

ارزیابی میزان آلودگی فلزات جیوه، کروم و نیکل موجود در منابع آبریززمینی جهت آبری پروری (مطالعه موردی: منطقه لواسان - استان تهران)

• فرهنگ فرهمند*: گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۴

چکیده

این پژوهش بر روی آب‌های زیرزمینی روستاهای منطقه لواسان در حومه شهرستان شمیرانات واقع در شمال شهر تهران با هدف شناسایی و اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین کروم، نیکل و جیوه انجام شد. برای این منظور با توجه به مشخصات جغرافیایی، اقلیمی، فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی منطقه مورد مطالعه، ۷ ایستگاه نمونه‌برداری (به ترتیب: برگ جهان، رستان، لواسان بزرگ، زرد بند، نیکنام ده، کندسغلی و راحت آباد) تعیین شدند. سپس نمونه‌های آب جمع‌آوری شده با استفاده از روش طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) با شعله و کوره گرافیتی مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده نشان دادند که بیش‌ترین غلظت جیوه در ایستگاه‌های برگ جهان و زرد بند بوده و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه نیکنام ده می‌باشد. با توجه به نمودار غلظت‌ها، روند تغییرات جیوه در این نمونه‌ها ناهمگون است و نظم خاصی ندارد. همچنین بیش‌ترین غلظت کروم در ایستگاه کندسغلی و کم‌ترین آن در ایستگاه راحت آباد به‌دست آمده است. با توجه به نمودار غلظت‌ها، روند تغییرات کروم کاهشی است. برای فلز نیکل بیش‌ترین غلظت در ایستگاه زرد بند و کم‌ترین آن در ایستگاه راحت آباد به‌دست آمد. با توجه به نمودار غلظت‌ها، روند تغییرات نیکل ابتدا کاهش غلظت داشته و سپس روند افزایشی و در نهایت دوباره از غلظت آن کاسته می‌شود این روند تغییرات تقریباً مشابه جیوه است.

کلمات کلیدی: آب‌های زیرزمینی، جیوه، کروم، نیکل، آبری پروری، لواسان، استان تهران



مقدمه

میانگین کاهش سالانه آب منابع آبی در اکثر کشورهای دنیا به‌ویژه در مناطقی که دارای بارندگی کم‌تر از میانگین سالانه جهانی هستند در مرحله بحرانی قرار دارد (رضوانی و همکاران، ۱۳۹۲). آب‌های زیرزمینی که بخشی از چرخه آب را تشکیل می‌دهند، بخش مهمی از آب‌های پویا و تجدیدپذیر جهان به‌شمار می‌آیند (Ramakrishna و همکاران، ۲۰۰۰) و ذخایر قابل اطمینانی برای تامین آب مورد نیاز در تکمیل منابع برای مواقع بحرانی به‌عنوان ذخایر استراتژیک محسوب می‌شوند (Pereira و همکاران، ۲۰۰۹). مشکل کمبود آب و کیفیت آن برای مصارف کشاورزی، شیلات، صنعتی و شرب مشکلات متعددی را برای مردم دنیا ایجاد کرده است (اسدی‌سامانی، ۱۳۸۴). با توجه به ثابت بودن منابع آب‌های تجدید شونده، حفظ این منابع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و به تبع رشد روزافزون صنایع آلاینده در محیط زیست انسانی، این منابع در معرض آلودگی‌های مختلفی قرار دارند. بهره‌برداری ناپایدار از منابع آبی در کشورهای در حال توسعه تهدید جدی برای توسعه انسانی است (کمالی‌زاد، ۱۳۸۸) و موجب ناپایداری اکوسیستم‌ها در این کشورها می‌گردد دلایل اصلی این ناپایداری به رشد جمعیت، آلودگی‌ها، کشاورزی متراکم و حداکثر بهره‌برداری از منابع مربوط می‌شود (برد، ۲۰۰۵). برخی از این آلودگی‌ها زوال‌پذیر بوده و به‌آسانی تجزیه شده و تقلیل داده می‌شوند مانند مواد زائد کشاورزی؛ ولی برخی از آلاینده‌ها مانند فلزات سنگین، زوال‌ناپذیرند (رجایی و همکاران، ۱۳۹۱) که بیش‌تر این فلزات نه تنها برای حیات بیولوژیکی ضروری نیستند، بلکه خاصیت سمی بالایی دارند. یکی از مسائل اساسی در ارتباط با فلزات عدم متابولیزه شدن آن‌ها در بدن می‌باشد (هادی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). منابع اصلی فلزات سنگین معمولاً پساب‌های صنعتی حاصل از کارخانه‌های تولیدی، آب فلزکاری و معادن می‌باشد، سایر منابع این فلزات در آب‌های سطحی، فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و همچنین آب‌های حاصل از شست و شوی جاده‌ها است (کفیل‌زاده، ۱۳۸۴؛ Stanley، ۱۹۹۹).

نرخ رشد صید و میزان تولید از منابع دریایی (آب‌های شور و لب‌شور) به‌دلیل صید بی‌رویه و یا غیرمسئولانه، آلاینده‌های غیرزیستی (هیدروکربورهای نفتی، سموم نباتی و فلزات سنگین)، تهدیدات بیولوژیک (کشندهای سرخ حاصل از شکوفایی فیتوپلانکتون‌های سمی)، کاهش نزولات جوی و

