پژوهشـــــی

مجله محیط شناسی، شماره ۳۶، زمستان ۱۳۸۳، صفحه ۳۲-۲۷

تعیین غلظت مس و سرب در آب آشامیدنی شهر تهران

مهندس پونه قائمی *

مهندس شهناز رستمی حضوری **

مهندس آلاله قائمی ***

چکیده

آب یک منبع حیاتی و کمیاب است، به همین دلیل، کیفیت آب برای مصارف انسانی در درجه اول اهمیت قرار دارد. مشخصه های فیزیکی و شیمیایی تشکیل دهنده «کیفیت آب» عبارتند از خلوص،شفافیت، نرمی (سبکی)،شوری،فقدان یا پایین بودن میزان عناصر افزودنی به آن.

سرب و مس را می توان دو عامل عمده آلاینده های آب آشامیدنی به شمار آورد، زیرا مصرف بیش از حد مجاز این دو عنصر سبب افزایش خطر و احتمال بروز انواع بیماری ها می گردد.

در این بررسی غلظت این دو عنصر در آب آشامیدنی شهر تهران توسط دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی، اندازه گیری شده است. آزمایش بر روی ۱۸۰ نمونه آب برداشتی از آبهای ورودی و خروجی چهار تصفیه خانه تهران و آب لوله کشی مناطق مختلف شهر تهران به عمل آمد.

نمونه های آب، شامل آب لوله های سرد،گرم و جوشیده باقیمانده از سماور یا کتری منازل مسکونی است.

میزان مس در آب سرد ۶/۲ نانوگرم بر میلی لیتر ، در آب گرم ۸/۲ نانوگرم بر میلی لیتر و در آب جوشیده ۴/۰ نانوگرم بر میلی لیتر است.

به همین ترتیب میزان سرب در آب سرد ۱/۱ نانوگرم بر میلی لیتر ، در آب گرم ۱/۲ نانوگرم بر میلی لیتر ودر آب جوشیده ۰/۷ نانوگرم بر میلی لیتر است.

بر پایه ارقام به دست آمده و مقایسه آن با استانداردهای آب آشامیدنی ایران مشخص گردید ، غلظت مس پایین تر از حد مطلوب استاندارد (۵۰ نانو گرم بر میلی لیتر) و غلظت سرب تا حدودی بالاتر از حد مطلوب استاندارد (صفر) است.

کلید واژه

آب آشامیدنی، سرب، مس، آلودگی، بیماری.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۲/۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۱۱/۵

* کارشناس ارشد برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست دانشگاه تهران، کارشناس انرژی اتمی ایران.

* کارشناس ارشد محیط زیست دریا، کارشناس انرژی اتمی ایران.

* کارشناس ارشد برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست دانشگاه تهران، کارشناس آب منطقه ای تهران.

سرآغاز

دسترسی به آب سالم بهداشتی، مهم ترین معیار ارتقای سلامتی و مؤثرترین عامل پیشگیری از بیماری ها و رفع مشکلات ناشی از آب غیر بهداشتی محسوب می گردد. آب در زندگی امروزه بشر در موارد متنوعی از قبیل آشامیدن، کشاورزی، دامپروری، تولید نیرو، مصارف مختلف صنعتی و شهری، کاربرد وسیع و ضروری دارد و همچنین یکی از مؤثرترین عوامل برای تأمین بهداشت عمومی است (غفوری و مرتضوی، ۱۳۶۷). طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی (WHO) آب سالم و گوارا آبی است که آلوده نباشد، مصرف کننده را به بیماری هائی که از طریق آب منتقل می شوند مبتلا نکرده، عاری از مواد سمی بوده و مواد معدنی و آلی در آن بیش از حد استاندارد نباشد(WHO, 1993). بر اساس آمار منتشره از طرف این سازمان، ۸۰ ٪ کل بیماری ها در دنیا مربوط به آلودگی های آب است و شیوع این بیماری ها نیز در کشورهای در حال توسعه اتفاق می افتد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۴). با پیشرفت علم و فن آوری، بشر توانسته است گام های اساسی در مورد تأمین، تصفیه و توزیع مناسب آب با کیفیت مطلوب تر برداشته و بر بسیاری از مشکلات موجود در زمینه دسترسی به آب آشامیدنی سالم و بهداشتی فائق آید. علی رغم کوشش های فراوانی که در جهت ارتقای کیفیت آب آشامیدنی به عمل می آید، هنوز بسیاری از مشکلات ناشی از آلودگی های آب وجود دارد که می تواند به دلیل استفاده از مواد شیمیایی، وسایل و ابزار مختلف در فعالیت های تصفیه ، انتقال و توزیع آب باشد (ثنائی، ۱۳۷۰). بر اساس بر آوردهای آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (EPA)، ۲۰ ٪ مردم از طریق شبکه های آبرسانی در معرض تماس با سرب قرار می گیرند. همچنین این تحقیقات نشان می دهد که در برخی از موارد مس نیز از طریق شبکه های آبرسانی وارد آب و در نهایت بدن می گردد(U.S. EPA, 1995, 1996).

