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

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

تاریخ دریافت: بهمن 1393 تاریخ پذیرش: خرداد 1394

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، 7 ایستگاه نمونه‌برداری (به‌ترتیب: برگ جهان، رسنان، لواسان بزرگ، زرد بند، نیکنام ده، کندسفلی و راحت آباد) تعیین شدند. سپس نمونه‌های آب جمع‌آوری شده با استفاده از روش طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) با شعله و کورهٔ 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 غلظت-ها، روند تغییرات جیوه در این نمونه‌ها ناهمگون است ونظم خاصی ندارد. همچنین بیش‌ترین غلظت کروم در ایستگاه کندسفلی 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 وکم‌ترین 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، آبزی‌پروری، 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 مرحلهٔ بحرانی قرار دارد (رضوانی و همکاران، 1392). آب‌هاي زيرزميني كه بخشي از چرخه آب را تشكيل مي‌دهند، بخش مهمي از آب‌هاي پويا و تجديدپذير جهان به‌شمار مي‌آيند (Ramakrishna و همكاران، 2000) و ذخاير قابل اطميناني براي تامين آب مورد نياز در تكميل منابع براي مواقع بحراني به‌عنوان ذخاير استراتژيك محسوب مي‌شوند (Pereira و همكاران، 2009). مشکل کمبود آب و کیفیت آن برای مصارف کشاورزی، شیلات، صنعتی و شرب مشکلات متعددی را برای مردم دنیا ایجاد کرده است (اسدی‌سامانی، 1384). با توجه به ثابت بودن منابع آب‌هاي تجديد شونده، حفظ این منابع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و به تبع رشد روزافزون صنایع آلاینده در محیط زیست انساني، این

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: farhang.farahmand@yahoo.com

منابع در معرض آلودگي‌هاي مختلفي قرار دارند. بهره‌برداری ناپایدار از منابع آبی در کشورهای در حال توسعه تهدید جدی برای توسعة انسانی است (کمالی-زاد، 1388) 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، 2005). برخي از اين آلودگي‌ها زوال‌پذير بوده و به‌آساني تجزيه شده و تقليل داده مي‌شوند مانند مواد زائد كشاورزي؛ ولي برخي از آلاينده‌ها مانند فلزات سنگين، زوال ناپذيرند (رجايي و همكاران، 1391) كه بيشتر اين فلزات نه تنها براي حيات بيولوژيكي ضروري نيستند، بلكه خاصيت سمي بالايي دارند. يكي از مسائل اساسي در ارتباط با فلزات عدم متابوليزه شدن آن‌ها در بدن مي‌باشد (هادي‌زاده و همكاران، 1388). منابع اصلي فلزات سنگين معمولاً پساب‌هاي صنعتي حاصل از كارخانه‌های توليدي، آب فلزكاري و معادن مي‌باشد، ساير منابع اين فلزات در آب‌هاي سطحي، فاضلاب‌هاي شهري، كشاورزي و هم‌چنين آب‌هاي حاصل از شست و شوي جاده‌ها است (كفيل‌زاده، 1384؛ Stanley، 1999).

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 62550 تن در سال1380 به 37831 تن در سال 1390 می‌باشد. به‌طوری‌که اگر روند کاهش میزان صید ادامه داشته باشد در آینده خسارت‌های بیشتر اقتصادی از نظر میزان صید ایجاد خواهد شد (سالنامه آماري شيلات ايران، 1391). آبزی‌پروری 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 آبزی‌پروری در آب‌های داخلی، 1380). در اين ميان، پرورش ماهي يكي از راهكارهاي انتخابي براي برآوردن نيازهاي غذايي و به‌ويژه پروتئيني 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، 1382). اکنون ماهی‌ها به‌عنوان یک منبع مهم غذایی که سلامت و اختصاصات تغذیه‌ای مفیدی برخوردار هستند، به‌حساب می‌آیند. اما محصولات حاصل از صنعت آبزی‌پروری 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 شده است که سلامتی محصولات حاصل از آبزی‌پروری را تهدید می‌کنند. علل اصلی نگرانی‌های مربوط به عدم سلامت مواد غذایی می‌تواند در ارتباط با عملیات

