت مابقی فلزات برابر صفر بوده است. حداقل غلظت مس به میزان ۳ و روی به میزان ۹ میکروگرم در لیتر و حداکثر غلظت این دو فلز نیز به‌ترتیب برابر ۱۶۱ و ۲۷۰ میکروگرم در لیتر اندازه‌گیری شده است (جدول ۳ و ٤).

همچنین میانگین فصلی غلظت هر یک از فلزات فوق‌الذکر برای کل شبکه توزیع کاشان در جدول ۲ الی ٤ ذکر شده است. بر اساس اطلاعات مربوطه در فصل بهار میانگین غلظت بین ۰/۵ برای کادمیوم تا ۱۸۲/۲ برای فلز روی در نوسان بوده است. فصل‌های تابستان و پاییز نیز همانند فصل بهار در کل شهر دارای نوسانات در میانگین غلظت فلزات بوده‌اند.

در جدول شماره ۵ نتایج مربوط به میانگین سه فصل غلظت فلزات در آب شبکه کاشان به تفکیک پنج ناحیه و همچنین میانگین سه فصل برای کل شبکه شهر ارائه گردیده است. در مورد کروم حداقل میانگین، مربوط به ناحیه مرکزی به میزان ۳/۱ و حداکثر آن ٤/۷ میکروگرم در لیتر مربوط به ناحیه شمالی است (جدول ۵).

در مورد سرب حداقل میانگین سه فصل به میزان ۲/۳۶ مربوط به ناحیه شرقی و حداکثر آن ۳/٤ میکروگرم در لیتر مربوط به ناحیه شمالی است. میانگین سه فصل غلظت نقره در کل شبکه آب کاشان برابر ۱/۳۷، کبالت ۳/۷٤ و نیکل ۵/۱ میکروگرم در لیتر می‌باشد (جدول ۵). علاوه بر این در جدول شمارهٔ ۵ مقادیر مربوط به استانداردهای داخلی و بین‌المللی فلزات سنگین در آب آشامیدنی جهت مقایسه با غلظت فلزات آب شبکه کاشان آورده شده است.

بحث

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق میانگین غلظت کروم در ۵ ناحیه شبکه توزیع آب شهر کاشان طی سه فصل بهار، تابستان و پاییز ۸۹ برابر ۳/۶۶ میکروگرم در لیتر بوده است که از حداکثر غلظت مجاز تعیین‌شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۵۰ میکروگرم در لیتر) و از سایر استانداردهای بین‌المللی همچون سازمان جهانی بهداشت[2] (۵۰ میکروگرم در لیتر) و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۱۰۰ میکروگرم در لیتر) به مراتب پایین‌تر می‌باشد و هیچ نگرانی از این بابت وجود ندارد [۲۲-۲٤].

میانگین غلظت مس نیز طی سه فصل نمونه‌برداری و آزمایشات برابر ۷۶/۵ میکروگرم در لیتر بوده که از

1. Anova

2. WHO

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

حداکثر غلظت مجاز موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۵۰۰ میکروگرم در لیتر) پایین‌تر است و از نظر آماری با سایر استانداردهای بین‌المللی نیز مطابقت دارد [۲۴-۲۲].

میانگین غلظت فلزات روی، سرب، نقره، کبالت، نیکل و کادمیوم نیز طی سه فصل نمونه‌برداری و در کل شبکه توزیع آب شهر کاشان به ترتیب برابر ۱۶۷/۸، ۲/۸۷، ۱/۳۷، ۳/۷۴، ۵/۱ و ۰/۴۵ میکروگرم در لیتر بوده که مقادیر آن‌ها بر اساس آزمون آماری از حداکثر غلظت مجاز استانداردهای ملی و بین‌المللی به مراتب پایین‌تر است و از نظر کیفیت آب آشامیدنی برای مصرف‌کنندگان خطری در بر نخواهد داشت [۲۴-۲۲]. مطالعات بر روی میزان فلزات سنگین در آب شبکه توزیع شهر اردبیل و همدان و بیرجند نشان داده که غلظت این فلزات در آب این شهرها فراتر از حد استاندارد نبوده است که نتایج آن با مطالعه ما هم‌خوانی دارد [۲۷-۲۵].

