بررسی غلظت کلروفرم در شبکه توزیع آب شهر اصفهان و پهنه‌بندی آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

بیژن بینا[۱]، امیر محمدی[۲]، افشین ابراهیمی[۳]، محمدمهدی امین[۴]، حمیدرضا پورزمانی[۵]، سپیده نعمتی‌منصور[۶]

چکیده

مقدمه: این مطالعه با هدف تعیین غلظت کلر باقی‌مانده کل و کلروفرم در شبکه توزیع آب شهر اصفهان و پهنه‌بندی آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic information system یا GIS) انجام گرفت.

روش‌ها: این مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی است. کلر باقی‌مانده کل در محل نمونه‌برداری از شبکه توزیع آب اصفهان توسط دستگاه پرتابل و غلظت کلروفرم بعد از انتقال نمونه‌ها در شرایط استاندارد به آزمایشگاه با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جرمی (Gas chromatography–mass spectrometry یا GC-MS) اندازه‌گیری شد. برای انجام پهنه‌بندی نتایج به دست آمده از سنجش پارامترهای مورد آنالیز از GIS استفاده گردید.

یافته‌ها: مقادیر حداکثر و حداقل به ترتیب برای کلر باقی‌مانده کل ۳/۳ ppm و غیر قابل تشخیص و برای کلروفرم ۲۸ ppb و ۱۰ ppb است که غلظت‌های به نسبت زیاد کلروفرم بیشتر مربوط به نقاط انتهایی شبکه و حاشیه شهر است. نقاط مرکزی شهر دارای غلظت کمتری از کلروفرم نسبت به سایر نقاط است. دلیل این امر را می‌توان به مصرف بیشتر آب در نقاط مرکزی شهر و راکد ماندن آب در نقاط حاشیه‌ای شهر مربوط دانست.

نتیجه‌گیری: در حال حاضر آب خروجی از تصفیه‌خانه آب شرب اصفهان کیفیت مناسبی از لحاظ وجود کلر باقی‌مانده و محصولات ثانوی گندزدایی دارد. مقادیر آن در محدوده مجاز WHO (Word Health Organization) و USEPA (United States Environmental Protection Agency) می‌باشد ولی ضرورت دارد غلظت احتمالی تری هالومتان‌های تولیدی به صورت مستمر اندازه‌گیری شود. همچنین روش‌های مناسب تلفیقی برای کاهش تشکیل این ترکیبات مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آب شرب، سرطان‌زا، شهر اصفهان، گندزدایی، THMs

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۹۰/۹/۲۴ *پذیرش مقاله: ۹۰/۱۲/۲۹*

۱- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: a_ebrahimi@hlth.mui.ac.ir

۴- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۵- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۶- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

مقدمه

آب‌های سطحی و زیر زمینی که به عنوان منابع آب شرب مورد استفاده قرار می‌گیرند، حاوی مواد آلی محلول (Matter natural organic یا NOMs) هستند که در صورت ترکیب با کلر، پتانسیل تشکیل ترکیبات آلی سرطان‌زا را دارند. گندزدایی آب یکی از پیشرفت‌های مهم بهداشت عمومی در قرن ۲۰ میلادی به شمار می‌رود؛ چرا که تا یک صد سال پیش بیماری‌های تیفوئید و اپیدمی‌های وبا عامل اصلی بسیاری از مرگ انسان بوده است (۱). اکسیدکننده‌های شیمیایی مانند ازن، کلر، دی اکسید کلر و مانند این‌ها به طور معمول در فرایندهای تصفیه آب برای گندزدایی، اکسیداسیون و حذف ریز آلاینده‌ها استفاده می‌شوند (۲). با این حال تحت برخی شرایط خاص، این عوامل اکسیدکننده می‌توانند ضمن واکنش با ترکیبات یا ریز آلاینده‌های موجود در آب، به طور بالقوه سبب تشکیل ترکیبات جانبی گندزدایی یا محصولات جانبی آن‌ها شوند (۵-۳). با توجه به این که منابع آب سطحی یکی از عمده‌ترین منابع آب آشامیدنی می‌باشند و کاربرد سیستم‌های کلرزنی به عنوان متداول‌ترین روش گندزدایی آب آشامیدنی مطرح است، احتمال تولید محصولات جانبی فرایند گندزدایی با کلر (Disinfection by-products یا DBPs) در آب تصفیه شده افزایش می‌یابد (۷، ۶).

واکنش کلر با مواد آلی طبیعی موجود در آب، باعث تولید DBPs می‌شود. برای DBPs صدها گروه‌بندی مانند گروه‌های هالواستیک اسیدها، هالوآلدئیدها، هالوکتون‌ها و نیتروزآمین‌ها، اسیدهای کربوکسیلیک، هالیدهای سیانوژن و غیره برای آن ارایه شده است. یکی از محصولات اصلی فرایند فوق تری هالومتان‌ها (Trihalomethanes یا THMs) می‌باشد که به همراه هالواستیک اسیدها ۷۰ تا ۸۰ درصد محصولات ثانویه گندزدایی را تشکیل می‌دهد (۹، ۸). تری هالومتان‌ها معمولی‌ترین محصول فرعی حاصل از کلرزنی آب‌های آشامیدنی است. غلظت آن‌ها از دیگر مواد آلاینده بیشتر و معرف ترکیبات مختلفی هستند که از جایگزینی اتم‌های هالوژن به جای هیدروژن مولکول متان حاصل می‌شوند (۱۰). به علت ناکافی بودن اطلاعات در خصوص ساختار شیمیایی اسید هیومیک و اسید فولویک که پیکره اصلی پیش‌سازهای تری هالومتان را تشکیل می‌دهند، مکانیسم‌های تولید DBPs به درستی شناخته نشده است (۱۱).