آبزی‌پروری نامناسب، آلودگی محیط زیست و .... باشد. از آن‌جایی‌که آبزی‌پروری به‌عنوان بخش بزرگی از تولید مواد غذایی محسوب می‌گردد لذا ارزیابی مناسب وضعیت و کنترل هرگونه مخاطره در رابطه با سلامتی‌مواد غذایی اهمیت موضوع را دو چندان افزایش می‌دهد (سقلی، 1387). 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، 2013). پیشرفت‌های سریع تکنولوژی علاوه بر تخریب منابع اولیه و زیست‌محیطی، هزاران ترکیب شیمیایی جدید به شکل پساب (فاضلاب) را وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌کنند (موثقی، 1383). هم‌چنین زمین‌های زراعی و مزارع پرورش آبزیان که با این پساب‌ها مشروب
می‌شوند، دستخوش این آلودگی‌ها می‌گردند (بهبهانی و امینی، 1383). آب‌های زیرزمینی به‌همان اندازه آب‌های سطحی
می‌توانند در معرض خطر آلودگی نیز قرار بگیرند (مهدوی، 1383). مصرف کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات، حشره‌کش‌ها و شوینده‌ها سبب ورود این مواد به طبیعت شده‌اند (اسدی و کرباسی، 1385) و از طریق شستشوی زمین‌های زراعی، گیاهان، چاه‌ها و تخلیه در آب‌های سطحی در آلودگی آن‌ها نقش بسیار مهم و اساسی دارند (Jammel، 2009).

رامین و همکاران (1394)، به بررسي غلظت فلزات سنگین در آب کانال محمدیه استان تهران به منظور امکان پرورش ماهي 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 متاسفانه به‌غیر از مس، میزان بقیه فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در اغلب ایستگاه‌ها بالاتر از حد مجاز بود. رضوانی و همکاران (1392)، با ارزیابي میزان آلودگي فلزات سنگین در آبخوان اشتهارد، نشان دادند که هر چند آلودگي دشت به فلزات سنگین در مرز خطر نیست و لیکن ادامه روند آلودگي و وسعت کم آبخوان قطعاً در دراز مدت خطرات زیست‌محیطي زیادي را به‌دنبال خواهد داشت، لذا باید درخصوص آب برگشتي کشاورزي و هم‌چنین دفع اصولي فاضلاب‌هاي صنعتي اقدام موثري به‌عمل آورد. زیني و همکاران (1387) با بررسي وضعیت فیزیکي، شیمیایي و میکروبي آب قنات اهرستان یزد مشخص کردند که می‌توان از آب قنات مذکور علاوه بر کشاورزي، براي مصارف دیگر از جمله پرورش ماهي، مصرف حیوانات، آشامیدن، احیاء آسیاب‌هاي آبي، ایجاد مکان‌هاي گردشگری و تفریحي 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 می شود. هدف از این پژوهش، بررسی غلظت فلزات سنگین با هدف تعیین میزان غلظت عناصري از قبیل جیوه، کروم و نیکل در آب‌های زیرزمینی منطقه لواسانات به جهت امکان استفاده از منابع آبی مذکور در آبزی‌پروری و به‌طور ویژه پرورش ماهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی منطقه: بعد از انجام مطالعات اقلیمی، جغرافیایی و بررسی منطقه مورد نظر، 7 روستا در حومه منطقه لواسانات به عنوان ایستگاه‌های مورد مطالعه انتخاب شدند (جدول 1). مساحت منطقه مورد پژوهش برابر 274/78 کیلومترمربع بود (شکل 1). در بررسی از اطلاعات شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران مشخص شد که کار پژوهش جامعی بر روی منابع آب مصرفی این

