

بررسی نشت ریز آلاینده‌های ناشی از خوردگی داخلی لوله‌ها در شبکه‌های توزیع آب شهری

دکتر محمد رضا شاهمنصوری^۱، دکتر حسین پورمقدس، دکتر قدرت‌اله شمس خرم‌آبادی

چکیده مقاله

مقدمه. بخش بزرگی از سرب و مس موجود در آب آشامیدنی شهرها مربوط به مواد اولیه‌ای است که در ساخت لوله‌ها و شیرآلات منازل و شبکه توزیع بکار می‌رود. آبهای خورنده در تماس با جدار داخلی لوله‌ها و شیرآلات موجب نشت زیرآلاینده‌ها نظیر سرب، مس، کادمیوم، روی، آهن و منگنز بدون آب آشامیدنی می‌شوند و مشکلات عدیده بهداشتی، زیبایی‌شناسی و اقتصادی را بوجود آورند. بنابراین موضوع بررسی پتانسیل نشت آلاینده‌های مذکور توسط آب در شبکه‌های توزیع شهری و لوله‌کشی منازل و متعاقب آن ضرورت پایش ویژه خصوصیات خوردگی آب در سال ۱۹۸۰ در آمریکا و سپس اروپا مورد توجه قرار گرفت و به عنوان یکی از بهترین روشهای تعیین پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی شهرها توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا پذیرفته و توصیه شد. با توجه به اینکه در کشور ما متأسفانه تاکنون اقدام مؤثری در جهت شناسایی پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی شهرها و بررسی میزان نشت این آلاینده‌ها در آنها بخصوص شیرهای برداشت خانگی صورت نگرفته است، به همین منظور تحقیقی در این راستا در شهرهای زرین‌شهر و مبارکه که از حیث جمعیت و موقعیت جغرافیایی و اجتماعی مشابه هستند به صورت نمونه انجام گردید.

روشها. مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی است که در آن براساس توصیه سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا برای شهرهای با جمعیتی بالغ بر ۵۰/۱۰۰۰ نفر مانند زرین شهر و مبارکه تعداد ۳۰ نمونه از شیرهای برداشت خانگی با زمان ماند حداقل ۶ ساعت آب در لوله، از شیرهای آب سرد حمام یا ظرفشویی تهیه گردید. نمونه‌برداری صبح قبل از باز کردن شیرهای مورد نظر و به عنوان اولین برداشت انجام شد. جهت نگهداری نمونه‌ها تا زمان آزمایش قبلاً مقدار یک میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به ظروف نمونه‌برداری یک لیتری افزوده شد. محل پراکندگی نمونه‌ها در شبکه توزیع بگونه‌ای است که بیانگر کل شبکه توزیع باشد. غلظت سرب و کادمیوم نمونه‌ها توسط دستگاه اتمیک آیزوربشن بدون شعله در بخش بیوشیمی انستیتویاستور و غلظت مس، روی، آهن و منگنز توسط اتمیک شعله‌ای در دانشکده بهداشت اصفهان اندازه‌گیری شدند.

نتایج. در شبکه توزیع زرین شهر میانگین غلظت تعیین شده سرب و کادمیوم به ترتیب ۵/۷۴ و ۰/۱۱ میکروگرم در لیتر و برای مس، روی، آهن و منگنز به ترتیب ۰/۰۸، ۳/۴، ۰/۲۳ و ۰/۰۷ میلی‌گرم در لیتر است. در شبکه توزیع مبارکه نیز غلظت سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۸، ۷/۸ میکروگرم در لیتر و در مورد مس، روی، آهن و منگنز نیز به

ترتیب ۰/۲، ۳/۱، ۰/۲۵ و ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر است. غلظت سرب، کادمیوم و روی در منابع آب زرین‌شهر و مبارکه قبل از ورود به شبکه توزیع صفر است.

بحث. نتایج نشان می‌دهد که وجود محصولات جانبی خوردگی خصوصاً سرب، کادمیوم و روی در نمونه‌ها ناشی از خورده شده جدار داخلی لوله‌های گالوانیزه و شیرآلات برنجی است. با توجه به اینکه غلظت سرب و روی در شبکه توزیع زرین‌شهر در بیش از ده درصد نمونه‌ها بالاتر از حداکثر غلظت مجاز توصیه شده است، لذا نیازمند تصفیه و کنترل خوردگی است. در پایان پیشنهاد می‌گردد از این روش به عنوان یک روش استاندارد جهت پایش و کنترل خوردگی آب آشامیدنی شبکه‌های توزیع شهرهای مختلف استفاده گردد.

