

## تعیین میزان فلزات سنگین (Ni, Zn, Cu, Pb, Co, Cd) آب، رسوبات و آبریزان رودخانه کارون (۷۲-۷۳)

علیرضاریاحی<sup>(۱)</sup> عباس اسماعیلی<sup>(۲)</sup> احمد سواری<sup>(۳)</sup>

### چکیده

در این تحقیق ابتدا با شناسایی رودخانه و تعیین محل ایستگاه‌ها، نمونه‌هایی از آب، رسوبات و آبریزان جمع آوری و سپس میانگین غلظت کادمیوم، کبالت، سرب، مس، روی و نیکل در آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت متوسط سالانه کادمیوم در نمونه های آب معادل ۰/۰۲۸ و در نمونه های رسوب معادل ۱/۶۹ (ppm)، کبالت در نمونه های آب معادل ۰/۰۵۲ و در نمونه های رسوب معادل ۲/۱۹ (ppm)، سرب در نمونه های آب معادل ۰/۶۰۵ و در نمونه های رسوب معادل ۱۴/۸ (ppm)، مس در نمونه های آب معادل ۰/۰۳۵ و در نمونه های رسوب معادل ۸/۵ (ppm)، روی در نمونه های آب معادل ۰/۰۸۵ و در نمونه های رسوب معادل ۱۷/۱۳ (ppm) تعیین گردید. همچنین غلظت فلزات مذکور در غضله ماهیان (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) رودخانه کارون به مراتب بالاتر از خط پایه برایان ۱۹۷۶ می باشد. با توجه به مقایسه های انجام شده، غلظت فلزات در رودخانه کارون نسبت به استانداردهای موجود در حد بالاتری بوده و این مهم آلودگی آبهای زیرزمینی و محصولات کشاورزی و حیات وحش را نیز سبب گردیده است که در نهایت بهداشت انسان را نیز در معرض مخاطره جدی قرار خواهد داد. لذا امید است این گونه تحقیقات بتواند نظر مسئولین محترم را به مسائل آلودگی محیط زیست از طریق دفع نادرست و غیر بهداشتی فاضلاب شهری و پساب صنعتی و کشاورزی جلب نماید و همانطور که در قانون اساسی پیش بینی شده است مبارزه با آلودگی محیط زیست جنبه فعال و جدی به خود بگیرد.

واژه های کلیدی: گراب، بطری نانسن، فلات قاره، عناصر سنگین، پساب، فاضلاب

- ۱- مربی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
- ۳- استادیار گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم دریایی دانشگاه شهید چمران

## مقدمه

ماهی به عنوان رژیم اصلی غذای مردم این نواحی محسوب می‌گردد و از آب رودخانه به عنوان آب شرب نیز استفاده می‌شود. همچنین متأسفانه اغلب روش‌های مدرن تصفیه آب قادر به حذف کامل این آلودگی‌ها نیستند یا حذف کامل آنها از آب هزینه‌های زیادی را در بر دارد که دور از مسایل اقتصادی می‌باشد. از این‌رو مصرف کننده آب در تماس دائمی با این آلوده‌کننده‌های فلزی قرار خواهد گرفت.

همچنین با توجه به اینکه آب رودخانه کارون جهت آبیاری محصولات کشاورزی نیز استفاده می‌شود لذا فلزات سنگین به وسیله ریشه گیاهان جذب و با انتقال به برگ و میوه آنها به علت مصرف محصولات کشاورزی توسط انسان وارد بدن شده و آثار سویی از خود به جای می‌گذارد. متأسفانه آبیاری علفزارهایی که به عنوان محل چرای حیوانات به کار می‌روند با فاضلاب یا پساب و یا به کار بردن لجن تصفیه فاضلاب برای این علفزارها باعث ورود فلزات سنگین به بدن حیوانات شده و مآلاً از طریق مصرف گوشت و شیر آنها، فلزات سنگین به بدن انسان راه خواهند یافت، که با توجه به تحقیقات انجام شده آثار ناگوار و غیر قابل جبرانی را در انسان بر جای خواهند گذاشت. جملگی پژوهشگران برآنند که آثار سرب در عقب افتادگی و جلوگیری از رشد فکری کودکان از هر عارضه دیگری مهم‌تر است (۸). عده ای آثار خاص آن را در اختلال اعمال لازم برای تولید خون و در سیستم اعصاب می‌دانند (۸). طبق گزارش‌های موجود، مصرف مواد گیاهی که با سموم کادمیوم دار سمپاشی شده باشند موجب بروز سنگ کلیه می‌گردد (۶). در حیوانات نیز وجود کادمیوم در کلیه‌ها گزارش شده است (۸). همچنین بروز اختلالات عصبی و عوارض دیگری نظیر سرطان پروستات در انسان را در رابطه با ازدیاد غلظت کادمیوم در بدن گزارش نموده‌اند (۶).

