



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

بررسی موجودی آلاینده های فلزی در آب رودخانه زرجوب به روش PIXE

پرستو پوریکتا^۱، حمیده رستمی^۱، علیرضا صدر ممتاز^۱، محمد لامعی رشتی^۲، مسعود وهابی مقدم^۱

^۱ دانشگاه گیلان، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

^۲ پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده:

آب یکی از مهم ترین اجزای اصلی در محیط زیست انسان است و بررسی آلوده کننده های آلی و غیر آلی در آب های طبیعی از اهمیت زیادی برخوردار است. مطالعه ای حاضر با هدف دستیابی به غلظت آلاینده های فلزی در آب رودخانه ی زرجوب واقع در شهر رشت انجام گرفت. نمونه های آب از ۴۶ مکان مختلف در طول مسیر رودخانه جمع آوری شدند. در این مطالعه، روش آنالیز PIXE (Particle Induced X-ray Emission) برای اندازه گیری غلظت عناصر در نمونه های آب رودخانه به کار گرفته شد. ۱۲ آلاینده ی فلزی سدیدیم، منیزیم، آلومینیوم، سیلیکون، پتاسیم، کلسیم، تیتانیم، منگنز، آهن، مس، روی و استرانسیم با غلظت های مختلف در رودخانه شناسایی گردید.

کلید واژه: پیکسی، آلاینده های فلزی، آلودگی آب، رودخانه ی زرجوب.

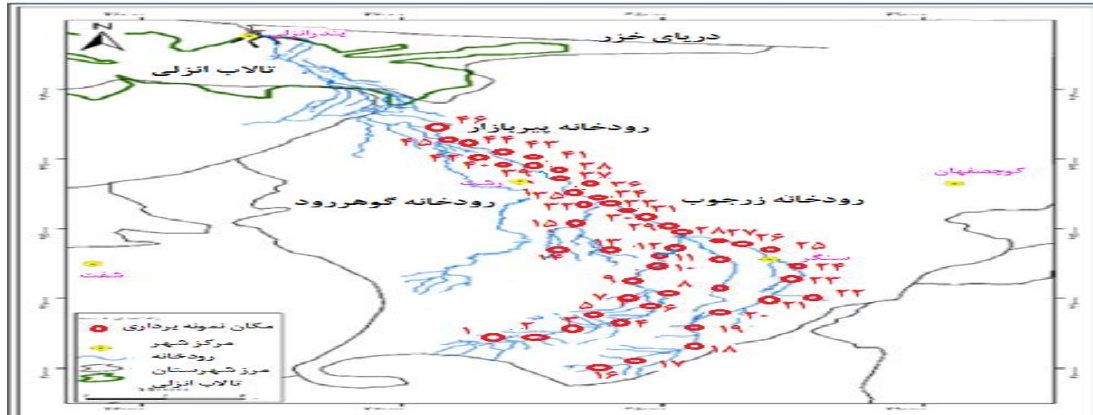
مقدمه

پیشرفت سریع و روزافزون صنعت و توسعه ی شهرنشینی در طول دهه های گذشته، نگرانی های جدی را در مورد سلامت محیط زیست برانگیخته است. آلودگی رودخانه ها به فلزات یکی از موضوعات مهم در بسیاری از کشورها می باشد [۱]. در محیط های رودخانه ای آلودگی فلزات می تواند به طور مستقیم و ناشی از رسوبات اتمسفری، هوازدهی سنگ ها و یا از تخلیه ی فاضلاب های کشاورزی، شهری و صنعتی وارد شود [۲]. عناصر فلزی می توانند به ۲ گروه فلزات سنگین و فلزات سبک دسته بندی شوند. انسان ها عناصر فلزی را از طریق آب و غذا مصرف می کنند. بعضی از فلزات سنگین حتی در غلظت های نسبتاً کم نیز بسیار سمی هستند و می توانند به مدت طولانی در بافت های بدن انباشته شوند و برای سلامتی انسان مخاطره آمیزند [۳]. هدف از این مطالعه اندازه گیری غلظت آلاینده های فلزی در رودخانه ی زرجوب به روش پیکسی می باشد. این رودخانه از ارتفاعات کوه های هزارمرز، نیزه سر، جوکلبندان و کچا واقع در جنوب شهر رشت سرچشمه گرفته و پس از عبور از بخش شرقی آن و دریافت فاضلاب شهری و صنعتی بخش های شرقی و جنوبی، در جهت جنوب شرق به شمال غرب ادامه ی مسیر داده و سرانجام در محل «کماکل» با رودخانه ی گوهررود تلاقی پیدا کرده و رودخانه ی پیربازار را تشکیل می دهد و در نهایت به تالاب انزلی می ریزد (شکل ۱) [۴].