مقادیر زیاد مس در بافت های بدن باعث ناراحتی های شدید مخاطی، صدمات وسیع مویرگی، صدمات کلیوی- کبدی و اختلال در سیستم اعصاب مرکزی می گردد. همچنین مسمومیت ناشی از سرب در کودکان خردسال به علت پایین بودن آستانه تحمل شان نسبت به این عنصر حالت خاص دارد و سبب آسیب به سیستم مغز و اعصاب، شنوایی، سردرد، اختلالات رفتاری، کاهش رشد و کند ذهنی می گردد. در بزرگسالان نیز سبب اختلالات عصبی، ایجاد اشکال در تمرکز و حافظه، درد مفاصل و ماهیچه، عوارض دوران بارداری، نواقصی در سلول های مولد(در مردان و همچنین در زنان)، افزایش فشار خون و سوء هاضمه می شود. بنابراین شناسایی و سنجش این دو عنصر از اهمیت ویژه ای بر خوردار است (U.S. EPA, 1999). از آنجایی که میزان سرب و مس در سیستم شبکه آبرسانی(قابل شرب) اندازه گیری نشده است و بررسی های قبلی، برآورد میزان سرب و مس در منابع آب (از جمله منابع آب زیرزمینی) شهرهای تهران، تبریز، مشهد، همدان و اصفهان را نشان می دهد و فقط در شهر تبریز میزان سرب در آب آشامیدنی مورد سنجش قرار گرفته است(بهجت، ۱۳۶۸). در آب آشامیدنی تهران نیز تنها میزان سرب در خروجی مخازن آب و در تعداد اندکی از نمونه های آب گرم و سرد منازل اندازه گیری شده است(صادق اناری، ۱۳۷۹).

با توجه به تحقیقات انجام شده در این برنامه سعی گردید با اندازه گیری سرب و مس موجود در آب آشامیدنی و مقایسه آن با استاندارد، راهکارهایی برای کاهش غلظت عناصر مذکور و تخفیف آثار سوء آنها ارائه گردد.

مواد و روشها

با توجه به اینکه آب شهر تهران از سد کرج، سد لار، سدلتیان و آبهای زیر زمینی سفره های آبرفتی داخل شهر تأمین می گردد و آب ذخیره شده توسط این سدها به صورت ثقلی به وسیله خطوط آبرسانی وارد تصفیه خانه ها شده و از آنجا به مخازن وارد می شود و توسط خطوط شبکه که جنس این خطوط در تهران از چدن داکتیل با عایق سیمانی، پلاستیکی از جنس P.V.C.[1] و پلی اتیلن، ایرانیت[2] و فولادی با عایق قیر(کم) است(افشار، ۱۳۷۵)، به مناطق مختلف انتقال داده می شود(نقشه شماره ۱). به دلیل وسعت شهر تهران و به منظور اندازه گیری سرب و مس موجود در آب آشامیدنی، می باید در تعیین حجم نمونه و نحوه انتخاب آن از روش هایی استفاده گردد که نمونه حاصل بتواند معرف جامعه خود بوده و با حداقل هزینه ممکن، دقت مورد نظر را تأمین کند. از آنجائی که در روش نمونه گیری تصادفی این امکان وجود دارد که بر اساس نتایج حاصل از نمونه می توان با اعتماد در باره مشخصه های جامعه قضاوت کرد(ملک افضلی و نهاپاتیان وارتکس، ۱۳۶۱)، بنابراین انتخاب نقاط نمونه برداری به صورت تصادفی واز جهات جغرافیایی (شمال غربی—جنوب غربی - جنوب شرقی ـ شمال شرقی) با توجه به نقشه ۱، به شرح ذیل انجام یافته است(قائمی، ۱۳۷۹):

۱- ۸ نمونه آب از ورودی ها و خروجی های ۴ تصفیه خانه موجود در تهران؛

۲- ۱۱۲ نمونه آب لوله سرد منازل مسکونی؛
۳- ۳۰ نمونه آب لوله گرم منازل مسکونی؛
۴- ۳۰ نمونه آب جوشیده (سماور یا کتری) منازل مسکونی.

