علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، ویژه نامه شماره ۵ ، تابستان۱۳۹۶

بررسی و تعیین ترکیبات هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای (PAHs) در پسماندهای حفاری (مطالعه موردی : میدان نفتی آزادگان جنوبی)

مهدیس میرزاطاهرمستوفی[۱]

اعظم السادات حسینی الهاشمی [۲]*

azamhosseini.srb@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۲ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۱۰/۲۶**

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی به هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای یکی از شایع ترین آلودگی ها در منطقه نفت خیز استان خوزستان می باشد. هدف از این مطالعه بررسی میزان هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAH_s) در پسماند های گل حفاری میدان نفتی آزادگان جنوبی بود که نمونه برداری از گل حفاری ، از ۶ دکل حفاری نفت و هم چنین یک نمونه خاک شاهد در دو فصل زمستان و بهار ۹۴-۹۳ انجام شد.

روش بررسی: نمونه ها پس از جمع آوری و انتقال به آزمایشگاه، همگن شده و PAH_s موجود در آن ها استخراج و با استفاده از دستگاه GC-MS مقادیر ۱۶ ترکیب PAHs اندازه گیری شدند. علاوه بر آن مقادیر pH ، EC ، مواد آلی و دانه بندی موجود در گل مورد سنجش قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد میزان PAH_s گل حفاری ایستگاه های Pad69 ، Pad20 ، Pad78 ، Pad15 ، Pad56 و Pad51 در فصل زمستان به ترتیب ۲۸۴/۵۱ ، ۸۶۶/۰۳ ، ۳۵۸/۵۹ ، ۲۹۹/۸۴ ، ۶۱۲/۹۳ و ۳۸۶/۴۷ و در فصل بهار ۳۱۷/۵۴ ، ۱۲۰۹/۹۲ ، ۴۲۷/۶۱ ، ۴۹۱/۴۸ ، ۷۵۰/۷۳ و ۶۰۲ /۳۸ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بودند. نتایج به دست آمده از نسبت های مولکولی نشان داد منشاء PAH کلیه ایستگاه ها مخلوطی از منابع پایرولیتیک و پتروژنیک می باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: طبق نتایج حاصل در تمامی ایستگاه ها ترکیبات بنزو بی فلورانتن ، بنزو کا فلورانتن و دی بنزو(ah)آنتراسن بالاتر از استاندارد کیفی خاک کانادا و نیز نمونه خاک شاهد فاقد آلودگی و عاری از ترکیبات آروماتیک چند حلقه ای بود .

واژه‌های کلیدی: PAHs، آلودگی نفتی،گل حفاری، کروماتوگرافی گازی-طیف سنج جرمی، میدان نفتی آزادگان جنوبی.

۱-کارشناسی ارشد آلودگی های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران.

۲*- (مسوول مکاتبات): استادیار گروه آلودگی های محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, Special No.5, Summer 2017

Evaluation and determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in drilling wastes (Case study: Southern Azadegan Oil Field)

Mahdis Mirzatahermostofi [1]
Azamosadat Hosseini Hashemi [2]*
azamhosseini.srb@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Contamination made by polycyclic aromatic hydrocarbons is one of the most common contaminations in oil-rich regions of Khuzestan province. The main purpose of this study was to investigatate the amounts of polycyclic aromatic hydrocarbons in drilling mud wastes of Southern Azadegan Oil Field. Drilling muds samples were taken from six drilling oil rigs and also a control soil sample was collected in two seasons of winter and spring, 2015.

Method: Samples were homogenized after they were collected and transported to the laboratory and PAHs in them were extracted. Then 16 compounds of PAHs were measured by means of GC-MS. Furthermore, the amounts of pH, EC, organic material and grading of mud were measured.

Findings: The results showed that the amount of PAHs in drilling mud collected from the stations Pad 69, Pad 20, Pad 78, Pad 15, Pad 56 and Pad 51 were respectively 284/51, 866/03, 358/59, 299/84, 612/93 and 386/47 in the winter and 317/54, 1209/92, 427/61, 491/48, 750/73 and 602/38 mg/kg dried-form weight in the spring. The results collected based on molecular ratio showed that PAHs in all stations contain a mixture of payerolitic and pethrogenic sources.

Conclusion: According to the results obtained from all stations, compounds such as benzo (b) fluorantene, benzo (k) fluorantene and dibenzo (ah) antheracene were found to be exceeding the standard limits mentioned in Canadian Soil Quality and also control soil sample showed no pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons.

Keywords: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Oil Pollution, Drilling Mud, Gas Chromatography-Mass Spectrometry, Southern Azadegan Oil Field.

1- MSc of Environmental Pollution, Islamic Azad University, Science and Research Branch-Khouzestan, Ahvaz, Iran.
2- Assistant professor Environmental Pollution Group, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
* *(Corresponding Author)*

