تاثیر دانه‌بندی بر تجمع فلزات سنگین (Cd، Cu، Zn، Pb و Cr) در رسوبات سطحی جنوب غرب تالاب انزلی

سمیرا بهروش[1*]
علیرضا پورخباز[2]

۱. دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی، کارشناس ارشد آلودگی‌های محیط زیست، گروه محیط زیست، بیرجند، ایران
۲. دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی، عضو هیأت علمی گروه محیط زیست، بیرجند، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات
S.behravesh87@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۶/۲۴

کد مقاله: ۱۳۹۲۲۱۰۵۹
این مقاله بر گرفته از طرح پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

فلزات سنگین از آلاینده‌های عمده زیست محیطی محسوب می‌شوند که توسط عوامل مختلف محیطی از جمله پساب کارخانجات و صنایع و رواناب زمین‌های کشاورزی سبب آلودگی اکوسیستم‌های آبی شده و به زنجیره‌های غذایی راه می‌یابند. رسوبات بستر یکی از مهم‌ترین بخش‌های پذیرش و ذخیره فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌آیند. تجمع فلزات سنگین در رسوبات به فاکتورهای زیست محیطی بسیاری مانند دانه‌بندی ذرات، اسیدیته، نوع و غلظت مواد آلی و میزان فلزات موجود در محیط بستگی دارد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر دانه‌بندی و سطح تماس ذرات بر میزان تجمع فلزات سنگین (Cd، Cu، Zn، Pb وCr) در رسوبات سطحی بوده است. بدین منظور نمونه‌برداری از رسوبات توسط دستگاه نمونه‌بردار گرپ از ۶ ایستگاه در بخش جنوب غربی تالاب انزلی در تابستان ۱۳۸۸ صورت پذیرفت و غلظت فلزات در ریزدانه‌های ۰/۰۶۳، ۰/۲۵، ۱ و ۲ میلی‌متر بررسی گردید. میانگین غلظت کروم، سرب، روی، مس و کادمیوم به ترتیب ۱/۴۵، ۴/۴۴، ۳۹/۱۸، ۲۷/۷ و ۰/۸۶ میکروگرم بر گرم حاصل شد که از استانداردهای جهانی فراتر نمی‌باشد، به استثناء کادمیوم که در رده آلودگی متوسط قرار می‌گیرد. همچنین نتایج به دست آمده بیانگر تاثیر قابل توجه دانه‌بندی ذرات بر میزان تجمع عناصر سنگین در ریزدانه‌های ۶۳ میکرون می‌باشد، درحالی که در سایر ریزدانه ها این اثر معنی‌دار نبوده است.

واژگان کلیدی: تجمع، دانه‌بندی، رسوبات، فلزات سنگین، تالاب انزلی.

مقدمه

تالاب‌ها به‌عنوان اکوسیستم‌هایی منحصر به فرد، غنی و حاصل‌خیز، از پر تولیدترین و حیاتی‌ترین محیط‌های جهان به شمار می‌آیند. این اکوسیستم‌ها دارای فواید و ارزش‌های بی‌شماری هستند که از آن جمله تأمین آب، نگهداری مواد غذایی حاصل از دشت‌های غرقابی، تولید چوب، نگهداری رسوبات رودخانه‌ها، ذخیره‌سازی آب، کنترل سیلاب و غیره می‌باشد (گنجی دوست و همکاران، ۱۳۸۸).

رسوبات تالاب‌ها ترکیبات اصلی محیط زیست ما هستند و منبعی مهم از منابع شیمیایی سمی که قابلیت تجمع زیستی داشته و می‌توانند سلامت انسان را مورد تهدید قرار دهند، حتی اگر آلاینده‌ای از منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای به آن‌ها وارد نشده باشد (Lasheen and Ammar, 2009). رسوبات بستر منبع بالقوه آلودگی در محیط‌های آبی هستند و به عنوان معرف و شناساگر مهمی برای آلودگی محیط‌های آبی مطرح می‌باشند که از تجزیه و مطالعه آن‌ها می‌توان به سهولت مقدار و نوع آلودگی را مشخص نمود (سرتاج و همکاران، ۱۳۸۴).

