مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

ارزیابی شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب بین المللی تیاب و کلاهی استان هرمزگان

محسن دهقانی[1*]، سحر دست افکن[2]

[1] استادیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس

[2] دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۴/۰۴/۰۹
اصلاح: ۹۴/۱۱/۰۴
پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۳

کلمات کلیدی:
آلودگی
تیاب و کلاهی
فلزات سنگین
کادمیوم

چکیده

فلزات سنگین جزو آلاینده‌هایی هستند که از طریق منابع متعدد انسانی یا طبیعی به صورت مستقیم یا غیر مستقیم وارد پیکره‌های آبی می‌شوند. بنابراین بررسی رسوبات به عنوان اصلی‌ترین جاذب آلاینده‌های فلزی، دارای اهمیت بسیاری است. تالاب بین المللی تیاب و کلاهی یکی از اکوسیستم‌های با اهمیت در جنوب ایران است که به علت برنامه‌های توسعه‌ای از منابع آلاینده متعددی تاثیر می‌پذیرد. به منظور شناسایی شاخص‌های آلودگی‌های زیست محیطی فلزات سنگین تالاب بین المللی تیاب و کلاهی، تعداد ۲۲ نمونه رسوب سطحی از ۱۱ ایستگاه مطالعاتی با دستگاه نمونه بردار گرپ در فصل پاییز سال ۱۳۹۳برداشته شد. برای تعیین شاخص واحد سمیت و حد مجاز آلودگی عناصر در رسوب، از استاندارد کیفیت رسوب آمریکا و استاندارد کیفیت رسوب کانادا استفاده شد. نتایج نشان داد غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، نیکل و مس دارای میانگین ۶/۱۵، ۲۳/۲۲، ۱۴۲/۸ و ۳۶/۱۸ پی. پی. ام. است. شاخص انباشت ژئوشیمیایی مولر در خصوص تعیین حد آلودگی منطقه مورد مطالعه نشان داد این تالاب در وضعیت آلودگی متوسط قرار دارد. با توجه به مقادیر غلظت فلزات سنگین و شاخص های آلودگی آنها می‌توان نتیجه گرفت آلودگی کادمیوم می تواند در ارتباط با آلودگی های نفتی و انسان ساخت باشد.

مقدمــه

صنعتی شدن به سرعت افزایش یافته و باعث افزایش سطح خطرات زیست محیطی شده است که یکی از شاخص‌ترین اثرات آن بر محیط، افزایش سطح عناصر سمی بالقوه در خاک و رسوبات است (Melegy *et al.*, 2010). اقیانوس ها و دریاها علیرغم عظمت‌شان گنجایش محدودی برای پذیرش آلاینده ها دارند. مسائل زیست محیطی خشکی‌ها اغلب در مسائل دریایی بازتاب پیدا می کنند. زیرا هر نوع آلودگی در خشکی با منشاء شناخته شده یا بی‌کانون، نهایتا می‌تواند محیط زیست دریایی را نیز تحت تاثیر قرار دهد (Adama *et al.*, 2005). آلودگی دریاها عموماً می تواند ناشی از عوامل گوناگون از جمله ورود فاضلاب های صنعتی و شهری، حمل

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: dehghani933@gmail.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]

نفت و تردد کشتی ها، عملیات اکتشاف و استخراج نفت، تخلیه زباله ها و پساب های حاصل از نیروگاه ها، انتشار مواد شیمیایی و تخلیه آب توازن کشتی ها باشد که آثار زیان باری مانند مرگ و میر در دریا، آلودگی سواحل و تالاب ها را به دنبال خواهد داشت (Angelidis and Aloupi, 1995).

نقش تالاب ها در تولیدات شیلاتی، حفظ سطح آب برای کشاورزی، تولید چوب، ذخیره آب و کاهش بلایای طبیعی به ویژه سیلاب به خوبی اثبات گردیده است. این در حالی است که این ساختارهای آبی علاوه بر ارزش بسیار زیاد زیبایی شناسی و جذب گردشگران و اهمیت پژوهشی و آموزشی، زیستگاه های بسیار حیاتی برای انواع مختلف گونه های جانوری و گیاهی به ویژه آبزیان و انواع پرندگان فراهم می سازند (Donato *et al.*, 2011). با این وجود، این اکوسیستم های طبیعی به شدت در معرض تهدید قرار دارند به طوری‌که صدمات ناشی از دخالت های مستقیم و غیرمستقیم انسانی آنها را تا مرز بحران پیش برده است. کارکردهای تالاب‌ها که همراه تولید کالا و خدمات بی شماری برای انسان است، این اکوسیستم‌ها را غیرقابل جانشین ساخته است (Heatherington and Bishop, 2012). جنگل‌های مانگرو با سایر اکوسیستم‌های جنگلی تفاوت اساسی دارند. این جنگل‌ها نه به خشکی تعلق دارند نه به دریا بلکه مشترک بین آب و خشکی هستند (Giri *et al.*, 2011). آبراهه‌های اجتماعات مانگرو به واسطه غنی بودن از خورده‌های گیاهی آلی و دریافت مواد مغذی نشت یافته از اراضی خشکی، ارزش پرورشگاهی بالایی برای گونه‌های آبزی دارا می‌باشند و از این رو نقش غیر قابل جانشینی در زنجیره غذایی دریا عهده‌دار است. مانگرو، حلقه اول اقتصاد ماهیگیری، بزرگترین کارکرد این جنگل‌ها بعد از اکوتوریسم است (Donato *et al.*, 2011).