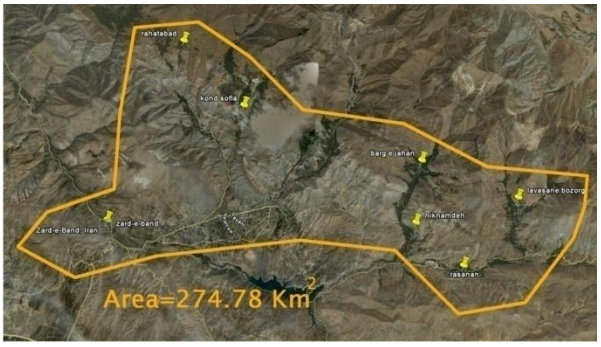
مناطق صورت نگرفته است[1]. منطقه مورد مطالعه به لحاظ دارا بودن امکانات و توانایی‌هاي طبیعي بالقوه همراه با منابع آب‌هاي سطحي و زیرزميني قابل‌ملاحظه و چشم اندازهاي جذاب اکولوژیکي و واحدهاي خاکي نسبتاً حاصل‌خیز و پتانسیل‌هاي درخور توجه از نظر کشاورزي و گردشگری از اهمیت سکونتگاهي و تفریحي اقتصادي بسیار زیادي برخوردار است و از دیرباز این محدوده‌ها مورد توجه بوده است. (جباري‌نژادکرماني، 1385). از نظر شرایط آب و هوایی، این منطقه در دسته مناطق نیمه خشک و بیابانی طبقه‌بندی می‌شود (Morris و Wyn، 2005).

جدول 1: نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (شمالی)	طول جغرافیایی (شرقی)
1	برگ جهان	35°50'37″	51°44'02″
2	رسنان	35°48'08″	51°45'21″
3	لواسان-بزرگ	35°49'30″	51°46'58″
4	زردبند	35°49'00″	51°34'00″
5	نیکنامده	35°49'07″	51°43'52″
6	کند سفلی	35°51'53″	51°38'49″
7	راحت آباد	35°53'48″	51°37'01″

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، 12 نوبت و در مجموع از 7 ایستگاه تعیین شده 84 بار نمونه‌برداری انجام شد (Baghvand و Nasrabadi، 2010). آب مصرفی ایستگاه‌های 5 و 6 (نیکنام‌ده و کندسفلي) 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.

[1] http://www.abfartehran.ir



شکل 1: نقشه موقعیت قرار گرفتن ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه لواسانات (اقتباس از Google earth)

جدول 2: روش نمونه برداری از آب زیرزمینی روستاها براساس شماره ایستگاه‌ها

روزهای هفته	هفته 1	هفته 2	هفته 3	هفته 4	هفته 5	هفته 6	هفته 7	هفته 8	هفته 9	هفته 10	هفته 11	هفته 12
شنبه	1	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4
یکشنبه	2	1	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5
دوشنبه	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1	7	6
سه شنبه	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1	7
چهارشنبه	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1
پنج شنبه	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2
جمعه	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3

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 2 انجام شد (Ahmad و Islam، 2008). با استفاده از بطری‌های نانسن 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، 2010). برای آماده سازی نمونه‌ها، 100 الی 200 میلی‌لیتر از نمونه آب را در بمب تفلونی ریخته، سپس 2/6 گرم اسیدبوریک به آن اضافه کرده تا فلوئوریدهای غیرمحلول حل شوند. به‌دنبال آن پس از مدت زمانی حرارت دادن، همه محلول را که اکنون شفاف شده درون بالن حجمی 100 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 3 آمده است (Reinhold، 2010).

با استفاده از روش‌های فوق سعی شده است تا خطاها، تداخل و مزاحمت‌های اندازه‌گیری به‌حداقل برسند. میزان جرم و حجم‌های به‌کار رفته نسبی بوده و با توجه به نوع نمونه‌های آب تغییر می‌کنند در پایان غلظت فلزات سنگین جیوه، کروم و نیکل اندازه‌گیری شدند (Grabow، 2008). در اندازه‌گیری‌ها، ابتدا محلول‌های استاندارد هر یک از فلزات تهیه شدند. برای آماده‌سازی محلول استاندارد 1000 میلی‌گرم بر لیتر فلز جیوه، 1/08 گرم اکسید جیوه II را در 50 میلی-لیتر محلول اسیدکلریدریک 1:1 حل کرده سپس با آب مقطر دوبار تقطیر شده به حجم یک لیتر رسانده شد. برای آماده‌سازی محلول استاندارد

1000 میلی‌گرم بر لیتر فلز کروم، ابتدا 3/375 گرم کرومات پتاسیم را در آب یا 1 گرم فلز کروم را در 50 میلی‌لیتر کلریدریک 1:1 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 1000 میلی‌گرم بر لیتر فلز نیکل، 1 گرم فلز نیکل را در 50 میلی‌لیتر اسیدنیتریک 1:1 حل کرده و سپس با آب مقطر دی آیونایز (غیریونیزه) به حجم یک لیتر رسانده شد (Aylett، 2003). اندازه‌گیری فلزات جیوه، کروم و نیکل با روش دستگاهی طیفسنجی جذب اتمی (AAS) دارای ویژگی‌هایی است که در جدول 4 نشان داده شده است (Varma، 2005).