فلزات سنگین در شکل‌های گوناگون و غلظت‌های متفاوت، به طور عمده از طریق تخلیه پساب‌های صنعتی، فاضلاب‌های شهری و زهکشی زمین‌های کشاورزی که با کودهای تهیه شده از لجن فاضلاب‌ها و کودهای شیمیایی تغذیه می‌شوند، به محیط راه می‌یابند. این عناصر نه تنها موجودات آبزی و ماهیان را تهدید می‌کنند بلکه موجب بروز تغییرات در اکوسیستمی که انسان در راس آن قرار دارد، می‌گردند.

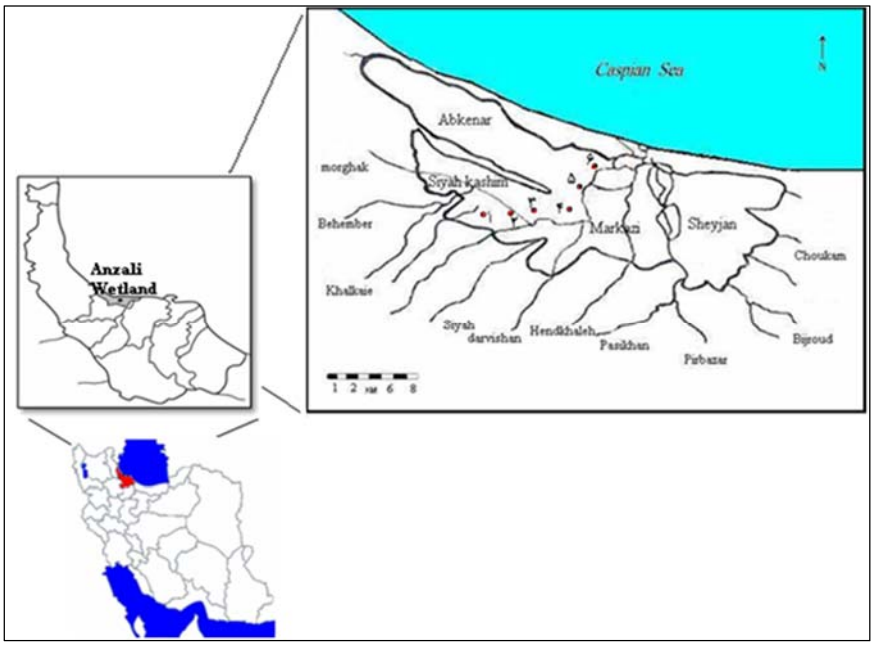
گرچه مقادیر جزئی از فلزات موجود در محیط دارای منشاء طبیعی هستند، اما مقادیر بیشتر آن‌ها که ناشی از آلودگی‌های صنعتی می‌باشد باعث ایجاد مسمومیت در موجودات زنده می‌گردند (بابائی، ۱۳۸۴). فلزات سنگین از عوامل عمده‌ای محسوب می‌شوند که به اکوسیستم‌های آبی وارد شده، آن‌ها را آلوده کرده و توسط زنجیره‌های غذایی در بدن آبزیان تجمع می‌یابند (عبادتی و همکاران، ۱۳۸۴؛ سرتاج و همکاران، ۱۳۸۴).

یکی از راه‌های برآورد میزان فلزات سنگین در محیط‌های آبی مطالعه رسوبات آن‌ها می‌باشد. رسوبات بستر، عمده‌ترین بخش پذیرنده و در واقع ذخیره‌گاه آلاینده‌های مختلف مخصوصاً فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی هستند. وقتی فلزات به محیطی وارد شوند، سریعاً به ذرات ریز پیوسته و در رسوبات کف تجمع می‌یابند (Hanson *et al.*, 1983). تجمع فلزات سنگین در رسوبات به فاکتورهای زیست محیطی بسیاری مانند اسیدیته، نوع و غلظت مواد آلی و غیرآلی در رسوبات، دانه‌بندی ذرات و میزان فلز در محیط بستگی دارد (Davies *et al.*, 1991).