به‌دنبال آن کاهش دبی آب رودخانه‌ها و عوامل بازدارنده مهاجرت‌های طبیعی ماهیان و تخریب زیستگاه‌ها، کاهش یافته و گواه آن، کاهش صید ماهیان از ۶۲۵۵۰ تن در سال ۱۳۸۰ به ۳۷۸۳۱ تن در سال ۱۳۹۰ می‌باشد. به‌طوری‌که اگر روند کاهش میزان صید ادامه داشته باشد در آینده خسارت‌های بیش‌تر اقتصادی از نظر میزان صید ایجاد خواهد شد (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۱). ارزیابی پروری در دو دهه اخیر بیش‌ترین رشد را بین سایر بخش‌های تولید غذا نشان می‌دهد. براساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی بین ۷۰ سیستم پرورشی، تنها منبعی است که بیش‌ترین انگیزش را برای فقرزدایی دارد (مطالعات طرح جامع توسعه ارزیابی پروری در آب‌های داخلی، ۱۳۸۰). در این میان، پرورش ماهی یکی از راهکارهای انتخابی برای برآوردن نیازهای غذایی و به‌ویژه پروتئینی انسان است. پرورش ماهی از جمله فعالیت‌های تولیدی است که می‌تواند نقش عمده‌ای در افزایش تولید ماهی و در نتیجه اشتغال‌زایی، ارز آوری، استفاده مطلوب از منابع آبی، افزایش سرانه مصرف و به تبع آن بهره‌مندی آحاد جامعه از مزایای غذایی و پزشکی و جلوگیری از سوء تغذیه داشته باشد (صالحی، ۱۳۸۲). اکنون ماهی‌ها به‌عنوان یک منبع مهم غذایی که سلامت و اختصاصات تغذیه‌ای مفیدی برخوردار هستند، به‌حساب می‌آیند. اما محصولات حاصل از صنعت ارزیابی پروری که در آب‌های شیرین تولید می‌گردند، همراه با مخاطرات شیمیایی بالقوه متعددی هستند که بر حسب سیستم‌های مدیریتی و زیست‌محیطی متفاوت می‌باشد. آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین نیز به‌عنوان مخاطراتی تعریف شده‌است که سلامتی محصولات حاصل از ارزیابی پروری را تهدید می‌کنند. علل اصلی نگرانی‌های مربوط به عدم سلامت مواد غذایی می‌تواند در ارتباط با عملیات ارزیابی پروری نامناسب، آلودگی محیط زیست و ... باشد. از آنجایی‌که ارزیابی پروری به‌عنوان بخش بزرگی از تولید مواد غذایی محسوب می‌گردد لذا ارزیابی مناسب وضعیت و کنترل هرگونه مخاطره در رابطه با سلامتی مواد غذایی اهمیت موضوع را دو چندان افزایش می‌دهد (سقلی، ۱۳۸۷). وجود ماهی و سایر آبزیان در هرم غذایی بخشی از بار آلودگی ناشی از آلاینده‌های آب را در طول زمان به انسان انتقال می‌دهد (ماهانان، ۲۰۱۳). پیشرفت‌های سریع تکنولوژی علاوه بر تخریب منابع اولیه و زیست‌محیطی، هزاران ترکیب شیمیایی جدید به شکل پساب (فاضلاب) را وارد آب‌های سطحی و



مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی منطقه: بعد از انجام مطالعات

اقلیمی، جغرافیایی و بررسی منطقه مورد نظر، ۷ روستا در حومه منطقه لواسانات به عنوان ایستگاه‌های مورد مطالعه انتخاب شدند (جدول ۱). مساحت منطقه مورد پژوهش برابر ۲۷۴/۷۸ کیلومترمربع بود (شکل ۱). در بررسی از اطلاعات شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران مشخص شد که کار پژوهش جامعی بر روی منابع آب مصرفی این مناطق صورت نگرفته است^۱. منطقه مورد مطالعه به لحاظ دارا بودن امکانات و توانایی‌های طبیعی بالقوه همراه با منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی قابل‌ملاحظه و چشم‌اندازهای جذاب اکولوژیکی و واحدهای خاکی نسبتاً حاصل‌خیز و پتانسیل‌های درخور توجه از نظر کشاورزی و گردشگری از اهمیت سکونت‌گاهی و تفریحی اقتصادی بسیار زیادی برخوردار است و از دیرباز این محدوده‌ها مورد توجه بوده است. (جباری‌نژاد کرمانی، ۱۳۸۵). از نظر شرایط آب و هوایی، این منطقه در دسته مناطق نیمه خشک و بیابانی طبقه‌بندی می‌شود (Morris و Wyn، ۲۰۰۵).

جدول ۱: نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (شمالی)	طول جغرافیایی (شرقی)
۱	برگ جهان	۳۵°۵۰'۳۷"	۵۱°۴۴'۰۳"
۲	رسان	۳۵°۴۸'۰۸"	۵۱°۴۵'۲۱"
۳	لواسان بزرگ	۳۵°۴۹'۳۰"	۵۱°۴۶'۵۸"
۴	زردبند	۳۵°۴۹'۰۰"	۵۱°۳۴'۰۰"
۵	نیکنامده	۳۵°۴۹'۰۷"	۵۱°۴۳'۵۲"
۶	کند سفلی	۳۵°۵۱'۵۳"	۵۱°۳۸'۴۹"
۷	راحت آباد	۳۵°۵۳'۴۸"	۵۱°۳۷'۰۱"

نمونه‌برداری از ایستگاه‌ها در طول تمامی روزهای هفته، در شرایط یکسان زمانی، عمق و آب و هوایی، صورت گرفت. از هر ایستگاه در مدت سه ماه، ۱۲ نوبت و در مجموع از ۷ ایستگاه تعیین شده ۸۴ بار نمونه‌برداری انجام شد (Baghvand و Nasrabadi، ۲۰۱۰). آب مصرفی ایستگاه‌های ۵ و ۶ (نیکنامده و کندسفلی) از طریق چاه و بقیه از چشمه تأمین می‌شدند. هر روز پس از نمونه‌برداری‌ها، آماده‌سازی نمونه‌ها صورت گرفته و سپس نمونه‌ها به مجتمع مرجع آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران منتقل شدند.