جدول3: تداخل‌ها و مزاحمت‌های اندازه‌گیری (Reinhold، 2010)

نام-عنصر	تداخل و مزاحمت‌ها	رفع تداخل و مزاحمت‌ها	توضیحات
جیوه (Hg)	تبخیر بخارات جیوه و کاهش حساسیت کار و غلظت بالای کبالت در طول موج 253/7 نانومتر با این فلز تداخل‌های رزونانسی نشان می‌دهد.	انجام کار در محیط بسته و نیز استفاده از شعلهٔ سرد و انحلال در اسیدهای معدنی و یا مخلوط اسیدهای آلی و معدنی در صورت استفاده از شعلهٔ هوا-استیلن اضافه کردن 1 میلی‌لیتر محلول تازه 20% (وزنی- حجمی) $SnCl_2$ (کلرید قلع II) به نمونه‌ها	استفاده از شعلهٔ سرد (هیدروژن-استیلن) به‌جای شعلهٔ هوا-استیلن هر 1 گرم بر لیتر کبالت موجود در نمونه‌ها حدود 10% از خود جذب نشان می‌دهد معمولاً تغییر روش و نوع شعله اثر تداخل در محیط و نمونه‌ها را کاهش نمی‌دهد.
کروم (Cr)	کبالت، آهن و نیکل	اضافه کردن محلول نمکی 2% نشادر، NH_4Cl (کلریدآمونیوم) و محلول نمکی کلسیم	شعلهٔ اکسید نیترو-استیلن علاوه بر حذف تداخل‌ها می‌تواند حساسیت کار را نیز افزایش‌دهد. نمک کلسیم در حذف تداخل‌های فسفات مؤثر است در هنگام استفاده از شعلهٔ هوا- استیلن فلزات Cu، Ba، Al، Mg و Ca از خود تداخل نشان می‌دهند.
نیکل (Ni)	کبالت، آهن و کروم	اضافه کردن محلول 0/1 مولار EDTA به تمام نمونه‌ها و محلول شاهد	در هنگام استفاده از شعلهٔ هوا- استیلن کاتیون‌ها از خود مزاحمتی نشان نمی‌دهند.

جدول 4: ویژگی‌های اندازه‌گیری فلزات سنگین با روش طیفسنجی جذب اتمی (Varma، 2005)

نام پارامتر	جیوه (Hg)	کروم (Cr)	نیکل (Ni)
طول موج (نانومتر)	253/7	357/9	232
پهنای شکاف (نانومتر)	0/7	0/7	0/2
نوع لامپ نوع شعله	H.C.L هوا-استیلن	H.C.L اکسیدنیترو-استیلن	H.C.L هوا-استیلن
حساسیت (میلی‌گرم بر لیتر)	2/4-5/2	0/07	0/14-0/06
حدشناسایی (میلی‌گرم بر لیتر)	0/28	0/005	0/008
دامنه بهینگی (میلی‌گرم بر لیتر)	200	5	7

دومین طول موج (نانومتر)	-	359/4	231/1
دومین حساسیت (میلی‌گرم بر لیتر)	-	0/1	0/15

به‌منظور افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها و دستیابی به غلظت‌های دقیق فلزات در این پژوهش و به‌دلیل فراوانی تعداد داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها، میانگین حسابی آن‌ها به تفکیک هر فلز و برای هر یک از ایستگاه‌ها تعیین گردید (Jones، 2008). 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، 2010).