فلزات سنگین به صورت محلول در آب و خاک وارد شده و باعث آلودگی آبهای سطحی، زیرزمینی و خاک شده و سبب برهم زدن تعادل اکولوژیک اکوسیستم هایی که به آن وارد می شوند، می گردند (Angelidis and Aloupi, 1995; Carballeira *et al.*, 2000). ارزیابی شاخص های آلودگی معیاری برای مدیریت محیط زیست و شناسایی و کاهش عوامل بالقوه آسیب رسان محیط زیستی می‌باشد (Lemly and Richardson, 1997). استفاده از شاخص های آلودگی از جمله فلزات سنگین تعیین کننده میزان ریسک اکولوژیکی اکوسیستم ها می باشد (Suter, 2007). به طور کلی فلزات سنگین عناصری هستند که به طور طبیعی به مقدار بسیار کم در اکوسیستم ها یافت می شوند. این عناصر جزو آلاینده های بسیار پایدار هستند و طی فرآیندهای بیولوژیک تجزیه نمی‌شوند (Bowen, 1979). فلزات عموماً از طریق پدیده‌های جوی، فرسایش زمین، فعالیت های انسانی نظیر فاضلاب های صنعتی، خانگی و استخراج معادن وارد محیط های آبی می شوند (Jamshidi Zanjani and Saeedi, 2015). میزان انباشتگی و تجمع فلزات سنگین در رسوبات بیشتر از آب می‌باشد (Bermejo *et al.*, 1994).

سنجش وضعیت آلودگی رسوبات محیط های آبی، شناسایی دقیق منابع آلودگی و اعمال راهکارهای مدیریتی با توجه به نتایج ارزیابی های صورت گرفته به منظور کاهش میزان ورود آلاینده‌ها به محیط‌های آبی، از اهمیت بیشتری در مقایسه با روش‌های پاک سازی برخوردار است. از این رو از دهه‌های گذشته تاکنون مطالعات بسیاری بر سنجش وضعیت آلودگی رسوبات محیط‌های آبی در نقاط مختلف دنیا صورت گرفته است (Saeedi *et al.*, 2004; Saeedi *et al.*, 2011; Saeedi and Hosseinzadeh, 2012; Sharma *et al.*, 1999). از جمله مطالعات صورت گرفته در جهان به منظور تعیین شاخص‌های آلودگی با استفاده از فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی می‌توان به نتایج Lemly و Richardson (۱۹۹۷)، Melegy و همکاران (۲۰۱۰)، Zheng و همکاران (۲۰۱۰)، Bai و همکاران (۲۰۱۱) در مناطق مختلف جهان اشاره کرد.

تالاب بین المللی تیاب و کلاهی یکی از اکوسیستم های ساحلی خلیج فارس به دلیل وجود جنگل‌های حرا، خورهای متعدد، پهنه‌های گلی، عمق کم آب و تنوع زیستی جزو مناطق با ارزش ساحلی - دریایی محسوب می شود. از سویی وجود استخرهای پرورش میگو، توسعه شهر نشینی و رشد جمعیت به همراه گسترش فعالیت های صنعتی، کشاورزی و اقتصادی در محدوده تالاب تیاب و کلاهی، سبب ورود انواع آلاینده‌ها و آثار منفی بر شرایط کیفی تالاب خواهد شد. لذا اندازه گیری فلزات سنگین در

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]

پهنه‌های آبی این اکوسیستم به ویژه رسوبات سطحی و تعیین شاخص های آلودگی، در ارزیابی اکولوژیکی تالاب، مدیریت، برنامه‌ریزی و حفاظت از آن موثر خواهد بود.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی

تالاب بین المللی تیاب و کلاهی در شرق بندرعباس همتراز با سطح دریا در مختصات E ´۴۵ ، °۵۶ و N ´۰۵ ،°۲۷ در دهانه رودهای شور و شیرین واقع شده است. شکل۱ الف موقعیت تالاب بین المللی تیاب و کلاهی را نشان می دهد. مساحت این تالاب حدود ۴۵۰۰۰ هکتار برآورد شده که در سال ۱۹۷۵ میلادی به عنوان تالاب بین المللی در کنوانسیون رامسر به ثبت رسیده است. وسعت جنگل‌های حرا در این حوزه ۱۶۹۸/۰۳ هکتار گزارش شده است (Hemmati and Ryazifar, 2011).

نمونه برداری

ابتدا مختصات تالاب بین المللی تیاب و کلاهی در یک دستگاه GPS مدل گارمین ثبت شد. سپس با یک فروند قایق نمونه‌های رسوب سطحی در دو مرحله در آذرماه سال ۱۳۹۳ برداشته شد. موقعیت ۱۱ ایستگاه نمونه برداری توسط GPS ثبت و بر روی نقشه منطقه جانمایی شد. نمونه برداری از رسوبات توسط یک دستگاه گرپ مدل اکمن به ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی متری انجام شد. شکل ۱ ب موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری را نشان می‌دهد. قبل از نمونه برداری، ظروف پلی اتیلنی حمل رسوب، نمونه بردار گرپ و ظروف محل نگهداری رسوبات با استفاده از اسید نیتریک ۵٪ و آب دوبار تقطیر کاملاً شستشو داده شد (Moopam, 1999). نمونه ها به ظروف پلی اتیلنی تمیز و آماده شده که مشخصات کامل ایستگاه نمونه برداری روی آن ثبت شده بود منتقل گردید.