Rook مطالعات گسترده‌ای در خصوص تولید این ترکیبات و واکنش‌های آن انجام داد که مورد تأیید بسیاری از محققین دیگر نیز است (۱۲). طبق مطالعات این محقق اسید هیپوکلروس (HOCl) هم نوعی منبع هالوژنه کردن گونه‌های Cl الکتروفیلیک می‌باشد. حاصل واکنش اولیه کربناسیون (یک اتم کربن با بار منفی)، یک محصول حد واسط است که سریع هالوژنه می‌شود. در مرحله بعدی ساختار آروماتیک، هالوژنه و باز می‌شود که بر اثر شکستگی، تری هالومتان تشکیل می‌شود. به دنبال این شکستگی، یک شکستگی اکسیداتیو و هیدرولیتیک رخ می‌دهد که حاصل آن HAAs یا هیدرات کلر خواهد بود. شکستگی دیگر هم باعث تولید هالوکتون می‌شود. در صورت حضور برماید، THM برمینه تولید خواهد شد؛ یعنی برم با کلر رقابت می‌کند و به علت دانسیته الکترونی بالا و باندهای کوچک قوی، به عنوان جزیی واکنش‌دهنده غالب عمل می‌کند (۱۴، ۱۳).

Ristoiu و همکاران میزان تولید THMs را در Cluj-Napoca کشور رومانی اندازه‌گیری کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت THMs در همه نمونه‌ها کمتر از ۱۰۰ µg/L بود (کمتر از حداکثر مقدار استاندارد آب آشامیدنی کشور رومانی) (۱۵). در مطالعه‌ای دیگر Rodriguez و همکاران در شهر کانادا طی ۱۶ فصل، تشکیل THMs در آب شبکه توزیع منطقه Greater Quebec کانادا را بررسی کردند که در فصل تابستان بیشتر نمونه‌ها غلظت بیشتر از حد مجاز یعنی ۸۰ µg/L نشان داد (۱۶). مطالعه‌ای سه ساله در ژاپن نشان داد که غلظت تری هالومتان‌ها در همه نمونه‌ها کمتر از ۱۰۰ µg/L بود که در محدوده مجاز کشور ژاپن است (۱۷). جعفری و همکاران با انجام آزمایش‌هایی که مربوط به آب شبکه توزیع شهر لاهیجان بود، غلظت THM را بیشتر از حد استاندارد ایران یعنی بیشتر از ۲۰۰ µg/L به دست آوردند (۱۸). فولادوند و همکاران پتانسیل تشکیل تری هالومتان را برای آب کارون در بدترین شرایط کمتر از ۱۰۰ ppb به دست آوردند (۱۹).

www.mui.ac.ir

این مطالعه با هدف تعیین غلظت کلروفرم به عنوان محصول اصلی و سمی ناشی از فرایند کلرزنی (DBPs) و کلر باقی‌مانده کل در شبکه توزیع آب شهر اصفهان و پهنه‌بندی آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام گرفت تا داده‌های مورد نظر همراه با اطلاعات مکانی تحلیل و نقاط بحرانی مشخص شود.

