



ارزیابی ریسک آلودگی هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای رسوبات در بازه‌ی شهرستان دزفول تا خلیج فارس (استان خوزستان، ایران)

هوشنگ جادری^۱، داود جهانی^{۲*}، حمیدرضا پیروان^۳، نادر کهنسال قدیم وند^۴

۱- دانشجوی دکتری رسوب شناسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ایران

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ایران

۳- دانشیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران ایران

۴- استادیار گروه زمین شناسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ایران

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

مقدمه: هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای توسط فعالیت‌های انسانی به محیط زیست وارد شده و در بستر آب رسوب می‌کنند. این ترکیبات از جمله آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌روند و به شدت برای سلامتی انسان و سایر جانداران حتی در مقادیر بسیار کم مضر هستند. به همین دلیل، تعیین غلظت این آلاینده‌ها برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها بسیار اهمیت دارد. از حدود صد ترکیب PAHs که توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا شناسایی شده است، ۱۶ ترکیب بیشترین تخریب و بیماری‌زایی را دارند و به همین دلیل به عنوان آلاینده‌های پیشگام معرفی شده‌اند. در پژوهش حاضر به تعیین غلظت این آلاینده‌ها در رودخانه کارون پرداخته شد.

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸

کلمات کلیدی:

ارزیابی خطر

کیفیت رسوب

منشاء یابی آلودگی

رودخانه کارون

PAHs

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، تعداد ۲۹ نمونه رسوب در محدوده‌ی چم گلک در شمال خوزستان تا چوئیده در جنوب خوزستان در سال ۱۴۰۱ برداشت شد. نمونه‌های برداشت شده بلافاصله در ظروف شیشه‌ای و در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. تا زمان استخراج، نمونه‌ها در دستگاه خشکاننده‌ی انجمادی خشک شده سپس در فریزر با دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پیش از انجام عملیات استخراج، کلیه نمونه‌ها به وسیله‌ی کوبیدن در هاون چینی، پودر شده و از الک کوچکتر از ۰/۶۳ میکرون عبور داده شدند. پس از تعیین مقادیر هر کدام از هیدروکربن‌های مورد نظر توسط دستگاه دینکس ۳۵۰، منشاء ترکیبات از نظر سوختی یا نفتی بودن تعیین گردید. در نهایت غلظت ترکیبات به دست آمده با استاندارد کیفیت رسوب آمریکا مقایسه شدند. در این استاندارد، دو دسته خطر ERL و ERM برای آلودگی رسوبات در نظر گرفته شده است.

نتایج: براساس میانگین غلظت هیدروکربن‌های مورد مطالعه، فلورانتن بنزو b و فنانتین بیشترین آلودگی را به نسبت غلظت در بین کلیه هیدروکربن‌های مورد مطالعه داشتند. غلظت فلورانتن بنزو k، فلورن، پابرن و پابرن ایندن (1,2,3,c,d) نیز بیشتر از یک میکروگرم بر کیلوگرم رسوب بود که نسبت به میانگین غلظت سایر هیدروکربن‌ها بالا بود. سایر هیدروکربن‌ها میانگین غلظت کمتر از ۰/۸۰ میکروگرم بر کیلوگرم داشتند. حداقل غلظت کل هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای بین ۰/۰۱-۲/۱۵ میکروگرم بر کیلوگرم و حداکثر غلظت آن‌ها بین ۰/۰۵-۸/۹۷ میکروگرم بر کیلوگرم رسوب متغیر بود. نتایج چولگی

($0.75 < SKW < 3.0$) نشان داد که تغییرات مکانی زیادی برای همه‌ی آلاینده‌ها وجود داشت لیکن آنتراسن با چولگی ۳/۰ دارای بیشترین تغییرات مکانی، با بیشترین غلظت در جنوب رودخانه کارون و فلورانتن بنزو b نیز دارای چولگی ۰/۷۵- و بیشترین غلظت آلاینده در شمال رودخانه کارون بود. به جز چهار هیدروکربن فلورانتن بنزو b و k، پیرن ایندن (1,2,3,c,d) و پرلن بنزو (g,h,i)، غلظت اکثر آلاینده‌ها در رودخانه کارون کمتر از حد استاندارد کیفیت رسوب آمریکا (>ERM و >ERL) بود.

بحث: بررسی منشاء آلاینده‌ها نشان داد که در شمال رودخانه کارون آلودگی بیشتر منشاء سوختی داشت ولی در مرکز و جنوب این رودخانه هر دو منشاء سوختی و نفتی مشاهده شد. این نتایج نشان داد که آلودگی‌های هوایی اثر بیشتری بر افزایش غلظت هیدروکربن‌ها در رسوبات این رودخانه داشته است. همچنین سوخت قایق‌های موتوری و شناورهای موجود در بازه‌ی اهواز تا آبادان نیز می‌تواند عامل مهمی در افزایش آلودگی هیدروکربنی با منشاء سوختی باشد. بنابراین گرچه آلودگی هیدروکربنی در این رودخانه مشاهده شد، ولی از نظر غلظت در حد بحرانی نبود.

مقدمه

از حدود صد ترکیب PAHs که توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا شناسایی شده است، ۱۶ ترکیب بیشترین تخریب و بیماری‌زایی را دارند و به همین دلیل به عنوان آلاینده‌های پیشگام معرفی شده‌اند (Tolosa et al., 2005; Bateni et al., 2019). با توجه به این‌که ضریب پراکندگی نسبت‌های برخی از ترکیبات PAHs در محیط‌های مختلف ثابت است، بنابراین نسبت آن‌ها در انتقال بین محیط‌های مختلف ثابت می‌ماند (Brewster et al., 2018). از این رو نسبت برخی از ترکیبات PAHs به برخی دیگر به عنوان شاخص مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عنوان نسبت‌های مولکولی PAHs شناخته می‌شوند (Tobiszewski & Namiesnik, 2012). چنانچه نسبت فنانترن به آنتراسن بزرگتر از ۱۰ باشد، نشان دهنده‌ی پتروژنیک (نفتی) بودن منشأ PAHs در محیط زیست است و اگر این نسبت کوچکتر از ۱۰ باشد، نشان دهنده‌ی پیرولیتیک (سوختی) بودن منشأ ورودی است (Baumard et al., 1998). هیدروکربن‌های با منشأ سوختی از احتراق ناقص مواد آلی مانند سوخت‌های فسیلی، وسایل نقلیه و ذغال سنگ و نوع نفتی از نفت خام نسوخته و مشتقات آن مانند بنزین، سوخت دیزل و روغن ناشی می‌شود (Lang et al., 2012). اگر نسبت فلورانتن به پیرن بزرگتر از یک باشد، منبع سوختی و اگر کوچکتر از یک باشد منشأ نفتی است. در حالت کلی اگر نسبت PAHs با وزن مولکولی پایین به PAHs با وزن مولکولی بالا کوچکتر از یک باشد، منشأ آلودگی سوختی و در غیر این صورت نفتی است (Tam et al., 2001).

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) گروهی از ترکیبات هیدروکربن متشکل شده از حلقه‌های آروماتیکی چند هسته‌ای آن‌ها و پلی‌آن‌ها هستند (Ouyang et al., 2018; Bateni et al., 2019). این هیدروکربن‌های بنزن مانند، که دو یا چندین حلقه شش عضوی دارند، به وسیله اشتراک یک جفت اتم کربن مجاور بین حلقه‌های جوش خورده به یکدیگر متصل می‌باشند. این مواد توسط فعالیت‌های انسانی به محیط زیست وارد می‌شوند. ترکیبات PAHs در آب حل نمی‌شوند و در بستر آب رسوب کرده و دارای پایداری زیاد هستند (Liu et al., 2009; Ouyang et al., 2018). هیدروکربن‌های آروماتیک از جمله آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌روند و به شدت برای سلامتی انسان و سایر جانداران حتی در مقادیر بسیار کم مضر هستند (Wang et al., 2007; Winiarczyk et al., 2007). فعالیت‌هایی مانند استخراج نفت، صنایع وابسته به نفت و پتروشیمی، مواد خروجی از وسایل نقلیه و تأسیسات و برخی فعالیت‌های عمرانی مانند آسفالت جاده‌ها از جمله عمده‌ترین منشا این مواد در محیط زیست به شمار می‌روند (Simoneit et al., 2002; Tobiszewski & Namiesnik, 2012; Khan et al., 2015; Ouyang et al., 2018). گرچه این مواد به صورت مستقیم توسط انسان مصرف نمی‌شوند، لیکن اثرات غیرمستقیم آن‌ها بر بروز بیماری‌هایی مانند سرطان و ایجاد جهش ژنتیکی در آبزیان مصرف شده توسط انسان اثبات شده است (Mirza et al., 2011; Kamal et al., 2014).

