

تعیین آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب بامدژ با استفاده از شاخص ژئوشیمیایی مولر

عبدالرضا کرباسی^۱، شهرزاد ولوی^۲

۱- استادیار مهندسی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران akarbasi@ut.ac.ir
۲- کارشناس ارشد محیط زیست دانشکده محیط زیست واحد علوم و تحقیقات اهواز valavi39@gmail.com
تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۲۰

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی شدت آلودگی فلزات سنگین (Ca, Fe, Ni, Cd, Pb, Zn, As, Hg) در رسوبات تالاب بامدژ (استان خوزستان) می‌پردازد. هدف اصلی این تحقیق کمی‌سازی شدت آلودگی در تالاب و اهداف جزئی آن جداسازی بخش انسان‌ساخت از طبیعی و مشخص کردن منشاء عناصر سنگین است. در این تحقیق از روش آزمایشگاهی تفکیک شیمیایی و جذب اتمی استفاده شد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که بر اساس فرمول Igeo محیط تالاب از نظر آلودگی به فلزات آرسنیک، نیکل و سرب در طبقه آلودگی بسیار کم تا متوسط و از نظر آلودگی به فلزات آهن و روی در طبقه بدون آلودگی و از نظر آلودگی به فلز کادمیوم در طبقه آلودگی متوسط تا زیاد و از نظر آلودگی به جیوه در طبقه آلودگی بسیار شدید قرار می‌گیرد. بررسی درصد غلظت انسان‌ساخت و طبیعی عناصر مورد مطالعه در محیط تالاب نشان می‌دهد که عناصر کادمیوم و سرب بیشتر منشاء انسان‌ساخت، و عناصر آهن، روی و نیکل منشاء طبیعی دارند؛ همچنین کلسیم منشاء معدنی دارد. نتایج آنالیز خوشه‌ای نشان می‌دهد که منشاء سرب بیولوژیک است. نیکل و آهن نیز تحت ضریب تشابه بالا به هم متصل‌اند که نشان دهنده منشاء زمینی نیکل است. منشاء مواد آلی غیر طبیعی است و در نتیجه منشاء جیوه و آرسنیک که با مواد آلی ارتباط دارند نیز غیرطبیعی است. در نهایت ۴ شاخه تشکیل شده در آنالیز خوشه‌ای تحت ضریب تشابه بسیار پایین بهم متصل می‌شوند که حاکی از عدم ارتباط بین این ۴ شاخه و عناصر موجود در آنهاست.

کلید واژه

تالاب بامدژ، فلزات سنگین، انسان‌ساخت، طبیعی، تفکیک شیمیایی، آنالیز خوشه‌ای

سراغاز

رسوبات استفاده می‌شود (Rauret, et al., 1988). علت اصلی استفاده از رسوب آن است که غلظت عناصر سنگین تحت تأثیر تغییرات فصلی - جوی قرار نگرفته و از طرفی رسوبات همیشه با آبهای فوقانی در واکنش هستند (Karbassi & Nadjafpour, 1996; Karbassi, et al., 2008). به عبارت دیگر رسوبات ضبط کننده حوادث و آلودگی است که در محیط آبی ایجاد می‌شود (Karbassi & Shankar, 1992); کرباسی، ۱۳۷۹). اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در رسوبات به تنهایی نمایانگر شدت آلودگی نخواهد بود، بنابراین در سالهای اخیر برای رفع این مشکل از شاخص ژئوشیمیایی مولر جهت تعیین شدت آلودگی استفاده شده است. از طرفی عامل تجمع عناصر در رسوبات اطلاعات مناسبی را از شرایط زیست‌محیطی در اختیار محققان

فاضلاب‌های شهری و روستایی و زباله‌های ریز و درشت روستاهای همجوار تالاب بامدژ به همراه پساب‌های کشاورزی و روان‌آبها با تمام گل آلودگی و املاح خود از طریق رودخانه شاورر به بستر آرام تالاب می‌رسند. عناصر سنگین و محلول با رسوبات تالاب واکنش نشان داده و به صورت جذب سطحی پیوند سولفیدی و آلی وارد رسوبات می‌شوند (Saeedi, et al., 2003; Karbassi, 1998). آبریان کفزی در اثر بلع رسوبات در معرض خطر سمی بودن فلزات سنگین قرار خواهند گرفت. بنابراین شناخت نوع پیوند عناصر سنگین و امکان آزادسازی آنها، یا تجمع بیولوژیک آنها ضروری است. برای برآورد میزان آلودگی در محیط زیست و خصوصاً محیط‌های آبی از

از هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب با گراب برداشت و در یخدان حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و تا زمان کار آزمایشگاهی در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها برای هضم از روش الک تر استفاده شد، بدین ترتیب که نمونه‌ها از سردخانه خارج شد و پس از این که یخ آنها در دمای آزمایشگاه باز شد با شست‌وشو در آب منطقه از الک ۶۳ μ گذرانده شدند و رسوب عبور نموده از الک در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد (Ramelow, 1992). بعد از گذشت ۲۴ ساعت نمونه‌ها از آون خارج و مراحل تفکیک شیمیایی (شامل ۵ مرحله) انجام پذیرفت. برای انجام مراحل تفکیک شیمیایی از آب مقطر با pH=7، اسید استیک ۲۵٪، محلول ۰/۱ مولار هیدروکسید آمین هیدروکلرید تهیه شده در اسید استیک ۲۵٪، H₂O₂، ۳۰٪، HCl، داغ استفاده شد، پس از انجام مراحل تفکیک آب فیلتر شده از هر مرحله به جذب اتمی فرستاده شد. نمونه پس از گذراندن از الک ۶۳ میکرون، در هاون عقیق پودر شد و به ۵/۵ gr از رسوب ۷cc تیزاب سلطانی و ۳cc HClO₄ اضافه و پس از گذراندن از فیلتر، آب فیلتر شده به حجم ۵۰cc رسانده و به جذب اتمی فرستاده شد (Karbassi & Amirmezahad, 2004). برای تعیین میزان مواد آلی ابتدا ظروف چینی را با اسید شستشو و توزین سپس برای هر ایستگاه ۳ ظرف چینی را از رسوب پر و در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد، پس از ۲۴ ساعت نمونه‌های خشک شده را از آون خارج و توزین شد و بعد از آن به مدت ۷ ساعت در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره قرار داده شد. بعد از گذشت مدت مورد نظر نمونه‌های سوخته از کوره خارج و توزین شد. بدین ترتیب بار مواد آلی را با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آوریم (Karbassi & Narayana, 1992).

$$1) \text{ TOM} = (A+B) - (A+C) / (A+B) - A$$

A = وزن بوته

$$(A+B) = \text{وزن بوته} + \text{رسوب خشک}$$

$$(A+C) = \text{وزن بوته} + \text{رسوب سوخته}$$

بعد از خشک شدن رسوب در آون در ۲۴ ساعت و در دمای ۷۰ درجه، ۲۵ gr از رسوب برداشته شده در بشر ریخته شد ۲۵۰cc آب و ۱۰cc سدیم هگزامتافسفات به آن اضافه و با میله شیشه‌ای به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد سپس با الک ۶۳ الک شد و آن‌قدر با آب شست‌وشو شد تا از زیر الک آب زلال بیرون خارج شد، سپس الک با محتویات در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و بعد از بیرون آوردن الک از آون محتویات آن بر روی کاغذ

می‌گذارد. همچنین ذکر این نکته حایز اهمیت است که جداسازی بخش انسان‌ساخت فلزات سنگین از بخش طبیعی می‌تواند تصویر واضح‌تری از میزان واقعی آلاینده‌ها در محیط آبی در اختیار بگذارد. تفکیک شیمیایی بیان می‌دارد که عناصر می‌توانند پیوند بسیار سست، پیوند سست، پیوند سولفیدی، پیوند آلی - فلزی، پیوند مقاوم و پیوند میان بطنی داشته باشند که آن دسته از عناصر سنگین که در پیوندهای بسیار سست، سست، سولفیدی و آلی-فلزی، قرار می‌گیرند، نشان دهنده بخش انسان‌ساخت هستند (Karbassi & Shankar, 2005). آندسته از عناصر سنگین که در پیوندهای مقاوم و میان بطنی قرار می‌گیرند نشان‌دهنده بخش طبیعی‌اند. تالاب بامدژ واقع در استان خوزستان در اراضی پست و ابرفتی شمال غربی اهواز، حد فاصل رودخانه کرخه و دز قرار گرفته است. این تالاب تحت نامهای شاور و مزیحه نیز شناخته شده اند. تالاب نام اصلی خود را از آبادی مجاور خود یعنی بامدژ که در ضلع جنوب شرقی آن واقع شده است برگرفته است.

روش تحقیق

پس از بررسی نقشه منطقه و بازدید از محدوده تالاب ۶ ایستگاه (جدول شماره ۱) در بخش‌های مختلف تالاب یا قسمت‌های مرتبط با آن انتخاب و نمونه‌برداری رسوب در این ایستگاه‌ها صورت پذیرفت. نمونه‌گیری در تاریخ ۸۵/۲/۲۸ انجام شد (شکل شماره ۱).

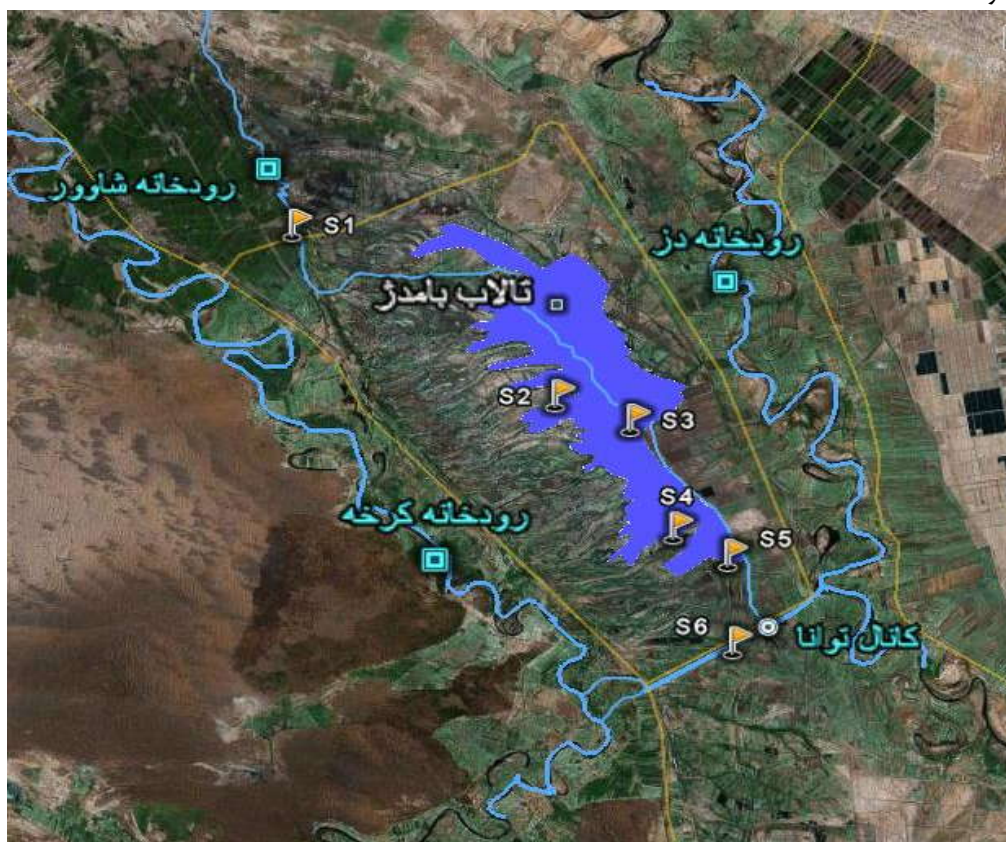
جدول شماره (۱): موقعیت و مشخصات ایستگاههای

