

## بررسی غلظت فلزات سنگین (روی، مس، آهن، کروم و سرب) در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس<sup>۱</sup>

نعمت ا... خراسانی<sup>۲</sup> جلال الدین شایگان<sup>۳</sup> نسیم کریمی شهری<sup>۴</sup>

### چکیده

در این مقاله، به بررسی غلظت عناصر ناشی از فعالیت‌های صنعتی و اقتصادی بر روی محیط زیست دریایی سواحل بندرعباس پرداخته شده است. بدین منظور ۹ مقطع عمود بر خط ساحل در نظر گرفته شده و روی هر مقطع ۳ ایستگاه مشخص شد، ۳ مقطع در شرق شهر بندرعباس و ۶ مقطع در غرب آن (اسکله شهید باهنر تا غرب مجتمع کشتی‌سازی). در هر ایستگاه ۲ بار نمونه‌برداری صورت گرفت و میزان فلزات روی، مس، آهن، کروم و سرب توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. کلیه مراحل نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل براساس روش استاندارد (MOOPAM, ۱۹۸۹) انجام شد. تجزیه و تحلیل رسوبات نشان داد که غلظت مس به‌طور میانگین معادل ۳۳/۲ ppm، کروم ۷۱/۹ ppm، روی ۶۸/۳ ppm، آهن ۳۴/۵ g/kg و سرب ۳/۴ ppm است که به جز کروم بقیه فلزات غلظت کمتری نسبت به استانداردهای جهانی داشتند. فلزات با نمونه‌های شاهد منطقه نیز مقایسه شد، که نشان داد منطقه آلوده به مس، روی و کروم است، از این رو می‌توان گفت که فعالیت‌های صنعتی و تجاری در منطقه موجب آلودگی مس، روی و کروم شده است. ضریب همبستگی بین عناصر نشان می‌دهد که منابع آلاینده مس، روی، کروم و سرب یکسان است، ولی آهن با توجه به پراکندگی آن در منطقه منشا زمینی دارد. محاسبات این تحقیق آماری با استفاده از برنامه SPSS انجام شد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، آلودگی، خلیج فارس، بندرعباس و رسوبات.

۱- تاریخ دریافت: ۸۳/۴/۸ تاریخ پذیرش: ۸۳/۹/۲

۲- استاد محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران (E-mail: khorasan@ut.ac.ir)

۳- دانشیار مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف

۴- دانش‌آموخته محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

## مقدمه

## مواد و روش‌ها

رسوبات طی سالیان سال، در اثر فرایند رسوبگذاری رفته رفته بر روی هم انباشته شده و در نهایت می‌توانند به عنوان ثبات میزان آلودگی‌ها در نظر گرفته شوند. مقدار فلزات سنگین در لایه‌ها و طبقات مختلف رسوبات نمایانگر میزان این فلزات و مقدار آلودگی اکوسیستم در زمان رسوبگذاری آن لایه‌هاست.

آلودگی آب خلیج فارس ناشی از فلزات سنگین بویژه سرب، مس، کبالت و کروم است که اصولاً یا از نفت ناشی می‌شود یا اینکه از کشتی‌های حامل مواد شیمیایی است. فلزات سنگین در بدن موجودات زنده دو نقش اساسی را به عهده دارند که یکی از آنها شرکت در ساختمان مولکول‌های حیاتی مانند شرکت دو فلز آهن و مس در مولکول‌های هموگلوبین و هموسیانین است و دیگری نقش کوآنزیمی است. که با اتصال به آنزیم‌های مختلف به‌عنوان فعال کننده آنزیم در تسریع واکنش‌ها عمل می‌کنند. از این رو وجود فلزات در موجودات زنده به مقدار مشخص و مطلوب ضروری است و در صورت بروز تغییر در میزان آنها، واکنش‌های طبیعی بدن کند یا مختل شده و سبب ایجاد پاسخ‌های نامطلوب از جمله کاهش یا عدم رشد، کاهش تولیدمثل، تضعیف سیستم دفاعی بدن موجود و غیره می‌شود. تغییر در میزان فلزات در اکوسیستم‌های مختلف، تحت تأثیر عوامل متفاوتی قرار می‌گیرد. فلزات سنگین ممکن است در اثر عوامل طبیعی مانند فرسایش خاک، سیلاب، چرخش آب اقیانوس و دریا یا توسط عوامل مصنوعی از جمله ورود فاضلاب‌های صنعتی و انسانی، نفت و گاز وارد سیستم آبی شوند.