پرداختند و نشان دادند که غلظت این ترکیبات در محدوده‌ی ۶/۵ تا ۳۵/۵ نانوگرم بر گرم وزن خشک بود. رودخانه کارون، با طول حدود هزار کیلومتر و دبی ۲۳۰ مترمکعب در ساعت، طویل‌ترین و مهم‌ترین رودخانه ایران به شمار می‌رود و منبع آب شرب بسیاری از شهرهای استان خوزستان، صنایع اطراف آن و زمین‌های کشاورزی وسیعی در اطراف خود است. از طرف دیگر، فعالیت‌های وابسته به صنعت نفت در اطراف این رودخانه بسیار شدید است و به نظر می‌رسد این رودخانه از نظر آلودگی به هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای مصون نمانده باشد. مرور منابع نشان داده است که تاکنون تحقیق جامعی برای شناسایی میزان آلودگی این رودخانه به هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای انجام نشده است. پژوهش Keshavarzi و همکاران (۲۰۱۵) نیز با تمرکز بیشتر بر سرشاخه‌های و انتهای رودخانه کارون در فصل پاییز بوده است. بنابراین هدف تحقیق حاضر ارزیابی کیفیت رسوبات رودخانه کارون از بازه‌ی دزفول تا خلیج فارس در فصل بهار از نظر میزان غلظت ترکیبات PAHs در بازه‌ی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی در رسوبات رودخانه‌ی کارون در بهار سال ۱۴۰۱ و در محدوده‌ی چم گلک در شمال خوزستان تا چوئبیده در جنوب خوزستان انجام شد. بدین منظور رسوب سطحی از ۲۹ ایستگاه در طول رودخانه کارون (از هر ایستگاه سه نمونه به صورت تلفیقی از فروردین تا خرداد) با استفاده از دستگاه گرب ون وین با سطح مقطع ۰/۱ متر مربع به کمک ابزار وینچ از عمق ۱۰ تا ۱۴ سانتی‌متر برداشت شد. در جدول ۱ مشخصات نقاط نمونه‌برداری و در شکل ۱ محدوده‌ی نمونه‌گیری رسوبات نشان داده شده است.

گرچه بهره‌برداری و استفاده از مواد حاوی PAHs در شرایط فعلی برای بشر غیرقابل اجتناب است، ولی لازم است تمهیداتی برای جلوگیری از آلودگی و ورود آن‌ها به منابع آب، خاک و هوا جلوگیری کرد. نخستین گام برای دستیابی به این هدف، شناخت دقیق میزان آلودگی محل مورد نظر است تا بتوان به صورت دقیق برای بهبود سلامت آن اقدام کرد. این مشکلات در مناطق نفت‌خیز مانند استان خوزستان و سواحل خلیج فارس به دلیل فعالیت‌های شرکت‌های نفتی و وجود صنایع آلاینده توسط محققان مختلف گزارش شده است. به عنوان مثال، Keshavarzi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که مقدار PAHs در رودخانه کارون دامنه بسیار متغیری بین ۱۱/۵ تا ۱۱۷۷۳۰ میکروگرم بر کیلوگرم داشتند. متوسط غلظت PAHs در این رودخانه ۷۰۳۴ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شد. بیشترین غلظت این آلاینده‌ها در محدوده کارخانه صابون‌سازی خرمشهر، پالایشگاه آبادان و پتروشیمی آبادان مشاهده شد. Mirza و همکاران (۲۰۱۱) با برداشت ۱۴ نمونه از چهار نقطه به بررسی PAHs در آب دریا در مناطق بین جزر و مدی سواحل استان بوشهر پرداختند. این محققان گزارش کردند که غلظت ترکیبات PAHs در محدوده مورد نظر بین ۱/۵ تا ۵/۹ نانوگرم بر لیتر بود. در تحقیقی دیگر، Rahmanpoor و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی ترکیبات PAHs در محدوده تنگه هرمز پرداختند. این محققان با یازده نمونه‌برداری از رسوبات این منطقه نشان دادند که غلظت این ترکیبات در محدوده‌ی ۷۲/۱۷ تا ۱۹۱/۷۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک رسوب متغیر بود. بیشترین غلظت مربوط به فلورانتین (۱۹/۷۲ نانوگرم بر گرم) بود و آلودگی ناشی از دی‌بنزو h و a، آنتراسن، فلورن و پیرن در این منطقه مشاهده نشد. Bateni و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی میزان ترکیبات PAHs در خط ساحلی خلیج فارس در استان بوشهر

جدول ۱- مشخصات محل و مختصات جغرافیایی نمونه‌های برداشت شده

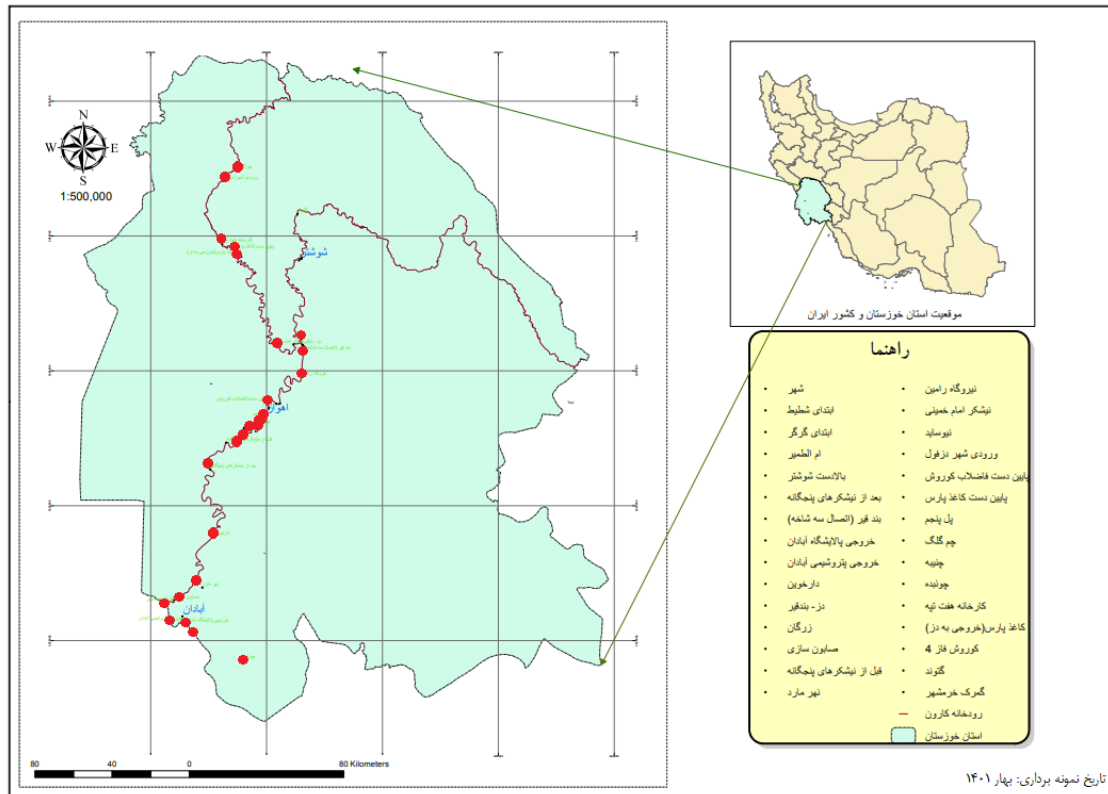
کد ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نام زیرحوضه	منطقه
S1	زرگان	۳۴۷۳۰۳۱	۲۸۶۸۹۱	کارون	
S2	کوروش فاز ۴	۳۴۷۲۸۶۶	۲۸۵۱۳۴	کارون	
S3	پایین دست فاضلاب تصفیه- خانه شهری کوروش	۳۴۷۳۶۶۳	۲۷۹۹۱۴	کارون	
S4	نیوساید	۳۴۷۰۷۱۲	۲۸۱۲۲۵	کارون	مرکز
S5	پل پنجم	۳۴۶۵۹۳۳	۲۷۸۰۹۲	کارون	
S6	چنوبیه	۳۴۶۱۸۸۲	۲۷۷۰۳۱	کارون	
S7	ام الطیر	۳۴۶۰۳۹۳	۲۶۸۳۸۰	کارون	
S8	قبل از نیشکر پنجگانه	۳۴۵۲۶۹۹	۲۵۹۰۹۴	کارون	
S9	نیروگاه رامین	۳۴۸۶۸۱۲	۲۹۷۹۷۴	کارون	
S10	چم گلک	۳۵۹۳۹۴۱	۲۶۴۳۷۲	دز	شمال غرب
S11	کارخانه هفت تپه	۳۵۵۵۷۷۰	۲۵۷۰۹۰	کارون	
S12	کاغذ پارس	۳۵۵۳۹۸۲	۲۶۳۱۰۹	دز	
S13	پایین دست کاغذ پارس	۳۵۵۴۰۰۸	۲۶۳۱۹۹	دز	
S14	نیشکر امام خمینی	۳۵۰۳۷۹۶	۲۹۴۰۰۱	دز	
S15	دز- بند قیر	۳۵۰۳۳۵۳	۲۹۸۷۱۶	دز	
S16	گتوند	۳۵۷۱۳۹۵	۲۹۵۹۶۶	کارون	شمال
S17	بالا دست شوستر	۳۵۴۸۸۰۸	۲۹۸۱۸۹	کارون	
S18	ابتدای گرگر	۳۵۴۸۱۶۴	۲۹۸۰۲۷	گرگر	
S19	ابتدای شطیپ	۳۵۴۸۲۴۰	۲۹۷۷۹۰	شطیپ	
S20	بند قیر	۳۵۰۳۳۵۳	۲۹۸۷۱۶	دز	
S21	بعد از نیشکر پنج گانه	۳۴۳۸۷۵۳	۲۵۰۸۵۴	کارون	
S22	ورودی شهر دزفول	۳۵۸۳۲۰۳	۲۶۴۳۷۲	دز	
S23	صابون سازی	۳۳۷۰۹۵۳	۲۳۲۰۳۹	کارون	
S24	گمرک خرمشهر	۳۳۶۹۷۵۲	۲۲۷۸۷۸	اروند	جنوب غرب
S25	دارخوین	۳۴۰۴۱۶۵	۲۵۲۸۶۷	کارون	
S26	خروجی پتروشیمی آبادان	۳۳۵۹۷۹۷	۲۳۶۵۳۰	اروند	
S28	نهر مارد	۳۳۷۷۴۶۲	۲۴۶۷۵۸	کارون	
S29	خروجی پالایشگاه آبادان	۳۳۵۸۹۱۹	۲۳۸۲۰۱	اروند	

