مطالعه‌ی بعضی از خواص فیزیکی و شیمیایی و اندازه گیری فلزات سنگین سرب و کادمیم در سه چشمه آبگرم لاویج چمستان

عسکر نعمتی مقدم * [۱]، حسین غفوریان [۲] و غلامرضا امینی رنجبر [۳]

۱- گروه محیط زیست دریا ، دانشکده علوم و فنون دریایی ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال و سازمان آموزش و پرورش استان مازندران، آمل

۲و ۳- گروه محیط زیست دریا ، دانشکده علوم و فنون دریایی ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۴

چکیده

در این پژوهش سه چشمه ی آبگرم کریمی (۱) ، ایران زمین (۲) و حسینی (۳) منطقه لاویج چمستان در استان مازندران با مشخصات طول جغرافیایی ً۲۷و۰۴و°۵۲ – ً۱۷و۵۸ و° ۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ً۱۶و۲۴و°۳۶ – ً۱۲و۵۹ و° ۳۶ شمالی مورد بررسی قرار گرفته اند. نمونه برداری از چشمه ها جهت تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی (تعیین کل مواد معدنی محلول (TDS)، هدایت الکتریکی(Ec)، اسیدیته (pH) ، دما ، مزه و بو) و مقدار کاتیون سرب(Pb^{2+}) و کادمیم(Cd^{2+}) انجام شد. از مقایسه میانگین TDS چشمه ها مشخص شد که در چشمه ی شماره(۱) مواد معدنی بیش تری حل شده است. غلظت کاتیون ها به کمک دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید. در بررسی آماری نتایج به کمک نرم افزار SPSS، مشخص شد که بین غلظت کاتیون سرب و هم چنین کاتیون کادمیم در هر سه چشمه اختلاف معنی دار آماری وجود ندارد و مکان نمونه برداری بر میانگین غلظت این دو کاتیون موثر نبوده و رابطه ی آماری بین غلظت کاتیون سرب (x) و کادمیم (y) وجود دارد. در صورتی که این ارتباط و همبستگی بین غلظت کاتیون سرب و کادمیم با دمای آب چشمه ها وجود ندارد. در بررسی آماری نتایج به کمک نرم افزار SPSS، مشخص شد با توجه به حد مجاز اعلام شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست برای کاتیون سرب (۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) و کادمیم (۰/۰۱ میلی گرم در لیتر) و غلظت کاتیون ها ، آلودگی کاتیون های سرب و کادمیم در این سه چشمه وجود دارد.

واژگان کلیدی

کاتیون‌های سنگین، سرب، کادمیم، آبگرم

* نگارنده پاسخگو: anm1389@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

فلزات سنگین فلزاتی هستند که دانسیته ی آن ها بیش تر از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب باشد. در این دسته از فلزها می توان کادمیم، سرب، جیوه، مس، منیزیم، نیکل، قلع، وانادیم و روی را نام برد (دبیری ، ۱۳۸۷).

فلزهای سنگین به صورت یون، در آب محلول می باشند و زمانی که وارد بدن انسان و جانداران دیگر شوند به پروتیین های بدن چسبیده و مانع از انجام فعالیت زیستی آن ها می شوند. نتیجه آن که به سیستم عصبی، کبد، کلیه و دیگر اندام ها آسیب های جدی وارد می کنند(خلخالی و همکاران، ۱۳۸۴).

سرب، عنصر شیمیایی اصلی جدول تناوبی با عدد اتمی ۸۲ است. ظاهری خاکستری رنگ دارد و تقریبا ۰/۰۰۲ درصد از پوسته ی کره ی زمین را تشکیل می دهد. یون پایدار آن به (Pb^{2+}) بوده و به صورت نیترات و کلرات در آب محلول می باشد (روح الهی و همکاران ، ۱۳۸۸). ترکیب های سرب در محیط های آبی بر حسب اندازه به صورت محلول ، کلوئید و ذره های جامد یافت می شوند، به طوری که با افزایش اندازه‌ی آن از میزان محلولیت آن کاسته و بر میزان ترکیب کلوئیدی و ذره ای جامد آن افزوده می شود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

کادمیم، عنصر شیمیایی واسطه ی جدول تناوبی با عدد اتمی ۴۸ است. این عنصر فلزی نرم به رنگ سفید نقره ای براق که یون پایدار آن به صورت یون دو بار مثبت (Cd^{2+}) بوده و به صورت نیترات، کلرات، کلرید، برمید و یدید در آب محلول می باشد (روح الهی و همکاران، ۱۳۸۸). کادمیم به طور یکنواخت در پوسته ی کره ی زمین یافت می شود اما ترکیب های معدنی آن تنها در مناطق ویژه ای از جهان وجود دارد، سنگ معدن روی دارای مقادیر قابل توجهی کادمیم است (اسماعیلی ساری ، ۱۳۸۱).

