Archive of SID

تاثیر کیفیت آب سطحی و میزان فلزات سنگین (Cu, V, Ni و Al) بر زندگی موجودات آبزی در رودخانه گرگان رود

- **حسین باقری:** موسسه ملی اقیانوس شناسی، تهران صندوق پستی:۱۴۱۱۸-۱۳۳۸۹
- ساسان علی‌نژاد: اداره کل محیط زیست استان گلستان، گرگان صندوق پستی: ۴۵۱۸۵-۴۹۱۷۱
- **کاظم درویش بسطامی***: موسسه ملی اقیانوس شناسی، تهران صندوق پستی:۱۴۱۱۸-۱۳۳۸۹
- **ترانه شارمد**: سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران صندوق پستی: ۱۴۹۴-۱۳۱۸۵
- **زهرا باقری:** دانشکده مهندسی عمران محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس، نور صندوق پستی: ۳۹۷-۱۴۱۱۵

تاریخ دریافت: دی ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۸۹

چکیده

آلودگی از مهمترین معضلات جهانی می‌باشد و آلودگی ناشی از فلزات سنگین مهمترین نوع آلودگی‌ها بشمار می رود. با پیشرفت صنایع میزان ورود آلودگی‌ها به اکوسیستم‌ها افزایش می‌یابد. در این مطالعه غلظت فلزات سنگین (Cu, V, Ni و Al) در ۱۵ نقطه از آبهای سطحی در طول رودخانه گرگانرود در فصل بهار سال ۱۳۸۸ و تعیین کیفیت آن براساس دستورالعمل ECE برای زندگی موجودات آبزی مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه نیز از روش Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) استفاده شد. بیشترین و کمترین مقادیر این فلزات سنگین بترتیب ۶۲/۰۷-۰/۲۷ میکروگرم بر لیتر، ۲۹۹-۹ میکروگرم بر لیتر، ۱۲۱/۳۰-۲/۲۰ میکروگرم بر لیتر و ۱۷۲/۹۰-۰/۱۰ میکروگرم بر لیتر بترتیب برای آلومینیوم، نیکل، وانادیوم و مس بدست آمد. نتایج نشان داد که غلظت این عناصر در طول رودخانه از بالادست به پایین دست افزایش می‌یابد. همچنین براساس دستورالعمل ECE (براساس فلزات آلومینیوم، مس و نیکل) برای کیفیت آبهای سطحی و نقش آن بر زندگی موجودات آبزی، آب رودخانه گرگانرود در کلاس ۵ (آلومینیوم و مس) و ۲ (نیکل) طبقه‌بندی می‌شود.

لغات کلیدی: فلزات سنگین، آلودگی، اکوسیستم، گرگانرود

مقدمه

آلودگی یکی از مهمترین مسائل در حفاظت دریاها و حفظ تعادل اکولوژیک آبهاست. شناخت کیفیت شیمیایی آب و همچنین منابع آلاینده آن از ضروریات بررسی میزان آلودگی در یک منطقه محسوب می‌شوند. فلزات سنگین بطور طبیعی در محیط وجود دارند و در سطوح مختلف در آبهای سطحی نیز یافت می‌شوند (۲). براساس اظهارات Mason (۱۹۹۱) امروزه آلودگی فلزات سنگین، یکی از ۵ نوع آلوده‌کننده‌های اصلی و سمی معمول در آبهای سطحی جهان است. از آلوده‌کننده‌های محیطی مهم به آن دسته‌ای می‌توان اشاره کرد که یا در بدن موجودات تجمع می‌یابند، پایداری شیمیایی بالایی در محیط داشته یا تعداد تجزیه‌کننده‌های زیستی آنها در محیط محدود باشد. با توجه به این که این آلوده‌کننده‌ها قدرت حلالیت بالایی

* پست الکترونیکی نویسندهٔ مسئول: darvish_60@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