نمونه‌های برداشت شده بلافاصله در ظروف شیشه‌ای قهوه‌ای رنگ و در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و به آزمایشگاه شرکت مهندسی مشاور کاوش تراز نیرو منتقل شدند. تا زمان استخراج، نمونه‌ها در دستگاه خشکاننده‌ی انجمادی خشک شده سپس در فریزر با دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پیش از انجام عملیات استخراج، کلیه نمونه‌ها به وسیله‌ی کوبیدن در هاون چینی، پودر شده و از الک کوچکتر از ۰/۶۳ میکرون عبور داده شدند. عملیات مذکور برای همگن کردن نمونه‌ها، افزایش ارتباط عمده آلاینده‌ها با ذرات کوچکتر و تسهیل بررسی نمونه‌ها انجام شد (Kersten &

Smedes, 2002). نمونه‌های به دست آمده در طول رودخانه کارون، توسط روش استخراج مایع تحت فشار و با استفاده از دستگاه دوپنکس ۳۵۰ (Dionex™ ASE™ 350) ساخت کشور آمریکا استخراج گردیدند. دو گرم از هر نمونه با ماده بی‌اثر هیدروماتریکس به طور کامل مخلوط شد و سپس به سل استخراج ۳۴ میلی‌متری PLE انتقال داده شد. این نمونه‌ها با نسبت ۱:۱ استون به نرمال هگزان در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و با فشار چهارده مگاپاسکال در زمان پنج دقیقه استخراج گردیدند. آنالیز نمونه‌ها با دستگاه GC-MS با حد تشخیص یک هزارم میکروگرم بر لیتر در ستون کروماتوگرافی از نوع

روش آنالیز نشانگر نزدیکی نتایج آزمون با مقدار واقعی است. صحت روش آنالیز با افزودن مقادیر ۹-۰/۰۵-۱ (mg.kg⁻¹) از استاندارد داخلی به نام پارا ترفنیل d۱۴ (p-terphenyl-d14) به نمونه و اندازه‌گیری درصد بازیافت (Recovery) تعیین گردید. میزان بازیافت برای هر سطح از آلودگی با سه بار تکرار به دست آمد (جدول ۳).

دی‌بی-پنج (DB-5) و به صورت تزریق در حالت غیرانشعابی صورت گرفت. به منظور تعیین دقت و صحت دستگاه مورد آزمایش، دو معیار تکرارپذیری و صحت مد نظر قرار گرفت. میزان تکرار پذیری روش آنالیز با هفت بار تکرار یک رقت یکسان (kg.mg⁻¹) به دست آمد. این نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است. صحت یک



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در رودخانه کارون در سال ۱۴۰۱

جدول ۲- میزان تکرارپذیری روش آنالیز

RSD %	میانگین غلظت (mg kg ⁻¹)	تکرار	نام هیدروکربن
۴/۲	۰/۰۳	۷	Acenaphtalene
۴/۶	۲/۷۸	۷	Fluorene
۴/۱	۵/۳۹	۷	Phenanthrene
۴/۵	۰/۰۷	۷	Anthracene
۴/۴	۱/۱۶	۷	Pyrene

جدول ۳- نتایج حاصل از بازیافت مقادیر مختلف پارترفنیل افزوده شده به نمونه رسوب

میانگین درصد بازیافت	میانگین میزان بازیافت شده (mg kg ⁻¹)	میزان استاندارد اضافه شده (mg kg ⁻¹)
۹۱	۰/۰۴۵	۰/۰۵
۸۹	۲/۶۸	۳
۸۶	۴/۳۳	۵
۸۲	۵/۷۸	۷
۸۷	۷/۸۸	۹

نتایج

نتایج غلظت هیدروکربن‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس میانگین غلظت هیدروکربن‌های مورد مطالعه، فلورانتن بنزو b و فنانتن بیشترین آلودگی را به نسبت غلظت در بین کلیه هیدروکربن‌های مورد مطالعه داشتند. غلظت فلورانتن بنزو k، فلورن، پیرن و پیرن ایندن (1,2,3,c,d) نیز بیشتر از یک میکروگرم بر کیلوگرم رسوب بود که نسبت به میانگین غلظت سایر هیدروکربن‌ها بالا بود. سایر هیدروکربن‌ها میانگین غلظت کمتر از ۰/۸۰ میکروگرم بر کیلوگرم داشتند. حداقل غلظت هیدروکربن‌ها بین ۰/۰۱-۲/۱۵ میکروگرم بر کیلوگرم و حداکثر غلظت آن‌ها بین ۰/۰۵-۸/۹۷ میکروگرم بر کیلوگرم رسوب متغیر بود.

مجموع هیدروکربن‌های مورد مطالعه در طول رودخانه کارون در شکل ۲ و تغییرات آن‌ها در هر بخش از رودخانه در شکل ۳ نشان داده شده است. غلظت هیدروکربن‌های در ناحیه شمال و شمال غربی این رودخانه بین ۵/۰۷ تا ۱۷/۸۴ میکروگرم بر کیلوگرم متغیر بود. متوسط غلظت هیدروکربن‌ها در این ناحیه ۱۳/۳۸ میکروگرم بر کیلوگرم تعیین شد. در ناحیه مرکزی رودخانه کارون، غلظت هیدروکربن‌ها بین ۴/۵۵ تا ۱۷/۶۰ میکروگرم بر کیلوگرم متغیر بود. میانگین غلظت هیدروکربن‌ها در بخش مرکزی این رودخانه ۱۳/۶۹ میکروگرم بر کیلوگرم به دست آمد که نسبت به بخش شمالی ۲/۳ درصد بیشتر بود. در پایین‌ترین قسمت رودخانه که بخش جنوبی آن محسوب می‌شود؛ غلظت هیدروکربن‌ها بین ۸/۰۹ تا ۲۳/۶۹ میکروگرم بر کیلوگرم و با متوسط ۱۵/۱۵ میکروگرم بر کیلوگرم به دست آمد. افزایش غلظت در این ناحیه نسبت به دو بخش شمالی و مرکزی به ترتیب ۱۳/۲ و ۱۰/۶۰

پس از تعیین مقادیر هر کدام از هیدروکربن‌های مورد نظر، برای تعیین منشاء ترکیبات از روش ارائه شده توسط Brewster و همکاران (۲۰۱۸) استفاده شد. ترکیبات PAHs با منشا نفتی به صورت مستقیم وارد رودخانه کارون شده و به رسوبات وارد می‌شوند. درحالی‌که ترکیبات PAHs با منشا سوختی ابتدا در جو منتشر می‌شوند و پس از مدت زمانی وارد آب شده و در نهایت با رسوبات ترکیب می‌گردند. بدین منظور از نسب فنانتن به آنتراسن، فلورانتن به پیرن و هیدروکربن‌های سبک به سنگین استفاده شد (Baumard *et al.*, 1998; Lang *et al.*, 2012; Tobiszewski & Namiesnik, 2012). بدین منظور دستوری در نرم‌افزار Microsoft EXCEL 2019 تهیه شد تا در صورت وجود منشاء نفتی، اعداد مثبت و در صورت وجود منشاء سوختی اعداد منفی نشان داده شود. در نهایت غلظت ترکیبات به دست آمده با استاندارد کیفیت رسوب آمریکا (Long *et al.*, 1995) مقایسه شدند. در این استاندارد، دو دسته خطر ERL و ERM^۱ برای آلودگی رسوبات در نظر گرفته شده است. در دسته‌ی ERL، محدوده خطر شامل حداکثر ۱۰ درصد جوامع زیست‌شناختی می‌باشد در حالی که دسته‌ی ERM محدوده خطر شامل حداکثر ۵۰ درصد جوامع زیست‌شناختی است. همچنین برای بررسی غلظت PAHs برای مرگ و میر ۵۰ درصد آبیان (LC50) معیار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آب) مد نظر قرار گرفت (Maskaoui *et al.*, 2002).

^۱ Effect Range Low

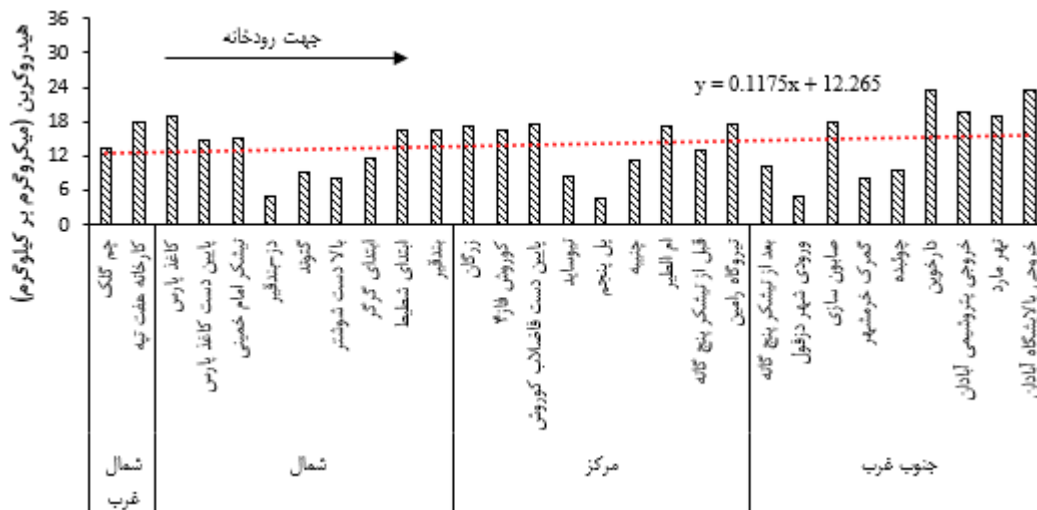
^۲ Effects Range Median

درصد بود. مقایسه میانگین مجموع هیدروکربن‌ها در چهار ناحیه‌ی مورد مطالعه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد. مقایسه غلظت هیدروکربن‌ها با استاندارد کیفیت رسوب آمریکا در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آماری غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (میکروگرم بر کیلوگرم)