بست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۱: مسیر رودخانه‌ی زرجوب و موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه برداری

از عمده‌ترین منابع آلاینده‌ی رودخانه‌ی زرجوب می‌توان به فاضلاب‌های شهری، پساب شهری حاصل از شستشوی سطح شهر، فاضلاب بافت روستایی منطقه، فاضلاب‌های کشاورزی، واحدهای صنعتی مستقر در مسیر رودخانه، کارگاه‌های شهری و تخلیه‌ی انواع زائدات جامد در حاشیه و بستر رودخانه‌ی زرجوب اشاره کرد.

روش کار

نمونه برداری آب رودخانه در مجموع از ۴۶ نقطه، از محل سرچشمه‌ی این رودخانه تا محل اتصال آن به رودخانه‌ی گوهررود در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ انجام پذیرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده با حفظ شرایط مناسب دمایی به آزمایشگاه واندوگراف پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای منتقل شد. غلظت فلزات توسط روش پیکسی (آنالیز اشعه‌ی ایکس گسیل شده در اثر برانگیختگی با ذرات باردار) تعیین گردید. برای بالا بردن دقت در اندازه‌گیری، مقدار ۵ cc از محلول ۲۰۰ ppm ایتیریم به نمونه‌های آب اضافه شده است (مقدار افزوده شده در حد ممکن کم بوده و سعی شده است از عناصری که در آب وجود ندارد به‌عنوان شاخص استفاده گردد). پس از افزودن شاخص، همگن سازی نمونه صورت گرفته و سپس چند قطره از آن به‌صورت یکنواخت بر روی ورقه‌ی نازک کپتون قرار می‌گیرد تا تبخیر شده و رسوب دهد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی در محفظه‌ی برهم‌کنش پیکسی قرار گرفته و تحت تابش باریکه‌ی پروتون فرودی (تولید شده توسط شتاب‌دهنده‌ی واندوگراف ۳ MV آزمایشگاه واندوگراف) با انرژی ۲ MeV و جریانی با شدت ۶-۷ nA قرار گرفته اند. در اثر برخورد پروتون، پرتو ایکس ویژه‌ای گسیل می‌شود که انرژی آن، نوع عنصر موجود در نمونه، و شدت آن در انرژی معین، غلظت عنصر در نمونه را مشخص می‌کند. برای آشکارسازی پرتوهای ایکس از آشکارساز نیم‌رسانای سیلیسیم-لیتیوم Si(Li) استفاده شده است.

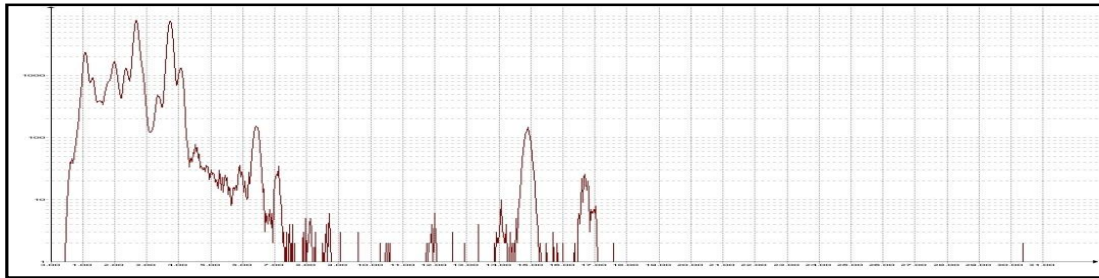


بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

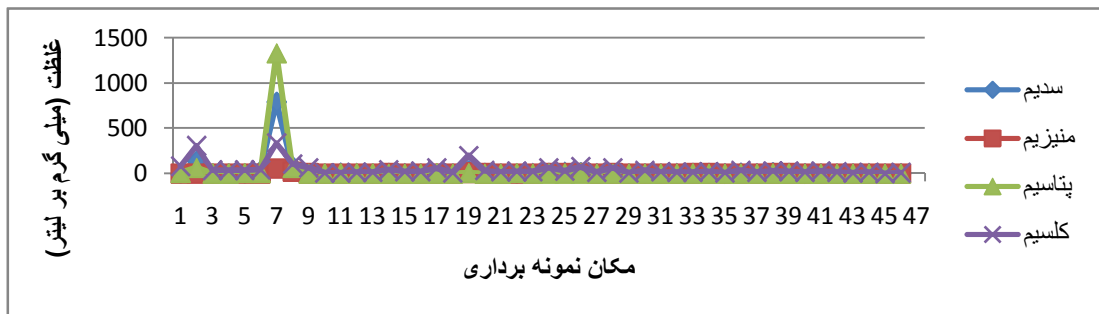
۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

نتایج

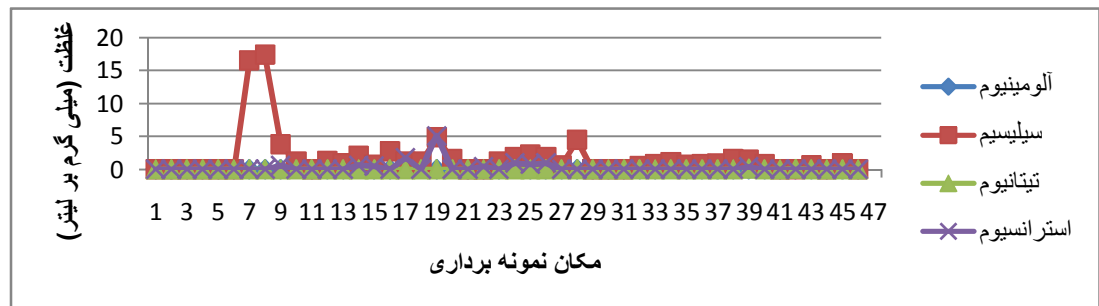
شکل ۲ نمونه ای از طیف تجربی پرتوهای ایکس حاصل از عناصر موجود در نمونه‌ی آب نشان می‌دهد. غلظت‌های عناصر به‌دست آمده از نمونه‌های آب در تمام مکان‌ها در نمودارهای انعکاس یافته در شکل‌های ۳ تا ۵ ارائه شده است.



شکل ۲: طیف تجربی نوعی پرتوهای ایکس حاصل از عناصر موجود در نمونه‌ی آب



شکل ۳: غلظت عناصر سدیم، منیزیم، پتاسیم و کلسیم در نمونه‌های آب رودخانه‌ی زرجوب

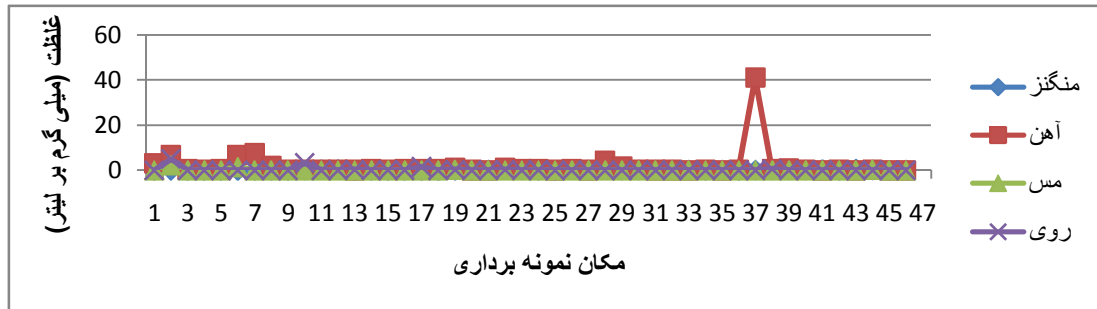


شکل ۴: غلظت عناصر آلومینیوم، سیلیسیم، تیتانیوم و استرانسیوم در نمونه‌های آب رودخانه‌ی زرجوب



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۵: غلظت عناصر منگنز، آهن، مس و روی در نمونه‌های آب رودخانه‌ی زرچوب

بحث و نتیجه‌گیری

با انجام آنالیز، ۱۲ آلاینده فلزی سدیم، منیزیم، آلومینیوم، سیلیکون، پتاسیم، کلسیم، تیتانیم، منگنز، آهن، مس، روی و استرانسیم با غلظت‌های مختلف در رودخانه شناسایی گردید. بازه‌ی تغییرات غلظت این فلزات در آب بر حسب میلی‌گرم بر لیتر عبارتند از: سدیم: ۶۳/۷۸۴-۰، منیزیم: ۶۱/۵۳-۰، آلومینیوم: ۸۶/۰-۰، سیلیکون: ۳۵/۱۷-۰، پتاسیم: ۷۵/۱۳۲۶-۰/۲۴، کلسیم: ۶/۳۳۵-۱/۴۴، تیتانیم: ۰/۱-۰، منگنز: ۴۵/۰-۰، آهن: ۴۹/۷-۰/۰۴، مس: ۳۱/۲-۰، روی: ۰/۵-۰/۵، استرانسیم: ۱۰/۵-۰. روند تغییرات غلظت این عناصر نامنظم و تحت تأثیر ورود فاضلاب‌های کشاورزی، صنعتی، شهری و خانگی بوده است. مقدار فلزات سنگین خطرناکی نظیر کادمیوم، سرب، جیوه، کروم، آرسنیک و نیکل موجود در آب رودخانه‌ی زرچوب در حد تشخیص دستگاه (10^{-6} میلی‌گرم بر لیتر) نبوده است.