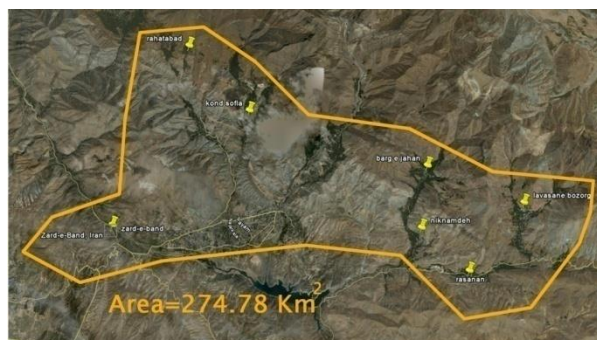
زیرزمینی می‌کنند (موثقی، ۱۳۸۳). هم‌چنین زمین‌های زراعی و مزارع پرورش آبزیان که با این پساب‌ها مشروب می‌شوند، دستخوش این آلودگی‌ها می‌گردند (بهبهانی و امینی، ۱۳۸۳). آب‌های زیرزمینی به‌همان اندازه آب‌های سطحی می‌توانند در معرض خطر آلودگی نیز قرار بگیرند (مهدوی، ۱۳۸۳). مصرف کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات، حشره-کش‌ها و شوینده‌ها سبب ورود این مواد به طبیعت شده‌اند (اسدی و کرباسی، ۱۳۸۵) و از طریق شستشوی زمین‌های زراعی، گیاهان، چاه‌ها و تخلیه در آب‌های سطحی در آلودگی آن‌ها نقش بسیار مهم و اساسی دارند (Jammel، ۲۰۰۹).

رامین و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی غلظت فلزات سنگین در آب کانال محمدیه استان تهران به‌منظور امکان پرورش ماهی پرداختند. نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین سرب، مس، آهن، کادمیوم، روی و جیوه در آب کانال محمدیه در فصول بهار، تابستان و پاییز در تمام ایستگاه‌ها و مقایسه آن‌ها با استانداردهای موجود جهت پرورش ماهی نشان داد که متأسفانه به‌غیر از مس، میزان بقیه فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در اغلب ایستگاه‌ها بالاتر از حد مجاز بود. رضوانی و همکاران (۱۳۹۲)، با ارزیابی میزان آلودگی فلزات سنگین در آبخوان اشتهارد، نشان دادند که هر چند آلودگی دشت به فلزات سنگین در مرز خطر نیست و لیکن ادامه روند آلودگی و وسعت کم آبخوان قطعاً در دراز مدت خطرات زیست‌محیطی زیادی را به‌دنبال خواهد داشت، لذا باید درخصوص آب برگشتی کشاورزی و هم‌چنین دفع اصولی فاضلاب‌های صنعتی اقدام موثری به‌عمل آورد. زینی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب قنات اهرستان یزد مشخص کردند که می‌توان از آب قنات مذکور علاوه بر کشاورزی، برای مصارف دیگر از جمله پرورش ماهی، مصرف حیوانات، آشامیدن، احیاء آسیاب‌های آبی، ایجاد مکان‌های گردشگری و تفریحی استفاده نمود.

ازجمله پتانسیل‌های آبی در استان تهران می‌توان به منابع آبی منطقه لواسانات که در دامنه البرز مرکزی قرار دارد، اشاره داشت. کل آب مصرفی ساکنین این منطقه از منابع آب‌های زیرزمینی که به شکل چشمه و چاه است، تأمین می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی غلظت فلزات سنگین با هدف تعیین میزان غلظت عناصری از قبیل جیوه، کروم و نیکل در آب‌های زیرزمینی منطقه لواسانات به جهت امکان استفاده از منابع آبی مذکور در آبی‌پروری و به‌طور ویژه پرورش ماهی می‌باشد.

^۱ <http://www.abfartehran.ir>





شکل ۱: نقشه موقعیت قرار گرفتن ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه لوسانات (اقتباس از Google earth)

جدول ۲: روش نمونه برداری از آب زیرزمینی روستاها براساس شماره ایستگاه‌ها

روزهای هفته	هفته ۱	هفته ۲	هفته ۳	هفته ۴	هفته ۵	هفته ۶	هفته ۷	هفته ۸	هفته ۹	هفته ۱۰	هفته ۱۱	هفته ۱۲
شنبه	۱	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۷	۶	۵	۴
یکشنبه	۲	۱	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۷	۶	۵
دوشنبه	۳	۲	۱	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۷	۶
سه شنبه	۴	۳	۲	۱	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۷
چهارشنبه	۵	۴	۳	۲	۱	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
پنج شنبه	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۷	۶	۵	۴	۳	۲
جمعه	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۷	۶	۵	۴	۳

با استفاده از روش‌های فوق سعی شده است تا خطاها، تداخل و مزاحمت‌های اندازه‌گیری به حداقل برسند. میزان جرم و حجم‌های به کار رفته نسبی بوده و با توجه به نوع نمونه‌های آب تغییر می‌کنند در پایان غلظت فلزات سنگین جیوه، کروم و نیکل اندازه‌گیری شدند (Grabow, ۲۰۰۸). در اندازه‌گیری‌ها، ابتدا محلول‌های استاندارد هر یک از فلزات تهیه شدند. برای آماده‌سازی محلول استاندارد ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فلز جیوه، ۱/۰۸ گرم اکسید جیوه II را در ۵۰ میلی‌لیتر محلول اسیدکلریدریک ۱:۱ حل کرده سپس با آب مقطر دوبار تقطیر شده به حجم یک لیتر رسانده شد. برای آماده‌سازی محلول استاندارد ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فلز کروم، ابتدا ۳/۳۷۵ گرم کرومات پتاسیم را در آب یا ۱ گرم فلز کروم را در ۵۰ میلی‌لیتر کلریدریک ۱:۱ در حضور گرما حل کرده سپس نمونه تهیه شده را سرد کرده و با آب به حجم یک لیتر رسانده شد. برای آماده‌سازی محلول استاندارد ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فلز نیکل، ۱ گرم فلز نیکل را در ۵۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۱:۱ حل کرده و سپس با آب مقطر دی‌آیونایز (غیریونیزه) به حجم یک لیتر رسانده شد (Aylett, ۲۰۰۳). اندازه‌گیری فلزات جیوه، کروم و نیکل با روش دستگاهی طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) دارای ویژگی‌هایی است که در جدول ۴ نشان داده شده است (Varma, ۲۰۰۵).