در نمونه‌های رسوب رودخانه کارون - سال ۱۴۰۱

نام هیدروکربن	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی
Acenaphthalene	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۶۷
Fluorene	۱/۰۶	۵/۴	۲/۷۸	۱/۱۱	۰/۱۵
Phenanthrene	۲/۱۵	۸/۹۷	۵/۳۹	۲/۰۵	۰/۳۲
Anthracene	۰/۰۷	۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۰۱	۳/۰
Pyrene	۰/۵۳	۲/۱۱	۱/۱۶	۰/۴۶	۰/۵۹
Benz(a) Anthracene	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۵۷
Chrysene	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۴۱
Benzo (b) fluoranthene	۱/۲۳	۷/۸۸	۵/۹۳	۴/۰۱	-۰/۷۵
Benzo (k) fluoranthene	۱/۵۱	۵/۷۸	۳/۳۸	۱/۲	۰/۷۲
Benzo (a) pyrene	۱/۰۶	۲/۹۷	۰/۸	۰/۰۲	۱/۷۴
Indeno (1,2,3-c,d) pyrene	۰/۶۸	۲/۵۴	۱/۳۱	۰/۱۴	۰/۷۱
Dibenz (a,h) anthracene	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۱/۸۵
Benzo (g,h,i) perylene	۰/۳۶	۱/۵۴	۰/۷۴	۰/۲۳	۰/۷۲

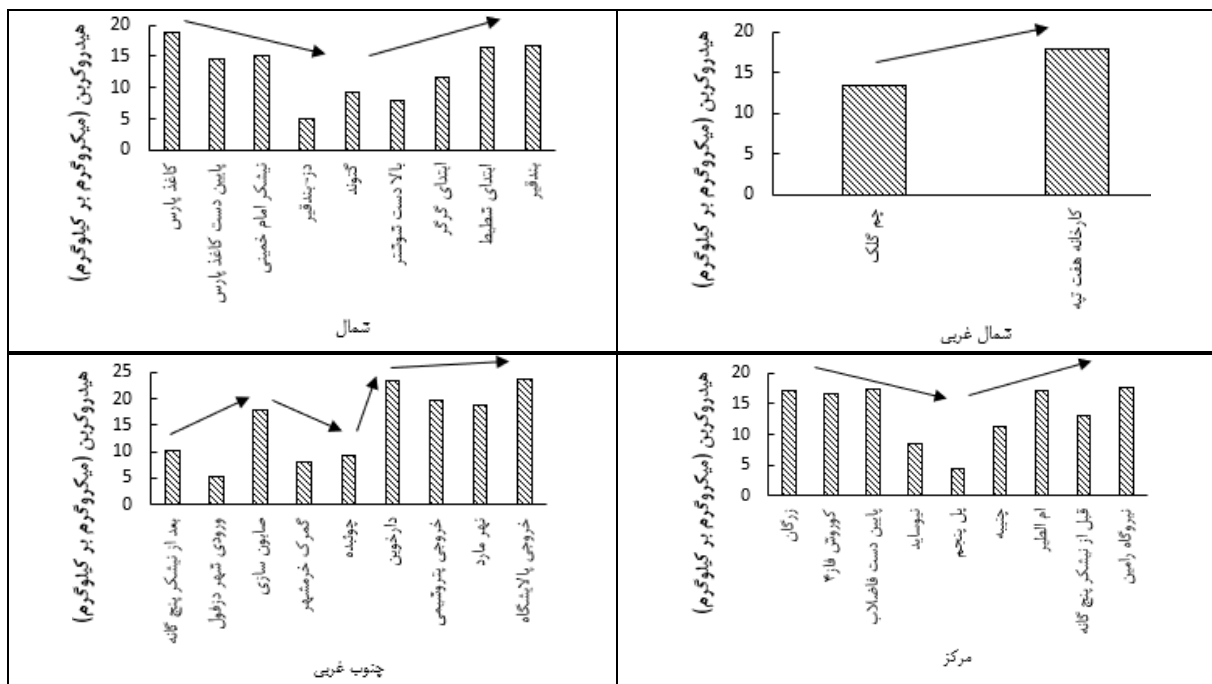


شکل ۲- مجموع هیدروکربن‌های مورد مطالعه در نقاط نمونه‌برداری در طول رودخانه کارون در سال ۱۴۰۱

(خط نقطه چین نشان دهنده میانگین روند تغییرات است)

بودن غلظت کلی این آلاینده‌ها با وجود واحدهای تولیدی زیاد در این منطقه، وجود عملیات فیلتراسیون در اکثر این واحدها پیش از ورود به رودخانه کارون است. با این وجود، براساس پیمایش و مشاهدات این محققان، این عملیات در برخی واحدها به درستی انجام نمی‌شود یا در برخی موارد به دلیل اجتناب از هزینه، این عملیات انجام نمی‌شود. به همین دلیل آلودگی‌های مشاهده شده در این پژوهش در رودخانه کارون ایجاد می‌شود.

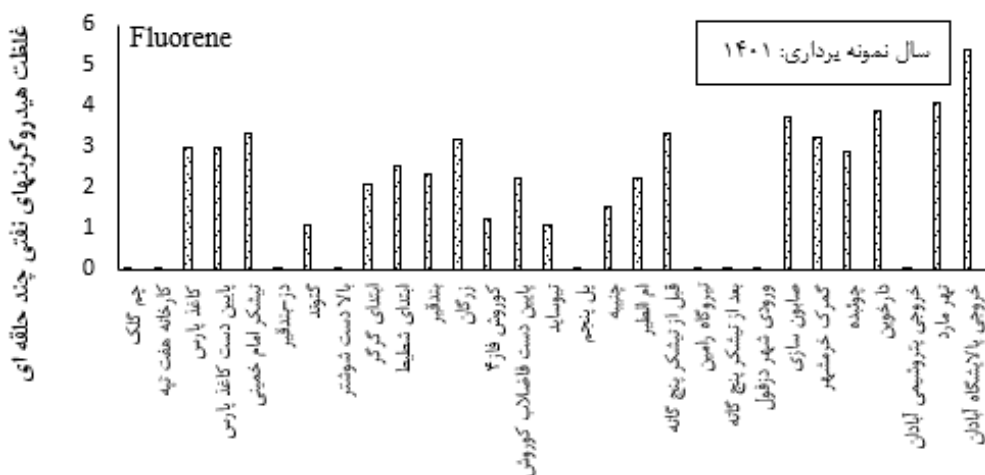
غلظت هیدروکربن‌ها براساس نوع آلاینده در شکل‌های ۴ تا ۱۶ نشان داده شده است. به منظور بررسی این موضوع، منشاء آلودگی توسط سه نسبت فنانترن به آنتراسن، فلورانتن به پایرن و هیدروکربن‌های سبک به سنگین در شکل ۱۷ تعیین شد. نتایج نشان داد که براساس نسبت فنانترن به آنتراسن (شکل ۱۷a)، در قسمت شمال و شمال غربی این رودخانه، عمدتاً آلودگی منشاء سوختی داشت ولی در بخش مرکزی و قسمتهایی از جنوب این رودخانه، منشاء نفتی نیز مشاهده می‌شود. علت پایین



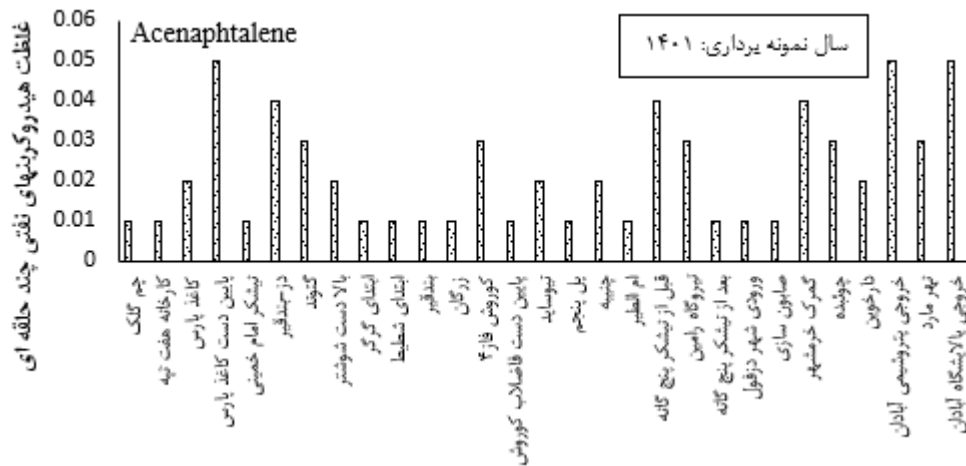
شکل ۳- تغییرات مجموع هیدروکربن‌های مورد مطالعه در هر قسمت از رودخانه (تغییرات با آنتنک‌ها نشان داده شده است) جدول ۳- مقایسه غلظت میانگین هیدروکربن‌ها با استاندارد کیفیت رسوب آمریکا (میکروگرم بر کیلوگرم)