همچنین نتایج یک مطالعه بر روی آب آشامیدنی مناطق مختلف شهر تهران نشان داده که به جز سرب غلظت بقیه فلزات سنگین اندازه‌گیری‌شده در حد استاندارد بوده است. در این تحقیق غلظت سرب در بعضی نمونه‌ها بیش از حد استاندارد بوده که علت آن به جنس لوله‌های مورد استفاده در شبکه توزیع آب (لوله‌های فلزی) نسبت داده شده است. در مورد مطالعه حاظر نیز اگرچه میزان سرب در آب شبکه کاشان در حد استاندارد بوده ولی در مقایسه با غلظت سایر فلزات میزان سرب بالاتر از بقیه بوده است که این نتایج با نتایج مطالعه انجام‌گرفته در تهران تقریباً هم‌خوانی دارد که علت آن احتمالاً به‌دلیل ورود سرب از طریق فرسودگی لوله‌ها و اتصالات به‌کار رفته در شبکه آبرسانی است [۲۸].

نتایج یک مطالعه بر روی غلظت فلزات سنگین در آب چاه‌های مجاور کارخانه سرب و روی زنجان نشان داده که غلظت سرب و روی در هیچ یک از نمونه‌ها از استاندارد ملی فراتر نبوده ولی غلظت سرب و کادمیوم به‌ترتیب در ۵۹ و ۵۳ درصد نمونه‌ها بیش از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بوده است [۲۹]. مطالعات در بعضی مناطق کشورهایی همچون یونان، ترکیه، هند، مالزی و پاکستان نشان داده که غلظت فلزات سنگین در آب شبکه توزیع این مناطق نیز پایین‌تر از حد استاندارد بوده است [۱۱, ۳۰-۳۳].

نتایج یک مطالعه بر روی آب آشامیدنی ایالت فلوریدای آمریکا نشان داد که غلظت آرسنیک و مس بالاتر از حد استانداردهای قابل قبول بوده است که علت آن را استفاده از علف‌کشهای حاوی آرسنیک در برخی از قسمت‌های منطقه مورد مطالعه بیان کرده‌اند [۳۴].

فلزات سنگین اگرچه به‌طور طبیعی در منابع آب زیرزمینی به‌واسطه جنس تشکیلات زمین‌شناسی خاک منطقه در مقادیر جزئی یافت می‌شوند، لیکن دفن زباله‌ها در زمین، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و شهری و کاربرد کودهای شیمیایی در کشاورزی و ورود آلاینده‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی می‌تواند منجر به افزایش غلظت فلزات سنگین در آب و خاک شود [۳۵].

در شهر کاشان با توجه به وجود صنایع نساجی مختلف که از سال‌های دور از فاضلاب آن‌ها برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شده است (هم‌اکنون استفاده نمی‌شود)، لذا این مورد می‌تواند یکی از راه‌های ورود بعضی از فلزات سنگین به خاک و منابع آب زیرزمینی منطقه باشند. البته ورود این فلزات به آب‌های زیرزمینی دشت کاشان قابل توجه و مشکل‌ساز نبوده است [۳۶].

یکی دیگر از راه‌های ورود بعضی از فلزات از جمله سرب، مس، روی، نیکل و کادمیوم به آب آشامیدنی در شبکه توزیع به‌واسطه خوردگی لوله‌های فلزی و نشت از طریق اتصالات آن‌ها است. کاربرد اتصالات و شیرآلات برنجی نیز یکی دیگر از راه‌های ورود فلزات سنگین به آب آشامیدنی است. در شهر کاشان جنس لوله‌های مورد استفاده در شبکه، انواع لوله‌های پلی‌اتیلن، چدنی، آزبست سیمان و گالوانیزه است. شبکه‌های قدیمی عمدتاً از جنس گالوانیزه بوده و

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

شبکه‌های جدید از نوع پلی‌اتیلن و آزبست سیمان است. بالا بودن فلزاتی مثل روی در آب شبکه توزیع کاشان احتمالاً به‌دلیل کاربرد لوله‌های فلزی در شبکه‌های قدیمی است. کمترین غلظت فلزات سنگین یافت‌شده در آب شبکه کاشان مربوط به کادمیوم است (جدول ٤). غلظت کادمیوم به‌طور طبیعی در منابع آب ناچیز است. مگر این‌که از طریق آلودگی‌های محیطی همچون دفع غیربهداشتی فاضلاب‌ها و زباله‌ها و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و سوزاندن سوخت‌های فسیلی به منابع آب راه یافته باشد [۱۳].