مورد بررسی

کد ایستگاه	موقعیت جغرافیایی	بزرگی نمونه برداری	تاریخ نمونه برداری	دمای آب
۱	N: ۳۱°۴۹'۵۴" E: ۴۸°۲۷'۱۵/۸"	۵ بعدازظهر	۳۰°	۲۴°
۲	N: ۳۱°۴۵'۴۰/۵" E: ۴۸°۳۳'۰۴/۴"	۱:۴۵ بعدازظهر	۳۱°	۲۶°
۳	N: ۳۱°۴۵'۰۴/۲" E: ۴۸°۳۶'۱"	۳:۱۵ بعدازظهر	۳۱°	۲۶°
۴	N: ۳۱°۴۲'۲۴/۲" E: ۴۸°۳۵'۴۳/۹"	۹:۳۰ صبح	۳۱°	۲۶°
۵	N: ۳۱°۴۱'۴۳/۵" E: ۴۸°۳۸'۳۲/۱"	۱۱:۱۵ صبح	۳۰°	۲۹°
۶	N: ۳۱°۳۹'۳۳/۹" E: ۴۸°۳۸'۳۹/۱"	۱۲:۲ بعدازظهر	۳۹°	۲۶°

- Cn = غلظت فلز مورد نظر در زمان حاضر در رسوبات
 Bn = غلظت فلز مورد نظر در shale
- 2) $Igeo = \log_2 \{ (Cn/Bn) * 1.5 \}$
- 3) $EF = x/Fe(\text{sediment}) / x/Fe(\text{Earth crust})$

سفیدی ریخته و توزین و از ۲۵ گس کسر شد. تفاوت مقدار رسوب اولیه و آنچه در الک باقی مانده سیلت و رس است (Buchanan, 1974). برای امور آماری از دو بسته نرم افزار به نامهای Explor و Cluster استفاده شد. اساس کار آنالیز خوشه‌ای بر جفت‌های هم وزن استوار است. برای به‌دست آوردن میزان آلودگی از دو فرمول $Igeo$ و EF استفاده شد.



شکل شماره (۱): موقعیت تالاب بامدژ و محل نمونه برداری‌ها

کلسیم در اسید استیک براحتی حل می‌شود. بنابراین در ادامه بحث کلسیم طبیعی به معنای کلسیم آلی و کلسیم غیرطبیعی (انسان‌ساخت) به معنای کلسیم معدنی استفاده می‌شوند. جدول شماره (۱۲) درصد بار مواد آلی TOM% در رسوبات ایستگاههای مختلف را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که میزان مواد آلی نسبت به متوسط خاک و یا پوسته زمین (حدود ۴٪) به مراتب بیشتر است. درصد سیلت و رس در رسوبات ایستگاههای مورد بررسی در جدول شماره (۱۳) آورده شده است. بخش زیادی از رسوبات حاوی درصدهای بالاتر از ۹۰ درصد سیلت و رس هستند. این موضوع نشان می‌دهد که ورودی‌های این تالاب از توان لازم برای حمل مواد شنی برخوردار نیستند. جدول شماره (۱۴) درصد غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین و رسوبات غیر آلوده نشان می‌دهد.

نتایج

نتایج حاصل از تفکیک شیمیایی عناصر مورد مطالعه در ایستگاههای مورد بررسی در جداول شماره (۲ تا ۱۰) آورده شده است. در جدول شماره (۲) عناصر مورد مطالعه از نظر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار نشان داده شده است. مقایسه درصد انسان‌ساخت و درصد طبیعی عناصر مورد مطالعه در جدول شماره (۱۱) آمده است. از سایر جدول‌ها می‌توان دریافت که بخش زیادی از غلظت عناصر توسط منابع غیرطبیعی تأمین شده است که در بخش بحث مورد نقد و بررسی قرار خواهند گرفت. البته حضور کلسیم در فاز انسان‌ساخت واقعاً به معنای غیرطبیعی بودن آن نیست چرا که

جدول شماره (۲): عناصر مورد مطالعه از نظر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار

کد ایستگاه	عناصر	غلظت کل	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
۲	کلسیم (%)	۱/۱۰	۰/۹۰	۱/۱۹	۱/۰۴	۰/۱۲
۳		۰/۹۱				
۴		۰/۹۰				
۵		۱/۱۲				
۶		۱/۱۹				
۱		۱/۰۰۲				
۲	آهن (%)	۳/۸	۳/۷۴	۵/۲۳	۴/۳۱۵	۰/۵۵
۳		۴/۴۱				
۴		۳/۷۴				
۵		۴/۲۰				
۶		۵/۲۴				
۱		۴/۵۱				
۲	روی (ppm)	۴۰	۴۰	۸۷/۵	۱/۴۳	۰/۳۵۹
۳		۸۰				
۴		۴۴/۵				
۵		۸۷/۵				
۶		۷۰				
۱		۵۷				
۲	کادمیوم (ppm)	۱۳/۵	۹/۶۷	۱۶/۶۵	۱۴/۲۰	۲/۵۸
۳		۹/۶۷				
۴		۱۵/۶۹				
۵		۱۶/۶۵				
۶		۱۶/۱۲				
۱		۱۳/۶۱				
۲	سرب (ppm)	۲۲/۱۲	۱۷/۳۶	۲۲/۱۲	۲/۸	۰/۲۶
۳		۱۷/۳۶				
۴		۳۲/۱۳				
۵		۱۸/۴۸				
۶		۱۸/۶۲				
۱		۲۱/۵۶				
۲	نیکل (ppm)	۹۹/۵	۴۷	۱۲۴/۷۵	۳/۴۸	۱/۰۳
۳		۸۶				
۴		۴۷				
۵		۷۴/۲۵				
۶		۱۲۴/۷۵				
۱		۸۹/۵				
۲	آرسنیک (ppm)	۴/۱۶	۲/۸۹	۵/۰۲	۳/۷۵	۰/۷۸
۳		۳/۲۶				
۴		۳/۲۲				
۵		۵/۰۲				
۶		۲/۸۹				
۱		۳/۶۸				
۲	جیوه (ppm)	۴/۸۳	۱/۶۳	۵/۴۸	۴/۰۳	۱/۵۳
۳		۵/۲۸				
۴		۲/۷۹				
۵		۵/۴۸				
۶		۱/۶۳				
۱		۴/۳				

جدول شماره (۳): درصد غلظت کلسیم در ایستگاههای مورد بررسی در مراحل مختلف هضم

کد ایستگاه	مرحله (a) Bio-available	مرحله (b) Loosely bonded ions	مرحله (c) پیوند سولفیدی	مرحله (d) پیوند آلی-فلزی	مرحله (e) پیوند مقاوم	پیوند میان بطنی	غلظت کل	کلسیم معدنی	کلسیم آلی
۱	۰/۰۶۸	۰/۳۰	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۳۳	۰/۰۰۰۲	۱/۱۰	۰/۷۸	۰/۳۳
۲	۰/۰۵۲	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۲۶	۰/۰۰۰۲	۰/۹۱	۰/۶۵	۰/۲۶
۳	۰/۰۶۷	۰/۰۷۸	۰/۳۲	۰/۰۹	۰/۳۴	۰/۰۰۰۲	۰/۹۰	۰/۵۶	۰/۳۴
۴	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۰۰۰۲	۱/۱۲	۰/۹۱	۰/۲۱
۵	۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۰۰۰۱۵	۱/۱۹	۰/۹۴	۰/۲۵
۶	۰/۰۵۲	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۳۰	۰/۰۰۰۲	۱/۰۰۲	۰/۷۰	۰/۳۱

جدول شماره (۴): درصد غلظت آهن در ایستگاههای مورد بررسی در مراحل مختلف هضم

کد ایستگاه	مرحله (a) Bio-available	مرحله (b) bonded Loosely ions	مرحله (c) پیوند سولفیدی	مرحله (d) پیوند آلی-فلزی	مرحله (e) پیوند مقاوم	پیوند میان بطنی	غلظت کل	مقدار انسان ساخت	مقدار طبیعی
۱	۰/۰۱	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۰۰۴۴	۲/۱۵	۰/۰۰۴	۳/۸	۰/۹۲	۲/۱۵
۲	۰/۰۰۱	۰/۶۲	۰/۲۳	۰/۰۰۱۲	۳/۵۵	۰/۰۰۲۸	۴/۴۱	۰/۱۶	۳/۵۵
۳	۰/۰۰۶	۰/۳۴	۰/۲۴	۰/۰۰۸۴	۳/۱۵	۰/۰۰۱۶	۳/۷۴	۰/۶	۳/۱۵
۴	۰/۰۰۹	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۰۰۳	۳/۵۵	۰/۰۰۳	۴/۲۰	۰/۶۴	۳/۵۶
۵	۰/۰۰۶	۰/۴۶	۰/۲۰	۰/۱۲	۳/۳۶	۰/۰۰۰۸	۵/۲۴	۱/۸۷	۳/۳۶
۶	۰/۰۰۶	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۶۵	۳/۲۹	۰/۰۰۳۶	۴/۵۱	۱/۲۲	۳/۳