نوع هیدروکربن	ERM	ERL	مقدار میانگین هیدروکربن
Acenaphthalene	۵۰۰	۱۶	۰/۰۲۳۱
Fluorene	۵۴۰	۱۹	۱/۹۱
Phenanthrene	۱۵۰۰	۲۴۰	۳/۳۴
Anthracene	۱۱۰۰	۸۵۳	۰/۰۴۴
Pyrene	۲۶۰۰	۶۶۵	۰/۷۲۱
Benz(a) Anthracene	۱۶۰۰	۲۶۱	۰/۰۲۶
Chrysene	۲۸۰۰	۳۸۴	۰/۰۲۱۷
Benzo (b) fluoranthene	NA	NA	۴/۵۰۱
Benzo (k) fluoranthene	NA	NA	۱/۷۵۱
Benzo (a) pyrene	۱۶۰۰	۴۳۰	۰/۴۷۳
Indeno (1,2,3-c,d) pyrene	NA	NA	۰/۷۷
Dibenz (a,h) anthracene	۲۶۰	۶۳/۴	۰/۰۱۶۶
Benzo (g,h,i) perylene	NA	NA	۰/۴۶۳
مجموع PAHs	۴۴۷۹۲	۴۰۲۲	۱۴/۰۷

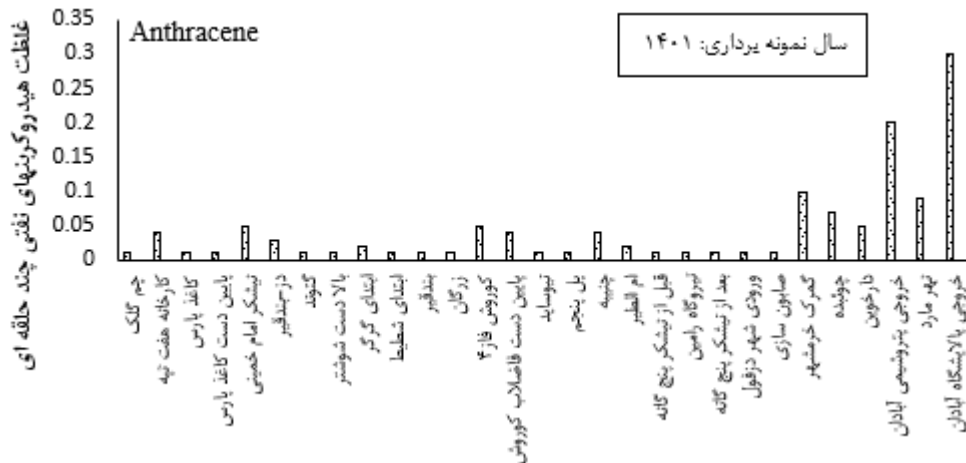
NA* نشان دهنده عدم مشاهده‌ی مقدار قابل اندازه‌گیری است.



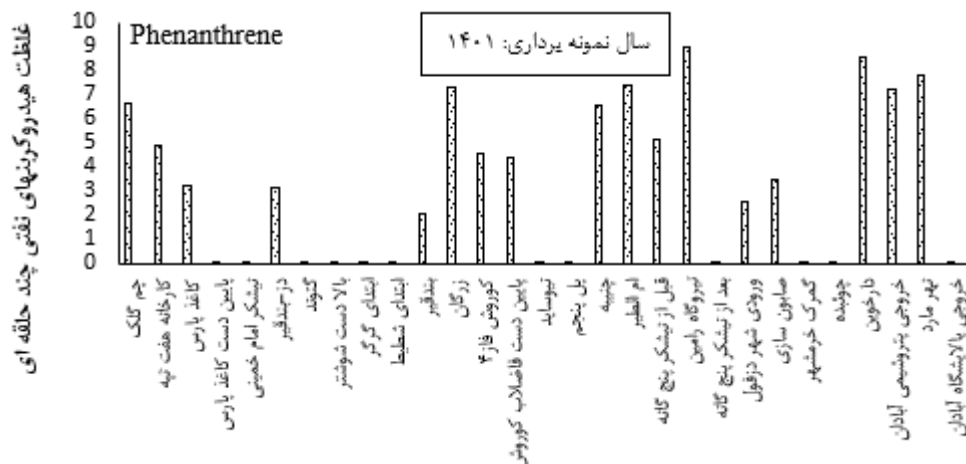
شکل ۴- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Fluorene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



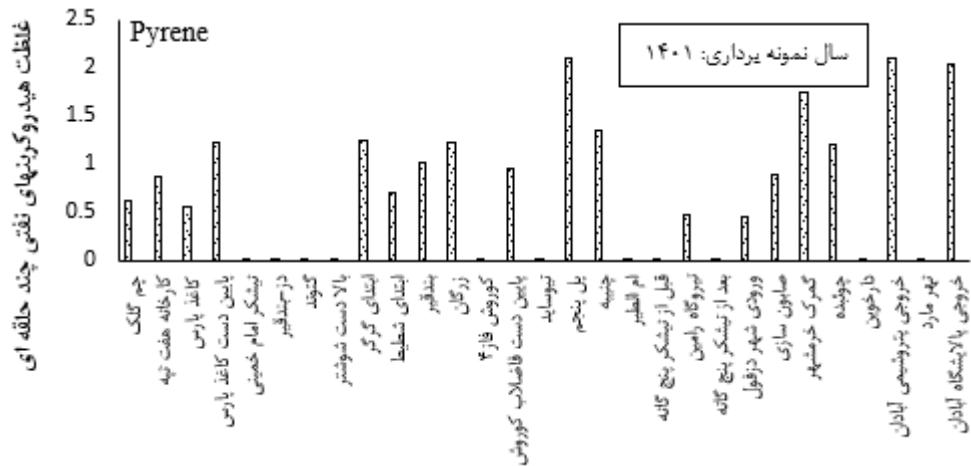
شکل ۵- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Acenaphthalene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



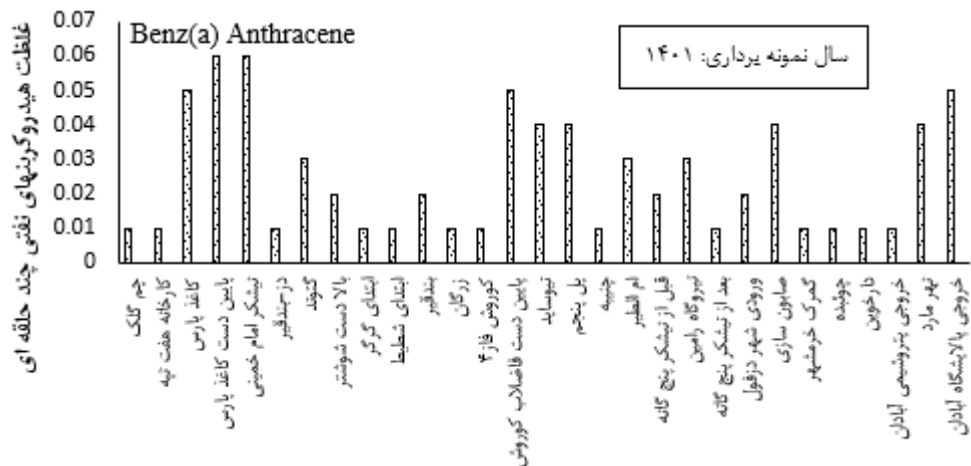
شکل ۶- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Anthracene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



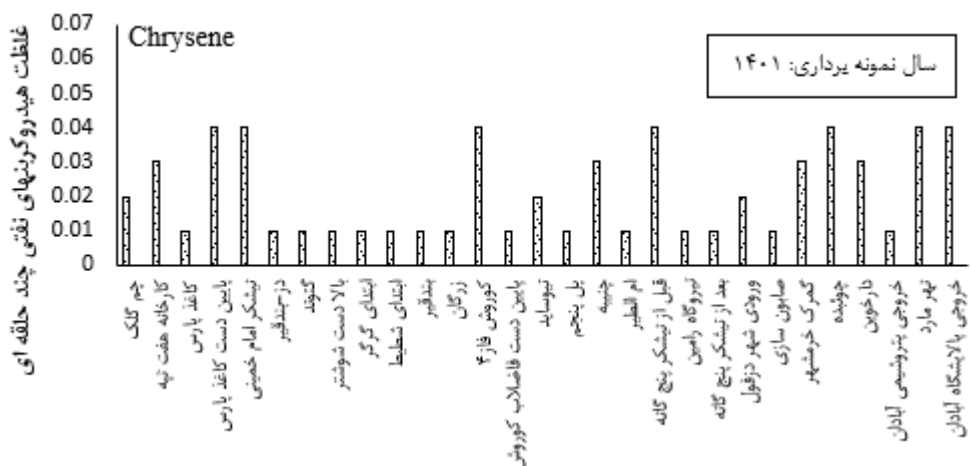
شکل ۷- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Phenanthrene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



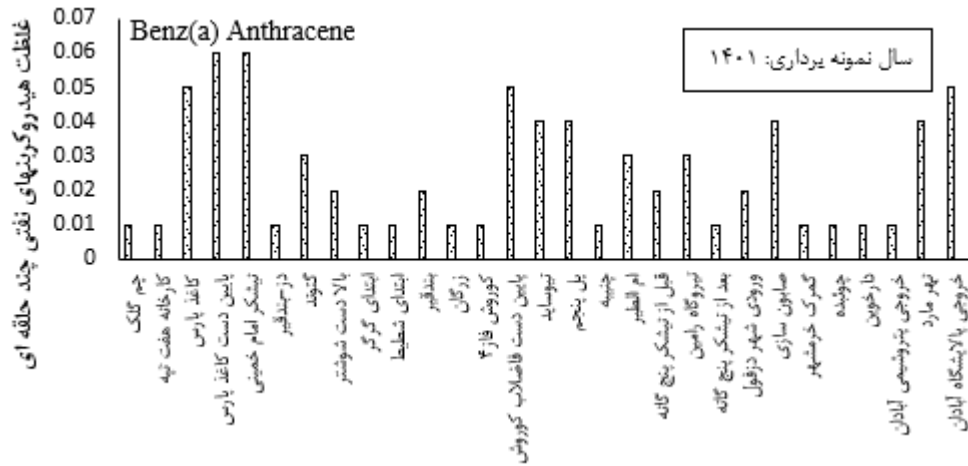
شکل ۸- غلظت هیدروکربن های نفتی چند حلقه ای (Pyrene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