● واژه‌های کلیدی: ریزآلاینده‌ها، محصولات جانبی خوردگی، شبکه توزیع شهری، خوردگی داخلی، تصفیه

مقدمه

براساس تحقیقات انجام شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (USEPA) (United States Environmental Protection Agency) بخش بزرگی از سرب و مس موجود در آب آشامیدنی شهرها مربوط به مواد اولیه‌ای است که در ساخت لوله‌ها و شیرآلات منازل و شبکه توزیع بکار می‌رود، زیرا آبهای خورنده در تماس با جدار داخلی لوله‌ها و شیرآلات موجب نشت ریزآلاینده‌ها نظیر سرب، مس، کادمیوم، روی، آهن و منگنز بدون آب آشامیدنی می‌شوند و مشکلات عدیده بهداشتی، زیبایی‌شناسی و اقتصادی را بوجود می‌آورند. مهمترین مشکلات بهداشتی آبهای خورنده افزایش غلظت فلزات سمی خطرناکی چون سرب و کادمیوم است که سلامتی شهروندان را شدیداً به مخاطره خواهد انداخت (۱،۲،۳). کیفیت زیبایی‌شناسی آب نیز در اثر نشت مس، روی، آهن و منگنز کاهش یافته و وجود بو و مزه نامطلوب و ایجاد لکه‌های رنگی روی سرویسهای بهداشتی و لباسها موجب اعتراض مصرف کنندگان خواهد شد (۴،۵،۶).

علاوه بر این هزینه سنگین ناشی از کاهش طول عمر لوله‌ها و متعلقات آن، تعویض لوله‌های پوسیده و سوراخ شده، افزایش مقدار آب از دست رفته و بروز آلودگی‌های ثانویه در شبکه توزیع نیز از دیگر مشکلات ناشی از خورده شده لوله‌های شبکه توزیع شهری و لوله‌کشی منازل است که سالیانه

۱- گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

پوشش هر دو شبکه تقریباً یکسان است. آب آشامیدنی زرین‌شهر همانند اصفهان از تصفیه خانه بزرگ اصفهان تأمین می‌گردد و آب آشامیدنی مبارکه از طریق چند حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق تأمین می‌شود در این مطالعه میزان غلظت ریزآلاینده‌ها اعم از سرب، کادمیوم، مس، روی، آهن و منگنز در شبکه‌های توزیع و منابع آب شهرهای مذکور مورد بررسی قرار گرفت تا بدینوسیله بتوان در خصوص ضرورت تصفیه و کنترل خوردگی آب این شهرها تصمیم‌گیری نمود.

روشها

با توجه به جمعیت تحت پوشش هر دو شبکه که حدود پنجاه هزار نفر می‌باشند، براساس توصیه EPA (۸۰۹) تعداد ۳۰ نمونه آب با زمان سکون حداقل ۶ ساعت از شیرهای آب سرد حمام یا ظرفشویی تهیه گردید. نمونه‌ها صبح قبل از باز کردن شیرهای مورد نظر و به عنوان اولین برداشت گرفته شد. جهت نگهداری نمونه‌ها قبلاً مقدار یک میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به ظروف نمونه‌برداری اضافه گردید. پراکنندگی منازل محل نمونه‌برداری به گونه‌ای انتخاب گردید که بیانگر کل شبکه توزیع باشد. به منظور بررسی میزان غلظت محصولات جانبی خوردگی در منابع آب زرین‌شهر و مبارکه از منابع آب قبل از ورود به شبکه توزیع نیز نمونه‌برداری به عمل آمد.