تمام نمونه برداریها در سال ۱۳۷۹ انجام شد و با استاندارد همان سال مقایسه گردید.

برای نمونه برداری از ظروف پلاستیکی دردار یک لیتری استفاده شده است. ابتدا ظروف نمونه برداری با دقت شست وشو داده شد و بعد از نمونه برداری PH نمونه ها با اسیدنیتریک به زیر ۲ درجه رسید. در این تحقیق ۴۵۰ میلی لیتر از نمونه های اسیدی شده در بشرهای ۵۰۰ میلی لیتر منتقل شده ودر روی گرمکن خودکار در زیر هود، قرارگرفت تا با حرارت ملایم و زیر نقطه جوش، تبخیر شود، با این عمل، حجم آنها به زیر ۱۰ میلی لیتر رسید. حجم نمونه های تغلیظ شده بعد از سرد شدن و صاف کردن با کاغذ صافی ، به وسیله آب مقطر ۱۰ میلی لیتر به دست آمد و سپس اندازه گیری جذب عناصر توسط سیستم الکترو ترمال دستگاه اسپکترومتری جذب اتمیGBC مدل 902 انجام یافت (ASTM Standards, 1999). با تنظیم سیستم برای عنصر مورد نظر و تهیه استانداردهایی با غلظت مشخص، جذب نمو نه های آب در طول موج مشخص آن عنصر با منحنی کالیبراسیون ایجاد شده از محلول های استاندارد همان عنصر مقایسه شده و سپس غلظت عنصر در نمونه فوق تعیین گردید(APHA.AWWA.WPCF, 1999).

یافته ها

نتایج به دست آمده از آزمایش های انجام شده بر روی نمونه های برداشتی از منطقه در قالب جداول و نمودارهای زیر ارائه گردیده است:

۱- جدول شماره (۱)، نتایج آماری حاصل از بررسی غلظت مس در آب لوله کشی شهر تهران در ۴ جهت جغرافیایی (شمال غربی - جنوب غربی - جنوب شرقی - شمال شرقی)؛
۲- جدول شماره (۲)، نتایج آماری حاصل از بررسی غلظت سرب در آب لوله کشی شهر تهران در ۴ جهت جغرافیایی (شمال غربی - جنوب غربی - جنوب شرقی - شمال شرقی)؛
۳- جدول شماره (۳)، نتایج آماری حاصل از بررسی غلظت مس در آب لوله های گرم و آب جوشیده (سماور یا کتری) منازل شهر تهران؛
۴- جدول شماره (۴)، نتایج آماری حاصل از بررسی غلظت سرب در آب لوله های گرم وآب جوشیده (سماور یا کتری) منازل شهر تهران؛
۵- جدول شماره (۵)، نتایج حاصل از بررسی میزان مس در آب آشامیدنی شهر تهران؛
۶- جدول شماره (۶)، نتایج حاصل از بررسی میزان سرب در آب آشامیدنی شهر تهران؛
۷- نمودار شماره (۱)، مقایسه غلظت مس در آب آشامیدنی با استاندارد؛
۸- نمودار شماره (۲) ، مقایسه غلظت سرب در آب آشامیدنی با استاندارد.