افزایش جذب مس توسط سبزیجات که خصوصاً به صورت خام مصرف می‌شوند، موجب بروز مسمومیت در انسان می‌شود (۳). در مورد مواد غذایی، وجود بیش از ۶۰ میلی گرم در لیتر مس موجب بروز حالت تهوع، ورم معده و روده در انسان می‌گردد (۳) و (۷).

سرب جذب شده به وسیله خون در ماهیچه‌ها و استخوان

افزایش جمعیت، شهرنشینی و پیشرفت‌های صنعتی و تکنولوژی نه تنها باعث افزایش میزان مصرف آب شهری گردیده بلکه میزان آلودگی محیط زیست را نیز افزایش داده است. به خصوص با گذشت زمان و افزایش کاربرد مواد شیمیایی مختلف از قبیل پاک‌کننده‌ها، حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، کودهای مختلف شیمیایی و غیره و نیز تخلیه فاضلاب کارخانه‌ها و اختلاط آن با آب آبیاری مسئله آلودگی آب پیچیده‌تر شده است. رودخانه کارون یکی از بزرگترین رودخانه‌های ایران می‌باشد که در کناره‌های خود اراضی مزروعی و شهرهای بزرگ و صنایع متعددی را جای داده است. از آب این رودخانه جهت آبیاری سطوح زیر کشت، فضای سبز شهری و نیز تکثیر و پرورش آبزیان استفاده می‌شود. همچنین مردم چندین شهر بزرگ و کوچک از آبزیان موجود در این رودخانه تغذیه نموده و از آب آن برای نوشیدن استفاده می‌کنند.

متأسفانه بر اثر توسعه شدید شهرنشینی، صنایع و تکنولوژی و افزایش سطوح زیر کشت، سالانه آلاینده‌های مختلفی از نظر فیزیکی، شیمیایی و زیستی وارد این رودخانه می‌گردد. عبور رودخانه کارون از داخل شهر اهواز و تأمین آب مصرفی شهر از این منبع، ارتباط سطح آب کارون در فصول مختلف با آبهای زیرزمینی در منطقه، برگشت فاضلاب‌های شهری به داخل کارون، پوسیدگی سیستم انتقال آب شهری و عدم برخورداری شهر از یک سیستم فاضلاب مناسب، نوسانات شدید سطح آب و مقدار دبی رودخانه در فصول مختلف سال، همه و همه عواملی هستند که این رودخانه را تقریباً بصورت یک عامل آلوده کننده شهر در آورده‌اند. مهمترین عوامل آلوده کننده رودخانه کارون عبارتند از (۳):

الف) پساب‌های صنعتی، کشاورزی و روستایی وارده به رودخانه کارون.

ب) فاضلاب‌های شهری به طور اخص، اعم از خانگی، صنعتی، بیمارستانی و غیره.

ج) سموم و باقیمانده کودهای حیوانی و شیمیایی.

د) شیرابه زباله‌ها و پس مانده‌های مواد مصرفی فصلی.

آماده سازی و توسط دستگاه جذب اتمی مدل Unicam 919 غلظت شش فلز مورد نظر (کادمیوم، کبالت، سرب، مس، روی و نیکل) در آنها تعیین گردید. نمونه‌های رسوب و ماهی پس از جمع آوری و انتقال به آزمایشگاه و نگهداری در فریزر به حالت اولیه برگردانده شده و مقداری از هر نمونه توسط کروزه در کوره با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت نمونه‌های خشک شده را در هاون سنگی کوبیده و مقدار ۱ گرم از هر نمونه با ۱۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ مخلوط گردید. پس از گذشت مدتی نمونه‌ها را روی صفحه داغ حرارت داده تا به حجم مطلوب برسند. بعد نمونه‌ها را فیلتر کرده و با مقداری اسید نیتریک ۴٪ ظروف را شستشو داده طوری که حجم نهایی محلول در تمامی موارد کمتر از ۱۵ میلی لیتر باشد. نمونه‌های آب به طور مستقیم از طریق حرارت دادن و تغلیظ شدن برای اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی آماده‌سازی شدند.

### نتایج

غلظت متوسط سالانه شش فلز مورد بررسی در نمونه‌های آب از ایستگاه‌های مذکور در رودخانه کارون (بر حسب میلی گرم در لیتر) در جدول ۱ ذکر شده است. همچنین میانگین غلظت سالانه شش فلز مورد نظر در رسوبات رودخانه کارون (بر حسب میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) در جدول ۲ ذکر شده است. جداول ۳ و ۴ مقایسه بین میانگین غلظت فلزات در رودخانه کارون با غلظت همین فلزات در آبهای شیرین و آبهای اقیانوسها (منارد، ۱۹۷۷) به صورت متوسط سالانه (بر حسب میلی‌گرم در لیتر) را نشان می‌دهند.