غلظت ریزآلاینده‌های سرب و کادمیوم به دلیل اینکه در حد میکروگرم در لیتر است، با استفاده از دستگاه اتمیک آیزوربشن بدون شعله در بخش بیوشیمی انستیتوپاستور ایران و غلظت آهن مس روی و منگنز با استفاده از دستگاه اتمیک آیزوربشن شعله‌ای در دانشکده بهداشت اصفهان اندازه‌گیری شد. براساس قانون سرب و مس وجود محصولات جانبی خوردگی خصوصاً سرب کادمیوم و مس بیانگر خورنده بودن آب شبکه توزیع است ولی چنانچه در بیش از ۹۰ درصد نمونه‌ها غلظت سرب کمتر از ۱۵ میکروگرم در لیتر و غلظت مس کمتر از ۱۳۰۰ میکروگرم در لیتر باشد، کنترل خوردگی و تصفیه ضرورت ندارد، اما چنانچه در بیش از ۱۰ درصد نمونه‌ها غلظت سرب و مس به ترتیب بیش از ۱۵ و ۱۳۰۰ میکروگرم در لیتر باشد، عملیات تصفیه و تعویض لوله‌های سربی و شیرآلات برنجی و همچنین آموزش بهداشت عمومی ضروری است، تا بدینوسیله خطرات بالقوه ناشی از وجود فلزات سنگین در آب آشامیدنی شهروندان کاهش یابد (۶).

نتایج

نتایج مربوط به اندازه‌گیری میانگین، حداقل و حداکثر غلظت ریزآلاینده‌های سرب، کادمیوم، مس، روی، آهن و منگنز در منابع آبهای زرین‌شهر و مبارکه

مبالغ هنگفتی را به تأسیسات آب شهرها تحمیل می‌کند (۵،۷).

با تحول و بازنگری سازمان آب آشامیدنی سالم^۱ (SDWA) در سال ۱۹۷۴ آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا عمیقاً حفاظت از آب آشامیدنی را برای مصارف عمومی مورد بررسی قرار داد و بر این اساس استاندارد اولیه آب آشامیدنی در خصوص اثرات بهداشتی مقادیر آلاینده‌ها روی سلامتی انسان را مورد تجدید نظر قرار داد و برای مواد شیمیایی غیرآلی نظیر سرب و کادمیوم مقدار حداکثر غلظت آلاینده^۲ (MCL) جدیدی را اعلام نمود، سپس USEPA استاندارد ثانویه آب آشامیدنی را برای مس، آهن، روی و منگنز پیشنهاد کرد.^۳ NIPDWR تأمین MCL را بر خلاف مقررات قبلی که فقط کیفیت آب در شبکه توزیع را مدنظر قرار می‌داد، بیشتر برای شیرهای برداشت خانگی پیشنهاد و اجرا نمود. بنابراین به منظور شناسایی پتانسیل نشت آلاینده‌ها توسط آب در شبکه‌های توزیع شهری و لوله‌کشی منازل ضرورت پایش بویژه خصوصیات خوردگی آب در سال ۱۹۸۰ مورد توجه قرار گرفت (۸،۱۰).

به منظور پایش و کنترل خوردگی آب آشامیدنی شبکه‌های توزیع شهری و جلوگیری از نشت محصولات جانبی خوردگی خصوصاً سرب و کادمیوم از طرف USEPA در ۷ ژوئن سال ۱۹۹۱ قانون سرب و مس به تصویب نهایی رسید و مقرر گردید در ۱۵ جولای ۱۹۹۱ به اجرا درآید (۶). علت انتخاب سرب و مس به این دلیل بود که این دو فلز احتمالاً بیشترین مشکلات را در شبکه‌های توزیع آب آشامیدنی شهرهای آمریکا ایجاد می‌کنند و نشت آنها از طریق لوله‌های سربی، لچیم کاری سرب - قلع لوله‌های مس، لوله‌های آهنی سربی، لوله‌های مسی و شیر آلات برنجی که در شبکه‌های شهری و خانگی آمریکا کاربرد فراوان و وسیعی دارد، امکان‌پذیر است. دقت و صحت این روش جهت تعیین پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی شهرها به حدی است که اساس تصمیم‌گیری اقدامات وسیعی نظیر تصفیه و کنترل خوردگی آب آشامیدنی در تصفیه خانه‌ها، تعویض لوله‌های سربی در شبکه‌های توزیع اصلی و خانگی، کاهش درصد سرب بکار رفته در لچیم کاری سرب - قلع لوله‌های مسی، کاهش درصد سرب بکار رفته در شیرآلات برنجی و پمپ‌های شناور و آموزش بهداشت مردم در سطح ملی گردیده است. و در این راستا سالیانه میلیاردها دلار هزینه و سرمایه‌گذاری می‌شود تا براساس توصیه USEPA غلظت ریزآلاینده‌ها خصوصاً سرب و مس در آب آشامیدنی شیرهای برداشت خانگی کاهش یابد و موجبات حفظ و ارتقاء سطح سلامت شهروندان را فراهم آورد (۱۱،۱۲،۱۳). لذا علیرغم حساسیت موضوع در خصوص پایش خوردگی آب آشامیدنی شهرها در کشورمان تاکنون اقدام مؤثری صورت نگرفته و اطلاعات دقیقی در مورد میزان خورنده بودن آبهای شبکه توزیع شهرها در دست نیست، چه بسا ممکن است نشت محصولات جانبی خوردگی بدون آب آشامیدنی شیرهای برداشت خانگی سلامت و بهداشت شهروندان را به مخاطره اندازد. بنابراین برای اولین بار در کشورمان شهرهای زرین‌شهر و مبارکه از استان اصفهان به عنوان نمونه انتخاب گردید. جمعیت تحت

