Archive of SID

محیط شناسی، سال سی و هفتم، شمارهٔ ۵۷ ، بهار ۹۰، صفحهٔ ۴۵-۵۶

بررسی منشاء آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی(شمال ایران)

فریدون غضبان[۱]،مریم زارع خوش اقبال*[۲]

۱- دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست دانشگاه تهران fghazban@ut.ac.ir

۲- استادیار، رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشگاه آزاد آستارا

تاریخ دریافت:۸۸/۱۲/۱ تاریخ پذیرش:۸۹/۷/۲۸

چکیده

تالاب انزلی در شمال استان گیلان، جزء تالاب‌های با ارزش جهانی ثبت شده در کنوانسیون رامسر است. آلودگی یکی از مهم‌ترین مسائلی است که تالاب انزلی با آن روبروست. برای بررسی وضعیت آلودگی این تالاب از بخشهای چهارگانه تالاب (آبکنار، سیاه کیشم، هندخاله و شیجان) هفت مغزه برداشته شد. مطالعات در اعماق ۰ ، ۵ ، ۱۰ ، ۲۰ و ۵۰ سانتیمتری هرمغزه انجام گرفت. غلظت عناصر اصلی Al ,Ca Fe, K, Mg, Na, Mn, P, Ti و کمیاب Li, Ba, S, Sr, As, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, V, Zn, Bi با استفاده از ICP-MS تعیین شد. تغییرات زمانی عناصر نشان داد که غلظت بیشتر فلزات سنگین از سطح به عمق کاهش می‌یابد. با برقراری همبستگی پیرسون بین عناصر، ارتباط عناصر و منشاء آنها مشخص شد. نتایج همبستگی پیرسون نشان می‌دهد که در بخش آبکنار غیر از Zn، Ni، Cr و Co بقیه فلزات سنگین منشاء انسانزاد دارند. در بخش سیاه کیشم Bi، Zn، Vو Pb در بخش هندخاله Cu وNi و در بخش شیجان V, Cr و Co دارای منشاء طبیعی هستند. مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالابی با رسوبات دریای خزر و میانگین جهانی نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالابی بالاتر است. عامل غنی‌شدگی(EF) برای فلزات سنگین در رسوبات تالابی تعیین شد و غنی‌شدگی (EF) با استفاده از روش نرمالیز کردن با آلومینیم به‌عنوان بهترین روش، نشان داد که عنصر Zn در تمام بخشها و عناصر Cd، Bi، Pb و Ni در بیشتر بخشهای تالاب دارای غنی‌شدگی ضعیف هستند.

کلید واژه

تالاب انزلی، فاکتور غنی شدگی، آلودگی انسانزاد، رسوب، ژئوشیمی

سرآغاز

رسوبات جزیی، تفکیک ناپذیر از اکوسیستم تالابی هستند، آنها منابع غذایی بعضی از ارگانیسم‌ها بوده و از طریق فازهای آب و رسوب نقش مؤثری در آلودگی، یا پالایش آبهای درگیر با رسوب ایفا می‌کنند و مانند آرشیوی تاریخی، در ثبت فلزات سنگین عمل می‌کنند (Sunderland, et al, 2008). تالاب انزلی جز تالاب‌های حفاظت شده بین‌المللی است که مورد مطالعه محققان مختلف قرار گرفته است (Amini Ranjbar, 1998، Riyahi, et al, 2005 ، Sharifi, 2006). این تالاب زیستگاه موجودات در حال انقراض زیادی است و نقش مؤثری در جلوگیری از وقوع سیل دارد و مانند نوعی تلهٔ رسوبی (Kazanci, et al, 2004) عمل می‌کند. بنابراین نقش مؤثری در کنترل آلودگی رودخانه‌های منطقه به‌عهده دارد. یکی از انواع این آلودگی‌ها، فلزات سنگین است‌که آثار نامطلوبی بر شرایط زیست محیطی اکوسیستم‌های آبی دارد. تعیین غلظت این فلزات در رسوبات، اطلاعات زیادی در باره منشأ، توزیع و میزان آلودگی منطقه در اختیار قرار می‌دهد زیرا این فلزات بشدت تمایل به تجمع در رسوبات دارند. همچنین رسوبات مانند مخزنی برای نگهداری کانی‌ها، فلزات و مواد زیستی منتقل شده از حوضهٔ آبخیز عمل می‌کنند. تالاب انزلی در بخش جنوبی دریای خزر در شمال ایران بوسیله آلاینده‌هایی از منابع مختلف تهدید می‌شود و بشدت تحت تأثیر فعالیت‌های انسانزاد، صنعتی، کشتیرانی، کشاورزی، عملیات نفت خزر و صنعت گردشگری قراردارد. بنابراین پیش‌بینی می‌شود پس از سالها، آلودگی فلزات سنگین به‌علت این فعالیت‌ها افزایش یافته و با توجه به نیروی خطر و ایجاد آلودگی، از بین فلزات سنگین عناصری مانند آرسنیک، کادمیم، کروم، سرب و روی بیش از بقیه مورد توجهند (Alloway, 1995). تمرکز این عناصر سمی در رسوبات از منابع مختلفی مانند منابع آلاینده انسانزاد، فرسایش سنگهای با حد زمینه طبیعی بالا و نهشته شدن موضعی فلزات

نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۲۴۳۷۴۰۴ E-Mail: m.zare@iau-astara.ac.ir

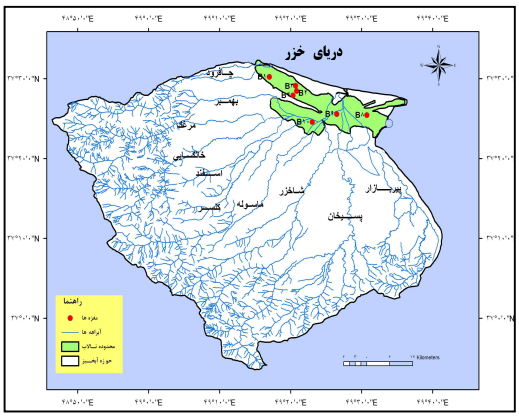
www.SID.ir

Archive of SID

تأمین می‌شود. بررسی غلظت فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها در رسوبات تالاب انزلی یکی از اهداف این تحقیق است. همچنین در اینجا سعی شده است منشاء طبیعی، یا انسانزاد فلزات سنگین تالاب به تفکیک مشخص شود. تعیین انواع آلودگی شامل آلودگی ناشی از کودهای کشاورزی، شوینده‌ها و آلودگی‌های ناشی از نفت خزر از اهداف دیگر این تحقیق است.

محدودهٔ مورد مطالعه

تالاب انزلی آبگیری وسیع با آب شیرین، یوتروفیک و کم عمق در جنوب غرب دریای خزر است (Olah, 1990). این تالاب با وسعتی حدود ۱۹۳ کیلومتر مربع در شمال ایران در استان گیلان قرار دارد. طول متوسط آن در امتداد شرقی – غربی حدود ۳۰ کیلومتر و عرض متوسط آن در امتداد شمال و جنوب حدود ۳ کیلومتر است. هر چند که آب شور دریا گاهی به آب شیرین تالاب نفوذ می‌کند، اما آب تالاب در کل جزء آبهای شیرین محسوب می‌شود. منطقهٔ نفوذ آب شور با تغییر فصل تغییر می‌کند و نوسان‌های سطح تالاب بشدت تحت تأثیر نوسانات آب دریای خزر قرار دارد. یوتروفیک بودن آن به‌علت ورود مواد آلی از منابع مختلف با رودخانه‌های ورودی به آن است. منشاء این مواد آلی پوشش گیاهی حوضه وتالاب، جانوران، فاضلاب‌های ارگانیکی صنعتی و فاضلاب‌های خانگی هستند که با هم به درون تالاب تخلیه می‌شوند. همچنین تخلیهٔ فاضلاب‌های شهری، ضایعات ناشی از تولیدات نفتی، آلودگی‌های مختلف صنعتی – کشاورزی و دفن زباله از منابع مختلف آلودگی‌اند .تالاب انزلی براساس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، مرفولوژی و اکولوژی به چهار بخش اصلی تقسیم می‌شود، بخش شرقی، یا شیجان کم‌عمق‌ترین بخش تالاب است. رودخانهٔ پسیخان اصلی‌ترین رودخانه ورودی به بخش مرکزی، یا هندخاله است. بخش غربی، یا آبکنار عمیق‌ترین بخش تالاب است که فقط رودخانه چافرود وارد این بخش می‌شود. سیاه کیشم بخش حفاظت شده تالاب است که حجم آب زیادی را از رودخانه‌های منتهی به خود دریافت می‌کند. از بین بخشهای مختلف فقط بخش مرکزی تالاب از طریق کانال کشتیرانی با دریای خزر ارتباط دارد. سیستم تالاب از طریق این کانال به طول ۳.۵ کیلومترکه در انتهای بخش شمالی تالاب قرار دارد، به آبهای عمیق دریای خزر منتهی می‌شود. حوضهٔ آبخیز تالاب به وسعت حدود ۳۷۴۰ کیلومتر مربع در محدودهٔ جغرافیایی '۴۵ °۴۸ تا '۴۲ °۴۹ شرقی و '۵۵ °۳۶ تا '۳۲ °۳۷ شمالی قرار دارد که حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع آن دشت و بقیهٔ مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای است (شکل شمارهٔ ۱). این حوضه به‌ترتیب دارای حداکثر و حداقل ارتفاع ۳۰۱۴ و ۲۶- متر از سطح تراز دریاست. میانگین بارش تالاب حدود ۱۲۸۰ میلیمتر است، در حالی‌که تبخیر در حدود ۹۸۰ میلیمتر است و هیچ فصل خشکی ندارد. منطقهٔ پست جلگه‌ای دارای میانگین ارتفاع کمتر از ۱۰۰ متر است و شامل تالاب و شالیزارهای وسیع است. سطح حوضهٔ آبخیز با سنگهای مختلف آذرین، رسوبی و دگرگونی از دورهٔ پالئوزوئیک تا عهد حاضر پوشانده می‌شود که در برگیرنده کانی‌سازی‌های مختلف نیز هستند. حضور کانی‌زایی فراوان و متغیر در محدودهٔ حوضهٔ آبخیز که تحت تأثیر سیستم رودخانه‌ها هستند منجر به غنی شدگی طبیعی فلزات سنگین مانند کادمیم و آرسنیک در خاکها و رسوبات رودخانه‌ای منطقه خواهد شد. نکتهٔ قابل توجه در حوضهٔ آبخیز این تالاب،کاهش گسترش مناطق شهری و شهرنشینی از شرق به غرب تالاب است، درحالی‌که کشاورزی و دامداری از شرق به غرب در حوضهٔ آبخیز تالاب افزایش پیدا می‌کند.