مقدمه

یکی از شایع ترین آلاینده های محیط زیست در گروه ترکیبات آلی، هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای (PAH_s)[1] می باشد. آلودگی هوا، خاک، آب های سطحی و زیرزمینی و محیط های دریایی توسط ترکیبات PAH به طور وسیع گزارش شده است (۱). این ترکیبات به علت دارا بودن خصوصیاتی هم چون سمیت، جهش زایی، سرطان زایی و نیز قرار گرفتن در ردیف آلاینده های اولیه[2] توسط USEPA[3] از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند (۲). هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAH_s) از بیشترین آلاینده های ارگانیکی هستند که بعد از هرنشت نفتی برای مدت طولانی در محیط باقی می مانند و عمدتاً از گروه ترکیبات آب گریز می باشند که از ۲ تا ۷ حلقه تشکیل یافته اند. از میان آن ها ۱۶ ترکیب PAH که از ۲ تا ۶ حلقه تشکیل شده اند، به دلایل عدم تجزیه بیولوژیکی سریع توسط میکروارگانیسم های بومی در نتیجه ایجاد سمیت و خطر در محیط زیست بیش تر مطرح بوده، به عنوان شاخص آلودگی می باشند (۳). تحقیقات علمی جدید نشان می دهدکه میزان سمی بودن این آلاینده ها بسیار بالاست.بر همین اساس آثار مختلفی را بر روی گیاهان،حیوانات و انسان بر جای می گذارند و می توانند موجب آلودگی های مختلف زیست محیطی گردند. از اثرات بسیار مهم PAH ها بر انسان، می توان به اثرات جهش زایی و سرطان زایی برخی از PAH ها اشاره نمود. ۱۶ ترکیب این آلاینده ها از سوی آژانس بین المللی حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) جزء ترکیبات خطرناک سرطان زا معرفی شدند(۴). در عملیات مختلف مرتبط با تولید نفت و گاز، پسماندهای سمی مایع و جامد زیادی تولید می شوند که می توانند سلامت انسان ها، سایر جانداران و محیط زیست را به خطر اندازند.با تخلیه این مواد در گودال های غیراستاندارد ممکن است مواد سمی مستقیماً به داخل خاک نفوذ کرده و آب زیرزمینی را نیز آلوده کنند و می توانند اثرات زیان باری برای اکوسیستم طبیعی منطقه داشته باشند. گل های حفاری که از ته چاه تا سطح در چرخشند، ممکن است حاوی فلزات خطرناکی مثل کادمیوم، آرسنیک، کروم، سرب، جیوه، مس و غیره و یا گازوییل گریس و دیگر هیدروکربن های آلی باشند.گل های حفاری به گل پایه آبی یا WBM[4] ،گل پایه روغنی یا OBM[5] ، گل پایه سنتزی یا SBM[6] و گل پایه گازی یا GBM[7] تقسیم می شوند(۵). در منطقه آزادگان به دلیل حساسیت منطقه از لحاظ سیاسی و اکولوژیکی، از سیستم مدیریت پسماند در این منطقه به منظور جلوگیری از آلودگی در بخش خاک استفاده می شود (۶). این پروژه با هدف بررسی میزان هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAH_s) در پسماند های گل حفاری پایه آبی میدان نفتی آزادگان جنوبی در دو فصل زمستان و بهار صورت گرفت.

تاکنون محققین مختلفی در ارتباط با آلودگی هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای فعالیت داشته اند. در سال ۱۳۸۹ مطالعه ای در خاک های رسوبی و سطحی استان خوزستان انجام و ۱۶ هیدروکربور آروماتیک حلقوی که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا از ترکیبات خطرناک سرطان زا محسوب گردیده اند، با دقتی در حد ppb اندازه گیری شدند. در سال ۱۳۹۰ پژوهشی تحت عنوان اندازه گیری هیدروکربن های نفتی در پسماندهای آلوده به نفت با دستگاه GC- FID توسط نورین انجام شد. در این مطالعه تحقیقاتی که با هدف شناسایی و اندازه گیری آلودگی های نفتی سه نمونه از پسماندهای گل حفاری با پایه نفتی در غرب استان خوزستان صورت پذیرفت، ارزش های عددی به دست آمده با استانداردهای تعیین شده توسط EPA مقایسه شد. روش استخراج در این کار آلتراسونیک بود. در سال ۱۳۹۱ مطالعه ای تحت عنوان شناسایی آلودگی هیدروکربن های آروماتیک حلقوی (PAH_s) در رسوبات و خاک سواحل شهرستان دیلم توسط مکرم و همکاران انجام گرفت. در این تحقیق غلظت و

1-Polycyclic aromatic hydrocarbons
2-Priority Pollutants
3-United States Environmental Protection Agency

4-Water Base Mud
5-Oil Base Mud
6-Synthetic Base Mud
7-Gas Base Mud

منشاء ۱۵ ترکیب PAH_s در رسوب و خاک ساحل شهرستان دیلم بررسی شد. در سال ۱۳۹۲ مطالعه ای تحت عنوان هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs) در خاک منطقه صنعتی اهواز توسط حزبه صورت پذیرفت. مطالعه ای در سال ۱۳۹۳ تحت عنوان بررسی میزان غلظت هیدروکربن های حلقوی (PAHs) در رسوبات تالاب هورالعظیم منطقه آزادگان شمالی با هدف مطالعه میزان هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در رسوبات تالاب ،توسط بوعذار صورت گرفت.نمونه برداری از رسوبات از ۵ ایستگاه در دو فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۳ انجام شد. در سال ۲۰۰۸ مطالعه ای تحت عنوان بررسی هیدروکربن های آروماتیک در رسوب، هوا و خاک یک منطقه صنعتی در ترکیه توسط مصطفی[1] و همکاران صورت گرفت. در سال ۲۰۰۹ مطالعه ای در خصوص هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای و بی فنیل های پلی کلرینه در خاک های شهری لندن توسط وین[2] و همکاران انجام شد. در سال ۲۰۱۰ مطالعه ای توسط ادوال[3] و همکاران روی استخراج و سنجش گل حفاری پایه آبی و آلی در نیجریه انجام شد،اندازه گیری ها با استفاده از دستگاه GC-MS صورت گرفت.

روش بررسی

جهت تعیین ایستگاه های نمونه برداری ، نسبت به بازدید از منطقه و بررسی تصاویر و نقشه های موجود اقدام شد. سپس تعداد ایستگاه ها بر حسب عواملی از جمله هدف نمونه برداری، تعداد دکل های در حال کار، موقعیت دکل ها ، ایمنی محل، به دنبال چندین جلسه با کارشناسان متخصص اداره سیالات شرکت ملی حفاری ایران در خصوص دکل های منطقه و پس از گرد آوری اطلاعات از متخصصان ، مشخص گردید .به منظور تعیین میزان هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در گل حفاری ، نمونه برداری از ۶ دکل حفاری نفت در میدان نفتی آزادگان جنوبی و یک نمونه خاک شاهد در مکانی دورتر از میدان نفتی صوت گرفت. نمونه برداری در بهمن و اردیبهشت ماه۹۴-۹۳ انجام پذیرفت. با استفاده از دستگاه GPS مختصات جغرافیایی هر ایستگاه مشخص گردید که مشخصات ایستگاه ها همراه با مختصات جغرافیایی آن ها در جدول (۱) ارایه گردیده است. نمونه‌های گل از هر دکل با استفاده از بیلچه جمع آوری و در بطری هایی که دور آن ها با کاغذ آلومینیومی پیچیده شده بود قرار داده شده و بر روی هر یک از بطری ها برچسب هایی که مشخص کننده نام ایستگاه بود، زده شد. برای اندازه گیری pH و EC نمونه ها از دستگاه مولتی متر استفاده گردید و جهت انجام آزمایش بافت خاک و بار مواد آلی، نمونه ها در ظروف پتری دیش ریخته شد و در آون با دمای ۶۰ درجه به مدت ۲ روز قرار گرفت. پس از خشک شدن، نمونه ها از الک با چشمه ۲میلی متری عبور داده شده و جهت انجام آزمایش توزین گردید(ISO,1994). برای استخراج هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای از دستگاه استخراج سوکسله و برای سنجش میزان PAH ، از دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف سنج جرمی(GC-MS)[4] استفاده گردید. در این دستگاه ترکیبات پس از جداسازی با استفاده از طیف سنج جرمی شناسایی می شوند. دستگاه GC-MS از دو قسمت GC (گاز کروماتوگرافی) و MS (طیف سنج جرمی) تشکیل شده است . دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف سنج جرمی که برای آنالیز نمونه ها به کار برده شد از نوع تله یونی و مدل آن زحل ۲ (Saturn II) می باشد. دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل ۳۴۰۰ ساخت کارخانه واریان (Varian) بوده و دارای دتکتور Mass می باشد.