طی سال‌های گذشته مطالعات بسیاری بر روی فلزات سنگین و تجمع آن‌ها در رسوبات صورت گرفته است. در تحقیق حاضر نیز میزان عناصر کادمیوم، سرب، روی، مس و کروم در رسوبات بخش جنوب غربی تالاب انزلی و در ریزدانه‌های مختلف ذرات رسوب (ذرات ۰/۰۶۳، ۰/۲۵، ۱ و ۲ میلی‌متر) مورد بررسی قرار گرفته است. با بررسی غلظت فلزات سنگین، می‌توان میزان آلودگی به فلزات سنگین را در منطقه مشخص کرده و در نتیجه راهکارهای مناسبی را در زمینه مدیریت و حفاظت از این تالاب ارزشمند تبیین نمود.

مواد و روش‌ها

تالاب انزلی از جمله اکوسیستم‌های با ارزش جهان است که از نظر اکولوژیکی دارای اهمیت بسزایی بوده و همچون سایر اکوسیستم‌ها بر اثر رشد صنعتی و کشاورزی در منطقه، دستخوش تغییرات زیادی شده است. تالاب انزلی با مساحت تقریبی۱۸۰ تا ۲۰۰ کیلومتر مربع، در محدوده جغرافیایی ۲َ ۳۷° تا ۳َ ۳۷° طول شرقی و ۱۵َ ۴۹° تا ۴۰َ ۴۹° عرض شمالی واقع شده است (سرتاج و همکاران، ۱۳۸۴). نمونه‌برداری از رسوبات سطحی تالاب انزلی توسط دستگاه نمونه‌گیر گرب مدل ون وین، در مرداد ماه ۱۳۸۸ انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی نقاط مورد مطالعه نیز توسط دستگاه GPS ثبت گردید (شکل ۱).



شکل۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری.

نمونه‌ها در ۶ ایستگاه و سه برداشت در هر ایستگاه، جمع‌آوری و سپس در ظروف پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شد و در دمای اتاق و هوای آزاد خشک گردید. رسوبات خشک شده توسط هاون سنگی خرد شد. برای به دست آوردن دانه‌بندی مختلف ذرات، رسوبات پس از نرم شدن از الک‌های ۲۳۰، ۶۰، ۱۶ و ۱۰ مش (به ترتیب ۰/۰۶۳ ، ۰/۲۵ ، ۱ و ۲ میلی‌متر) عبور داده شد.

هضم اسیدی در ریزدانه‌های مختلف با افزودن ۱۶ میلی‌لیتر اسید (۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۳۷ درصد) به یک گرم رسوب انجام گردید. برای کامل شدن هضم اسیدی نمونه‌ها به مدت ۶ الی ۷ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد بر روی حمام شن (Sand Bath) قرار گرفت. پس از اتمام زمان لازم به هریک از نمونه‌ها ۴ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۲-۷۰ درصد افزوده شد. بعد از تبخیر ۳ میلی‌لیتر از اسید (بطوری که حدود یک میلی‌لیتر محلول در ارلن باقی بماند) حرارت قطع و حجم نمونه‌ها توسط آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه هر نمونه پس از فیلتر شدن، به باکس‌های مخصوص منتقل شد (Ebrahimpour and Mushrifah, 2009; Huang and Jin, 2008; El-Rjoob *et al.*, 2008).

برای قرائت غلظت فلزات سمی آزاد شده در هر نمونه، از دستگاه جذب اتمی شعله (Flame) مدل (AAS) S series AA spectrometer (کمپانی ترمو (Thermo) انگلستان) استفاده گردید.

در انتها شاخص انباشت ژئوشیمیایی Geochemical Accumulation Index (I_{geo}) برای فلزات مورد بررسی محاسبه شد. این شاخص به عنوان یکی از روش‌های متداول برای ارزیابی میزان انباشت فلزات سنگین در رسوبات مازاد از مقادیر پایه یا زمینه‌ای آن در منطقه می‌باشد.