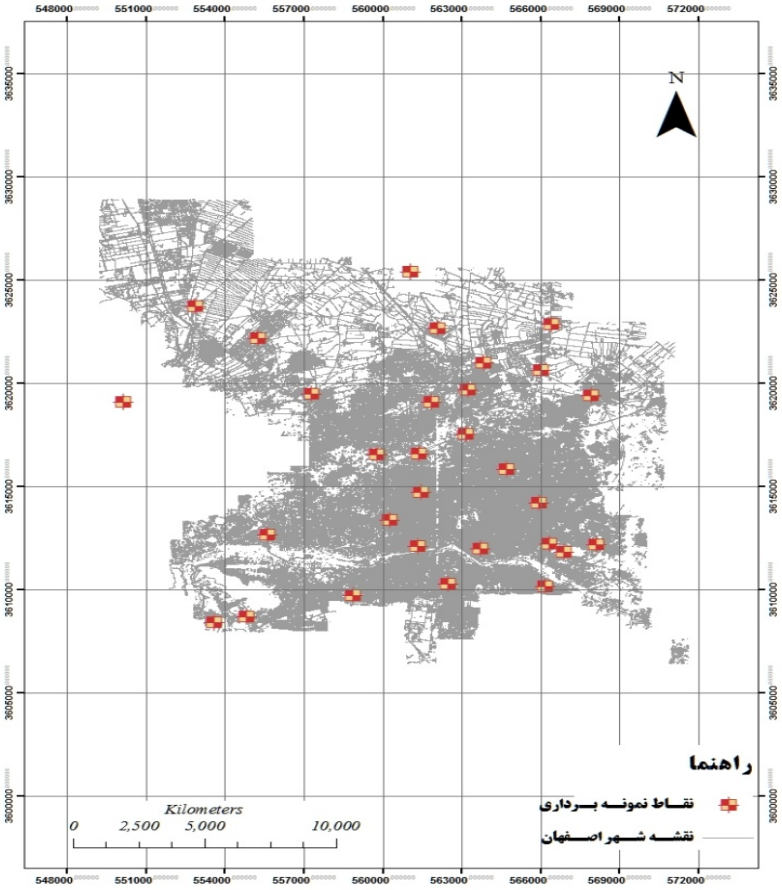
روش‌ها

نوع مطالعه و حجم نمونه

این مطالعه از نوع توصیفی، مقطعی است. منطقه مورد مطالعه، شبکه توزیع آب شهر اصفهان است که به تعداد ۳۰ نمونه از آن در فصل تابستان برداشت شد (شکل ۱).

نمونه‌برداری

قبل از نمونه‌برداری، ابتدا ظروف شیشه‌ای به حجم ۲۵ تا ۴۰ میلی‌لیتر را انتخاب و با آب و دترجنت شستشو داده شد. این ظروف در پایان با آب مقطر دوبار تقطیر نیز آبکشی شدند. سپس یک ساعت در دستگاه فور در درجه حرارت ۱۰۵ $^{\circ}C$ قرارگرفتند تا مواد آلی فرار داخل آن‌ها تبخیر شود. برای نمونه‌برداری، شیر برداشت را بعد از آماده‌سازی ظروف به مدت ۱۰ دقیقه باز گذاشته تا دمای آب خروجی آن تثبیت شود. سپس ظروف مورد نظر کامل پر گردید (بایستی دقت شود که هیچ گونه حبابی موقع پر کردن در ظرف تشکیل نشود). نمونه‌ها تا قبل رسیدن به آزمایشگاه در درجه حرارت ۴$^{\circ}C$ نگهداری شدند (۲۰). همچنین برای پهنه‌بندی توسط



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده

www.mui.ac.ir

GIS و تطبیق غلظت کلروفرم با مناطق نمونه‌برداری، مختصات نقاط مورد نظر توسط دستگاه موقعیت یاب جهانی (Global Positioning System یا GPS) نشانه‌گذاری و بر حسب سیستم مختصات (UTM یا Universal Transverse Mercator یا) گزارش شد.

اندازه‌گیری کلروفرم و کل کلر

کلروفرم و کلر باقی‌مانده کل نمونه‌هایی که در شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شدند، طبق رهنمودهای کتاب استاندارد متد (۲۰) و دستورالعمل‌های سازمان حفاظت محیطزیست ایالات متحده امریکا [USEPA (۱۹۹۵) Method ۵۲۴/۲] اندازه‌گیری شد. برای آنالیز کلروفرم از دستگاه طیف‌سنج جرمی (Gas chromatography–mass spectrometry یا GC-MS) مدل N ۶۸۹۰ ساخت شرکت Technology Agilent استفاده شد. آشکارساز مورد استفاده از نوع طیف‌سنج جرمی (MS) با مشخصات تزریق به صورت تکنیک Split با نسبت تزریق ۲ به ۱ و درجه حرارت تزریق ۱۶۰°C، حجم تزریق ۱۵۰۰ µL، گاز حامل هلیوم و نرخ جریان ۱ mL/min بود. همچنین ستون مورد استفاده از نوع کاپیلاری DB_5-MS، طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر بود. در این آنالیز ابتدا با تزریق محلول‌هایی با غلظت مشخص و اخذ کروماتوگرام این ترکیب، منحنی کالیبراسیون دستگاه جهت تعیین غلظت کلروفرم تهیه شد. سپس نمونه‌های مورد نظر به دستگاه تزریق گردید. غلظت کلر باقی‌مانده هم توسط دستگاه پرتابل مدل ۱۲-۵۸۷۰۰ ساخت شرکت HACH در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد.

پهنه‌بندی نتایج با GIS

برای انجام عملیات پهنه‌بندی با کمک GIS، نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه‌های آب از نظر کل کلر باقی‌مانده و غلظت کلروفرم و همچنین طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری، در نرم‌افزار ArcGIS/ArcInfo نسخه ۹/۳ وارد شد. در ادامه با استفاده از تحلیل‌گر فضایی (Spatial analyst) و مدل درونیابی کریجینگ، لایه‌های اطلاعاتی (Raster) برای هر یک از ترکیبات مذکور ایجاد گردیدکه نتایج حاصل از این عملیات در شکل‌های ۲ و ۳ ارایه شده است.