آماده سازی و اندازه‌گیری فلزات سنگین

ابتدا نمونه های رسوب دانه بندی و رسوبات با اندازه کوچکتر از ۶۳ میکرون هضم شد. به منظور هضم رسوبات، از روش هضم نمونه‌های خاک و رسوب با حمام شنی یا هیتر استفاده شد. ابتدا ۰/۵ گرم نمونه خشک در بمب های تفلونی برچسب دار وزن و به آرامی ۲/۵ میلی لیتر تیزاب سلطانی و سپس ۱۵ میلی لیتر هیدروفلوریدریک غلیظ به نمونه ها اضافه شد، پس از یک ساعت قرار گرفتن در دمای محیط، درب بمب ها بسته و با حفاظ آلومینیومی پوشانده شد و به مدت ۲ ساعت و ۳۰ دقیقه بر روی هیتر قرار گرفت. در مرحله بعد ۶/۷۵ گرم اسید بوریک وزن و به بالن حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه اضافه شد. نمونه ها پس از خنک شدن به ظرف حاوی بوریک اسید اضافه و به حجم رسید. پس از آماده سازی نمونه‌ها، اندازه گیری غلظت فلزات سنگین نیکل، کادمیوم، سرب و مس توسط دستگاه جذب اتمی مدل Varian sf 240 صورت گرفت. کلیه مراحل نمونه برداری و آنالیز نمونه های رسوب در این تحقیق با استفاده از روش های استاندارد بین المللی برگرفته از مرجع جهانی استاندارد متد (APHA, 2005) صورت گرفت.

شاخص های آلودگی

- تعیین شاخص تجمع زمینی مولر (*Igeo*)

این شاخص اولین بار توسط مولر در سال ۱۹۷۹ بیان گردید و برای اندازه گیری و تعریف آلودگی رسوبات، توسط مقایسه غلظت‌های کنونی یک عنصر با میزان آن ماده قبل از صنعتی شدن در رسوبات، محاسبه می‌گردد (Buchman, 1999; Clarke and Green, 1988; Muxika *et al.*, 2003). این شاخص بر پایه فرمول زیر تعریف شده است:

$$Igeo = Log2\left(\frac{C_n}{1/5B_n}\right)$$

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]

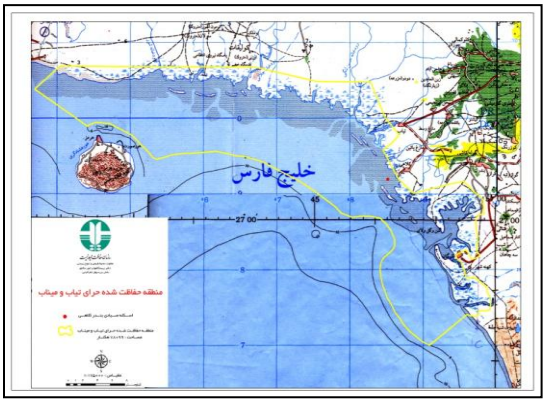
Igeo: شاخص تجمع ژئوشیمیایی و یا شاخص شدت آلودگی در رسوبات.

C_n: غلظت ماده آلاینده در رسوبات با قطر کمتر از ۶۳ میکرون.

B_n: غلظت ماده آلاینده در پوسته زمین یا غلظت اولیه عناصر در زمانیکه آلودگی وجود نداشته است.

ضریب ۱/۵ به منظور تصحیح غلظت اولیه رسوبات به دلیل تاثیر عوامل زمینی اعمال شده است.

مولر، ۷ کلاس مختلف را برای طبقه بندی این شاخص عنوان کرد که در بالاترین کلاس یعنی کلاس آلودگی ۶، مقادیر عناصر حداقل ۱۰۰ برابر مقادیر مرجع می باشند. در جدول ۱ مقادیر درجه آلودگی ارائه شده است.



الف: موقعیت تالاب بین المللی تیاب و کلاهی



ب: موقعیت ایستگاه های نمونه برداری

شکل ۱. موقعیت تالاب بین المللی تیاب و کلاهی و ایستگاه های نمونه برداری

تعیین واحد سمیت و مقایسه با استانداردهای جهانی

یکی از روش های متداول در توصیف داده‌های حاصل از تعیین آلاینده‌ها، استفاده از راهنمای کیفیت رسوبات می‌باشد که در آن، نتایج به دست آمده با مقادیر مرجع و مجاز مقایسه می‌گردد و معیارهای مورد استفاده بر پایه پاسخ بیولوژیک موجودات به شرایط ایجاد شده توسط آلاینده ها استوار است (MacDonald *et al.*, 2000). مقادیر مختلف از آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین قادرند اثرات متفاوتی را در موجوداتی که در معرض این آلاینده‌ها قرار گرفته‌اند ایجاد نمایند. به همین منظور در برخی از کشورها، استانداردهایی برای مواد آلاینده ارائه شده است که از معروف‌ترین و متداول‌ترین آنها استانداردهای کیفیت رسوب آمریکا (NOAA) با سه سطح اثر ERL، ERM و ERH و استاندارد کیفیت رسوب کانادا (ISQGs) با دو سطح اثر متداول LEL و SEL می‌باشد (Long *et al.*,1995; Persaud and Hayton, 1993). در این مطالعه مقادیر فلزات محاسبه شده با استانداردهای موجود مقایسه و سپس شاخص واحد سمیت بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (Roussiez *et al.*, 2005).

$$\mathbf{TUI = [M_1] / [ERM_1] + [M_2] / [ERM_2] + ... + [M_i] / [ERM_i]}$$

که در آن:

[Mi] = غلظت مشاهده شده از فلز i

[ERMi] = مقادیر ERM فلز i

برای هر کدام از فلزات به تنهایی اگر [Mi]/[ERMi]> ۱ باشد احتمال سمیت نسبت به آن عنصر در رسوب زیاد است. گرچه ممکن است سمیت ایجاد شده توسط فلزات با افزایش غلظت به شکل خطی زیاد نشود ولی از آنجا که با افزایش غلظت فلزات،

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]

اثرات سمی به مراتب بالاتری ایجاد می گردد، لذا استفاده از این شاخص به عنوان مقیاسی از آلودگی برای فلزاتی که دارای غلظت بیشتر از آستانه هستند، مناسب می‌باشد (Roussiez *et al.*, 2005).