بر اساس مقادیر استاندارد ارائه شده از سوی سازمان FAO برای آب مورد استفاده در آبیاری توسط کشاورزان (جدول ۱)، غلظت ۴ فلز سدیم، منیزیم، آلومینیوم و کلسیم در تمام مکان‌های نمونه‌برداری شده، پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد. غلظت عنصر پتاسیم در مکان ۷ به میزان ۱۶٪، غلظت عنصر روی در نقاط ۲ و ۱۰ به میزان ۵۳٪ و ۶۲٪، غلظت عنصر آهن در نقاط ۲، ۶ و ۷ به میزان ۳۶٪، ۳۵٪ و ۵٪، غلظت عنصر مس در نقاط ۲، ۶، ۱۹ و ۴۴ به میزان ۱۰/۵۵٪، ۶/۱٪، ۰/۰۵٪ و ۰/۶٪ و غلظت عنصر منگنز در نقاط ۱۲، ۲۶، ۲۸، ۴۱ و ۴۳ به میزان ۰/۶٪، ۰/۲٪، ۰/۸۵٪، ۰/۳۵٪ و ۱/۲۵٪ فراتر از غلظت مجاز می‌باشد.

بر اساس گزارش WHO برای آب آشامیدنی، غلظت عنصر سدیم و منیزیم در مکان ۷ به میزان ۲/۹۲٪ و ۰/۰۷٪، غلظت عنصر روی در مکان ۲ به میزان ۰/۰۱٪، غلظت عنصر پتاسیم در نقاط ۲، ۷ و ۸ به میزان ۵/۱٪، ۱۳۱/۶۸٪ و ۵/۲۵٪، غلظت عنصر کلسیم در نقاط ۲، ۷، ۸، ۱۹ و ۲۶ به میزان ۳/۰۷٪، ۳/۴۷٪، ۰/۴۱٪، ۱/۶۴٪ و 10^{-3} × ۷/۸۷٪، غلظت عنصر مس در نقاط ۲، ۶، ۱۹، ۳۶ و ۴۴ به میزان ۴۵/۲٪، ۲۷/۴٪، ۳/۲٪، ۰/۴٪ و ۵/۴٪، غلظت



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

عنصر آلومینیوم در نقاط ۱۰، ۱۴، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۴ و ۳۴ به میزان ۰/۳۳٪، ۰/۴۵٪، ۰/۱۱٪، ۰/۱۱٪، ۰/۲۴٪، ۰/۲۴٪ و ۰/۲۵٪، غلظت عنصر منگنز در ۱۹ نقطه و غلظت عنصر آهن در تمام نقاط فراتر از حد استاندارد می‌باشند. بیشترین غلظت عناصر سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، سیلیسیم و آهن در مکان ۷ اندازه‌گیری شد. این مکان که یکی از سرشاخه‌های رودخانه‌ی زرجوب و دارای چشمه‌های متعدد است، محل دفن زباله‌های شهری بوده لذا با توجه به بارندگی مدام منطقه شیرابه‌ی زباله به همراه آب چشمه‌ها وارد رودخانه‌ی زرجوب می‌گردد بیشترین غلظت عناصر روی و مس در مکان ۲ سرچشمه‌ی رودخانه مشاهده شد. عنصر منگنز نیز در محدوده‌ی شهر به بیشترین مقدار خود می‌رسد. گرچه انتظار می‌رفت که در محدوده‌ی نقاط صنعتی، به دلیل ورود پساب‌های صنعتی شاهد غلظت بالای فلزات سنگین باشیم، اما بر اساس نتایج به دست آمده مقدار این عناصر در این محدوده پایین‌تر از حد بحرانی بوده است. احتمالاً "تجهیز کارخانه‌ها به سیستم تصفیه و ورود کم‌تر فاضلاب‌ها، تغییرات روزانه و فصلی غلظت فلزات، بارندگی فصلی و ... می‌تواند در این امر تأثیرگذار باشد.