جدول شماره (۱): نتایج آماری غلظت مس در آب لوله کشی شهر تهران در ۴ جهت جغرافیایی

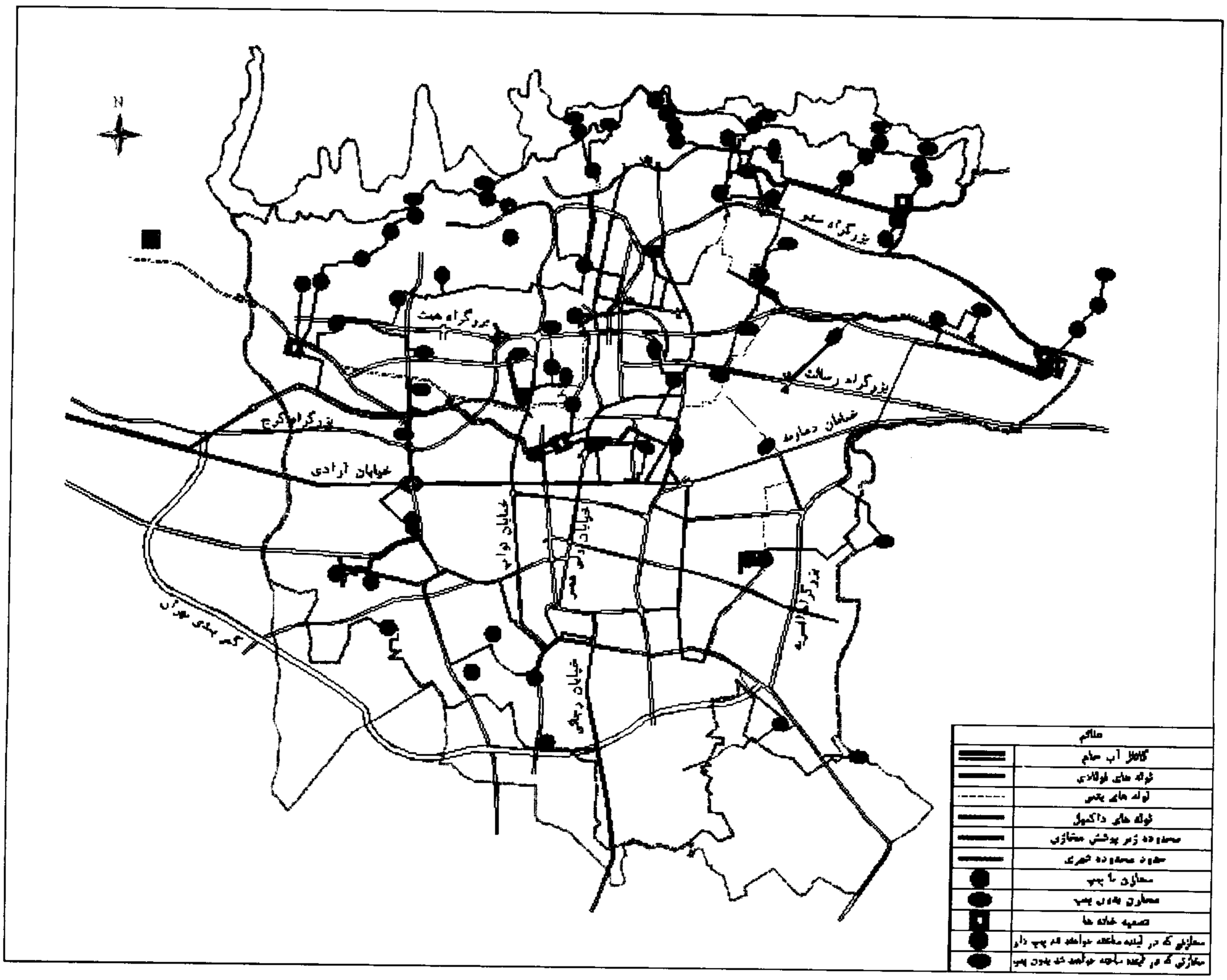
نام منطقه	تعداد نمونه N	میانگین سرب $\bar{X}$ (ng/ml)	انحراف معیارSD (ng/ml)	درصد انحراف معیار	برآوردفاصله ای میانگین $\bar{X} \pm SD$ (ng/ml)
شمال غربی	۲۸	۵/۷۰	۳/۸۰	۶۶	۵/۷۰±۳/۸۰
جنوب غربی	۲۸	۵/۹۰	۲/۳۰	۴۰	۵/۹۰±۲/۳۰
جنوب شرقی	۲۸	۶/۸۹	۳/۲۴	۴۷	۶/۸۹±۳/۲۴
شمال شرقی	۲۸	۶/۳۹	۲/۲۳	۳۵	۶/۳۹±۲/۲۳
کل منطقه	۱۱۲	۶/۲۳	۲/۸۹	۴۶	۶/۲۳±۲/۸۹

جدول شماره (۲): نتایج آماری غلظت سرب در آب آشامیدنی شهر تهران در ۴ جهت جغرافیایی

نام منطقه	تعداد نمونه N	میانگین سرب $\bar{X}$ (ng/ml)	انحراف معیار SD (ng/ml)	درصد انحراف معیار	برآوردفاصله ای میانگین $\bar{X} \pm SD$ (ng/ml)
شمال غربی	۲۸	۰/۹۹	۰/۵۵	۵۴	۰/۹۹±۰/۵۵
جنوب غربی	۲۸	۱/۱۵	۰/۵۰	۴۰	۱/۱۵±۰/۵۰
جنوب شرقی	۲۸	۱/۰۹	۰/۶۷	۶۱	۱/۰۹±۰/۶۷
شمال شرقی	۲۸	۱/۱۲	۰/۴۷	۴۲	۱/۱۲±۰/۴۷
کل منطقه	۱۱۲	۱/۱۱	۰/۵۴	۴۹	۱/۱۱±۰/۵۴