جدول ١. طبقه بندی کیفیت رسوبات بر اساس شاخص تجمع ژئوشیمیایی مولر

وضعیت آلودگی (محدوده مولر)	**درجه آلودگی**	**مقادیر** I_{geo}
غیر آلوده	٠	٠
از غیر آلوده تا آلودگی متوسط	١	٠ -١
آلودگی متوسط	٢	١ -٢
از آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد	٣	٢ -٣
آلودگی زیاد	٤	٣ -٤
از آلودگی زیاد تا به شدت آلوده	٥	٤ -٥
به شدت آلوده	٦	> ٥

نتایــج

غلظت فلزات سنگین

نتایج غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوبات سطحی تالاب بین المللی تیاب و کلاهی در دو مرحله نمونه برداری در ١١ ایستگاه در شکل ٢ ارائه شده است. همچنین جدول ٢، میانگین، حداکثر و حداقل غلظت فلزات سنگین در ایستگاه های نمونه برداری را نشان می دهد. برای فلز مس مقدار کمینه آن ١٨/٣٥ و مقدار بیشینه آن ٥٠/٦٥ پی. پی. ام. اندازه گیری شده است. همچنین برای فلز سرب کمترین مقدار ١٣ و بیشترین مقدار آن ٦٢ پی. پی. ام. اندازه گیری شد. مقدار کمینه فلزات نیکل و کادمیوم به ترتیب ١٠٩/٨١ و ٢/٦١ و مقدار بیشینه غلظت فلزات به ترتیب ١٧٦/٨٣ و ٩/٥٢ اندازه گیری شد. شکل (٢)، غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالاب بین المللی تیاب و کلاهی را نشان می‌دهد.

شاخص تجمع زمینی مولر(I_{geo})[1]

نتایج شاخص تجمع زمینی مولر به طور مجزا برای هر فلز محاسبه و در جدول ٣ ارائه شده است.

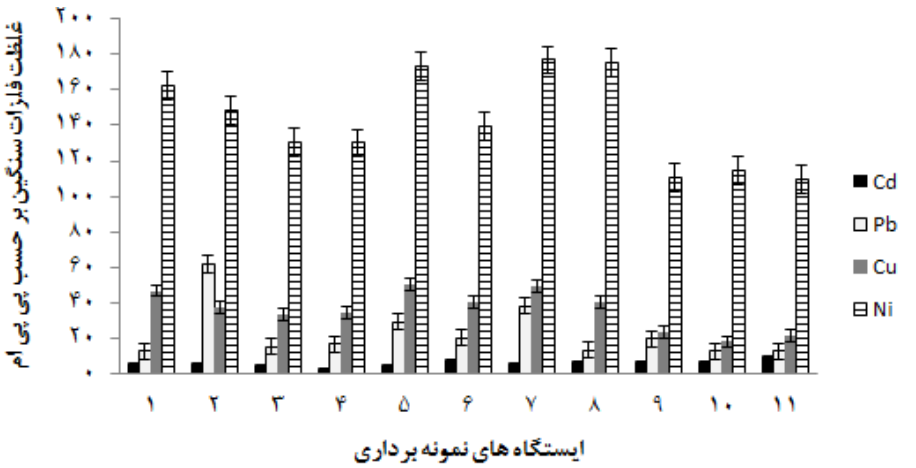
جدول ٢. مقایسه مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه فلزات سنگین اندازه گیری شده در تالاب بین المللی تیاب و کلاهی

فلزات	**میانگین** ppm	**کمینه** ppm	**بیشینه** ppm
Cu	٣٦/١٨	١٨/٣٥	٥٠/٦٥
Pb	٢٢/٢٣	١٣/٠٠	٦٢/٠٠
Ni	١٤٢/٨١	١٠٩/٨١	١٧٦/٨٣
Cd	٦/١٥	٢/٦١	٩/٥٢

[1] Geoaccumulation index

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]



شکل ۲. غلظت فلزات سنگین (ppm) در رسوبات ۱۱ ایستگاه مورد مطالعه در تالاب بین المللی تیاب و کلاهی

با توجه به جدول ۳ و نتایج نهایی که در شکل ۳ ارائه شده است و تقسیم بندی مولر و مقادیر شاخص I_{geo} محاسبه شده رسوبات از نظر کیفیت آلودگی به ترتیب در کلاس با درجه آلودگی صفر (در وضعیت غیر آلوده)، در کلاس ۱ (از غیر آلوده تا آلودگی متوسط)، و در کلاس ۲ (با آلودگی متوسط) قرار می‌گیرند. فلز کادمیوم در وضعیت آلودگی متوسط، نیکل و سرب در وضعیت غیرآلوده تا آلودگی متوسط، و مس نیز در وضعیت غیرآلوده قرار دارد. بر این اساس، کیفیت رسوبات تالاب تیاب و کلاهی از نظر آلودگی به فلزات سنگین نشان دهنده روند زیر است:

Cd>Ni>Pb>Cu

به عبارتی کادمیوم دارای بیشترین مقادیر I_{geo} در رسوبات منطقه می‌باشد.