مقایسه بین میانگین غلظت فلزات در رسوبات (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) رودخانه کارون با رودخانه اروند و خلیج فارس (خور الزبیر) که توسط آبائچی و السعد (۱۹۸۶) ارائه شده است در جدول شماره ۵ درج گردیده است (۴). جدول شماره ۶ مقایسه غلظت فلزات را در گونه‌های مورد بررسی از رودخانه کارون با غلظت متوسط سالانه فلزات در دو ایستگاه شوشتر و خرمشهر و همچنین خط پایه برآیند ۱۹۷۶ (بر حسب میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) را نشان می‌دهد (۵).

توزیع می‌گردد. همیشه مقدار قابل توجهی سرب در استخوان‌ها ذخیره می‌شود که می‌تواند با کلسیم استخوان جابجا گردد و ناراحتی‌های استخوانی به وجود آورد. در مواقع بروز تب، سرب موجود در استخوان به سایر اعضای راه یافته و مسمومیت‌های سربی را باعث خواهد شد (۸).

بعضی ترکیبات نیکل سرطان زا هستند. بیماری‌هایی در مردان به علت تجمع نیکل در ماهیچه‌ها گزارش گردیده است. نیکل از طریق مدفوع، ادرار و عرق دفع می‌گردد (۲).

با توجه به مطالب ذکر شده در رابطه با اهمیت حیاتی رودخانه کارون و عوامل آلوده کننده آن و آثار سوء فلزات سنگین، خود را ملزم دانسته تا به انجام تحقیقاتی در زمینه تعیین مقادیر و نحوه تغییرات آلودگی‌های زیست محیطی به ویژه فلزات سنگین در زمان و مکان در نمونه‌های آب، رسوب و آبزیان، اطلاعاتی در اختیار عموم قرار داده تا کمک‌های شایانی در رفع بسیاری از مسمومیت‌ها در انسان، حیوانات و گیاهان و همچنین تغییرات زیستی و بوم شناسی این رودخانه انجام شده باشد.

### مواد و روشها

جهت تحقق اهداف یاد شده و بررسی میزان و نحوه تغییرات آلاینده‌ها، پس از بازدید و شناسایی منطقه در طول مسیر رودخانه کارون از شمال به جنوب نه ایستگاه به ترتیب زیر انتخاب گردید:

- |                |                 |              |
|----------------|-----------------|--------------|
| ۱- شوشتر       | ۲- ویس          | ۳- سید خلف   |
| ۴- پل چهارم    | ۵- کشتارگاه     | ۶- بیمارستان |
| ۷- نورد و لوله | ۸- روستای جنینه | ۹- خرمشهر    |

در هر ایستگاه از سه ناحیه (کنار راست - وسط - کنار چپ) به طور مجزا نمونه برداری صورت گرفت. نمونه های آب توسط بطری نانس از سطح و عمق، جمعاً به تعداد شش نمونه در هر ایستگاه، نمونه‌های رسوب توسط گراب و جمعاً به تعداد سه نمونه در هر ایستگاه و نمونه‌های ماهی در طول مسیر رودخانه توسط تور پره صید و در یونولیت های محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نمونه برداری به طور فصلی و در سه فصل زمستان ۷۲، بهار ۷۳ و تابستان ۷۳ صورت پذیرفت. نمونه‌های جمع آوری شده طبق روش‌های استاندارد متد

جدول ۱- غلظت متوسط سالانه فلزات در نمونه های آب (میلی گرم در لیتر) رودخانه کارون (مقادیر  $\pm$  انحراف از معیار هستند)