استان هرمزگان با دارا بودن بیشترین مرز ساحلی و وجود صنایع مهم و مختلفی نظیر پالایشگاه هشتم نفت بندرعباس، مجتمع آلومینیوم المهدی، فولاد هرمزگان، پالایشگاه گاز سرخون، اسکله‌های شهید رجایی و باهنر و مجتمع کشتی‌سازی خلیج فارس از نظر اقتصادی حائز اهمیت است.

نمونه‌برداری در اواخر مرداد و اوایل شهریور ماه ۱۳۸۲ انجام شد. نمونه‌های رسوبات سطحی توسط نمونه‌گیر سطحی و نمونه‌های آب توسط بطری نانسن جمع‌آوری شد. ۹ مقطع در محدوده شرق بندرعباس تا غرب مجتمع کشتی‌سازی خلیج فارس در نظر گرفته شد. روی هر مقطع ۳ ایستگاه مشخص و از هر ایستگاه دو بار نمونه‌برداری صورت گرفت. جدول (۱) نام و موقعیت ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. وسایل و تجهیزات نمونه‌برداری و آماده‌سازی شامل گراب برای نمونه‌برداری رسوبات، بطری نانسن برای نمونه‌برداری آب، یخدان برای نگهداری نمونه‌ها در قایق، ظروف پلاستیکی برای انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، الک بالش ۶۳ میکرون، ظرف تفلونی<sup>۱</sup>، اسید نیتریک غلیظ، اسید کلریدریک، اسید فلئوئوریدریک و اسید بوریک بود.

روش نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها بر اساس روش موپام<sup>۲</sup> است که از این روش به‌دلیل هضم کامل رسوبات استفاده شد. تجزیه و تحلیل نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی انجام شد. ابتدا، با توجه به محدوده غلظت مورد نیاز و همچنین اطمینان کامل از خطی بودن منحنی کالیبراسیون در محدوده انتخاب‌شده غلظت، محلول‌های استاندارد ساخته شده و با دستگاه اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری جذب محلول‌های استاندارد، منحنی کالیبراسیون رسم شد. پس از رسم منحنی و اطمینان از خطی بودن آن، نمونه‌ها به ترتیب تزریق و میزان جذب اندازه‌گیری شدند و بعد با استفاده از منحنی کالیبراسیون، غلظت نمونه‌ها محاسبه شد، بعد از اندازه‌گیری غلظت نمونه‌ها، برای سنجش میزان حساسیت دستگاه و دقت داده‌ها و کاهش خطا، از نمونه استاندارد IAEA شماره ۳۶۸ استفاده شد. این رسوب استاندارد مطابق نمونه‌ها آماده و غلظت آن توسط دستگاه جذب اتمی مشخص شد. غلظت واقعی و غلظت اندازه‌گیری شده در جدول (۲) آورده شده است. سپس براساس فرمول

<sup>۱</sup> - ظرفی برای نگهداری و آماده‌سازی رسوب در طول آزمایش که در برابر

خورندگی اسید فلئوئوریدریک مقاوم است.

<sup>۲</sup> - MOOPAM، ۱۹۸۹- به منبع ۳۸ مراجعه شود.

شماره ۲ اسکله شهید باهنر و اسکله نفت و در ایستگاه شماره یک مجتمع کشتی‌سازی میزان روی بیشتر از استاندارد جهانی است.

بالا بودن روی در رسوبات مقطع ۳ احتمالاً مربوط به جنس زمین، منبع موضعی یا نزدیکی به ورودی رودخانه شور است.

رسوبات منطقه در مقایسه با نمونه های شاهد، آلوده است و به جز مقطع های شاهد (۱، ۲ و ۹)، در بقیه منطقه، آلودگی روی مشاهده می‌شود. آلودگی روی در اسکله های فولاد، شهیدباهنر و شهید رجایی ناشی از تخلیه و بارگیری مواد معدنی بویژه روی و رنگ آمیزی شناورها و کشتی‌هاست.

آلودگی روی موجود در مجتمع کشتی‌سازی نیز مربوط به رنگ‌آمیزی کشتی‌هاست. روی یکی از عناصری است که در تهیه رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۲- آهن:** آهن در رسوبات هیچ یک از مقطع‌ها آلودگی به حساب نمی‌آید و غلظت آن همواره کمتر از غلظت آهن در رسوبات استاندارد جهانی است. میانگین آهن در منطقه ۳۴/۵g/kg است. در ایستگاه شماره ۲ مقطع‌های ۱، ۲ و ۳ آلودگی آهن مشاهده می‌شود که مربوط به جنس قشر زمین و منشا آن احتمالاً زمینی است.

در مقایسه با مقطع‌های شاهد، آلودگی آهن در ایستگاه شماره ۲ مقطع‌های ۱، ۲ و ۳ و ایستگاه شماره ۳ مقطع‌های ۱، ۲ و ۳ مشاهده می‌شود.