در آزمایشگاه ابتدا محلول‌های استاندارد هر یک از فلزات تهیه شده سپس اندازه‌گیری غلظت هر یک از آنها توسط روش دستگاهی جذب اتمی (AAS) صورت گرفت. نمونه‌برداری از ایستگاه‌های تعیین شده با روش چرخشی در تمام روزهای هفته مطابق جدول ۲ انجام شد (Islam and Ahmad, ۲۰۰۸). با استفاده از بطری‌های نانس یک لیتری از آب روستاها نمونه‌برداری شده و در ادامه در ظرف‌های پلاستیکی قرار گرفتند. در ظرف‌ها باید کاملاً بسته و محکم باشند تا از هر گونه تغییر و دگرگونی قبل از زمان آنالیز شیمیایی نمونه‌ها جلوگیری شود (Dezuane, ۲۰۱۰). برای آماده‌سازی نمونه‌ها، ۱۰۰ الی ۲۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آب را در بمب تفلونی ریخته، سپس ۲/۶ گرم اسیدبوریک به آن اضافه کرده تا فلوئوریدهای غیرمحلول حل شوند. به دنبال آن پس از مدت زمانی حرارت دادن، همه محلول را که اکنون شفاف شده درون بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و به حجم رسانده شد. سپس محلول‌های استاندارد، ساخته شده و در پایان با روش دستگاهی طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) با شعله و کوره گرافیتی غلظت فلزات اندازه‌گیری شدند. تداخل و مزاحمت‌هایی که در هنگام سنجش این آلاینده‌ها وجود داشته و نیز روش‌های حذف آن‌ها در جدول ۳ آمده است (Reinhold, ۲۰۱۰).

جدول ۳: تداخلها و مزاحمت‌های اندازه‌گیری (Reinhold, ۲۰۱۰)

نام‌عنصر	تداخل و مزاحمت‌ها	رفع تداخل و مزاحمت‌ها	توضیحات
جیوه (Hg)	تبخیر بخارات جیوه و کاهش حساسیت کار و غلظت بالای کبالت در طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر با این فلز تداخل‌های رزونانسی نشان می‌دهد.	انجام کار در محیط بسته و نیز استفاده از شعله سرد و انحلال در اسیدهای معدنی و یا مخلوط اسیدهای آلی و معدنی در صورت استفاده از شعله هوا-استیلن اضافه کردن ۱ میلی‌لیتر محلول تازه ۰.۲٪ (وزنی- حجمی) SnCl _۲ (کلرید قلع II) به نمونه‌ها	استفاده از شعله سرد (هیدروژن-استیلن) به جای شعله هوا-استیلن هر ۱ گرم بر لیتر کبالت موجود در نمونه‌ها حدود ۱۰٪ از خود جذب نشان می‌دهد معمولاً تغییر روش و نوع شعله اثر تداخل در محیط و نمونه‌ها را کاهش نمی‌دهد. شعله اکسید نیترو-استیلن علاوه بر حذف تداخل‌ها می‌تواند حساسیت کار را نیز افزایش دهد. نمک کلسیم در حذف تداخل‌های فسفات مؤثر است در هنگام استفاده از شعله هوا-استیلن فلزات Ba, Cu, Al, Mg و Ca از خود تداخل نشان می‌دهند.
کروم (Cr)	کبالت، آهن و نیکل	اضافه کردن محلول نمکی ۰.۲٪ نشادر، NH _۴ Cl (کلرید آمونیوم) و محلول نمکی کلسیم	در هنگام استفاده از شعله هوا-استیلن کاتیون‌ها
نیکل (Ni)	کبالت، آهن و کروم	اضافه کردن محلول ۰/۱ مولار EDTA به تمام نمونه‌ها و محلول شاهد	در هنگام استفاده از شعله هوا-استیلن کاتیون‌ها از خود مزاحمتی نشان نمی‌دهند.

جدول ۴: ویژگی‌های اندازه‌گیری فلزات سنگین با روش طیف‌سنجی جذب اتمی (Varma, ۲۰۰۵)

نام پارامتر	جیوه (Hg)	کروم (Cr)	نیکل (Ni)
طول موج (نانومتر)	۲۵۳/۷	۳۵۷/۹	۲۳۲
پهنای شکاف (نانومتر)	۰/۷	۰/۷	۰/۲
نوع لامپ	H.C.L	H.C.L	H.C.L
نوع شعله	هوا-استیلن	اکسیدنیترو-استیلن	هوا-استیلن
حساسیت (میلی‌گرم بر لیتر)	۲/۵-۴/۲	۰/۰۷	۰/۰۶-۰/۱۴
حدشناسایی (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۲۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸
دامنه پهنایی (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۰۰	۵	۷
دومین طول موج (نانومتر)	-	۳۵۹/۴	۲۳۱/۱
دومین حساسیت (میلی‌گرم بر لیتر)	-	۰/۱	۰/۱۵

دقیق فلزات در این پژوهش و به دلیل فراوانی تعداد داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها، میانگین حسابی آن‌ها به تفکیک هر فلز و برای هر یک از ایستگاه‌ها در جدول ۵ تنظیم و ارائه شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهند که ایستگاه‌های شماره ۶ و ۲ (کندسلفی و رسنان) بیش‌ترین تجمع فلزات سنگین Hg, Cr, Ni را دارند و کم‌ترین تجمع غلظت در ایستگاه ۷ (راحت آباد) است. در یک رتبه‌بندی کلی می‌توان تمام ایستگاه‌ها را برحسب کاهش آلودگی از بیش‌ترین به کم‌ترین به ترتیب زیر مرتب کرد:

$$۷ < ۵ < ۱ < ۳ < ۴ < ۲ < ۶$$

با توجه به شکل ۲، برای فلز Hg دامنه تغییرات میانگین غلظت آن ۰/۲۰-۰/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر بوده و میانگین کلی غلظت آن ۰/۱۷۵ میلی‌گرم بر لیتر است بیش‌ترین مقدار آن در

به منظور افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها و دستیابی به غلظت‌های دقیق فلزات در این پژوهش و به دلیل فراوانی تعداد داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها، میانگین حسابی آن‌ها به تفکیک هر فلز و برای هر یک از ایستگاه‌ها تعیین گردید (Jones, ۲۰۰۸). برای تعیین ضریب همبستگی کمینه، بیشینه، میانگین، انحراف معیار، واریانس و آنالیز خوشه‌ای، نتایج از نرم‌افزارهای Explore و Cluster بهره‌گیری شده است (Razmkhah و همکاران، ۲۰۱۰).