ردیف	میانگین غلظت فلزات (میلی گرم در لیتر) نام ایستگاهها	کادمیوم	کبالت	سرب	مس	روی	نیکل
۱	شوشتر	۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰۱۶	۰/۰۲۲ $\pm$ ۰/۰۰۴۵	۰/۴۵۱ $\pm$ ۰/۰۴۲	۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰۴۹	۰/۰۷۲ $\pm$ ۰/۰۱۵	۰/۰۶۴ $\pm$ ۰/۰۰۴۳
۲	ویس	۰/۰۳۳ $\pm$ ۰/۰۰۳	۰/۰۲۷ $\pm$ ۰/۰۰۲۸	۰/۵ $\pm$ ۰/۰۳۸۷	۰/۰۲۵۲ $\pm$ ۰/۰۰۷۹	۰/۰۸۱ $\pm$ ۰/۰۱۳	۰/۲۷۵ $\pm$ ۰/۰۰۵
۳	سید خلف	۰/۰۳۵ $\pm$ ۰/۰۰۲۶	۰/۰۴۲ $\pm$ ۰/۰۰۱۸	۰/۶۶۵ $\pm$ ۰/۰۲۸	۰/۰۴۹۴ $\pm$ ۰/۰۱۱	۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۲۹	۰/۱۱۱ $\pm$ ۰/۰۴۳۲
۴	پل چهارم	۰/۰۷۱ $\pm$ ۰/۰۰۵	۰/۰۵۳ $\pm$ ۰/۰۰۲۶	۰/۶۷۶ $\pm$ ۰/۰۱۲	۰/۰۲۴ $\pm$ ۰/۰۰۱۳	۰/۱۶۳ $\pm$ ۰/۰۲۱	۰/۱۳۶ $\pm$ ۰/۰۱۳
۵	کشتارگاه	۰/۰۲۴۸ $\pm$ ۰/۰۰۲	۰/۰۶۶ $\pm$ ۰/۰۰۵	۰/۶۳۱ $\pm$ ۰/۰۲۱	۰/۰۲۷۷ $\pm$ ۰/۰۰۷	۰/۰۷۵۶ $\pm$ ۰/۰۰۸	۰/۱۰۹۵ $\pm$ ۰/۰۳۹
۶	بیمارستان	۰/۰۱۵ $\pm$ ۰/۰۰۰۶	۰/۰۶۰۱ $\pm$ ۰/۰۰۲	۰/۶۶۹ $\pm$ ۰/۰۴۳	۰/۱۲۲ $\pm$ ۰/۰۰۶	۰/۰۶۲۵ $\pm$ ۰/۰۰۶۲	۰/۰۹۸۲ $\pm$ ۰/۰۲۷۵
۷	نورد و لوله سازی	۰/۰۱۲۳ $\pm$ ۰/۰۰۲۵	۰/۰۶۸۹ $\pm$ ۰/۰۰۹	۰/۶۰۹ $\pm$ ۰/۰۴۳	۰/۱۲۲ $\pm$ ۰/۰۰۶	۰/۰۶۲۵ $\pm$ ۰/۰۰۶۲	۰/۰۹۸۲ $\pm$ ۰/۰۲۷۵
۸	روستای جنینه	۰/۲۴۸ $\pm$ ۰/۰۰۱	۰/۰۷۲ $\pm$ ۰/۰۱۴	۰/۶۰۵ $\pm$ ۰/۰۲۴۸	۰/۰۴۳۵ $\pm$ ۰/۰۱۴۵	۰/۰۷۸ $\pm$ ۰/۰۱	۰/۱۹۲ $\pm$ ۰/۰۲۵۲
۹	خرمشهر	۰/۰۲۷۶ $\pm$ ۰/۰۰۱	۰/۳۱۷ $\pm$ ۰/۰۰۶	۰/۶۴۲ $\pm$ ۰/۰۴۲	۰/۰۶۴۶ $\pm$ ۰/۰۱۱۸	۰/۳۶ $\pm$ ۰/۰۱۶	۰/۱۳۱۳ $\pm$ ۰/۰۱۰۱
	میانگین کل	۰/۰۲۸۳	۰/۵۲	۰/۶۰۵	۰/۰۳۵	۰/۰۸۵۴	۰/۱۲۹

جدول ۲- غلظت متوسط سالانه فلزات برحسب میکروگرم در گرم وزن خشک در رسوبات رودخانه کارون (مقادیر  $\pm$  انحراف از معیار هستند)

نیکل	روی	مس	سرب	کبالت	کادمیوم	غلظت متوسط سالانه فلزات نام ایستگاهها	زدیف
۱/۳۶۹ $\pm 1/007$	۲/۶۴۶ $\pm 0/825$	۲/۲۹۴ $\pm 0/549$	۳/۸۸۴ $\pm 1/356$	۰/۶۹۴ $\pm 0/136$	۰/۲۰۲ $\pm 0/0706$	شوشتر	۱
۲/۶۱۲ $\pm 0/770$	۳/۹۸۵ $\pm 0/303$	۳/۴۵۶ $\pm 0/786$	۵/۲۶۰ $\pm 2/09$	۰/۸۴۶ $\pm 0/212$	۰/۳۴۹ $\pm 0/109$	ویس	۲
۱۰/۸۶۳ $\pm 2/862$	۱۲/۸۵۲ $\pm 1/538$	۱۲/۲۱۲ $\pm 1/963$	۱۵/۰۴۶ $\pm 1/584$	۱/۸۷۹ $\pm 0/242$	۱/۴۵۳ $\pm 0/166$	سید خلف	۳
۱۲/۷۷۳ $\pm 1/702$	۲۰/۰۹۶ $\pm 0/419$	۱۰/۷۸۹ $\pm 1/818$	۱۵/۵۸۶ $\pm 1/547$	۲/۴۴۳ $\pm 0/206$	۱/۸۷۹ $\pm 0/303$	بل چهارم	۴
۶/۶۶۷ $\pm 2/019$	۱۴/۰۷۹ $\pm 0/512$	۱۱/۵۹۲ $\pm 1/543$	۲۲/۳۶۷ $\pm 3/313$	۲/۸۱۹ $\pm 0/228$	۲/۲۹۵ $\pm 0/337$	کشنگاه	۵
۱۰/۲۸۳ $\pm 2/116$	۲۲/۰۷۳ $\pm 2/566$	۹/۸۹۲ $\pm 3/317$	۱۶/۵۱۴ $\pm 2/294$	۲/۶۷۰ $\pm 0/258$	۲/۲۶۹ $\pm 0/235$	بیمارستان	۶
۶/۴۵۵ $\pm 2/332$	۲۱/۳۶۰ $\pm 1/525$	۵/۴۶۸ $\pm 1/561$	۱۸/۵۰۴ $\pm 3/104$	۲/۴۶۱ $\pm 0/473$	۲/۰۷۸ $\pm 0/181$	نورد و لوله سازی	۷
۵/۲۳۶ $\pm 0/964$	۲۳/۴۵۲ $\pm 1/836$	۷/۵۰۱ $\pm 1/104$	۱۹/۹۷۸ $\pm 1/706$	۲/۸۵۲ $\pm 0/171$	۲/۴۱۵ $\pm 0/356$	روستای جینه	۸
۱۵/۱۱۰ $\pm 2/144$	۳۳/۴۱۷ $\pm 0/879$	۱۳/۷۴۰ $\pm 3/026$	۱۶/۰۷۱ $\pm 1/422$	۳/۰۰۹ $\pm 0/259$	۲/۲۹۳۶ $\pm 0/224$	خرمشهر	۹
۷/۹۳	۱۷/۱۳	۸/۵	۱۴/۸	۲/۱۹	۱/۶۹	میانگین کل	