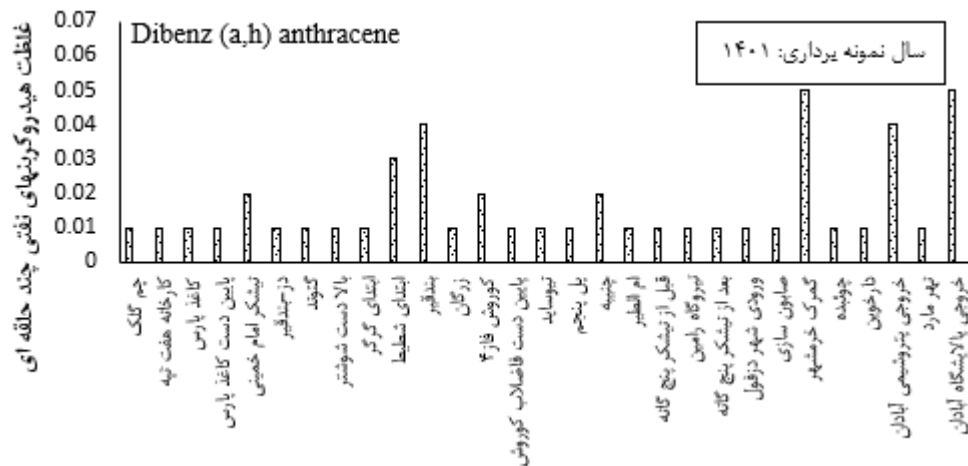
شکل ۹- غلظت هیدروکربن های نفتی چند حلقه ای (Benz(a) Anthracene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



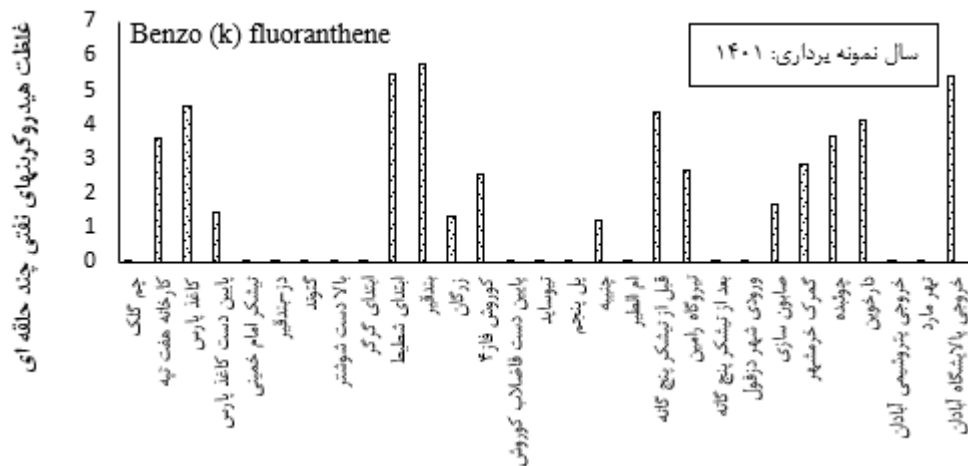
شکل ۱۰- غلظت هیدروکربن های نفتی چند حلقه ای (Chrysenes) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



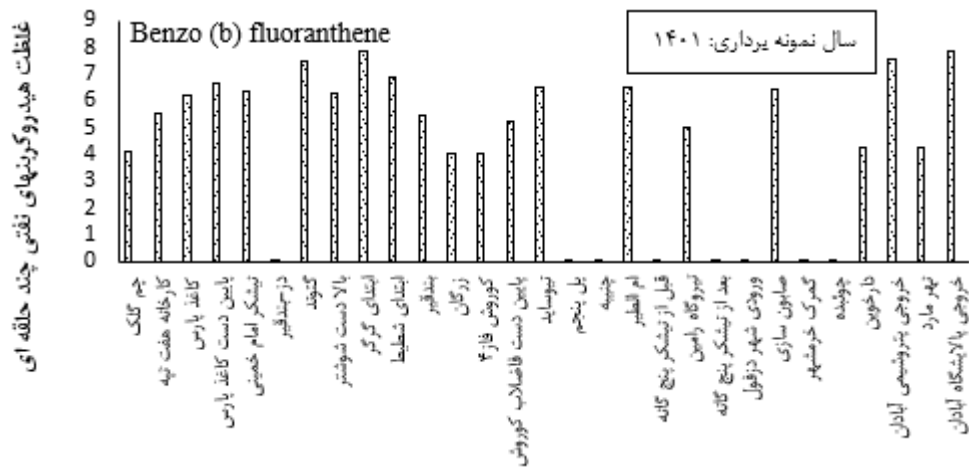
شکل ۱۱- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Benz(a) pyrene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



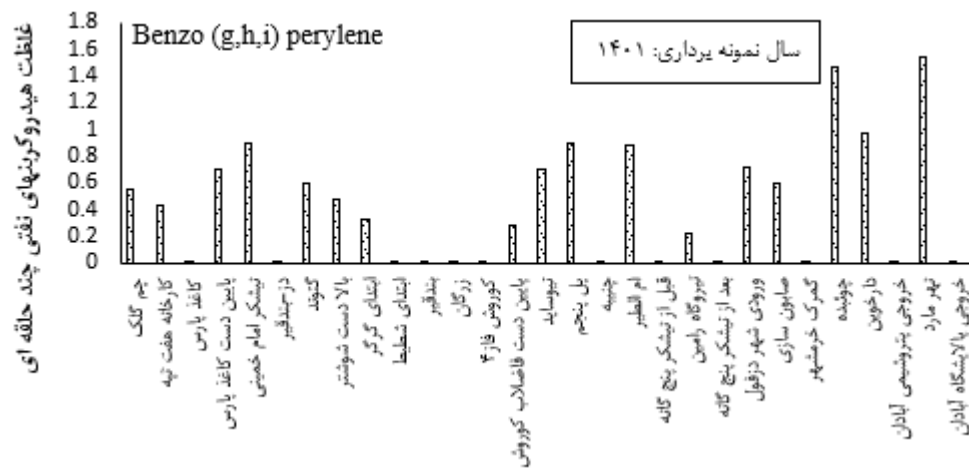
شکل ۱۲- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Dibenz(a,h) anthracene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



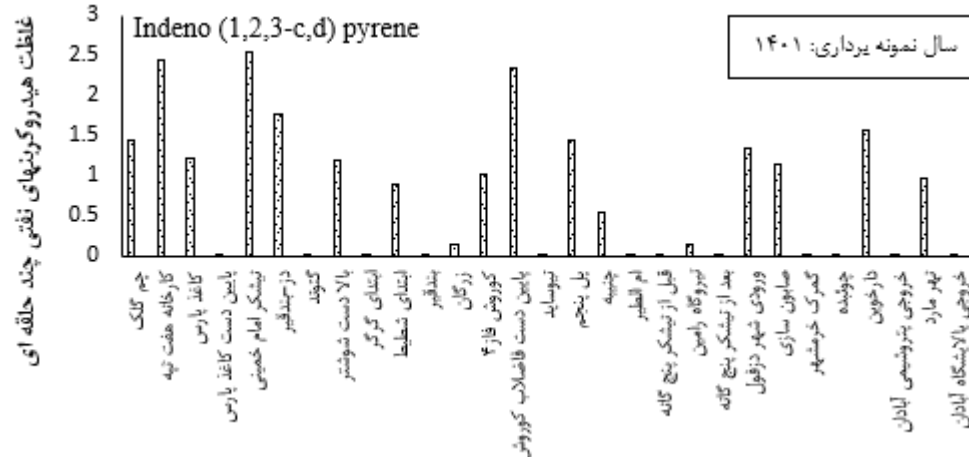
شکل ۱۳- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Benzo(k) fluoranthene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



شکل ۱۴- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Benzo (b) fluoranthene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