شکل شمارهٔ (۱): شمایی از تالاب ، حوضهٔ آبخیز و محل‌های مغزه برداری

مواد و روشها

روشهای نمونه برداری و تجزیه‌و تحلیل

رسوبات استفاده شده در این تحقیق در بهار ۱۳۸۷ جمع آوری شده است. تعداد ۷ ایستگاه (شکل شمارهٔ ۱) در بخشهای مختلف تالاب انتخاب شد که مغزه‌گیری‌های رسوبی با استفاده از لوله‌های PVC به قطر ۵ سانتیمتر و با فرو کردن آنها در رسوب کف تالاب نمونه برداری انجام شد (شکل شمارهٔ ۲). مغزه‌ها به‌منظور بررسی ویژگی‌های رسوبی و ماهیت کانی شناسی (با XRD) و غلظت عناصر اصلی (Major) و کمیاب (Trace) در اعماق مختلف که زمانهای مختلف را نشان می‌دهد در فواصل ۰ – ۵ – ۱۰ – ۲۰ و ۵۰ سانتیمتری تفکیک شد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل شمارهٔ (۲): یکی از مغزه‌های برداشته از تالاب و محلهای نمونه برداری از آن

بخشی از رسوب بخشهای مشخص‌شده مغزه پس از جدا شدن، در دمای آزمایشگاه خشک و سپس پودر شد. پودر تولید شده برای تعیین غلظت عناصر اصلی شامل Mn Al, Ca, Fe, K, Mg, Na ,Ti P, و کمیاب شامل Li, Ba, S, Sr, As, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, V, Zn, Bi مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. دستگاه استفاده شده برای تعیین غلظت از نوع (ICP-MS) Plasma Inductively Spectrometry Coupled Mass در آزمایشگاه شرکت Als-Chemex با حد آشکار سازی نشان داده شده در جدول شمارهٔ (۱) است. بعد از تعیین غلظت عناصر از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی ارتباط عناصر و تعیین منشاء فلزات سنگین در رسوبات استفاده شده است.در کلیهٔ تحلیل‌ها نرم‌افزار SPSS 16 مورد استفاده قرار گرفت.

جدول شمارهٔ (۱): حدود آشکار سازی استفاده شده در عناصر انتخاب شده

Al	%۰/۰۱	**Mg**	%۰/۰۱	**Ti**	%۰/۰۱	**As**	ppm۰/۰۲	**Cu**	ppm۰/۲	**V**	ppm۱
Ca	%۰/۰۱	**Na**	%۰/۰۱	**Ba**	ppm۱۰	**Cd**	ppm۰/۰۲	**Mo**	ppm۰/۰۵	**Zn**	ppm۲
Fe	%۰/۰۱	**Mn**	ppm۵	**S**	%۰/۰۱	**Cr**	ppm۱	**Ni**	ppm۰/۲	**Bi**	ppm۰/۰۱
K	%۰/۰۱	**P**	ppm۱۰	**Sr**	ppm۰/۲	**Co**	ppm۰/۱	**Pb**	ppm۰/۵		

نتایج

ویژگی‌های رسوبی و کانی شناسی

بیشتر رسوبات دشت‌های ساحلی خزر ترکیبی از رسوبات ناپیوسته و جابه‌جا شده‌ای است‌که در اثر امواج و جریان‌های مختلف نهشته شده‌اند. نتایج دانه بندی نشان داد که نمونه‌های تالابی بیشتر در محدودهٔ گل و گل ماسه‌ای و تعداد کمی در محدوده سیلت قرار می‌گیرند. تجزیه‌و تحلیل‌های رسوب شناسی ویژگی‌های زیر را دربارهٔ رسوبات تالابی مشخص کرد: اندازهٔ دانهٔ رسوبات با کاهش عمق (از غرب به شرق تالاب) افزایش می‌یابد. لایه‌های متناوب ماسه - گل و افق‌های ماسه‌ای غنی از صدف مبین نوسان‌های کوتاه - بلند مدت دریای خزر است. افق صدف‌های دریایی در زمینهٔ ماسه ریز دانه در بخش آبکنار دیده شد. صدف‌ها از نوع دو کفه‌ای‌های آب شیرین تا دریایی (گاسترپود و پلسی پودهای دوره هلوسن از اندازه ۵ میلیمتر تا ۵ سانتیمتر) بودند. همچنین نتایج کانی شناسی با استفاده از XRD نشان داد که کانی کوارتز سازندهٔ اصلی رسوبات تالابی هستند.

نتایج ژئوشیمیایی

غلظت بعضی از عناصر تجزیه‌و تحلیل شده رسوبات مغزه‌های مختلف رسوبی تالاب انزلی در جدول شمارهٔ (۲) نشان داده شده است. غلظت سرب در رسوبات تالابی از ۳۰/۴ ppm در شیجان تا ۱۹/۲ ppm در آبکنار تغییر می‌کند. میانگین سرب در رسوبات تالابی ۲۴/۴۸ppm است. غلظت عنصر روی در تالاب بالاست، در حالی‌که در نمونه‌های مختلف اختلاف غلظت روی کم و از حداکثر۱۳۲ ppm در شیجان تا حداقل ۹۹ppm در آبکنار متغیر است. میانگین روی در رسوبات تالابی ۱۱۹ ppm است. میانگین آرسنیک دررسوبات تالابی ۱۲/۴۲ppm است که مقادیرش از ۷-۱۷/۳ppmمتغیر است. غلظت مس و کروم در رسوبات تالابی به‌ترتیب از ۴۷/۳ ppm- ۹۴/۷ و ppm ۸۶-۱۰۹ با میانگین‌های۶۲/۳۴ ppm و۹۸/۴ متغیر است. غلظت نیکل بین ۶۳/۷-۸۳/۲ ppm با میانگین ۷۵/۹ ppm تغییر می‌کند. بالاترین میانگین وانادیم در رسوبات تالابی ۱۳۹ ppm است. غلظت کروم از ماکزیمم۱۰۹ ppm تا۱۰۴ در آبکنار تغییر می‌کند. میانگین غلظت کروم ۹۸/۴ ppm است. در هندخاله یعنی ایستگاه B۹ غلظت بالایی از عناصر مختلفی مانند آرسنیک (۱۷/۳ ppm)، مس (۵۵/۹ ppm)، نیکل (۷۳/۴ ppm)، سرب (۳۰/۲ ppm)، روی (۱۳۲ ppm) دیده می‌شود. این ایستگاه تحت تأثیر آلودگی نفت سنگین و کشتی‌های حامل آنهاست که در رنگ بدنه خود حاوی موادی مانند مس و کروم هستند. همچنین حجم زیادی از فاضلاب شهر انزلی وارد این بخش می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شمارهٔ (۲): غلظت عناصر در مغزه‌های رسوبی (ppm)