1. Safe Drinking Water Act
2. Maximum Contamination Level
3. National Interim Primary Drinking Water Regulation

و همچنین آب آشامیدنی شیرهای برداشت خانگی منازل مسکونی آنها در جداول شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج مربوط به غلظت ریزآلاینده‌ها در منبع آب و شبکه توزیع زرین‌شهر

MCL	شبکه توزیع			منبع آب	ریزآلاینده‌ها
	میانگین	حداکثر	حداقل		
۱۵	۵/۷۴	۱۷/۵	صفر	صفر	سرب $\mu\text{g/l}$
۵	۰/۱۱	۰/۸	صفر	صفر	کادمیوم $\mu\text{g/l}$
۱/۳	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۰۱	صفر	مس mg/l
۵	۳/۴	۶	۰/۹۳	صفر	روی mg/l
۰/۳	۰/۲۳	۰/۷۱	صفر	۰/۰۸	آهن mg/l
۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۶	منگنز mg/l

جدول ۲. نتایج مربوط به غلظت ریزآلاینده‌ها در منبع آب و شبکه توزیع مبارکه

MCL	شبکه توزیع			منبع آب	ریزآلاینده‌ها
	میانگین	حداکثر	حداقل		
۱۵	۷/۸	۱۹/۵	۱/۴	صفر	سرب $\mu\text{g/l}$
۵	۰/۸	۵/۳	صفر	صفر	کادمیوم $\mu\text{g/l}$
۱/۳	۰/۲	۰/۸	۰/۱	۰/۰۸	مس mg/l
۵	۲/۱	۵/۹	۰/۳	صفر	روی mg/l
۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۸۵	۰/۰۲	۰/۱۸	آهن mg/l
۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۷	صفر	۰/۰۸	منگنز mg/l

بحث

شهرها با هر غلظتی از یک طرف بیانگر خورنده بودن آبها و از طرف دیگر مؤید وجود ترکیبات سرب و کادمیوم در مواد اولیه لوله‌های گالوانیزه و شیرآلات برنجی بکار رفته در شبکه‌های داخلی منازل شهرهای مطالعه شده است. مشابه نتایج بررسیهای انجام شده در بعضی از شبکه‌های توزیع شهری آمریکا براساس قانون سرب و مس (۸،۹)، در این مطالعه نیز مقدار سرب در تعداد ۴ نمونه از شیرهای برداشت خانگی زرین‌شهر و ۳ نمونه از شیرهای برداشت خانگی مبارکه بیش از ۱۵ میکروگرم در لیتر است (۱۸) (نمودارهای شماره ۲ و ۱)، لذا براساس قانون سرب و مس در شبکه زرین‌شهر باید عملیات تصفیه و کنترل خوردگی انجام گیرد، اما در مبارکه که ده درصد نمونه‌ها دارای مقدار سرب بیش از ۱۵ میکروگرم در لیتر است، باید از طریق آموزش بهداشت شهروندان خطرات ناشی از وجود سرب و کادمیوم در آب آشامیدنی را آگاهی داد (۹،۱۱،۱۲).