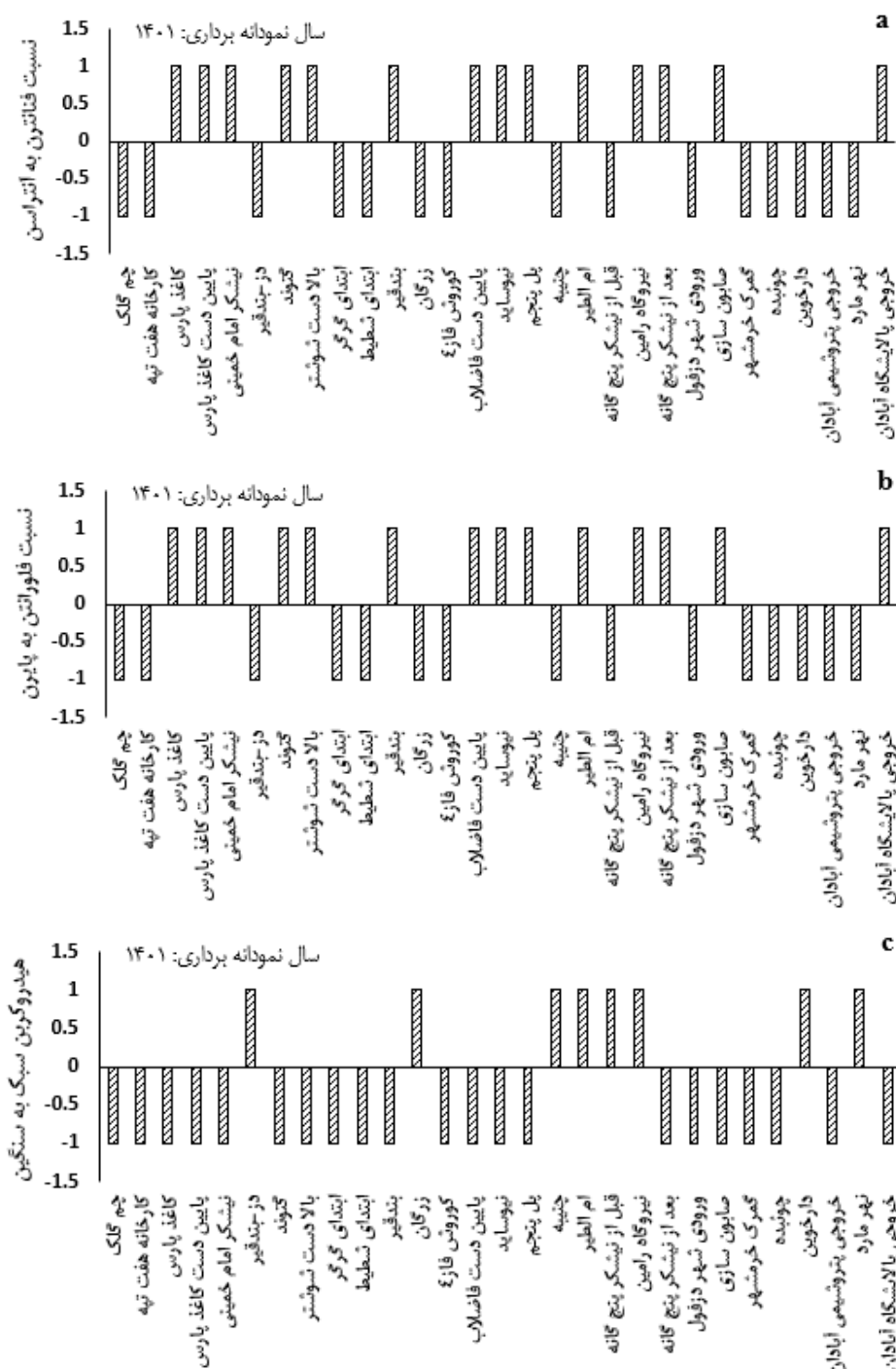
شکل ۱۵- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Benzo (g,h,i) perylene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون



شکل ۱۶- غلظت هیدروکربن‌های نفتی چند حلقه‌ای (Indeno (1,2,3-c,d) pyrene) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم در طول رودخانه کارون

نشان داد که نسبت هیدروکربنی سنگین بیشتر از سبک است زیرا هیدروکربن‌های سوختی نسبت به نفتی سنگین‌تر هستند (Tam et al., 2001; Lang et al., 2012) و این نسبت در اکثر موارد مقداری کوچک داشت.

مشاهده‌ی نسبت فلورانتین به پیرن در شکل (17b) نشان می‌دهد که در برخی قسمت‌های شمالی نیز آلودگی‌های هیدروکربن‌های با منشأ نفتی نیز وجود دارد. در نهایت، مقایسه هیدروکربن‌های سبک به سنگین در شکل (17c)



شکل 17- نسبت فنانترن به آنتراسن (a)، فلورانتین به پیرن (b) و هیدروکربن‌های سبک به سنگین (c) در طول رودخانه کارون (اعداد مثبت نشان دهنده منشأ نفتی بودن و اعداد منفی نشان دهنده منشأ سوختی بودن است)

بحث

با توجه به این که رودخانه کارون منبع آب بسیار مهمی در استان خوزستان به شمار می‌رود، ارزیابی کیفیت آن از لحاظ آلاینده‌های مختلف بسیار حیاتی است. در این تحقیق سعی شد خلاء موجود در بررسی کیفیت این رودخانه که شامل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای است مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد که به جز چهار هیدروکربن فلورانتین بنزو b و k، پیرن ایندین (1,2,3,c,d) و پرلن بنزو (g,h,i)، غلظت اکثر این آلاینده‌ها در رودخانه کارون کمتر از حد استاندارد کیفیت رسوب آمریکا (>ERM و >ERL) می‌باشد. مجموع هیدروکربن‌ها در این رودخانه ۱۴/۰۷ میکروگرم بر کیلوگرم به دست آمد که نسبت به استاندارد ذکر شده بسیار پایین است. نتایج به دست آمده در این پژوهش، از نظر مقدار هیدروکربن‌های موجود در رسوبات رودخانه کارون، با مشاهدات Keshavarzi و همکاران (۲۰۱۵) مغایرت داشت. این محققان گزارش کردند که غلظت PAHs دامنه بسیار متغیری از ۱۱/۵ تا ۱۱۷۷۳۰ میکروگرم بر کیلوگرم داشت. همچنین متوسط غلظت PAHs در این رودخانه ۷۰۳۴ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شد. علت آن، تفاوت فصول برداشت نمونه‌ها است. در گزارش اشاره شده، نمونه‌برداری در فصل پاییز انجام شده بود که به دلیل بارندگی، غلظت آلاینده‌ها در انتهای این رودخانه بسیار شدید است. سایر مطالعات در محدوده‌های نزدیک به شرایط اقلیمی و جغرافیایی محل مطالعه، نتایج نزدیکی نشان دادند. Rahmanpoor و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت به طوری که این محققان نیز غلظت برخی آلاینده‌ها مانند فلورانتین را در سواحل خلیج فارس بیشتر از سایر هیدروکربن‌ها گزارش کردند و آلودگی ناشی از برخی آلاینده‌ها مانند آنتراسن را کمتر از سایر آلاینده‌ها نشان دادند. Rahmanpoor و همکاران (۲۰۱۲) غلظت ترکیبات هیدروکربنی در خلیج فارس را در محدوده‌ی ۷۲/۱۷ تا ۱۹۱/۷۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک رسوب گزارش کردند که بسیار بیشتر از مقادیر به دست آمده در این پژوهش است. Bateni و همکاران (۲۰۱۹) نیز غلظت این ترکیبات را در محدوده‌ی ۶/۵ تا ۳۵/۵ نانوگرم بر گرم وزن خشک در محدوده‌ی سواحل بوشهر گزارش کردند که به نتایج این پژوهش نزدیک بود. عبور رودخانه کارون

از کلان شهر اهواز و شهرهای با آلودگی هوای زیاد مانند کارون و آبادان و همچنین ورود آلاینده‌های نفتی در طول رودخانه در بخش مرکزی و جنوبی علت افزایش غلظت هیدروکربن‌ها در این ناحیه است. این نتایج مشابه مطالعات Keshavarzi و همکاران (۲۰۱۵) است. این محققان نیز گزارش کردند که بیشترین غلظت این آلاینده‌ها در محدوده کارخانه صابون‌سازی خرمشهر، پالایشگاه آبادان و پتروشیمی آبادان وجود داشت. چولگی بالای کلیه هیدروکربن‌ها نشان داد که تغییرات مکانی این آلاینده‌ها در طول رودخانه کارون شدید است. بیشترین چولگی برای آنتراسن با مقدار ۰/۳ به دست آمد که با توجه به مقدار مثبت آن، انتهای (جنوب) رودخانه‌ی کارون غلظت زیادی داشت. همچنین چولگی فلورانتین بنزو b منفی بود که نشان داد بیشترین غلظت این آلاینده در ابتدا (شمال) رودخانه کارون است. چولگی مثبت سایر آلاینده‌ها نیز نشان دهنده‌ی افزایش غلظت هیدروکربن‌ها در انتهای (جنوب) این رودخانه است. غلظت آسنافتالین تغییرات متعددی در طول رودخانه کارون داشت ولی غلظت آن در انتهای رودخانه کارون افزایش یافت. این روند برای کلیه هیدروکربن‌ها مشاهده شد لیکن تغییرات آن برای آنتراسین بیشتر از سایر هیدروکربن‌ها بود که احتمالاً به دلیل ورود آلاینده‌ها از صنایع جنوب خوزستان مانند پتروشیمی و پالایشگاه آبادان باشد. این نتایج با مقایسه‌ی چولگی بالای آنتراسن و در نتیجه تغییرات مکانی شدید این آلاینده در انتهای رودخانه کارون، در جدول ۲ مطابقت داشت. با توجه به تغییرات متعدد این آلاینده‌ها در طول رودخانه کارون، احتمالاً علت آن آلودگی هوا (و ورود هیدروکربن‌های با منشاء سوختی) در شهرها و کارخانه‌های اطراف این رودخانه باشد. با توجه به اینکه هیدروکربن‌های سبک‌تر نسبت به هیدروکربن‌های سنگین‌تر اثرات سمی بیشتری برای موجودات آبی دارند (Law et al., 1997) بنابراین در اکثر بازه‌های رودخانه مشکلات برای زیست آبیان وجود دارد. برخی محققان مجموع غلظت ترکیبات برای مرگ و میر ۵۰ درصد آبیان (LC50) را کمتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آب) گزارش کردند (Maskaoui et al., 2002). با توجه به این که جرم رسوبات بیشتر از جرم آب در هر لیتر است، غلظت آلاینده‌های به دست آمده در این تحقیق