با توجه به پراکندگی آلودگی آهن در منطقه، بخصوص عدم آلودگی مناطق صنعتی و تجاری، منشا آهن در منطقه مورد مطالعه زمینی است.

**۳- مس:** بیشترین آلودگی مس مربوط به مقطع شماره ۳ و بویژه ایستگاه شماره ۲ آن است که غلظت مس در رسوبات آن بیش از دو برابر استاندارد جهانی است. بعد از آن، اسکله فولاد قرار دارد که غلظت مس در رسوبات ایستگاه شماره ۱ آن نزدیک به دو برابر غلظت مس در رسوبات اقیانوس‌های جهان است. مقطع‌های ۲، ۴ و ۸ (شمال غربی جزیره هرمز، اسکله شهید باهنر، مجتمع کشتی‌سازی خلیج فارس) نیز آلوده به مس است.

زیر درصد خطا مشخص و در داده‌های خام اعمال شد تا مقدار واقعی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها معین شود:

$$\text{درصد خطا} = \frac{\text{غلظت اندازه‌گیری شده} - \text{غلظت واقعی}}{\text{غلظت واقعی}} \times 100$$

بعد از مشخص شدن غلظت عناصر، به‌منظور یافتن روابط بین عناصر و ضریب همبستگی بین آنها، از برنامه آماری SPSS استفاده شد.

ضریب همبستگی پیرسون<sup>۱</sup> در برنامه SPSS، ارتباط بین چگونگی توزیع عناصر مختلف را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که اعداد مثبت نشانه ارتباط مستقیم و اعداد منفی نشانه ارتباط معکوس است.

سطح  $\alpha = 0.05$  معنی‌دار فرض شده است. هر گاه سطح معنی‌دار در جدول ضریب همبستگی کمتر یا برابر  $\alpha$  باشد، فرضیه یوچ (فرض متفاوت بودن منبع آلاینده) رد شده و فرض  $H_1$  (یکسان بودن منبع آلاینده) پذیرفته می‌شود.

## نتایج

غلظت فلزات مورد بررسی (مس، روی، آهن، کروم و سرب) در نمونه‌های رسوب و آب ایستگاه‌های مورد مطالعه به ترتیب در جداول (۳ و ۴) آمده است. جدول (۵)، میانگین غلظت عناصر را در هر ترانسکت ارائه می‌دهد. در جدول (۶)، ضریب همبستگی بین عناصر آمده است. میانگین عناصر در رسوبات شاهد منطقه نیز محاسبه شده و در جدول (۷) ارائه شده است تا با مقایسه میانگین غلظت فلزات در کل منطقه با نمونه‌های شاهد تأثیر فعالیت‌های صنعتی و تجاری در منطقه بهتر مشخص شود.

## بحث و نتیجه گیری

**۱- روی:** میزان روی در رسوبات منطقه مورد مطالعه  $68/3 \text{ ppm}$  است. روی فقط در مقطع روبه‌روی محله نخل ناخدا، آلودگی محسوب می‌شود و در سایر نواحی میزان آن کمتر از استاندارد جهانی است. البته در رسوبات ایستگاه