در مورد رودخانه‌ی زرجوب، پیش از این مطالعاتی صورت گرفته است که در آنها برای سنجش و اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین از روش طیف‌سنجی جذب اتمی استفاده شده است. بینای مطلق (۱۳۵۹) در بررسی آلودگی رودخانه‌ی زرجوب شهرستان رشت به فلزات سنگین و تعیین منابع آلودگی آن، مقدار عناصر روی، مس، کادمیوم، سرب و نیکل را به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۵۳۴، ۰/۰۳۵، ۰/۱۵۷ و ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر عنوان نموده است [۷]. شیرین‌فکر زل‌پیرانی (۱۳۷۷) در بررسی غلظت فلزات سنگین در رودخانه‌ی زرجوب رشت مقدار متوسط روی، مس، کادمیوم، سرب و نیکل را در آب رودخانه به ترتیب ۰/۰۷۳، ۰/۱۵۲، ۰/۰۰۸۵، ۰/۰۳۲۳ و ۰/۱۳۶ میلی‌گرم در لیتر بیان داشت [۸]. شهرام محمودی سلطانی (۱۳۸۸) در بررسی نوع و مقدار برخی عناصر سنگین در رودخانه‌ی زرجوب رشت بر خاک و گیاه برنج شالیزارهای تحت آبیاری آنها مقدار میانگین عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، روی و مس را به ترتیب ND^۱، ND، ND، ۰/۰۴۴ و ۰/۰۶۴ بیان نمود [۹].

با توجه به این‌که مشخص گردید مکان ۷ (وابسته به محل دفن زباله‌های شهری) بیشترین نقش را در آلودگی رودخانه‌ی زرجوب ایفا می‌کند، از این‌رو جابجایی محل دفن زباله‌ی شهر، رعایت کلیه‌ی موازین دفن بهداشتی، جداسازی زباله‌ها، کنترل شدید در جلوگیری از ریختن زباله‌ها، بهبود وسایل جمع‌آوری زباله و چاره‌جویی اساسی برای کنترل شیرابه‌ی زباله می‌تواند گامی مؤثر برای کاهش غلظت آلاینده‌های فلزی در آب رودخانه باشد.

جدول ۱: مقادیر استاندارد عناصر فلزی (مقدار عناصر بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد)

استرانسیوم	روی	مس	آهن	منگنز	تیتانیوم	کلسیم	پتاسیم	سیلیسیم	آلومینیوم	منیزیم	سدیم
------------	-----	----	-----	-------	----------	-------	--------	---------	-----------	--------	------

^۱ ND=مقدار عنصر از حد ۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم کم‌تر بوده و از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی پایین‌تر است



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr
]FAO[Limit	920	60	5	-	78	400	-	0.2	5	0.2	2	-
]WHO[Limit	200	50	0.2	-	10	75	-	0.05	0.03	0.05	5	-

مراجع

- [۱] K. Silambarasan, P. Senthilkumar and K. Velmurugan. Studies on the distribution of heavy metal concentrations in River Adyar, Chennai, Tamil Nadu. Pelagia Research Library, 2012., European Journal of Experimental Biology, 2 (6):2192-2198
- [۲] Tuna and N. Ozdemir. Heavy metals in water, sediment . Yilmaz, A. L. Demirak, F. A and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Elsevier, Chemosphere 63:1451-1458, 2006.
- [۳] A.W. Butu. Concentration of metal pollutants in River Kubanni, Zaria, Nigeria. Journal of Natural Sciences Research, Vol.3, No.2, 19-25, 2013.
- [۴] اصلاح عربانی، ا. و همکاران (۱۳۸۷). کتاب گیلان. گروه پژوهشگران ایران، تهران.
- [5] FAO Water quality for agriculture. Irrigation and drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Technical paper No. 29, 1994.
- [6] A.N. Kaizer and S.A. Osakwe. Physicochemical characteristics and heavy metal levels in water samples from five river systems in Delta State, Nigeria. J. Appl. Sci. Environ. Manage. Vol. 14(1) 83 - 87, 2010.
- [۷] بینای مطلق، پ. بررسی رودخانه‌ی زرچوب به فلزات سنگین و تعیین منابع آلودگی. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشکده‌ی بهداشت دانشگاه علوم پزشکی، تهران. ۱۳۵۹
- [۸] شیرین فکر زل پیرانی، آ. بررسی رودخانه‌ی زرچوب به فلزات سنگین. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد، تهران. ۱۳۷۷
- [۹] محمود سلطانی، ش. تأثیر نوع و مقدار برخی عناصر سنگین در رودخانه‌ی زرچوب رشت بر خاک و گیاه برنج شالیزارهای تحت آبیاری آنها. مجله‌ی پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیستم، شماره‌ی ۳. ۱۳۹۲