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت فلزات در رودخانه کارون با آبهای اقیانوس‌ها منارد (۱۹۷۷) به صورت متوسط سالانه بر حسب میلی گرم در لیتر

فلزات	اقیانوس‌ها	رودخانه کارون
کادمیوم	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۸
کبالت	۰/۰۰۰۵	۰/۰۵۲
مس	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۵
سرب	۰/۰۰۰۰۵	۰/۶۰۵
نیکل	۰/۰۰۰۸	۰/۱۲۹
روی	۰/۰۱	۰/۸۵۴

فاضلاب‌های شهری عمدتاً حاوی هیدروکربن‌ها، مواد سفیده‌ای، چربی‌ها، نمک، پاک‌کننده‌ها، صابون‌ها، مواد قلیایی و مواد آلی فراوان بوده، همچنین مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین را نیز در بر دارند(۱).

صنایعی که عمدتاً در این محدوده فعالیت دارند، در زمره صنایع غذایی، صنایع شیمیایی، صنایع فلزکاری، ذوب آهن و صنایع فولاد می‌باشند. پساب صنایع غذایی عمدتاً حاوی مواد سفیده‌ای، چربی‌ها و هیدروکربن‌ها (لبنیات سازی) و گوشت، خون، محتویات معده، پوست، چربی (کشتارگاه‌ها) می‌باشند (۱) که در نهایت منجر به بالا بردن میزان BOD و کاهش مقدار DO در آب می‌گردند. پساب صنایع فلزکاری، به خصوص آبکاری و گالوانیزه که پساب آنها حاوی فلزات سنگین (Pb, Fe, Ni, Zn, Cu, Cr)، سیانیدها و سولفات‌ها می‌باشد(۱).

پساب صنایع شیمیایی که در میان آنها می‌توان به صنعت رنگ سازی و باتری سازی اشاره نمود، حاوی مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین مثل سرب و کروم می‌باشد(۲). صنایع فولاد و ذوب آهن نیز با وارد نمودن مواد قلیایی، سولفیدها و فلزات سنگین به رودخانه کارون موجبات آلودگی را فراهم می‌آورند(۱).

با توجه به تعدد و تنوع و وسعت صنایع در حواشی رودخانه و ورود پساب این صنایع به همراه فاضلاب شهری چنین استنباط می‌شود که محدوده شهر از غلظت بالایی نسبت به فلزات برخوردار بوده که البته نتایج حاصل از این تحقیق این مهم را بخوبی تأیید می‌کنند(جدول ۱ و ۲).

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت‌های فلزات در رودخانه کارون با غلظت‌های بحرانی این فلزات در آبهای شیرین به صورت متوسط سالانه بر حسب میلی گرم در لیتر

فلزات	آبهای شیرین	رودخانه کارون
کادمیوم	۰/۰۰۲	۰/۰۲۸
مس	۰/۰۱	۰/۰۳۵
سرب	۰/۰۲	۰/۶۰۵
نیکل	۰/۰۳	۰/۱۲۹
روی	۰/۰۲	۰/۸۵۴