یافته‌ها

جدول ۱ مقادیر کل کلر و کلروفرم باقی‌مانده ناشی از گندزدایی شبکه توزیع آب شهر اصفهان را نشان می‌دهد. میانگین، انحراف معیار به همراه مقادیر حداقل و حداکثر پارامترهای مورد سنجش نیز در جدول ۲ ارایه شده است. پهنه‌بندی غلظت کلروفرم و کلر باقی‌مانده کل نیز در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است.

بحث

بر اساس جدول ۱، غلظت کل کلر باقی‌مانده در نمونه‌های مورد مطالعه مطابق رهنمودهای توصیه شده ایران بود ولی در سه نمونه غلظت پایین‌تر از استاندارد بود. کلر باقی‌مانده کل و مواد آلی محلول، شاخص اصلی تولید محصولات ثانوی کلرینه آب محسوب می‌شوند. از این رو پایش و ارزیابی این دو پارامتر در نقاط مختلف شبکه توزیع آب اهمیت زیادی دارد. بر اساس استاندارد ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مقادیر مجاز کلروفرم آب شرب در ایران ۳۰۰ ppb می‌باشد که مطابق رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت برای آب شرب در سال ۲۰۰۸ است. لازم به ذکر است که در استاندارد آب شرب سازمان حفاظت محیطزیست امریکا، استرالیا، کانادا و انگلیس مقدار مجازی برای کلروفرم به تنهایی ذکر نشده است و بر غلظت مجاز کل تری هالومتان تأکید شده است که بایستی کمتر از ۸۰ میکروگرم در لیتر باشد. بایستی توجه شود که کلروفرم محصول ثانویه اصلی کلرزنی محسوب می‌شود و بیش از ۷۰ درصد تری هالومتان را شامل می‌شود (۲۱). از طرفی همان گونه که در جدول ۱ دیده می‌شود، غلظت کلروفرم در کلیه نمونه‌ها کمتر از استاندارد مصوب آب شرب ایران به دست آمده است.

www.mui.ac.ir

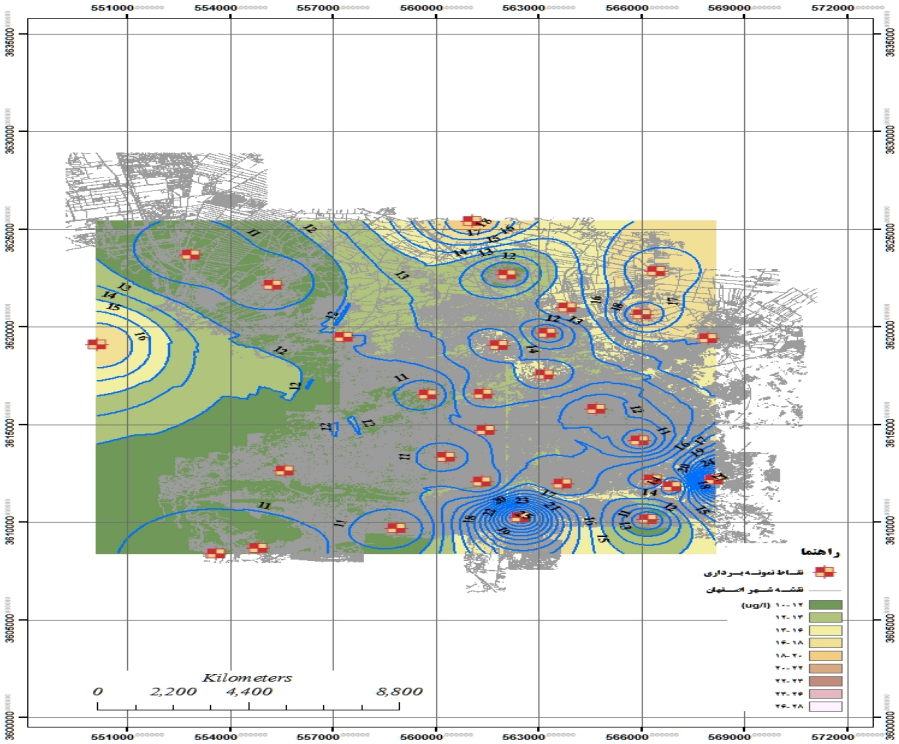
جدول ۱: مقادیر کلر باقی‌مانده و کلروفرم ناشی از گندزدایی شبکه توزیع آب شهر اصفهان