شاخص انباشت ژئوشیمیایی، درجه آلودگی رسوبات را به فلزات سنگین در غالب ۷ کلاس، بر اساس مقادیر کمی برآورد شده در رسوبات منطقه ارزیابی می‌نماید (جدول۳). بر اساس رابطه ارائه شده، با در اختیار داشتن غلظت زمینه‌ای و غلظت فعلی فلز سنگین در رسوبات می‌توان شاخص انباشت ژئوشیمیایی را که بیانگر شدت آلودگی می‌باشد، محاسبه نمود:

$$Igeo = Log_2(Cn/1.5Bn)$$

Bn غلظت زمینه‌ای فلز سنگین (بدون آلودگی)

Cn غلظت فلز سنگین و سمی در رسوبات ریزدانه (قطر<۶۳μm)

(خراط صادقی و کرباسی، ۱۳۸۷؛ کرباسی و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۱: راهنمای برآورد شدت آلودگی در رسوبات و مواد معلق از شاخص های I_{geo}.

وضعیت آلودگی رسوب یا ذرات معلق	رده I_{geo}	عدد بدست آمده
آلودگی بسیار شدید	۶	۵>
آلودگی شدید تا بسیار شدید	۵	۵-۴>
آلودگی شدید	۴	۴-۳>
آلودگی متوسط تا شدید	۳	۳-۲>
آلودگی متوسط	۲	۲-۱>
غیر آلوده تا آلودگی متوسط	۱	۱-۰>
کاملاً غیر آلوده	۰	۰>

(کرباسی و همکاران، ۱۳۸۹؛ سعیدی و همکاران، ۱۳۸۹)

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز نرم‌افزار Sigmoplot 11.0، SPSS 18 و Excel 2007 به کار گرفته شد.

نتایج

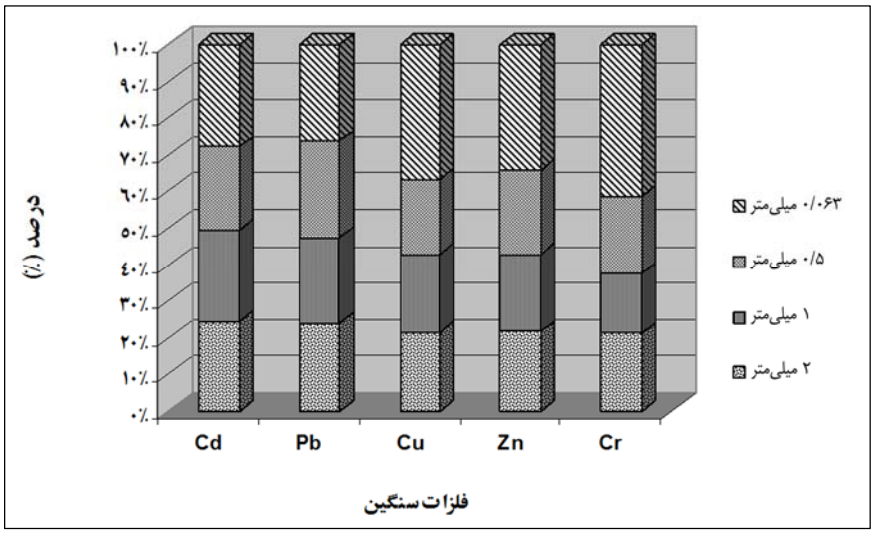
میانگین غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آمده است. حداکثر غلظت فلزات کروم، روی و مس در ایستگاه شماره ۶ و به ترتیب ۱/۷۳ ، ۴۳/۳۵ ، ۲۹/۹۵ میکروگرم بر گرم بوده است. حداقل غلظت کروم و روی به ترتیب ۱/۱۱ و ۳۶/۱۵ میکروگرم بر گرم بوده که در ایستگاه شماره ۵ مشاهده شده است. حداقل تجمع مس نیز در ایستگاه ۴ به مقدار ۲۴/۷۳ میکروگرم بر گرم بوده است.

بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار فلز سرب به ترتیب در ایستگاه ۲ و ۳ مشاهده گردید و برای کادمیوم نیز بالاترین غلظت ۰/۹۵ میکروگرم بر گرم در ایستگاه ۳ بود. کم‌ترین مقدار این عنصر در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۵ مشاهده شده که برابر با ۰/۸۳ میکروگرم بر گرم بوده است.