۱. pearson product moment correlation coefficient

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

| شماره | نام مقطع                 | نام ایستگاه | عمق (m) | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی |
|-------|--------------------------|-------------|---------|---------------|---------------|
| ۱     | شمال جزیره هرمز          | ۱           | ۲/۵     | ۲۷° ۰۹' ۰۲"   | ۵۶° ۲۸' ۰۵"   |
|       |                          | ۲           | ۴/۵     | ۲۷° ۰۷' ۰۷"   | ۵۶° ۲۸' ۲۶"   |
|       |                          | ۳           | ۷       | ۲۷° ۰۶' ۱۲"   | ۵۶° ۲۸' ۵۳/۴" |
| ۲     | شمال غربی جزیره هرمز     | ۱           | ۳       | ۲۷° ۰۹' ۱۱/۹" | ۵۶° ۲۵' ۱۹/۱" |
|       |                          | ۲           | ۶/۵     | ۲۷° ۰۷' ۵۳/۴" | ۵۶° ۲۵' ۱۱/۸" |
|       |                          | ۳           | ۴/۵     | ۲۷° ۰۵' ۳۳/۶" | ۵۶° ۲۵' ۰۸"   |
| ۳     | روبروی محله نخل ناخدا    | ۱           | ۲/۵     | ۲۷° ۱۰' ۰۰"   | ۵۶° ۲۲' ۱۰"   |
|       |                          | ۲           | ۹       | ۲۷° ۰۷' ۱۰"   | ۵۶° ۲۲' ۲۳"   |
|       |                          | ۳           | ۱۰      | ۲۷° ۰۴' ۰۰"   | ۵۶° ۲۲' ۱۴"   |
| ۴     | اسکله شهید باهنر         | ۱           | ۴/۵     | ۲۷° ۰۸' ۱۷/۸" | ۵۶° ۱۲' ۱۲"   |
|       |                          | ۲           | ۱۴      | ۲۷° ۰۵' ۵۵/۴" | ۵۶° ۱۲' ۴۴/۳" |
|       |                          | ۳           | ۱۰      | ۲۷° ۰۲' ۳۳/۵" | ۵۶° ۱۲' ۵۶/۳" |
| ۵     | اسکله فولاد              | ۱           | ۴       | ۲۷° ۰۷' ۱۱/۲" | ۵۶° ۰۷' ۱۰/۷" |
|       |                          | ۲           | ۸       | ۲۷° ۰۴' ۱۱/۶" | ۵۶° ۰۷' ۰/۶"  |
|       |                          | ۳           | ۱۴      | ۲۷° ۰۱' ۵۰/۶" | ۵۶° ۰۷' ۲۹/۴" |
| ۶     | اسکله نفت                | ۱           | ۳       | ۲۷° ۰۷' ۱۰"   | ۵۶° ۰۶' ۱۳"   |
|       |                          | ۲           | ۸/۵     | ۲۷° ۰۴' ۲۴"   | ۵۶° ۰۶' ۴۰"   |
|       |                          | ۳           | ۱۳      | ۲۷° ۰۱' ۱۳"   | ۵۶° ۰۶' ۳۴"   |
| ۷     | اسکله شهید رجایی         | ۱           | ۵/۵     | ۲۷° ۰۵' ۵۵"   | ۵۶° ۰۴' ۳۶"   |
|       |                          | ۲           | ۱۰/۵    | ۲۷° ۰۳' ۱۰"   | ۵۶° ۰۴' ۲۱"   |
|       |                          | ۳           | ۱۲      | ۲۷° ۰۰'       | ۵۶° ۰۴' ۲۸"   |
| ۸     | مجمع کشتی سازی خلیج فارس | ۱           | ۶       | ۲۷° ۰۲' ۱۲"   | ۵۵° ۵۹' ۰۴"   |
|       |                          | ۲           | ۸       | ۲۷° ۰۰'       | ۵۵° ۵۹' ۱۰"   |
|       |                          | ۳           | ۱۴      | ۲۶° ۵۸' ۳۴"   | ۵۵° ۵۹' ۲۶"   |
| ۹     | غرب مجمع کشتی سازی       | ۱           | ۵       | ۲۷° ۰۰'       | ۵۵° ۵۵' ۱۰"   |
|       |                          | ۲           | ۱۷      | ۲۶° ۵۸' ۱۱/۲" | ۵۵° ۵۵' ۲۸"   |
|       |                          | ۳           | ۷       | ۲۶° ۵۵' ۲۱"   | ۵۵° ۵۵' ۱۴"   |

جدول ۲ - غلظت عناصر در رسوب استاندارد

| عنصر | غلظت واقعی | غلظت اندازه گیری شده | درصد خطا |
|------|------------|----------------------|----------|
| روی  | ۹۷۷ppm     | ۹۲۶/۵ ppm            | + ۵/۱۷   |
| آهن  | ۲۴/۱ g/kg  | ۲۳/۸۲۸ g/kg          | + ۱/۱۳   |
| مس   | ۳۶۵ ppm    | ۳۹۰/۵ ppm            | - ۶/۹۹   |
| کروم | ۶۹/۸ppm    | ۶۱/۳۵ ppm            | + ۱۲/۱۱  |
| سرب  | ۳۴۷ ppm    | ۲۸۲/۰۵ppm            | + ۱۸/۷۲  |