جدول ۳. نتایج شاخص تجمع زمینی فلزات مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه در تالاب بین المللی تیاب و کلاهی

شماره ایستگاه	I_{geo} Cd	I_{geo} Pb	I_{geo} Cu	I_{geo} Ni
ایستگاه ۱	۱/۳۰	-۰/۲۱	-۰/۲	۰/۱۳
ایستگاه ۲	۱/۲۸	۰/۴۶	-۰/۳	۰/۰۸
ایستگاه ۳	۱/۱۸	-۰/۱۳	-۰/۳۴	۰/۰۳
ایستگاه ۴	۰/۹۳	-۰/۰۹	-۰/۳۳	۰/۰۳
ایستگاه ۵	۱/۱۹	۰/۱۴	-۰/۱۷	۰/۱۵
ایستگاه ۶	۱/۴۰	-۰/۰۱	-۰/۲۶	۰/۰۶
ایستگاه ۷	۱/۳۰	۰/۲۶	-۰/۱۸	۰/۱۶
ایستگاه ۸	۱/۳۶	-۰/۱۹	-۰/۲۶	۰/۱۶
ایستگاه ۹	۱/۳۴	-۰/۰۲	-۰/۵	-۰/۰۳
ایستگاه ۱۰	۱/۳۷	-۰/۳۱	-۰/۶۱	-۰/۰۲
ایستگاه ۱۱	۱/۴۹	-۰/۲۱	-۰/۵۵	-۰/۰۴

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]



شکل ۳. مقادیر شاخص ژئوشیمیایی فلزات سنگین در تالاب بین المللی تیاب و کلاهی

تعیین شاخص واحد سمیت و مقایسه با استانداردهای جهانی

در جدول ۴ مقادیر شاخص واحد سمیت در ۱۱ ایستگاه نمونه برداری تالاب تیاب و کلاهی ارائه شده است. این مقادیر برای کادمیوم در رنج ۰/۹۸-۰/۲۷، سرب ۰/۲۸-۰/۰۵، مس ۰/۱۸-۰/۰۶ و نیکل ۳/۴۲-۲/۱۲ متغیر است.

جدول ۴. مقادیر شاخص واحد سمیت بر اساس استاندارد کیفیت رسوب کانادا در ایستگاه‌های مختلف تالاب تیاب و کلاهی

شماره ایستگاه	Cd	Pb	Cu	Ni
ایستگاه ۱	۰/۶۳	۰/۰۵	۰/۱۷	۳/۱۴
ایستگاه ۲	۰/۶۰	۰/۲۸	۰/۱۳	۲/۸۸
ایستگاه ۳	۰/۴۷	۰/۰۷	۰/۱۲	۲/۵۲
ایستگاه ۴	۰/۲۷	۰/۰۷	۰/۱۲	۲/۵۲
ایستگاه ۵	۰/۴۸	۰/۱۳	۰/۱۸	۳/۳۶
ایستگاه ۶	۰/۸۰	۰/۰۹	۰/۱۵	۲/۷۰
ایستگاه ۷	۰/۶۳	۰/۱۷	۰/۱۸	۳/۴۲
ایستگاه ۸	۰/۷۲	۰/۰۶	۰/۱۵	۳/۳۸
ایستگاه ۹	۰/۶۹	۰/۰۹	۰/۰۸	۲/۱۴
ایستگاه ۱۰	۰/۷۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۲/۲۲
ایستگاه ۱۱	۰/۹۸	۰/۰۵	۰/۰۸	۲/۱۲

نتیجه نهایی شاخص واحد سمیت در تالاب بین المللی تیاب و کلاهی پس از محاسبه TUI با مقادیر استاندارد کیفیت رسوب کانادا و آمریکا مقایسه گردید (جدول ۵). همانگونه که مشاهده می شود مقادیر ERM برای فلزات بررسی شده در این تحقیق بر اساس استاندارد کیفیت رسوب آمریکا: سرب (۲۱۸)، کادمیوم (۹/۶)، مس (۲۷۰)، و نیکل (۵۱/۶) میلی گرم در کیلوگرم وزن رسوبات خشک، در همه موارد بیشتر از مقادیر اندازه گیری شده می باشد. مقادیر ISQGs بر اساس استاندارد کیفیت رسوب کانادا: سرب (۳۰/۲)، کادمیوم (۰/۷)، مس (۱۸/۷۰)، و نیکل (۱۵/۹) میلی گرم در کیلوگرم وزن رسوبات خشک می باشد، به این ترتیب در مورد کادمیوم مقدار اندازه گیری شده در تالاب تیاب و کلاهی ۱۰ برابر بیشتر از ISQGs می باشد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]

جدول ۵. مقادیر استاندارد فلزات سنگین بر اساس کیفیت رسوب آمریکا و محیط زیست کانادا (میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک)
(Clark, 1992; Brayan and Langston, 1992; MacDonald *et al.*, 2000)

	استاندارد آمریکا NOAA (Long *et al.*, 1995)		استاندارد محیط زیست کانادا (CCME, 1999)		مطالعه اخیر
	ERM[۲]	ERL[۳]	PEL[۴]	ISQGs[۵]	
Cd	۹/۶۰	۱/۲۰	۴/۲۰	۰/۷۰	۷
Pb	۲۱۸	۷/۴۶	۱۱۲	۳۰/۲۰	۱/۱۱
Ni	۵۱/۶	۲۰/۹	۴۲/۸	۱۵/۹	۱/۴۲
Cu	۲۷۰	۳۴	۱۰۸	۱۸/۷۰	۳۰/۴

بحث

حداقل و حداکثر غلظت فلزات اندازه گیری شده در رسوبات تالاب بین المللی تیاب و کلاهی به شرح زیر اندازه گیری شد: Pb(۱۳-۶۲)، Ni(۱۰۹/۸۱-۱۷۶/۸۳)، Cd(۲/۶۱-۹/۵۲)، Cu(۱۸/۳۵-۵۰/۶۵) میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک رسوب. به این ترتیب بیشترین مقدار را در بین فلزات سنگین نیکل با میانگین کل ۱۴۲/۸۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک و کمترین مقدار را فلز کادمیوم با میانگین کل ۶/۱۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک داشته است.