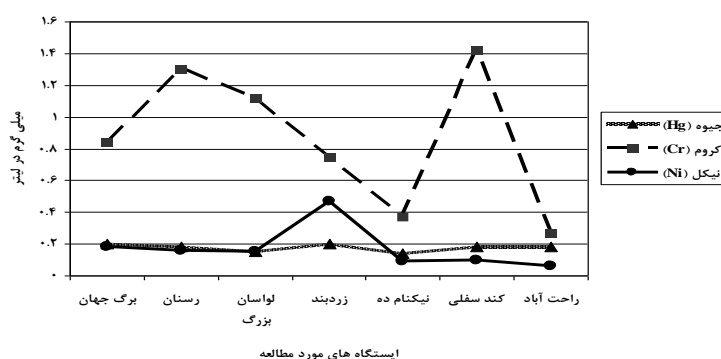
نتایج

مقادیر حاصل از اندازه‌گیری غلظت عناصر جیوه، کروم و نیکل در هر یک از نمونه‌ها به تفکیک ایستگاه‌ها مرتب شدند. به منظور افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها و دستیابی به غلظت‌های



جدول ۵: میانگین غلظت فلزات برحسب میلی گرم بر لیتر (ppm) در ایستگاه‌های تعیین شده

شماره	نام ایستگاه	جیوه (Hg)	کروم (Cr)	نیکل (Ni)
۱	برگ جهان	۰/۲۰	۰/۸۴	۰/۱۸
۲	رستان	۰/۱۸	۱/۳۰	۰/۱۶
۳	لواسان بزرگ	۰/۱۵	۱/۱۲	۰/۱۵
۴	زردبند	۰/۲۰	۰/۷۵	۰/۴۷
۵	نیکناده	۰/۱۴	۰/۳۷	۰/۰۹
۶	کندسغلی	۰/۱۸	۱/۴۲	۰/۱۰
۷	راحت آباد	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۰۶
	کم‌ترین غلظت	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۰۶
	بیش‌ترین غلظت	۰/۲۰	۱/۴۲	۰/۴۷
	دامنه	۰/۰۸	۱/۱۵	۰/۴۱
	میانگین کلی	۰/۱۷۵	۰/۸۷	۰/۱۷۳
	انحراف معیار	۰/۲۵	۰/۳۹	۱/۲۱



شکل ۲: نمودار غلظت عناصر مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

آمد بیش‌ترین مقدار آن در ایستگاه شماره ۴ و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه شماره ۷ ثبت شد. با حرکت از ایستگاه ۱ تا ۳ با کاهش غلظت Ni همراه است ولی در ایستگاه ۴ بیش‌ترین غلظت و از ایستگاه ۵ تا ۷ دوباره از مقدار آن کاسته می‌شود.

بحث

در مطالعات آب‌های زیرزمینی، مساله کیفیت همانند کمیت، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به این‌که تمامی روستاهای منطقه مورد مطالعه بر روی آب‌های زیرزمینی قرار گرفته‌اند، علاوه بر عوامل طبیعی، فعالیت‌های انسان نیز در ابعاد مختلف بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی اثرگذار است. هرچه دامنه فعالیت‌ها گسترده‌تر باشد، امکان تأثیر بر روی کیفیت این منابع آبی بیش‌تر خواهد بود. فلزات سنگین

در ایستگاه‌های ۱ و ۴ با ۰/۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین غلظت آن در ایستگاه ۵ با مقدار ۰/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. روند تغییرات جیوه در این منطقه ناهمگن بوده و نظم خاصی ندارد از ایستگاه ۱ تا ۳ با کاهش غلظت آن روبرو است ولی در ایستگاه شماره ۴ افزایش دارد. دامنه تغییرات میانگین غلظت کروم، ۰/۴۲ - ۰/۲۷ میلی‌گرم بر لیتر و میانگین کلی غلظت آن ۰/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار آن در ایستگاه ۶ با ۱/۴۲ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین غلظت آن در ایستگاه ۷ با مقدار ۰/۲۷ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شد. روند تغییرات Cr تقریباً کاهشی است. به‌طوری‌که غلظت آن از ایستگاه ۲ تا ۵ کاهش یافته، سپس در ایستگاه ۶ به بالاترین میزان رسیده و مجدداً در ایستگاه ۷ به پایین‌ترین مقدار خود می‌رسد. دامنه تغییرات میانگین غلظت نیکل، ۰/۴۷ - ۰/۰۶ میلی‌گرم بر لیتر و میانگین کلی غلظت آن ۰/۱۷۳ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست



بود. در تحقیق دیگری که توسط رجایی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی آب چاه‌های شرب دشت علی‌آباد کتول انجام شد، رابطه آماری معنی‌داری بین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده و استاندارد ملی و بین‌المللی مشاهده نکردند. درحالی‌که در مطالعه اخیر غلظت جیوه، کروم و نیکل بسیار پایین‌تر از مقادیر به‌دست آمده است که با توجه به این‌که مطالعه رجایی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی چاه‌های شرب منطقه روستایی بود این اختلاف طبیعی به‌نظر می‌رسد. در مطالعه‌ای که توسط Tamasi و Cini (۲۰۰۴) با عنوان بررسی غلظت فلزات سنگین آب‌های آشامیدنی کوه آمیانا انجام شد، آنالیز نمونه‌های جمع‌آوری شده نشان داد که به‌طور کلی غلظت عناصر بسیار پایین‌تر از حد مجاز بوده است. در بررسی آلودگی فلزات خطرناک در سیستم‌های آبیاری و آب آشامیدنی در مجاورت منطقه زغال سنگ معدن در شمال غربی بنگلادش که توسط Bhuiyan و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد نتایج به‌دست آمده حاکی از آن بود که بیش از ۵۰ درصد آب‌های زیرزمینی آلوده بودند. مطالعات سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور در سال ۸۱-۱۳۸۰ نشان داد که غلظت بعضی از فلزات سنگین (نیکل، کبالت و کروم) در چشمه‌های استان کردستان بالاتر از حد مجاز و استانداردهای تعیین شده بود (حاجی‌زاده، ۱۳۷۷). جیوه از طریق استخراج معادن جیوه، کارخانجات کاغذسازی، پلاستیک‌سازی، دفع آفات‌نباتی و غیره وارد آب می‌گردد. ترکیبات آلی جیوه بسیار سمی‌تر از ترکیبات معدنی آن هستند. احتمال می‌رود علاوه یکی از مهم‌ترین دلایل بالا بودن غلظت جیوه، فعالیت‌های کشاورزی اطراف منطقه مطالعه است. میانگین کلی غلظت آن ۰/۱۷۵ میلی‌گرم بر لیتر برآورد گردید. کروم عنصری است سمی و سمیت آن به‌اشکال شیمیایی آن بستگی دارد، به طوری‌که کروم شش ظرفیتی سمی‌تر از کروم سه ظرفیتی می‌باشد. فاکتورهای زیستی و غیرزیستی که سبب افزایش کروم شش ظرفیتی می‌شود می‌تواند باعث افزایش سمیت این عنصر در آب گردند. احتمال می‌رود علاوه بر خصوصیات زمین‌شناسی یکی از دلایل بالاتر بودن غلظت کروم، فعالیت‌های کشاورزی اطراف منطقه مطالعه باشد. میانگین غلظت کروم در آب‌های مورد مطالعه ۰/۸۷ میکروگرم بر لیتر به‌دست آمد که بالاتر از حد استاندارد است. غلظت‌های نیکل در محیط زیست به‌علت مصرف سوخت‌های فسیلی ناشی از نیروگاه‌ها، معادن، پالایشگاه‌ها، سوزاندن مواد زائد و پساب بیمارستانی است.

در گروه آلودگی‌های شیمیایی طبقه‌بندی می‌شوند که در اثر تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند این آلاینده‌ها از نوع تجمعی بوده و با مصرف آبزیان به بدن انسان منتقل می‌شوند (Kurerishy, ۲۰۰۹). فلزات سنگین از نیمه‌عمر زیستی بالایی برخوردار بوده و با تجمع در آب و انتقال به زنجیره غذایی، بعد از ورود به بدن در بافت‌های نرم از جمله کلیه و کبد ذخیره می‌گردند. بعضی از این فلزات مشکوک به سرطان‌زایی بوده و نیاز به ملاحظات خاص در استفاده از منابع آب آلوده دارند. مثلاً تجمع جیوه در کبد و کلیه باعث ایجاد مسمومیت در مغز و اختلال در سامانه اعصاب شده و تا حد مرگ پیش می‌رود. کروم، عنصری است تجمعی و موجب ورم ریه، ایجاد حساسیت‌های پوستی می‌گردد. نیکل نیز در صورت انباشته شدن در بدن باعث تورم اندام‌ها و سرطان می‌شود (Rommelmann و همکاران، ۲۰۰۴؛ Rhoades و همکاران، ۱۹۹۲). در مقایسه با استانداردهای زیست محیطی آبزیان و نتایج حاصل از آنالیز خوشه‌ای این عناصر غلظت جیوه و کروم در رده بسیار آلوده و غلظت نیکل در دسته آلوده طبقه‌بندی می‌شوند هم‌چنین با بررسی ضرایب همبستگی عناصر در این پژوهش نشان می‌دهد که آلودگی کروم، جیوه و نیکل در این منطقه بیش‌تر منشاء کشاورزی، باغبانی و پسابی داشته که این آلودگی‌ها ناشی از تخلیه فاضلاب‌ها و پساب‌های شهری خانگی، کشاورزی و صنعتی منطقه مورد مطالعه به درون این آب‌ها می‌باشند. تجمع زیاد این فلزات به‌شدت محیط زیست، آبزیان، اکوسیستم آبی و ساکنین این منطقه را آلوده کرده و سلامتی و جنبه‌های بهداشتی آن‌ها را تهدید می‌کنند (Nabibidhendi, ۲۰۰۷). با توجه به نتایج به‌دست آمده، در یک رتبه‌بندی کلی می‌توان تمام ایستگاه‌ها را برحسب آلودگی از بیش‌ترین به کم‌ترین به‌ترتیب زیر مرتب کرد:

کندسفلی <رسان <لواسان بزرگ <زردبند <برگ‌جهان <نیک‌نامه <راحت‌آباد
سازمان‌های بین‌المللی WHO (سازمان جهانی بهداشت) و EPA (آژانس حفاظت از محیط زیست) و سازمان حفاظت محیط زیست ایران استانداردهای زیست‌محیطی آبزیان را تعیین کرده‌اند (جدول ۶). Bsm (۲۰۰۷)، نسبت به بررسی غلظت فلزات سنگین در آب ۳۶۴ چاه منطقه باتینای عمان اقدام نمود که نتیجه حاصل از آن نشان‌دهنده افزایش غلظت بیش از استاندارد کروم در ۸۰٪ این چاه‌ها بود. علت آلودگی آن‌ها فعالیت‌های صنعتی در منطقه و تخریب برخی صخره‌های منطقه به‌علت شرایط آب و هوایی شناخته شد. در این تحقیق نیز غلظت کروم در ایستگاه‌های مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد



جدول ۶: مقادیر حد مجاز و استانداردهای غلظت فلزات سنگین در محیط زیست آبریزان

منبع	مقادیر مجاز آلاینده (میلی گرم در لیتر یا ppm)			ردیف
	نیکل (Ni)	کروم (Cr)	جیوه (Hg)	
WHO (۱۹۸۹)	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۱
EPA (۱۹۷۷)	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۲
سازمان حفاظت محیط زیست (۱۳۷۸)	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۵	۳
Boyd (۱۹۹۸)	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۴
Wedemeyer (۱۹۹۷)	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۵
Piper و همکاران (۱۹۸۲)	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۶