## بحث و نتیجه گیری

با بررسی رودخانه کارون در سه مقطع، به خوبی می‌توان نتایج حاصل از این تحقیق را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. مقطع اول قسمت بالا دست رودخانه می‌باشد (از شوشتر تا مدخل ورودی شهر اهواز) که سطوح زیر کشت بیشتر در این نواحی متمرکزند و پس از استفاده از آب رودخانه جهت آبیاری با وارد نمودن کودهای حیوانی و شیمیایی (کودهای فسفات)، حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، سموم دفع آفات، مواد مغذی آلی و معدنی منجر به آلودگی می‌شوند. همچنین در این نواحی، صنایع متعددی از قبیل صنایع چوب، سلولز و کاغذ و صنعت قند و شکر وجود دارند که با وارد نمودن سولفیدها، چسب‌ها، ترکیبات آلی (لیگنین و صمغ) نمک‌های ازت و اسیدهای آلی (اسید استیک، مالیک و بوتیریک) موجبات آلودگی رودخانه را فراهم می‌آورند (۱). پساب صنایع مذکور به دلیل دارا بودن مواد آلی فراوان میزان BOD را بالا برده و رنگ آب را به صورت قهوه‌ای نمایان می‌سازد. با توجه به این که در ساخت کودهای شیمیایی فسفات، حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها و برخی سموم، فلزاتی از قبیل کادمیوم به کار می‌رود، لذا همواره از طریق پساب‌های کشاورزی مقادیری از این فلزات وارد رودخانه می‌شود. مقطع دوم (مدخل شهر اهواز تا انتهای محدوده شهر) می‌باشد که در این محدوده عمدتاً فاضلاب‌های شهری و صنعتی به رودخانه کارون منتهی می‌شوند. فاضلاب‌های شهری مستقیماً و بدون انجام تصفیه و فاضلاب‌های صنعتی نیز برخی کاملاً تصفیه نشده و برخی تا حدودی تصفیه شده وارد رودخانه می‌گردند.

جدول ۵- مقایسه میانگین غلظت فلزات در رسوبات (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) رودخانه کارون در زمستان (۷۲) با میانگین غلظت فلزات در رسوبات (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) رودخانه اروند و خلیج فارس (خورالزبیر) که توسط آب‌انجی و السعد در سال ۱۹۸۶ ارائه شده است.

نیکل	روی	مس	سرب	کبالت	کادمیوم	
۵۷/۲	۲۵/۸	۳۹/۶	۱۹	۱۷/۴	۰/۰۳	رودخانه اروند
۳۹/۸	۲۵/۲	۲۴/۲	۶/۶	۱۸/۶	۰/۰۳	خلیج فارس (خورالزبیر)
۷/۲۴۷	۱۶/۵۱۷	۶/۹۳۰	۱۳/۰۳۶	۱/۶۲۳	۱/۵۰۲	رودخانه کارون

جدول ۶- مقایسه غلظت فلزات در گونه های ماهیان مورد بررسی از رودخانه کارون با غلظت متوسط سالانه فلزات در دو ایستگاه شوشتر و خرمشهر و همچنین خط پایه برایان ۱۹۷۶ بر حسب میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک (مقادیر  $\pm$  انحراف از معیار هستند)

نام گونه ماهی	کادمیوم	کبالت	سرب	مس	روی	نیکل
<i>Tenulosa ilisha</i>	۰/۱۷۳ $\pm ۰/۰۲۷$	۰/۵۹۲ $\pm ۰/۱۴۳$	۵/۰۲۴ $\pm ۰/۵۶۲$	۲/۸۷۱ $\pm ۰/۷۱۵$	۱۲/۶۴۹ $\pm ۰/۴۰۸$	۱/۵۸۹ $\pm ۰/۲۷۹$
<i>Capoeta troutta</i>	۰/۴۰۳ $\pm ۰/۰۹۴$	۰/۵۸۵ $\pm ۰/۱۰۸$	۴/۵۲۸ $\pm ۰/۱۱۰$	۱/۸۹۴ $\pm ۰/۷۳۹$	۳۱/۸۳۲ $\pm ۱۰/۸۷۲$	۲/۵۰۷ $\pm ۰/۴۰۶$
<i>Barbus sharpeyi</i>	۰/۷۱۵ $\pm ۰/۱۷۲$	۰/۶۹۸ $\pm ۰/۱۵۷$	۵/۳۸۶ $\pm ۰/۱۹۱$	۳/۲۶۳ $\pm ۱/۱۱۴$	۱۵/۴۴۰ $\pm ۳/۶۶۹$	۲/۲۲۲ $\pm ۰/۶۷۸$
<i>Cyprinus carpio</i>	۰/۸۰۴ $\pm ۰/۱۲۶$	۰/۴۹۷ $\pm ۰/۱۲۰$	۶/۶۷۸ $\pm ۰/۱۳۵$	۴/۶۳۸ $\pm ۲/۱۴۶$	۳۲/۱۱۲ $\pm ۵/۵۴۰$	۴/۹۲۶ $\pm ۱/۵۴۲$
<i>Barbus grypus</i>	۰/۷۰۹ $\pm ۰/۱۴۸$	۰/۶۱۲ $\pm ۰/۰۳$	۴/۷۴۱ $\pm ۰/۰۵$	۵/۷۹۱ $\pm ۳/۲۲۶$	۲۵/۶۳۰ $\pm ۸/۸۲۱$	۱/۵۵۹ $\pm ۰/۱۷۷$
غلظت متوسط سالانه در آلوده ترین ایستگاه خرمشهر	۲/۲۹۳ $\pm ۰/۲۲۴$	۳/۰۰۹ $\pm ۰/۲۵۹$	۱۶/۰۷۱ $\pm ۱/۴۲۲$	۱۳/۷۴۰ $\pm ۳/۰۲۶$	۳۸/۷۱۴ $\pm ۰/۸۷۹$	۱۵/۱۱۰ $\pm ۲/۱۴۴$
غلظت متوسط سالانه در ایستگاه شاهد شوشتر	۰/۲۰۲ $\pm ۰/۰۷۰۶$	۰/۶۹۴ $\pm ۰/۱۳۶$	۳/۸۸۴ $\pm ۱/۳۵۶$	۲/۲۹۴ $\pm ۰/۵۴۹$	۲/۶۴۶ $\pm ۰/۸۲۵$	۱/۳۶۹ $\pm ۱/۰۰۷$
غلظت متوسط در عضله ماهی برایان (۱۹۷۶)	۰/۱	۰/۲	۳	۳	۵	۱