جدول شماره (۳): نتایج آماری غلظت مس در آب لوله های گرم و آب جوشیده(سماور یا کتری)

نام	تعداد نمونه N	میانگین سرب $\bar{X}$ (ng/ml)	انحراف معیار SD (ng/ml)	درصد انحراف معیار	برآوردفاصله ای میانگین $\bar{X} \pm SD$ (ng/ml)
آب لوله های گرم	۳۰	۸/۲۱	۷/۵۰	۹۱	۸/۲۱±۷/۵۰
آب جوشیده	۳۰	۴/۰۴	۲/۰۹	۵۲	۴/۰۴±۲/۰۹



نقشه شماره (۱): خطوط شبکه آبرسانی شهر تهران

جدول شماره (۴): نتایج آماری غلظت سرب در آب لوله های گرم و آب جوشیده (سماور یا کتری)

نام	تعداد نمونه N	میانگین سرب X (ng/ml)	انحراف معیار SD (ng/ml)	درصد انحراف معیار	برآوردفاصله ای میانگین $X \pm SD$ (ng/ml)
آب لوله های گرم	۳۰	۱/۲۴	۰/۵۱	۴۱	۱/۲۴ ±/۵۱
آب جوشیده	۳۰	۰/۷۲	۰/۲۰	۲۸	۰/۷۲±۰/۲۰

جدول شماره (۵) نتایج حاصل از بررسی میزان مس در آب آشامیدنی شهر تهران

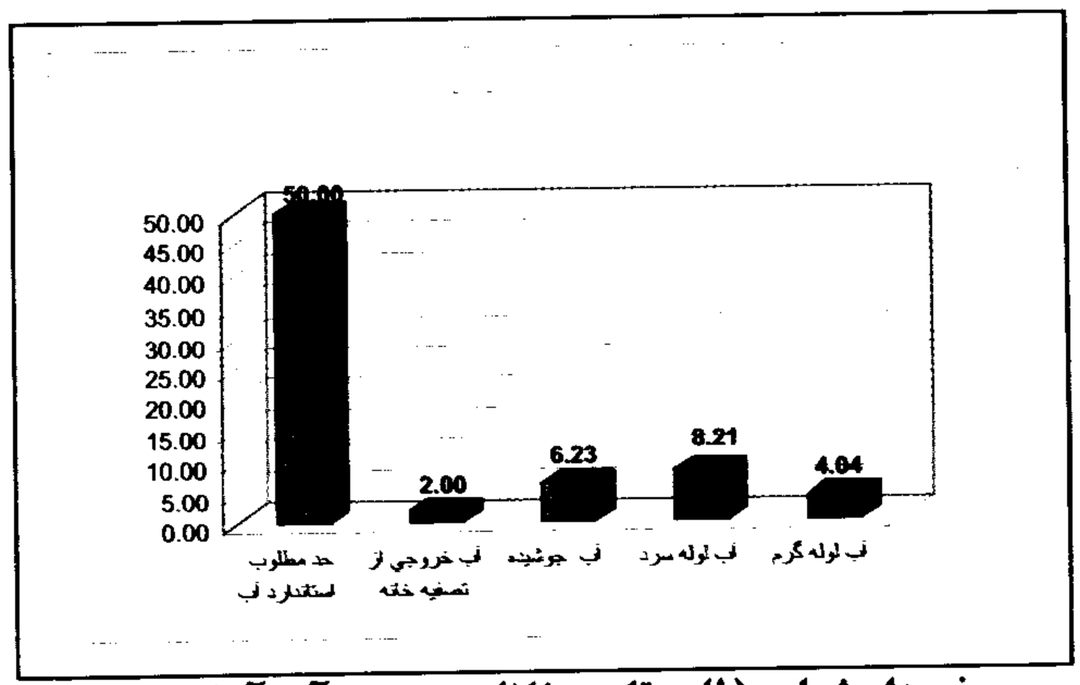
نام	میانگین سرب $\bar{X}$ (ng/ml)	حدمطلوب استاندارد ایران(ng/ml)
آب خروجی از تصفیه خانه های تهران	۲/۰۰	۵۰/۰۰۰
آب لوله سرد منازل مسکونی	۶/۲۳	۵۰/۰۰۰
آب لوله گرم منازل مسکونی	۸/۲۱	۵۰/۰۰۰
آب جوشیده(سماور یا کتری)منازل مسکونی	۴/۰۴	۵۰/۰۰۰