۵. جباری نژاد کرمانی، م.ا.، ۱۳۸۵. بررسی تاثیر عوامل ژئومورفولوژیک در توسعه فیزیکی لواسان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی. ۱۱۹ صفحه.
۶. حاجی زاده، ی.، ۱۳۷۷. تعیین آلودگی منابع آب آشامیدنی زیر زمینی تبریز از نظر فلزات سنگین. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران. ۱۱۳ صفحه.
۷. رامین، م.؛ دوستدار، م.؛ نجف پور، ش. و اسماعیلی، ف.، ۱۳۹۴. بررسی فلزات سنگین، سموم کشاورزی در آب کانال محمدیه استان تهران به منظور امکان پرورش ماهی. محیط زیست جانوری. سال ۷، شماره ۱، صفحات ۱۳۱ تا ۱۳۸.
۸. رجایی، ق.؛ پور خباز، ع. و حصارى مطلق، س.، ۱۳۹۱. ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین منابع آب زیر زمینی دشت علی آباد کتول. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. دوره ۴، شماره ۲، صفحات ۱۵۵ تا ۱۶۲.
۹. رضوانی، م.؛ قربانیان، ا.ع.؛ نوجوان، م. و صهبا، م.، ۱۳۹۲. ارزیابی میزان آلودگی فلزات سنگین (کادمیوم، کبالت، سرب، روی و منگنز) در آبخوان اشتهارد. فصلنامه علوم و مهندسی محیط زیست. سال ۱، شماره ۱، صفحات ۱۳ تا ۲۱.
۱۰. زینی، م.؛ قانعیان، م.ت.؛ طالبی، پ.؛ شیخ علیشاهی، س.؛ شریفی، م.؛ گودرزی، ب. و مالی، ف.، ۱۳۸۷. بررسی وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب قنات اهرستان یزد و ارائه پیشنهادات آموزشی. فصلنامه پژوهشی دانشکده بهداشت یزد. سال ۷، شماره ۱ و ۲، صفحات ۳۶ تا ۴۳.
۱۱. سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۷۸. ضوابط و استانداردهای زیست محیطی. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست ایران. تهران. ۲۹ صفحه.
۱۲. سالنامه آماری شیلات ایران. ۱۳۹۱. اداره آمار صید شیلات ایران. سازمان شیلات ایران. معاونت برنامه ریزی. ۶۰ صفحه.
۱۳. سقلی، م.، ۱۳۸۷. تجزیه و تحلیل مخاطرات و کنترل نقاط بحرانی در آبی پرووری. نشریه توان. مجله کانون مهندسان ایرانی مقیم اتریش. شماره ۱، صفحات ۱۶ تا ۲۰.
- با توجه به این که در منطقه پارامترهای فوق وجود ندارد بنابراین احتمال می رود غلظت نیکل موجود در آب مربوط به ویژگی های زمین شناسی منطقه باشد. نیکل یکی از فلزات سنگین بوده که در محیط های آبی بیشترین تحرک و انتقال را دارد. ترکیبات محلول در آب نظیر کلرید نیکل، سولفات نیکل و نیترات نیکل از ترکیبات قابل بررسی از لحاظ بهداشتی می باشد. در تحقیقی که وحید دستجردی و همکاران (۱۳۸۸) بر روی آب تالاب گاوخونی انجام دادند میانگین غلظت نیکل ۴۸۰ میکروگرم بر لیتر به دست آمد که بسیار بیش تر از میانگین غلظت این فلز در منطقه مورد مطالعه (۰/۱۷۳ میکروگرم بر لیتر) بود. با توجه به غلظت های اندازه گیری شده عناصر فوق در منابع آبی زیرزمینی روستاهای مورد نظر و مقایسه آن ها با مقادیر استاندارد بین المللی و ایران در حال حاضر برای مصارف آشامیدن و استخرهای پرورش ماهی مناسب نبوده و تنها برای مصارف عمومی، همگانی و شستشو توصیه می شوند (Barati, ۲۰۱۰).

منابع

۱. اسدی، ن. و کرباسی، ع.، ۱۳۸۵. محیط زیست و شاخص آلودگی. ماهنامه آبریزان. سال ۵، شماره ۴، صفحات ۶۰ تا ۷۱.
۲. اسدی سامانی، ن.، ۱۳۸۴. میزان فلزات سنگین در آب، رسوب و ماهی کفشک در آب های شور. فصلنامه علمی شیلات ایران. سال ۶، شماره ۲، صفحات ۱۴ تا ۲۶.
۳. برد، ک.، ۲۰۰۵. شیمی محیط زیست. ترجمه: عابدینی، م.، ۱۳۸۷. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ۵۹۵ صفحه.
۴. بهبهانی، ا.ح. و امینی رنجبر، غ.ح.، ۱۳۸۳. بررسی فلزات سنگین در دوکفه ای مرواریدساز آب های شور به روش طیف سنجی جذب اتمی، فصلنامه علمی شیلات ایران. سال ۵، شماره ۳، صفحات ۴۰ تا ۵۳.