اقیانوس‌ها و آب‌های شیرین (به عنوان حدود استاندارد) چنین استنباط می‌شود که میانگین غلظت سالانه سرب (میلی گرم در

با توجه به مقایسه انجام شده بین میانگین غلظت سالانه فلزات (میلی گرم در نیتر) در آب رودخانه کارون و آب

میانگین غلظت کبالت، مس، روی و نیکل در نمونه‌های رسوب (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) از رودخانه اروند و خلیج فارس (خورالزبیر) به مراتب بالاتر از غلظت همین فلزات در رودخانه کارون می‌باشد.

میانگین غلظت سرب در نمونه‌های رسوب (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) رودخانه کارون بالاتر از غلظت آن در خلیج فارس (خورالزبیر) و پائین‌تر از غلظت آن در رودخانه اروند می‌باشد.

میانگین غلظت کادمیوم در رسوبات (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) رودخانه کارون به مراتب بالاتر از غلظت آن در رسوبات رودخانه اروند و خلیج فارس (خورالزبیر) می‌باشد.

با توجه به غلظت متوسط فلزات در عضله ماهیان (میکروگرم به ازاء وزن خشک) که توسط برایان ۱۹۷۶ ارائه گردیده است (۵) و از مقایسه آن با میانگین غلظت فلزات در عضله ماهیان رودخانه کارون چنین استنباط می‌شود که به استثناء مس، غلظت کادمیوم، کبالت، سرب، روی و نیکل در عضله ماهیان رودخانه کارون در حد بالاتری نسبت به خط پایه برایان ۱۹۷۶ می‌باشد (جدول ۶).

همچنین در تحقیق انجام شده مشخص گردید که میانگین غلظت فلزات (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) در امحاء و احشاء به مراتب بالاتر از میزان آنها در آبشش و عضلات سینه و شکم و ساقه باله دمی می‌باشد. البته تحقیقات انجام شده نیز نشان می‌دهند که جگر عضوی است که بیش از سایر اعضا، فلزاتی از قبیل کادمیوم را در خود ذخیره می‌نماید (۹).

میانگین غلظت فلزات در گونه‌های ماهی (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) در تمام موارد بررسی شده، نسبت به میانگین غلظت سالانه فلزات در آلوده‌ترین مکان (خرمشهر) از کمیت پائین‌تر و نسبت به ایستگاه شاهد از کمیت بالاتری برخوردار می‌باشد (جدول ۶).

به طور کلی میانگین غلظت فلزات (ppm) در نمونه‌های رسوب بالاتر از نمونه‌های ماهی و در آنها نیز بالاتر از نمونه‌های آب می‌باشد. (جدول ۱، ۲ و ۶).

در آب رودخانه کارون نسبت به حدود استاندارد آن در آب اقیانوس‌ها و آب‌های شیرین از رقم بسیار بالاتری برخوردار می‌باشد. همچنین این رقم از ارقام مربوط به مقایسه سایر فلزات با حدود استاندارد خود در آب‌های اقیانوس‌ها و آب‌های شیرین به مراتب بالاتر می‌باشد (جدول ۳ و ۴).

همچنین از مقایسه‌ای که بین ایستگاه‌های مختلف انجام گرفت مشخص شد که میانگین غلظت سالانه سرب در رسوبات (میکروگرم به ازاء یک گرم وزن خشک) از ایستگاه کشتارگاه نسبت به سایر ایستگاه‌ها به مراتب بالاتر می‌باشد که علت این امر احتمالاً تخلیه فاضلاب صنایع فولاد و ذوب آهن، صنایع رنگ سازی و باطری سازی، صنایع آبکاری فلزی، سوخت بنزین و وسایل نقلیه موتوری، لوله‌های سربی، حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها و برخی سموم، مکانیسم هوازدگی پوسته زمین و بالاخره تخلیه فاضلاب شهری به رودخانه می‌باشد (جدول ۲). در مقطع سوم یعنی پائین دست رودخانه (مدخل خروجی شهر اهواز تا ابتداء خرمشهر) ترکیبی از پساب‌های شهری و صنعتی و کشاورزی به چشم می‌خورد. از نتایج به دست آمده چنین استنتاج می‌شود که نواحی پایین دست رودخانه از بار آلودگی بالاتری نسبت به سایر نواحی برخوردار می‌باشد. همانطور که اشاره شد، پساب‌های کشاورزی به همراه فاضلاب‌های شهری و صنعتی توأم در بالا دست رودخانه و محدوده شهر به این ناحیه سرازیر می‌شوند و منجر به آلودگی فراوان این ناحیه می‌گردند.

با توجه به بالا بودن درجه حرارت، بارندگی بسیار کم و تبخیر فراوان در خلال فصول کم آب (بهار - تابستان) ارتفاع آب رودخانه و در نهایت حجم آب رودخانه به طور چشمگیری تقلیل یافته و از طرفی حجم سرانه مصرف آب در این فصول به مراتب بالاتر از فصول پر آب بوده که در نهایت منجر به تولید حجم بالایی از فاضلاب می‌گردد. لذا غلظت فلزات سنگین در فصول کم آب (بهار - تابستان) به مراتب بیشتر از فصول پر آب (پائیز و زمستان) می‌باشد. از مقایسه رودخانه کارون با رودخانه اروند و خلیج فارس نتایج ارزنده‌ای به دست آمده که در جدول ۵ آورده شده‌اند.



## منابع

- ۱- حسینیان، مرتضی، ۱۳۶۰. روش عملی تصفیه فاضلاب، ۲۳۷ صفحه.
- ۲- حسینیان، مرتضی، ۱۳۷۰. فلزات سنگین و آلودگی محیط زیست، مجله آب، شماره ۱۰، ۱۰۳-۱۰۸.
- ۳- دفتر تحقیقات زیست محیطی، ۱۳۶۲. منابع آلوده کننده آب و آثار زیانبار مواد آلوده کننده محیط زیست، شماره نهم.
- 4- Abaychi, J. & H. Alsaad, 1986. Trace elements in fish from the Persian Gulf and the Arvand River, IRAN,,: 226 - 232.
- 5- Brayon, GW., 1976. Heavy metal contamination in the sea, In: Johnston R.,(ed) Marine Pollution, Academic press, London, 729 pp.
- 6- Hafen, B.Q., 1972. Man health and Environment, Buryess publishing Co., USA, 269 pp.
- 7- Tiller, K.G., & R. H. Merry, 1981. Copper pollution of Agricultural soils pp. 119-140. In: Copper in soils and plants,(eds.) Loneragan, J.F., A.D. Robson, and R.D. Graham, Academic press, Australia 380pp.
- 8- Underwood, E.J., 1972. Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Academic press, New York, London. 543 pp.
- 9- Uysal H. Tuncers 1982. Levels of Heavy Metals in some Commercial Food Species in the Bay of Izmir, Vics Journees Etud pollutions, cannes, C.I.E.S.M.: 323-327.

## Determination of Heavy Metals (Cd, Co, Pb, Ni, Zn & Cu) in Water, Sediments and Fish from the Karun River

by

A. Ryahi<sup>(1)</sup>

A. Esmaeeli<sup>(2)</sup>

A. Savari<sup>(3)</sup>

### Abstract

In this study, stations were selected along the Karun River and samples of water, sediments and biota were collected.

Mean concentration of Ca, Co, Pb, Cu, Zn, and Ni in samples were determined; Mean annual concentration of Cd in water was 0.028 and in sediments about 1.69 ppm. The values for other heavy metals were; Co=0.052 and 2.19 ; Pb=0.605 and 14.8; Cu=0.035 and 8.5; Zn=0.085 and 17.13 and Ni=0.129 and 7.93. Concentration of all metals in the muscles of all fish ( $\mu\text{g g}^{-1}$  drywt) were greater than those of Brayon (1976) base-line. These values are much more than those of reported standards, and have caused pollution of underground waters, agricultural products and the wild environment, which would ultimately endanger human health. It is hoped that the discharge of water and agricultural runoffs and industrial polluted waters be managed according to the procedures of the environmental protection agency.

**Key words:** Grab, Nansen water sampler, Continental shelf, Heavy metals, Effluent, Sewage

---

1- Instructor, Department of Environment, Natural Resources Faculty of Tarbiat-e-modarres University

2- Assistant professor, Department of Environment, Natural Resources Faculty of Tarbiat-e-modarres University

3- Assistant professor, Faculty of Marine Biology, Shahid Chamran University