آب طبیعی معمولی برای تغذیه ی بدن انسان بسیار ضروری است و در صورتی که دارای خواص پزشکی باشد، به نام آب معدنی به مصرف درمانی می‌رسد. آب‌های معدنی، که در نقاط مختلف وجود دارد، هریک تاثیر ویژه ی مربوط به آب همان منطقه را دارد زیرا ترکیبات هر آب معدنی ویژهٔ همان ناحیه است که در آن ظاهر شده است(کیانی،۱۳۸۷).

چشمه ی آبگرم مکانی است که به صورت مداوم آب گرم یا داغ از زمین خارج می‌شود. از دیر باز، این چشمه ها در نگاه مردم دارای خواص درمانی بوده و از آن برای استحمام استفاده می شد (شاه بیگ، ۱۳۷۲ ؛ زنده دل،۱۳۸۴). آلودگی کاتیون های سنگین همواره یکی از آلودگی های مهم آب به شمار می آیند. از آن جایی که میزان دمای آب با انحلال پذیری اکثر مواد جامد محلول در آب رابطه ی مستقیم دارد (مورتیمر، ۱۳۷۶) انتظار می رود، غلظت کاتیون های سنگین در این چشمه ها نیز قابل توجه باشد. درحال حاضر با توجه به افزایش گردشگران به این مناطق و استحمام در این چشمه ها و تماس مستقیم انسان با آب و مواد محلول در آن، آلودگی کاتیون های سنگین آبگرم ها، اهمیت بیش تری پیدا می کند.

هدف از این پژوهش، تعیین غلظت کاتیون های سرب و کادمیم و برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی در آب سه چشمه ی آبگرم دارای حمام بهداشتی منطقه ی لاویج چمستان شهرستان نور و مشخص نمودن وجود یا عدم وجود ارتباط و همبستگی بین کمیت های اندازه گیری شده نسبت به هم و در صورت وجود همبستگی، تعیین یک رابطه ی ریاضی بین کمیت ها می باشد. هم چنین میزان آلودگی کاتیون های سرب و کادمیم نسبت به استاندارد های جهانی مقایسه می گردد.

مواد و روش ها

در این پژوهش سه چشمه ی از پنج چشمه ی آبگرم از منطقه ی لاویج چمستان(۱= کریمی ،۲= ایران زمین، ۳= حسینی) در سال ۱۳۸۹ مورد مطالعه قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

با عبور از جاده ی هراز و جاده آمل - چمستان و راه جنگلی - کوهستانی لاویج در جنوب غربی چمستان می توان به منطقه ی مورد مطالعه رسید. از هر چشمه در سه زمان متفاوت (۱۱خرداد ، ۸ تیر و ۱۲ تیر) و در هر زمان سه بار در ظروف پلی اتیلنی نمونه برداشته شد. در این متن هر نمونه با توجه به شماره چشمه و تاریخ برداشت معرفی می شود. برای مثال نمونه شماره‌ی ۱-۱۳۸۹/۳/۱۱ مربوط به چشمه ی شماره ی ۱ (کریمی) است که تاریخ برداشت آن خردادماه ۱۳۸۹ می باشد.

اندازه گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه ها (TDS، هدایت الکتریکی(EC)، اسیدیته (pH)، دما، مزه و بوی پخش شده) با استفاده از دستگاه های پرتابل pH متر و EC متر شرکت Jenway و دماسنج معمولی برای هر نمونه سه بار انجام شد و میانگین آن ها استخراج گردید. اندازه گیری میزان غلظت کاتیون های سرب و کادمیم به کمک دستگاه جذب اتمی مدل DR۱۷۰۰۰ با تهیه ی محلول های استاندارد در آزمایشگاه دانشکده ی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال انجام شد. برای تهیه ی محلول استاندارد سرب و کادمیم به ترتیب از نمک سرب (II) نیترات و کادمیم (II) نیترات با خلوص ۹۹/۹۹ درصد استفاده شد. ابتدا از هر یک از ترکیبات یک لیتر محلول مادر یک گرم بر لیتر کاتیون های سرب و کادمیم تهیه شد. سپس برای به دست آوردن منحنی کالیبراسیون محلول ۰/۵ میلی گرم در لیتر ، ۲۰ میلی گرم در لیتر و ۵۰ میلی گرم در لیتر از هر کاتیون ساخته شد. با تهیه ی منحنی کالیبراسیون ، غلظت کاتیون های سرب و کادمیم در هر نمونه سه بار اندازه گیری شده و غلظت میانگین کاتیون ها در هر نمونه محاسبه شد. سپس از طریق نرم افزار SPSS و به کمک آزمون واریانس یک طرفه و آزمون Tukey و از طریق روش رگرسیون دو متغیره ساده ، ارتباط و همبستگی بین نتایج مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

جدول شماره‌ی (۱) خواص فیزیکی و شیمیایی به دست آمده از نمونه ها را نشان می دهد.

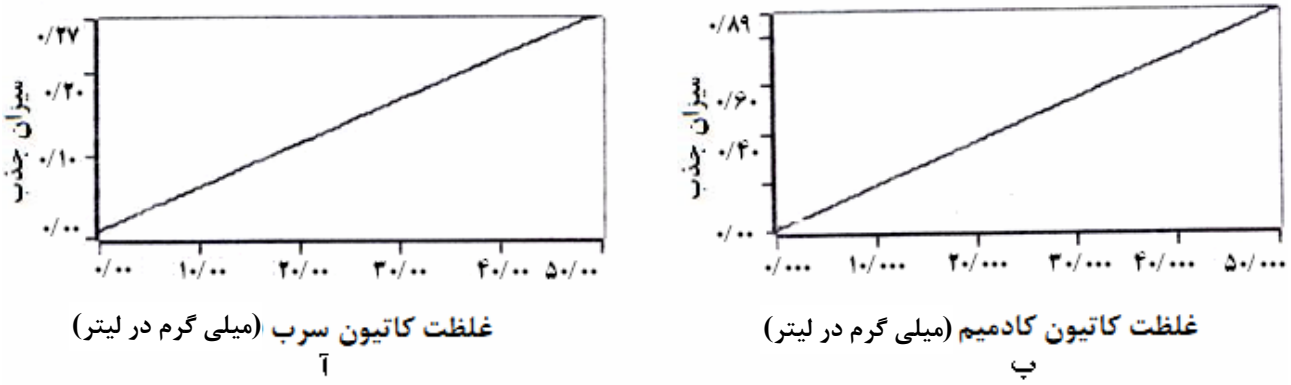
جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه ها ی(۱۱خرداد،۸ تیر،۱۲تیر در سال ۱۳۸۹) در سه چشمه مورد بررسی آبگرم لاویج چمستان

نام چشمه	شماره‌ی نمونه	بو	مزه	میانگین دما (^oC)	میانگین pH	میانگین هدایت الکتریکی Ec ($\mu S/Cm$)	میانگین TDS (میلی گرم در لیتر)
کریمی	۱۳۸۹/۳/۱۱-۱	گوگردی شدید	تلخ	۴۸	۶/۷۳	۳۹۰۰	۱۹۵۰
ایران زمین	۱۳۸۹/۳/۱۱-۲	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۴	۶/۷۵	۳۰۰۰	۱۵۰۰
حسینی	۱۳۸۹/۳/۱۱-۳	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۴	۶/۲۰	۲۲۰۰	۱۱۰۰
کریمی	۱۳۸۹/۴/۸-۱	گوگردی شدید	تلخ	۴۷	۶/۷۰	۳۶۰۰	۱۸۰۰
ایران زمین	۱۳۸۹/۴/۸-۲	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۵	۶/۷۲	۳۰۰۰	۱۵۰۰
حسینی	۱۳۸۹/۴/۸-۳	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۵	۶/۱۵	۲۲۰۰	۱۱۰۰
کریمی	۱۳۸۹/۴/۱۲-۱	گوگردی شدید	تلخ	۴۹	۶/۷۰	۳۷۰۰	۱۷۵۰
ایران زمین	۱۳۸۹/۴/۱۲-۲	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۷	۶/۷۵	۳۱۰۰	۱۵۵۰
حسینی	۱۳۸۹/۴/۱۲-۳	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۷	۶/۲۰	۲۱۵۰	۱۰۷۵

Archive of SID

www.SID.ir

شکل شماره ی (۱) نیز منحنی کالیبراسیون به دست آمده از محلول های استاندارد را که برای تعیین غلظت کاتیون سرب و کادمیم در نمونه به کار رفته است را نشان می دهد.



شکل ۱ - منحنی کالیبراسیون آ) سرب ب) کادمیم

جدول شماره ی (۲) غلظت و اطلاعات آماری کاتیون سرب و کادمیم در هر نمونه که به کمک دستگاه جذب اتمی به دست آمده است را نشان می دهد.

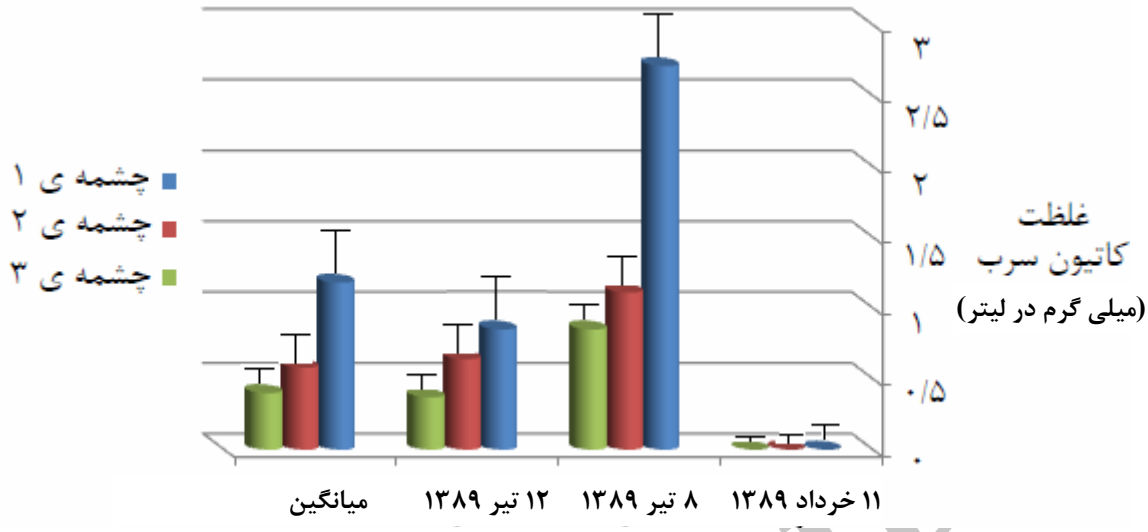
جدول ۲ - غلظت و اطلاعات آماری کاتیون سرب و کادمیم در هر نمونه از چشمه های ۲،۱ و ۳ آبگرم لاویج چمستان در سه نوبت نمونه برداری ۱۳۸۹

شماره ی نمونه	میانگین $[Pb^{2+}]$ (میلی گرم در لیتر)	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین $[Cd^{2+}]$ (میلی گرم در لیتر)	میانگین	انحراف استاندارد
۱۳۸۹/۳/۱۱-۱	۰			۲/۱۴۷		
۱۳۸۹/۴/۸-۱	۲/۷۱	۱/۱۸	۱/۳۸	۴/۹۹۴	۲/۳۹	۲/۴۸
۱۳۸۹/۴/۱۲-۱	۰/۸۵			۰/۰۴		
۱۳۸۹/۳/۱۱-۲	۰			۰/۶۲۰		
۱۳۸۹/۴/۸-۲	۱/۱۱	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۷۲۶	۰/۴۵	۰/۳۹
۱۳۸۹/۴/۱۲-۲	۰/۶۴			۰		
۱۳۸۹/۳/۱۱-۳	۰			۰/۰۸۱		
۱۳۸۹/۴/۸-۳	۰/۸۵	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۰۷۶	۰/۰۵۲	۰/۰۴۵
۱۳۸۹/۴/۱۲-۳	۰/۳۷			۰		

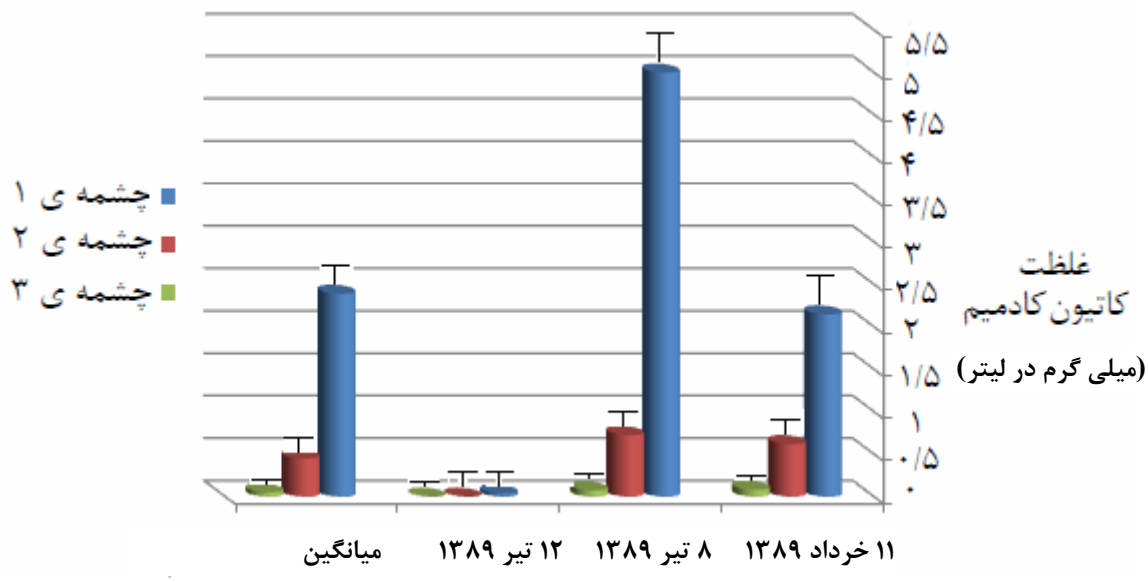
بر این اساس حداکثر غلظت اندازه گیری شده ی کاتیون سرب (۲/۷۱ میلی گرم در لیتر)در نمونه ی شماره ی ۱-۱۳۸۹/۴/۸ و حداقل غلظت اندازه گیری شده کاتیون سرب (۰میلی گرم در لیتر) در نمونه های هر سه چشمه در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۱۱ است (شکل۲). و حداکثر غلظت اندازه گیری شده ی کاتیون کادمیم(۹۹۴/ میلی گرم در لیتر ۴)در نمونه ی شماره ی ۱-۱۳۸۹/۴/۸ و حداقل غلظت اندازه گیری شده کاتیون کادمیم (۰میلی گرم در لیتر) در نمونه های ۲-۱۳۸۹/۴/۱۲ و ۳-۱۳۸۹/۴/۱۲ است (شکل۳).