جدول شماره (۵): غلظت سرب (ppm) در ایستگاههای مورد بررسی در مراحل مختلف هضم

کد ایستگاه	مرحله (a) Bio-available	مرحله (b) Loosely bonded ions	مرحله (c) پیوند سولفیدی	مرحله (d) پیوند آلی-فلزی	مرحله (e) پیوند مقاوم	پیوند میان بطنی	غلظت کل	مقدار انسان ساخت	مقدار طبیعی
۱	۰/۹۸	۸/۴	۵/۷۴	۱/۴۷	۴/۹	۰/۶۳	۲۲/۱۲	۱۶/۵۹	۵/۵۳
۲	۰/۱۴	۷/۲۱	۴/۵۵	۱/۰۵	۳/۸۵	۰/۵۶	۱۷/۳۶	۱۲/۹۵	۴/۴۱
۳	۱/۱۹	۱۸/۹	۵/۸۱	۱/۹۶	۳/۹۲	۰/۳۵	۳۲/۱۳	۲۷/۸۶	۴/۲۷
۴	۰/۷	۶/۰۲	۵/۱۸	۲/۰۳	۳/۹۹	۰/۵۶	۱۸/۴۸	۱۳/۹۳	۴/۵۵
۵	۰/۱۴	۷/۲۸	۶/۳۷	۰/۹۸	۳/۶۴	۰/۲۱	۱۸/۶۲	۱۴/۷۷	۳/۸۱
۶	۰/۲۸	۷/۹۱	۶/۱۶	۲/۵۲	۳/۷۸	۰/۲۱	۲۱/۵۶	۱۷/۵۷	۳/۹۹

جدول شماره (۶): غلظت نیکل (ppm) در ایستگاههای مورد بررسی در مراحل مختلف هضم

کد ایستگاه	مرحله (a) Bio-availability	مرحله (b) Loosely bonded ions	مرحله (c) پیوند سولفیدی	مرحله (d) پیوند آلی-فلزی	مرحله (e) پیوند مقاوم	پیوند میان بطنی	غلظت کل	مقدار انسان ساخت	مقدار طبیعی
۱	۴/۷۵	۱۵/۲۵	۷/۲۵	۲	۶۹/۵	۰/۷۵	۹۹/۵	۲۹/۲۵	۷۰/۲۵
۲	۳/۵	۱۵/۷۵	۳/۵	۵/۲۵	۵۷	۱	۸۶	۲۸	۵۸
۳	۱/۵	۱۶/۷۵	۶/۷۵	۱/۲۵	۱۹/۲۵	۱/۵	۴۷	۲۶/۲۵	۲۰/۷۵
۴	۳	۷/۵	۶/۷۵	۲/۵	۵۳/۷۵	۰/۷۵	۷۴/۲۵	۱۹/۷۵	۵۴/۵
۵	۳/۲۵	۵۰	۱۱/۵	۱۷	۴۲	۱	۱۲۴/۷۵	۸۱/۷۵	۴۳
۶	۱/۵	۲۵/۵	۱۳/۷۵	۱۷	۲۹/۵	۲/۲۵	۸۹/۵	۵۷/۷۵	۳۱/۷۵

جدول شماره (۷): غلظت روی (ppm) در ایستگاههای مورد بررسی در مراحل مختلف هضم

کد ایستگاه	مرحله (a) Bio-availability	مرحله (b) Loosely bonded ions	مرحله (c) پیوند سولفیدی	مرحله (d) پیوند آلی-فلزی	مرحله (e) پیوند مقاوم	پیوند میان بطنی	غلظت کل	مقدار انسان ساخت	مقدار طبیعی
۱	۲/۵	۱۱/۵	۸/۵	۴/۵	۱۱	۲	۴۰	۲۷	۱۳
۲	۲	۱۲	۱۰/۵	۳	۵۱	۱/۵	۸۰	۲۷/۵	۵۲/۵
۳	۳	۱۰	۹/۵	۲	۱۹	۱	۴۴/۵	۲۴/۵	۲۰
۴	۳/۵	۸	۱۱	۴	۵۶/۵	۴/۵	۸۷/۵	۲۶/۵	۶۱
۵	۲	۱۲	۹/۵	۵/۵	۳۸/۵	۲/۵	۷۰	۲۹	۴۱
۶	۳	۱۳	۹	۵/۵	۲۴	۲/۵	۵۷	۳۰/۵	۲۶/۵

جدول شماره (۸): غلظت کادمیوم (ppm) در ایستگاههای مورد بررسی در مراحل مختلف هضم

کد ایستگاه	مرحله (a) Bio-availability	مرحله (b) Loosely bonded ions	مرحله (c) پیوند سولفیدی	مرحله (d) پیوند آلی-فلزی	مرحله (e) پیوند مقاوم	پیوند میان بطنی	غلظت کل	مقدار انسان ساخت	مقدار طبیعی
۱	۲/۳۷	۱/۵۷	۵/۴۷	۱/۸۸	۲/۱۷	۰/۰۴	۱۳/۵	۱۱/۲۹	۲/۲۱
۲	۲/۱۲	۱/۵۷	۳/۰۱	۰/۸۲	۲/۱۱	۰/۰۴	۹/۶۷	۷/۵۲	۲/۱۵
۳	۲/۲۱	۰/۱۶	۹/۶۱	۱/۵۶	۲/۱	۰/۰۵	۱۵/۶۹	۱۳/۵۴	۲/۲
۴	۶/۵۷	۵/۷۵	۲/۷۶	۰/۴	۱/۱۴	۰/۰۳	۱۶/۷۵	۱۵/۴۸	۱/۱۷
۵	۲/۱۷	۲/۱۷	۷/۶۸	۲/۰۵	۲/۰۲	۰/۰۳	۱۶/۱۲	۱۴/۰۷	۲/۰۵
۶	۲/۴۴	۰/۷۶	۷/۵	۰/۹۲	۱/۹۵	۰/۰۴	۱۳/۶۱	۱۱/۶۲	۱/۹۹

ادامه جدول شماره (۱۱): بررسی درصد انسان ساخت و

طبیعی عناصر

غلظت طبیعی	غلظت انسان ساخت	عناصر	کد ایستگاه
۳۲/۵	۶۷/۵	روی	۱
۶۵/۶۲	۳۴/۳۸		۲
۴۴/۹۴	۵۵/۰۶		۳
۶۹/۷۱	۳۰/۲۹		۴
۵۸/۵۷	۴۱/۴۳		۵
۴۶/۴۹	۵۳/۵۱		۶
۲۵	۷۵	سرب	۱
۲۴/۴۸	۷۲/۵۲		۲
۱۳/۲۹	۸۶/۷۱		۳
۲۴/۶۲	۷۵/۳۸		۴
۲۰/۶۸	۷۹/۳۲		۵
۱۸/۵۱	۸۱/۴۹		۶
۷۰/۶۱	۲۹/۳۹	نیکل	۱
۶۷/۴۴	۳۲/۵۶		۲
۴۴/۱۵	۵۵/۸۵		۳
۷۰/۴	۲۹/۶۰		۴
۳۴/۷۴	۶۵/۵۳		۵
۳۵/۴۷	۶۴/۵۳		۶

جدول شماره (۱۲): بار مواد آلی TOM

ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
میانگین TOM درصد	۱۲/۰۷	۱۷/۲۲	۵/۹۷	۱۸/۵۷	۱۶/۴۱	۱۹/۰۶

جدول شماره (۱۳): محاسبه درصد سیلت و رس در رسوبات

ایستگاههای مورد بررسی

درصد سیلت و رس	ایستگاه
$23/77 \div 25 \times 100 = 95/08$	۱
$23/6 \div 25 \times 100 = 94/40$	۲
$5 \div 25 \times 100 = 20$	۳
$23/29 \div 25 \times 100 = 93/16$	۴
$22/91 \div 25 \times 100 = 91/64$	۵
$22/93 \div 25 \times 100 = 91/72$	۶

جدول شماره (۹): غلظت آرسنیک (ppm) در

ایستگاههای مورد بررسی

غلظت As	کد ایستگاه
۴/۱۶	۱
۳/۲۶	۲
۳/۲۲	۳
۵/۰۲	۴
۲/۸۹	۵
۳/۶۸	۶

جدول شماره (۱۰): غلظت جیوه (ppm) در

ایستگاههای مورد بررسی

غلظت Hg	کد ایستگاه
۴/۸۳	۱
۵/۲۸	۲
۲/۷۹	۳
۵/۴۸	۴
۱/۶۳	۵
۴/۳	۶

جدول شماره (۱۱): درصد انسان ساخت و طبیعی عناصر

درصد طبیعی	درصد انسان ساخت	عناصر	کد ایستگاه
۲۹/۷۳	۷۰/۲۷		۱
۲۸/۵۷	۷۱/۴۳		۲
۳۷/۷۸	۶۲/۲۲		۳
۱۸/۷۵	۸۱/۲۵	کلسیم	۴
۲۱/۰۱	۷۸/۹۹		۵
۳۰/۶۹	۶۹/۳۱		۶
۷۵/۷۹	۲۴/۲۱		۱
۸۰/۵	۱۹/۵۰		۲
۸۳/۹۶	۱۶/۰۴		۳
۸۴/۷۶	۱۵/۲۴	آهن	۴
۶۴/۳۱	۳۵/۶۹		۵
۷۲/۹۵	۲۷/۰۵		۶
۱۶/۳۷	۸۳/۶۳		۱
۲۲/۲۳	۷۷/۷۷		۲
۱۳/۷	۸۶/۳۰		۳
۷/۵۸	۹۲/۴۲	کادمیوم	۴
۱۲/۷۲	۸۷/۲۸		۵
۱۴/۶۲	۸۵/۳۸		۶

در تمامی ایستگاهها بیشترین مقدار سرب در پیوند سست آزاد شده است. پیوند سست از خطرناکترین پیوندهای زیست محیطی است؛ عنصری که در این پیوند قرار دارند، با تغییرات جزئی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آبهای فوقانی از حالت غیر محلول به حالت محلول تبدیل می‌شوند. در تمامی ایستگاهها بجز ایستگاه ۱ بیشترین مقدار روی در پیوند مقاوم آزاد شده است. شایان ذکر است که حضور روی در پیوند سست نیز بالا است.

در ایستگاههای ۱ و ۳ و ۵ بیشترین مقدار کادمیوم در پیوند سولفیدی آزاد شده است. از آنجایی که سولفیدها تحت شرایط احیا شکل می‌گیرند می‌توان نتیجه گرفت که در زمان‌های بعدی حضور سولفیدها خود باعث کاهش پ هاش آبهای فوقانی شود و در اثر این کاهش، عناصر موجود در پیوند سست از سطح رسوبات آزاد شوند. رنگ تیره و بوی گندیده رسوبات نیز نشان‌دهنده سولفیدی بودن محیط رسوبات تالاب بامدژ است.

بررسی غلظت انسان‌ساخت و طبیعی روی در ایستگاههای مورد بررسی نشان می‌دهد که در ایستگاههای ۲، ۴، ۵ درصد غلظت انسان‌ساخت بیشتر است و در ایستگاههای ۱، ۳، ۶ درصد غلظت طبیعی بیشتر است. بررسی درصد غلظت انسان‌ساخت و طبیعی روی در کل محیط تالاب نشان دهنده این است که روی منشاء طبیعی دارد.

نتایج آنالیز خوشه‌ای نشان می‌دهد که عناصر کلسیم و سرب تحت ضریب تشابه بالا به هم متصل شده‌اند. چون کلسیم شاخص مواد بیولوژیک است پس منشاء سرب بیولوژیک است. چون کلسیم تحت پ هاش زیر ۷ می‌تواند منحل شود بنابراین پس از انحلال مواد کربناتی سرب که به صورت $Pb(CO_3)_2$ در رسوب وجود دارد آزاد می‌شود و به صورت محلول در آبهای فوقانی قرار می‌گیرد. نیکل و آهن نیز تحت ضریب تشابه بالا بهم متصل‌اند که این امر نشان‌دهنده منشاء زمینی نیکل است. البته این موضوع در خصوص ایستگاه شماره ۵ صادق نیست. عناصر کادمیوم و روی تحت ضریب تشابه پایین به شاخه مربوط به نیکل و آهن متصل شده‌اند که می‌توان نتیجه گرفت منشاء این ۲ عنصر غیرطبیعی است.

مواد آلی بیشتر از منابع گیاهی و تخریب آنها حاصل می‌شود و در پارهای از موارد از فعالیت‌های صنعتی حاصل می‌شود. از آنجایی که منابع گیاهی داری جیوه و آرسنیک در طبیعت نیستند بنابراین در نتیجه منشاء جیوه و آرسنیک که با مواد آلی ارتباط دارند از مواد آلی غیر طبیعی است. در نهایت "۴ شاخه با ضریب تشابه بسیار پایین به هم

جدول شماره (۱۴): درصد غلظت فلزات در پوسته زمین و

رسوبات غیر آلوده

فلز	پوسته زمین %	رسوبات غیر آلوده
Fe	۵/۰۸	۴۱-۰×۱۰
Ca	۳/۶۵	-
Ni	۰/۰۰۸	۵۱/۶-۲۰/۹×۱۰
Zn	۰/۰۰۸	۹۵×۱۰
As	۰/۰۰۰۵	۷۰-۸/۲×۱۰
Pb	۰/۰۰۱۳	۱۹×۱۰
Cd	۰/۰۰۰۰۲	۰/۱۱×۱۰
Hg	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۵-۰/۳×۱۰

بحث

حضور کلسیم به میزان کم در رسوبات تالاب بامدژ حاکی از آن است که بهره‌وری بیولوژیکی در این تالاب بسیار پایین است. برای مثال مقادیر کلسیم در رسوبات خلیج فارس به بیش از ۴٪ می‌رسد که این امر نشان‌دهنده بهره‌وری بالاتر در خلیج فارس است (کرباسی، ۱۳۷۹). بالاتر بودن مواد آلی (تا حد ۱۹ درصد) در رسوبات تالاب بامدژ به معنای کاهش اکسیژن محلول در آبهای فوقانی این تالاب است.

در تمام ایستگاههای مورد بررسی بیشترین مقدار آهن در پیوند مقاوم آزاد شده است. بنابراین حضور آهن در رسوبات تالاب از منابع طبیعی صورت پذیرفته است. اما حضور کم این عنصر در پیوند سولفید نشان می‌دهد که شرایط اکسایش تالاب به شرایط احیا تبدیل شده است و تحت محیط احیا امکان تشکیل سولفیدها مهیا شده است. در ایستگاههای ۱ و ۲ و ۳ و ۶، بیشترین مقدار کلسیم در پیوند مقاوم آزاد شده که نشان دهنده کلسیم آلی در رسوبات بامدژ است. بنظر می‌رسد که حضور کلسیم در پیوند سولفیدی در ایستگاه ۴ نشان دهنده تشکیل گچ در محیط باشد.

در ایستگاههای ۱ و ۲ و ۳ و ۴ بیشترین مقدار نیکل در پیوند مقاوم آزاد شده جای نگرانی از لحاظ حوادث مهم زیست محیطی وجود ندارد. در ایستگاه ۵ بیشترین مقدار نیکل در پیوند سست آزاد شده است. این ایستگاه دارای بالاترین غلظت نیکل نیز می‌باشد. چون نیکل می‌تواند به عنوان شاخص آلودگی نفتی در نظر گرفته شود بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علت بالا بودن نیکل ریزش مواد نفتی نظیر روغن قایق‌های موتوری و یا سایر موارد باشد. منشاء یابی مواد نفتی در ایستگاه شماره ۵ نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

بررسی ضریب همبستگی بین درصد سیلت و رس در رسوبات با عناصر

مورد مطالعه

با توجه به نتایج به دست آمده از ضریب همبستگی می توان چنین نتیجه گیری کرد که بیشترین همبستگی با درصد سیلت و رس را نیکل دارد و کمترین همبستگی را کادمیوم دارد.

با توجه به فعل و انفعالات اساسی اکولوژیک، تالابها به عنوان تنظیم کننده رژیم آبها و بویژه محل رشد نباتات بومی و زیستگاه حیوانات مخصوص به این مناطق بویژه پرندگان آبی محسوب می شوند. از طرفی تالابها از نظر اقتصادی و فرهنگی و علمی و تفریحی منابع پرارزشی اند که انهدام آنها جبران ناپذیر است.

پیشنهادها

برای حفاظت از این اکوسیستم بالارزش و در راستای اهداف این پروژه پیشنهاد زیر ارائه می گردد:

- ۱- کنترل میزان مصرف کود و سموم توسط کشاورزان و ارائه دستورالعملها و آموزشهای لازم به روستاییان .
- ۲- استفاده از روشهای بیولوژیکی مبارزه با آفات، برای کاهش در مصرف سموم زراعی.
- ۳- ایجاد سیستم جمع آوری مناسب فاضلابهای روستایی و جلوگیری از ورود آنها به تالاب.
- ۴- ایجاد سیستم مناسب جمع آوری زباله های محدوده رودخانه شاوور و روستاهای اطراف تالاب.
- ۵- بررسی دقیق دسترسی بیولوژیکی عناصر.
- ۶- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوب نظیر مواد آلی، نوع مواد آلی، شرایط احیاء، دانه بندی، حضور و عدم حضور اکسیدهای آهن، منگنز و آلومینیوم ، pH و Eh خاک.
- ۷- اندازه گیری غلظت عناصر در اندام های متفاوت گیاهان در تالاب.

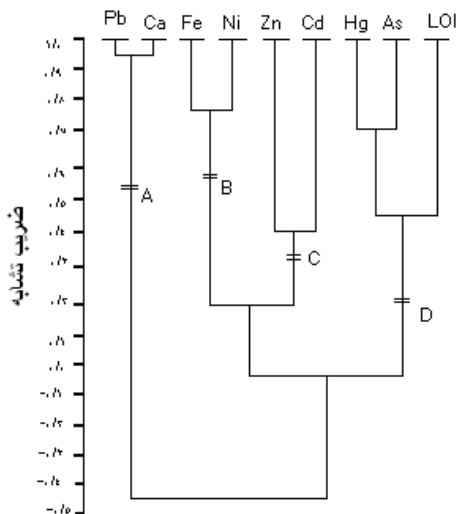
یادداشتها

- 1-Geochemical Index
- 2-Enrichment Factor

متصل می شوند که حاکی از عدم ارتباط بین این ۴ شاخه و عناصر موجود در آنهاست.

کمی سازی شدت آلودگی در تالاب بامدژ بر اساس فرمول Igeo محیط تالاب از نظر آلودگی به انواع فلزات به شرح زیر است:

$$I_{geo} = \text{Pb}, 1/1 = \text{Ni}, 2/87 = \text{Cd}, 0/35 = \text{Fe}, 0/96 = \text{Zn}$$

$$6/37 = \text{Hg}, 1/52 = \text{As}, 1/29$$


شکل شماره (۲): دندوگرام آنالیز خوشه ای مشخصه ها

در رسوبات بامدژ

بنابراین محیط تالاب از نظر آلودگی به فلزات Zn و Fe در طبقه بدون آلودگی و از نظر آلودگی به فلز Cd در طبقه آلودگی متوسط تا زیاد قرار می گیرد. همچنین از نظر آلودگی به فلزاتی چون Pb، Ni و As در طبقه آلودگی بسیار کم تا متوسط و از نظر آلودگی به عنصر Hg در طبقه آلودگی بسیار شدید قرار می گیرد.

منابع مورد استفاده

کرباسی، ع. ۱۳۷۹. ژئوشیمی رسوبات خلیج چابهار، اولین همایش زمین شناسی دریایی ایران با نگرشی ویژه به دریای عمان ،چابهار ،دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۳۰۴-۱۱۷.

Karbassi, A.R. and R.,Shankar. 2005. Geochemistry of two sediment cores from the west coast of India. Intl. J. Env. Sci. Tech., 1(4): 307-316.

- Karbassi, A.R. and R.,Amirnezhad. 2004. Geochemistry of heavy metals and sedimentation rate in a bay adjacent to the Caspian Sea. *Intl. J. Env. Sci. Tech.*, 1(3): 199-206.
- Saeedi, M., A.R.,Karbassi, and N.,Mehrdadi. 2003. Flocculation of Ni, Zn, Mn, Cu during estuarine mixing of Tadjan river water with Caspian sea water. *Intl. J. Env. Studies*, 60: 1-6.
- Karbassi, A.R. and S.,Nadjafpour. 1996. Flocculation of dissolved Pb, Cu, Zn & Mn during estuarine mixing of river water with the Caspian Sea Water. *J. Env. Poll.*, 9313: 257-260.
- Karbassi, A.R. 1998. Geochemistry of Ni, Zn, Cu, Pb, Co, Cd, V, Mn, Fe, Al & Ca in sediments of North Western part of the Persian Gulf. *Intl. J. Env. Studies*, 54: 205-212.
- Karbassi,A.R. and R.,Shankar. 1992. Sedimentological evidence for a palaeobeach off Mangalore, West Coast of India. *Journal of Geological Society of India*, 40: 241-252.
- Karbassi,A.R. and A.C.,Narayana. 1992. Geochemistry of a laterite quarry near Mangalore, West Coast of India, *J. Science, University of Al-Zahra*, 3&4: 47-61.
- Karbassi,A.R., et al. 2008. Flocculation of heavy metals during mixing of freshwater with Caspian Sea water. *Environmental Geology*, 53 (8): 1811-1816.
- Rauret,G., et al. 1988. Determination and speciation of copper and lead in sediment of Mediterranean river (temes, catalonia, sapain). *Water Res.* 22(4):449-455.
- Ramelow,G. 1992. The identification of point sources of heavy metal in industrially impacted water way by peripnyton and surface sediment monitoring. *water, Air and soil pollution*, 65:175-190.