دارند، بنابراین متحرکهای محیطی بشمار می‌روند (۴). وی اعلام نمود که فلزات سنگین از قبیل سرب، روی، کادمیوم، کروم، جیوه و آرسنیک همه این ویژگی‌ها را داشته و از آلوده‌کننده‌های اصلی آبی بشمار می‌روند. فقط تعداد محدودی از فلزات سنگین عناصر اصلی برای متابولیسم موجودات زنده ضروری هستند (۵). حضور این دسته از فلزات سنگین بیش از مقادیر مجاز برای استانداردهای تعریف شده در محیط، باعث بروز مشکلات و عوارض زیست‌محیطی برای اکوسیستم و ساکنان آن محل می‌گردد. اثر فلزات سنگین روی انسان مختلف بوده و عمده‌ترین آن منجر به بروز اختلالات عصبی می‌شود. موجودات آبزی نیز در معرض سطوح بالای غیرطبیعی از این فلزات قرار می‌گیرند. تاثیرات اولیه آلودگی فلزات سنگین در آبزیان ممکن است قبل از اینکه تغییرات قابل توجه‌ای را در رفتار و علائم ظاهری موجود ایجاد کند در ابتدا فقط در سطح سلولی یا بافتی بروز نماید. به هر حال، افزایش فعالیت‌های انسانی موجب افزایش ورود غلظت‌های مختلفی از هر دو فلزات ضروری و غیرضروری به اکوسیستم‌های آبی طبیعی می‌شود. حوضه آبریز گرگانرود با جهت شرقی- غربی در جنوب شرقی دریای خزر قرار دارد. این حوضه در دامنه‌های شمالی البرز واقع شده و آب حاصل از بارش‌ها و سیستم زهکشی خود را به دریای خزر می‌ریزد. از نظر موقعیت جغرافیایی این حوضه بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی تا ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و بین طولهای ۵۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی قرار دارد. قسمتهای جنوبی و شرقی حوضه دارای کوههای نسبتاً بلند و شیب‌دار بوده که دره‌های نسبتاً عمیقی در آنها ایجاد شده‌اند. اما به سمت شمال از شدت شیب کاسته شده و منطقه حالت دشت به خود گرفته که احتمالاً ناشی از گسترش دریای خزر در این قسمت در دوره‌های گذشته است. بطور کل، در حوضه آبریز گرگانرود و قره‌سو، ۵۴/۰۲ درصد از وسعت حوضه را کوه‌ها تشکیل داده‌اند و ۵/۸۳ درصد از این حوضه، تپه‌ها و ۵/۲۸ درصد را فلاتها و تراس‌های فوقانی و حدود ۱۴/۹۷ درصد را دشت‌های دامنه‌ای، ۱۲ درصد را دشت‌های رودخانه‌ای، ۱۶/۲۵ درصد را اراضی پست و ۱/۶۷ درصد را واریزه‌های بادبزنی شکل تشکیل می‌دهند. در این حوضه، حداکثر ارتفاع در حدود ۳۶۰۰ متر و حداقل آن ۲۶ متر از سطح دریا است. مساحت این حوضه در حدود ۱۰۵۷۰ کیلومترمربع می‌باشد. آبهای سطحی در این حوضه با رژیم برفی– بارانی همراه هستند، بطوریکه رودخانه‌های آنها از کوه‌هایی که بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر ارتفاع دارند، سرچشمه می‌گیرند. لازم به ذکر است که آبدهی این رودخانه در ماههای فروردین و اردیبهشت که زمان ذوب برف است به حداکثر می‌رسد. هدف از این تحقیق، بررسی میزان فلزات مس (Cu)، وانادیوم (V)، نیکل (Ni) و آلومینیوم (Al) در آب رودخانه گرگانرود، تغییرات آن در طول رودخانه، همچنین اثرات فعالیت‌های انسانی روی میزان این فلزات و تعیین کیفیت آب رودخانه گرگانرود برای زندگی موجودات آبزی است.