جدول شماره (۶) نتایج حاصل از بررسی میزان سرب در آب آشامیدنی شهر تهران (۱۳۷۹)

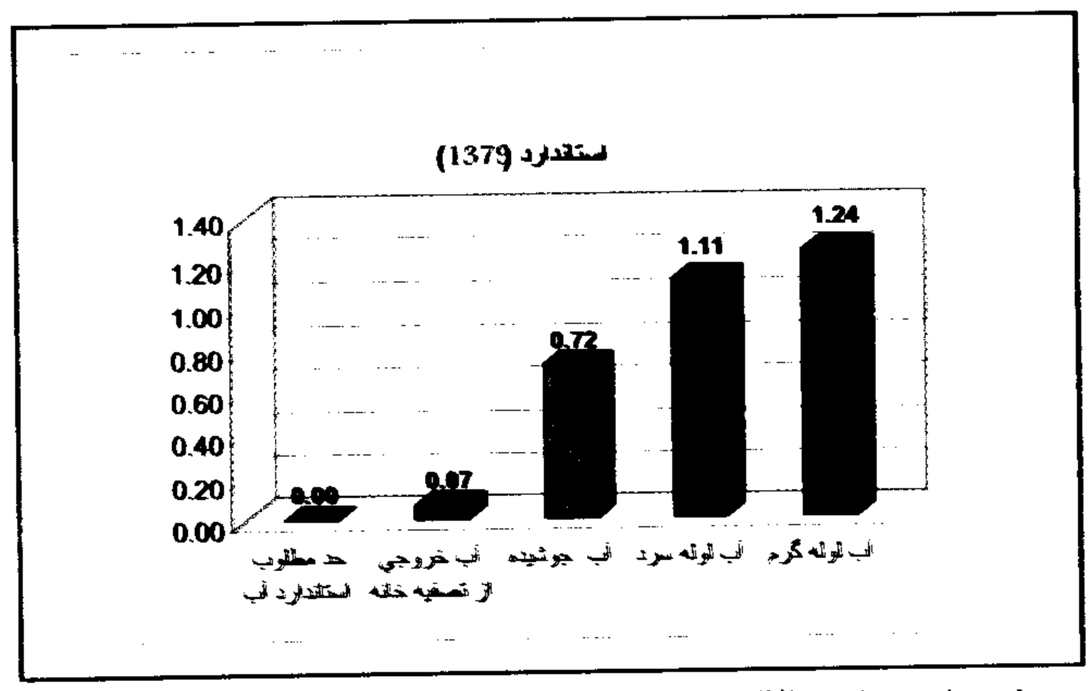
نام	میانگین سرب $\bar{X}$ (ng/ml))	حدمطلوب استاندارد ایران(ng/ml)
آب خروجی از تصفیه خانه های تهران	۰/۰۷	۰/۰۰
آب لوله سرد منازل مسکونی	۱/۱۱	۰/۰۰
آب لوله گرم منازل مسکونی	۱/۲۴	۰/۰۰
آب جوشیده(سماور یا کتری)منازل مسکونی	۰/۷۲	۰/۰۰

تجزیه و تحلیل نتایج

اطلاعات به دست آمده با استفاده از آزمون Z-scale و جدول توزیع نرمال مورد پردازش قرار گرفته (Richard et al.,. 2000)، که نتایج حاصل در جداول شماره ۷ و ۸ ارائه گردیده است. نتایج، بیانگر آن است که مقادیر مس حدود ۷۰٪ و مقادیر سرب حدود ۹۰٪ از توزیع نرمال پیروی می کند.