نتایج

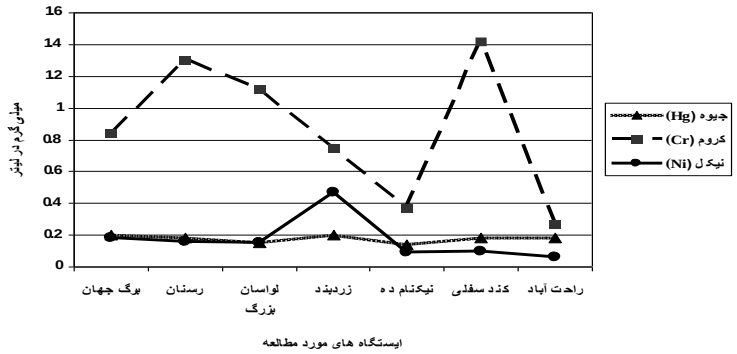
مقادیر حاصل از اندازه‌گیری غلظت عناصر جیوه، کروم و نیکل در هر یک از نمونه ها به تفکیک ایستگاه ها مرتب شدند. به منظور افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها و دستیابی به غلظت‌های دقیق فلزات در این پژوهش و به‌دلیل فراوانی تعداد داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها، میانگین حسابی آن‌ها به تفکیک هر فلز و برای هر یک از ایستگاه‌ها در جدول 5 تنظیم و ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهند که ایستگاه‌های شماره 6 و 2 (کندسفلی و رسنان) بیشترین تجمع فلزات سنگین Hg، Cr، Ni را دارند و کم‌ترین تجمع غلظت در ایستگاه شماره 7 (راحت آباد) است. در یک رتبه‌بندی کلی می‌توان تمام ایستگاه‌ها را برحسب کاهش آلودگی از بیشترین به کم‌ترین به‌ترتیب زیر مرتب کرد:

ایستگاه 6> ایستگاه 2> ایستگاه 4> ایستگاه 3> ایستگاه 1> ایستگاه 5> ایستگاه 7.

با توجه به شکل 2، برای فلز Hg دامنهٔ تغییرات میانگین غلظت آن 0/20- 0/14 میلی‌گرم بر لیتر بوده و میانگین کلی غلظت آن 0/175 میلی‌گرم بر لیتر است بیش‌ترین مقدار آن در

جدول 5: میانگین غلظت فلزات برحسب میلی گرم بر لیتر (ppm) در ایستگاه‌های تعیین شده

شماره	نام ایستگاه	جیوه (Hg)	کروم (Cr)	نیکل (Ni)
1	برگجهان	0/20	0/84	0/18
2	رسنان	0/18	1/30	0/16
3	لواسان بزرگ	0/15	1/12	0/15
4	زردبند	0/20	0/75	0/47
5	نیکنام‌ده	0/14	0/37	0/09
6	کندسفلی	0/18	1/42	0/10
7	راحت آباد	0/18	0/27	0/06
	کم‌ترین غلظت	0/14	0/27	0/06
	بیشترین غلظت	0/20	1/42	0/47
	دامنه	0/08	1/15	0/41
	میانگین کلی	0/175	0/87	0/173
	انحراف معیار	0/25	0/39	1/21



شکل 2: نمودار غلظت عناصر مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

در ایستگاه‌های 1 و 4 با 0/20 میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین غلظت آن در ایستگاه 5 با مقدار 0/14 میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. روند تغییرات جیوه در این منطقه ناهمگن بوده و نظم خاصی ندارد از ایستگاه 1 تا 3 با کاهش غلظت آن روبرو است ولی در ایستگاه شماره 4 افزایش دارد. دامنهٔ تغییرات میانگین غلظت کروم، 1/42- 0/27 میلی‌گرم بر لیتر و میانگین کلی غلظت آن 0/87 میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. بیشترین مقدار آن در ایستگاه 6 با 1/42 میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین غلظت آن در ایستگاه 7 با مقدار 0/27 میلی‌گرم بر لیتر ثبت شد. روند تغییرات Cr تقریباً کاهشی است. به‌طوری‌که غلظت آن از ایستگاه 2 تا 5 کاهش یافته، سپس در ایستگاه 6 به بالاترین میزان رسیده و مجدداً در ایستگاه 7 به پایین‌ترین مقدار خود می‌رسد. دامنهٔ تغییرات میانگین غلظت نیکل، 0/47- 0/06 میلی‌گرم بر لیتر و میانگین کلی غلظت آن 0/173 میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد بیشترین مقدار آن در ایستگاه شماره 4 و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه شماره 7 ثبت شد. با حرکت از ایستگاه 1 تا 3 با کاهش غلظت Ni همراه است ولی در ایستگاه 4 بیش‌ترین غلظت و از ایستگاه 5 تا 7 دوباره از مقدار آن کاسته می‌شود.