نتایج آزمون آماری آنووا نشان داد که میزان فلزات سنگین به جز مس در آب شبکه توزیع شهر کاشان در هر پنج ناحیهٔ مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌داری نبوده است ($p>۰/۰۵$)، که علت آن را می‌توان احتمالاً به یکنواخت‌نبودن جنس تشکیلات زمین‌شناسی منطقهٔ تحت پوشش چاه‌های آب حفاری‌شده و همچنین ارتباط بین آبخوان‌های زیرزمینی دشت کاشان و اختلاط آب شبکه توزیع به‌واسطه حلقوی‌بودن سیستم نسبت داد. غلظت فلز مس در آب نواحی مختلف دارای ارتباط معنی‌داری بوده است ($p<۰/۰۵$)، که علت آن را می‌توان احتمالاً به متفاوت‌بودن جنس و عمر لوله‌ها در نواحی مختلف نسبت داد [۳, ۶, ۲۰, ۲۸, ۳۲].

همچنین بر اساس نتایج آزمون آماری تفاوت معنی‌داری بین غلظت فلزات سنگین در آب شبکه کاشان و فصول مختلف سال (سه فصل مورد مطالعه) مشاهده نشده است ($p>۰/۰۵$)، که علت آن ثابت‌بودن کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در کوتاه‌مدت و عدم وقوع حادثه زیست‌محیطی خاصی در منطقه است. البته نوسانات جزئی در غلظت فلزات سنگین آب شهر کاشان در طول سه فصل مورد تحقیق وجود داشته که آن‌ها را می‌توان به عدم اختلاط کامل آب شبکه و خطاهای نمونه‌برداری و آزمایشگاهی نسبت داد [۱۰, ۱۳, ۱۸, ۱۹, ۲۶, ۲۷].

محدودیت‌های احتمالی تحقیق نیز شامل عدم آگاهی کامل از جنس لوله‌ها در بعضی نواحی و نقاط نمونه‌برداری و برداشت نمونه از نقاط کور شبکه بوده است و سعی شده است که تاثیر این محدودیت‌ها بر روی نتایج این تحقیق به حداقل برسد.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق و آزمون آماری انجام‌گرفته می‌توان نتیجه‌گیری نمود که غلظت فلزات کروم، مس، روی، سرب، نقره، کبالت، نیکل و کادمیوم در آب شبکه توزیع شهر کاشان بالاتر از حد استانداردهای ملی و بین‌المللی نبوده و در حد کاملاً قابل قبول قرار دارد. البته انجام تحقیقات دوره‌ای به فواصل زمانی هر دو سال یک بار به منظور پایش غلظت فلزات سنگین توصیه می‌شود.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

جدول ۲. نتایج سنجش غلظت فلزات سنگین در مناطق مختلف شبکه توزیع آب شهر کاشان در بهار ۱۳۸۹ (مقادیر بر حسب میکروگرم در لیتر و ۷ نمونه در هر منطقه)