جدول ۳ - غلظت فلزات سنگین در رسوبات منطقه

| شماره | نام مقطع              |  |  | Zn(ppm) |       |      | Fe(g/kg) |      |      | Cu(ppm) |      |      | Cr(ppm) |       |      | Pb(ppm) |      |       |
|-------|-----------------------|--|--|---------|-------|------|----------|------|------|---------|------|------|---------|-------|------|---------|------|-------|
|       | ایستگاه               |  |  | ۳       | ۲     | ۱    | ۳        | ۲    | ۱    | ۳       | ۲    | ۱    | ۳       | ۲     | ۱    | ۳       | ۲    | ۱     |
| ۱     | شمال جزیره هرمز       |  |  | ۲۹/۸    | ۳۶/۳  | ۵۰/۴ | ۱۷/۶     | ۷۰   | ۴۳   | ۱۸/۸    | ۲۳/۷ | ۴۵/۹ | ۵۶/۸    | ۵۶/۴  | ۷۵/۳ | n.d     | ۵    | ۱۷/۷  |
| ۲     | شمال غربی جزیره هرمز  |  |  | ۳۳/۷    | ۴۱/۳  | ۵۰/۴ | ۲۰/۵     | ۷۳/۸ | ۴۶/۲ | ۲۲/۳    | ۴۱/۶ | ۴۴/۶ | ۶۱/۶    | ۶۱/۳  | ۷۳/۷ | n.d     | ۹    | n.d   |
| ۳     | روبروی محله نخل ناخدا |  |  | ۱۶۱/۶   | ۹۱/۸  | ۸۳   | ۳۳       | ۵۱/۶ | ۴۳/۵ | ۲۶/۴    | ۸۴   | ۳۳/۸ | ۱۰۶/۴   | ۱۰۸/۲ | ۳۷/۶ | n.d     | ۹/۶  | ۱۸/۹  |
| ۴     | اسکله شهید باهنر      |  |  | ۷۲      | ۱۱۱   | ۷۰/۹ | ۳۲/۲     | ۳۰/۵ | ۳۰/۶ | ۳۹/۷    | ۳۹/۱ | ۲۳/۱ | ۷۶/۳    | ۱۰۸/۸ | ۴۵/۱ | n.d     | n.d  | ۵۷۰/۲ |
| ۵     | اسکله فولاد           |  |  | ۸۰/۸    | ۵۶/۸  | ۲۹/۳ | ۱۶/۸     | ۳۰/۲ | ۱۸   | ۶۹/۶    | ۲۴/۳ | ۱۹/۱ | ۷۹/۳    | ۶۶/۷  | ۴۶/۶ | n.d     | ۱۳/۸ | ۱۷/۹  |
| ۶     | اسکله نفت             |  |  | ۳۶/۵    | ۱۰۱/۱ | ۵۱/۸ | ۲۱/۹     | ۲۱/۲ | ۳۵/۶ | ۱۷/۵    | ۱۷/۱ | ۲۱/۹ | ۶۹/۲    | ۶۶/۴  | ۶۴/۷ | n.d     | n.d  | n.d   |
| ۷     | اسکله شهید رجائی      |  |  | ۸۷/۲    | ۷۵/۱  | ۴۱/۹ | ۲۲/۸     | ۲۸   | ۲۸/۱ | ۴۶/۴    | ۲۷   | ۲۰   | ۸۳/۷    | ۸۱/۱  | ۷۰/۳ | n.d     | n.d  | ۱۷۹/۹ |
| ۸     | مجتمع کشتی سازی       |  |  | ۱۰۰/۱   | ۹۱/۴  | ۵۶/۵ | ۴۱/۵     | ۳۶/۳ | ۳۲/۸ | ۴۶/۷    | ۳۰/۹ | ۳۰/۳ | ۱۰۲/۱   | ۸۴/۲  | ۵۹/۷ | n.d     | n.d  | n.d   |
| ۹     | غربی مجتمع کشتی سازی  |  |  | ۶۰/۴    | ۵۵/۳  | ۸۸/۲ | ۳۶/۵     | ۳۱   | ۳۸/۲ | ۲۸/۹    | ۲۷/۱ | ۲۷/۶ | ۸۲/۲    | ۷۵    | ۳۳/۱ | n.d     | n.d  | n.d   |

n.d=not detectable

جدول ۴ - غلظت فلزات سنگین در نمونه آب منطقه (ایستگاه دوم) بر حسب ppm

| نام مقطع             | Zn   | Fe   | Cu   | Cr   | Pb  |
|----------------------|------|------|------|------|-----|
| شمال غربی جزیره هرمز | ۰/۱۵ | ۱/۲  | ۰/۰۸ | ۰/۶۴ | n.d |
| اسکله شهید باهنر     | ۱/۰۲ | ۱/۰۴ | ۰/۱۱ | ۰/۹۸ | n.d |
| اسکله فولاد          | ۰/۴  | ۱/۰۱ | ۰/۱۵ | ۰/۷۵ | n.d |
| اسکله شهید رجایی     | ۰/۹۱ | ۰/۹۴ | ۰/۱۲ | ۰/۷۸ | n.d |
| مجتمع کشتی سازی      | ۰/۳۴ | ۱/۰۹ | ۰/۰۹ | ۰/۸  | n.d |