مواد و روشها

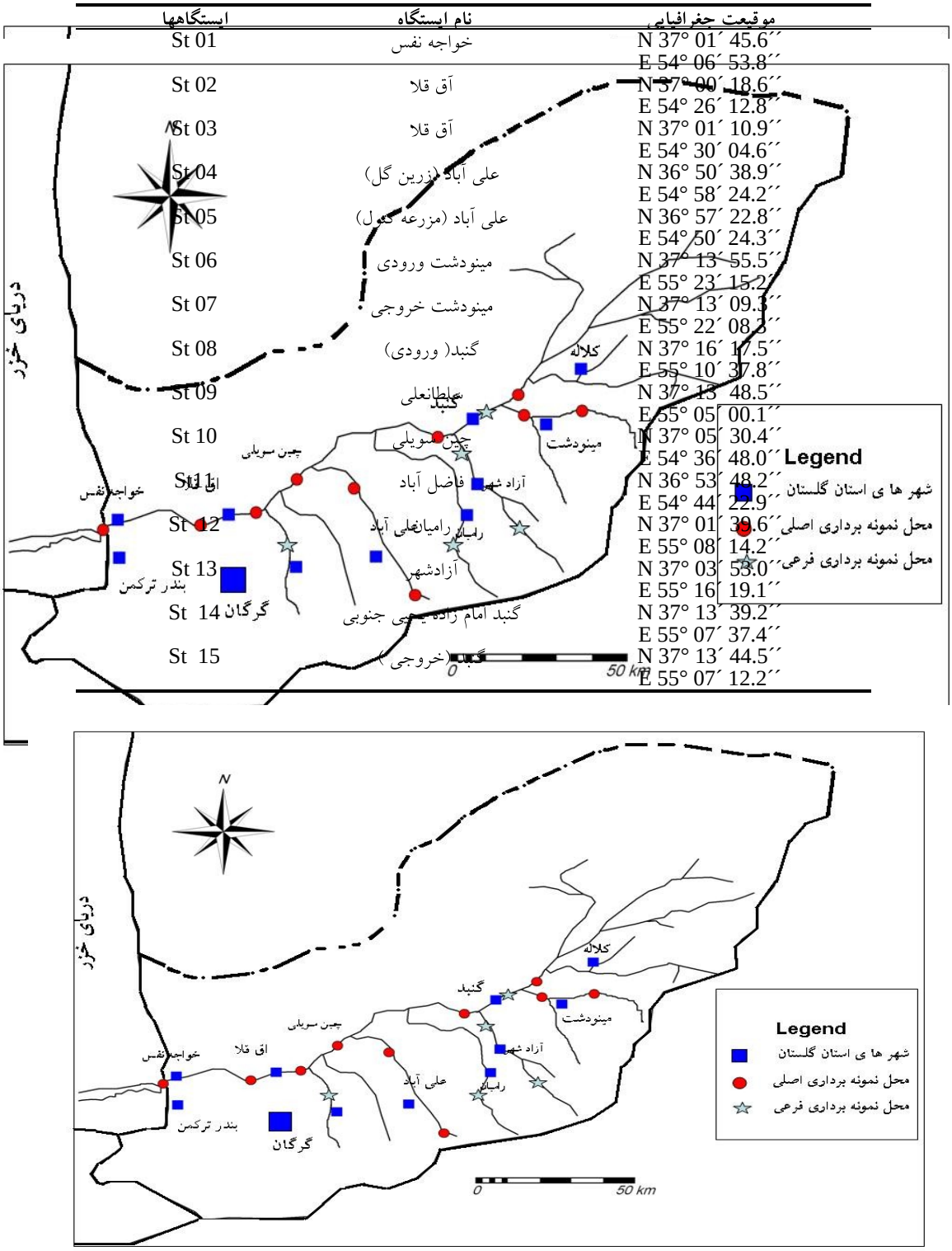
به منظور سنجش و تعیین مقدار فلزات سنگین در رودخانه گرگانرود با توجه به موقعیت مکانی شهرکها و نواحی صنعتی و وضعیت زمین‌شناسی و راههای دسترسی، ۱۵ ایستگاه نمونه‌برداری تعیین و نمونه‌برداری در هر ایستگاه با سه تکرار در بالادست، میانی و پایین دست رودخانه گرگانرود و سرشاخه‌های آن انجام شد (جدول ۱ و شکل ۱). بمنظور تاثیر عوامل صنعتی و انسانی در حوضه مورد نظر، سعی شد از نواحی بالادست یا مناطق دست نخورده‌تر به همراه نواحی پایین دست که خروجی شهرها هستند، نمونه‌برداری صورت گیرد. در نمونه‌برداری‌ها ابتدا ظروف پلاستیکی نمونه‌برداری، با آب رودخانه شستشو داده شدند، سپس از عمق ۳۰ سانتیمتری سطح آب (باتوجه به عمق کمتر از ۱ متر رودخانه) براساس استاندارد، نمونه‌برداری انجام شد. در مناطق عمیق‌تر، با استفاده از یک دستگاه Water Sampler از اعماق مختلف زیر سطح نمونه‌برداری گردید. به منظور تثبیت فلزات سنگین محلول در نمونه‌ها، pH آنها بلافاصله پس از برداشت نمونه با ۳ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۵ نرمال، pH نمونه به زیر ۲ رسید. سپس با قرار دادن آنها در یک محفظه یخی جهت آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد. در این مطالعه، میزان فلزات سنگین موجود در آزمایشگاه Acme lab در کشور کانادا با روش inductively-coupled plasma (ICP) تعیین گردید. پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها ابتدا نرمال بودن آنها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنف بررسی شد. آنالیز واریانس داده‌های بدست آمده از ایستگاههای مختلف با One-Way ANOVA انجام و اختلاف معنی‌دار بین ایستگاهها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تعیین گردید. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver.11.5 انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: موقعیت ایستگاههای نمونه‌برداری در رودخانه گرگانرود در بهار ۱۳۸۸