Archive of SID

www.SID.ir



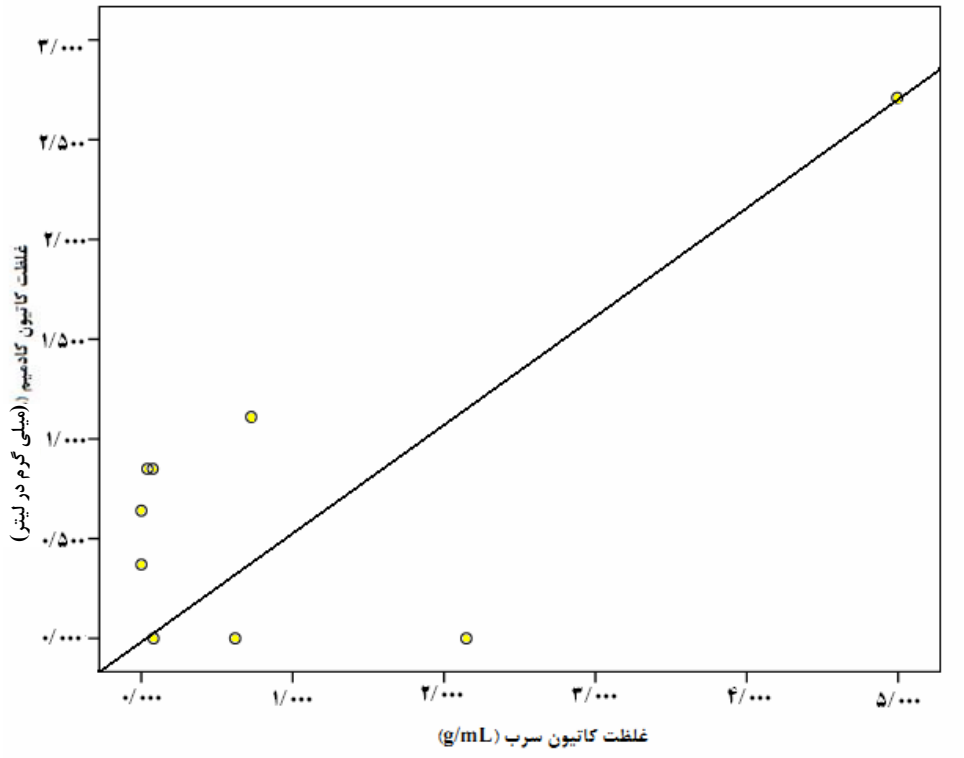
شکل ۲ - مقایسه ی غلظت کاتیون سرب در هر نمونه از چشمه های شماره ی۱ ، ۲ و ۳ آبگرم لاویج چمستان در سه نوبت نمونه برداری با یکدیگر و با مقدار میانگین(آنتنک ها خطای استاندارد را نشان می دهند.)



شکل ۳ - مقایسه ی غلظت کاتیون کادمیم در هر نمونه از چشمه های شماره ی۱ ، ۲ و ۳ آبگرم لاویج چمستان در سه نوبت نمونه برداری با یکدیگر و با مقدار میانگین(آنتنک ها خطای استاندارد را نشان می دهند.)

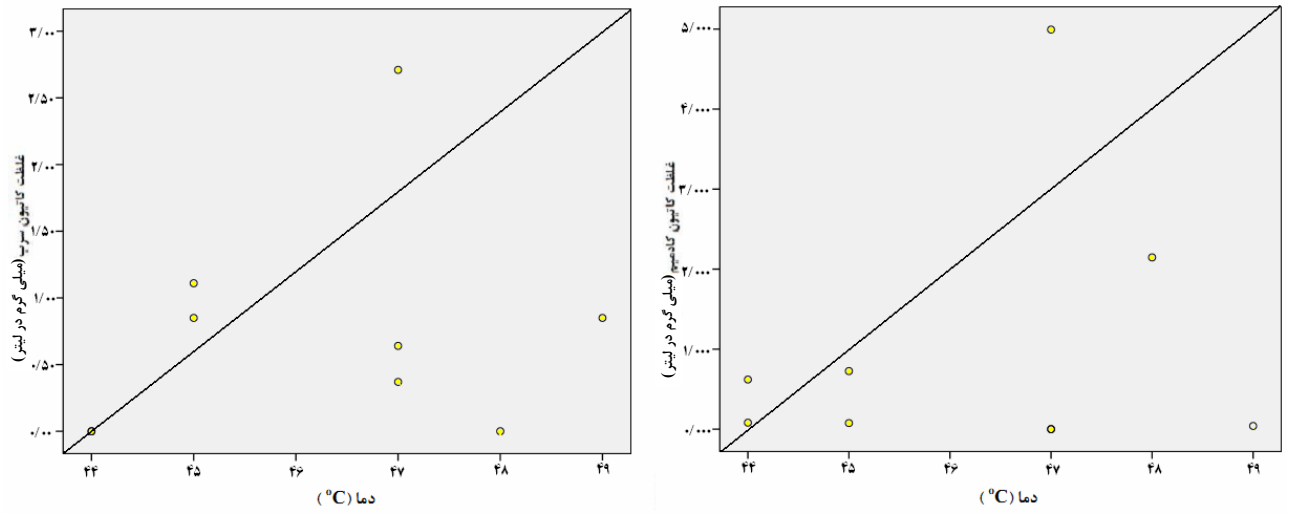
www.SID.ir

شکل شماره ی (۴) نمودار پراکندگی غلظت کاتیون سرب و کادمیم را در هر نمونه نسبت به هم نمایش می دهد.



شکل ۴ – نمودار پراکندگی غلظت کاتیون سرب با غلظت کاتیون کادمیم در هر نمونه از چشمه های شماره ی۱ ، ۲ و ۳ آبگرم لاویج چمستان در سه نوبت نمونه برداری ، ۱۳۸۹

شکل شماره ی (۵ - آ و ب) نمودار پراکندگی غلظت کاتیون سرب و کادمیم را در هر نمونه نسبت به هم نشان می دهد.



ب آ

شکل ۵ – نمودار پراکندگی غلظت کاتیون کادمیم (آ) و سرب (ب) هر نمونه با دمای هر چشمه در چشمه‌های شماره‌ی۱ ، ۲ و ۳ آبگرم لاویج چمستان در سه نوبت نمونه برداری، ۱۳۸۹

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

چشمه‌های آبگرم دارای دمای ۳۵ تا ۷۵ درجه ی سلسیوس هستند (جنیدی،۱۳۴۸). با توجه به میانگین دمای آب در مورد بررسی سه چشمه (چشمه‌ی ۱ ^{o}C ۴۷ ، چشمه ی ۲ و ۳ ^{o}C ۴۵/۳) ، هر سه چشمه در دسته ی آب های گرم قرار می گیرند. مقایسه‌ی میانگین TDS چشمه ها نشان می دهد که میزان TDS چشمه ی شماره ی (۱) از چشمه های (۲ و ۳) به ترتیب به میزان ۱۳/۶درصد و ۴۰/۴۵درصد بیش تر است. این اختلاف در چشمه‌ها می‌تواند تابع مسیر حرکت آب و ساختار لایه های زمین باشد. پس احتمال می رود آب چشمه ی شماره ی (۱) مسیر متفاوتی نسبت به دو چشمه ی دیگر در اعماق زمین طی کرده تا به سطح برسد و به همین دلیل مواد بیش تری در آن حل شده است.

با توجه به شکل های (۲ و ۳) همواره غلظت کاتیون سرب و کادمیم در چشمه ی شماره ی (۱) از دو چشمه ی دیگر بیش تر است. بررسی های انجام شده از طریق آزمون واریانس یک طرفه نرم افزار SPSS نشان داد که اختلاف معنی دار آماری بین میانگین غلظت کاتیون سرب و هم چنین بین میانگین غلظت کاتیون کادمیم در نمونه های هر چشمه وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). هرچند که با توجه به مقادیر بسیار کم غلظت کاتیون های سرب و کادمیم در نمونه ها و محدویت در دقت اندازه گیری، تغییرات غلظت رابطه ای با ساختارهای زمین نمی تواند داشته باشد زیرا امکان ندارد ساختار لایه های زمین از خرداد تا تیرماه تغییر یافته باشند.

به کمک آزمون Tukey نیز ثابت شد که اختلاف معنی دار آماری بین میانگین غلظت کاتیون های سرب و هم چنین بین میانگین کاتیون های کادمیم بین چشمه ی (۱ و ۲) ، چشمه ی (۱ و ۳) و چشمه ی (۲ و ۳) وجود ندارد($P>۰/۰۵$).

کاتیون های سرب و کادمیم عمدتا در پوسته ی کره زمین در کنار یون سولفید به صورت سولفید سرب و سولفید کادمیم وجود دارند(اسماعیلی،۱۳۸۱)، لذا انتظار می رود که بین غلظت کاتیون سرب و کادمیم در نمونه ها ارتباط وجود داشته باشد. در نمودار های پراکندگی، ضریب همبستگی پیرسون (r) یک شاخص عددی است که شدت و جهت رابطه ی خطی بین دو متغیر را نشان می دهد، هر چه تراکم نقاط بیش تر باشد، ضریب همبستگی بالاتر است. از طریق یافتن ضریب همبستگی پیرسون (r) می توان وجود این همبستگی را بررسی کرد (نزدیک بودن $|r|$ به عدد ۱ نشانی از وجود همبستگی است)(یعقوبی،۱۳۸۹ ؛ واس، ۱۳۷۶).

شکل شماره ی (۴) نمودار پراکندگی غلظت کاتیون سرب و کادمیم را در هر نمونه نسبت به هم نشان می دهد با توجه به قدر مطلق ضریب پیرسون در این نمودار که برابر ۰/۷۱۷ است، می توان نتیجه گرفت که پراکندگی داده ها (غلظت کاتیون ها) به خط نزدیک است. مقدار r^2 درصدی از داده ها را که از یک مدل خطی پیروی می کنند مشخص می کند (واس،۱۳۷۶). و از آن جا که مقدار r^2 برابر ۰/۵۱۴ است، تنها ۵۱/۴ درصد از داده ها از مدل خطی پیروی می کنند. بنابراین بین غلظت کاتیون سرب با غلظت کاتیون کادمیم در هر نمونه از چشمه های آبگرم مورد مطالعه ، همبستگی و ارتباط وجود دارد.

طبق روش رگرسیون دو متغیره ساده نیز می توان یک رابطه ی ریاضی بین همبستگی غلظت کاتیون سرب و کادمیم در نظر گرفت(ری بد،۱۳۸۸؛ واس،۱۳۷۶). در رگرسیون دو متغیره ساده به کمک یک معادله ی خطی به صورت $y = b_0 + b_1(x)$ می توان با داشتن غلظت کاتیون سرب در یک نمونه از آب آبگرم لاویج، مقدار غلظت کاتیون کادمیم را برآورد کرد. b_0 در این معادله ثابت رگرسیون و b_1 شیب معادله است که توسط نرم افزار SPSS تعیین می شود. اگر x ا غلظت کاتیون سرب و y غلظت کاتیون کادمیم در نظر گرفته شود با توجه به مقدار به دست آمده برای b_0 (۰/۰۴۸ -) و b_1 (۱/۳۹۶) از طریق نرم افزار SPSS رابطه ی خطی $y = ۱/۳۹۶(x) - ۰/۰۴۸$ به دست می آید که به کمک آن می توان غلظت کاتیون کادمیم (y) را با توجه به غلظت کاتیون سرب(x) اندازه گرفت و از آن جا که مقدار r^2 مشخص

Archive of SID

www.SID.ir

شده از نرم افزار SPSS برابر ۰/۵۱۴ است ،تنها ۵۱/۴ درصد از داده ها از این مدل پیروی می کنند. وزن تاثیرگذاری غلظت کاتیون سرب بر نتیجه (برآورد غلظت کاتیون کادمیم) به کمک ضریب Beta به دست آمده از نرم افزار SPSS مشخص می شود که برابر ۷۱/۷ درصد است. در این رابطه ی خطی مقدار .b معنی دار نیست ، چون مقدار p-value برای .b از ۰/۰۵ بیش تر به دست آمده است که نشان می دهد با تکرار سنجش ممکن است تغییر کند این تغییر می تواند به پراکندگی داده ها و تاثیر گذاری پارامترهای دیگر در معادله مرتبط باشد ولی b_1 معنی دار است، چون مقدار p-value برای b_1 از ۰/۰۵ کم تر است. لذا با تکرار سنجش تغییر نمی کند. قابل ذکر است که در دستیابی به این معادله اگر داده ای تا ۳ برابر انحراف استاندارد معیار باشد به عنوان نقطه ی پرت در نظر گرفته شده است (Webb,2002).

در بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط و همبستگی بین غلظت کاتیون سرب هر نمونه و دمای آب هر چشمه ی آبگرم (شکل ۵ - ب) و هم چنین بین غلظت کاتیون کادمیم هر نمونه و دمای آب هر چشمه ی آبگرم (شکل ۵ - آ) به کمک نرم افزار SPSS مشخص شد که قدر مطلق ضریب پیرسون در مورد کاتیون سرب ۰/۲۳۴(P =۰/۵۴۴) و در مورد کاتیون کادمیم ۰/۲۲۲(P =۰/۵۶۶) بوده و از عدد یک دور و به عدد صفر نزدیک است. لذا می توان نتیجه گرفت که این ارتباط و همبستگی وجود ندارد. مقدار P نیز بیش تر از ۰/۰۵ بوده و این نتیجه گیری را تایید می کند.

حد مجاز کاتیون سرب برای انسان در آب های زیر زمینی که از طرف سازمان حفاظت محیط زیست اعلام شده برابر ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر است.(خلخالی و همکاران، ۱۳۸۴) و میانگین غلظت کاتیون سرب در چشمه های (۱ ، ۲ و ۳) به ترتیب برابر ۱/۱۸ میلی گرم در لیتر ، ۰/۵۸ میلی گرم در لیتر و ۰/۴۰ میلی گرم در لیتر است که همگی از حد مجاز اعلام شده بیش تر هستند به طوری که این غلظت ها در چشمه شماره ی (۱ ، ۲ و ۳) به ترتیب ۸ ، ۱۲ و ۲۴ برابر از حد مجاز بالاتر بوده و این نشان دهنده ی آلودگی کاتیون سرب در سه چشمه مورد مطالعه است.

حد مجاز کاتیون کادمیم نیز برای انسان در آب های زیر زمینی که از طرف سازمان حفاظت محیط زیست اعلام شده برابر ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر است. (خلخالی و همکاران، ۱۳۸۴) و میانگین غلظت کاتیون کادمیم در چشمه های (۱ ، ۲ و ۳) به ترتیب ۲/۳۹ میلی گرم در لیتر ، ۰/۴۵ میلی گرم در لیتر و ۰/۰۵۲ میلی گرم در لیتر است که همگی از حد مجاز اعلام شده بیش تر هستند به طوری که این غلظت ها در چشمه شماره ی (۱ ، ۲ و ۳) به ترتیب ۲۳۹ ، ۴۵ و ۵ برابر از حد مجاز بالاتر بوده و این نشان دهنده ی آلودگی کاتیون کادمیم در سه چشمه مورد مطالعه است.

با توجه به نتایج این پژوهش توصیه می شود گردشگرانی که از آبگرم های لاویج برای استحمام استفاده می کنند این آب را در دهان خود نبرده و ناخواسته آن را ننوشند. هم چنین پیشنهاد می شود که این پژوهش بر روی دو چشمه ی دیگر موجود در این منطقه انجام شود و آلودگی کاتیون های سنگین دیگر مانند جیوه ، کروم ، نیکل و ... نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده ها بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. تهران، ایران.
جنیدی،م.۱۳۴۸. چشمه های معدنی ایران. انتشارات دانشگاه تبریز. تبریز، ایران.
لخالی، م. ، ارشدی، ن. ، عابدینی، م. و سیدی اصفهانی، ع. ۱۳۸۴. شیمی سال اول دبیرستان. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی . تهران، ایران.
دبیری، م. ۱۳۸۷. آلودگی محیط زیست. نشر اتحاد. تهران، ایران.
روح الهی، ا. ، جلیلی، س.، سمعیی، د. و ارشدی، ن. ۱۳۸۸. شیمی۳و آزمایشگاه. شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی . تهران، ایران.
ری بد، آ.۱۳۸۸. آموزش گام به گامSPSS17. انتشارات طاهریان. تهران، ایران.
زنده دل،ح.۱۳۸۴.راهنمای آبدرمانی و چشمه های معدنی ایران. ایرانگردان. تهران، ایران.
شاه بیگ، ا.۱۳۷۲. آبهای گرم و معدنی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. تهران، ایران.
کیانی،ک.۱۳۸۷.خاصیت و محل شناسایی آب های شفابخش معدنی کشور. زرقلم. تهران، ایران.
مورتیمر،چ. ۱۳۷۲. شیمی عمومی. ترجمه: خواجه،ا.، مستشاری،ع. و نفیسی، ج. مرکز نشر دانشگاهی.تهران، ایران.
واس،د.۱۳۷۶. پیمایش در تحقیقات اجتماعی.ترجمه: نایبی،ه. انتشارات غزال. تهران، ایران.
یعقوبی، ح.۱۳۸۹.آموزش شماتیک آنالیز داده ها با SPSS. انتشارات پندارپارس. تهران، ایران.
Webb, A.R.2002. Statistical pattern recognition. John Wiley& Sons Ltd. UK.

Archive of SID

www.SID.ir