جدول ۵ - میانگین غلظت فلزات سنگین در هر مقطع

| شماره | نام مقطع              | Zn(ppm) | Fe(g/kg) | Cu(ppm) | Cr(ppm) | Pb(ppm) |
|-------|-----------------------|---------|----------|---------|---------|---------|
| ۱     | شمال جزیره هرمز       | ۳۸/۸    | ۴۳/۵     | ۲۹/۴    | ۶۲/۸    | ۷/۵     |
| ۲     | شمال غربی جزیره هرمز  | ۴۱/۸    | ۴۶/۸     | ۶۳/۳    | ۶۵/۵    | ۳       |
| ۳     | روبروی محله نخل ناخدا | ۱۱۲/۱   | ۴۲/۷     | ۴۸      | ۸۴      | ۹/۵     |
| ۴     | اسکله شهید باهنر      | ۸۴/۶    | ۳۱       | ۳۴      | ۷۶/۷    | ۰       |
| ۵     | اسکله فولاد           | ۵۵/۶    | ۲۱/۶     | ۳۷/۷    | ۶۴/۲    | ۱۰/۵    |
| ۶     | اسکله نفت             | ۶۳/۱    | ۲۶/۲     | ۱۸/۸    | ۶۶/۸    | ۰       |
| ۷     | اسکله شهید رجایی      | ۶۸      | ۲۶/۳     | ۳۱/۱    | ۷۸/۴    | ۰       |
| ۸     | مجتمع کشتی سازی       | ۸۲/۶    | ۳۶/۸     | ۳۶      | ۸۲      | ۰       |
| ۹     | غرب مجتمع کشتی سازی   | ۶۷/۹    | ۳۵/۲     | ۲۷/۸    | ۶۳/۴    | ۰       |

جدول ۶ - ضریب همبستگی بین عناصر

|    |     | Cu | Zn    | Fe     | Cr    | pb     |
|----|-----|----|-------|--------|-------|--------|
| Cu | C   | ۱  | ۰/۲۹۰ | ۰/۲۷۱  | ۰/۴۸۱ | ۰/۳۷۴  |
|    | Sig | ۰  | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۲۴  | ۰     | ۰/۰۰۳  |
|    | N   | ۵۴ | ۵۴    | ۵۴     | ۵۴    | ۵۴     |
| Zn | C   |    | ۱     | -۰/۰۴۳ | ۰/۵۱۹ | -۰/۱۴۵ |
|    | Sig |    | ۰     | ۰/۳۷۸  | ۰     | ۰/۱۴۷  |
|    | N   |    | ۵۴    | ۵۴     | ۵۴    | ۵۴     |
| Fe | C   |    |       | ۱      | ۰/۰۵۲ | ۰/۱۹۳  |
|    | Sig |    |       | ۰      | ۰/۳۵۶ | ۰/۰۸۲  |
|    | N   |    |       | ۵۴     | ۵۴    | ۵۴     |
| Cr | C   |    |       |        | ۱     | -۰/۲۰۸ |
|    | Sig |    |       |        | ۰     | ۰/۰۶۶  |
|    | N   |    |       |        | ۵۴    | ۵۴     |
| pb | C   |    |       |        |       | ۱      |
|    | Sig |    |       |        |       | ۰      |
|    | N   |    |       |        |       | ۵۴     |

C = pearson correlation

Sig = signification

N = number

جدول ۷ - میانگین غلظت عناصر در رسوبات نمونه‌های شاهد

| نام مقطع             | Cu(ppm) | Zn(ppm) | Fe(g/kg) | Cr(ppm) | Pb(ppm) |
|----------------------|---------|---------|----------|---------|---------|
| شمال جزیره هرمز      | ۳۱/۲    | ۴۹/۵    | ۴۱/۹     | ۶۳/۹    | ۳/۵     |
| شمال غربی جزیره هرمز |         |         |          |         |         |
| غرب مجتمع کشتی سازی  |         |         |          |         |         |

و عملیات رنگ‌آمیزی آنها نیز منجر به آلودگی منطقه شده است. در ضمن، در نفت خام نیز عنصر کروم وجود دارد. مقطع ۳ احتمالاً به دلیل نزدیکی به مناطق مسکونی و ورودی رودخانه شور و تردد قایق‌ها و شناورها در این منطقه و ورود پساب‌های کشاورزی به آن، آلوده شده است. در اسکله‌های شهید باهنر، اسکله فولاد و شهید رجایی، تخلیه و بارگیری کرومیت انجام می‌شود، علاوه بر این، در اسکله شهید باهنر، شهید رجایی و مجتمع کشتی‌سازی، رنگ‌آمیزی قایق‌ها و کشتی‌ها صورت می‌گیرد که مقادیر زیادی کروم توسط رنگ وارد محیط می‌شود. در نفت خام نیز عنصر کروم یافت می‌شود که خود سبب ایجاد مقداری آلودگی از طریق ورود مواد نفتی، روغن‌های مستعمل و روغن سوخته می‌شود.

**۵- سرب:** غلظت سرب در مقایسه با استانداردهای جهانی کم است و در هیچ یک از ترانسکت‌های مورد مطالعه، آلودگی محسوب نمی‌شود. اگرچه در ایستگاه شماره ۳، اسکله‌های شهید باهنر و شهید رجایی با میزان زیادی سرب در رسوبات روبه‌رو شدیم، ولی این میزان قابل تعمیم به کل مقطع یا ناحیه مورد مطالعه نیست. سرب در ترکیبات نفتی یافت می‌شود و فاضلاب‌های شهری و کشاورزی نیز یکی دیگر از عوامل آلاینده‌اند. به‌طور کلی منطقه مورد مطالعه فاقد آلودگی سرب است و در بیشتر ایستگاه‌ها مقدار غلظت سرب کمتر از ppm است. در مقایسه با مقطع‌های شاهد، اسکله فولاد آلوده به سرب است که از دلایل آن می‌توان حمل و نقل مواد معدنی (سرب و روی) را نام برد. میانگین عناصر روی، مس و کروم از طرف ساحل به طرف دریا کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده وابستگی این عناصر به منابع آلاینده در ساحل و تردد زیاد

در مقایسه با مقطع‌های شاهد، آلودگی مس در ترانسکت ۳، ۴، ۵ و ۸ مشاهده می‌شود. عنصر مس در ترکیبات رنگ‌های مورد استفاده برای کشتی‌ها و شناورها وجود دارد که این رنگ‌ها، تمامی مس خود را به دریا می‌کنند. رنگ‌آمیزی کشتی‌ها و شناورها در مجتمع کشتی‌سازی خلیج فارس، اسکله باهنر و تردد قایق‌ها و شناورها در کل منطقه موجب آلودگی مس شده است. عنصر مس در پساب‌های شهری و کشاورزی نیز وجود دارد و آلودگی مقطع ۳ احتمالاً به دلیل نزدیکی این منطقه به مناطق مسکونی و ورود پساب‌های شهری به این ناحیه و نزدیکی به ورودی رودخانه شور است.

**۴- کروم:** کروم، با میانگین غلظت ۷۱/۹ppm در کل منطقه مورد مطالعه آلودگی محسوب می‌شود. غلظت آن بیش از حد استاندارد جهانی است. به جز اسکله نفت، مقطع دیگری را نمی‌توان یافت که حداقل دارای یک ایستگاه با رسوبات آلوده به کروم نباشد. مقطع‌های اسکله شهید باهنر، روبه‌روی محله نخل ناخدا، اسکله شهید رجایی و مجتمع کشتی‌سازی آلوده به عنصر کروم است. علاوه بر آن، ایستگاه‌های شماره ۳ مقطع شمال جزیره هرمز و شمال غربی جزیره هرمز، ایستگاه شماره ۱ اسکله فولاد و ایستگاه‌های ۱ و ۲ غرب مجتمع کشتی‌سازی دارای رسوبات آلوده به کروم‌اند. در مقایسه با مقطع‌های شاهد، کروم در تمامی مقطع‌های (به جز مقطع‌های شاهد) آلودگی محسوب می‌شود. عنصر کروم در ترکیب رنگ‌ها کاربرد دارد، علاوه بر این، مواد معدنی بویژه کرومیت از اسکله‌ها صادر شده در ضمن تخلیه و بارگیری منجر به آلودگی محیط می‌شود. تردد قایق‌ها و کشتی‌ها و نفتکش‌ها

رنگ آمیزی موجود در اسکله‌ها و مجتمع کشتی‌سازی و همچنین رهاسازی عناصر، از رنگ بدنه کشتی‌ها و شناورها باشد.

ضریب همبستگی آهن با روی و کروم معنی‌دار نبوده و با مس و سرب نیز ضریب همبستگی پایینی دارد که نشان‌دهنده عدم یکسان بودن منبع آلاینده آهن با دیگر عناصر است.

دو عنصر روی و سرب به دلیل معنی‌دار نبودن ضریب همبستگی از لحاظ منبع انتشار آلودگی متفاوت‌اند. مس و سرب ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار، ولی با مقدار پایین‌تر با هم دارند که می‌توان گفت منبع آلاینده این دو یکسان است.

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که آهن از لحاظ ایجاد منبع آلودگی با عناصر دیگر فرق دارد و منشأ آن در منطقه مورد مطالعه زمینی است و چهار عنصر دیگر ناشی از منابع آلوده‌کننده مستقر در ساحل و تردد کشتی‌ها و نفتکش‌ها در منطقه‌اند.