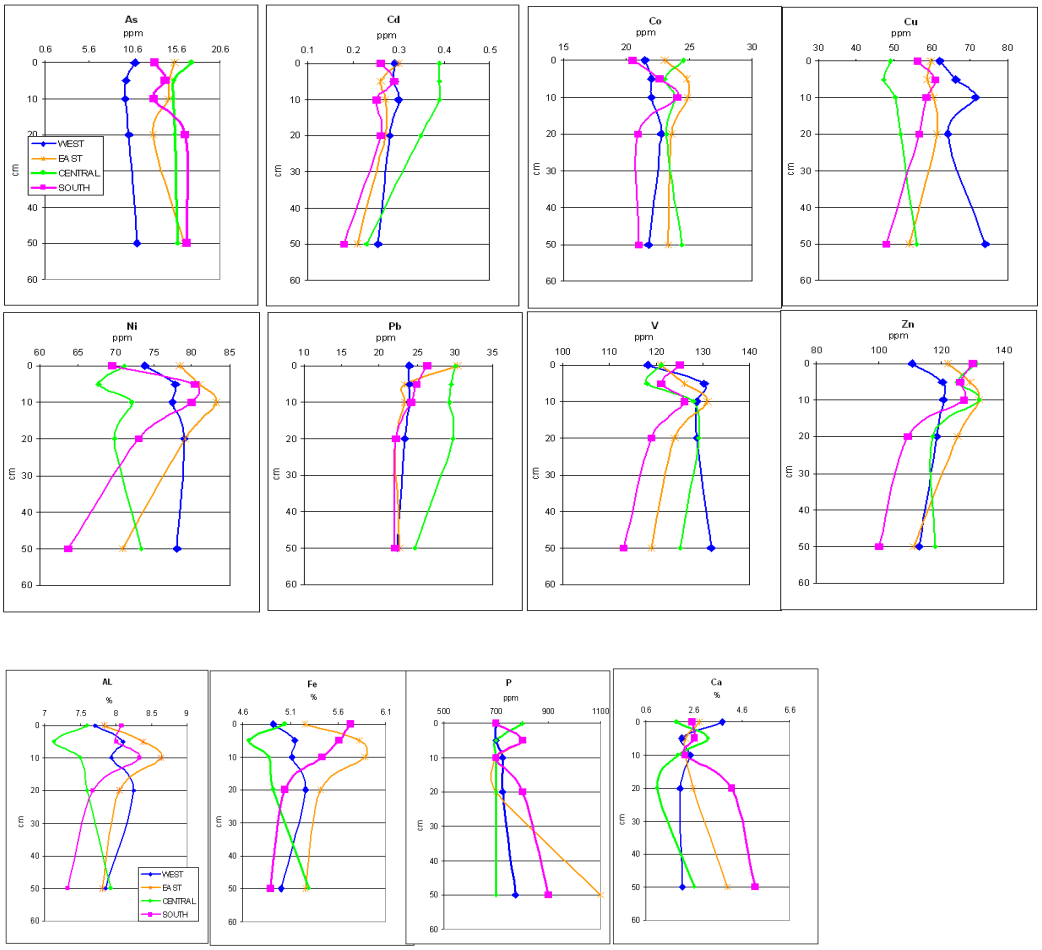
ایستگاه	عمق (cm)	Ba	S	Sr	As	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	V	Zn
	۰	۳۵۰	۱۲۱۰۰	۳۵۳	۸/۷	۰/۲۶	۰/۲۷	۱۹/۲	۸۶	۵۱/۳	۱/۱	۶۵/۸	۲۳/۷	۱۰۷	۹۹
	۵	۴۱۰	۹۵۰۰	۱۸۲	۷	۰/۳۳	۰/۳۴	۲۰/۲	۱۰۹	۶۶/۷	۱/۷	۷۸	۲۸/۶	۱۳۷	۱۲۹
	۱۰	۴۰۰	۹۳۰۰	۱۸۷	۷/۵	۰/۳۳	۰/۳۷	۲۰/۴	۱۰۸	۶۹/۴	۲/۱	۷۷/۳	۲۶/۶	۱۳۹	۱۲۹
	۲۰	۳۶۰	۲۱۴۰۰	۲۳۶	۹/۴	۰/۳۱	۰/۳۲	۲۳	۹۶	۶۳/۱	۱/۷	۷۸/۸	۲۳/۳	۱۲۳	۱۲۲
B۱	۵۰	۳۸۰	۲۳۹۰۰	۲۲۰	۱۰/۹	۰/۲۸	۰/۲۵	۲۱/۸	۱۰۳	۹۴/۷	۷/۶	۸۰/۷	۲۳/۵	۱۳۲	۱۲۹
	۰	۳۷۰	۲۴۶۰۰	۲۷۶	۱۴	۰/۲۵	۰/۲۹	۲۱	۹۶	۷۳/۳	۹/۵	۷۷/۵	۲۱/۵	۱۳۰	۱۰۹
	۵	۳۷۰	۲۴۳۰۰	۲۰۸	۱۲/۴	۰/۲۷	۰/۲۵	۲۱/۴	۹۰	۷۱/۵	۱۱/۶	۷۸	۲۱/۸	۱۳۴	۱۰۷
	۱۰	۳۶۰	۲۴۱۰۰	۳۶۰	۱۰/۹	۰/۲۵	۰/۲۴	۲۰/۴	۹۶	۸۷/۷	۱۳/۷	۷۵/۵	۲۰/۹	۱۲۶	۱۰۹
	۲۰	۳۸۰	۲۳۳۰۰	۲۳۳	۹/۵	۰/۲۶	۰/۲۵	۲۱/۴	۹۷	۶۵/۴	۴/۳	۷۹/۳	۱۹/۲	۱۳۳	۱۱۴
B۲	۵۰	۳۸۰	۲۳۹۰۰	۲۸۴	۱۰/۱	۰/۲۵	۰/۲۹	۲۱/۵	۹۵	۷۳/۱	۱۳/۴	۷۹/۹	۱۹/۳	۱۳۴	۱۰۴
	۰	۳۶۰	۲۴۶۰۰	۲۲۲	۱۰	۰/۲۹	۰/۳۱	۲۳/۲	۹۸	۶۲/۷	۳/۶	۸۰/۴	۲۲/۴	۱۲۳	۱۲۲
	۵	۳۶۰	۲۴۴۰۰	۲۷۶	۹/۷	۰/۲۸	۰/۲۹	۲۳/۵	۹۸	۶۶	۳/۳	۸۰/۶	۲۱/۵	۱۲۸	۱۲۵
	۱۰	۳۶۰	۲۵۰۰۰	۲۲۸	۱۰/۸	۰/۲۹	۰/۲۸	۲۳/۸	۱۰۱	۶۲/۴	۳/۹	۸۰/۶	۲۲/۹	۱۳۲	۱۲۵
	۲۰	۳۷۰	۲۴۵۰۰	۲۰۷	۱۱/۵	۰/۲۸	۰/۲۶	۲۳	۹۷	۶۴/۱	۵/۳	۷۹/۳	۲۵	۱۳۳	۱۲۰
B۳	۵۰	۳۸۰	۲۴۷۰۰	۲۵۱	۱۱/۵	۰/۲۷	۰/۲۵	۲۲/۴	۹۴	۶۷/۴	۱۰/۷	۷۸	۲۳	۱۳۴	۱۰۷
	۰	۳۶۰	۲۱۳۰۰	۲۷۲	۱۱/۱	۰/۲۹	۰/۳	۲۲/۴	۹۲	۶۱/۲	۱/۱	۷۱/۶	۲۸/۲	۱۱۳	۱۱۲
	۵	۳۷۰	۲۴۰۰۰	۲۷۷	۱۰/۴	۰/۳	۰/۲۸	۲۲/۹	۹۳	۶۱/۱	۱/۷	۷۴/۶	۲۴	۱۲۲	۱۲۰
	۱۰	۳۷۰	۲۳۹۰۰	۳۰۴	۹/۸	۰/۳۱	۰/۳۱	۲۳/۴	۹۶	۶۶/۳	۲/۵	۷۶/۵	۲۶/۱	۱۱۸	۱۱۹
	۲۰	۴۰۰	۲۴۳۰۰	۳۸۳	۱۰/۲	۰/۳	۰/۲۹	۲۳/۵	۱۰۹	۶۴/۱	۴	۷۸/۶	۲۶/۲	۱۲۶	۱۱۸
B۴	۵۰	۳۸۰	۲۶۸۰۰	۳۷۶	۱۱/۹	۰/۲۷	۰/۲۳	۲۱/۴	۹۶	۶۱/۶	۵/۵	۷۳/۵	۲۳/۷	۱۲۷	۱۱۱
	۰	۴۸۰	۱۲۹۰۰	۲۱۶	۱۵/۴	۰/۳۸	۰/۳	۲۳	۹۹	۵۹/۷	۱	۷۸/۴	۳۰/۴	۱۲۱	۱۲۲
	۵	۴۵۰	۲۰۳۰۰	۲۵۱	۱۴/۸	۰/۳۴	۰/۲۶	۲۴/۸	۱۰۱	۵۸/۷	۰/۹	۸۱	۲۳/۴	۱۲۶	۱۲۹
	۱۰	۴۳۰	۲۴۰۰۰	۲۷۱	۱۴/۷	۰/۳۳	۰/۲۷	۲۴/۹	۱۰۳	۶۰/۴	۲/۶	۸۳/۲	۲۳/۴	۱۳۱	۱۳۲
	۲۰	۳۸۰	۲۳۷۰۰	۳۲۶	۱۲/۹	۰/۳۴	۰/۲۷	۲۳/۶	۱۰۰	۶۱/۳	۲/۴	۷۹/۱	۲۲/۲	۱۲۴	۱۲۵
B۸	۵۰	۳۷۰	۲۲۰۰۰	۵۰۰	۱۶/۵	۰/۳۳	۰/۲۱	۲۳/۳	۹۸	۵۴/۱	۱/۲	۷۰/۹	۲۲/۷	۱۱۹	۱۱۱
	۰	۵۱۰	۲۱۶۰۰	۱۹۵/۵	۱۷/۳	۰/۳۶	۰/۳۹	۲۴/۵	۹۷	۴۹/۲	۱/۶	۷۱/۱	۳۰/۲	۱۲۱	۱۳۱
	۵	۵۰۰	۲۳۶۰۰	۲۶۵	۱۵/۴	۰/۳۳	۰/۳۹	۲۳	۱۰۲	۴۷/۳	۲/۱	۶۷/۸	۲۹/۶	۱۱۸	۱۲۵
	۱۰	۴۹۰	۲۶۴۰۰	۲۰۴	۱۵/۳	۰/۳۴	۰/۳۹	۲۳/۹	۱۰۶	۵۰/۲	۲/۹	۷۲/۱	۲۹/۳	۱۲۸	۱۳۲
	۲۰	۴۲۰	۲۷۱۰۰	۱۶۱	۱۵/۵	۰/۳۲	۰/۳۵	۲۳/۲	۱۰۴	۵۱/۸	۳/۵	۶۹/۹	۲۹/۸	۱۲۹	۱۱۷
B۹	۵۰	۳۴۰	۲۲۵۰۰	۳۰۱	۱۵/۸	۰/۲۹	۰/۲۳	۲۴/۴	۹۲	۵۵/۹	۲/۴	۷۳/۴	۲۴/۷	۱۲۵	۱۱۸
	۰	۴۶۰	۱۹۸۰۰	۲۴۴	۱۳/۱	۰/۳۷	۰/۲۶	۲۰/۵	۱۰۸	۵۶/۲	۰/۹	۶۹/۵	۲۶/۴	۱۲۵	۱۳۰
	۵	۴۴۰	۲۲۷۰۰	۲۶۰	۱۴/۴	۰/۳۵	۰/۲۹	۲۲/۶	۹۷	۶۰/۹	۲/۸	۸۰/۴	۲۴/۹	۱۲۱	۱۲۶
	۱۰	۴۰۰	۲۲۰۰۰	۲۶۱	۱۳	۰/۳۳	۰/۲۵	۲۴	۹۹	۵۸/۵	۲/۲	۷۹/۹	۲۴/۲	۱۲۶	۱۲۷
	۲۰	۳۶۰	۲۵۰۰۰	۵۸۹	۱۶/۶	۰/۲۸	۰/۲۶	۲۰/۹	۹۹	۵۶/۷	۵/۱	۷۳	۲۲/۲	۱۱۹	۱۰۹
B۱۰	۵۰	۳۴۰	۲۱۷۰۰	۶۱۲	۱۶/۸	۰/۲	۰/۱۸	۲۱	۹۰	۴۸	۱/۱	۶۳/۷	۲۲/۱	۱۱۳	۱۰۰
MAX		۵۱۰	۲۷۱۰۰	۶۱۲	۱۷/۳	۰/۳۸	۰/۳۹	۲۴/۹	۱۰۹	۹۴/۷	۱۳/۷	۶۳/۲	۳۰/۴	۱۳۹	۱۳۲
MIN		۳۴۰	۹۳۰۰	۱۶۱	۷	۰/۲	۰/۱۸	۱۹/۲	۸۶	۴۷/۳	۰/۹	۶۳/۷	۱۹/۲	۱۰۷	۹۹
AVE		۳۹۵/۴	۲۲۱۴۸/۵	۲۸۴/۴۷	۱۲/۴۲	۰/۳	۰/۲۸	۲۲/۵	۹۸/۴۳	۶۲/۳۴	۴	۷۵/۹۴	۲۴/۴۸	۱۲۵/۶۳	۱۱۸/۹۷