3. **Brewster, C.S., Sharma, V.K., Cizmas, L. and McDonald, T.J., 2018.** Occurrence, distribution and composition of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediment cores from the Lower Fox River, Wisconsin, US. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(5): 4974-4988.
4. **Kamal, A., Malik, R.N., Martellini, T. and Cincinelli, A., 2014.** Cancer risk evaluation of brick kiln workers exposed to dust bound PAHs in Punjab province (Pakistan). *Science of the Total Environment*. 493: 562-70.
5. **Kersten, M. and Smedes, F., 2002.** Normalization procedures for sediment contaminants in spatial and temporal trend monitoring. *Journal of Environmental Monitoring*, 4(1): 109-115.
6. **Keshavarzi, B., Mokhtarzadeh, Z., Moore, F., Rastegari Mehr, M., Lahijanzadeh, A., Rostami, S. and Kaabi, H., 2015.** Heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of Karoon River, Khuzestan Province, Iran. *Environmental Science and Pollution Research* volume 22, 19077–19092.
7. **Khan, M.F., Latif, M.T., Lim, C.H., Amil, N., Jaafar, S.A., Dominick, D., Nadzir, M.S.M., Sahani, M. and Tahir, N.M., 2015.** Seasonal effect and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in PM2.5. *Atmospheric Environment*, 106: 178-190.
8. **Lang, Y., Wang, N., Gao, H. and Bai, J., 2012.** Distribution and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from Liaohe estuarine wetland soils. *Environmental Monitoring and Assessment*. 184(9): 5545-52.
9. **Law, R.J., Dawes, V.J., Woodhead, R.J. and Matthiessen, P., 1997.** Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in seawater around England and Wales. *Marine Pollution Bulletin*, 34: 306–322.
10. **Liu, Y., Chen, L., Huang, Q., Li, W., Tang, Y. and Zhao, J., 2009.** Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of the Huangpu River, Shanghai, China. *Science of the Total Environment*, 407(8): 2931-2938.
11. **Maskaoui, K., Zhou, J.L., Hong, H.S. and Zhang, Z.L., 2002.** Contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Jiulong River Estuary and Western

کمتر از حد LC50 است و مشکل حاد برای جانداران در رودخانه کارون به حساب نمی‌آید. به جز آنتراسن که دارای چولگی زیاد (SKW=3.0) بود؛ سایر هیدروکربن‌ها رفتار متناوب در طول رودخانه نشان دادند. بررسی منشأ غلظت آلاینده‌ها نشان داد که در طول رودخانه هر دو منشأ نفتی و سوختی وجود داشت ولی در محدوده‌ی شمال و شمال غربی، غالبیت منشأ سوختی بیشتر بود ولی در مرکز و انتهای رودخانه کارون، آلودگی‌های هیدروکربنی با منشأ نفتی نیز افزایش یافت. این نتایج نشان داد که آلودگی‌های هوایی اثر بیشتری بر افزایش غلظت هیدروکربن‌ها در رسوبات این رودخانه داشته است. براساس مشاهدات میدانی، احتمال دارد سوخت قایق‌های موتوری و شناورهای موجود در بازه‌ی اهواز تا آبادان عامل مهمی در افزایش آلودگی هیدروکربنی با منشأ سوختی باشد. Rahmanpoor و همکاران (۲۰۱۲) نیز با بررسی غلظت ترکیبات PAHs نشان دادند که منشأ آلودگی نزدیک به ساحل در تنگه هرمز از نوع سوختی است. براساس کلیه‌ی نتایج، گرچه تهدید جدی در خصوص اکثر آلاینده‌های هیدروکربنی در رودخانه کارون وجود ندارد، لیکن در صورت ادامه وضعیت موجود خطرات جدی می‌تواند بروز کند. به همین دلیل، کاهش تردد شناورهای موتوری و در نظر گرفتن تمهیداتی برای کاهش آلودگی هوای کلان‌شهر اهواز و سایر شهرهای صنعتی اطراف این رودخانه می‌تواند به کاهش آلودگی هیدروکربنی آن کمک کند. همچنین پیشنهاد می‌شود اقدامات لازم برای تصفیه پساب واحدهای صنعتی در نظر گرفته شود.

منابع

1. **Batani, F., Mehdiinia, A. and Seyed Hashtroudi, M., 2019.** Ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Persian Gulf surface sediments, Bushehr. *Iranian Journal of Health and Environment*, 11 (4): 563-574. (in Persian).
2. **Baumard, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Sorbe, J.C., Burgeot, T. and Bellocq, J., 1998.** Concentrations of PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) in various marine organisms in relation to those in sediments and to trophic level. *Marine Pollution Bulletin* 36: 951–960.

- surface sediments of mangrove swamp. *Environmental Pollution*, 114, 255-263.
17. **Tobiszewski, M. and Namieśnik, J., 2012.** PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources. *Environmental Pollution*, 162: 110-119pp.
 18. **Tolosa, I., de Mora, S.J., Fowler, S.W., Villeneuve, J., Bartocci, J. and Cattini, C., 2005.** Aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine biota and coastal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1619-1633.
 19. **Wang, Z. and Chen, J., 2007.** Polycyclic aromatic hydrocarbons in Dalian soils: distribution and toxicity assessment. *Journal of Environmental Monitoring*, 9(2): 199-204.
 20. **Winiarczyk, B. and Namyslowski, G., 2007.** The concentration of the chosen smoke toxicity biomarkers among smokers suffering from larynx cancer. *The Polish Journal of Otolaryngology*, 61(1): 39-46.
 - Xiamen Sea, China. *Environmental Pollution*, 118: 109, 122.
 12. **Mirza, R., Mohammadi, M., Dadollahi Sohrab, A., Abedi, E. and Fakhri, A., 2011.** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Seawater Intertidal Areas of Boushehr Province (Persian Gulf). *Journal of Oceanography*, 2 (7):21-29. (in Persian).
 13. **Ouyang, Z., Gao, L. and Yang, C., 2018.** Distribution, sources and influence factors of polycyclic aromatic hydrocarbon at different depths of the soil and sediments of two typical coal mining subsidence areas in Huainan, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 163: 255-265.
 14. **Rahmanpoor, S., Ghafourian, H., Hashtroudi, S.M., Rabani, M., Mehdinia, A. and Darvish Bastami, K., 2012.** The Study of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Contamination in Sediments of Hormoz Straight - Persian Gulf. *Journal of Oceanography*, 3 (10): 37-44. (in Persian).
 15. **Simoneit, B.R.T., 2002.** Biomass burning – a review of organic tracers for smoke from incomplete combustion. *Apply Geochemistry* 17: 129-162.
 16. **Tam, N.F.Y., Ke, L., Wang, X.H. and Wong, Y.S., 2001.** Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons in





Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Pollution from Dezful City to the Persian Gulf (Khuzestan Province, Iran)

Hooshang Jaderi¹, Davood Jahani^{2*}, Hamid Reza Peyrowan³,
Nader Kohansal Ghadimvand⁴

1- PhD student of Sedimentology, Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2*- Associate professor, Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3- Associate professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran

4- Assistant professor, Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Original Article

Received:
2023.03.11

Accepted:
2023.10.30

Keywords:

Risk Assessment
Sediment Quality
Pollution Sourcing
Karun River
PAHs

Abstract

Introduction: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are introduced into the environment by human activities and are deposited in the river bed. These compounds are among environmental pollutants and are extremely harmful to human health and other living things even in very small amounts. For this reason, determining the concentration of these pollutants is very important to evaluate the quality of river water. About a hundred compounds of PAHs that have been identified by the Environmental Protection Agency. They have 16 major harmful and pathogenic compounds, and for this reason, they have been introduced as pioneering pollutants. For this purpose, in the present study, the concentrations of PAHs were determined in the Karun River.

Materials and Methods: In this study, 19 samples of PAHs were collected along the Karun River from Cham Golak in the north of Khuzestan to Choibedeh in the south of Khuzestan in 2022. The collected samples were immediately stored in glass bags at a temperature of -10°C and transported to the laboratory. Until the time of extraction, the samples were dried in a freeze dryer and then kept in a freezer at -50°C. Before the extraction operation, all the samples were powdered and passed through a sieve with mesh less than 0.63. After determining the amounts of each of the desired PAHs, using Dionex™ ASE™ 3, it was determined whether the PAHs has fuel or petroleum origin. Finally, the concentrations of the obtained PAHs were compared with

the American Sediment quality guidelines. In this standard, two risk categories, ERL and ERM, are considered for sediment pollution.

Results: Based on the average concentration of studied PAHs, Benzo (b) fluoranthene and phenanthrene were the most polluted in proportion to concentration among all studied PAHs. The concentration of Benzo (k) fluoranthene, Fluorene, Pyrene and Indeno (1,2,3-c,d) pyrene was also more than $1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ of sediment, which was high compared to the average concentration of other PAHs. Other PAHs had an average concentration of less than $0.80 \mu\text{g.kg}^{-1}$. The minimum concentration of hydrocarbons varied between $0.01\text{-}2.15 \mu\text{g.kg}^{-1}$ and their maximum concentration between $0.05\text{-}8.97 \mu\text{g.kg}^{-1}$ of sediment. The results of skewness ($-0.75 < \text{SKW} < 3.0$) showed that there were many spatial variations for all pollutants, but Anthracene with a skewness of 0.3 has the most spatial changes, with the highest concentration in the south of the Karun River, and Benzo (b) fluoranthene has the skewness equal to -0.75, then, the highest pollutant concentration was in the north of Karun River. Except for the four hydrocarbons Benzo (b) fluoranthene, Benzo (k) fluoranthene, Indeno (1,2,3-c,d) pyrene and Benzo (g,h,i) perylene, the concentration of the other pollutants in the Karun River is lower than the Sediment Management Standard (SQS) limits ($< \text{ERM}$ and $< \text{ERL}$).

Discussion: The origin of the pollutant's evaluation showed that in the north of the Karun River, there was more fuel pollution, but in the center and south of this river, both fuel and oil sources were observed. These results showed that air pollution had a greater effect on increasing the concentration of hydrocarbons in the sediments of this river. In addition, the fuel of boats in the Ahvaz to Abadan area can be an important factor in increasing PAHs pollution with fuel origin. Therefore, although PAHs pollution was observed in this river, it was not at a critical level in terms of concentration.