یافته ها

نتایج مربوط به اندازه گیری پارامترهای فیزیکی شیمیایی (pH، ECو مواد آلی) در دو فصل زمستان و بهار در جدول (۲) ارائه شده است که بر اساس آن بیشترین مقدار pH در فصل زمستان مربوط به ((Pad 20 می باشد، در حالی که کمترین آن مربوط به نمونه خاک طبیعی است. هم چنین بیشترین مقدار EC در هر دو فصل زمستان و بهار مربوط به (Pad 20) و کمترین مقدار در هر دو فصل مربوط به خاک طبیعی(نمونه شاهد) می باشد. بیشترین مقدار مواد آلی در هر دو فصل زمستان مربوط به Pad 20 و کمترین آن مربوط به خاک طبیعی(نمونه شاهد) است .

1-Mustafa
2-Vane
3-Adewole

4-Gas chromatography-mass spectrometry

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه

Table 1- The geographical position of studied stations

ایستگاه	کد	UTM	ایستگاه		UTM	ایستگاه		UTM
دکل ۳۳ فتح	Pad 56	X: ۷۶۷۲۷۱/۴۳ Y:۳۴۴۶۵۸۴/۴۲	دکل ۸۹ فتح	Pad 20	X:۷۶۷۷۸۵/۵۹ Y:۳۴۶۷۶۲/۸۲	دکل ۲۷ فتح	Pad 78	X:۷۶۲۲۸۰/۶۵ Y:۳۴۳۵۵۸۷/۶۸
دکل ۸۱ فتح	Pad 15	X:۷۶۷۷۵۸/۷۸ Y:۳۴۶۹۶۰۸/۰۹	دکل ۳۲ فتح	Pad 69	X:۷۶۶۲۷۵/۶۳ Y:۳۴۴۱۵۹۲/۶۹	دکل ۶۵ فتح	Pad 51	X:۷۶۸۲۷۱/۵۹ Y:۳۴۴۹۵۹/۳۳
خاک طبیعی	001	X:۷۸۰۴۹۷/۳۳ Y:۳۴۶۶۷۲۳/۰۶	ایستگاه شاهد					

جدول۲-نتایج مربوط به اندازه گیری پارامترهای (pH،EC و TOM)

Table 2- Results of pH, EC and TOM in studied samples

ایستگاه	pH		EC (میلی زیمنس بر سانتی متر)		TOM (درصد)	
	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار
Pad 51	۷/۷۸	۷/۹۳	۲۱۹	۲۴۰	۴/۶۹۷	۴/۹۲۴
Pad 56	۸/۲۳	۸/۳۷	۲۰۱/۳	۲۱۴	۴/۴۱۲	۴/۸۷۱
Pad 15	۷/۸۳	۷/۷۹	۱۸۷	۲۳۳/۴	۳/۲۸۵	۳/۹۳۵
Pad 78	۸/۱۲	۸	۱۹۸/۶	۲۲۱	۳/۶۲۹	۴/۱۰۲
Pad 20	۸/۳۰	۸/۴۲	۲۳۱	۲۴۲/۸	۴/۷۸۵	۵/۳۹۶
Pad 69	۷/۶۳	۷/۷۱	۲۲۷/۵	۲۳۹	۲/۳۷۸	۳/۵۵۵
خاک طبیعی(نمونه شاهد)	۷/۵۶	۷/۶۸	۸۷/۸	۹۵/۹	۱/۳۳۴	۱/۴۵۱
حداقل	۷/۵۶	۷/۶۸	۸۷/۸	۹۵/۹	۱/۳۳۴	۱/۴۵۱
حداکثر	۸/۳۰	۸/۴۲	۲۳۱	۲۴۲/۸	۴/۷۸۵	۵/۳۹۶
میانگین	۷/۹۲	۷/۹۸	۱۹۳/۱۷	۲۱۲/۳	۳/۵۰	۴/۰۳

همچنین با استفاده از نرم افزار TALL، بافت خاک برای هر ایستگاه در دو فصل مشخص گردید. با توجه به مثلث بافت خاک در هر دو فصل، Pad 15، Pad 20 وPad69 دارای بافت Silt loam، Pad51 و Pad78 دارای بافت Sandy Loam، Pad 56 دارای بافت Loam و نمونه خاک طبیعی دارای بافت Clay Loam می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای ((PAH)در دو فصل زمستان و بهار در جداول (۳) و (۴) ارایه شده است:

جدول ۳-غلظت ۱۶ ترکیب PAH_s در فصل زمستان (mg/kg)

Table 3- Cncentration of 16 PAH_s compounds in the winter) mg/kg)

ایستگاه ها / ترکیبات	Pad 51	Pad 56	Pad 15	Pad 78	Pad 20	Pad 69	خاک طبیعی	حداقل	حداکثر	میانگین
نفتالن	۷۹/۱۵	۲۰/۳	۰/۶۹	۰/۲	۱۰/۳۱	<۰/۰۱	ND[1]	<۰/۰۱	۷۹/۱۵	۱۵/۸۰
اسنفتیلن	۲۰/۱۲	۴۳/۵۳	۱۰/۰۲	۲۸/۰۲	۵/۹۱	۰/۰۳	ND	۰/۰۳	۴۳/۵۳	۱۵/۳۷
اسنفتن	۱۱/۱	۸/۳	۲۰/۱	۳۶/۴۵	۸۳/۶۸	۸/۴	ND	۸/۳	۸۳/۶۸	۲۴
فلورن	۷۰/۶۲	۶/۵۳	۱۱/۸	۸۰/۹۵	۵۲/۵۹	۱۲/۳۱	ND	۶/۵۳	۸۰/۹۵	۳۳/۵۴
فنانترن	۴۸/۹	۱۸/۹۲	۲۱/۰۴	۵۵/۱۸	۹۶/۱۴	۱۵/۰۱	ND	۱۵/۰۱	۹۶/۱۴	۳۶/۴۵
آنتراسن	۳۱/۵۲	۳۳/۵	۴۰/۵	۱/۱۲	۸۴/۹۲	۹/۷۵	ND	۱/۱۲	۸۴/۹۲	۲۸/۷۵
فلورانتن	۱۷/۷۱	۹/۸۲	۱۲/۱	۰/۲۲	<۰/۰۱	۶/۴۲	ND	<۰/۰۱	۱۷/۷۱	۶/۶۱
پیرن	۵/۶	۱۳/۱۱	۰/۲۳	<۰/۰۱	۶/۸۵	۱۳/۹۸	ND	<۰/۰۱	۱۳/۹۸	۵/۶۸
کرایزن	۹/۲	۶۶/۴۳	۰/۴۳	۲۰/۲	<۰/۰۱	۲۸/۶۴	ND	<۰/۰۱	۶۶/۴۳	۱۷/۸۴
بنزو (b) فلورانتن	۱۳/۹۲	۹۸/۸۷	۵۰/۴۲	۳۱/۷۶	۱۸۹/۱۷	۷۵/۰۲	ND	۱۳/۹۲	۱۸۹/۱۷	۶۵/۵۹
بنزو (k) فلورانتن	۱۱/۶	۱۰۶/۱۳	۴۰/۶۳	۳۵/۵۹	۸۵/۷۸	۴۸/۰۹	ND	۳/۶	۱۰۶/۱۳	۴۶/۸۳
بنزو (a) آنتراسن	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۵۳/۵	<۰/۰۱	ND	<۰/۰۱	۹۹۳/۵	۷/۶۵
بنزو آلفا پیرن	۴۳/۲	۹۳/۷	۵۰/۹۶	۲۸/۳۹	۱۷۶/۱۴	۳۰/۷۶	ND	۲۸/۳۹	۱۷۶/۱۴	۶۰/۴۵
دی بنزو (ah) آنتراسن	۲۳/۸	۹۳/۷۶	۴۰/۸۹	۴۰/۴۷	۲۱	۳۶/۰۶	ND	۰/۲۱	۹۳/۷۶	۳۶/۵۶
بنزو (ghi) پیریلین	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	ND	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۰۸
ایندنو پیرن	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	ND	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۰۸

جدول۴- غلظت ۱۶ ترکیب PAH_s در فصل بهار (mg/kg)

Table 4- Concentration of 16 PAH_s compounds in the spring (mg/kg)

ایستگاه ها / ترکیبات	Pad 51	Pad 56	Pad 15	Pad 78	Pad 20	Pad 69	خاک طبیعی	حداقل	حداکثر	میانگین
نفتالن	۱۱۵/۳	۳۱	۱۲/۰۶	۱۷/۱۲	۱۵/۸	۰/۰۲	ND	<۰/۰۱	۱۱۵/۳	۲۷/۳۲
اسنفتیلن	۳۶/۴۲	۶۳/۶	۲۱/۰۳	۳۲/۰۸	۸/۰۵	۰/۰۸	ND	۰/۰۸	۳۶/۴۲	۲۳/۰۳
اسنفتن	۲۳/۶۳	۱۱/۵۶	۱۸/۸۶	۲۸/۶۶	۱۰۲/۶۶	۱۱/۲۳	ND	۱۱/۲۳	۱۰۲/۶۶	۲۸/۰۸
فلورن	۸۰/۱۱	۸/۷۱	۱۶/۹۹	۹۴/۷	۶۲/۲۱	۱۷/۹	ND	۸/۷۱	۹۴/۷	۴۰/۰۸
فنانترن	۵۷/۲	۲۸/۲۲	۳۶/۴۵	۵۹/۳۳	۱۲۶/۹۸	۱۵/۴۳	ND	۱۵/۴۳	۱۲۶/۹۸	۴۶/۲۳
آنتراسن	۲۸/۲۳	۴۲/۳۵	۸۳/۲۱	۴/۰۳	۱۵۹/۳	۱۲/۰۳	ND	۴/۰۳	۱۵۹/۳	۴۷/۰۲
فلورانتن	۳۳/۸۹	۹/۴۳	۱۲/۷۶	۱/۴۳	۳/۶۲	۸/۶۴	ND	۱/۴۳	۳۳/۸۹	۹/۹۶
پیرن	۱۱/۲۱	۱۶/۱۳	۱/۹۷	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۱۳/۷۵	ND	<۰/۰۱	۱۶/۱۳	۶/۱۵
کرایزن	۱۷/۴	۶۸/۷	۷/۳۲	۲۵/۴۱	<۰/۰۱	۳۲/۴۳	ND	<۰/۰۱	۶۸/۷	۲۱/۶۱
بنزو(b) فلورانتن	۴۲/۳۴	۱۰۴/۱۲	۹۰/۳	۳۹/۴۳	۲۵۰/۳	۸۱/۶۳	ND	۳۹/۴۳	۲۰۵/۳	۸۶/۸۷

1-ND: not detected

بنزو (k) فلورانتن	۱۳/۷	۱۲۳/۱۳	۴۶/۳۹	۵۸/۶۸	۱۷۷/۰۶	۵۰/۱۹	ND	۱۳/۷	۱۷۷/۰۶	۶۷/۰۲
بنزو (a) آنتراسن	۶/۲۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۶۹/۴	<۰/۰۱	ND	<۰/۰۱	۶۹/۴	۱۰/۸۰
بنزو آلفا پیرن	۷۸/۸۲	۱۴۸/۱۴	۸۸/۴۱	۲۷/۲۲	۲۲۳/۵	۳۳/۳۸	ND	۳۳/۳۸	۲۲۳/۵	۸۵/۶۳
دی بنزو (ah) آنتراسن	۵۲/۵	۸۹/۸	۵۵/۷	۳۹/۴۸	۱۱	۴۰/۸	ND	۴/۶۶	۸۹/۸	۴۱/۳۲
بنزو(ghi) پیریلین	<۰/۰۱	۵/۸۲	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	ND	<۰/۰۱	۵/۸۲	۰/۸۳
ایندنو پیرن	۵/۴۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	ND	<۰/۰۱	۵/۴۱	۰/۷۸

-غلظت ترکیبات PAH_s

دامنه غلظت مجموع ۱۶ ترکیب PAH_s در پسماند حفاری(گل حفاری) ایستگاه های مورد نظر در فصل زمستان بین ۰/۰۶تا ۴۵۹/۱۶ و در فصل بهار بین ۵/۴۶ تا ۶۰۸/۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم بود. نتایج حاصل از اندازه گیری ها نشان داد که Pad 20 در هر دو فصل زمستان و بهار بیشترین و Pad 69 کمترین غلظت از ترکیبات PAH_s را دارا بودند.

همان طور که تنایج جداول (۳) و (۴) نشان می‌دهد، بیشترین مقدار میانگین در دو فصل مربوط به ترکیب بنزو بی فلورانتن و کمترین مقدار مربوط به بنزو جی اچ آی پیریلین و ایندنو پیرن می باشد. همچنین تمامی ترکیبات PAHs در pad51 مشاهده شدند. در این بین در هر دو فصل بیشترین مقدار مربوط به نفتالن وکمترین مقدار در زمستان مربوط به بنزو آ آنتراسن ،بنزو جی اچ آی پیریلین و ایندنوپیرن و در بهار مربوط به بنزو جی اچ آی پیریلین می باشد. در pad 56 نیز در دو فصل هر ۱۶ ترکیب مشاهده شدند. درفصل زمستان بیشترین مقدار مربوط به بنزو کا فلورانتن و کمترین مقدار مربوط به بنزو آ آنتراسن، بنزو جی اچ آی پیریلین و ایندنو پیرن می باشد. در فصل بهار بیشترین میزان مربوط به بنزو آلفا پیرن و کمترین میزان مربوط به بنزو آ آنتراسن و ایندنو پیرن است. در هر دو فصل مورد مطالعه تمامی ترکیبات PAHs در pad 15 مشاهده شد و در فصل زمستان بنزو آلفا پیرن و بنزو بی فلورانتن دارای بیشترین مقدار PAHs در این ایستگاه می باشند و در فصل بهار بیشترین مقدار مربوط به بنزو بی فلورانتن است. در هر دو فصل کمترین مقدار مربوط به بنزو آ آنتراسن ، بنزو جی اچ آی پیریلین و ایندنو پیرن می باشد. هم‌چنین در pad 78 در دو فصل هر ۱۶ ترکیب مشاهده شدند و در هر دو فصل زمستان و بهار بیشترین مقدار مربوط به فلورن و کمترین مقدار مربوط به پیرن، بنزو آ آنتراسن، بنزو جی اچ آی پیریلین و ایندنو پیرن می باشد. در pad 20 در هر دو فصل بیشترین مقدار مربوط به بنزو بی فلورانتن و کمترین مقدار مربوط به فلورانتن ،کرایزن، بنزو جی اچ آی پیریلین و ایندنو پیرن می باشد. هم‌چنین در pad 69 در هر دو فصل بیشترین مقدار مربوط به بنزو بی فلورانتن و کمترین مقدار مربوط به بنزو آ آنتراسن، بنزو جی اچ آی پیریلین و ایندنو پیرن می باشد.

-مقایسه میانگین ترکیبات PAH_s در دو فصل زمستان و بهار

نتایج جدول (۵) نشان می دهد در زمستان ایستگاه Pad 56 و نیز Pad20 با یک دیگر و سایر ایستگاه ها در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی دار دارند. ایستگاه های Pad15 و Pad 69 با یک دیگر تفاوت معنی دار ندارند (P>۰/۰۵) ولی با سایر ایستگاه ها تفاوت معنی دار دارند(P< ۰/۰۵). ایستگاه های Pad 51 و Pad 78 با یک دیگر اختلاف معنی دار ندارند (P >۰/۰۵)، ولی با سایر ایستگاه ها اختلاف معنی دار دارند(P < ۰/۰۵). در فصل بهار ایستگاه Pad 69 و Pad20و نیز Pad 56 و Pad 51 با یکدیگر و با سایر ایستگاه ها تفاوت معنی دار دارند(P < ۰/۰۵). ایستگاه های Pad 15 و Pad 78 با یک دیگر تفاوت معنی دار ندارند (P >۰/۰۵) ولی با سایر ایستگاه ها تفاوت معنی دار دارند(P < ۰/۰۵).

در مقایسه بین دو فصل مقدار PAH_s در ایستگاه های Pad 69و Pad 78 در دوره زمستان و بهار اختلاف معنی دار ندارند (P >۰/۰۵)، اما سایر ایستگاه ها بین زمستان و بهار در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی دار دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین ترکیبات PAHs در ایستگاه های مختلف در دو فصل زمستان و بهار

Table 5-Comparison of the average concentration of PAH compounds at various stations in winter and spring

ایستگاه	زمستان	بهار	ایستگاه	زمستان	بهار
Pad 51	۲۳/۶۵±۱/۲۶Ba	۳۷/۶۴±۱/۵۷Eb	Pad 78	۲۲/۴۱±۱/۶۱Ba	۲۶/۷۲±۲/۲۴Ba
Pad 56	۳۸/۳۰±۱/۵۹Ca	۴۶/۹۲±۲/۵۸Cb	Pad20	۵۲/۸۲±۲/۶۱Da	۷۵/۲۲±۳/۳۰Db
Pad 15	۱۸/۷۴±۱/۵۴Aa	۳۰/۷۱±۲/۵۷Bb	Pad 69	۱۷/۷۸±۱/۵۷Aa	۱۹/۸۴±۱/۳۱Aa

*حروف غیر مشابه به معنی اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ است.

**حروف بزرگ به معنی اختلاف معنی دار در سطح ایستگاه ها و حروف کوچک به معنی اختلاف معنی دار در فصل است.

-نتایج حاصل از محاسبه برخی نسبت های PAHs

جهت تعیین منشاء PAH_S موجود در گل حفاری ایستگاه های مورد مطالعه، پاره ای از نسبت های مولکولی PAHs مورد بررسی قرار گرفتند. نسبت Phe/ant <۱۰ حضور منابع پایرولیتیک را تأیید می کند. این در حالی است که نسبت Phe/ant <۱۵ نشان دهنده وجود منابع پتروژنیک برای تأمین این ترکیبات است (۸). طبق محاسبات گل حفاری ایستگاه های Pad 51 ، Pad56 ، Pad 15 ، Pad 78 ، Pad 20 و Pad 69 در فصل زمستان و در فصل بهار از منابع پایرولیتیک ترکیبات PAHs خود را دریافت می کنند. نسبت Flt/Pyr <۱ حضور منابع پایرولیتیک را تأیید می کند و این در حالی است که نسبت Flt/Pyr >۱ نشان دهنده وجود منابع پتروژنیک برای تأمین این ترکیبات است (۸). طبق محاسبات گل حفاری ایستگاه های Pad 51 ، Pad56 ، Pad 15 ، Pad 78 ، Pad 20 و Pad 69 در فصل زمستان و در فصل بهار از منابع پتروژنیک ترکیبات PAHs خود را دریافت می کنند. نسبت Flt/Flt+Pyr <۰/۵ نشان دهنده ترکیبات PAH_S با منشاء پایرولیتیک و نسبت Flt/Flt+Pyr > ۰/۵ نشان دهنده حضور ترکیبات PAH_S با منشاء پتروژنیک می باشند(۸). طبق محاسبات گل حفاری ایستگاه های Pad 51 ، Pad56 ، Pad 15 ، Pad 78 ، Pad 20 و Pad 69 در فصل زمستان و در فصل بهار از منابع پتروژنیک ترکیبات PAHs خود را دریافت می نمایند .

-بررسی همبستگی بین پارامتر PAH با پارامترهای pH،EC،TOM و عمق

با توجه به نتایج جدول (۶) بین پارامتر PAH با پارامترهای pH،TOM و عمق حفاری در زمستان، بهار و در مجموع دو فصل همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد ولی بین پارامتر PAH و پارامتر EC همبستگی وجود ندارد.

-مقایسه مقادیر PAH_S گل حفاری ایستگاه های مورد مطالعه با مقادیر PAH_S سایر نقاط جهان

بر اساس مقایسه صورت گرفته با سایر نقاط، غلظت PAH_S در گل حفاری دکل های میدان نفتی آزادگان جنوبی ، از مطالعات صورت گرفته روی گل حفاری میدان نفتی آزادگان شمالی و تحقیقاتی که در نیجریه روی کنده های حفاری صورت گرفته کمتر است و از تحقیقی دیگر که در نیجریه روی گل های حفاری پایه آبی و آلی صورت گرفت، بیشتر است.

هم چنین مطالعات انجام شده در خصوص میزان PAHs روی رسوبات تالاب هورالعظیم، بیشتر می باشد. نورین مطالعه ای در سال ۱۳۹۰ تحت عنوان اندازه گیری هیدروکربن های نفتی در پسماندهای آلوده به نفت با هدف شناسایی و اندازه گیری

جدول ۶- بررسی همبستگی بین پارامترهای PAHs ، pH، EC، TOM و عمق حفاری

Table 6 –Correlation coefficient between PAHs, pH, EC, TOM and drilling depth

	زمستان		بهار		کل	
	ضریب همبستگی	سطح معنی داری	ضریب همبستگی	سطح معنی داری	ضریب همبستگی	سطح معنی داری
pH & PAH	۰/۴۹۵**	۰/۰۳۷	۰/۵۹۸**	۰/۰۰۹	۰/۵۷۸**	۰/۰۰
EC & PAH	۰/۳۷۱	۰/۱۳۰	۰/۰۱۵	۰/۹۵۳	۰/۳۳۲	۰/۵۲
PAH & مقدار مواد آلی	۰/۶۵۴**	۰/۰۰۳	۰/۸۰۵**	۰/۰۱	۰/۷۳۹**	۰/۰۱
PAH& عمق	۰/۷۸۹**	۰/۰۰۳	۰/۶۷۵**	۰/۰۲	۰/۶۳۳**	۰/۰۰۱

آلودگی های نفتی در غرب استان خوزستان با استفاده از دستگاه GC-FID و روش استخراج آلتراسونیک انجام داد. وی در این کار تحقیقاتی بیان کرد که دمای آلتراسونیک و میزان رطوبت پسماند در کارایی استخراج موثر می باشد، آنالیز کمی با GC-FID نشان داد میزان آلودگی های نفتی از ۳۳۹ تا ۲۱۴۹۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد(۹). بوعذار طی مطالعه ای که در سال ۱۳۹۳ تحت عنوان بررسی میزان غلظت هیدروکربن های حلقوی(PAH_s) در رسوبات تالاب هورالعظیم منطقه آزادگان با استفاده از دستگاه GC-FID انجام داد، بیان کرد که منشاء ترکیبات PAH_s در همه ایستگاه ها از منابع پایرولیتیک و پتروژنیک می باشد. هم چنین بیان کرد ارتباط مستقیمی بین غلظت ترکیبات PAH_s در ایستگاه های مورد مطالعه و فاصله آن ها از محدوده چاه های نفت وجود دارد و در ایستگاه های شماره ۲،۳ و۴ به دلیل نزدیکی به محدوده چاه های نفت، میزان PAH_s در آن ها بالاست. دامنه غلظت مجموع ۱۶ ترکیب PAH_s در رسوبات بین ۹۹۶ تا ۱۷۲۸۳ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۷). در مطالعه ای که توسط دیلمی و همکاران در سال ۱۳۹۲ بر روی بررسی پراکنش هیدروکربن های حلقوی آلی در خاک مجاور بزرگراه های شهر اهواز صورت پذیرفت،بیان شد که غلظت کل مجموع ۱۶ ترکیب مورد مطالعه ($\sum$۱۶ PAH_s) در نمونه های خاک، با توجه به موقعیت نمونه برداری (در مجاور بزرگراه) در محدوده ۱۲۰۴۸۰-۴۴۵۳۰ نانوگرم بر گرم می باشد وارتباط نزدیک بین میزان ترافیک و میزان آلاینده ها وجود دارد که ایستگاه سه راه فرودگاه با میزان ترافیک بیش تر، بیشترین میزان آلودگی را دارا می باشد(۲).

مطاله ای تحت عنوان ارزیابی اثرات محیط زیست آلودگی هیدروکربن های آروماتیک نفتی در برخی از خاک های رسوبی مناطق نفت خیز جنوب غرب ایران توسط چرخابی و همکاران در سال ۱۳۸۹ صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که غلظت PAH کل در این خاک ها بالاتر از حد آستانه بوده ولی دارای گستره ای برابر با ۰/۱ تا ۲۸۰ ppb می باشد. این تغییرات برای نفتالین بین ۲ تا ۲۱۴ ppb به دست آمد. آن ها بیان کردند اختلاف معنی داری بین مقادیر PAH اندازه گیری شده در نمونه خاک های بخش جنوبی استان با نمونه های بخش شمالی مشاهده گردید و برای اکثر PAH ها غلظت به دست آمده در خاک سطحی بالا بوده و با افزایش عمق این مقدار کاهش می یافت(۱۰).

در سال ۱۳۹۱ طی مطالعه ای که توسط مکرم و همکاران تحت عنوان شناسایی آلودگی هیدروکربن های آروماتیک حلقوی (PAH_s) در رسوبات و خاک سواحل شهرستان دیلم با دستگاه GC-MS صورت پذیرفت، نتایج نشان داد میزان (PAH_s) در رسوبات بین ۵۶۵۵/۴۶ تا ۱۱۸۳۴/۲۳ نانوگرم بر گرم وزن خشک و غلظت PAH_S در نمونه خاک ۳۰۷۷/۶۸ نانوگرم بر گرم وزن خشک بود (۱۱).

در سال ۱۳۹۰ مطالعه ای تحت عنوان بررسی غلظت هیدروکربن های نفتی کل، پلی هیدروآروماتیک ها و آلیفاتیک-ها در خاک مناطق نفتی استان بوشهر توسط شاکری و

همکاران صورت پذیرفت. در مجموع ۱۲۶ ایستگاه نمونه برداری خاک برای بررسی آلودگی های نفتی انتخاب گردید. پس از نمونه برداری،آماده سازی نمونه ها براساس روش استاندارد انجام و در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که برای انواع PAH ها anthracene و fluorene به ترتیب ۲۹/۰ و ۹۸/۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم کم ترین و بیش ترین غلظت میانگین را نشان دادند(۱۲).

حزبه طی مطالعه ای در سال ۱۳۹۲ که بر روی هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs) در خاک منطقه صنعتی اهواز صورت پذیرفت،میزان PAHs در خاک منطقه در عمق ۱۵-۰ را در محدوده ۰تا ۱۳۱۶۹ و در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متری در محدوده ۰ تا ۳۱۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم بیان کرد. نتایج نشان داد در کلیه نقاط میزان PAHs تفاوت معنی دار ندارد و قسمت عمده آلودگی در شرق واحد بهره برداری و غرب واحد نمک زدایی قرار دارد و از میان ترکیبات PAHs در نمونه های خاک ترکیبات Anthracene،Pyrene و Acenaphthylene بیشترین مقدار را دارند(۱۳).

در سال ۲۰۰۹ مطالعه ای در خصوص هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای و بی فنیل های پلی کلرینه در خاک های شهری لندن توسط وین و همکاران انجام شد. نتایج نشان داد که غلظت هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای در سراسر منطقه مورد مطالعه بین ۴ تا ۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم ، ∑۷ پلی کلرینه بی فنیل بین ۱ تا ۷۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است. این غلظت در مقایسه با بقیه ی شهرهای بین المللی برای (PAH) تقریباً شبیه بوده ولی برای (PCB) بیشتر بوده است(۱۴).

طی مطالعه ای که توسط مصطفی و همکاران در سال ۲۰۰۸ تحت عنوان بررسی هیدروکربن های آروماتیک در رسوب، هوا و خاک یک منطقه صنعتی در ترکیه صورت گرفته ، غلظت ∑۱۵ ترکیب PAH در نمونه خاک های گرفته شده از ۵۰ نقطه در منطقه، بین ۱۱ تا ۴۶۲۸ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد.آن ها بیان کردند که توزیع فضایی این غلظت نشان دهنده این است که در Aliaga (منطقه صنعتی) درIzmir کارخانه های استیل سازی، پالایشگاه بنزین و کارخانه های پتروشیمی بزرگترین منبع ۱۵ ترکیب PAH از آن منطقه هستند(۱۵).

در سال ۲۰۱۰ مطالعه ای توسط ادوال و همکاران روی استخراج و سنجش گل حفاری پایه آبی و آلی در نیجریه انجام شد. اندازه گیری ها با استفاده از دستگاه GC-MS صورت گرفت .آن ها بیان داشتند که هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در گل حفاری گستره ای از ۴/۷۳ تا ۴/۹۲ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد و در میان این پلی آروماتیک ها فلورانتن و بنزو (g,h,i)پیریلین دارای بیشترین مقدار و نفتالن دارای کمترین مقدار می باشد(۱۶).

بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر بر گل حفاری پایه آبی دکل های نفتی میدان آزادگان جنوبی، حاکی از آن است که بیشترین غلظت ترکیبات PAH_s در گل حفاری ایستگاه های مورد مطالعه در دو فصل زمستان و بهار مربوط به Pad 20 (دکل ۸۹ فتح) و کمترین غلظت این ترکیبات در گل حفاری Pad 69 (دکل ۳۲ فتح) وجود دارد . با توجه به این که نمونه برداری دوره اول در بهمن ماه و نمونه برداری دوم در اردیبهشت ماه صورت گرفته، می توان گفت عمق حفاری بر روی میزان PAH در گل حفاری تأثیر گذار بوده است .هم چنین نمونه خاک شاهد در مکانی دورتر و در فاصله ۱۰ کیلومتری از دکل های حفاری در نظر گرفته شد که فاقد آلودگی و عاری از ترکیبات آروماتیک چند حلقه ای بود. در مقایسه بین دو فصل، مقدار PAH_s در ایستگاه های Pad 69 و Pad 78 در دوره زمستان و بهار اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ ندارند ، اما سایر ایستگاه ها بین زمستان و بهار دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P < ۰/۰۵$). غالبیت ترکیبات بنزو بی فلورانتن ، بنزو کا فلورانتن و بنزو آلفا پیرن به علت سنگین وزن بودن آن هاست. ترکیبات PAH_s با وزن مولکولی بالا که عمدتا از منابع انسانی ناشی می شوند، در مقابل تجزیه میکروبی مقاوم تر هستند و از طرف دیگر با افزایش تعداد حلقه های بنزنی مولکول ها پایدارتر می شوند، در حالی که ترکیبات PAH_s با وزن مولکولی کم که ناشی از منابع

طبیعی هستند، به سرعت تجزیه می شوند. طبق نتایج حاصل ، ۱۶ ترکیب مورد مطالعه در تمامی نمونه ها به جز نمونـه خـاک طبیعی مشاهده شدند. در ایستگاه های Pad 15 ، Pad 69 ، Pad 56،بنزو (b) فلورانتن، بنزو (k) فلورانتن و دی بنزو (ah) آنتراسن بالاتر از استاندارد می باشند. در ایستگاه Pad 20 بنزو (b) فلـورانتن، بنـزو (k) فلـورانتن ، دی بنـزو (ah) آنتراسـن و فنانترن بالاتر از استاندارد هسـتند، در ایسـتگاه Pad78، بنـزو (b) فلـورانتن، بنـزو (k) فلـورانتن،دی بنـزو (ah) آنتراسـن و فنانترن بالاتر از استاندارد می باشند و در ایسـتگاه Pad 51 در هر دو فصل، ترکیب بنزو(b) فلورانتن ، بنزو (k) فلـورانتن و دی بنزو (ah) آنتراسن ، بالاتر از حد استاندارد کیفی خاک کانـادا [1] قرار دارند. با توجه به نتایج به دست آمده از بررسی نسبت های مولکولی، منشاء PAH کلیـه ایسـتگاه هـا مخلـوطی از منـابع پایرولیتیک و پتروژنیک می باشد. هـم چنـین نتـایج حاصـل از بررسی همبستگی حاکی از آن است کـه بـین میـزان PAH_s و مقادیر پارامترهـای TOM، pH و عمـق همبسـتگی مثبـت و معنی داری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد ولی بین پارامتر PAH و پارامتر EC همبستگی وجود ندارد.

منابع

1- Bumpus, J., Tien, M., Wright, D., and Aust, S.D. 1989. Oxidation of persistent environmental pollutants by a white rot fungus. Science 228, 1434-1436.

۲- دیلمی. ع، ۱۳۹۳، بررسی پراکنش هیـدروکربن‌هـای حلقوی آلی در هوا و خاک مجاور بزرگراه های شـهر اهواز، پایان نامه کارشناسـی ارشـد علـوم تحقیقـات خوزستان.

۳- درخشان نژاد. ا و سخاوت جو.م، ۱۳۹۰، ارزیابی کمی و کیفـی دی بنـز و (a,h) آنتراسـن در هـوای شـهر اهـواز، مجموعـه مقـالات پنجمـین همـایش ملـی و نمایشگاه تخصصی محیط زیست.

۴- اسماعیلی ساری.ع، پیری.م و اسـماعیلی. ل،۱۳۸۱ ، اندازه‌گیری هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه ای در بافت چرب فک دریای خزر،مجلـه علـوم دریـایی ایران،شماره دوم،صص۲۵-۱۱.

۵- گلسـتانی فـر. ح و بهشـتی. ع، ۱۳۹۳، مـدیریت پسماندهای حفاری در چاه های اکتشافی نفت و گاز، نشر دانشگاهی فرهمند.

۶- حمیداوی.م،۱۳۹۰،بررسی تاثیر کنده های حفاری بر برخی خصوصیات فیزیکـی و شـیمیایی خـاک هـای حاشـیه منطقـه تـالاب هـورالعظیم (میـدان نفتـی آزادگان جنوبی)،دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد علـوم تحقیقات خوزستان،ص۳.

۷- بوعذار.چ،۱۳۹۴، بررسی میـزان غلظـت هیـدروکربن های حلقوی(PAH s) در رسوبات تالاب هورالعظیم منطقـه آزادگـان شـمالی،پایان نامـه دانشـگاه آزاد اسلامی واحد علـوم تحقیقـات خوزستان،صـص ۴۹-۴۷.

8- Baumard, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Dizer, H. and Hansen, P.D., 1988. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediment and mussels (mytilus eduilis) from the western Baltic sea: occurrence, bioavailability and seasonal variations. Marine Environmental Research 47: 17-47.

۹- نورین.س،۱۳۹۰،اندازه گیری هیدروکربن های نفتـی در پسماندهای آلوده به نفت با دسـتگاه GC-FID، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه الزهرا(س).

۱۰- چرخابی.ا، بسـتانی،ع،۱۳۸۹، ارزیـابی اثـرات محـیط زیستی آلودگی هیدروکربن های آروماتیک نفتـی در برخی از خاک های رسوبی مناطق نفت خیز جنـوب غرب،مجموعه مقالات پنجمین همـایش ملـی زمـین شناسی و محیط زیست.

۱۱- مکـرم.م، کریمـی.م و محمـدی.م،۱۳۹۱، شناسـایی آلودگی هیدروکربن های آروماتیک حلقوی (PAH_s)

1-Canadian soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health

در رسوبات و خاک سواحل شهرستان دیلم، مجموعه مقالات ششمین همایش ملی زمین شناسی، دانشگاه پیام نور.

۱۲- شاکری.ع، کردمحله.ل و اسماعیلی.ا، ۱۳۹۰،بررسی غلظت هیدروکربن های نفتی کل، پلی هیدروآروماتیک ها و آلیفاتیک ها در خاک مناطق نفتی استان بوشهر، مجموعه مقالات پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

۱۳- حزبه.م،۱۳۹۲، بررسی توزیع و پهنه بندی کل هیدروکربن های نفتی(TPHs) و هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs) در خاک منطقه صنعتی ۳ نفت و گاز اهواز، پایان نامه کارشناسی ارشد واحد علوم تحقیقات خوزستان.

14- Vane,CH.,kim,AW.,beriro,D.cave,MR. ,knights,K.,Hayes,V.and nathanail,P. 2014. Polycyclic aromatic hydro carbons (PAH) and poly chlorinated biphenyls (PCB) in urbon soils of Greater Londonuk. University of ɔothing ham.Pages 1-25.

15- Mustafa, O., muezzinoglu, A.and Bozlaker, A. 2008.Atmospheric concentrations, dry de position and air-soil exchange of poly cyclic aromatic hydrocarbons (PAH_S) in an industrial region in Turkey. Journal of hzardous materials. 153. 1093-1102.

16- Adewole,G.,Adewole,T.and fuoma,E. Environmental aspect of oil and water-based drilling muds and cutting from Dibi and Ewan off-shore wells in the Niger Delta , Nigeria. 2010. African Journal of Environmental Science and technology. 4 (5), pp.284-292.