عنصر	کروم			مس			روی			سرب			نقره			کبالت			نیکل			کادمیوم		
ناحیه	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min
شمال	۶/۵	۷/۲	۰/۸	۷۹	۱۳۷	۷	۱۸۹	۲۵۶	۲۱	۳/۲	۷/۱	۰/۲	۰/۹	۲/۲	۰/۱	۴/۶	۹/۵	۱/۱	۷/۴	۱۲	۱	۰/۶	۱	۰/۱
غرب	۲/۷	۵/۲	۱	۴۱	۱۲۱	۱۱	۱۹۲	۲۷۰	۱۲	۳/۵	۵/۷	N.D	۲/۹	۱/۳	۰/۲	۳/۸	۷/۳	۱/۴	۵/۷	۱۰/۹	N.D	۰/۶	۱	N.D
شرق	۳	۴/۹	N.D	۵۱	۹۲	۷	۱۷۶	۲۰۹	۱۸	۱/۹	۳	۰/۶	۲/۴	۲/۱	N.D	۳/۳	۶/۱	۰/۸	۴/۵	۸/۹	۲/۲	۰/۳	۰/۷	N.D
جنوب	۵	۷/۱	۱/۲	۱۰۶	۱۶۱	۵	۱۶۰	۲۴۱	۱۰/۵	۲/۶	۴/۵	۰/۱	۱/۲	۲/۸	۰/۴	۳/۱	۵/۸	N.D	۶/۳	۱۱	۱/۴	۰/۴	۰/۹	N.D
مرکز	۳/۸	۶/۱	۱/۲	۷۸	۱۳۱	۵/۵	۱۹۴	۲۵۹	۱۲/۷	۳/۱	۶	۰/۱	۱/۴	۳/۲	N.D	۴/۲	۸/۷	N.D	۴/۳	۸/۷	۰/۴	۰/۶	۱/۱	۰/۲
میانگین فصلی	۴/۲۰±۱/۵۶			۷۱/۰۰±۲۵/۶۸			۱۸۲/۲۰±۱۴/۲۵			۲/۸۶±۰/۶۳			۱/۷۶±۰/۸۵			۳/۸۰±۰/۶۲			۵/۶۴±۱/۲۹			۰/۵۰±۰/۱۴		

N.D = Not Detectable

جدول ۳. نتایج سنجش غلظت فلزات سنگین در مناطق مختلف شبکه توزیع آب شهر کاشان درتابستان ۱۳۸۹ (مقادیر بر حسب میکروگرم در لیتر و ۷ نمونه در هر منطقه)

عنصر	کروم			مس			روی			سرب			نقره			کبالت			نیکل			کادمیوم		
ناحیه	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min
شمال	۳/۴	۷	۲	۹۸	۱۵۶	۴	۱۴۷	۲۱۰	۱۷	۲/۸	۶	N.D	۱/۲	۲/۵	N.D	۵/۵	۱۰	۲/۷	۷/۱	۱۹/۵	۱/۸	۰/۴	۱/۱	N.D
غرب	۳/۹	۷/۳	N.D	۴۵	۸۲	۱۷	۱۶۲	۲۵۰	۱۹	۲/۳	۴/۹	۰/۵	۱/۳	۲/۹	N.D	۳/۶	۸/۲	۲	۴	۸/۲	N.D	۰/۴	۱	۰/۱
شرق	۳/۷	۶/۵	۰/۶	۴۲	۷۱	۳	۱۴۲	۱۹۷	۱۷	۲/۳	۵/۱	۰/۵	۰/۷	۱/۱	N.D	۳/۲	۶/۷	۱/۲	۶/۱	۱۰/۵	۳	۰/۴	۰/۹	۰/۱
جنوب	۲/۱	۵/۹	N.D	۹۷	۱۴۲	۹	۱۴۵	۲۱۱	۹	۲/۱	۴/۴	N.D	۲/۵	۳/۲	۰/۲	۳/۸	۷	N.D	۴/۱	۶/۲	۲/۱	۰/۳	۰/۸	N.D
مرکز	۳	۷	۱/۲	۶۵	۱۰۷	۹	۱۷۸	۲۳۶	۱۲	۲/۲	۴/۷	۰/۲	۱/۶	۲/۴	N.D	۳/۴	۶/۵	N.D	۳/۸	۷/۱	۱/۴	۰/۴	۰/۹	N.D
میانگین فصلی	۳/۲۲±۰/۷۱			۶۹/۴۰±۲۷/۱۳			۱۵۴/۸۰±۱۵/۰۹			۲/۳۴±۰/۲۷			۱/۴۶±۰/۶۷			۳/۹۰±۰/۹۲			۵/۰۲±۱/۴۹			۰/۳۸±۰/۰۴		

N.D = Not Detectable

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

جدول ٤. نتایج سنجش غلظت فلزات سنگین در مناطق مختلف شبکه توزیع آب شهر کاشان در پاییز ۱۳۸۹ (مقادیر بر حسب میکروگرم در لیتر و۷ نمونه در هر منطقه)

عنصر	کروم			مس			روی			سرب			نقره			کبالت			نیکل			کادمیوم		
ناحیه	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min	$\bar{X}$	max	min
شمال	٤/٣	٦/٥	١/٥	١٠٩	١٦١	٤	١٧٨	٢٦٦	١٣	٤/٣	٨/٤	٠/٥	١/٢	٢/٥	N.D	٣/٦	٨	٠/٤	٥/٤	٩/٧	N.D	٠/٣	٠/٧	N.D
غرب	٤/٣	٦/٢	١/١	٨٦	١٣٧	٩	١٣٩	١٨٨	١٤/٩	٣/٢	٧/١	٠/٢	٠/٨	١/٧	N.D	٣/٩	٧/٢	٠/٨	٦/٤	١٠	٠/٦	٠/٤	٠/٧	N.D
شرق	٣/٩	٥/٦	٠/٧	٦٩	٩٦	١١	١٨٣	٢١٥	١٨/١	٢/٩	٤/٩	٠/٥	٠/٩	٢/٣	N.D	٣	٥/٤	N.D	٤/٤	٨/٤	١/١	٠/٦	١	٠/٢
جنوب	٣/١	٧	٠/٧	١٠٦	١٥١	٤/٨	١٧٢	٢٣٠	١٧	٣/٧	٦/٥	N.D	٠/٩	٠/٢	٠/٣	٣/٤	٦/٥	٠/٥	٣/١	٥/٢	N.D	٠/٥	٠/٨	٠/٢
مرکز	٢/٨	٤/٦	٠/٩	٧٦	١٢٦	٨	١٦٦	٢١٥	١٥/٩	٣/١	٦	٠/١	١/١	٢/٨	٠/٣	٤/٥	٨/٢	١	٣/٧	٧	١/٢	٠/٤	٠/٨	N.D
میانگین فصلی	٣/٦٨±٠/٦٩			٨٩/٢٠±١٧/٨٠			١٦٧/٦٠±١٧/٢١			٣/٤٤±٠/٥٦			/٩٨±٠/١٦			٣/٦٨±٠/٥٦			٤/٦٠±١/٣٢			٠/٤٤±٠/١١		

N.D = Not Detectable

جدول ٥. میانگین غلظت فلزات سنگین در نقاط مختلف شبکه توزیع آب شهر کاشان طی سه فصل نمونه برداری در سال ۱۳۸۹ (مقادیر بر حسب میکروگرم در لیتر)

عنصر / ناحیه	Cr	Cu	Zn	Pb	Ag	Co	Ni	Cd
شمالی (n=21)	٤/٧±١/٦	٩٥/٤±١٢	١٧١±١٧/٨	٣/٤±٠/٦٣	١/١±٠/١٤	٤/٥±٠/٧٨	٦/٦٣±٠/٩	٠/٤٧±٠/١
غربی(n=21)	٣/٥±٠/٨	٥٧/٣±٢٠	١٦٤/٣±٢١/٧	٣±٠/٥	١/٦٧±٠/٩	٣/٧٦±٠/١	٥/٤±١	٠/٤٧±٠/٠٩
شرقی(n=21)	٣/٥±٠/٣٨	٥٤±١١/٢	١٦٦/٧±١٧/٦	٢/٣٦±٠/٤	١/٣٣±٠/٧	٣/١±٠/١	٥±٠/٧٨	٠/٤٣±٠/١
جنوبی(n=21)	٣/٤±١/٢	١٠٣±٤/٢	١٥٩±١١	٢/٨±٠/٦٧	١/٣٦±٠/٤٦	٣/٤±٠/٢٨	٤/٥±١/٣	٠/٤±٠/٠٨
مرکزی(n=21)	٣/٢±٠/٤	٧٣±٥/٧	١٧٩±١١/٥	٢/٨±٠/٤٢	١/٣٧±٠/٢	٤±٠/٥	٣/٩±٠/٢	٠/٤٦±٠/٠٩
کل شهر	٣/٦٦	٧٦/٥	١٦٧/٨	٢/٨٧	١/٣٧	٣/٧٤	٥/١	٠/٤٥
استاندارد ایران	٥٠	١٥٠٠	٢٠٠٠	١٠٠	-	-	٢٠	١٠
استاندارد WHO	٥٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	١٠	١٠	-	٢٠	٣
استاندارد EPA	١٠٠	١٠٠٠	٥٠٠٠	١٥	١٠	-	١٠٠	٥