آدرس (خیابان)	UTM		کلر باقی‌مانده (ppm)	غلظت کلروفرم (ppb)
	Y	X		
چهارباغ بالا	۵۶۲۴۵۷	۳۶۱۰۲۷۶	۱	۲۶
قائم مقام	۵۶۶۱۵۳	۳۶۱۰۱۴۴	۱	۱۰
قدس	۵۶۴۶۷۴	۳۶۱۵۸۰۹	۱/۵	۱۱
شهرداری منطقه ۱۴	۵۶۷۹۱۹	۳۶۱۹۴۰۵	۱	۱۶
برازنده	۵۶۶۰۰۸	۳۶۲۰۶۳۲	۱	۱۹
جاده دولت آباد	۵۶۶۸۵۹	۳۶۱۱۸۳۱	۰/۸	۱۳
بیمارستان غرضی	۵۶۳۸۱۱	۳۶۲۰۹۸۱	۱	۱۵
شهرک صنعتی (ایران خودرو)	۵۶۶۴۰۰	۳۶۲۲۸۴۳	۰/۷	۱۸
شهرک ولی عصر	۵۶۲۰۵۲	۳۶۲۲۶۷۰	۰/۷	۱۱
بزرگراه شاهین شهر	۵۶۱۰۵۰	۳۶۲۵۴۰۰	۰/۳	۱۹
شاپور جدید	۵۵۵۲۳۳	۳۶۲۲۱۵۹	۱/۲	۱۰
آسایشگاه سالمندان	۵۵۲۸۴۵	۳۶۲۳۷۰۹	۰/۶	۱۰
دانشگاه صنعتی	۵۵۰۱۰۸	۳۶۲۳۷۰۹	۳/۳	۱۷
اسلام آباد	۵۵۳۵۹۰	۳۶۱۹۰۸۹	۱/۷	۱۰
محدوده نیروگاه	۵۵۴۸۲۴	۳۶۰۸۹	۱/۶	۱۰
سه‌راه سیمین	۵۵۸۸۵۲	۳۶۰۸۴۰۲	۰/۴	۱۰
پل فلزی	۵۶۱۳۱۵	۳۶۰۸۶۸۳	غیر قابل تشخیص	۱۱
منوچهری	۵۶۳۶۹۰	۳۶۰۹۷۱۸	۰/۸	۱۳
علامه امینی (مجتمع ۲۲ بهمن)	۵۶۶۳۲۶	۳۶۱۲۰۷۸	۰/۳	۱۶
نیرو (مسجد کلمان جی)	۵۶۸۱۱۳	۳۶۱۱۹۸۳	۰/۱	۲۸
فلکه احمدآباد	۵۶۵۹۳۶	۳۶۱۲۲۰۲	۱/۱	۱۰
پل چمران	۵۶۳۱۳۸	۳۶۱۲۱۸۷	۰/۶	۱۵
رباط اول (تعمیرگاه ایران بنز)	۵۶۱۳۷۵	۳۶۱۴۱۸۷	۰/۶	۱۴
رباط دوم (پارک گل محمدی)	۵۶۱۸۳۸	۳۶۱۷۵۵۰	۱/۹	۱۵
انتهای ملک شهر	۵۶۳۲۳۳	۳۶۱۶۵۸۷	۰/۱	۱۱
شهرک قدس	۵۵۷۲۸۳	۳۶۱۹۰۸۱	۰/۶	۱۲
امام خ ساحل	۵۵۹۷۵۶	۳۶۱۹۶۸۷	۲	۱۰
پنج رمضان	۵۶۱۴۳۵	۳۶۱۹۴۹۰	۱/۵	۱۲
سارمیه	۵۶۰۲۶۳	۳۶۱۶۵۵۲	۲/۸	۱۰
آتشگاه	۵۵۵۵۹۶	۳۶۱۲۶۶۵۵۶۲	۰/۷	۱۲

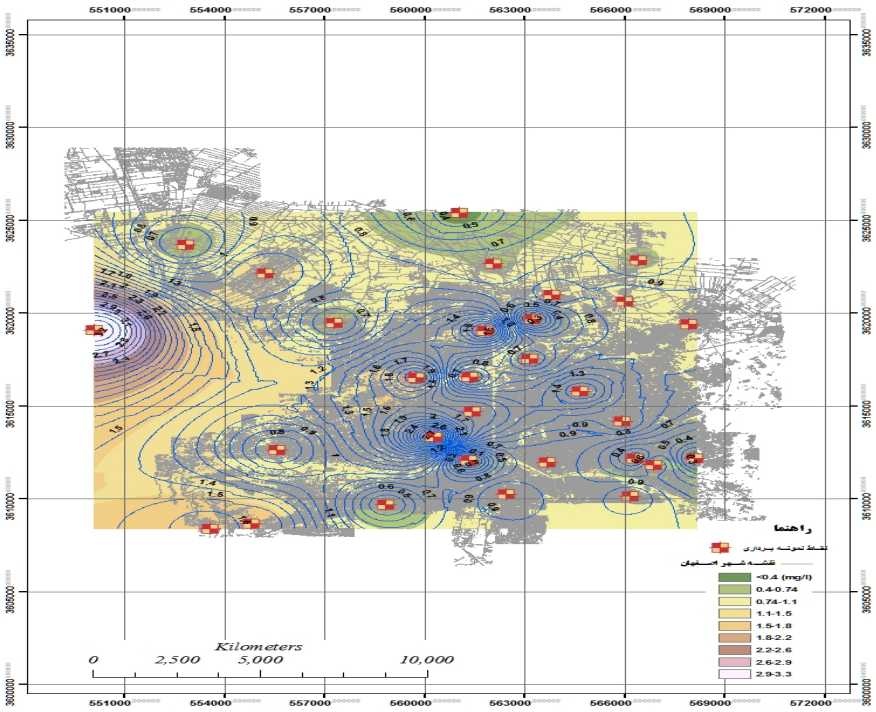
جدول ۲: میانگین، انحراف معیار به همراه مقادیر حداقل و حداکثر کل کلر باقی‌مانده و کلروفرم