در جدول ۶ مقدار فلزات مورد مطالعه در رسوبات تالاب تیاب و کلاهی و نتایج مطالعات مشابه در برخی از تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی در سایر نقاط دنیا ارائه شده است. میانگین نیکل در رسوبات تالاب مورد مطالعه ۱۴۲/۸۱ پی.پی.ام. اندازه‌گیری شد در صورتی که Rabbani و همکاران (۲۰۰۸)، مقدار غلظت نیکل در رسوبات منطقه عملیاتی عسلویه را حدود ۲۷/۲ پی.پی.ام ارزیابی نمودند (Rabbani *et al.*, 2008). میانگین سرب در منطقه مورد مطالعه ۲۳/۲۲ پی.پی.ام بود؛ در حالی که Moghzi و همکاران (۲۰۱۱)، میانگین غلظت سرب در رسوبات رودخانه بابلرود را حدود ۲۹/۹۸ پی.پی.ام گزارش نموده اند. میانگین مس در رسوبات منطقه ۳۶/۱۸ پی پی ام تعیین شد. Azimi و همکاران (۲۰۱۲)، میانگین غلظت مس در رسوبات شمال غرب خلیج فارس (بندرامام خمینی) را حدود ۱۷/۲۴ پی.پی.ام اندازه گیری نمودند. میانگین غلظت کادمیوم در رسوبات منطقه ۶/۱۵ پی.پی.ام اندازه‌گیری شد که از مقدار غلظت کادمیوم اندازه گیری شده توسط Moghzi و همکاران (۲۰۱۱)، در رسوبات رودخانه بابلرود که به مقدار ۹/۷ پی.پی.ام به دست آمد، کمتر است. نتایج نشان می دهد میانگین غلظت فلزات مس، کادمیوم، سرب و نیکل در رسوبات تالاب بین المللی تیاب و کلاهی بیشتر از مقدار آن در تالاب شادگان در ایران می‌باشد (Hosseini *et al.*, 2011).

نتایج تحقیقات Kishe و Machiwa در سال ۲۰۰۳ در دریاچه ویکتوریا نشان داد مقدار سرب (۲۹/۶)، کادمیوم (۰/۹۲)، مس (۳۸/۶) و نیکل (۴۴/۷) پی.پی.ام می باشد (Kishe and Machiwa, 2003). مقدار مس، کادمیوم، سرب و نیکل در مطالعه Morillo و همکاران در سال ۲۰۰۴ به ترتیب ۴۹/۶، ۱/۱، ۲۵۴/۴ و ۱۶/۲۷ پی.پی.ام اندازه گیری شد که مقادیر مس و سرب بیشتر از تحقیق کنونی می باشد (Morillo *et al.*, 2004). مقادیر اندازه گیری شده فلزات سنگین مس، کادمیوم و نیکل توسط Bai و همکاران در سال ۲۰۱۱ در رسوبات دریاچه یلونگ کمتر از مقادیر تحقیق حاضر می باشد (Bai *et al.*, 2011).

شاخص انباشت ژئوشیمیایی، وضعیت فعلی منطقه مورد مطالعه را برای اکثر فلزات به جز کادمیوم غیر آلوده تا آلودگی متوسط نشان می دهد. همچنین نتایج به دست آمده از شاخص انباشت ژئوشیمیایی بیانگر این است که فلزات سرب و نیکل در وضعیت غیر آلوده تا آلودگی متوسط و مس در وضعیت غیر آلوده قرار دارد. میزان شاخص انباشت ژئوشیمیایی به دست آمده در شکل

[2] Effect Range Medium
[3] Effect Range Low
[4] Probable Effect Level
[5] Interim Sediment Quality Guideline

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]

شماره (۳) منطقه برای این عناصر نشان دهنده عدم انباشتگی جدی این فلزات سنگین در رسوبات سطحی نسبت به مقدار زمینه‌ای آنها در پوسته زمین می‌باشد. نتایج به دست آمده از شاخص واحد سمیت در مقایسه با میانگین عناصر در رسوبات پوسته زمین بیان کننده این است که میانگین غلظت سرب و نیکل و مس در تالاب از میانگین آن در پوسته زمین کمتر است، اما غلظت کادمیوم در تالاب بیشتر از مقادیر غلظت آن در پوسته زمین می‌باشد. در مقایسه با استاندارد کیفیت رسوب آمریکا (NOAA)، عناصر مورد مطالعه در این پژوهش کمتر از سطح ERM می باشد و همچنین در مقایسه با استاندارد محیط زیست کانادا ISQGs، عناصر کادمیوم و نیکل بسیار بالاتر از سطح ISQGs قرار دارند. نتایج تحقیق Moghzi و همکاران (۲۰۱۱) به منظور ارزیابی کیفیت رسوبات رودخانه بابلرود نشان داد فلزات سرب در محدوده‌ی غیرآلوده تا آلودگی متوسط، کادمیوم در محدوده آلودگی بسیار شدید بر اساس شاخص انباشت ژئوشیمیایی قرار دارند (Moghzi *et al.*, 2011). در مطالعه دیگری در رسوبات ساحلی منطقه بندر شهید رجایی مقایسه نتایج تحقیق با استانداردهای آمریکا و کانادا نشان می‌دهد که متوسط مقدار سرب کمتر از استاندارد ERL، متوسط مقادیر جیوه و نیکل کمی بیشتر از این حد و بسیار کمتر از استاندارد ERM بوده است (Hossein Nia *et al.*, 2014).