بحث

در مطالعات آب‌هاي زيرزميني، مساله كيفيت همانند كميت، از اهميت ويژه‌اي برخوردار است. با توجه به اين‌كه تمامی روستاهای منطقه مورد مطالعه برروي آب‌هاي زيرزميني قرار گرفته‌اند، علاوه بر عوامل طبيعي، فعاليت‌هاي انسان نيز در ابعاد مختلف برروي كيفيت آب‌هاي زيرزميني اثرگذار است. هرچه دامنه فعاليت‌ها گسترده‌تر باشد، امكان تأثير بر روي كيفيت اين منابع آبی بيشتر خواهد بود. فلزات سنگين در گروه آلودگی‌های شيميايی طبقه‌بندی می‌شوند كه در اثر تخليه فاضلاب‌های صنعتی و فعاليت‌های كشاورزی وارد اكوسيستم‌های آبی می‌شوند اين آلاينده‌ها از نوع تجمعی بوده و با مصرف آبزيان به بدن انسان منتقل می‌شوند (Kurerishy، 2009). فلزات سنگين از نيمه‌عمر زيستي بالايي برخوردار بوده و با تجمع در آب و انتقال به زنجيره غذايي، بعد از ورود به بدن در بافت‌هاي نرم از جمله كليه و كبد ذخيره مي‌گردند. بعضي از اين فلزات مشكوك به سرطان‌زايي بوده و نياز به ملاحظات خاص در استفاده از منابع آب آلوده دارند. مثلاً تجمع جيوه در كبد و كليه باعث ايجاد مسموميت در مغز و اختلال در سامانه اعصاب شده و تا حد مرگ پيش می‌رود. كروم، عنصري است تجمعي و موجب ورم ريه، ايجاد حساسيت‌هاي پوستي می‌گردد. نيكل نيز در صورت انباشته شدن در

بدن باعث تورم اندام‌ها و سرطان می‌شود (Rommelmann و همکاران، 2004؛ Rhoades و همکاران، 1992). در مقایسه با استانداردهای زیست محیطی آبزیان و نتایج حاصل از آنالیز خوشه‌ای این عناصر غلظت جیوه و کروم در ردهٔ بسیار آلوده و غلظت نیکل در دستهٔ 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، 2007). 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>رسنان>لواسان‌بزرگ>زردبند>برگ-جهان>نیکنام‌ده>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 6). Bsma (2007)، نسبت به بررسی غلظت فلزات سنگین در آب 364 چاه منطقه باتیناي عمان اقدام نمود که نتیجه حاصل از آن نشان‌دهنده افزایش غلظت بیش از استاندارد کروم در 80% این چاه‌ها بود. علت آلودگی آن‌ها فعالیت‌هاي صنعتی در منطقه و تخریب برخی صخره‌هاي منطقه به‌علت شرایط آب و هوایی شناخته شد. در این تحقیق نیز غلظت کروم در ایستگاه‌های مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد بود. در تحقیق دیگری که توسط رجایي و همکاران (1390) بر روي آب چاه‌هاي شرب دشت علي‌آباد کتول انجام شد، رابطه آماري معني‌داري بین غلظت فلزات اندازه‌گیري شده و استاندارد ملي و بین‌المللي مشاهده نکردند. درحالی‌که در مطالعه اخیر غلظت جیوه، کروم و نیکل بسیار پایین‌تر از مقادیر به‌دست آمده است که با توجه به این‌که مطالعه رجایي و همکاران (1390) بر روي چاه‌هاي شرب منطقه روستایي بود این اختلاف طبیعي به‌نظر مي‌رسد. در مطالعه‌اي که توسط Tamasi و Cini (2004) با عنوان بررسي غلظت فلزات سنگین آب‌هاي آشامیدني کوه آمیاتا انجام شد، آنالیز نمونه‌هاي جمع‌آوري شده نشان داد که به‌طورکلي غلظت عناصر بسیار پایین‌تر از حد مجاز بوده است. در بررسي آلودگي فلزات خطرناك در سیستم‌هاي آبیاري و آب آشامیدني در مجاورت منطقه زغال سنگ معدن در شمال‌غربي بنگلادش که توسط Bhuiyan و همکاران (2010) انجام شد نتایج به‌دست آمده حاکي از آن بود که بیش از 50 درصد آب‌هاي زیرزميني آلوده بودند. مطالعات سازمان زمین‌شناسي واکتشاف معدني کشور در سال 81-1380 نشان داد که غلظت بعضي از فلزات سنگین (نیکل،کبالت وکروم) در چشمه‌هاي استان کردستان بالاتر از حدمجاز و استانداردهاي تعیین شده بود (حاجي‌زاده، 1377). جیوه از طریق استخراج معادن جیوه، کارخانجات کاغذسازي، پلاستیک-سازي، 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، فعالیت-های کشاورزی اطراف منطقه مطالعه است. میانگین کلی غلظت آن 0/175 میلی‌گرم بر لیتر برآورد گردید. کروم عنصری است سمی و سمیت آن به اشکال 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 در آب‌های مورد مطالعه 0/87 میکروگرم برلیتر 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.