پارامتر	غلظت کلروفرم (ppb)	کلر باقی‌مانده (ppm)
میانگین	۱۳/۸	۱/۰۳
انحراف معیار	۴/۵	۰/۷
حداکثر	۲۸	۳/۳
حداقل	۱۰	غیر قابل تشخیص

www.mui.ac.ir



شکل۲: پهنه‌بندی غلظت کلرفرم در شبکه توزیع آب شهر اصفهان



شکل ۳: پهنه‌بندی غلظت کلر باقی‌مانده کل در شبکه توزیع آب شهر اصفهان

بر اساس شکل و جدول ۲ مقادیر حداکثر و حداقل سنجش شده برای کلروفرم به ترتیب ۲۸ ppb و ۱۰ است. از سوی دیگر همان گونه که در جدول ۲ و شکل ۳ نیز دیده می‌شود، مقادیر حداکثر و حداقل برای کلر باقی‌مانده کل به ترتیب ۳/۳ ppm و غیر قابل تشخیص اندازه‌گیری شد. این مقادیر حاکی از سالم بودن شبکه توزیع آب شهر اصفهان است و غلظت مواد آلی محلول موجود در آن در زمان نمونه‌برداری در محدوده مناسب بود. شکل ۲ نشان می‌دهد که غلظت‌های به نسبت زیاد کلروفرم بیشتر مربوط به نقاط انتهایی شبکه و حاشیه شهر است و نقاط مرکزی شهر دارای غلظت کمتری از کلروفرم نسبت به سایر نقاط است. دلیل این امر را می‌توان به مصرف بیشتر آب در نقاط مرکزی شهر و راکد ماندن آب در نقاط حاشیه‌ای شهر مربوط دانست. در نتیجه آب در نقاط مرکزی شهر دارای زمان ماند کوتاه‌تری است و قبل از تشکیل ترکیبات جانبی ناشی از کلرزنی، از شبکه خارج و مصرف می‌گردد. همچنین با توجه به مطالعات محققین روی آب ورودی به تصفیه‌خانه آب اصفهان که نشان داد میانگین کربن آلی محلول آن کمتر از mg/L ۲ است (۲۲)، بنابراین مقادیر ناچیز کلروفرم تولیدی آن قابل توجیه می‌باشد. انجام آزمون آماری همبستگی Pearson نیز نشان داد که بین کل کلر باقی‌مانده و کلروفرم رابطه خطی و معنی‌داری وجود ندارد ($r = ۰/۱$؛ $P > ۰/۰۵$)؛ یعنی در شبکه توزیع آب شهر اصفهان غلظت کلروفرم تابع تغییرات غلظت کلر نمی‌باشد. شاید متفاوت و متعدد بودن نقاط تزریق کلر نیز می‌تواند در این عدم ارتباط نقش داشته باشد. کلر مورد استفاده برای گندزدایی و محصولات ثانوی آن در صورت نامناسب بودن غلظت آن، عوارض ناخوشایندی بر سلامتی انسان می‌تواند داشته باشد. از این رو در اکثر کشورها، تحقیقات مستمری در رابطه با غلظت این ترکیبات و تعیین عوامل دخیل در تولید آن انجام می‌گیرد. نتایج مطالعات محققین کانادایی طی ۱۶ فصل تشکیل THMs در آب شبکه توزیع منطقه Greater Quebec نشان داد که در فصل تابستان غلظت THMsدر بیشتر نمونه‌ها بیشتر از حد مجاز آن کشور یعنی µg/L ۸۰ است (۱۶). حال آن که کانادا یکی از کشورهای توسعه‌یافته محسوب می‌شود و دارای تأسیسات مدرن مجهز به تکنولوژی‌های نوین در زمینه تصفیه، انتقال– توزیع و نگهداری آب می‌باشد. با وجود این مسأله، غلظت غیر مجاز این ترکیبات در شبکه توزیع آب آن گزارش شد. محققین ژاپنی هم در مطالعه‌ای سه ساله نشان دادند که غلظت تری هالومتان‌ها در همه نمونه‌های آنالیز شده کمتر از µg/L ۱۰۰ است که در محدوده مجاز کشور ژاپن می‌باشد (۱۸). می‌توان گفت که منابع آب سطحی کشور کانادا دارای مواد آلی محلول فراوانی است که به راحتی قابل حذف نیستند.