جدول ۶. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در تالاب بین المللی تیاب و کلاهی و مطالعات مشابه

منطقه مورد مطالعه	مس ppm	کادمیوم ppm	سرب ppm	نیکل ppm	منبع
Victoria lake, Tanzania, Africa	۳۸/۶	۰/۹۲	۲۹/۶	۴۴/۷	Kishe and Machiwa, 2003
Southwest coast of Spain	۴۹/۶	۱/۱	۲۵۴/۴	۱۶/۲۷	Morillo *et al.*, 2004
Balaton lake, Hungary	۱۳-۱۵۰	۰/۱-۰/۷	۲/۴-۱۶۰	۴/۴-۵۵	Nguyen *et al.*, 2005
Jannapura lake, India	۸۹/۷۵	۱/۹	۲۰/۸	۴۰/۰۵	Puttaiah and Kiran, 2008
Yilong lake, China	۳۱/۴	۰/۷۶	۵۳/۱۹	۳۵/۹۹	Bai *et al.*, 2011
تالاب شادگان(ایران)	۱۴/۸	۴/۷	۱۴/۲	۴۷/۱	Hosseini *et al.*, 2011
تالاب انزلی(ایران)	۶۲/۳	۰/۲۸	۲۴/۴۸	۷۵/۹۴	Ghazban and Zare Khosh Eghbal, 2011
میانگین غلظت فلزات در پوسته زمین	۵۰	۰/۲	۱۴	۸۰	Karbassi *et al.*, 2005
مطالعه حاضر	۳۶/۱۸	۶/۱۵	۲۳/۲۲	۱۴۲/۸	---

رسوباتی که در تالاب‌های همجوار با مناطق شهری و یا صنعتی قرار دارند توانایی بالقوه جذب و ته‌نشین کردن آلودگی‌های فلزی که از محیط های خشکی ناشی می‌شوند را دارا می‌باشند و تالاب بین المللی تیاب و کلاهی از این قاعده مستثنی نیست. همانگونه که مشاهد شد مقادیر فلزات سنگین اندازه گیری شده در رسوبات ایستگاه های مورد مطالعه نسبت به مقادیر اندازه گیری شده در سایر نقاط جهان و در برخی موارد بیشتر است. همچنین از آن‌جا که غلظت‌های بالای کادمیوم ممکن است بر اثر فعالیت‌های انسانی باشد، می‌توان نتیجه گرفت که منابع ورودی این آلاینده‌ها به محیط تالاب نتیجه پتانسیل ایجاد خطر در منطقه مورد مطالعه را ایجاد می نماید. از پیشنهادات اجرایی و پژوهشی می توان به اندازه گیری همزمان فلزات سنگین در آب، رسوبات و آبزیان و تعیین شاخص های غنی سازی و ارزیابی ریسک اکولوژیکی و نیز اندازه گیری ضریب جذب فلزات سنگین توسط ساکنین محلی که از این گروه آبزیان معیشت می کنند اشاره کرد.

منابـع

Adama, P., Arienzo, M., Imporato, M., Noimo, D., Nardi, G., Stanzione, D. 2005. Distribution and partition of heavy metals in surface and subsurface sediments of Naples city port. Chemosphere. 61: 800-809.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]

Angelidis, M.O., Aloupi, M. 1995. Metals in sediments for Rhodes Harbor, Greece. Marine Pollution Bulletin. 31: 273-276.

APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st edition. American Public Health Association, Washington DC.

Azimi, A., Dadollahi, S.A., Sofahieh, A., Zolqarnain, H., Savari, A., Faqiri, A. 2012. Study the levels of heavy metals, mercury, cadmium, lead and copper deposits in the North West Persian Gulf-Bandar Imam. Oceanography. 3(11): 33-41. (in Persian).

Bai, J., Cui, B., Chen, B., Zhang, K., Deng, W., Gao, H., Xiao, R. 2011. Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from typical plateau lake wetland. China Ecological Modeling. 222: 301-306.

Bermejo-Barrera, P., Barciela-Alonso, C., Aboal-Somoza, M., Bermejo- Barrera, A. 1994. Slurry sampling for the determination of lead in marine sediments by electro thermal atomic absorption spectrometry using palladium–magnesium nitrate as chemical modifier. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 9: 469-475.

Bowen, H.J.M. 1979. Environmental Chemistry of the Element. Academic Press. London. 217 p.

Brayan, G.W., Langston, W.J. 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries, a review. Environmental Pollution. 76: 89-131.

Buchman, M.F. 1999. NOAA screening quick reference tables. NOAA HAZMAT Report 99-1, Seattle, WA, Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 12 p.

Carballeira, A., Carral, E., Puente, X., Villares, R. 2000. Regional scale monitoring of coastal contamination. Nutrients and heavy metals in estuarine sediments and organisms on the coast of Galicia (Northwest Spain). International Journal of Environment and Pollution. 13: 534-572.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Protocol for the derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. CCME EPC-98E.

Clark, R.B. 1992. Marine Pollution. 3rd edition. Oxford University Press. Oxford. 172 p.