جدول ۳: غلظت فلزات سنگین (میکروگرم برگرم) در رسوبات سطحی تالاب انزلی (مرداد ۱۳۸۸).

ایستگاه/فلزات	Cr	Zn	Cu	Pb	Cd
۱	۱/۳۶	۳۹/۲۳	۲۹/۰۸	۴/۵۳	۰/۸۳
۲	۱/۵۱	۳۸/۶۸	۲۷/۶۵	۴/۸۰	۰/۸۳
۳	۱/۵۶	۳۹/۲۵	۲۷/۵۵	۳/۹۵	۰/۹۵
٤	۱/۴۳	۳۸/۴۵	۲۴/۷۳	۴/۱۸	۰/۸۴
٥	۱/۱۱	۳۶/۱۵	۲۷/۲۵	۴/۷۳	۰/۸۳
٦	۱/۷۳	۴۳/۳۵	۲۹/۹۵	۴/۴۵	۰/۸۶
میانگین	۱/۴۵±۰/۱۸	۳۹/۱۸±۰/۳۶۸	۲۷/۷±۲/۷۳	۴/۴۴±۰/۵۲	۰/۸۶±۰/۱۷

درصد عناصر سنگین مورد بررسی در ریزدانه‌های مختلف رسوبات سطحی تالاب انزلی در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به نمودارهای به دست آمده مشاهده می‌شود که بیش‌ترین درصد فلزات سنگین برای فلزات مورد مطالعه (کادمیوم، سرب، مس، روی و کروم) در ریزدانه ۰/۶۳ میکرون (جدول ۳) و به ترتیب ۰/۹۶، ۴/۷۵، ۴۰/۶۳، ۵۳/۳۸ و ۲/۴ میکروگرم بر گرم بوده است. کم‌ترین غلظت برای عناصر کادمیوم و مس در ریزدانه‌های ۰/۲۵ میلی‌متر (به ترتیب ۰/۷۸ و ۲۲/۶۷ میکروگرم برگرم) و برای سرب، روی و کروم در ذرات ۱ میلی‌متر (به ترتیب ۴/۲۳، ۳۳/۴۳ و ۰/۹۴ میکروگرم برگرم) بود.



شکل ۲: میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در ریزدانه‌های مختلف در رسوبات جنوب غربی تالاب انزلی (مرداد ۱۳۸۸).

جدول۲: تجزیه واریانس تجمع فلزات سنگین در ریزدانه های رسوبات تالاب انزلی (مرداد ۱۳۸۸).

فلزات	دانه بندی	F	MS
Cd	۰/۰۶۳	۸/۲۰*	۰/۱۰
	۰/۲۵	۲/۳۰ ns	۰/۱۱
	۱	۱/۴۸ ns	۰/۰۱
	۲	۰/۲۵ ns	۰/۰۱
Pb	۰/۰۶۳	۵/۶۴*	۰/۸۳
	۰/۲۵	۰/۷۸ ns	۰/۷۵
	۱	۱/۱۰ ns	۰/۴۹
	۲	۰/۶۶ ns	۰/۶۳
Cu	۰/۰۶۳	۲۸/۹۷*	۹۲/۷۶
	۰/۲۵	۰/۵۶ ns	۰
	۱	۰/۶۲ ns	۱۵/۱۲
	۲	۰/۲۲ ns	۵/۰۳
Zn	۰/۰۶۳	۶/۰۴.*	۴۰/۹۷
	۰/۲۵	۲/۹۴ ns	۳۵/۱۸
	۱	۱/۷۲ ns	۵۰/۳۶
	۲	۱/۳۱ ns	۴۴/۸۶
Cr	۰/۰۶۳	۵/۱۲*	۰/۲۶
	۰/۲۵	۲/۳۴ ns	۰/۱۴
	۱	۰/۲۹ ns	۰/۰۲
	۲	۴/۰۳ ns	۰/۱۵