در مورد سایر محصولات جانبی خوردگی نظیر مس، روی، آهن و منگنز که جزء استانداردهای ثانویه محسوب می‌شوند و خطرات زیبایی‌شناسی آنها بیشتر مورد نظر است (۱۸)، غلظت مس در منابع آب زرین‌شهر و مبارکه صفر ولی میانگین آن در نمونه‌های آب شیر برداشت خانگی به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۲۱ میلی گرم در لیتر است، که با مقادیر بررسی شده در آپارتمانها

منابع تأمین آب آشامیدنی زرین‌شهر و مبارکه به طور طبیعی فاقد سرب هستند و غلظت سرب آنها صفر است، ولی متوسط غلظت آن در نمونه‌های آب آشامیدنی شیرهای برداشت خانگی زرین‌شهر ۵/۷۴ و مبارکه ۷/۹ میکروگرم در لیتر است، این مقادیر با مطالعه‌ای که در کشور آمریکا صورت گرفته و متوسط غلظت سرب در منازلی که دارای لوله‌کشی گالوانیزه است و بالغ بر ۶/۲ میکروگرم در لیتر است، مشابه می‌باشد (۱۴)، همچنین غلظت کادمیوم در منابع آب آشامیدنی شهرهای مورد مطالعه قبل از ورود به شبکه توزیع صفر، ولی در نمونه‌های آب آشامیدنی شیرهای برداشت خانگی زرین‌شهر و مبارکه به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۸ میکروگرم در لیتر است، که با مطالعات انجام شده در آبهای آشامیدنی آمریکا که معمولاً کمتر از یک میکروگرم در لیتر است هماهنگ می‌باشد (۱۵). فلزات سنگین سرب و کادمیوم از مهمترین محصولات جانبی خوردگی و جزء استاندارد اولیه محسوب می‌شوند، سرب براساس گزارش سازمان بین‌المللی پژوهش بر روی سرطان در گروه BB2 (امکان سرطان‌زایی برای انسان) و کادمیوم براساس پیشنهاد EPA در گروه AA2 (احتمال سرطان‌زایی برای انسان) طبقه‌بندی شده‌اند (۱۷،۱۶،۱۵)، لذا وجود آنها در آب آشامیدنی منازل این

از ده درصد نمونه‌ها بالاتر از حداکثر غلظت توصیه شده آلاینده است. از طرف دیگر با توجه به موقعیت روی در سری گالوانیک (۱۰ و ۱) و پتانسیل بالاتر خوردگی آن نسبت به آهن، سرب و مس در مجاورت آبهای خورنده پراحتی بدون آب نشت می‌کند و می‌تواند شاخص مناسبی جهت تعیین پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی شهرهای ایران باشد (۴). غلظت آهن در منابع آبهای زیرین شهر و و مبارکه قبل از ورود به شبکه توزیع به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر است و متوسط آن در نمونه‌ها به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۲۱ میلی‌گرم در لیتر است، افزایش آهن در نمونه‌های زیرین شهر بیشتر قابل توجه بوده و در ۷ مورد مقدار آن از ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر نیز تجاوز نموده است و علت آن نشت از طریق لوله‌ها، اتصالات و خصوصاً مخازن ذخیره فلزی است (۱۵)، ولی مقدار آن در نمونه‌های مبارکه در مقایسه با غلظت آن در منابع افزایش چشمگیری نداشته است (نمودارهای شماره ۵و۶). در مورد منگنز بدلیل وجود اکسیژن محلول آب در شبکه‌های توزیع زیرین شهر و مبارکه که به ترتیب ۷/۴ و ۷/۱ میلی‌گرم در لیتر است به صورت نامحلول در آمده و لذا غلظت آن در منابع و شبکه توزیع اختلاف معنی‌داری ندارد.

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، نشت محصولات جانبی خوردگی بدون آب آشامیدنی شیرهای برداشت خانگی حاکی از خورنده بودن آب شهرهای مورد مطالعه است، ولی با توجه به اینکه در زیرین شهر غلظت سرب و روی در بیش از ده درصد نمونه‌ها بالاتر از حداکثر غلظت مجاز توصیه شده می‌باشد، لذا کنترل خوردگی و استفاده از لوله و اتصالات در منازل ضروری است.

مدارس دارای لوله‌کشی گالوانیزه در آمریکا که بالغ بر ۰/۰۷۴ و ۰/۰۸۴ و ۰/۱۸۴ میلی‌گرم در لیتر است مشابه می‌باشد (۱۴).

با عنایت به اینکه در کشورمان کاربرد لوله‌های مسی در شبکه توزیع و لوله‌کشی منازل برخلاف کشور آمریکا متداول نیست، لذا تنها منبع مس در شهرهای مطالعه شده شیرآلات برنجی است و وجود آن در نمونه‌ها بدلیل خورنده بودن آبها و نشت این فلز در آب از طریق خورده شدن جدار داخلی شیرآلات برنجی است (۱۷،۱۹).