نمودار شماره (۱): مقایسه غلظت مس در آب آشامیدنی شهر تهران با استاندارد(۱۳۷۹)



نمودار شماره (۲): مقایسه غلظت سرب در آب آشامیدنی شهر تهران با استاندارد (۱۳۷۹)

جدول شماره (۷): درصد توزیع نرمال نتایج آنالیز مس در آب آشامیدنی شهر تهران(۱۳۷۹)

نام	Z-Scale	درصد توزیع نرمال (%P)
آب لوله سرد منازل مسکونی	۱/۳۵ ≥Z≥ ۱/۱۲-	۷۸
آب لوله گرم منازل مسکونی	۱/۱۸ ≥Z≥ ۰/۸۷-	۶۹
آب جوشیده (سماور یا کتری) منازل مسکونی	۱/۴۲ ≥Z≥ ۰/۹۸-	۷۵

جدول شماره (۸): درصد توزیع نرمال نتایج آنالیز سرب در آب آشامیدنی شهر تهران(۱۳۷۹)

نام	Z-Scale	درصد توزیع نرمال (%P)
آب لوله سرد منازل مسکونی	۲/۶۹ ≥Z≥ ۱/۹۳-	۹۷
آب لوله گرم منازل مسکونی	۱/۴۹ ≥Z≥ ۱/۱۸-	۹۲
آب جوشیده (سماور یا کتری) منازل مسکونی	۲/۵۵ ≥Z≥ ۱/۸۵-	۹۶

بحث و نتیجه گیری

با تحقیقات به عمل آمده معلوم گردید که کلیه مخازن ذخیره آب در تهران به یکدیگر مرتبط بوده و تأمین آب برای مخازن مذکور با تناوب مشخصی(بسته به میزان آب) از تصفیه خانه های موجود در شهر تهران صورت می پذیرد. نتایج آزمایش ها نیز مبین این ادعاست، زیرا میزان سرب و مس در مناطق جغرافیایی (شمال غربی-جنوب غربی- جنوب شرقی- شمال شرقی) تقریباً با هم برابر است(جداول شماره ۱ و ۲).

- نتایج آزمایش نشان می دهد که میزان غلظت مس در آب لوله کشی منازل مسکونی بیشتر از آب خروجی تصفیه خانه هاست که می تواند ناشی از لوله کشی های شهری و داخل ساختمان باشد همچنین غلظت مس در آب لوله گرم بیشتر از آب لوله سرد منازل است که با جوشیدن، مقدار مس کاهش یافته است(جدول شماره ۵ و نمودار شماره ۱). اما با توجه به حد مطلوب استاندارد مس در آب آشامیدنی ایران که ۵۰ نانوگرم بر میلی لیتر است(سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۱)، میزان غلظت این عنصر در آب آشامیدنی هنوز به حد خطرناک و نگران کننده ای نرسیده است.
- جدول شماره (۶) نشان دهنده این است که غلظت سرب در آب لوله گرم بیشتر از آب لوله سرد است که با جوشیدن مقدار سرب کاهش یافته و کمی بالاتر از حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی در ایران می باشد (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۱). با توجه به اینکه غلظت سرب در آب لوله کشی منازل مسکونی بیشتر از آب خروجی تصفیه خانه های تهران است(نمودار شماره ۲)، بنابراین می تواند ناشی از لوله کشی های شهری و یا داخل ساختمان باشد، زیرا در لحیم کاری برخی از لوله ها نظیر چدن، داکتیل سرب به کار می رود که می تواند در اثر خوردگی، اسیدیته و دمای آب بتدریج وارد آب آشامیدنی شود. بنابراین برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی به راهکارهایی نیاز است که اهم آن اصلاح و بازسازی شبکه توزیع و انشعابات است. لازمه این مسئله تامین اعتبارات کافی است که با همکاری بخش خصوصی در سرمایه گذاری زیربنایی، می توان تا حدودی بودجه مناسب را فراهم آورد.
- با توجه به استاندارد مصرف سرانه آب (۱۷۰-۱۵۰ لیتر بر نفر در روز)(کتاب جامع آب و فاضلاب کشور، ۱۳۷۶، شرکت آب و فاضلاب)، میزان آب مصرفی جهت شرب و پخت و پز، در حدود ۹ تا ۲۰ لیتر بر نفر در روز است. بر اساس آزمایشات به عمل آمده میانگین غلظت سرب در آب آشامیدنی شهر تهران(۱/۱۱ ng/ml) است.

مطابق فرمول زیر:

حداقل سرب دریافتی(میکروگرم در روز) : ۱/۱۱×۹ Lit=۹/۹۹ (µgr)

حداکثر سرب دریافتی (میکروگرم در روز): ۱/۱۱× ۲۰ Lit = ۲۲/۲ (µgr)

در نتیجه میزان سرب دریافتی از خوردن و آشامیدن در حدود (µgr/d) ۹/۹۹-۲۲/۲ میکروگرم در روز است.