در مجموع فاکتور شدت آلودگی (I_{geo}) برای فلزات مورد مطالعه به ترتیب زیر بدست آمد:

Cd(۱/۶۵) >Cu(-۰/۹) >Zn(-۱/۰۸) >Pb(-۲/۲۵) >Cr(-۵/۸۲)

بحث و نتیجه‌گیری

هر یک از منابع آلودگی منشاء و تأثیرگذاری خاص خود را دارا می‌باشند لیکن اثرات آن‌ها همه جانبه بوده و نمی‌توان انتظار داشت آلاینده‌های ورودی به یک منطقه بر سایر مناطق تأثیر نگذارد (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۸). بطورکلی فعالیت‌های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی در حاشیه رودخانه‌های منتهی به تالاب، توسعه و استقرار صنایع مختلف اطراف تالاب، عدم وجود سیستم‌های تصفیه فاضلاب و ورود پساب حاوی کودها و سموم شیمیایی از زمین‌های کشاورزی به ویژه در ناحیه جنوب و جنوب غرب تالاب (توسط رودخانه‌های مرغک، خالکایی و اسپند) می‌تواند منبع اصلی آلودگی و عامل مؤثر بر افزایش فلزات سنگین در رسوبات به شمار رود.

با توجه به ته نشست آلاینده‌ها در محیط آبی، رسوبات به عنوان مخزنی برای انباشته شدن آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین، در محیط‌های آبی می‌باشد؛ به همین دلیل در بیشتر مطالعات، جهت تعیین بهتر بار آلودگی در محیط‌های آبی مورد توجه قرار دارند (Sobczyński and Siepak,2001; Wang *et al*., 2004).

در مطالعه حاضر پس از بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی تالاب انزلی مشاهده گردید، بیشترین غلظت مربوط به روی و مس بوده که به دلیل منشا زمین‌شناسی و حضور طبیعی این عناصر در محیط می‌باشد. ترتیب سایر عناصر نیز از نظر فراوانی به صورت زیر بوده است:

روی > مس > سرب > کروم > کادمیوم

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تغییر اندازه ذرات رسوب تأثیر قابل توجهی بر توزیع مکانی و تجمع فلزات در رسوب ندارد اما بیش‌ترین تجمع فلزات سنگین در ریزدانه‌های ۰/۰۶۳ میلی‌متر و کوچک‌تر بوده است و در ذرات بزرگ‌تر از ۶۳ میکرون، قطر ذرات تأثیر قابل ملاحظه ای بر تجمع فلزات سنگین در رسوبات سطحی نداشته است. دلیل عمده‌ی این امر را می‌توان افزایش جذب سطحی در ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون بیان نمود که می‌تواند سبب جذب بیشتر فلزات سنگین گردد.

نتایج تحقیق پری زنگنه و لاکان (۱۳۸۶) بر روی تجمع فلزات سنگین در رسوبات دریای خزر نیز نتایج حاصل از این مطالعه را تأیید نموده و حاکی از آن بود که قطر ذرات تأثیر معنی‌داری بر روی غلظت فلزات سنگین در رسوبات ندارد ولی بیش‌ترین غلظت فلزات سنگین در ذرات ۶۳ میکرون و کوچک‌تر مشاهده می‌شود. Avila-Perez و همکاران (۱۹۹۹) نیز نتایجی مشابه را در بررسی رسوبات یک مخزن آب در مکزیک گزارش نموده‌اند.بررسی شاخص I_{geo} برای فلزات مورد مطالعه نیز مشخص شد که تمام عناصر به جز کادمیوم فاقد آلودگی بوده و غلظت آن‌ها در رسوبات پایین‌تر از غلظت زمینه‌ای بوده است. مقدار کمی فاکتور شدت آلودگی (I_{geo}) برای فلز کادمیوم در منطقه بیشتر از صفر بوده است که با توجه به جدول راهنمای شدت آلودگی (جدول۳)، گویای آلودگی متوسط کادمیوم در منطقه می‌باشد. بنابراین بر اساس فاکتور شدت آلودگی (I_{geo})، در رسوبات منطقه مورد مطالعه آلودگی به فلز کادمیوم وجود دارد. آلودگی به کادمیوم در رسوبات بستر دور از ذهن نیست زیرا که بیش‌تر کودهای شیمیایی به ویژه کودهای ازته و سموم فسفره که در زمین‌های کشاورزی و شالیزارهای اطراف تالاب به کار می‌روند و همچنین لجن فاضلاب‌های خانگی از منابع اولیه فلز سمی کادمیوم هستند (اردبیلی و همکاران، ۱۳۸۵). در نتیجه علت این امر را می‌توان با کادمیوم موجود در رواناب‌های ورودی به تالاب مرتبط دانست که توسط پساب‌های کشاورزی از طریق رودخانه‌ها به تالاب وارد می‌گردند (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). کودهای معدنی از جمله کودهای فسفره و سموم شیمیایی که در زمین‌های کشاورزی و شالیزارهای اطراف تالاب مورد استفاده قرار گرفته و سبب آلودگی رواناب‌های کشاورزی می‌گردند و همچنین فاضلاب‌های خانگی که از شهرهای اطراف به تالاب می‌ریزد می‌توانند از منابع عمده فلز کادمیوم می‌باشند. فاضلاب صنایع و سوخت قایق‌های موتوری از منابع ثانویه الودگی این فلز هستند و از طریق رودخانه‌های عبوری از شهرک صنعتی، شهرهای حاشیه تالاب و شالیزارها به تالاب انتقال می‌یابند و باعث تمرکز کادمیوم در رسوبات سطحی شده اند (اردبیلی و همکاران، ۱۳۸۵).

در نهایت می‌توان مقایسه‌ای میان تجمع فلزات سنگین در بخش جنوب غربی تالاب انزلی با سایر قسمت‌ها انجام نمود. در این مقایسه مشاهده می‌شود میزان عناصر مورد بررسی در بخش جنوب غربی تالاب کمتر از بخش شرقی و مرکزی بوده است که این امر می‌تواند به دلیل منطقه حفاظت شده سیاه کشیم در قسمت غربی انزلی باشد (خزایی و پورخباز، ۱۳۹۱). با این وجود با توجه به اهمیت بالای تالاب بین‌المللی انزلی و خطرات و آلودگی‌هایی که در سال‌های اخیر آن را تهدید می‌کند، انجام مطالعات بیشتر در این راستا و تلاش در جهت کاربرد این مطالعات برای بهبود شرایط تالاب شایسته می‌باشد.

سپاسگزاری

در پایان بر خود لازم می‌دانم از کمک‌های بی‌شائبه زنده یاد دکتر محمد ابراهیم پورکاسمانی، استاد گرانقدر که افق‌های تازه‌ای از دانش و پویایی را به رویمان گشود و در زمان حیات خویش در تمام مراحل انجام این پژوهش همراه و پشتیبان من بودند کمال تشکر و قدردانی را نموده و برای ایشان رحمت و مغفرت الهی را از ایزد منان طلب نماییم.

منابع

اردبیلی، ل.، رفیعی، ب.، خداپرست شریفی، س. ح. و محسنی، ح.، ۱۳۸۵. بررسی توزیع عناصر Pb، Cd، Cu و Zn در رسوبات سطحی تالاب انزلی. دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

پری زنگنه، ع. و لاکان، ک.، ۱۳۸٦. بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر در ایران. مجله آب و فاضلاب، جلد ۶۳: صفحات ۲-۱۲.

خراط صادقی، م. و کرباسی، ع.، ۱۳۸۷. مقایسه شاخص های Igeo و EF در برآورد شدت آلودگی های زیست محیطی رودخانه شیرود به منظور حفظ معیارهای توسعه پایدار. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم، ۱: ۲۹-۳۹.

خزایی، ط. و پورخباز، ع. ر.، ۱۳۹۱. بررسی فلزات سنگین در رسوبات سطحی با اندازه های مختلف (مطالعه موردی:تالاب انزلی). فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب،دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. بهار ۱۳۹۱; ۳(۱۱):۴۷-۵۶.

سرتاج، م. فتح اللهی دهکردی، ف. و فیلی زاده، ی.، ۱۳۸۳. بررسی منابع آلاینده، توان خودپالایی و عملکرد تالاب انزلی در کاهش و حذف آلاینده های صنعتی، کشاورزی و شهری.اولین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه صنعتی شریف.

سعیدی، م.، عباسی، ع.، جمشیدی، ا.، ۱۳۸۹. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین و آلاینده های نفتی در رسوبات سطحی جنوب شرقی دریای خزر با استفاده از شاخص های موجود. مجله محیط شناسی، ۵۳: ۲۱-۳۸.

عبادتی، ف.، اسماعیلی ساری، ع. و ریاحی بختیاری، ع.، ۱۳۸٤. میزان و نحوه تغییرات فلزات سنگین در اندام های گیاهان آبزی و رسوبات تالاب میانکاله. مجله محیط شناسی، جلد ۳۷: صفحات ۵۳-۵۷.

کرباسی، ع.، نبی بیدهندی، غ.، غضبان، ف. و کوکبی حبیب زاده، ش.، ۱۳۸۹. تفکیک شیمیایی عناصر و بررسی شدت آلودگی در رسوبات رودخانه سیاهرود. مجله محیط شناسی، ۵۳: ۱۱-۲۰.

گنجی دوست، ح.، آیتی، ب.، خارا، ح.، خداپرست، س. ح.، اکبرزاده، ا.، احمد زاده لایقی، ت.، نظامی، ش. و زلفی نژاد، ک.، ۱۳۸۸. بررسی محیط زیست تالاب سیاه کشیم. مجله علوم محیطی، جلد ۳: صفحات ۱۱۷-۱۳۲.

ملکوتی، م. ج. و همایی، م.، ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک های مناطق خشک، مشکلات و راه حل ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ص ۳۰۶.

یزدان پناه، ا.، جوادی نسب، ع.، نظریها، م. و مهردادی، ن.، ۱۳۸۸. بررسی میزان فلزات سنگین و هیدروکربن های نفتی در رسوبات ساحلی منطقه عسلویه. دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، صفحات ۲۵۲۸-۲۵۳۴.

Avila-Perez, P., Balcazar, M., Zarazua-Ortega, G., Barcelo-Quintal, I. and Diaz-Delgado, C., 1999. Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir. The Science of the total Environment. 234, 185-196.

Davies, C. A., Tomlinson, K. and Stephenson, T., 1991. Heavy metals in River tees estuary sediments. Environmental Technology. 12, 961 - 972.

Ebrahimpour, M. and Mushrifah, I., 2009. Variation and correlations of selected heavy metals in sediment and aquatic plants in Tasik Chini, Malaysia Environmental Geology. 57, 823-831.

El-Rjoob, A. O., Mzsszdeh, A. M. and Omari, M. N., 2008. Evaluation of Pb, Cu, Zn, Cd, Ni and Fe levels in Rosmarinus officinalis labaiatae (Rosemary) Medicial plants and soils in selected zones in Jordan. Environmental Monitoring and Assessment. 140, 61-68.

Hanson, P. J., Evans, D. W., Colby, DR. and Zdanowicz, V. S., 1983. Assessment of elemental contamination in estuarine and coastal environments based on geochemical and statistical modeling of sediments. Marine Environmental Research. 36, 237-266.

Huang, S. W., and Jin, J. Y., 2008. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use. Environmental Monitoring and Assessment. 139, 317-327.

Lasheen, M.R. and Ammar, N. S. 2009. Speciation of some heavy metals in River Nile sediments, Cairo, Egypt. Environmentalist. 29, 8–16.

Sobczyński, T. and Siepak, J., 2001. Speciation of Heavy Metals in Bottom Sediments of Lakes in the Area of Wielkopolski National Park. Polish Journal of Environmental Studies. 6, 463-474.

Wang, H., Wang, C. X., Wang, Z. J. and Cao, Z. H., 2004. Fractionation of heavy metals in surface sediments of Taihu Lake, East China. Environmental Geochemistry and Health. 26, 303-309.