مطالعات انجام گرفته روی شبکه توزیع آب شهر تهران توسط واعظ و مصداقی‌نیا نشان داد که غلظت THMs کمتر از ppb ۲۸ است (۲۳). تحقیقات اخیر روی آب شرب تهران که توسط پرداختی و ترابیان انجام شد، حاکی از آن است که میانگین غلظت تری هالومتان در فصول بهار و تابستان کمتر از ppb ۵ است (۲۴). ززولی و همکاران، کربن آلی محلول در شبکه توزیع آب تهران را کمتر از mg/L ۰/۷ و شاخص SUVA را نیز کمتر از L/mg.m ۲/۱ گزارش کردند (۲۵) که مؤید گزارش‌های قبلی محققین در خصوص تولید ناچیز THMs در آب شرب تهران می‌باشد. این مطالعه مشابهت زیادی با نتایج مطالعه شهر اصفهان دارد؛ چرا که بر اساس مطالعات محققین، شاخص SUVA در آب ورودی به تصفیه‌خانه اصفهان نیز در محدوده کمتر از L/mg.m ۴/۵ می‌باشد (۲۶). جعفری و همکاران نیز غلظت THMs شبکه توزیع آب شهر لاهیجان را مورد بررسی قرار دادند. در تعدادی از نمونه‌ها مقادیر غیر مجاز گزارش شد که می‌توان گفت علت احتمالی آن، مقادیر به نسبت بالای کربن آلی محلول در آب و کارکرد نامناسب واحدهای تصفیه‌خانه است (۱۸).

نتایج این مطالعه نشان داد که در حال حاضر آب خروجی از تصفیه‌خانه آب شرب اصفهان کیفیت مناسبی از لحاظ وجود کلر باقی‌مانده و محصولات ثانوی گندزدایی دارد و مقادیر آن در محدوده مجاز WHO (Word Health Organization) و (United States Environmental Protection Agency) USEPA می‌باشد. در بعضی از تصفیه‌خانه‌های آب ایران و بسیاری از تصفیه‌خانه‌های آب دیگر نقاط جهان، غلظت‌های

www.mui.ac.ir

غیر مجاز تری هالومتان‌ها گزارش شده است (۱۸، ۱۶). با این وجود به علت عدم پایش دایمی و نبود داده‌های وسیع ملی در مورد غلظت THMs در شبکه‌های توزیع آب شرب شهرها، سنجش غلظت احتمالی تری هالومتان تولیدی ضروری است. به ویژه این که آب آشامیدنی شهر اصفهان از آب سطحی رودخانه زاینده رود تأمین می‌شود و رود در مسیر جریان خود از بین مزارع، مراتع و باغات متعدد میوه عبور می‌نماید و بخش قابل توجهی از شاخ و برگ گیاهان و مواد آلی دیگر را با خود به همراه می‌آورد. برای کاهش تشکیل این ترکیبات با توجه به اثرات بهداشتی و سرطان‌زایی محرز THMs در آب، استفاده از روش‌های مناسب تلفیقی پیشنهاد می‌شود (۲۷). همچنین مطالعاتی که در رابطه با ارزیابی خطرات ناشی از مصرف آب‌های حاوی مقادیر غیر مجاز این ترکیبات می‌باشد، بایستی مدنظر قرار گیرد.

References

1. Hoff JC, Geldreich EE. Comparison of the biocidal efficiency of alternative disinfectants. American Water Works Association 1981; 73(1): 40-4.
2. Bruchet A, Duguet JP, Suffe IH. Role of oxidants and disinfectants on the removal, masking and generation of tastes and odours. Reviews in Environmental Science and Biotechnology 2004; 3(1): 33-41.
3. Bichsel Y, Von Gunten U. Formation of Iodo-Trihalomethanes during Disinfection and Oxidation of Iodide-Containing Waters. Environ Sci Technol 2000; 34(13): 2784-91.
4. Paim AP, Souza JB, Adorno MA, Moraes EM. Monitoring the trihalomethanes present in water after treatment with chlorine under laboratory condition. Environ Monit Assess 2007; 125(1-3): 265-70.
5. Kawamura S. Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities. New Jersey: John Wiley and Sons; 2000.
6. Jung CW, Son HJ. The relationship between disinfection by-products formation and characteristics of natural organic matter in raw water. Korean Journal of Chemical Engineering 2008; 25(4): 714-20.
7. El-Shafy MA, Grunwald A. THM formation in water supply in South Bohemia, Czech Republic. Water Research 2000; 34(13): 3453-9.
8. Samios S, Lekkas T, Nikolaou A, Golfinopoulos S. Structural investigations of aquatic humic substances from different watersheds. Desalination 2007; 210(1-3): 125-37.
9. Samios S, Kousouris L, Tzoumerkas P, Lekkas T, Golfinopoulos S, Nikolaou A. A kinetics study of THMs formation in surface waters supplying Athens. Desalination 2007; 213(1-3): 253-62.
10. Gopal K, Tripathy SS, Bersillon JL, Dubey SP. Chlorination byproducts, their toxicodynamics and removal from drinking water. J Hazard Mater 2007; 140(1-2): 1-6.
11. Ates N, Kaplan SS, Sahinkaya E, Kitis M, Dilek FB, Yetis U. Occurrence of disinfection by-products in low DOC surface waters in Turkey. J Hazard Mater 2007; 142(1-2): 526-34.
12. Chang EE, Chiang PC, Chao SH, Lin YL. Relationship between chlorine consumption and chlorination by-products formation for model compounds. Chemosphere 2006; 64(7): 1196-203.
13. Rook JJ. Chlorination reactions of fulvic acids in natural waters. Environ Sci Technol 1977; 11(5): 478-82.
14. Chaidou CI, Georgakilas VI, Stalikas C, Saraci M, Lahaniatis ES. Formation of chloroform by aqueous chlorination of organic compounds. Chemosphere 1999; 39(4): 587-94.
15. Ristoiu D, Von GU, Mocan A, Chira R, Siegfried B, Haydee KM, et al. Trihalomethane formation during water disinfection in four water supplies in the Somes river basin in Romania. Environ Sci Pollut Res Int 2009; 16 (Suppl 1): S55-S65.
16. Rodriguez MJ, Vinette Y, Serodes JB, Bouchard C. Trihalomethanes in drinking water of greater Quebec region (Canada): occurrence, variations and modelling. Environ Monit Assess 2003; 89(1): 69-93.
17. Yamamoto K, Mori Y. Simulating distribution of trihalomethane in tap water in the area receiving a combination of advanced treated water and conventionally treated different source water: 1998, 1999 and 2002 data on Osaka Prefecture and its surrounding cities, Japan. Bull Environ Contam Toxicol 2009; 83(5): 677-80.
18. Jafari MA, Taghavi K, Hassani AH. Survey of THMs in potable water of Lahijan city. Journal Of Guilan University Of Medical Sciences 2008; 17(68): 1-6. [In Persian].