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

References

1- Duruibe JO, Ogwuegbu MOC, Egwurugwu JN. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. International Journal of Physical Sciences. 2007; 2(5): 112-118.
2- Raikwar MK, Kumar P, Singh M, Singh A. Toxic effect of heavy metals in livestock health. Veterinary World. 2008; 1(1): 28-30.
3- Bhaskar CV, Kumar K, Nagendrappa G. Assessment of heavy metals in water samples of certain locations situated around Tumkur, Karnataka, India. E-J. Chem. 2010; 7(2): 349-352.
4- Ahmad AK, Mushrifah I, Othman MS. Water quality and heavy metal concentrations in sediment of Sungai Kelantan, Kelantan, Malaysia: a baseline study. Sains Malaysiana. 2009; 38(4): 435-442.
5- Netpae T, Phalaraksh C. Water quality and heavy metal monitoring in water, sediments, and tissues of corbicula sp. from bung boraphet reservoir, Thailand. Chiang Mai J. Sci. 2009; 36(3): 395-402.
6- Fiket Z, Roje V, Mikac N, Kniewald G. Determination of arsenic and other trace elements in bottled waters by high resolation inductivity coupled plasma mass spectrometry. Croat. Chem. Acta. 2007; 80(1): 91-100.
7- Karamanis D, Stamoulis K, Ioannides KG. Natural radionuclides and heavy metals in bottled water in Greece. Desalination. 2007; 213: 90-97.
8- Ghaderpouri M, JahedKhaniki GR, Nazmara S. Determination of toxic trace elements in bottled waters consumption in the of Tehran. 12th environmental health national congress. 2009 Nov. Tehran, Iran.
9- Khan MA, Ahmad I, Rahman I. Effect of environmental pollution on heavy metals content of Withania somnifera. J. Chin. Chem. Soc. 2007; 54: 339-343.
10- Soupioni MJ, Symeopoulos BD, Papaefthymiou HV. Determination of trace elements in bottled water in Greece by instrumental and radiochemical neutron activation analyses. J. Radioanal. Nucl. Chem. 2006; 268(3): 441-444.
11- Saeed SM, Shaker IM. Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on Oreochromis Niloticus in the northern Delta lakes, Egypt. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 2008. Egypt.
12- Babaji I, Shashikiran NN, Reddy SVV. Comparative evaluation of trace elements and residual bacterial content of different brands of bottled waters. Indian SOC. 2004; 22(4): 201-204.
13- Kaplan O, Yildirim NC, YIildirim N, Tayhan N. Assessment of some heavy metals in drinking water samples of Tunceli, Turkey. E-J. Chem. 2011; 8(1): 276-280.
14- Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. Tropical Ecology. 2010; 51(2S): 375-387.
15- Yeh SJ, Chen PY, Ke CN, Tanaka S. Heavy metals in drinking water in Taiwan and their possible bearing on an endemic disease. Geochem. J. 1976; 10: 211-214.
16- Sekabira K, OryemOriga H, Basamba TA, Mutumba G, Kakudidi E. Heavy metal assessment and water quality values in urban stream and rain water. Int. J. Environ. Sci. Tech. 2010; 7(4): 759-770.
17- Craun GF, Calderon RL. Waterborne disease outbreaks caused by distribution system deficiencies. Journal of AWWA. 2001; 93(9): 64-74.
18- Zhang X, Pehkonen SO, Kocherginsky N, Ellis GA. Copper corrosion in mildly alkaline water with the disinfectant monochloramine. Corros. Sci. 2002; 44(11): 2507-2528.
19- Davidson CM, Peters NJ, Britton A, Brady L, Gardiner PHE, Lewis BD. Surface analysis and depth profiling of corrosion products formed in lead pipes used to supply low alkalinity drinking water. Water Sci. Technol. 2004; 49(2): 49-54.
20- Savari J, Jaafarzadeh N, Hassani AH, ShamsKhoramabadi G. Heavy metals leakage and corrosion potential in Ahvaz drinking water distribution network. Water and Wastewater. 2007; 64: 16-24.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

21- APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater 21st ed. Washington DC, USA: American Public Health Association. 2005.
22- Iranian institution for standards and economic research. Physical and chemical properties of drinking water. Standard No. 1053. 5th ed. 1997.
23- (EPA) Environmental Protection Agency. Edition of the drinking water standards and health advisories. Washington: EPA. 2002.
24- (WHO) World Health Organization. Guidelines for drinking water quality, health criteria and other supporting information. 2th ed. Geneva: World Health Organization. 1998.
25- Aalighadr M, Hazrati S, Ghanbari M. Measurement of heavy metal`s concentration in Ardabil city`s drinking water resources during 2005. 10th Environmental health conference, 2007 Oct 30-31. Hamadan, Iran.
26- Karimpour M, Shariat M. A study of heavy metals in drinking water network, in Hamadan city in 1994. Scientific Journal of Hamadan University of Medical Sciences and Health Services. 2000; 7(3): 44-47.
27- Shahriari T, Moasheri BN, Khodadadi M, Azizi M. The survey of chromium and copper concentration in Birjand city`s drinking water resources and water supply network. 13th Environmental health conference. 2010 Nov. Kerman, Iran.
28- Nahid P, Moslehi P. Heavy metals concentrations on drinking water in different areas of Tehran as ppb and methods of removal them. JFST.2008; 5(1): 29-35.
29- Mohamadian M, Noori J, Afshari N, Nasiri J, Noorani M. The survey of heavy metals concentration in water wells in neighbor of Zanjan plump and zinc factory. Journal of Health and Environment. 2008; 1(1): 51-56.
30- Gregoriadou A, Delidou K, Dermosonoglou D, Tsoumparis P, Edipidi C, Katsougiannopoulos B. Heavy metals in drinking water in Thessaloniki area, Greece. 7th International Conference on Environmental Science and Technology. 2001 Sep. Greece.
31- Jaleel MA, Noreen R, Baseer A. Concentration of heavy metals in drinking water of different localities in district east Karachi. J Ayub Med Coll Abbottabad. 2001; 13(4): 12-15.
32- Singh AK, Bhagowati S, Das TK, Yubbe D, Rahman B, Nath M, et al. Assessment of arsenic, fluoride, iron, nitrate and heavy metals in drinking water of northeastern India. North Eastern Regional Institute of Water and Land Management. 2007. Assam, India.
33- Tuzen M, Soylak M. Evaluation of metal levels of drinking waters from the Tokat-black sea region of Turkey. Polish J. of Environ. Stud. 2006; 15(6): 915-919.
34- Graves GA, Wan Y, Fike DL. Water quality characteristics of storm water from major land uses in south Florida. J. Am. Water Resour. Assoc. 2004: 1405-1419.
35- Rai UN, Pal A. Health hazards of heavy metals. EnviroNews. 2002; 8(2): 1-4.
36- Miranzadeh M.B. Report of study of Kashan city`s industrial wastewater: Kashan Water and Wastewater Company. 2003.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]

Concentrations of Heavy Metals in Kashan Water Distribution Network in 2010

Miranzadeh.M.B*[1], Mahmoodzadeh. A.A[2], Hasanzadeh.M[3], Bigdeli. M[3]

1. Scientific member of Kashan University of medical sciences.
2. B.S in environmental health.
3. M.S. students in environmental health, Kashan University of medical sciences.
***Corresponding Author*: Tel: 09131612852 Fax: 03615550111 E-mail: miranmn@yahoo.com**

Received: 2011/06/26
Accepted: 2011/09/26

ABSTRACT

Background & Objective: Drinking water should be free of any chemical and microbial contaminants. One of the important aspects of drinking water pollution is presence of heavy metals that can be hazardous for consumers' health. Since, heavy metals can enter to water sources through environmental pollutants as well as the corrosion of pipe materials; this study was carried out to control heavy metals in Kashan drinking water network.
Methods: This study was done in five zones of Kashan distribution network in 2010. In total 105 samples were taken in spring, summer, and autumn (35 samples for each season) using clean poly ethylene containers. Concentrations of heavy metals were analyzed by ICP.
Results: Results show that average concentration of Cr, Cu, Zn, Pb, Ag, Co, Ni and Cd are 3.66, 76.5, 167.8, 2.87, 1.37, 3.34, 5.1, and 0.45 µg.l-1, respectively.
Conclusion: Based on the results obtained, it can be concluded that concentrations of above mentioned heavy metals in distribution network of Kashan are not higher than national and international standards for drinking water and that would not cause any hazard to consumers.
Keywords: Heavy metals, Drinking water, Distribution network, Concentration.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-09]