از طرفی غلظت سرب موجود در هوای تهران تقریباً($\mu gr/m^3$) ۱/۰۱ است(Sohrabpour et al., 1999) و با توجه به اینکه در رنگ های ساختمانی، بخصوص در ساختمان های قدیمی سرب به کار رفته و همچنین در خاک و مواد غذایی نیز سرب وجود دارد (البته میزان دقیق دریافت سرب از این طریق در کشورمان برآورد نشده است)، بنابراین نتیجه می گیریم سرب از طرق مختلف وارد بدن می شود (U.K. Department of the Environment, 1998).

با توجه به هدف برنامه که بررسی و کاهش غلظت سرب در آب آشامیدنی است، توصیه می شود که قوانینی به منظور سالم سازی آب آشامیدنی برای محدودکردن کاربرد سرب در لوله ها، لحیم کاری ها و دیگر کاربردهای کلی در سیستم های آب عمومی، لوله کشی خانگی و غیرخانگی ایجاد گردد تا در تأسیسات لوله کشی جدید، اتصالات سربی(در لوله هایی نظیر چدن داکتیل) به کار نرود. به منظور بهبود هر چه بیشتر این موضوع باید سعی گردد از لوله های فاقد سرب نظیر Super pipe استفاده شود (R.Q.Strud, Tore, 1980) و حتی الامکان در شیرهای آب منازل مسکونی فیلترهای مخصوص جاذب سرب به کار رود و برای نوشیدن و پختن از شیر آب گرم استفاده نشود.

سپاسگزاری

از زحمات بی دریغ استاد گرانقدر آقای دکتر مصطفی سهراب پور، مدیریت محترم مرکز تابش گاما سازمان انرژی اتمی ایران که انجام برنامه با کمک و مساعدت ایشان میسر شده است، بی نهایت سپاسگزاریم و از آقایان مهندس چراغچی و آذرباد که در تهیه نقشه اینجانبان را یاری کردند، قدردانی می کنیم.

یادداشت ها

1- Poly Vinyl Chlorid
2- Asbestos

منابع مورد استفاده

افشار، جمشید. ۱۳۷۵. بررسی کمی و کیفی آب و فاضلاب تهران. دانشکده بهداشت دانشگاه تهران.

بهجت، حسن. ۱۳۶۸. بررسی میزان سرب در آب و خاک هوای شهر تبریز، دانشکده بهداشت دانشگاه تهران.

ثنائی، غلامحسین. ۱۳۷۰. سم شناسی صنعتی. جلد اول. دانشگاه تهران.

سازمان برنامه و بودجه، وزارت نیرو. ۱۳۷۱. استاندارد کیفیت آب. نشریه ۳-۱۱۶.

شرکت آب و فاضلاب، وزارت نیرو. ۱۳۷۶. کتاب جامع آب و فاضلاب کشور.

صادق اناری، بهروز. ۱۳۷۹. بررسی وضعیت سرب در آب شرب شهر تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

غفوری، محمدرضا. مرتضوی، سیدرضا. ۱۳۶۷. آب شناسی. انتشارات دانشگاه تهران.

قائمی، پونه. ۱۳۷۹. بررسی سرب و مس موجود در آب آشامیدنی شهر تهران و ارائه راهکارهایی در جهت حذف و یا کاهش این عناصر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

ملک افضلی، محمدکاظم. نهاپاتیان وارتکس، ح. ۱۳۶۱. روشهای آماری و شاخص های بهداشتی. جلد اول چاپ پنجم. انتشارات بی نا.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۴. ویژگی های آب آشامیدنی، نشریه شماره ۱۰۵۳.

APHA. AWWA.WPCF. 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 16 th. Ed. No. of methods(302,304 A) .

ASTM Standards. 1999. Water and Environmental Technology. No. of Methods(D 1688,D 3559, D 3919).

Richard, A. et al., 2000. Statistics Principles and Methods. Includes bibliographical references and index. 4th ed.: 268-304, 680-681.

RQ Strud, Tore. 1980. Plastic pipes for hot water batiment international. Building research and practices.: 82-89 .

Sohrabpour, M. et al., 1999. Elemental concentration of the suspended particulate matter in the air of Tehran. ENV. INTL. 25. (1) : 75-81 .

UK Department of the Environment. 1998. Transport and the Regions , Drinking Water Inspectorate .

US. Environmental Protection Agency . 1995 . Protect your family from lead in your home .

US. Environmental Protection Agency. 1996. Environmental indicators of water quality in the united states , Office of Water (4503F).

US. Environmental Protection Agency. 1999. National primary drinking water regulations.

WHO. 1993 . Guidelines for Drinking Water . Vol- 11. Health criteria & other supporting information.