جدول 6: مقادیر حد مجاز و استانداردهای غلظت فلزات سنگین در محیط زیست آبزیان

ردیف	مقادیر مجاز آلاینده (میلی‌گرم در لیتر یا ppm)			منبع
	جیوه (Hg)	کروم (Cr)	نیکل (Ni)	
1	0/001	0/05	0/02	WHO (1989)
2	0/001	0/05	0/02	EPA (1977)
3	0/05	0/02	0/01	سازمان حفاظت محیط زیست (1378)
4	0/001	0/05	0/02	Boyd (1998)
5	0/002	0/001	0/005	Wedemeyer (1997)
6	0/002	0/001	0/005	Piper و همکاران (1982)

با توجه به این‌که در منطقه پارامترهای فوق وجود ندارد بنابراین احتمال می‌رود غلظت نیکل موجود در آب مربوط به ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه باشد. نیکل یکی از فلزات سنگین بوده که در محیط‌های 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 می‌باشد. در تحقیقی که وحیددستجردی و همکاران (1388) بر روی آب تالاب گاوخونی انجام دادند میانگین غلظت نیکل 480 میکروگرم بر لیتر به‌دست آمد که بسیار بیشتر از میانگین غلظت این فلز در منطقه مورد مطالعه (0/173 میکروگرم بر لیتر) بود. با توجه به غلظت‌های اندازه‌گیری شده عناصر فوق در منابع آبی زیرزمینی روستاهای موردنظر و مقایسه آن‌ها با مقادیر استاندارد بین‌المللی و ایران در حال حاضر برای مصارف آشامیدن و استخرهای پرورش ماهی مناسب نبوده و تنها برای مصارف عمومی، همگانی و شستشو توصیه می‌شوند (Barati، 2010).

منابع

1. **اسدی، ن. و کرباسی، ع.، 1385.** محیط زیست و شاخص آلودگی. ماهنامه آبزیان. سال5، شماره 4، صفحات 60 تا 71.
2. **اسدی‌سامانی، ن.، 1384.** میزان فلزات سنگین در آب، رسوب و ماهی کفشک در آب‌های شور. فصلنامهٔ علمی شیلات ایران. سال 6، شماره 2، صفحات 14 تا 26.
3. **برد، ک.، 2005.** شیمی محیط زیست. ترجمه: عابدینی، م.، 1387. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. تهران. 595 صفحه.
4. **بهبهانی، ا.ح. و امینی‌رنجبر، غ.ح.، 1383.** بررسی فلزات سنگین در دوکفه‌ای مرواریدساز آب‌های شور به‌روش طیف سنجی جذب اتمی، فصلنامهٔ علمی شیلات ایران. سال 5، شماره 3، صفحات 40 تا 53.
5. **جباري‌نژادکرماني، ا.م.، 1385.** بررسي تاثير عوامل ژئومورفولوژيك در توسعه فيزيكي لواسان. پايان‌نامه كارشناسي ارشد. دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران مركزي. 119صفحه.
6. **حاجي‌زاده، ي.، 1377.** تعيين آلودگي منابع آب آشاميدني زير زميني تبريز از نظر فلزات سنگين.

پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکي تهران. 113 صفحه.

7. **رامین، م.؛ دوستدار، م.؛ نجفپور، ش. و اسماعیلی، ف.، 1394.** بررسي فلزات سنگین، سموم کشاورزي در آب کانال محمدیه استان تهران به منظورامکان پرورش ماهي. محیط زیست جانوری. سال 7، شماره 1، صفحات 131 تا 138.

8. **رجایي، ق.؛ پورخباز، ع. و حصاري‌مطلق، س.، 1391.** ارزیابي ریسك سلامت فلزات سنگین منابع آب زیر زمیني دشت علي‌آباد کتول. مجله دانشگاه علوم پزشکي خراسان شمالي. دوره 4، شماره 2، صفحات 155 تا 162.

9. **رضواني، م.؛ قربانیان، ا.ع.؛ نوجوان، م. و صهبا، م.، 1392.** ارزیابي میزان آلودگي فلزات سنگین (کادمیوم، کبالت، سرب، روي و منگنز) در آبخوان اشتهارد. فصلنامه علوم و مهندسي محیط زیست. سال 1، شماره 1، صفحات 13 تا 21.

10. **زیني، م.؛ قانعیان، م.ت.؛ طالبي، پ.؛ شیخ‌علیشاهي، س.؛ شریفي، م.؛ گودرزي، ب. و مالي، ف.، 1387.** بررسي وضعیت فیزیکي، شیمیایي و میکروبي آب قنات اهرستان یزد و ارائه پیشنهادات آموزشي. فصلنامة پژوهشي دانشکده بهداشت یزد. سال 7، شماره 1 و 2، صفحات 36 تا 43.

11. **سازمان حفاظت محیط زیست. 1378.** ضوابط و استانداردهای زیست محیطی. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست ایران. تهران. 29 صفحه.

12. **سالنامه آماري شیلات ایران. 1391.** اداره آمار صید شیلات ایران. سازمان شیلات ایران. معاونت برنامه‌ریزي. 60 صفحه.

13. **سقلی، م. 1387.** تجزیه و تحلیل مخاطرات و کنترل نقاط بحرانی در آبزی‌پروری. نشریه توان. مجله کانون مهندسان ایرانی مقیم اتریش. شماره 1، صفحات 16 تا 20.

14. **صالحي، ح.، 1382.** بازاریابي کلید موفقیت آبزي‌پروري، چاپ اول، معاونت تکثیر و پرورش شیلات ایران. تهران. 98 صفحه.

15. **کفیل‌زاده، ف.، 1384.** بررسي غلظت کادمیم، روي، مس، آهن و نیکل در رودخانه خشك شیراز و برخي از محصولات کشاورزي مجاور. مجله علوم و تکنولوژي محیط زیست. دوره 8، شماره 4، صفحات 67 تا 75.

16. **کمالی‌زاد، ع.، 1388.** راهنمای آب. انتشارات علمی ایران. تهران. 81 صفحه.

17. **ماناهان، س.، 2013.** شیمی محیط زیست. ترجمه: نوری، ج.، 1390. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. تهران. 227 صفحه.

18. **مطالعات طرح جامع توسعه آبزی‌پروری در آبهای داخلی. 1380.** پیشینه تاریخی و روند گسترش آبزی‌پروری آبهای داخلی کشور. دفتر مطالعات جامع. شرکت سهامی شیلات ایران. تهران. 98 صفحه.

19. **موثقی، ش.، 1383.** تصفیه آبهای آشامیدنی و صنعتی. انتشارات دانشگاه شیراز. 163 صفحه.

20. **مهدوی، م.، 1383.** هیدرولوژی کاربردی. جلد1. انتشارات دانشگاه تهران. 85 صفحه.

21. **وحید دستجردی، م.؛ شعبان‌زاده، س.؛ ثنایی، ا. و روزه‌گر، ر.، 1388.** بررسی و مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین در آب، خاک و گیاهان تالاب گاوخونی طی سال‌های 85-1382. دوازدهمین کنفرانس بهداشت محیط زیست. دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. صفحات 2370 تا 2379.

22. **هادي‌زاده، ح.؛ بخشي، ع.؛ عامل-بشارتي، ج. و جعفر زاده، ف.، 1388.** بررسي هیدروژئوشیمي و ژئوشیمي رسوبات کواترنر غرب مشهد (از بند گلستان تا روستاي کاهو) با هدف سنجش عناصر سمي موجود در خاك و آب. شرکت سهامي آب منطقه‌اي خراسان رضوي. 87 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 manicipal 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 B_1 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 puplishers, 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.