غلظت بعضی از این فلزات تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و فرسایش است. برای مثال منشاء اصلی آرسنیک فرسایش شیمیایی سنگهاست. با این حال فعالیت‌های کشاورزی، بخصوص استفاده از کودها و قارچ‌کش‌های استفاده شده در مزارع برنج را می‌توان به‌عنوان منشاء بعضی از فلزات سنگین موجود در رسوبات تالابی محسوب کرد. مس و روی به‌طور موضعی نقاط داغی را نشان می‌دهند، برای مثال غلظت مس در شمال آبکنار که محل دفن زباله است به‌طور غیرطبیعی بالاست که می‌تواند نشان‌دهندهٔ آلودگی انسانزاد این عنصر در رسوبات تالابی باشد، یا همچنین میانگین غلظت فلزات سنگینی مانند کادمیم، کبالت، کروم، مس، نیکل، سرب،

www.SID.ir

Archive of SID

وانادیم و روی در رسوبات سطحی (۰-۱۰سانتیمتری) تالاب انزلی بیشتر از مقادیر گزارش داده شده در مقادیر جهانی، رسوبات دریای خزر و میانگین رسوبات رودخانه‌های ورودی به تالاب است (شکل شمارهٔ ۳). غلظت سرب، مس، کبالت، کروم، نیکل، وانادیم در دریای خزر بیش از میانگین جهانی این عناصر است، در حالی‌که غلظت روی در دریای خزر (De Mora et al, 2004a) از میانگین غلظت جهانی این عنصر کمتر است. وانادیم در بخش جنوب تالاب، یا سیاه‌کیشم دارای غلظتی بیش از سایر بخشهای تالاب است و همچنین عناصر روی، سرب، نیکل، مس، کروم در بخش شرقی تالاب در حد بالایی دیده می‌شود (شکل شمارهٔ ۲).



شکل شمارهٔ (۳): تغییرات غلظت بعضی از فلزات سنگین با عمق

بالاترین غلظت میانگین در بخش مرکزی تالاب یا هندخاله برای روی (۱۲۹/۳۳ ppm)، برای سرب (۲۹/۷۰ppm)، برای کروم (۱۰۶/۱ ppm)، برای کبالت (۲۳/۸ ppm) و برای کادمیم (۰/۳۹ ppm) است. غلظت بالای باریم در رسوبات تالاب (۴۰۶ ppm) به‌دلیل نفوذ آب دریای خزر بوده که این نفوذ خود در اثر آلودگی‌های نفتی است که از طریق کانال کشتیرانی به تالاب وارد شده است. میانگین غلظت بعضی از عناصر کمیاب در رسوبات تالابی با رسوبات دریای خزر و رودخانه‌ای مقایسه شده است (شکل شمارهٔ ۳). نتایج نشان می‌دهد که غلظت باریم، لیتیم وآرسنیک در دریای خزر بیشتر از رسوبات تالابی است. میانگین غلظت مس در رسوبات تالاب انزلی (۶۲/۳۴ ppm) از مقادیر میانگین جهانی آن و دریای خزر (۳۴/۷ ppm) بیشتر است. بالاترین غلظت مولیبدن در رسوبات تالابی که بالاتر از حد زمینه است بروشنی آلودگی صنعتی وآلودگی ناشی از کودهای کشاورزی را نشان می‌دهد.

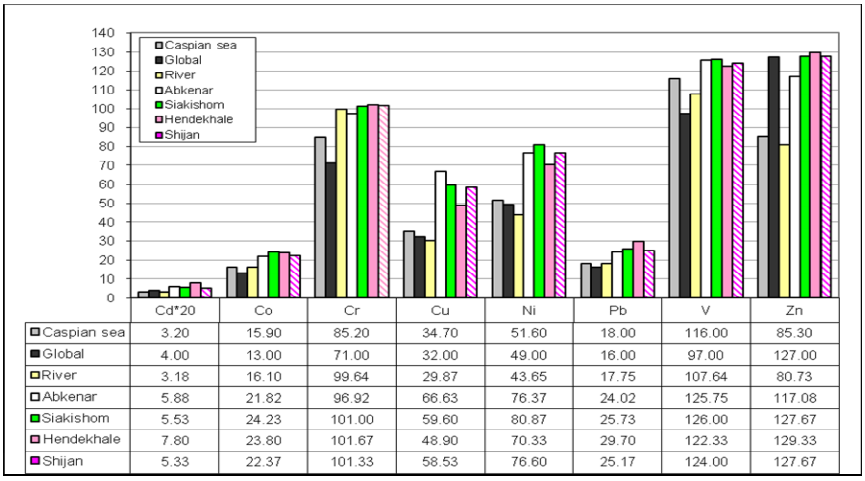
تغییرات عمقی غلظت عناصر در مغزه های رسوبی

نیمرخ عمودی برخی از عناصر در شکل شمارهٔ (۳) نشان داده شده است. شایان ذکر است‌که چهار مغزه متعلق به بخش غربی تالاب، یا

www.SID.ir

Archive of SID

آبکنار میانگین‌گیری شده و به‌عنوان مغزه بخش غربی در نظر گرفته شده و از غلظت عناصر مختلف در اعماق یکسان مغزه‌های مختلف میانگین گرفته شده است. در واقع چهار مغزهٔ متعلق به یک بخش از تالاب در قالب یک مغزه مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. تغییرات عناصر زمینی مانند آلومینیم، آهن، کلسیم و فسفر با ماهیت کانی شناسی رسوبات کنترل می‌شود. این عناصر تغییرات کمی با عمق از خود نشان می‌دهند. چنین روندی مبین این است که رسوبات در سرتاسر مغزه‌ها دارای ترکیب مشابهی‌اند و دارای منشاء یکسان هستند. بیشتر فلزات بجز استرانسیم دارای همبستگی معنادار منفی با کلسیم هستند و از میان عناصر کمیاب کادمیم، کبالت، کروم، نیکل، سرب و روی با افزایش عمق کاهش می‌یابند (شکل شمارهٔ ۳) که خود نشان‌دهندهٔ افزایش روند آلودگی به سمت سطح (از قدیم به جدید) است. بیشترین غلظت‌های میانگین سرب(۲۹/۷ppm)، روی(۱۲۹/۳۳ppm)، کادمیم (۰/۰۳۹ppm) و کروم (۱۰۱/۶۷ppm) در بخش مرکزی تالاب، یا هندخاله اندازه‌گیری شده است. میانگین سرب (۲۴/۴۸ppm) و روی (۱۱۹ppm) در رسوبات تالاب انزلی حدود ۲ برابر مقدار غلظت این عناصر (Zn=۷۰ppm ,Pb=۱۶ ppm) درپوستهٔ زمین (Turekian & Wedepohl, 1961) است (شکل شمارهٔ ۴).



	Cd*20	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Caspian sea	3.20	15.90	85.20	34.70	51.60	18.00	116.00	85.30
Global	4.00	13.00	71.00	32.00	49.00	16.00	97.00	127.00
River	3.18	16.10	99.64	29.87	43.65	17.75	107.64	80.73
Abkenar	5.88	21.82	96.92	66.63	76.37	24.02	125.75	117.08
Siakishom	5.53	24.23	101.00	59.60	80.87	25.73	126.00	127.67
Hendekhale	7.80	23.80	101.67	48.90	70.33	29.70	122.33	129.33
Shijan	5.33	22.37	101.33	58.53	76.60	25.17	124.00	127.67

شکل شمارهٔ (۴): مقایسهٔ میانگین بعضی از فلزات سنگین در رسوبات بخشهای مختلف تالاب، میانگین جهانی، رودخانه‌های منتهی به تالاب و دریای خزر

علاوه بر این، غلظت سرب در رسوبات تالاب بیشتر از غلظت این عنصردر رسوبات دریای خزر(De Mora et al, 2004a) و میانگین جهانی است (شکل شمارهٔ ۴). درحالی‌که غلظت‌های کادمیم و کروم افزایش چشمگیری را نشان نمی‌دهند.