۱۴. صالحی، ح.، ۱۳۸۲. بازاریابی کلید موفقیت آبی‌پروری، چاپ اول، معاونت تکثیر و پرورش شیلات ایران. تهران. ۹۸ صفحه.
۱۵. کفیل‌زاده، ف.، ۱۳۸۴. بررسی غلظت کادمیم، روی، مس، آهن و نیکل در رودخانه خشک شیراز و برخی از محصولات کشاورزی مجاور. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۸، شماره ۴، صفحات ۶۷ تا ۷۵.
۱۶. کمالی‌زاد، ع.، ۱۳۸۸. راهنمای آب. انتشارات علمی ایران. تهران. ۸۱ صفحه.
۱۷. ماناهان، س.، ۲۰۱۳. شیمی محیط زیست. ترجمه: نوری، ج.، ۱۳۹۰. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. تهران. ۲۲۷ صفحه.
۱۸. مطالعات طرح جامع توسعه آبی‌پروری در آب‌های داخلی. ۱۳۸۰. پیشینه تاریخی و روند گسترش آبی‌پروری آب‌های داخلی کشور. دفتر مطالعات جامع. شرکت سهامی شیلات ایران. تهران. ۹۸ صفحه.
۱۹. موثقی، ش.، ۱۳۸۳. تصفیه آب‌های آشامیدنی و صنعتی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۶۳ صفحه.
۲۰. مهدوی، م.، ۱۳۸۳. هیدرولوژی کاربردی. جلد ۱. انتشارات دانشگاه تهران. ۸۵ صفحه.
۲۱. وحید دستجردی، م.؛ شعبان‌زاده، س.؛ ثنایی، ا. و روزه‌گر، ر.، ۱۳۸۸. بررسی و مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین در آب، خاک و گیاهان تالاب گاوخونی طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۲. دوازدهمین کنفرانس بهداشت محیط زیست. دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. صفحات ۲۳۷۰ تا ۲۳۷۹.
۲۲. هادی‌زاده، ح.؛ بخشی، ع.؛ عامل‌بشارتی، ج. و جعفر‌زاده، ف.، ۱۳۸۸. بررسی هیدروژئوشیمی و ژئوشیمی رسوبات کواترنر غرب مشهد (از بند گلستان تا روستای کاهو) با هدف سنجش عناصر سمی موجود در خاک و آب. شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی. ۸۷ صفحه.
23. Ahmad, M. and Islam, K., 2008. Heavy metals in water, sediment and some fishes of Buriganga River. Intl. Jor of envt. Vol. 4, pp: 321-332.
24. Aylett, B.J., 2003. The chemistry of Pb, Cd and Hg. Pergamon press. 95 p.
25. Baghvand, A. and Nasrabadi, T., 2010. Ground water quality degradation of an aquifer in Iran central desert. Desalination. Vol. 260, pp: 264-275.
26. Barati, A.H., 2010. Multi trace elements level in surface water and the prevalence of multi poisoning in Iran. Skin of the envt. Vol. 408, pp: 1523-1529.
27. Bhuiyan, M.A.H.; Islam, M.A.; Dampare, S.B.; Parvez, L. and Suzuki, S., 2010. Evaluation of hazardous metal pollution in irrigation and drinking water systems in the vicinity of a coal mine area of northwestern Bangladesh. J Haz Mat. Vol. 179, No. 1-3, pp: 1065-77.
28. Boyd, C.E., 1998. Water Quality for Pond Aquaculture. Research and Development Series No. 43. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 235 p.
29. Bsma, Y., 2007. Heavy metal levels in tap water in Batina Region Oman. International Journal of Environmental and Pollution (IJEP). Vol. 31, pp: 1-2.
30. EPA. 1977. Process design manual for land treatment of municipal wastewater. Report 625/1-77-008. Us Environment Protection Agency, Circinnatei, Ohio. 371 p.
31. Grabow, M., 2008. Water science and technology. Pub VCH. pp: 175-180
32. Jammel, A., 2009. Evaluation of physicochemical parameters of ground water, Journal of hazardous materials. Vol. 166, No. 2-3, pp: 662-674.
33. Jones, W., 2008. Annual book of ASTM Standards part B₁ water and waste water. 325 p.
34. Kurerishy, T., 2009. Concentration of heavy metals in marine organisms around Qatar. Vol. 27, pp: 183-186.
35. Morris, G. and Wyn, J., 2005. Water science and technology. Mc grow hill pub. pp: 157-160.
36. Nabibidhendi, G., 2007. Influence of heavy metals on surface water quality. Intel journal of science and technology. Vol. 4, No. 1, pp: 85-91.
37. Pereira, L.S.; Cordery, I. and Iacovides, I., 2009. Groundwater Use and Recharge. Coping with Water Scarcity. Springer Science. Chapter 7, pp: 133-174.
38. Piper, R.G.; Mcelwain, L.E.; Orme, J.P.; Maccraren, L.G. and Leonard, J.R., 1982. Fish Hatchery management, United States Department of the interior fish and wildlife service. Washington DC. 279 p.
39. Ramakrishna, R.M.; Janardhana, R.N.; Venkatarami, R.Y. and Reddy, T.V.K., 2000. Water resources development and management in the Cuddapah district, India. j. of Environmental Geology. Vol. 39, pp: 342-352.
40. Razmkhah, H.; Abrishamchi, A. and Torkian, A., 2010. Evaluation of spatial and temporal variation in water quality by pattern recognition techniques: A case study on Jajrood River (Tehran, Iran). Journal of Environmental Management. Vol. 91, pp: 852-860
41. Rhoades, J.D.; Kandiah, A. and Mashali, A.M., 1992. Report of the Committee on water quality criteria. U.S.EPA, Federal Water Pollution Control Administration, US, Department of the interior. 381 p.
42. Rommelmann, D.W.; Duranceu, S.J.; Stahl, M.W.; Kamnikar, C. and Gonzales, R.M., 2004. Industrial Water Quality Requirements Reclaimed Water. AWWA Research Foundation. 209 p.
43. Stanley, E., 1999. Environmental chemistry. 7th edition lewis publishers, Washington D.C. 238 p.
44. Tamasi, G. and Cini, R., 2004. Heavy metals in drinking waters from Mount Amiata (Tuscany, Italy). Possible risks from arsenic for public health in the Province of Siena. Sci Tot Environ. Vol. 327, No. 1-3, pp: 41-51.
45. Wedemeyer, G.A., 1997. Effects of rearing conditions on the health and Physiological quality of fish in intensive culture. Fish stress and health in Aquaculture. Soc. Exp. Biol. Semin.ser.62. Cambridge University, Press.UK. pp: 35-71.
46. WHO. 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture. Technical Report No. 778. WHO. Geneva, 74 P.