Clarke, K.R., Green, R.N. 1988. Statistical design and analysis for a biological effects study. Marine Ecology Progress Series. 46: 213-226.

Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Geoscience. 4: 239-297.

Ghazban, F., Zare Khosh Eghbal, M. 2011. Study of source of heavy metal contamination in sediments from Anzali wetland North of Iran. Journal of Environmental Studies. 57(37): 1-12. (in Persian).

Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., Duke, N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. Global Ecology and Biogeography. 20: 154-159.

Heatherington, C., Bishop, M.J. 2012. Spatial variation in the structure of mangrove forests with respect to seawalls. Marine and Freshwater Research. 63: 926-933.

Hemmati, M., Ryazifar, A. 2011. Introduction Protection Areas Hormozgan. 1st edition. Publication Department of Environmental Protection Hormozgan Province. (in Persian).

Hossein Nia, A., Tavasoli, A., Rezaei, M. 2014. Contamination of heavy metals in the sediments of the Persian Gulf, Case Study: Shahid Rajaee port. 7th National Conference and Exhibition of Environmental Engineering. Tehran. (in Persian).

Hosseini Alhashemi, A., Karbassi, A.R., Hassanzadeh Kiabi, B., Monavari, S.M., Nabavi, S.M.B. 2011. Accumulation and bioaccessibility of trace elements in wetland sediments. African Journal of Biotechnology. 9: 1625-1636.

Jamshidi Zanjani, A., Saeedi, M. 2015. A risk assessment index for bioavailability of metals in sediment: Anzali International Wetland case study. Environment Earth Sciences. 73(5): 2115-2126. (in Persian).

Karbassi, A.R., Nabi-Bidhendi, Gh.R., Bayati, I. 2005. Environmental geochemistry of heavy metals in a sediment core off Bushehr, Pesrian Gulf. Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2(4): 225-260.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]

Kishe, M.A., Machiwa, J.F. 2003. Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of lake Victoria, Tanzania. Environment International. 28: 619-625.

Lemly, A.D., Richardson, C.J. 1997. Guidelines for risk assessment in wetlands. Environmental Monitoring and Assessment. 47: 117-134.

Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management. 19: 81-97.

MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., Berger, T.A. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environment Contamination and Toxicology. 39: 20-31.

Melegy, A., Cveckova, V., Krcmova, K., Rapant, S. 2010. Environmental risk assessment of some potentially toxic elements in EI-Tabbian region (Cairo, Egypt). Environmental Earth Sciences. 61: 429-439.

Moghzi, S., Saeidi, M., Jamshidi, A. 2011. Assessment of heavy metal pollution in river sediments Babolrood using sediment pollution indicators. 6th Congress of Civil Engineering. Semnan University, Semnan. (in Persian).

MOOPAM. 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods. Kuwait, V1: 20.

Morillo, J., Usero, J., Gracia, I. 2004. Heavy metal distribution in marine sediments from the southwest coast of Spain. Chemosphere. 55: 431-442.

Muxika, I., Borja, A., Franco, J. 2003. The Use of Biotic Index (AMBI), to Identify Spatial and Temporal Impact Gradients on Benthic Communities in an Estuarine Area. AZTI Foundation Department of Oceanography and Marine Environment (Spain) ICES CM 2003/Session J-01.

Nguyen, H.L., Leermakers, M., Kurunczi, S., Bozo, L., Baeyens, W. 2005. Mercury distribution and speciation in Lake Balaton, Hungary. Science of the Total Environment. 340: 231-246.

Persaud, D.R., Hayton, A. 1993. Guidelines for the protection and management of aquatic sediments in Ontario.Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy. Toronto, Canada. 48 p.

Puttaiah, E.T., Kiran, B.H. 2008. Heavy metal transport in a sewage fed lake of Karnataka, India. Proceedings of Taal 2007. The 12th Lake Conference. pp. 347-354.

Rabbani, M., Jafarabadi Ashtiani, A., Mehrdad Sharif, A.A. 2008, Measuring pollution of heavy metals, lead and mercury in sediments in the Persian Gulf/Assaluyeh Operational Area. Exploration and Production. 51: 57-53. (in Persian).

Roussiez, V., Ludwig, W., Probst, J.L., Monaco, A. 2005. Background levels of heavy metals in surficial sediments of the Gulf of Lions (NW Mediterranean): An approach based on 133Cs normalization and lead isotope measurements. Environmental Pollution. 138: 167-177.

Saeedi, M., Daneshvar, S., Karbassi, A.R. 2004. Role of riverine sediment and particulate matter on adsorptionof heavy metals. International journal of Environmental Science and Technology. 1(2):135-140.

Saeedi, M., Hosseinzadeh, M. 2012. Sorbed metals fractionation and risk assessment of release in river sediment and particulate matter. Environmental Monitoring and Assessment. 185: 1737-1754.

Saeedi, M., Hosseinzadeh, M., Rajabzadeh, M. 2011. Competitive heavy metals adsorption on natural bedsediments of Jajrood River, Iran. Environmental Earth Sciences. 62: 519-527.

Sharma, V.K., Rhudy, K.B., Koenig, R., Baggett, A.T., Hollyfields, S. 1999. Metals in sediments of Texas estuaries, USA. Journal of Environmental Science and Health. 34: 2061-2073.

Suter, G.W. 2007. Ecological Risk Assessment. 2nd edition. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, Fla. 680 p.

Zheng, L.G., Liu, G.J., Kang, Y., Yang, R.K. 2010. Some potential hazardous trace elements contamination and their ecological risk in sediment of western Chaohu Lake, China. Environmental Monitoring and Assessment. 166: 379-386.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.9.7]