میانگین غلظت روی در نمونه‌های آب آشامیدنی زیرین شهر ۲/۴ و مبارکه ۳/۱ میلی‌گرم در لیتر است. غلظت این فلز در منابع آبهای هر دو شهر قبل از ورود به شبکه توزیع صفر است، ولی به علت خورنده بودن آبها و وجود روی در روکش گالوانیزه لوله‌های گالوانیزه و همچنین اتصالات و شیرآلات برنجی بکار رفته در شبکه داخلی منازل بدون آب نشت نموده است (۱۹).

در خوردگی لوله‌های گالوانیزه علاوه بر روی، کادمیوم و سرب نیز بدون آب نشت می‌کند و مقادیر آن ممکن است قابل توجه باشد (۱). در شبکه زیرین شهر و مبارکه از مجموع ۳۰ نمونه تهیه شده در هر شهر به ترتیب تعداد ۵ و ۴ نمونه دارای غلظت روی بیش از ۵ میلی‌گرم در لیتر است، به عبارت دیگر ۱۷ و ۱۳ درصد نمونه‌ها دارای غلظتی بیش از حداکثر غلظت آلاینده روی است (نمودارهای شماره ۳و۴)، لذا با توجه به شرایط کشورمان که همه منازل آن از لوله‌های گالوانیزه استفاده می‌کنند، می‌توان روی را بجای مس در قانون سرب و مس جایگزین نمود و در این حالت می‌توان گفت که آب آشامیدنی هر دو شبکه خورنده بوده و آب آشامیدنی زیرین شهر نیازمند تصفیه و کنترل خوردگی است، زیرا مقادیر سرب و روی آن در بیش

مراجع

- 1- Kerri, K *Water Treatment plant Opration*, Vol, 1,2,1992.
- 2- Singley, GE and Lee, T "Determining Internal Corrosion Potential in Water Supply Systems Committee Report, J. AWWA, August 1984.
- 3- Salvato, AJ, *Environmental Engineering and Sanitation Fourth Edition*, P.E, DEE, 1992
- 4- Kirmeyer G and. Logsdon G, "Principles of Internal Corrosion and Corrosion Monitoring", J.AWWA, Vol, 75, No: 8, 1983.
- 5- Singley J.E and Yelee T. "Pipe Loop System Augments Corrosion Studies". JAWWA, August 1984.
- 6- <http://WWW-pplant.ucdavis.edu/mech/engsvc/envenyl/ressum.htm> "Drinking Water Monitoring UpDate Lead and Copper Rule Monitoring Results for 1998".
- 7- Shukla S.Kand. Srivastava P.R. "Water Quality Impact Analysis". st ed, 1992.
- 8- EPA "Lead and Copper Rule", Vol, 1,2,1992.
- 9- AWWA "Lead and Copper, Aworking Explanation of the Lead and Copper", 1993.
- 10- AWWA "Water Treatment (Principles and Practies of Water Supply Operation Series)", 2nd ed. 1995.
- 11- <http://WWW.awwa.org/govtaff/minpupap.htm>. AWWa Government Affairs. Minimizing Public Exposure to Lead in Drinking Water ., August 28, 1995.

- 12- <http://WWW.ladwp.com/water/quality/wq-idcp.htm> "Lead and Copper Rule. General Information City of Los Angles Water Services, Water Quality".
- 13- <http://WWW.dpwc.org/landcrul.htm> EPA "Issues Statement on Submersible pumps" September 15, 2000.
- 14- Reiber, S. "Galvanic Stimulation of Corrosion Lead-Tin Solder - Sweated Joints" J.AWWA, Reserch and Technology", July 1991.
- ۱۵- نبی‌زاده نودهی و رامین - فائزی رازی و دادمهر (مترجمین) «رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی جلد اول (توصیه‌ها)» انتشارات مؤسسه علمی فرهنگی نص چاپ اول ۱۳۷۵.
- 16- Pontius, F. "Acurrent Look at the Federal Drinking Water Regulation", J.AWWA., March 1992.
- ۱۷- محوی، امیر حسین (مترجم): «جنبه‌های بهداشتی و زیبایی‌شناسی کیفیت آب» انتشارات بال گستر چاپ اول، تابستان ۱۳۷۵.
- 18- WWW.epa.gov USEPA, "Office of Water. Current Drinking Water Standard."
- 19- Edwards, M. Effects of Selected Anions on Copper Corrosion Rats. J.AWWA, 1994; 86 (12).