ایستگاهها	نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی
St 01	خواجه نفس	N 37° 01´ 45.6´´ E 54° 06´ 53.8´´
St 02	آق قلا	N 37° 00´ 18.6´´ E 54° 26´ 12.8´´
St 03	آق قلا	N 37° 01´ 10.9´´ E 54° 30´ 04.6´´
St 04	علی آباد (زرین گل)	N 36° 50´ 38.9´´ E 54° 58´ 24.2´´
St 05	علی آباد (مزرعه کنول)	N 36° 57´ 22.8´´ E 54° 50´ 24.3´´
St 06	مینودشت ورودی	N 37° 13´ 55.5´´ E 55° 23´ 15.2´´
St 07	مینودشت خروجی	N 37° 13´ 09.3´´ E 55° 22´ 08.3´´
St 08	گنبد(ورودی)	N 37° 16´ 17.5´´ E 55° 10´ 37.8´´
St 09	سلطانعلی گنبد	N 37° 13´ 48.5´´ E 55° 05´ 00.1´´
St 10	چین سویلی	N 37° 05´ 30.4´´ E 54° 36´ 48.0´´
St 11	فاضل آباد	N 36° 53´ 48.2´´ E 54° 44´ 22.9´´
St 12	رامیان علی آباد	N 37° 01´ 39.6´´ E 55° 08´ 14.2´´
St 13	آزادشهر	N 37° 03´ 53.0´´ E 55° 16´ 19.1´´
St 14	گنبد امام زاده یحیی جنوبی	N 37° 13´ 39.2´´ E 55° 07´ 37.4´´
St 15	گنبد (خروجی)	N 37° 13´ 44.5´´ E 55° 07´ 12.2´´



شکل ۱: موقعیت ایستگاههای نمونه‌برداری در رودخانه گرگانرود (بهار ۱۳۸۸)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

میزان فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در ایستگاههای مختلف در نمودارهای ۱ تا ۴ نشان داده شده است.