www.mui.ac.ir

19. Fooladvand M, Ramavandi B, Zandi K, Ardestani M. Investigation of trihalomethanes formation potential in Karoon River water, Iran. Environ Monit Assess 2011; 178(1-4): 63-71. [In Persian].
20. Eaton AD, Franson MA. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
21. Fazlzadeh Davil M, Mahvi AH, Mazloumi S, Nabizadeh R, Younesian M, Nazm Ara SH. Concentration of Nazmara S. Concentration of Trihalomethanes in Tehran Drinking Water. J Health & Hygiene 2011; 2(2): 45-52. [In Persian].
22. Amin MM, Jaberian B, Saadani M, Hadian R, Bonyadi Nejad GR, Khodabakhshi A. Evaluation of Powdered Activated Carbon Efficiency in Removal of Dissolved Organic Carbon in Water Treatment. Iran J Health Environ 2010; 3(2): 135-42. [In Persian].
23. Vaezi F, Mesdaginia A. THMs in treated water of Tehran city. Iranian J Health 1991; 21(1-4): 1-10. [In Persian].
24. Pardakhti A, Torabian A. Evaluation of THMs Concentration in Tehran's Drinking Water During the Spring of 2009 and it's Comparison With Drinking Water Outside the City Water District. Journal of Environmental Studies 2012; 36(1). [In Persian].
25. Zazouli MA, Nasseri S, Mahvi AH, Mesdaghinia A. Evaluation of organic carban and disinfection by-product concentration in Tehran network water system. J Sch Public Health Inst Public Health Res 2009; 7(3): 51-9. [In Persian].
26. Safary M. Survey efficiency of enhanced caogulation in removal of humic acid of water. Proceeding of the 12th Environmental Health Seminar; 2009 Nov 13-15; Tehran, Iran; 2009. [In Persian].
27. Boorman GA. Drinking water disinfection byproducts: review and approach to toxicity evaluation. Environ Health Perspect 1999; 107 (Suppl 1): 207-17.

Survey of Chloroform Concentration in the Water Distribution System of Isfahan, Iran, and Zoning by GIS

Bijan Bina[1], Amir Mohammadi[2], Afshin Ebrahimi[3], Mohammad Mehdi Amin[4], Hamidreza Pourzamani[5], Sepideh Nemati Mansor[6]

Abstract

Background: The goal of this study was to survey the total residual chlorine and chloroform in the water distribution system of Isfahan, Iran, and zoning of obtained results using GIS.

Methods: In this cross-sectional study, total residual chlorine was tested in the sampling points of the water distribution system of Isfahan and chloroform was measured with standard methods and after transferring the samples to a laboratory under standard conditions. Chloroform detection was done by GC-MS. The zoning of obtained results was performed by GIS.

Findings: Total residual chlorine and chloroform concentrations were obtained undetectable to 3.3 ppm and 10-28 ppb, respectively. High range of chloroform concentration was related to the end points of the water distribution system. Moreover, the center of the city had a chloroform concentration less than other points. The reason for these problems could be more water consumption in central points of the city and stagnant water in other areas of the city.

Conclusion: The results of this study showed that the water production of the Isfahan water treatment plant had an acceptable quality in relation to its Cl^- and DBPs content, at the sampling time. The obtained concentrations followed the WHO and USEPA guidelines. However, it is necessary to detect probable concentration of THMs production, continuously. Furthermore, by using integrated and appropriate water treatment methods, DBPs can be reduced considerably.

Key words: Carcinogen, Disinfection, Isfahan city, Potable water Trihalomethane

1-Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Environmental Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- MSc Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Health and Environmental Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3-Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Environmental Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran (Corresponding Author) Email: a_ebrahimi@hlth.mui.ac.ir
4- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Environmental Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
5- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Environmental Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
6- MSc Student, Department of Environmental Health Engineering, School Health and Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran