

## سنجش هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک (PAH) و بررسی منشاء آنها در رسوب تالاب انزلی

لیدا سلیمی<sup>۱\*</sup>، پیمان اقتصادی عراقی<sup>۲</sup>، شهلا جمیلی<sup>۳</sup>، عباسعلی مطلبی<sup>۴</sup> و محمد ربانی<sup>۵</sup>

۱ و ۵- دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- مرکز ملی اقیانوس شناسی ایران

۳ و ۴- موسسه تحقیقات شیلات ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۲۸

### چکیده

در تحقیق حاضر هدف تعیین مقدار PAH ها در رسوب سطحی در دو ایستگاه اصلی ماهروزه و سلکه (هر ایستگاه سه نمونه رسوب)، و تعیین منشا این ترکیبات در نمونه های رسوب این ایستگاه ها در تالاب انزلی - شمال ایران جهت پایش تالاب نسبت به آلاینده های مذکور است. نمونه برداری در دو دوره زمانی متفاوت، یعنی فصل گرم و خشک (اواخر خرداد)، و فصل بارندگی (اواخر شهریور) صورت گرفته و نتایج نمونه های آن بررسی گردید. میزان تجمع و مقادیر PAH ها در نمونه های رسوب ایستگاه های مورد نظر توسط دستگاه دقیق گاز کروماتوگرافی طیف سنجی جرمی (GC-Mass) تعیین شده است. میانگین مقادیر PAH ها در رسوب ایستگاه ماهروزه در فصول گرم و بارندگی به ترتیب ۳۴/۸۳۹ و ۶۱/۴۳۹ نانوگرم بر گرم وزن خشک، و در رسوب ایستگاه سلکه در فصول گرم و بارندگی به ترتیب ۸۰/۴۳۲ و ۴۵/۴۳۹ نانوگرم بر گرم وزن خشک می باشد. با مقایسه مقادیر  $\sum$ PAH در تحقیق حاضر با مقادیر گزارش شده در رسوب برخی از کشورهای جهان، مشخص شد که در دو ایستگاه ماهروزه و سلکه نسبت به سایر کشورها، حداکثر دامنه  $\sum$ PAH کمتر ولی در مقایسه با کشورهای حوضه خلیج فارس، مقدار  $\sum$ PAH از نمونه های رسوب امارات متحده عربی و عمان بیشتر می باشد. همچنین در مقایسه با کشورهای حوضه دریای خزر در شمال ایران مشاهده می شود که بیشترین  $\sum$ PAH در این دو ایستگاه از  $\sum$ PAH رسوب دریای خزر هم کمتر می باشد. همچنین منشا PAH ها در نمونه های رسوب ایستگاه های مذکور در تالاب انزلی مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به مشاهده هر دو منشا پیروژنیک و پتروژنیک در هر دو ایستگاه، نمی توان در مورد منشا PAH ها صراحتاً قضاوت نمود. با توجه به آنالیزهای آماری بین مقادیر PAH ها، در نمونه های رسوب ایستگاه های ماهروزه و سلکه در دو فصل نمونه برداری اختلاف معنی داری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ).

واژگان کلیدی: PAH، رسوب، گاز کروماتوگرافی جرمی، تالاب انزلی

## مقدمه

تالاب انزلی یک تالاب بین المللی در حاشیه جنوبی دریای خزر است که بدلیل برخورداری از شرایط اکوسیستمی مناسب برای حیات و رشد آبزیان، از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در طول دهه های اخیر کشف سفره های غنی نفت در بستر و حاشیه دریای خزر و بهره برداری های گسترده از این حوزه ها، آلودگی های نفتی زیادی را در منطقه به وجود آورده است (Naftimes, 1386). براساس گزارش دفتر محیط زیست دریای خزر (CEP) به دلیل ویژگی های طبیعی این دریا، بیشتر این آلودگی ها به سمت جنوب دریای خزر حمل می گردد که این امر بیشترین مخاطرات را برای سواحل ایران به همراه می آورد (Naftimes, 1386). تالاب ارزشمند انزلی به دلیل ارتباط با دریای خزر و نوسان سطح آب این دریا، همواره در معرض تهدید آلاینده های نفتی همانند هیدروکربن های چند حلقه ای آروماتیک یا PAHها می باشد (Waresh, 1391). علاوه بر آن ورود پساب های صنعتی و شهری که از طریق رود خانه های آلوده وارد تالاب می شوند نیز در آلودگی تالاب انزلی نقش عمده ای ایفا می کنند. این تالاب سالانه با ورود میلیون ها تن فاضلاب شهری، پساب صنعتی حدود ۵۰ کارخانه و آلودگی های نفتی مناطق اطراف مواجه است (Waresh, 1391). از سوی دیگر در سال های اخیر، توجه به آلاینده هایی نظیر PAHها بواسطه خصوصیات سرطانزایی (Carcinogenic) و جهش زایی (Mutagenic) این ترکیبات، افزایش یافته است. PAHها به دلیل دارا بودن ماهیت چربی دوستی (Lipophilic) براحتی می توانند پس از ورود به زنجیره غذایی و بدن موجودات زنده، در بافت های چربی

ذخیره و علاوه بر تجمع زیستی (Bioaccumulation) در بدن موجودات به دلیل سرطانزایی، خطرات جبران ناپذیری را به بار آورند و به دلیل جرم نسبتا بالای این آلاینده ها معمولا احتمال وجود آنها در رسوب بیشتر است (اقتصادی و همکاران، ۱۳۸۸).

با توجه اهمیت تالاب انزلی به عنوان یک اکوسیستم مهم زیست محیطی و خطرات آلودگی PAHها، در این تحقیق، تعیین مقادیر این گروه از آلاینده ها، که می تواند از طریق مصرف آبزیان آلوده می تواند خطرات جبران ناپذیری را برای انسان به همراه آورد، مد نظر قرار گرفته است. سنجش میزان PAHها در رسوب تالاب انزلی از چند بعد حائز اهمیت بوده و علاوه بر اینکه سبب مشخص شدن وضعیت فعلی آلودگی تالاب نسبت به این دسته از آلاینده ها می شود، می تواند در انجام اقدامات مناسب مدیریتی برای رفع آنها نیز موثر باشد. همچنین این تحقیق می تواند مبنایی برای پایش های زیست محیطی در سال های آتی و بررسی روند افزایش احتمالی این دسته از آلاینده ها هم باشد. لازم به ذکر است با توجه به بررسی های بعمل آمده تاکنون (اقتصادی و همکاران، ۱۳۸۸) در خصوص تعیین PAHها در منطقه سیاه کشیم تالاب انزلی تحقیقاتی انجام داده اند اما در بخش غربی تالاب و ایستگاه های مورد بررسی در این پروژه، برای اولین بار میزان شانزده PAH لیست EPA تعیین و اعلام می گردد.

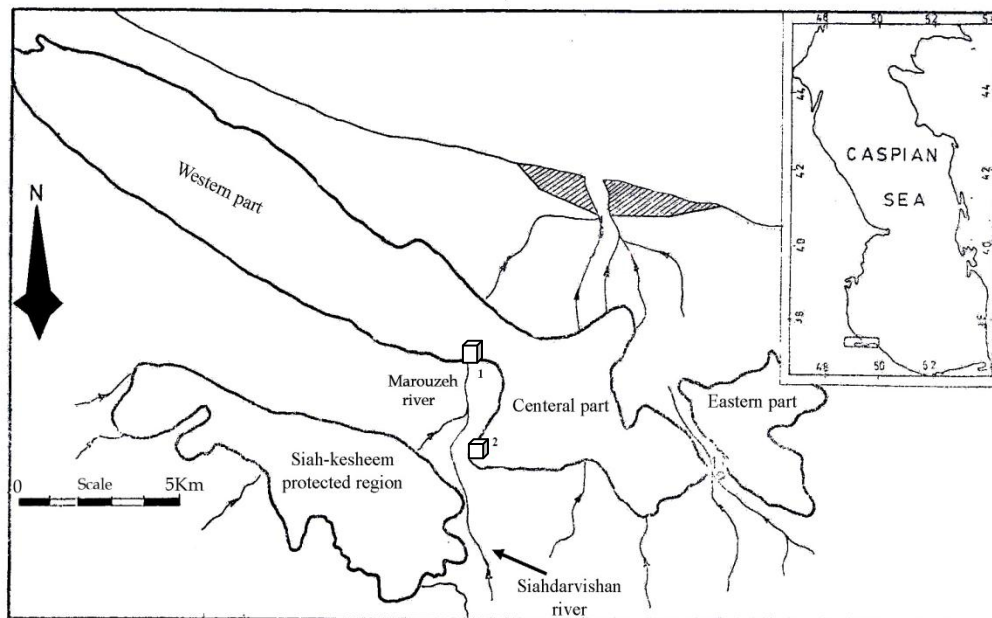
## مواد و روش‌ها

نظر گرفتن خصوصیات اقلیمی و امکانات نمونه برداری محلی و همچنین با توجه به اینکه تفاوت شدید دمایی در فصول مختلف در انزلی مشاهده نمی‌شود زمان‌های نمونه برداری از ایستگاه‌های مذکور در اواخر خرداد- اوایل تیر (ژوئن) و اواخر شهریور (سپتامبر) انجام گردید که در واقع اواخر خرداد را می‌توان فصل گرم و خشک و اواخر شهریور را فصل تر و بارندگی در نظر گرفت.

نمونه برداری با استفاده از Van Veen Grab در هر ایستگاه انجام شد. قابل ذکر است که در هر فصل از هر ایستگاه (به طول ۱ کیلومتر)، سه نمونه رسوب برداشت شد (برای هر نمونه رسوب ۳ تکرار انجام شده است).

پس از انجام بررسی‌های اولیه، دو مکان ماهروزه (محل تلاقی چند رودخانه ورودی به تالاب) و سلکه (مکان نزدیک به منطقه حفاظت شده) به عنوان ایستگاه‌های مورد نظر در تالاب انزلی انتخاب گردیدند و در هر ایستگاه طولی حدود ۱ کیلومتر برای نمونه برداری در نظر گرفته شد (شکل ۱).

با بررسی تحقیقات مشابه (Oros et al., 2004 & Liang et al., 2007) مشاهده شد که در بسیاری موارد با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیمی مناطق، تنها دو فصل گرم و خشک، و فصل تر و بارندگی برای نمونه برداری و تحقیق انتخاب شده‌اند، بنابراین با در



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری:

۱) ایستگاه ماهروزه  $(39\ S\ 0359731, UTM\ 4143193)$

۲) ایستگاه سلکه:  $(39\ S\ 0363473, UTM\ 4139305)$

نمونه های رسوب جهت انجام آزمایش های لازم و تعیین PAH در ظروف آلومینیومی قرار داده شد و همراه با یخ به آزمایشگاه منتقل و منجمد گردید. در ادامه بر روی رسوب با استفاده از دستور العمل (MOOPAM, 1999) مراحل آماده سازی و آنالیزهای شیمیایی بشرح زیر آغاز شد.

پس از خارج کردن نمونه های رسوب از انجماد، با استفاده از دستگاه فریز درایر (مارک ZiRBus مدل VaCo) رسوب کاملاً خشک شده و سپس مقدار مشخص از رسوب هر ایستگاه توزین شده و به ویال های مخصوص دستگاه ماکروویو منتقل گردید. در مرحله بعد ۳۰ میلی لیتر مخلوط ۵۰ : ۵۰ از حلال های هگزان نرمال مرک (Art.No.1.4371) و استن مرک (Art.No.100013) به آن اضافه و درب ویال ها کاملاً بسته شده و برای استخراج مواد نفتی به مدت ۳۰ دقیقه با شرایط دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به دستگاه ماکرو ویو سپرده شد (این مراحل طبق دستورالعمل دستگاه مایکرو ویو است چون از روش سوکسله برای استخراج استفاده نشد). پس از گذشت زمان مذکور نمونه های آماده شده در زیر هود با کمک کاغذ صافی، صاف شده و به کمک گاز نیتروژن حجم نمونه را به حدود ۱ میلی لیتر رسانده و ۰/۱ میلی لیتر محلول هگزان نرمال به نمونه ها اضافه کرده و پس از آن با استفاده از کروماتوگرافی ستونی و با کمک محلول حاصل از ترکیب ۱ گرم پودر مس اکتیو با ۵ میلی لیتر هگزان نرمال، سانتریفوژ انجام و به نمونه های استخراج شده اضافه می شود. بدین ترتیب ترکیبات مزاحم سولفور را از نمونه ها جدا کرده و پس از آنکه نمونه ها با کمک گاز ازت تغلیظ شد و به حجم حدود ۱ میلی لیتر رسید، نمونه استخراج شده فوق از

ستونی با قطر ۱ سانتی متر حاوی سیلیکاژل (Art.No.107719)، آلومینا (Art.No.1076) و سولفات سدیم مرک (Art.No.822286) (طبق دستور العمل MOOPAM, 1999)، عبور داده شد و چون این ستون دارای سه بخش سیلیکاژل، آلومینا و سولفات سدیم با قطبیت های متفاوت است می توان جدا سازی PAH ها را به خوبی انجام داد. محلول عبور داده شده از ستون مذکور پس از تغلیظ به دستگاه GC – Mass تزریق گردید.

بعد از انجام آزمایش ها، بر روی داده های حاصله، آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS (Version 13.0) انجام شد. برای بررسی نتایج (با توجه به غیر نرمال بودن داده ها) از آزمون های غیر پارامتریک و تست Mann-Whitney u استفاده شد.

### نتایج

**ایستگاه ماهروزه / خرداد:** نتایج حاصل از اندازه گیری PAH ها (۱۶ PAH لیست EPA که خطرناک و سمی هستند) در رسوب ایستگاه ماهروزه - اواخر خرداد در جدول (۱) آورده شده است. روش کد گذاری رسوب بدین گونه می باشد که Sed مخفف رسوب، M1 مخفف میانگین سه بار تکرار آزمایش ها، مربوط به اولین نقطه برداشت رسوب از ایستگاه ماهروزه، M2 مخفف میانگین سه بار تکرار آزمایش ها، مربوط به دومین نقطه برداشت رسوب از ایستگاه ماهروزه و M3 مخفف میانگین سه بار تکرار آزمایش ها، مربوط به سومین نقطه برداشت رسوب از ایستگاه ماهروزه می باشد (برای ایستگاه سلکه S1, S2, S3 و برای ایستگاه Cage, C1, C2, C3 استفاده شده است) و J

مخفف June یا اواخر خرداد است (برای اواخر شهریور مخفف Sep یا اواخر خرداد است).  
 لازم به ذکر است که اسامی کامل PAH ها که بصورت مخفف در زیر جدول آورده شده اند عبارتند از:

جدول ۱- مقادیر PAH ( $ng/g$ ) در نمونه رسوب ایستگاه ماهروزه - خرداد ۱۳۸۹

ترکیبات مورد بررسی*	Sed.M1/J	Sed.M2/J	Sed.M3/J	Mean
1) NA	0.906	0.785	1.039	0.91
2) ACPY	2.346	2.006	1.707	2.019
3) ACP	0.807	0.744	0.703	0.751
4) FL	0.758	0.666	0.311	0.578
5) PHEN	6.036	5.259	5.367	5.554
6) AN	0.455	5.447	5.663	3.855
7) FLUR	2.163	1.667	1.302	1.710
8) PY	2.378	1.937	1.214	1.843
9) BaA	0.991	0.665	0.298	0.651
10) CHRY	2.925	2.745	1.113	2.261
11) BbF	7.942	6.325	2.182	5.483
12) BkF	3.191	2.57	0.538	2.099
13) BaP	0.528	0.334	0.956	0.606
14) ICdP	2.993	2.659	2.095	2.582
15) dBan	1.289	1.087	1.445	1.273
16) BPe	3.236	2.97	1.786	2.664
$\Sigma PAH =$	38.944	37.893	27.719	34.839

\*: Naphthalene (NAP), Acenaphthylene (ACL or ACPY), Acenaphtene(ACN or ACP), Fluorene(FLU or FL), Phenanthrene(PHE), Anthracene(ANT), Fluoranthene(FLR or FLUR), Pyrene(PYR), Benzo (a) anthracene(BAA), Chrysene(CHR), Benzo (b) fluoranthene(BBF), Benzo (k) fluoranthene(BKF), Benzo(a)Pyrene(BAP), Indeno (1,2,3 - cd) pyrene(INP), Dibenzo (ah) anthracene(DBA), Benzo(ghi)perylene(BPR).

همچنین در ادامه به بررسی منشا آلودگی نفتی و ترکیبات PAH نیز پرداخته شد، بنابراین نسبت

فلورانتن به پایرن (PY) / (FLUR) و نسبت فنانترن به آنتراسن (AN) / (PHEN) نیز در تمامی نمونه‌های رسوب این ایستگاه محاسبه شد (جدول ۲).

جدول ۲- بررسی نسبت فلورانتن/ پایرن و نسبت فنانترن / آنتراسن ( $ng/g$ ).

در نمونه رسوب ایستگاه ماهروزه - خرداد ۱۳۸۹

ترکیبات مورد بررسی	Sed.M1/J	Sed.M2/J	Sed.M3/J
FLUR	2.163	1.667	1.302
PY	2.378	1.937	1.214
<b>FLUR / PY</b>	<b>0.9</b>	<b>0.86</b>	<b>1.07</b>
PHEN	6.036	5.259	5.367
AN	0.455	5.447	5.663
<b>PHEN / AN</b>	<b>13.26</b>	<b>0.96</b>	<b>0.94</b>
منشاء	پتروژنیک	پراکنده	پیروژنیک

ایستگاه سلکه / خرداد: با توجه به موارد مندرج جدول (۲) ملاحظه می شود که کمترین و بیشترین  $\Sigma PAH$  در رسوب ایستگاه سلکه در خرداد ماه بین  $187.399 - 22.54 ng/g$  می باشد.

از ۳ نمونه رسوب ایستگاه ماهروزه، در نمونه رسوب Sed.M1/J منشا PETROGENIC و در نمونه های رسوب Sed.M3/J منشا PYROGENIC دیده شد و در رسوب Sed.M2/J با توجه نسبت فلورانتن/ پایرن و نسبت فنانترن / آنتراسن، نمی توان منشا مشخصی را ذکر نمود.

جدول ۳ - مقادیر PAH ( $ng/g$ ) در نمونه رسوب ایستگاه سلکه - خرداد ۱۳۸۹

ترکیبات مورد بررسی*	Sed.S1/J	Sed.S2/J	Sed.S3/J	Mean
1) NA	0.702	0.793	1.046	0.847
2) ACPY	2.505	1.834	1.892	2.077
3) ACP	0.79	0.706	0.714	0.736
4) FL	5.691	0.295	0.309	2.098
5) PHEN	87.732	1.706	4.394	31.277
6) AN	12.805	1.949	0.46	5.071
7) FLUR	21.079	0.912	2.279	8.09
8) PY	26.051	0.801	2.26	9.704

9) BaA	6.01	0.534	1.143	2.562
10) CHRY	7.014	0.746	2.103	3.287
11) BbF	7.56	3.64	5.544	5.581
12) BkF	3.071	1.465	1.656	2.064
13) BaP	2.101	0.702	1.923	1.575
14) ICdP	2.236	2.64	0	1.625
15) dBan	0.883	1.452	3.184	1.839
16) BPe	1.169	2.365	2.451	1.995
$\Sigma PAH =$	187.399	22.54	31.358	80.432

همچنین نسبت فلورانتین به پایرن ( FLUR / AN ) و نسبت فنانترن به آنتراسن ( PHEN / PY ) نیز در رسوب این ایستگاه محاسبه شده است (جدول ۴).

جدول ۴- بررسی نسبت فلورانتین/ پایرن و نسبت فنانترن / آنتراسن ( $ng/g$ ),

در نمونه رسوب ایستگاه سلکه - خرداد ۱۳۸۹

ترکیبات مورد بررسی	Sed.S1/J	Sed.S2/J	Sed.S3/J
FLUR	21.079	0.912	2.279
PY	26.051	0.801	2.26
<b>FLUR / PY</b>	<b>0.8</b>	<b>1.13</b>	<b>1</b>
PHEN	87.732	1.706	4.394
AN	12.805	1.949	0.46
<b>PHEN / AN</b>	<b>6.85</b>	<b>0.87</b>	<b>9.55</b>
منشاء	پراکنده	پیروژنیک	پیروژنیک

رسوب ایستگاه ماهروزه در شهریور ماه بین - 57.891  $ng/g$  66.754 می باشد.

همچنین نسبت فلورانتین به پایرن ( FLUR / PHEN ) و نسبت فنانترن به آنتراسن ( PY / AN ) نیز در رسوب این ایستگاه محاسبه شده است (جدول ۴).

با توجه به نسبت فلورانتین/ پایرن و نسبت فنانترن / آنتراسن در ۳ نمونه رسوب ایستگاه سلکه، در رسوب Sed.S1/J منشا نامشخص و پراکنده (Diffuse) و در رسوب Sed.S2/J و Sed.S3/J منشا PYROGENIC دیده می شود.

ایستگاه ماهروزه / شهریور: با توجه به جدول (۵)

ملاحظه می شود که کمترین و بیشترین  $\Sigma PAH$  در

جدول ۵- مقادیر PAH ( $ng/g$ ) در نمونه رسوب ایستگاه ماهروزه - شهریور ۱۳۸۹

ترکیبات مورد بررسی*	Sed.M1/S	Sed.M2/S	Sed.M3/S	Mean
1) NA	3.521	3.964	11.897	6.460
2) ACPY	7.663	8.169	9.915	8.582
3) ACP	2.991	2.93	3.325	3.082
4) FL	1.296	1.236	2.659	1.730
5) PHEN	4.991	5.428	7.57	5.996
6) AN	5.025	5.608	1.521	4.051
7) FLUR	2.515	2.511	2.323	2.449
8) PY	1.292	4.68	2.891	2.954
9) BaA	3.424	1.319	1.856	2.199
10) CHRY	2.402	3.403	4.773	3.526
11) BbF	5.87	5.598	6.557	6.008
12) BkF	2.29	2.174	2.765	2.409
13) BaP	4.914	0.52	1.217	2.217
14) ICdP	2.965	4.308	0	2.424
15) dBan	3.141	3.671	3.06	3.290
16) BPe	3.389	4.372	4.425	4.062
$\Sigma PAH =$	57.689	59.891	66.754	61.439

جدول ۶- بررسی نسبت فلورانتین/پایرن و نسبت فنانتین / آنتراسن ( $ng/g$ )،

در نمونه رسوب ایستگاه ماهروزه - شهریور ۱۳۸۹

ترکیبات مورد بررسی	Sed.M1/S	Sed.M2/S	Sed.M3/S
FLUR	2.515	2.511	2.323
PY	1.292	4.68	2.891
<b>FLUR / PY</b>	<b>1.94</b>	<b>0.53</b>	<b>0.8</b>
PHEN	4.991	5.428	7.57
AN	5.025	5.608	1.521
<b>PHEN / AN</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>4.97</b>
منشاء	پیروژنیک	پراکنده	پراکنده



رسوب ایستگاه سلکه در شهریور ماه بین - 16.276  
69.823 ng/g می باشد.

همچنین نسبت فلورانتین به پایرن ( / FLUR  
PHEN) ((PY و نسبت فنانتین به آنتراسن ( /  
AN)) نیز در رسوب این ایستگاه محاسبه شده است  
(جدول ۸).

با توجه به نسبت فلورانتین/ پایرن و نسبت فنانتین /  
آنتراسن در ۳ نمونه رسوب ایستگاه ماهروزه، در رسوب  
Sed.M1/S منشأ PYROGENIC و در رسوب  
Sed.M2/S منشأ پراکنده و Sed. M3/S هم منشأ  
Diffuse دیده می شود.

ایستگاه سلکه / شهریور: با توجه به جدول (۷)  
ملاحظه می شود که کمترین و بیشترین  $\Sigma$ PAH در

جدول ۷- مقادیر PAH ( $ng/g$ ) در نمونه رسوب ایستگاه سلکه - شهریور ۱۳۸۹

ترکیبات مورد بررسی*	Sed.S1/S	Sed.S2/S	Sed.S3/S	Mean
1) NA	3.285	3.711	2.463	<b>3.153</b>
2) ACPY	6.931	11.125	0	<b>6.018</b>
3) ACP	2.808	3.239	0	<b>2.015</b>
4) FL	0.882	0.953	0.522	<b>0.785</b>
5) PHEN	2.139	2.373	0.284	<b>1.598</b>
6) AN	2.254	1.448	0.411	<b>1.371</b>
7) FLUR	1.669	2.15	0.709	<b>1.509</b>
8) PY	2.42	3.858	0.384	<b>2.220</b>
9) BaA	1.6	1.971	0.957	<b>1.509</b>
10) CHRY	2.153	2.708	0.752	<b>1.871</b>
11) BbF	7.442	5.506	2.994	<b>5.314</b>
12) BkF	2.934	2.84	1.064	<b>2.279</b>
13) BaP	0.605	11.943	0.545	<b>4.364</b>
14) ICdP	5.382	6.506	1.013	<b>4.300</b>
15) dBan	4.079	5.009	2.144	<b>3.744</b>
16) BPe	3.635	4.483	2.034	<b>3.384</b>
$\Sigma$ PAH =	50.218	69.823	16.276	45.439

در مقایسه بین مقادیر PAH ها در رسوب سلکه در خرداد و شهریور ماه، افزایش ناگهانی غلظت PAH ها در رسوب خرداد ماه در سلکه (187.399 = P) در دو فصل نشان نداد (P= 1).

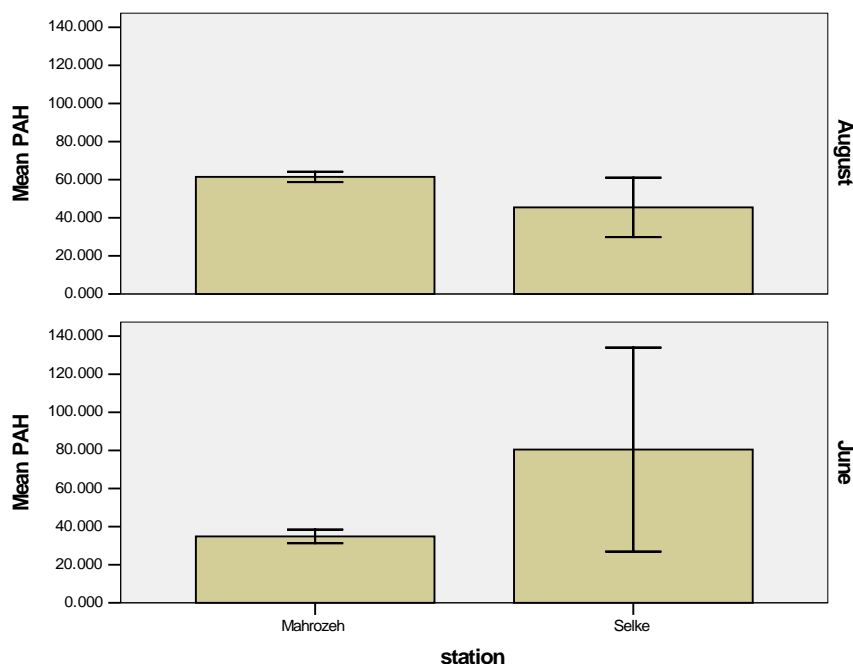
در مقایسه بین مقادیر PAH ها در رسوب سلکه در خرداد و شهریور ماه، افزایش ناگهانی غلظت PAH ها در رسوب خرداد ماه در سلکه (187.399 = P) در دو فصل نشان نداد (P= 1).

جدول ۸- بررسی نسبت فلورانتین/ پایرن و نسبت فنانتین / آنتراسن ( $ng/g$ )، در نمونه رسوب ایستگاه سلکه - شهریور ۱۳۸۹

ترکیبات مورد بررسی	Sed.S1/S	Sed.S2/S	Sed.S3/S
FLUR	1.669	2.15	0.709
PY	2.42	3.858	0.384
<b>FLUR / PY</b>	<b>0.68</b>	<b>0.55</b>	<b>1.84</b>
PHEN	2.139	2.373	0.284
AN	2.254	1.448	0.411
<b>PHEN / AN</b>	<b>0.94</b>	<b>1.63</b>	<b>0.69</b>
منشاء	پراکنده	پراکنده	پیروژنیک

با توجه به نسبت فلورانتین/ پایرن و نسبت فنانتین / آنتراسن در ۳ نمونه رسوب ایستگاه سلکه در نمونه های رسوب Sed.S1/S و Sed.S2/S منشأ پراکنده و در

نمونه های رسوب S3/S منشأ PAH ها پیروژنیک می باشد.



شکل ۱- مقایسه مقادیر PAH ( $ng/g$ )، در رسوب ایستگاه های ماهروزه و سلکه در دو فصل خشک و بارندگی

(خرداد و شهریور ۱۳۸۹)

همچنین بر طبق شکل ۱ مقادیر PAH ها در رسوب سلکه در شهریور ماه نسبت به خرداد ماه کاهش دارد، ولی آنالیز آماری اختلاف معنی داری نشان نداد ( $P>0/05$ ). علاوه بر آن با توجه به نتایج آنالیزهای مشخص گردید که بین مقادیر آلاینده PAH، در نمونه های رسوب دو ایستگاه ماهروزه و سلکه هم اختلاف معنی داری در خرداد ماه و در شهریور ماه هم وجود ندارد ( $P>0/05$ ).

### بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد که در مقایسه بین مقادیر PAH ها در رسوب سلکه، در خرداد و شهریور ماه، افزایش ناگهانی غلظت PAH ها در رسوب خرداد ماه وجود داشت (جدول ۳) که البته از نظر آماری اختلاف معنی داری با غلظت PAH ها در رسوب شهریور ماه نداشت ( $p>0/05$ )، با بررسی بیشتر و ملاحظه مقادیر مختلف انواع PAH در جدول های (۳ و ۷) مشخص گردید که این افزایش، بواسطه افزایش فنانترن، آنتراسن، فلورانتن و پیرن تنها در رسوب نمونه S1/J در جدول (۳) است و افزایش این چهار مورد PAH، سبب افزایش ناگهانی مقدار PAH در رسوب نمونه S1/J و در نهایت افزایش  $\Sigma$ PAH در کل رسوب سلکه در خرداد ماه گردیده است، بنظر می رسد این آلودگی نقطه ای و مقطعی باشد. لازم به ذکر است که در سایر نمونه های رسوب سلکه کدهای S3/J, S2/J در خرداد ماه (جدول ۳) چنین نتیجه ای حاصل نشد، بنابراین عملاً روند افزایش ناگهانی  $\Sigma$  PAH در رسوب سلکه در بهار غیرعادی بوده و صرفنظر از رسوب کد S1/J خرداد ماه سلکه، روند تغییرات  $\Sigma$ PAH در رسوب ایستگاه سلکه در شهریور

ماه (جدول ۷) شبیه به نمونه های رسوب در ایستگاه دیگر یعنی ماهروزه است.

همانطور که در بخش نتایج اشاره شد در تحقیق حاضر میزان میانگین  $\Sigma$ PAH در نمونه های رسوب ایستگاه ماهروزه در خرداد و شهریور به ترتیب نانو گرم بر گرم وزن خشک ۳۴/۸۳۹ و ۶۱/۴۳۹ و در ایستگاه سلکه در خرداد و شهریور به ترتیب نانو گرم بر گرم وزن خشک ۸۰/۴۳۲ و ۴۵/۴۳۹ گزارش شده است و طی بررسی در تحقیقات محققین در سایر نقاط جهان، مقادیر متفاوتی از PAH ها در نمونه های رسوب محیط های آبی کشورهای مختلف بشرح زیرگزارش شده است (جدول ۹):

در امریکای شمالی (سواحل ایالات متحده) تحقیقاتی بر روی میزان PAH ها صورت گرفته و بر طبق اعلام EPA میزان PAH ها در نمونه های رسوب این منطقه بین ۴۰۴۵۳-۱۳/۴ نانو گرم بر گرم وزن خشک می باشد. در بخش فلات قاره Pales verdes (منطقه ای بین امریکا و کانادا) میزان  $\Sigma$ PAH بین نانو گرم بر گرم وزن خشک ۷۰۳۷-۱۲۵۲ (Egnanhouse & Gossett, 1991) و میزان  $\Sigma$ PAH در نمونه رسوب مصب کارولینای جنوبی بین نانو گرم بر گرم وزن خشک ۳۳-۹۶۳۰ تعیین شده است (Kucklick *et al.*, 1997).

در تحقیقات دیگری در رسوب خلیج سانفرانسیسکو میزان  $\Sigma$ PAH مقداری بین نانو گرم بر گرم وزن خشک ۴۰-۶۳۰۰ داشته و منشأ آن پیروژنیک گزارش شده است (Pereira *et al.*, 1999). در رسوب تنگه جورجیا در کانادا میزان PAH  $\Sigma$  مقداری بین نانو گرم بر گرم وزن خشک ۳۰۰-۸۴۷۰ با منشأ احتراقی گزارش شده است (Yanker *et al.*, 1999). همچنین

- Oros & Ross (2004) مقادیر  $\sum$  PAH را در رسوب خلیج سانفرانسیسکو بین میلی گرم بر کیلوگرم ۳۱۶-۳۱ اعلام کرده اند.
- در رسوب بخش شرقی دریای مدیترانه میزان  $\sum$  PAH بین نانو گرم بر گرم وزن خشک ۲۰-۱۸۷۰۰ گزارش شده است (Yilmaz *et al.*, 1998). در سواحل مدیترانه نزدیک اسپانیا و فرانسه مقدار  $\sum$  PAH در نمونه رسوب بین ۰/۳۲-۸۴۰۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک اعلام شده است (Baumard *et al.*, 1998). در دریای بالتیک محققین مقدار  $\sum$  PAH را نانو گرم بر گرم وزن خشک ۳/۱۶-۳۰۱۰۰ گزارش کرده اند (Baumard *et al.*, 1999).
- طی تحقیقات انجام شده میزان  $\sum$  PAH در سواحل Cotonou (در کشور بنین) بین نانو گرم بر گرم وزن خشک ۸۰-۱۴۱۱ است (Soclo *et al.*, 2000).
- در نمونه های رسوب سطحی سواحل هنگ کنگ مقدار  $\sum$  PAH برابر نانو گرم بر گرم وزن خشک ۷/۲۵-۴۴۲۰ (Zheng & Richardson, 1999) اعلام شد و در خلیج Bohai مقدار  $\sum$  PAH بین (Zheng & Richardson, 1999) اعلام شد و در خلیج Bohai مقدار  $\sum$  PAH بین ۳۱-۲۵۱۳ ng/g dw می باشد (Ma, 2001).

جدول ۹- مقادیر PAH های کل در نمونه های رسوب دریایی امریکای شمالی، اروپا، افریقا و آسیا (ng/g وزن خشک)

مکان	مقادیر	مرجع
<b>North America</b>		
Entire US coast	13.4-40453	EPA EMAP Program <sup>1</sup>
Entire US coast	4.87-30674	NOAA Status and Trends program <sup>2</sup>
Pales Verdes Shelf, CA, USA	1252-7037	Eganhouse and Gossett (1991)
Alaska stations	2.17-733	Valette- silver et al. (1999)
Gulf of Alaska (Pre- Exxon valdez)	1096	Bence et al.(1996)
West Beaufort Sea (Polar Star sediments)	159-1092	Valette- Silver et al. (1999)
Fraser Estuary (BC, Canada)	180-620(combustion) 220-660 (petroleum)	Yunker et al. (1999)
Burrard Inlet (BC, Canada)	430-91800(combustion) 70-39500(petroleum)	Yunker et al. (1999)
Strait of Georgia (BC, Canada)	300-8470(combustion) 560-4300 (petroleum)	Yunker et al. (1999)
San Francisco Bay	40-6300(pyrogenic)	Pereira et al. (1999)
South Carolina estuaries	33-9630	Kucklick et al. (1997)
Narragansett Bay, RI	100-29300	Quinn et al.(1992)
New Bedford Harbor, MA	14000-170000	Pruell et al.(1990)

<b>Europe</b>		
Eastern Mediterranean Sea	20-18700	Yilmaz et al. (1998)
Baltic Sea	3.16-30100	Baumard et al. (1999)
Irish estuaries	83-22960	Guinan et al. (2001)
Gironde Estuary (France)	3.5-853	Soclo et al. (2000)
Arcachon Bay (France)	293	Soclo et al. (2000)
Cretan Sea (Eastern Mediterranean)	14.6-158.5 (73% combustion derived)	Gogou et al. (2000)
Lazaret Bya (central Mediterranean)	86.5-48060	Benlahcen et al.(1997)
Near- coastal spain and france (Mediterranean Sea)	0.32-8400	Baumard et al.(1998)
<b>Africa</b>		
Cotonou coast (Benin)	80-1411	Soclo et al.(2000)
<b>Asia</b>		
White Sea (Russia, Arctic Ocean)	13-208	Savinov et al.(2000)
Kyeonggi Ba (Korea)	9.1-1400	Kim et al.(1999)
Hong Kong (surtace)	7.25-4420	Zheng and Richardson (1999)
South china Sea	24.7-275.4	Yang (2000)
Yangtze River Estuary (core)	122-11740	Liu et al.(2000)
Bohai Bay	31-2513	MA et al.(2001)
Yellow Sea	20.5734	Cheng et al.(1998)
<b>Anzali Lagoon (North of Iran)</b>	<b>34.839- 80.432 ng/g</b>	<b>تحقیق حاضر</b>
<b>This Research</b>		

1: <http://www.epa.gov/emap/nca/html/data>

2:<http://ccmaserver.nos.noaa.gov/nsandtdata/NSandtdatasets/benthicsurveillance/welcome.html>

همچنین نتایج یک تحقیق دیگر بر روی رسوب کشورهای حوزه خلیج فارس میزان  $\sum\text{PAH}$  را بشرح ذیل اعلام کرده است:

در نمونه های رسوب امارات متحده عربی میزان  $\sum\text{PAH}$  ۰/۳۹-۹/۴ng/gdw بود در کشور قطر مقدار آن

نتایج تحقیق دیگری نشان می دهد که میزان  $\sum\text{PAH}$  در نمونه های رسوب سواحل دریای سفید (روسیه) بین ۱۳-۲۰۸ ng/g dw بود . (Savinov,2000)

آلودگی نفتی کمتر در تالاب نسبت به سواحل خزر در کشورهای فوق است و با توجه به فعالیت‌های گسترده نفتی در کشورهای شمالی و جنوبی خزر (نظیر قزاقستان و آذربایجان) امری اجتناب ناپذیر بنظر می‌آید.

همچنین در این تحقیق به منشا یابی آلودگی PAH ها در نمونه‌های رسوب هم پرداخته شد، در مورد منشا PAH ها در رسوب ماهروزه در خرداد ماه (فصل گرم و خشک)، با مراجعه به جدول (۲) و مشاهده منشا‌های مختلف (پیروژنیک، پتروژنیک و پراکنده)، در این ایستگاه نمی‌توان صراحتاً منشا مشخصی را برای آلودگی PAH ها اعلام نمود. با توجه به جدول شماره (۴) در مورد رسوب سلکه هم در خرداد ماه مشاهده می‌شود که منشا PAH در نمونه‌های کد S1/J, S2/J, S3/J منشا پیروژنیک و نمونه کد S1/J منشا پراکنده را نشان می‌دهد و نمی‌توان در مورد رسوب این ایستگاه هم صراحتاً اظهار نظر نمود.

در رسوب ماهروزه (جدول ۶) در شهریور ماه (فصل بارندگی) هم برای رسوب کد M1/J منشا پیروژنیک و برای رسوب کد M2/S, M3/S منشا پراکنده مشاهده می‌شود. بنابراین با توجه به موارد فوق به نظر نمی‌رسد بتوان صراحتاً منشا مشخصی را برای PAH ها در رسوب این منطقه اعلام نمود.

مشابه همین وضعیت در مورد رسوب سلکه در شهریور ماه دیده می‌شود (جدول ۸). یعنی با توجه به نسبت فناترن/آنتراسن و فلورانتن/پایرن، یک مورد منشا پیروژنیک (نمونه کد S3/J) و دو مورد (نمونه‌های کد S2/J, S1/J) منشا پراکنده گزارش می‌شود.

برابر  $ng/g dw$  ۹۲-۰/۵۵، در بحرین  $ng/g dw$  ۱۳-۶۶۰۰  $\sum PAH$  و در رسوب کشور عمان  $ng/g dw$  ۱/۶-۳۰  $\sum PAH$  می‌باشد (۲۰۰۵) Tolosa et al.,).

بنابراین با مقایسه مقادیر  $\sum PAH$  در تحقیق حاضر با مقادیر گزارش شده در رسوب سایر کشورهای جهان مشاهده می‌شود که در دو ایستگاه مورد بررسی در این پژوهش در تالاب انزلی (ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه) نسبت به سایر کشورها، بیشترین دامنه  $\sum PAH$  کمتر می‌باشد ولی در مقایسه با کشورهای حوضه خلیج فارس در جنوب ایران، مقدار  $\sum PAH$  در ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه (تالاب انزلی)، از رسوب امارات متحده و عمان بیشتر بوده ولی این مقدار از رسوب سواحل بحرین کمتر و تقریباً در حد رسوب سواحل قطر می‌باشد.

از سوی دیگر نتایج برخی از پژوهش‌های انجام شده در کشورهای حوضه دریای خزر در مقایسه با نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در کشورهای قزاقستان  $ng/g$  ۶-۲۹۴  $\sum PAH$ ، در روسیه  $ng/g$  ۶-۳۴۵  $\sum PAH$ ، در آذربایجان  $ng/g$  ۶-۲۹۸۸  $\sum PAH$  و در سواحل خزر در محدوده کشور ایران  $ng/g$  ۱۷۸۹-۸۴  $\sum PAH$  تعیین گردیده (Tolosa, Mora et al., 2004) که در مقایسه با نتایج این پژوهش در تالاب انزلی (میانگین  $\sum PAH$  در محدوده 34.839- 80.432  $ng/g$  تعیین شد) و کشورهای حوضه دریای خزر، مشاهده می‌شود که بیشترین میانگین  $\sum PAH$  تعیین شده در تالاب انزلی، از  $\sum PAH$  حاصل از نمونه‌های رسوب در کشورهای حوضه دریای خزر کمتر است و این امر نشان دهنده

بخصوص صنایع هم مقداری از این دسته آلاینده‌ها را وارد اتمسفر می‌کنند که می‌توانند مجدداً به سطح زمین و محیط‌های آبی برگشت نمایند. بطور کلی تحقیقات نشان می‌دهد که معمولاً بالاترین مقادیر PAH در سواحل شهرهای حاشیه بنادر است که بطور کاملاً مشخصی با افزایش فاصله از این مراکز شهری کاهش می‌یابد.

(Pruell & Quinn 1985; Baumard *et al.*, 1998.; Kim *et al.*, 1999.; Zheng & Richardson, 1999; Soclo *et al.*, 2000).

نکته حائز اهمیت این است که با توجه به خطرات بیولوژیکی PAH ها برای رسوب، غلظت ریسک پایین آنها یا ERL (Effects Range Low) برابر  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ۵۵۲ و غلظت ریسک متوسط ERM  $۳۱۶۰ \mu\text{g}/\text{kg}$  (Effects Range Medium) تعیین شده است (Culotta *et al.*, 2006)، از سوی دیگر آلودگی متوسط PAH ها در رسوب بین  $۱۰۰۰ \text{ng}/\text{g}$  -  $۱۰۰ \text{ng}/\text{g}$  (Baumard *et al.*, 1998) و سطح آلودگی بالای رسوب و در واقع آستانه PAH ها را  $۱۰۰۰ \text{ng}/\text{g}$  اعلام شده است (Johnson *et al.*, 2002). بنابراین با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان اعلام کرد که خوشبختانه میزان  $\sum\text{PAH}$  در رسوب ایستگاه‌های مورد بررسی در ماهروزه و سلکه در حد بحرانی نیست.

با توجه به موارد فوق مشخص می‌شود که امکان قضاوت صریح در مورد منشا PAH ها در نمونه‌های رسوب در ایستگاه‌های مورد بررسی وجود ندارد و این امر مشابه یافته‌های تحقیقی است که در نمونه‌های رسوب سواحل تانزانیا گزارش شده است (Gaspere *et al.*, 2009)، زیرا معمولاً منابع مختلف و زیادی می‌توانند از قبل در رسوبگذاری رسوب دخیل بوده باشند (Culotta *et al.*, 2006). علاوه بر آن افزایش غلظت  $\sum\text{PAH}$  در فصل بارندگی، این احتمال را قوت می‌بخشد که پساب‌های صنعتی که همراه با سیلاب‌ها وارد تالاب می‌شوند، علاوه بر منابع پتروژنیک و پیروژنیک در افزایش بار آلودگی دخیل می‌باشند (Culotta *et al.*, 2006). در واقع PAH ها در حال حاضر از آلودگی‌های مهم در تمامی محیط‌های آبی موجود هستند، مواردی نظیر نقل و انتقالات نفتی و عملیات انجام شده بر روی نفت خام از منابع ورود این دسته آلاینده (منابع پتروژنیک) به محیط می‌باشند (Latimer *et al.*, 2003) ولی بطور کلی این آلودگی بواسطه احتراق سوخت‌های فسیلی و بیوفسیلی در بخش‌ها و صنایع مختلف و فعالیت‌های مختلف بشر وارد محیط زیست می‌شوند (منابع پیروژنیک) همچنین موتورهای دیزلی در برخی خودروها و

- aromatic hydrocarbons in some Mediterranean coastal sediments, *Marine Pollution Bulletin*, 34(5), 298-305.
- Cheng, Y., Chen, L., Sheng, G., Min, Y., Jiamo Fand Bo S (1998). Distribution, Seasonal change and source identifications of PAHs in aerosols from Guangzhou, China. *China Environmental Science*, 18(2), 136-139
- Culotta, L., De Stefano, C., Gianguzza, A., Mannino, M. R & Orecchio, S., 2006. The PAH composition of surface sediments from Stagnone coastal lagoon, Marsala (Italy). *Marine Chemistry*, 99: 117-127.
- Eganhouse, R.P. & Gossett, R.W., 1991. Historical deposition and biogeochemical fate of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments near a major submarine wastewater out fall in Southern California. In Baker RA (Ed), *Organic Substances and Sediments in Water*, Lewis, Chelsea, USA.
- Gaspere, L., Machiwa, J.F., Mdachi, S.J.M., Streck, G. & Brack, W. 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination of surface sediments and oysters from the inter-tidal areas of Dar es Salaam (Tanzania). *Environmental Pollution*, 157: 24-34.
- Guinan, J., Charlesworth, M., Service, M., Oliver, T (2001) Sources and geochemical constraints of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments and mussels of two Northern Irish sea-loughs. *Marine Pollution Bulletin*, 42(11), 1073-1081.
- اقتصادی عراقی، پ. و سلیمی، ل. ۱۳۸۸. تعیین هیدرو کربنهای حلقوی آروماتیک (PAHs) در تالاب انزلی (منطقه سیاه کشیم) با استفاده از روش (HPLC): بررسی نقش ضریب تفکیک اکتانول/آب (Kow). *مجله پژوهش های علوم و فنون دریایی*، ۲: ۹۶-۸۶.
- Baumard, P., Budzinski, H. & Garrigues, P. 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and mussels of the Western Mediterranean Sea. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17: 765-776.
- Baumard, P., Budzinski, H., Michon, Q., Garrigues, P., Burgeat, T & Bellocq, J. 1998. Origin and bioavailability of PAHs in the Mediterranean Sea from mussel and sediment records. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47:77-90.
- Baumard, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Dizer, H & Handsen, P.D., 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments and mussels (*Mytilus edulis*) from the western Baltic Sea: occurrence, bioavailability and seasonal variation., *Marine Environmental Research*, 47: 17-47.
- Baumard, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Narbonne, J.F., Burgeot, T., Michel, X & Bellocq, J. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) burden of mussels (*Mytilus* spp.) in different marine environments in relation with sediments PAH contamination, and bioavailability. *Marine Environmental Research*, 47: 415-439.
- Benlahcen, KT., Chaoui, A., Budzinski, H., Bellocq, J., Garrigues, P (1997) Distribution and sources of polycyclic



- Naftiran. 1386. Available in: <http://www.nafttimes.com>.
- Waresh.1391. Available in: <http://www.waresh.org/blog/?p=3299>
- Johnson, L.L., Collier, T.K & Stein, J.E., 2002. An analysis in support of sediment quality thresholds for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) to protect estuarine fish, *Aquatic. Conservation Marine and Freshwater Ecosystem*, 12: 517–538.
- Kim, G.B., Maruya, KA., Lee, RF., Lee, J.H., Koh, C.H. & Tanabe, S. 1999. Distribution and sources of polycyclic hydrocarbons in sediments from Kyeonggi Bay, Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 38(1):7-15.
- Kucklick, J.R., Sivertsen, S.K., Sanders, M. & Scott, G.I. 1997. Factors influencing polycyclic aromatic hydrocarbons distributions in South Carolina estuarine sediments, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 213(1):13-29.
- Latimer, J. S. & Zheny, J. 2003. The sources transport and fate of PAH in the marine environment, *PAHs: An Ecotoxicological Perspective*. John Willey and Sons Ltd.
- Liang, Y., Tsea, M.F., Young, L. & Wong., M.H. 2007. Distribution patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the sediments and fish at Mai Po Marshes Nature Reserve, Hong Kong. *Water Research*, 41: 1303 – 1311.
- Liu, M., Baugh, P.J., Hutchinson, S.M., Yu, L., Xu, S (2000). Historical record and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in core sediments from the Yantze Estuary, *China Environmental Pollution*, 110(2), 357-365.
- Ma, M., Feng, Z., Guan, C., Ma, Y., Xu, H. & Li, H. 2001. DDT, PAH and PCB in sediments from the intertidal zone of the Bohai Sea and the Yellow Sea., *Marine Pollution Bulletin*, 42 (2): 132-136.
- MOOPAM, 1999. *Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods*, (V 1 -V 27), (VI 1-VI 23), Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. Kuwait.
- Oros, D.R & Ross, J.R.M. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons in San Francisco Estuary sediments, *Marine Chemistry*. 86: 169–184.
- Pereira, W.E., Hostettler, F.D., Luoma, S.N., Van Geen, A., Fuller, C.C. & Anima, R.J. 1999. Sedimentary record of anthropogenic and biogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in San Francisco Bay, CA. *Marine Chemistry*, 64(1-2), 99-113.
- Pruell, R.J., Norwood, C.B., Bowen, R.D., Boothman, W.S., Rogerson, P.F., Hackett, M., Butterworth, B.C (1990), *Geochemical study of sediment contamination in New Bedford Harbor, Massachusetts*, *Marine Environmental Research*, 29, 77-110.
- Quinn, J.G., Latimer, J.S., Leblanc, L.A., Ellis, J.T (1992) *Assessment of Organic Contaminants in Narragansett Bay Sediments and Hard Shell Clams*, NBP 92-111, Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI.
- Savinov, V.M. & Savinova, T.N., Carroll, J.L., Matishov, G.G., Dahle, S. & Naes, K. 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments of White Sea, Russia. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (10): 807-818.
- Soclo, H.H., Garrigues, P. & Ewald, M. 2000. Origin of polycyclic aromatic

- hydrocarbons (PAHs) in coastal marine sediments: Case studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) areas. *Marine Pollution Bulletin*, 40(5):387-396.
- Tolosa, I., Mora, S.J., Sheikholeslami, M.R., Villeneuve, J.P., Bartocci, J & Cattini, C. 2004. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 44-60.
- Tolosa, I., Mora, S.J., Fowler, S.W., Villeneuve, J.P., Bartocci, J. & Cattini, C. 2005. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine biota land coastal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1619-1633.
- Valette-Silver, N., Hameedi Jawed, M., Efurud, DW., Robertson, A (1999) Status of the contamination in sediments and biota from the Western Beaufort Sea (Alaska). *Marine Pollution Bulletin*, 38(8), 702-722.
- Yang, Gp (2000) Polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the South China Sea. *Environmental Pollution*, 108(2), 163-171
- Yilmaz, K., Yilmaz, A., Yemenicioglu, S., Sur, M., Salihoglu, I., Karbulut, Z., Telli Karrakoc, F., Hatipoglu, E., Gaines, A.F., Philips, D. & Hewer, A. 1998. Polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) in the eastern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 36(11):922-925.
- Yunker, M.B., Macdonald, R.W., Goyette, D., Paton, D.W, Fowler, B.R., Sullivan, D. & Boyd, J. 1999. Natural and anthropogenic inputs of hydrocarbons to the Strait of Georgia. *Science of the Total Environment*, 225 (3): 181-209.
- Zheng, G.J. & Richardson, B.J. 1999. Petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Hong Kong marine sediments. *Chemosphere*, 38(11): 2625-2632.