مس (Cu)

بطور کلی، میزان مس در رودخانه گرگانرود در محدودهٔ ۰/۱۰-۱۷۲/۹۰ میکروگرم بر لیتر قرار دارد. بیشترین و کمترین مقدار این فلز بترتیب در ایستگاههای ۱۲ و ۸ و ایستگاههای ۱۰، ۲ و ۳ مشاهده گردید. همچنین بین ایستگاههای مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P<0.05$)(نمودار ۱).

وانادیوم (V)

بیشرین و کمترین مقدار وانادیوم بترتیب در ایستگاه ۱۲ و ایستگاههای ۲، ۳ و ۱۰ مشاهده گردید. همچنین بین ایستگاههای مختلف اختلاف معنی‌داری در غلظت وانادیوم وجود دارد ($P<0.05$). بطور کلی، میزان این فلز در این رودخانه در محدودهٔ ۲/۲۰-۱۲۱/۳۰ میکروگرم بر لیتر ثبت گردید (نمودار ۲).

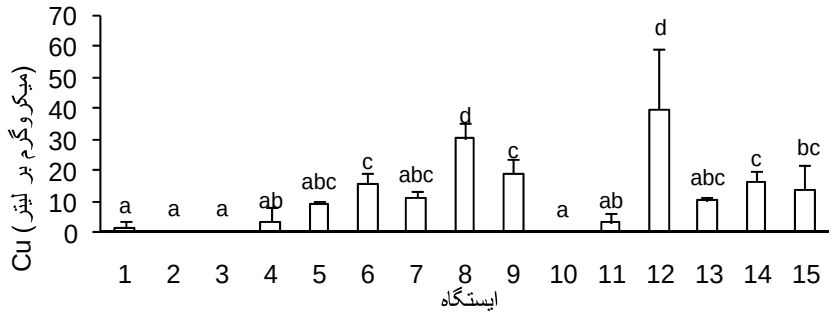
نیکل (Ni)

همانطور که در نمودار ۳ نشان داده شده است، بیشترین و کمترین مقدار فلز نیکل بترتیب در ایستگاه ۱۲ و ۸ و ایستگاههای ۱، ۱۱ و ۴ مشاهده گردید. بررسی‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌دار در ایستگاههای مختلف درخصوص این فلز وجود دارد ($P<0.05$). میزان نیکل در محدودهٔ ۲۹۹-۹ در این رودخانه ثبت گردید.

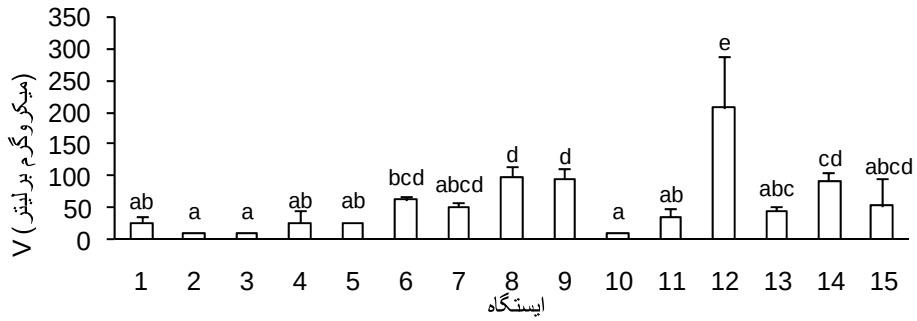
آلومینیوم (Al)

میزان این فلز در ایستگاههای مختلف در محدودهٔ ۶۲/۰۷ -۰/۲۷ تعیین گردید کمترین مقدار آن در ایستگاههای ۴ و ۱۰ و بیشترین مقدار آن در ایستگاه ۱۲ مشاهده شد. همچنین غلظت این فلز در ایستگاه ۱۲ با بقیه ایستگاهها اختلاف معنی‌دار داشت ($P<0.05$) (نمودار ۴).

میزان فلزات اندازه‌گیری شده در رودخانه گرگانرود را می‌توان در رابطه Al >Ni > V>Cu خلاصه کرد.



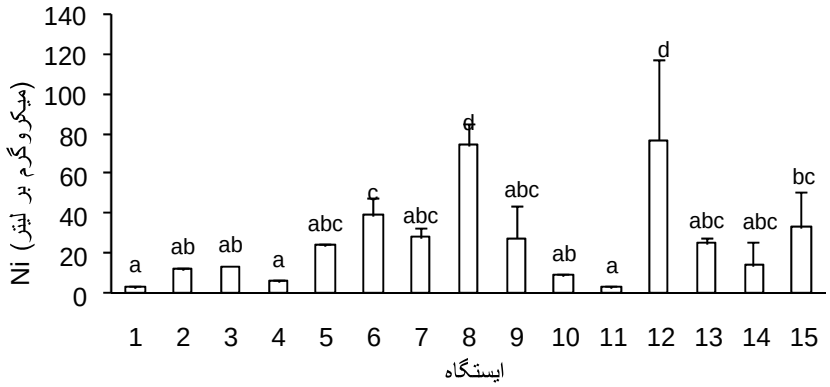
نمودار ۱ : میزان مس (میانگین و انحراف معیار) در رود خانه گرگانرود در ایستگاه‌های مختلف (بهار ۱۳۸۸) حروف لاتین غیریکسان نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0.05$).



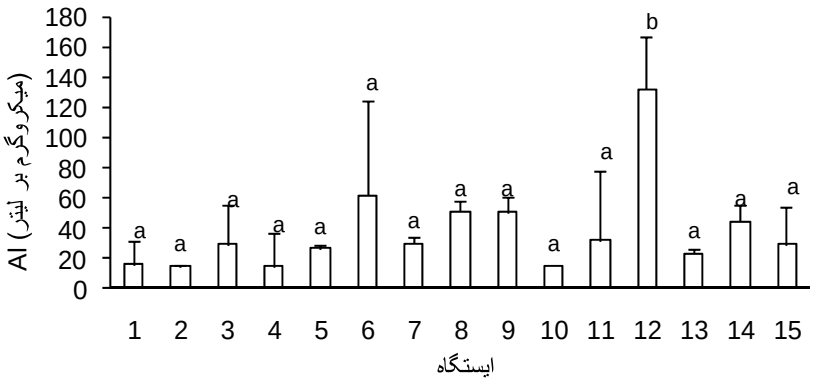
نمودار ۲: میزان وانادیوم (میانگین و انحراف معیار) در رودخانه گرگانرود در ایستگاههای مختلف (بهار ۱۳۸۸) حروف لاتین غیریکسان نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۳ : میزان نیکل (میانگین و انحراف معیار) در رودخانه گرگانرود در ایستگاههای مختلف (بهار ۱۳۸۸) حروف لاتین غیریکسان نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0.05).



نمودار ٤ : میزان آلومینیوم (میانگین و انحراف معیار) در رودخانه گرگانرود در ایستگاههای مختلف (بهار ۱۳۸۸) حروف لاتین غیریکسان نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0.05).

بحث

صنایع، عمده‌ترین منابع آلاینده مربوط به فلزات سنگین هستند. کارخانجاتی از قبیل آبکاری، باطری‌سازی و تولید قطعات الکترونیک از مهمترین این صنایع می‌باشند. بیشتر واحدهای تولیدکننده فاضلاب صنعتی حاوی فلزات سنگین فاقد سامانه تصفیه هستند و روزانه مقادیر فراوانی فاضلاب صنعتی را وارد محیطزیست یا شبکه فاضلاب شهری می‌کنند که باعث آلودگی منابع آبی می‌شوند. افزایش غلظت مواد مضر در آب و رسوب در محیطهای آبی منجر به افزایش غلظت این مواد در بافت بدن موجودات آبزی می‌شود. این روند در صورت تداوم، سبب بروز تغییرات زیستی در آبزیان شده و از طریق زنجیرهٔ غذایی، به تشدید عوامل بیماریزا در انسان منجر می‌گردد. عناصر فلزات سنگین در صورت ورود به رودخانه یا دریا بتدریج در عمق آب رسوب می‌کنند. از آنجایی که این رسوبات برای همیشه در محیط باقی می‌مانند و امکان تصفیه آن از آب غیرممکن است، طبیعی است که با افزایش غلظت این مواد، تغییرات تدریجی در محیطزیست آبی نیز رخ خواهد داد. فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع طبیعی و تولیدات انسانی وارد محیطزیست می‌شوند. میزان ورود این فلزات سنگین بداخل محیطزیست، بیشتر از مقداری است که بوسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می‌شوند. بنابراین، تجمع فلزات سنگین در محیطزیست مورد توجه است. در این میان، سیستم‌های آبی بطور طبیعی دریافت کنندهٔ نهایی این فلزات هستند. بیشترین میزان فلزات سنگین موجود در سیستم‌های آبی مربوط به فلزات مس (Cu)، روی (Zn)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، سرب (Pb) و نیکل (Ni) است. این عناصر در غلظت‌های بیش از حد آستانه، برای موجودات زنده سمی می‌باشند. اما تعدادی از آنها مانند Zn و Cu در غلظت‌های پایین‌تر، برای متابولیسم ضروری هستند. تعدادی از عناصر سنگین از قبیل آرسنیک (As)، نقره

www.SID.ir

Archive of SID

(Ag)، سلنیم (Se)، کروم (Cr)، آلومینیوم (Al) و آنتیموان مشکلات جدی و شدیدی را در اکوسیستم‌ها (آب شیرین و مصبها) فراهم می‌کنند. با توجه به مشاهدات بدست آمده در این مطالعه می‌توان گفت بیشترین میزان مس (۳۹/۸۷ میکروگرم بر لیتر) در ایستگاه ۱۲ (رامیان) و کمترین میزان آن در ایستگاه ۱۰ (چین سویلی) است. بطور کلی، میزان مس در ایستگاههای بالادست بیشتر از ایستگاههای پایین دست بود که این احتمالاً بدلیل تمرکز صنایع و کارخانجاتی می‌باشد که پساب آنها در بالادست وارد رودخانه می‌گردد. همچنین در پایین‌دست رودخانه صنایع و کارخانجات خیلی کمی وجود دارد. همچنین میزان مس در آبهای رودخانه گرگانرود بیشتر (۱۷۲/۹۰-۰/۱۰ میکروگرم بر لیتر) از میزان آن در رودخانه کارون (۷۰/۳- ۵/۵ میکروگرم بر لیتر) می‌باشد. وانادیوم بعنوان فلزی مقاوم و با ارزش در صنعت کاربردهای فراوانی دارد. این عنصر در تولید آلیاژهای فولادی کاربرد عمده‌ای داشته و از طریق این صنعت و صنایع دیگر مانند باطری‌سازی، صنایع پتروشیمی و تولیدات اسید سولفوریک می‌تواند وارد محیط‌زیست شود (۱). بیشترین میزان وانادیوم در این تحقیق در ایستگاه ۱۲ بدست آمد و احتمالاً بدلیل وجود صنایع باطری‌سازی و شیمیایی موجود در این منطقه می‌باشد. در حالیکه چنین صنایعی در مناطق پایین‌دست وجود ندارند. نیکل در حال حاضر بطور گسترده‌ای در محیط‌زیست پراکنده شده و مقادیر آن در محیط تابعی از احتراق سوخت‌های فسیلی، استخراج از معادن، ورود پسابهای صنایع مانندآبکاری، باطری‌سازی، رنگ‌سازی و اکتشافات نفتی و ورود نفت خام به محیط‌زیست و محیط‌های آبی است. همچنین موادی از قبیل داروها، مواد حاصل از دیالیز خون و اعضای مصنوعی حاوی نیکل منابع دیگر ورود نیکل به محیط است. بیشترین میزان نیکل در گرگانرود به ۷۶/۹۰ میکروگرم بر لیتر در ایستگاه ۱۲ مشاهده گردید و این احتمالاً بدلیل وجود صنایع پلاستیک‌سازی و باطری‌سازی موجود در منطقه می‌باشد. از طرفی بیشترین میزان آلومینیوم (۱۳۲/۳۶ میکروگرم بر لیتر) نیز در ایستگاه ۱۲ بدست آمد که احتمالاً بدلیل وجود صنایع آبکاری در این منطقه می‌باشد. بطور کلی در بین فلزات مورد مطالعه وانادیوم (۵۲/۱۶ میکروگرم بر لیتر) بیشرین مقدار و مس (۱۱/۸۵ میکروگرم بر لیتر) کمترین فلز موجود در گرگانرود بود. طبقه‌بندی مختلفی برای کیفیت آبهای سطحی رودخانه وجود دارد و کشورهای مختلف دستورالعمل‌های متفاوتی در این زمینه دارند. براساس دستورالعمل ECE (براساس فلزات) برای زندگی موجودات آبزی کیفیت آبهای سطحی رودخانه به ۵ کلاس تقسیم می‌شود که رودخانه‌ها براساس میزان فلزات سنگین در کلاسهای مختلفی قرار می‌گیرند که در این طبقه‌بندی کلاس ۱ بهترین کیفیت و کلاس ۵ بدترین کیفیت را برای زندگی موجودات دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که آب رودخانه گرگانرود در کلاس ۵ (آلومینیوم و مس) و ۲ (نیکل) طبقه‌بندی می‌شود.

جدول ۲: طبقه‌بندی کیفی آبهای سطحی رودخانه براساس دستورالعمل ECE (براساس فلزات) برای زندگی موجودات آبزی (٦)

	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ٤	کلاس ٥	مطالعه حاضر
آلومینیوم (میکروگرم بر لیتر)	<۱/٦	۱/٦-۳/۲	۳/۲-٥	٥-۷٥	>۷٥	۱۱۸۷۰
مس(میکروگرم بر لیتر)	<۲	۲-۷	۷-۱۲	۱۲-۱۸	>۱۸	۳۷/۸۷
نیکل(میکروگرم بر لیتر)	<۱٥	۱٥-۸۷	۸۷-۱٦۰	۱٦۰-۱٤۰۰	>۱٤۰۰	٥٦/۲٤

منابع

۱-اسماعیلی ساری، ع. ،۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست، انتشارات نقش مهر، صفحات ۱۷۵ تا ۱۸۱.

2-Martin, M.H. and Coughtrey, P.J., 1982. Biological monitoring of heavy metal pollution. Land and Air Applied Science, London, UK. 475P.

3-Mason, C.F., 1991. Biology of freshwater pollution, 2nd edition. Longman, New York, USA. 351P.

4-Sanders, M.J., 1997. A field evaluation of the freshwater river crab, *Potamonautes warren*, as a bioaccumulative indicator of metal pollution. Ph.D. thesis, Rand Afrikaans University, South Africa.

5-Rainbow, P.S., 1985. The biology of heavy metals in the sea. J. Environ. Stud., 25:195–211.

6-UNECE, 1994 Standard statistical classification of surface freshwater quality for the maintenance of aquatic life. *In*: Readings in international environment statistics. United Nations Economic Commission for Europe, United Nations, New York and Geneva.

www.SID.ir