عامل غنی شدگی عناصر فلزی در مغزه‌ها

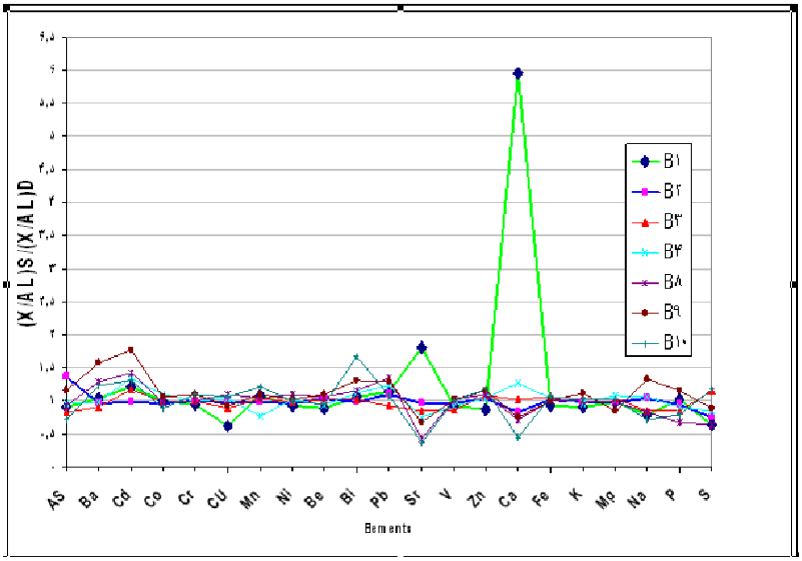
رسوبات تالاب انزلی با سیستم زهکشی حوضهٔ آبخیز به آن حمل می‌شود و بی‌شک این رسوبات دارای هر دو منشاء طبیعی و انسانزاد هستند. فلزات به‌طور طبیعی در رسوبات دارای غلظت‌های متفاوتی‌امد و تعیین میزان غنی‌شدگی فلزات در آنها بسیار با اهمیت است. بهترین ابزار آزمودن غنی‌شدگی انسانزاد استفاده از نرمالیز کردن غلظت فلزات به عنصر مرجع مانند آلومینیم، لیتیم و بریلیم است. در رسوبات تالاب انزلی غلظت بریلیم و لیتیم به‌قدری کم است که نمی توان از آنها، به‌عنوان عناصر نرمالیز کننده استفاده کرد. بنابراین استفاده از آلومینیم به‌عنوان مرجع برای نرمالیز کردن عناصر در رسوبات مغزه‌ها و به‌دست آوردن عامل غنی شدگی منطقی‌ترین راه است. این عنصر بیشتر در اثر فرسایش سنگها تولید می‌شود و تولید آن متأثر از فعالیت‌های انسانی نیست. از طرفی آلومینیم عنصری با حلالیت و تحرک شیمیایی بسیار ناچیز است و بعد از نهشته شدن در رسوب بسختی مهاجرت می‌کند. نرمالیز کردن بر اساس آلومینیم در دو مرحله صورت گرفت. درمرحله اول ابتدا تمام عناصر هر نمونه بر آلومینیم آن نمونه تقسیم شد و نمونه‌ای با کمترین تغییرات به عنوان نمونهٔ مرجع انتخاب شد (شکل ۵). در مرحلهٔ دوم حد آلودگی با استفاده از نسبت عنصر ردیاب به آلومینیم (عنصر ثابت) در رسوب نسبت به نمونهٔ رفرنس داخلی با استفاده از رابطهٔ فرمول:

$$EF = [X/Li]sample / [X/Li]ref$$

www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه شد. مقادیر مختلف غنی‌شدگی درجدول شمارهٔ (۳) نشان داده شده است. اگر رسوبات تالاب کاملاً از سنگ مادر، یا از خاکهای اولیه منشاء گرفته باشد، EF برابر ۱، و یا کمتر از آن خواهد شد و هنگامی که مقدار آن بزرگتر از ۱ باشد، عنصر می‌تواند منشأ دیگری غیر از منشأ طبیعی داشته که این منشأ نیز می‌تواند منشأدیگری انسانزاد باشد. نتایج EF (شکل شمارهٔ ۶) نشان می‌دهد که رسوبات تالاب انزلی از غنی‌شدگی انسانزاد پایینی (۱/۶-۱) برای کادمیم، مس، سرب و روی بر خوردار است و سهم آلودگی انسانزاد این فلزات در رسوبات تالابی اهمیت چندانی ندارد. همان‌طور که درشکل شمارهٔ (۶) دیده می‌شود EF بیشتر عناصر مورد تجزیه تغییرات کمی از سطح به عمق را نشان می‌دهد. با این حال عناصری مانند سرب، کادمیم، آرسنیک و روی از سطح به عمق تالاب دارای غنی‌شدگی واضح هستند.



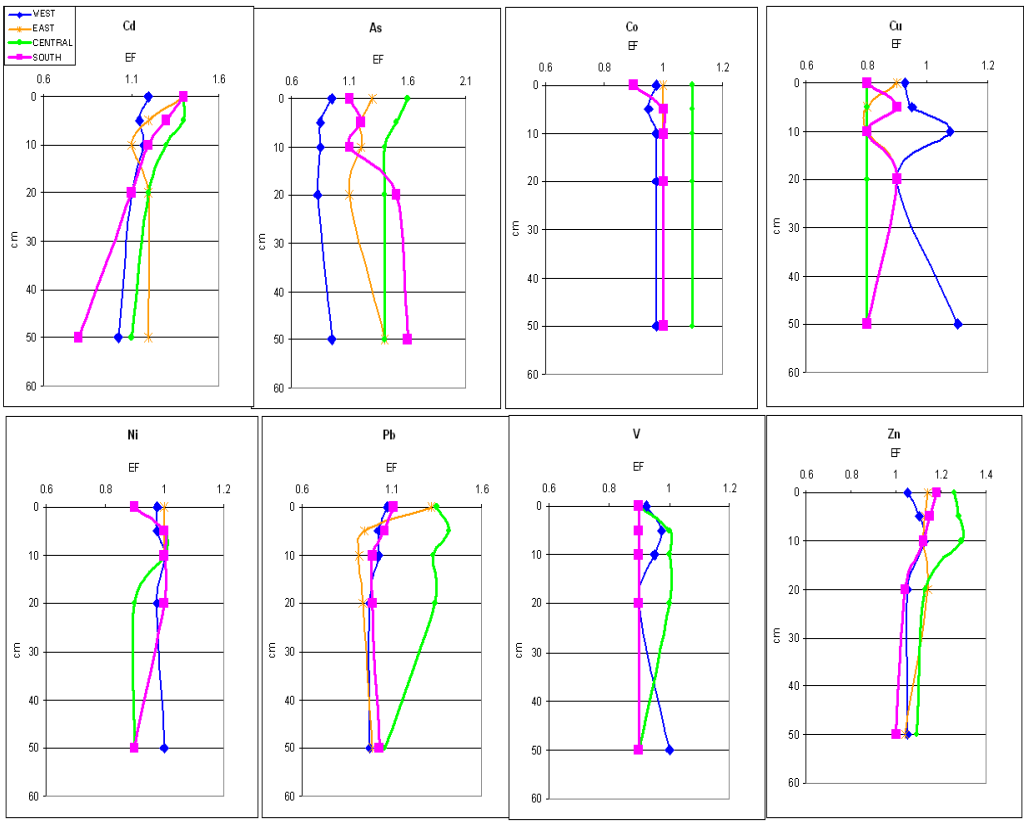
شکل شمارهٔ (۵): تعیین نمونهٔ مرجع

جدول شمارهٔ (۳): نتایج تعیین EF برای عناصر مختلف به روش نرمالیز کردن

نمونه	As	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	V	Zn	نمونه	As	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	V	Zn
B۱-۰	۰/۸	۱/۱	۱/۲	۰/۹	۱	۰/۸	۰/۱۱	۰/۹	۱/۱	۰/۹	۱	B۸-۰	۱/۳	۱/٤	۱/۲	۱	۱/۱	۰/۹	۰/۰۹	۱	۱/۳۲	۰/۹	۱/۱٤
B۱-۵	۰/۶	۱/۲	۱/۳	۰/۸	۱/۱	۰/۹	۰/۱۵	۰/۹	۱/۲	۱	۱/۱	B۸-۵	۱/۲	۱/۲	۱	۱	۱	۰/۸	۰/۰۸	۱	۰/۹۵	۰/۹	۱/۱۳
B۱-۱۰	۰/۶	۱/۲	۱/٤	۰/۹	۱/۱	۱	۰/۱۹	۱	۱/۱	۱	۱/۲	B۸-۱۰	۱/۲	۱/۱	۱	۱	۱	۰/۸	۰/۲۲	۱	۰/۹۲	۰/۹	۱/۱۲
B۱-۲۰	۰/۸	۱/۱	۱/۳	۱	۱	۰/۹	۰/۱۵	۱	۱	۰/۹	۱/۱	B۸-۲۰	۱/۱	۱/۲	۱/۱	۱	۱	۰/۹	۰/۲۲	۱	۰/۹٤	۰/۹	۱/۱٤
B۱-۵۰	۰/۹	۱	۱	۰/۹	۱/۱	۱/٤	۰/۶۹	۱	۱	۱	۱/۲	B۸-۵۰	۱/٤	۱/۲	۰/۸	۱	۱/۱	۰/۸	۰/۱۱	۰/۹	۰/۹۹	۰/۹	۱/۰٤
B۱-۰	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱	۱/۱	۰/۹	۱	۱	۱	۱	B۹-۰	۱/۶	۱/٤	۱/۶	۱/۱	۱/۱	۰/۸	۰/۱۵	۰/۹	۱/۳۵	۰/۹	۱/۲۶
B۲-۵	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱	۱	۱/۱	۱/۱٤	۱/۱	۱	۱/۱	۱/۱	B۹-۵	۱/۵	۱/٤	۱/۷	۱/۱	۱/۲	۰/۸	۰/۲۲	۱	۱/٤۲	۱	۱/۲۸
B۲-۱۰	۱	۱	۱	۱	۱/۱	۱/٤	۱/۳۷	۱	۱/۱	۱	۱/۱	B۹-۱۰	۱/٤	۱/۳	۱/۶	۱/۱	۱/۲	۰/۸	۰/۲۸	۱	۱/۳۳	۱	۱/۲۹
B۲-۲۰	۰/۸	۰/۹	۱	۰/۹	۱	۰/۹	۰/۳۸	۱	۰/۸	۰/۹	۱	B۹-۲۰	۱/٤	۱/۲	۱/٤	۱/۱	۱/۱	۰/۸	۰/۳٤	۰/۹	۱/۳٤	۱	۱/۱۳
B۲-۵۰	۰/۹	۱	۱/۲	۱	۱	۱/۱	۱/۲۹	۱/۱	۰/۹	۱	۱	B۹-۵۰	۱/٤	۱/۱	۰/۹	۱/۱	۱	۰/۸	۰/۲۲	۰/۹	۱/۰۶	۰/۹	۱/۰۹
B۳-۰	۰/۸	۱	۱/۲	۱	۱	۰/۹	۰/۳۲	۱	۰/۹	۰/۹	۱/۱	B۱۰-۰	۱/۱	۱/٤	۱	۰/۹	۱/۱	۰/۸	۰/۰۸	۰/۹	۱/۱۱	۰/۹	۱/۱۸
B۳-۵	۰/۸	۱	۱/۱	۱	۰/۹	۰/۹	۰/۲۸	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱/۱	B۱۰-۵	۱/۲	۱/۳	۱/۱	۱	۱	۰/۹	۰/۱۷	۱	۱/۰۶	۰/۹	۱/۱۵
B۳-۱۰	۰/۹	۱	۱/۱	۱	۱	۰/۹	۰/۳٤	۱	۰/۹	۰/۹	۱/۱	B۱۰-۱۰	۱/۱	۱/۲	۰/۹	۱	۱	۰/۸	۰/۲	۱	۰/۹۹	۰/۹	۱/۱۲
B۳-۲۰	۰/۹	۱	۱	۱	۱	۰/۹	۰/٤۷	۱	۱	۰/۹	۱/۱	B۱۰-۲۰	۱/۵	۱/۱	۱/۱	۱	۱/۱	۰/۹	۰/٤۹	۱	۰/۹۹	۰/۹	۱/۰٤
B۳-۵۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	B۱۰-۵۰	۱/۶	۰/۸	۰/۸	۱	۱	۰/۸	۰/۱۱	۰/۹	۱/۰۳	۰/۹	۱
B٤-۰	۱	۱/۱	۱/۲	۱	۱	۰/۹	۰/۱۱	۱	۱/۳	۰/۹	۱/۱												
B٤-۵	۰/۹	۱/۱	۱/۱	۱	۱	۰/۹	۰/۱۶	۱	۱	۰/۹	۱/۱												
B٤-۱۰	۰/۹	۱/۲	۱/۲	۱	۱	۱	۰/۲۳	۱	۱/۱	۰/۹	۱/۱												
B٤-۲۰	۰/۸	۱/۱	۱/۱	۱	۱/۱	۰/۹	۰/۳۵	۰/۹	۱/۱	۰/۹	۱												
B٤-۵۰	۱	۱	۰/۹	۱	۱	۰/۹	۰/۵۲	۰/۹	۱	۱	۱												

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شمارهٔ (۶): تغییرات EF بعضی از فلزات سنگین با عمق

EF عناصر کبالت، کروم، نیکل، وانادیم، روی، مس و سرب دارای روند مشابه با غلظت این عناصر است. این موضوع مبین این است که رسوبات در مورد منشاء دریافتی این عناصر علاوه بر ورودی طبیعی، مقدار کمی ورودی انسانزاد نیز داشته‌اند.

بحث

تالاب انزلی، بویژه بخش شرقی آن یعنی شیجان به‌عنوان تله برای رسوبگیری و مواد تغذیه ای عمل کرده و این مسئله باعث ایجاد محیط یوتروفیکی در این تالاب شده است. مناطق شهری و روستایی احاطه شده با مناطق کشاورزی، سطح وسیعی از حوضهٔ آبخیز تالاب را تشکیل می‌دهند. کیفیت و کمیت آب رودخانه‌ها تحت تأثیر فاضلاب ورودی نواحی شهری و صنعتی و رواناب نواحی کشاورزی حوضه قرار دارد. زهکشی فاضلاب‌ها، مقدار زیادی از آبهای آلوده به فلزات سنگین، کودها، آفت‌کش‌های کشاورزی، موادآلی، شوینده‌ها و الاینده‌های دیگر را وارد تالاب می‌کند. صنایع متفاوت نظیر فولادسازی، لاستیک سازی، سرامیک سازی، پلاستیک سازی، صنایع شیر مستقر در شهرهای رشت، انزلی، فومن و صومعه سرا منابع مختلف آلاینده به‌شمار می‌روند. پساب تمامی این صنایع به درون رودخانه‌ها ریخته و در نهایت وارد تالاب می‌شود. رودخانهٔ پیربازار با اکسیژن محلول بسیار پایین آلوده‌ترین رودخانهٔ ورودی به تالاب است که وارد بخش شیجان می‌شود. این رودخانه از شهر رشت می‌گذرد و فاضلاب‌های فراوانی در مسیر عبور از این شهر وارد این رودخانه می‌شود. تخلیهٔ پساب صنایع ذوب و آبکاری فلزات مانند مس، سرب و نیکل، روی، کروم و کادمیم همچنین پساب واحدهای شیمیایی می‌تواند منجر به تجمع فلزات در رسوبات شود. منشاء اصلی سرب در منطقهٔ مورد مطالعه احتمالاً تردد اتومبیل‌های با سوخت بنزین سرب‌دار بوده است. غلظت‌های بالای سرب و کادمیم در رسوبات اعماق ۲۰-۳۰ و ۳۰-۵۰ سانتیمتری احتمالاً ناشی از آلودگی‌های انسانزاد این فلزات در سالهای اخیر است. بعضی از مراکز صنعتی در حاشیه تالاب و حوضهٔ آبخیز آن پساب خام را وارد سیستم رودخانه‌ای می‌کنند و هیچ داده‌ای در مورد ورودی فلزات سنگین از این مراکز صنعتی وجود ندارد، با این حال امکان آلودگی ناشی از این منابع وجود دارد. در بیشتر بخشهای تالاب انزلی به‌علت فساد مواد آلی موجود در رسوب، گاز تولید می‌شود که نشان‌دهندهٔ کمبود اکسیژن محلول در محیط است (زارع و همکاران، ۱۳۸۸). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اکسیژن محلول در سراسر تالاب بر اثر اکسیداسیون پسماندهای آلی تولید شده پایین است و میزان

www.SID.ir

Archive of SID

آن در آب از غرب به شرق تالاب از ۸.۶۴ تا ۱.۶۴ میلی‌گرم در لیترکاهش می‌یابد. نوسان pH بین ۷/۰۲ تا ۸/۷۸ متغیر است که مبین محیط احیایی در اثر تدفین مواد تالاب است. برای پی بردن به منشاء احتمالی فلزات سنگین در تالاب از روابط آماری موجود بین عناصر زمینی و فلزات سنگین استفاده شده است.

ماتریس همبستگی

همان‌طوری‌که قبلاً اشاره شد تالاب انزلی از لحاظ آبهای ورودی به آن به چهار بخش مشخص قابل تقسیم است و تجزیه وتحلیل نتایج به‌دست آمده از مغزه‌های رسوبی برداشته شده از هر بخش به‌صورت مجزا مورد بررسی و آنالیز قرار می‌گیرد. پس از اندازه‌گیری غلظت عناصر در نرم افزار SPSS همبستگی پیرسون استفاده شد و همبستگی عناصر در سطح ۹۵ درصد (**) و ضرایب همبستگی به‌دست آمد. ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر، ارتباط بین چگونگی توزیع عناصر مختلف را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که اعداد مثبت نشانه ارتباط مستقیم واعداد منفی نشانهٔ ارتباط معکوس است. سطح ۵ درصد (*) معنی‌دار فرض شده است. هرگاه سطح معنی‌دار در جدول ضریب همبستگی کمتر یا برابر a باشد فرضیه یکسان بودن منابع آلاینده پذیرفته می‌شود. همبستگی معنی‌دار بین آلومینیم و فلزاتی نظیر آهن، منیزیم، پتاسیم، تیتانیم، نیکل و روی نشانه همراهی این عناصر با کانی‌های آلومینوسیلیکاته است. عناصر آلومینیم، منیزیم، پتاسیم و آهن عموماً از فرسایش فیزیکو شیمیایی سنگ مادر، یا خاک به‌وجود می‌آیند و همبستگی بالای فلزات سنگین با این عناصر نشانگر منشاء طبیعی فلزات سنگین است. یادآوری این نکته ضروری است که با وجود برقراری همبستگی بین تمام عناصر در هر بخش فقط عناصر دارای ضریب همبستگی بالا(با یک یا تعدادی از عناصر)در جداول نشان داده شده‌اند و از آوردن عناصری که همبستگی بالایی با هیچ‌یک از عناصر دیگر نداشتند صرف‌نظر شده است. در بخش آبکنار، همبستگی بالای آلومینیم با پتاسیم، آهن، منیزیم، تیتانیم، کروم، نیکل و روی (جدول شمارهٔ ۴) نشانه آن است که منشاء این عناصر طبیعی بوده و حاصل فرسایش سنگها و رسوبات هستند. عنصر کلسیم با آلومینیم و نیکل همبستگی بالای منفی دارد که مبین منشاء غیر کربناته این دو عنصر است. همبستگی بالای آلومینیم با روی و نیکل می‌تواند به دلیل انتقال این دو عنصر با پیوند به سطح کانی‌های رسی باشد (Prudencio et al, 2007). ضریب بالای همبستگی آرسنیک با گوگرد و کبالت نشانه حمل این دو عنصر در فاز سولفیدی است (Kerner & Wallmann,1992). بیشترین همبستگی میان روی و کبالت با آهن وجود دارد که دال بر انتقال روی وکبالت به وسیلهٔ جذب با اکسید آهن آبدار است (Das, 2003). منگنز عنصری متحرک در شرائط احیایی است وتقریباً با هیچ‌یک از فلزات سنگین ارتباطی ندارد. با وجود این همبستگی بالایی با استرانسیم و گوگرد دارد. از بین فلزات سنگین در بخش آبکنار، کروم، نیکل، روی و کبالت به‌علت همبستگی بالا با آهن و آلومینیم دارای منشاء طبیعی هستند. در بخش سیاه کیشم (جدول شمارهٔ ۵)، آهن، باریم، بریلیم، پتاسیم، روی، بیسموت، باریم، سرب، وانادیم به‌علت همبستگی بالا با آلومینیم به منشاء زمینی نسبت داده می‌شوند. همبستگی بالای آهن با بیسموت و سرب و روی نشانهٔ حمل این عناصر در فازهای اکسیدی آهن است. همبستگی مثبت بالای فسفر با کلسیم و سدیم احتمالاً نشانه آلودگی رسوبات این بخش با شوینده‌هاست. یکی از علل این نوع آلودگی، ورود حدود شش رودخانه اصلی منتهی به بخش سیاه کیشم و ورود فاضلاب‌های خانگی حاشیه به این بخش از تالاب است. همبستگی بالای استرانسیم با کلسیم جابه‌جایی کلسیم و استرانسیم در شبکه کربنات کلسیم را نشان می‌دهد. ارتباط مثبت آرسنیک با کلسیم مبین حمل آرسنیک در فاز کربناته، یا تأمین آن از سنگهای کربنات کلسیم است. کروم دارای همبستگی مثبت بسیار بالایی با منگنز است که حمل کروم با فاز هیدروکسید منگنز را نشان می‌دهد.ارتباط مثبت مولیبدن با گوگرد نشانگر منشاء، سولفیدی (Kerner & Wallmann,1992) مولیبدن است. در این بخش از تالاب بیسموت، وانادیم، روی و سرب به‌علت همبستگی بالا با آلومینیم و آهن دارای منشاء زمینی و بقیه عناصر کمیاب دارای منشاء انسانزاد هستند. در بخش هندخاله (جدول شمارهٔ ۶) همبستگی بالای آلومینیم با آهن، منیزیم، تیتانیم، مس و نیکل می‌تواند نشانه منشاء زمینی این عناصر باشد. کادمیم با باریم، بیسموت، سرب دارای همبستگی بالاست و وانادیم دارای همبستگی بالایی با باریم است. احتمال این‌که این باریم از مواد حفاری چاههای نفت (Secrieru & Secrieru,2002) خزر با چرخش خلاف ساعت آب خزر وارد تالاب شده باشد وجود دارد ولی تعیین دقیق این فرضیه نیازمند بررسی‌های بیشتر ژئوشیمیایی است. همبستگی بسیار بالای مولیبدن با گوگرد مبین انتقال مولیبدن در فاز سولفیدی است. کادمیم با سرب همبستگی بسیار بالا دارد که نتیجهٔ انتقال مواد حاصل از فرسایش جاده، یا لاستیک‌های فرسوده به بخش هندخاله است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شمارهٔ (۴): نتایج ضریب پیرسون بین عناصر مختلف در رسوبات آبکنار

	AL	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ti	Ba	S	As	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Ni
Ca	−۰/۵۳															
Fe	۰/۷۴**	۱														
K	۰/۹۲**	۰/۸۲**	۱													
Mg	۰/۹۰**	۰/۷۲**	۰/۸۷**	۱												
Ti	۰/۶۶**	۰/۷۳**	۰/۷۰**	۰/۷۸**	۰/۳۱	−۰/۴۴	۱									
S	۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۱۶	−۰/۱۳	۰/۷۱**	۰/۵۶**	−۰/۳۳	−۰/۳۷	۱							
Sr	−۰/۴۶	−۰/۳۵	−۰/۴۲	−۰/۶۴	۰/۷۵**	۰/۰۵	−۰/۵۶	−۰/۲۶	۰/۲۸							
As	−۰/۳۲	−۰/۱۶	−۰/۲۱	−۰/۴۱	۰/۴۶*	۰/۶۷**	−۰/۴۶	−۰/۳۵	۰/۷۶**	۱						
Bi	۰/۵۱*	۰/۶۲**	۰/۵۹**	۰/۶۲**	−۰/۳	−۰/۵	۰/۸۸**	۰/۴۴*	−۰/۴۹*	−۰/۶۲**	۱					
Cd	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۳۳۲	۰/۵۶**	−۰/۵*	−۰/۳	۰/۶۳**	۰/۳۳	−۰/۶۲**	−۰/۶۲**	۰/۷۶**	۱				
Co	۰/۵۳*	۰/۷۳**	۰/۶۴**	۰/۴۷*	۰/۳۸	۰/۰۷	۰/۳۶	−۰/۲	۰/۶۲**	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۰۳	۱			
Cr	۰/۷۱**	۰/۴۵۹*	۰/۷۱**	۰/۶۸**	−۰/۱۵	−۰/۱۹	۰/۵۲*	۰/۷۶**	−۰/۲۸	−۰/۴۲	۰/۵۹**	۰/۴۸*	۰/۱۱	۱		
Cu	−۰/۰۷	−۰/۰۳	−۰/۰۱	-۰/۰۶	۰	۰/۴۱	−۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۲	۰/۲۳	−۰/۲۳	−۰/۲۲	−۰/۱۷	۰/۲۶	۱	
Mo	−۰/۴۱	−۰/۵۲	−۰/۳۱	−−۰/۴۲	۰/۱۶	۰/۷۳**	۰/۶۹	−۰/۰۱	۰/۴۳	۰/۵۵*	−۰/۶۹**	−۰/۵۲*	−۰/۲	−۰/۱۹	۰/۶۴**	
Ni	۰/۶۸**	۰/۵۱*	۰/۷۳**	۰/۶۶**	−۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۳۶	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۵۱*	۰/۵۳*	۰/۴۲	۱
Pb	۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۲۵	−۰/۱۹	−۰/۵	۰/۶۶**	۰/۳۹	−۰/۵*	−۰/۳۶	۰/۷۶**	۰/۵۱*	۰/۰۴	۰/۳۹	−۰/۲۷	−۰/۲۸
V	۰/۴۴*	۰/۰۸	۰/۴۹*	۰/۴۷*	−۰/۳	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۶۲**	−۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۵	−۰/۰۴	۰/۵۵*	۰/۴۴	۰/۷۲**
Zn	۰/۸۰**	۰/۸۲**	۰/۸۱**	۰/۸۶**	−۰/۲۲	−۰/۳۸	۰/۸۱**	۰/۳۵	−۰/۱۹	−۰/۴۲	۰/۷۵**	۰/۵۱*	۰/۳۹	۰/۷۲**	−۰/۱۶	۰/۵۴*

جدول شمارهٔ (۵): نتایج ضریب پیرسون بین عناصر مختلف در رسوبات سیاه کیشم

	AL	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Ti	Ba	S	Sr	Bi	Cd	Cu	Pb	V
K	۰/۹۲*	−۹۶۰*	۰/۹۶*	۱													
Mg	۰/۹۸* *	−۰/۹۴ *	۰/۷۳	۰/۸۵	۱												
Mn	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۹* −۰/۸۹	۰/۶۹ −۰/۹۱	۱ −۰/۸۸											
Na	−۰/۹۵	۰/۹۴*	−۰/۸۳	*	*	*	۱										
P	−۰/۹۹	۰/۹۷* *	−۰/۸۲	−۰/۹۱ *	−۰/۹۷ **	−۰/۸۲	۰/۹۸* *	۱									
Ti	۰/۸۵	−۰/۹۲ *	۰/۹۷* *	۰/۹۷* *	۰/۷۸	۰/۸۲	−۰/۷۹	۰/۸۲	۱								
Ba	۰/۷۴	−۰/۸۵	۰/۹۹* *	۰/۹۲*	۰/۶۳	۰/۸۶	−۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۹۴*	۱							
S	−۰/۲۷	۰/۳۴	−۰/۵۳	−۰/۵۴	−۰/۱۸	−۰/۴۵	۰/۱۵	۰/۱۹	−۰/۶۳	۰/۵۴	۱						
Sr	−۰/۹	۰/۹۶* *	−۰/۹۵	−۰/۹۷	−۰/۸۵	−۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۸*	−۰/۹۸ **	−۰/۹۱ *	۰/۵۳	۱					
As	−۰/۹۳	۰/۹۴*	−۰/۸۹	−۰/۹۷	−۰/۸۸ *	−۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۹*	−۰/۹۴ *	−۰/۸۳	۰/۵۹	۰/۹۵*					
Bi	۰/۸۸*	−۰/۹۴ *	۰/۹۵*	۰/۹۴*	۰/۸۱	۰/۹۱* *	−۰/۹۳ *	−۰/۹*	۰/۹*	۰/۹۳*	−۰/۳	−۰/۹*	۱				
Cr	۰/۶۶	−۰/۶۸	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۹۷* *	−۰/۸	−۰/۷	۰/۶۷	۰/۷۶	−۰/۳۷	−۰/۶۲	۰/۸۲	۰/۶			
Cu	۰/۸۱	−۰/۸۲	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۸	۰/۶۲	−۰/۸۷	−۰/۸۵	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۲	−۰/۷۱	۰/۸۴	۰/۹۶* *	۱		
Mo	−۰/۱	۰/۲	−۰/۴	۰/۳۶	−۰/۰۴	−۰/۱۴	−۰/۰۸	۰/۰۱	−۰/۵۲	−۰/۴۲	۰/۹۱*	۰/۴۴	−۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۲۷		
Ni	۰/۷۷	−۰/۷۵	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۸۳	۰/۳۶	−۰/۷۴	−۰/۷۹	۰/۵۲	۰/۴۵	۰/۲۹	−۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۹۲*		
Pb	۰/۷۴	−۰/۸۳	۰/۹۷* *	۰/۹۴*	۰/۶۳	۰/۸۸*	−۰/۷۴	−۰/۷۳	۰/۹۶* *	۰/۹۷* *	−۰/۶۸	−۰/۹۱ *	۰/۸۹*	۰/۵۸	۰/۵۴	۱	
V	۰/۹۷* *	−۰/۹۴ *	۰/۸۲	۰/۹۳*	۰/۹۳*	۰/۸۹*	−۰/۹۷ **	−۰/۹۷ **	۰/۸۳	۰/۷۵	−۰/۳۱	−۰/۸۶	۰/۸۹*	۰/۶۸	۰/۷۴	/۷۶ ۰	۱
Zn	۰/۹۳*	−۰/۹۸ **	۰/۹۶* *	۰/۹۸* *	۰/۸۷*	۰/۸۸*	−۰/۹۲ *	−۰/۹۳ *	۰/۹۶* *	۰/۹۲*	−۰/۴۳	−۰/۹۷ **	۰/۹۷* *	۰/۷۵	۰/۷۸	/۹۱ .*	۰/۹۳ *

نقشهٔ راههای منطقه نشان می‌دهد که، تراکم راههای اسفالته در منطقه بسیار بالاست وعلاوه بر آن وجود راههای خاکی فرسودگی لاستیک ماشین‌ها و در نتیجه افزایش کادمیم و سرب حاصل از آن را در پی دارد. در بخش شیجان (جدول شمارهٔ ۷) همبستگی بالای آلومینیم با آهن، پتاسیم و منیزیم نشانهٔ منشاء یکسان و زمینی آنهاست. ارتباط منفی بسیار بالای بین کلسیم با نیکل و روی

www.SID.ir

Archive of SID

نشانه منشاء غیر کربناته این دو عنصر مانند سنگهای آذرین و دگرگونی است. همبستگی مثبت بسیار بالای کلسیم با سدیم، فسفر و استرانسیم نشان‌دهندهٔ آلودگی بالای ناشی از شوینده ها در رسوبات شیجان است. در رسوبات شیجان کبالت، کروم و وانادیم به‌دلیل همبستگی بالا با آلومینیم و آهن دارای منشاء زمینی و بقیهٔ عناصر کمیاب دارای منشاء انسانزاد هستند.

جدول شمارهٔ (۶): نتایج ضریب پیرسون بین عناصر مختلف در رسوبات هندخاله

	AL	Fe	Mg	Ba	S	Bi	Cd
Fe	۰/۹۶**	۱					
Mg	۰/۸۹*	۰/۹۱*	۱				
Ti	۰/۹۳*	۰/۹۹**	۰/۹۱*				
Bi	−۰/۴۹	−۰/۴۸	۰/۷۹	۰/۹۳*	−۰/۰۷	۱	
Cd	−۰/۷۸	−۰/۸۲	−۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۲۵	۰/۸۹*	۱
Cu	۰/۹۱*	۰/۸۸	۰/۹۶**	−۰/۹۵*	−۰/۰۳	−۰/۸	−۰/۹۳*
Mo	۰/۱۴	−۰/۰۹	۰/۱	−۰/۳۸	۰/۹۱*	−۰/۴	−۰/۱۳
Ni	۰/۸۸*	۰/۸۶	۰/۷۸	−۰/۵۵	−۰/۱۵	−۰/۳	−۰/۶۲
Pb	−۰/۷	−۰/۷۶	−۰/۹۳*	۰/۸۷	۰/۳۱	۰/۸۵	۰/۹۵*

جدول شمارهٔ (۷): نتایج ضریب پیرسون بین عناصر مختلف در رسوبات شیجان

	AL	Ca	Fe	K	Mg	Na	P	Ti	Bi	Co	Cr	Ni	V
AL	۱												
Ca	−۰/۷۵	۱											
Fe	۰/۹۸**	−۰/۷۴	۱										
K	۰/۹۹**	−۰/۷۶	۰/۹۸**	۱									
Mg	۰/۹۵*	−۰/۷۶	۰/۹۳*	۰/۹۷**	۱								
Na	−۰/۶۸	۰/۹۸**	−۰/۶۸	−۰/۶۸	۰/۶۶	۱							
P	−۰/۵۱	۰/۹۳*	−۰/۴۷	−۰/۵	−۰/۵	۰/۹۵*	۱						
Ba	۰/۲۱	−۰/۵۴	۰/۲۴	۰/۱۷	۰	−۰/۶۴	−۰/۶۱	۰/۸۹*					
Sr	−۰/۴۳	۰/۸۵	−۰/۴۲	−۰/۴۱	−۰/۳۳	۰/۹۲*	۰/۹۲*	−۰/۸					
Co	۰/۹۶**	−۰/۶۷	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۹۳*	−۰/۶	−۰/۳۷	۰/۵۴	−۰/۵۶	۱			
Cr	۰/۹۷**	−۰/۸۲	۰/۹۲*	۰/۹۷**	۰/۹۳*	−۰/۷۶	−۰/۶۳	۰/۶۲	−۰/۳۴	۰/۸۸*	۱		
Ni	۰/۸۲	۰/۹۷**	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۷۸	−۰/۹۶**	−۰/۹۱*	۰/۷۲	۰/۰۶	۰/۷	۰/۸۹*	۱	
Pb	−۰/۳۷	−۰/۰۲	−۰/۳۹	−۰/۴۲	−۰/۵۶	−۰/۱۷	−۰/۳	۰/۴۹	۰/۹۵*	−۰/۵	−۰/۲۵	۰/۰۶	
V	۰/۹۷**	−۰/۸۱	۰/۹۲*	۰/۹۷**	۰/۹۴*	−۰/۷۴	−۰/۶۲	۰/۵۸	−۰/۳۷	۰/۸۸*	۰/۹۹**	۰/۸۷*	۱
Zn	۰/۸۶	−۰/۹۷**	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۸۴	−۰/۹۵*	−۰/۸۷	۰/۶۸	−۰/۰۴	۰/۷۷	۰/۹۱*	۰/۹۹**	۰/۹*

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق رسوبات سطحی تالاب انزلی بتدریج تحت تأثیر آلاینده‌های انسانزاد قرار گرفته اند. بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات سطحی دارای غلظت‌های بالا نسبت به بیسموت، کادمیم، کروم، روی و سرب در تمام بخشهای تالاب و آرسنیک در تمام بخشها، غیر از آبکنار بوده، در حالی‌که عناصری مانند کبالت، مس، نیکل، مولیبدن و وانادیم دارای میزان‌های طبیعی هستند.

منابع آلوده کننده بیشتر در بخش شرقی تالاب تمرکز یافته‌اند که موجب آلودگی بیشتر بخش شرقی نسبت به بخش غربی شده است. اندازه‌گیری و تعیین غلظت عناصر در رسوبات تالابی نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی بیش از غلظت این عناصردر رسوبات دریای خزر و میانگین جهانی است و به این دلیل تالاب از لحاظ آلودگی به پایش منظم نیاز دارد. به‌نظر می‌رسد یکی از عوامل مؤثر در کاهش میزان تمرکز فلزات سنگین در تالاب، خاصیت خودپالایی آن است که تا حد زیادی قادر به جلوگیری از آلودگی تالاب شده و محیط را تصفیه می‌کند. با این حال توان خود پالایی تالاب محدود است.

از طرفی این اکوسیستم آبی با کارکردی مانند تله رسوبی، به عنوان محافظی برای جذب و جلوگیری از انتقال آلودگی به دریای خزر عمل می‌کند. کثرت فعالیت‌های انسانی و صنعتی و پساب‌های حاصل در حوضهٔ آبخیز تالاب از یک سو و افزایش فرسایش و تولید رسوبات حاوی آلاینده‌های کشاورزی از سوی دیگر باعث ورود فلزات سنگین به تالاب می‌شود.

به‌همین دلیل عناصر می‌توانند از منشأهای گوناگون تأمین شده باشند. بنابراین با توجه به ارزش این تالاب و عوامل تهدید کنندهٔ موجود، حفظ و نگهداری آن ضروری است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

زارع، م. ، غضبان، ف. ، شریفی، ف. و تهرانی، خ. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب در تالاب انزلی با استفاده از کریجینگ، علوم و فنون منابع‌طبیعی، سال چهارم، شمارهٔ ۳، صص ۹۱ تا ۱۰۷.

Alloway,B.J. 1995. Soil Pollution and Land Contamination, in Pollution: Causes, effects and control. R. Harrison. Cambridge1995, the Royal Society of Chemistry, p. 552.

Amini Ranjbar,Gh. 1998. Heavy metal concentration in surficial sediments from Anzali Wetland, Iran. Water, Air, and Soil Pollution, 104:305-312.

Das, J. 2003. Geochemistry of Trace Elements in the Ground Water of Cuttack City in India. Water, Air and Soil Pollution. 147: 129-140.

De Mora, S., et al. 2004a. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin. 48: 61-77.

Kazanci,N., et al. 2004. Sedimentary and environmental characteristics of the Gilan-Mazenderan plain, northern Iran: influence of long- and short-term Caspian water level fluctuations on geomorphology, Journal of marine systems.46:145-168.

Kerner,M., K.,Wallmann. 1992. Remobilization Events Involving Cd and Zn from Intertidal Flat Sediments in the Elbe Estuary during the Tidal Cycle. Estuarine Coastal Shelf Sci. 35, 371-393.

Olah,J. 1990. Pollution in the Anzali Lagoon catchment preliminary assessment. FAO, Rome. 1-23.

Prudencio,M.I., et al.2007. Geochemistry of Sediments from El Melah Lagoon (Ne Tunisia): A Contribution for the Evaluation of Anthropogenesis Input, Journal of Arid Environments 69: 285-298.

Riyahi.A.R., et al.2005. Determination of Heavy Metals Content in Astacus Leptodactylus Caspicus of Anzali: In CEST2005: 784-790.

Secrieru,D., A., Secrieru. 2002. Heavy Metal Enrichment of Man-Made Origin of Superficial Sediment on the Continental Shelf of the North-Western Black Sea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 54,513-526.

Sharifi,M. 2006. The Pattern of Caspian Sea Water Penetration into Anzali Wetland: Introduction of a Salt Wage.Caspian J.Env. Sci. Vol. 4 No.1:77-81.

Sunderland,E.M. ,et al. 2008. Reconciling models and measurements to assess trends in atmospheric mercury deposition, Environmental Pollution Nov; 156 (2):526-35.

Turekian,K., K.,Wedepohl. 1961. Distribution of elements in some major units of the Earth's crust. Geological Society of America Bulletin, 72: 175-192.

www.SID.ir