شناورها و تخلیه آب توازن کشتی‌ها در نزدیک ساحل است. البته ایستگاه‌های اول و دوم از لحاظ آلودگی تقریباً مشابه‌اند. یکی از دلایل آن شدت جریان و تلاطم آب و در نتیجه فرصت رسوبگذاری کمتر است. در صورتی که در نواحی دورتر به علت شدت جریان و تلاطم کمتر فرصت رسوبگذاری بیشتر می‌شود، در ضمن، رسوبات دانه‌ریزترند و به علت افزایش سطح نسبت به حجم، قدرت جذب سطحی افزایش پیدا می‌کند. بنابراین امکان حذف آلاینده‌ها بیشتر می‌شود.

با توجه به جدول (۶)، دو عنصر کروم و روی با ضریب همبستگی ۰/۵۲، بیشترین همبستگی را دارند و بعد از آن به ترتیب عناصر کروم و مس با ضریب ۰/۴۸، سرب و مس با ضریب ۰/۳۷، روی و مس با ضریب ۰/۲۹، مس و آهن با ضریب ۰/۲۷ و آهن و سرب با ضریب ۰/۱۹ قرار دارند.

با توجه به ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین سه عنصر کروم، مس و روی، مشخص می‌شود که منشأ ایجاد آلودگی این سه عنصر در رسوبات یکسان است. با توجه به اینکه این سه عنصر در ترکیب رنگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است آلودگی ایجادشده ناشی از عملیات

## منابع

- ۱- اسماعیل ساری، عباس و همکاران، اسفند ۱۳۷۵. گزارش اندازه‌گیری عناصر سنگین و هیدروکربورهای نفتی در آب و رسوبات بنادر شمال و جنوب کشور ناشی از حمل و نقل دریایی، سازمان بنادر و کشتیرانی.
- ۲- پوی، ه س و همکاران، ۱۳۷۶. مهندسی محیط زیست (جلد اول)، ترجمه دکتر محمد علی کی نژاد و مهندس سیروس ابراهیمی، دانشگاه صنعتی سهند.
- ۳- دهقانی قناتغستانی، محسن، ۱۳۷۲. پراکنش عناصر سنگین و تعیین شاخص‌های ژئوشیمیایی و رسوبات سواحل بندرعباس و جزایر قشم و هرمز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران.
- ۴- عباسی، فرشاد، شهریور ۱۳۷۵. بررسی ژئوشیمیایی و تعیین میزان و پراکنش فلزات سنگین و سمی در رسوبات سطحی اطراف جزایر قشم، هرمز، لارک و هنگام، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران.
- ۵- ماشینیچیان مرادی، علی، بهمن ۱۳۷۲. اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در رسوبات تنگه هرمز و تعیین منشأ آنها به روش آنالیز خوشه‌ای، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران.

6-Ropme, 1991. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods (Moopam), Kuwait.

7-Ropme, 1999. Regional Report of the State of the Marine Environment, Kuwait.



## A Survey of Heavy Metal Concentration in the Upper Sediment Layers of Bandar Abbas Coasts

N. Khorasani<sup>1</sup>

J. Shaygan<sup>2</sup>

N. Karimi Shahri<sup>3</sup>

### Abstract

The effects resulting from commercial and economical activities on bio – marine environment of Bandar Abbas coasts were studied. Nine transects were considered vertical to coast line while 13 stations determined in each transect. Three transects were to the east of Bandar Abbas and 6 in west of Shahid Bahonar Platform to west of Shipping Complex.

Samples were taken twice in each station and then the rates of zinc, copper, iron, chromium, and lead measured by atomic absorption application. Sampling and analyses were performed according to the standard method MOOPAM, 1989. Results indicate the concentration of copper as equal to 33.2ppm, chromium 68.3 ppm, iron 34.5 g/kg and lead as 3.4 ppm. The concentration of metals (assessed according to Sediments International Standards) indicate all metals except chromium to be lower in to amount as compared to international standards. This concentration as compared to regional control samples show the region is contaminated with copper, zinc and chromium. Therefore it was concluded that commercial and industrial activities in the region give rise to contamination (copper , zinc and chromium), even though such a contamination (excepting chromium) is less than that in international standards. The relation coefficients among elements indicate that the sources of contamination of zinc, copper, chromium, and lead are similar, whereas iron, because of its diffusion, has earthen (terrestrial) origin. SPSS program was needed to be employed for statistical calculations.

**Keywords:** Heavy metal, Transect, Atomic absorption.

<sup>1</sup> -Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran (E-mail: Khorasan@ut.ac.ir)

<sup>2</sup> -Associate Professor, Department of Chemistry Sharif Industrial University

<sup>3</sup> -Former Graduate Student in Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran