پژوهشـــــی

مجله محیط شناسی، شماره ۳۳، بهار ۱۳۸۳، صفحه ۲۰-۱۶

بررسی کمی و کیفی «هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای» در هوای تهران در تابستان ۱۳۸۱

مهندس علیرضا پرداختی *

دکتر عباس اسماعیلی ساری **

مهندس الهام اسلامی ***

چکیده

ترکیبات «هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای» از جمله عوامل سرطانزا، جهش زا و آلاینده محیط زیست می باشند که به طور عمده بر اثر احتراق ناقص سوخت های فسیلی به وجود می آیند. در این میان ترکیب «بنـزو (a) پـایرین» از خاصـیت سـرطانزایی بسیار بالایی برخوردار است.

در شهر تهران مطالعه بر روی این ترکیبات به جهت مصرف فزاینده سوخت های فسیلی توسط خودروها، به عنوان مهم ترین منابع آلاینده هوا ضروری به نظر می رسد. برای این کار، ۱۳ ترکیب از آنان در ۷ ایسـتگاه (شـوش، آزادی، فردوسـی، پیـروزی (نیـروی هوایی)، بهشتی، تجریش و سعادت آباد(کاج)) مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار پس از نمونه برداری در صبح و عصر (هر یک به مدت ۸ ساعت) و استخراج نمونه ها، کمیت و کیفیت این ترکیبات با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف شناسایی گردید. نتـایج این مطالعه نشان می دهد که غلظت بالایی از این ترکیبات در مناطق مختلف شهر تهران وجود دارد، اما بنزو (a) پایرین در هوای تهران مشاهده نگردید. همچنین غلظت این ترکیبات ارتباط تنگاتنگی با میزان عبور اتومبیل ها دارد.

حداکثر غلظت این ترکیبات در صبح و عصر در شرق تهران (پیـروزی) مشـاهده گردیـد (ng/m^3 ۴۴۴۹ و ۳۰۷۸) و حـداقل آن در صبح مربوط به جنوب تهران (شوش) (ng/m^3 ۱۰۷۰) و در عصر مربوط به شمال تهران (تجریش)(ng/m^3 ۱۰۵۵) بوده است.

با توجه به افزایش و انباشت قابل توجه سایر آلاینده ها در عصر و در شرایط عادی شهر تهران، مقایسه این ترکیب نیز بین هـوای صبح و عصر در تهران انجام گردید.

عدم وجود تفاوت معنی دار در هر ایستگاه بین صبح و عصر می تواند به دلیل ته نشست ترکیبات متصل بـه ذرات معلـق و خـروج تدریجی این ذرات از هوا باشد. اما با توجه به نتایج این مطالعه، تفاوت معنی داری در صبح بین جنوب (شوش) و شـرق (پیـروزی) وجود داشته و در عصر این تفاوت معنی دار نبوده است. علت وجود تفاوت معنی دار را می توان در وجود تفـاوت فـاحش در میـزان تردد خودروها جست و جو کرد. این مطالعه بخوبی رابطه منطقی بین ترافیک و غلظت این ترکیبات را نشان داده است.

کلید واژه

هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای، هوای تهران، گاز کروماتوگرافی، آلودگی هوا.

تاریخ دریافت:۱۳۸۲/۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۶/۴

* مربی دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

** استادیار و مدیرگروه محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس.

*** دانشجوی مهندسی منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.

سرآغاز

هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه‌ای(PAHs)[1] گروهی از ترکیبات شیمیایی با حلقه های کربنی متصل به هم می باشند که به صورت‌های خطی، زاویه‌دار و یا خوشه‌ای فعال‌اند. این ترکیبات از «نفتالین» با دو حلقه شروع شده و به «کرونین» با هفت حلقه ختم می‌شوند(Sahs, 1994). بیشترین مقدار ترکیبات PAH از طریق فعالیت‌های انسانی، بویژه احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی در اتومبیل‌ها، پالایشگاهها و سایر فرایندهای صنعتی، گرمایش منازل، سوزاندن زباله در هوای آزاد و... به هوا وارد شده و به سیستم‌های خشکی و آبی وارد می‌گردند (Kulkarni and Venkataraman, 2000) در محیط‌های شهری، خودروها، منبع اصلی ترکیبات PAH در هوا می‌باشند(Keith and Telliard, 1979).

پدیده‌های طبیعی مانند آتشفشان‌ها، آتش سوزی جنگل‌ها و دشت‌ها، فعالیت گیاهان، باکتری‌ها و جلبک‌ها نیز در تشکیل این ترکیبات مؤثرند ولی از منابع آلاینده هوا به شمار نمی‌آیند.

اغلب این ترکیبات درهوا به صورت گازی منتشر شده، اجزای سنگین تر(با بیش از ۳حلقه) بسرعت به ذرات معلق ودوده چسبیده و با سردشدن متراکم می‌گردند(Kamens et al., 1995). این ذرات معمولاً قابل تنفس (با قطر زیر ۱ میکرون) بوده، بتدریج بزرگتر می‌گردند(Vaeck and Couwenberghe, 1985).

پایداری این ترکیبات در هوا از چند روز تا چند هفته بوده و در مسافت های طولانی حمل و پراکنده می گردند (Masclet et al., 1988).

ترکیبات PAH در واکنش‌های اکسیداسیون نوری، تجزیه حرارتی و ترکیب شیمیایی شرکت نموده، برخی مواد ثانویه و خطرناک‌تر را تولید می‌کنند(Nicolaou et al., 1984).

بسیاری از ترکیبات PAH سرطانزا و جهش‌زا بوده و در این میان ترکیب بنزو (a) پایرین، بیشترین اثر را دارا می‌باشد. این ترکیبات در بلندمدت خطر ابتلای به سرطان‌های پوست، ریه، مثانه و معده را افزایش داده، باعث ایجاد آب مروارید، زردی و تخریب کلیه و کبد می‌گردد. آثار کوتاه مدت این ترکیبات به صورت تحریکات چشمی، تهوع و استفراغ، اسهال و سرگیجه نمایان می‌گردد. اثر جهش‌زایی نیز به صورت نقص عضو بر روی جنین انسان ثابت گردیده است.

رشد بی‌رویه جمعیت، توسعه صنعتی، افزایش روزافزون خودروها و... در شهرهای بزرگ، بویژه در کلانشهر تهران موجب می‌گردد که این ترکیبات در هوا به میزان چشمگیری افزایش یابد و آثار جبران‌ناپذیری را بر سلامت جامعه باقی گذارد.

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه آسیایی، بررسی پیوسته کیفیت هوا در مورد برخی از مشخصه‌ها آغاز گردیده است ولی در مورد ترکیبات PAH به دلیل هزینه و مشکلات آنالیز، این کار ممکن نبوده، داده‌های محیط زیستی در این مورد به صورت پراکنده و بسیار اندک می‌باشد. در کشور ایران نیز تاکنون در این زمینه مطالعه‌ای در هوا صورت نپذیرفته و تنها این ترکیبات در نزولات جوی شهر تهران در چند ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته است(اسماعیلی ساری، ۱۳۷۶).

با توجه به آثار این ترکیبات بر روی انسان، انجام این مطالعه برای اولین بار در ایران ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه سعی شده است که ۱۳ ترکیب ۲ تا ۵ حلقه‌ای (به ترتیب: نفتالین، اسنفتالین، اسنفتین، فلوئورین، فنانترین، آنتراسین، فلوئورانتین، پایرین، بنزو(a) آنتراسین، کرایسین، بنزو(b) فلوئورانتین، بنزو (k) فلوئورانتین، بنزو (a) پایرین) مورد بررسی قرار گرفته و مجموع آنان بین هوای صبح و عصر تهران و همچنین بین مناطق مختلف تهران مورد مقایسه قرار گیرد.

مواد و روشها

نمونه‌برداری از هوای تهران در هفت ایستگاه واقع در شوش، آزادی، فردوسی، نیروی هوایی (پیروزی)، بهشتی، تجریش و سعادت آباد (کاج) در تیرماه سال ۱۳۸۱ انجام شده و انتخاب تعداد ایستگاهها با توجه به بودجه تعیین گردید. پمپ نمونه‌برداری هوا "Universal constant flow pumps" از نوع استاندارد «EX ۴۴-۲۲۴» با دبی قابل تنظیم، ۵ تا ۴۰۰۰ میلی لیتر در دقیقه ساخت کارخانه "SKC" برای نمونه‌برداری استفاده گردید. این کار در دو مرحله از شبانه روز به مدت ۱۶ ساعت (۸ ساعت صبح و ۸ ساعت عصر) با دبی ۲۰۰۰ میلی لیتر در دقیقه انجام و نمونه‌برداری در هر ایستگاه سه بار تکرار و نوسانات دبی برای محاسبه نهایی یادداشت شد و در مجموع ۴۲

نمونه برای کل ایستگاهها به دست آمد.

جاذب های هوا از نوع "Orbo TM-43" ساخت کارخانه "Supelco" و حاوی گرانول‌هایی در بخش‌های پسین و پیشین بوده و پس از انجام نمونه‌برداری، عایق‌بندی و برچسب‌گذاری به مکانی خنک منتقل گردیدند.

عمل استخراج نمونه‌ها با استفاده از حلال دی کلرومتان، دوبار برای هر سری از گرانول‌ها به شرح زیر انجام یافت:

ابتدا یک سی‌سی حلال دی کلرومتان به مواد جاذب اضافه شده و داخل «حمام ماوراء صوت[۲]» به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. محلول حاصل با استفاده از سرنگ‌های مخصوص به شیشه‌های دیگری منتقل شده عمل تغلیظ تا میزان ۱۰۰ میکرولیتر تحت تأثیر جریان ملایمی از گاز نیتروژن خالص، انجام گردید. سپس میزان ۲ میکرولیتر از آن به دستگاه گاز کروماتوگراف (GC)[۳] مدل ۶۱۰ "Unicam" با آشکار ساز شعله یونشی(FID)[۴] و ستون موئینه "Teknochroma" به طول ۶۰ متر و قطر ۰/۳۲ میلیمتر و با ضخامت فیلم ۰/۵ میکرون، از نوع TRB-۵ (دی متیل سیلاکسین) و گاز حامل هلیوم تزریق گردید.

دمای دستگاه GC در هنگام تزریق ۵۰ درجه سانتیگراد بوده، به مدت ۵ دقیقه ثابت مانده و سپس در هر دقیقه ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش یافته تا به ۳۲۰ درجه رسیده و ۲۰ دقیقه نیز در این دما ثابت بوده است.

قبل از عمل تزریق، استاندارد کالیبراسیون برای شناسایی «زمان ماند[۵]» هر یک از ترکیبات PAH، استفاده شده و در تشخیص پیک‌های نمونه تزریق شده، به کار گرفته شد.

کنترل کیفیت دستگاهها و روشها

برای اطمینان از روند آزمایش، مطابق دستور کار EPA[۶] ابتدا به منظور اطمینان از تمیز بودن دستگاه، حلال دی کلرومتان بتنهایی به دستگاه تزریق گردید(Instrument blank). سپس یک جاذب تمیز، دوبار، استخراج شده و جهت اطمینان از تمیز بودن حلال و شیشه آلات و روش استخراج تزریق گردید(Extraction blank).

مقدار مشخصی از استاندارد ترکیبات PAH بر روی یک جاذب تمیز ریخته شده، پس از استخراج، به دستگاه تزریق گردید(Spike).

غلظت ترکیبات PAH از روی منحنی، محاسبه و پس از مقایسه با غلظت واقعی بازدهی روش به دست آمد.

یافته ها

از بررسی ۱۳ ترکیب PAH در ایستگاههای مختلف و از میانگین سه تکرار، نتایجی حاصل گردید. تعداد خودروهای عبوری در هر مرحله از نمونه برداری از مرکز آمار سازمان کنترل ترافیک دریافت گردید. نتایج در جدول شماره (۱) نشان داده شده است.

افزایش غلظت PAHها با تعداد خودروهای عبوری، رابطه مستقیم دارد. تحلیل همبستگی (Correlation Analysis) نشانگر همبستگی معنی دار در سطح ۹۹ درصد می باشد ($P < ۰/۰۱$ و $r = ٪۹۷/۶$).

آزمون های آماری با استفاده از میانگین غلظت ها صورت پذیرفت. با استفاده از آزمون KS(Kolmogorov-Smirnov) نرمال بودن داده ها محقق گردید($P> ۰/۰۵$).

آزمون "Leven" نیز همگنی واریانس را در مورد داده ها اثبات کرد($P> ۰/۰۵$).

برای مقایسه ترکیبات PAH بین صبح و عصر در هر ایستگاه از آزمون t استفاده شده، تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نگردید($P> ۰/۰۵$) نتایج در جدول شماره (۲) نشان داده شده است.

برای مقایسه ترکیبات PAH بین ایستگاهها در صبح، نتایج آزمون «تحلیل واریانس یکطرفه» نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی دار، حداقل بین دو گروه از ایستگاهها بوده ($P> ۰/۰۵$). با استفاده از آزمون مقایسه چندگانه «توکی» (Tukey HSD) تفاوت معنی داری بین ایستگاههای شوش و پیروزی به دست آمد. نتایج در جداول شماره (۳ و ۴) ارائه شده است.

نتایج تحلیل واریانس یکطرفه در عصر، نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار، حداقل بین دو گروه بوده ($P> ۰/۰۵$)، با استفاده از آزمون توکی تفاوتی بین ایستگاهها در عصر حاصل نشد. نتایج در جداول شماره (۳ و ۵) نشان داده شده است.

جدول شماره (۱): میانگین غلظت ترکیبات PAH برای صبح و عصر در هر ایستگاه (برحسب ng/m^3)

ترکیبات PAH / ایستگاه و زمان نمونه برداری	Naphthalene	Acenaphthylene	Acenaphthene	Fluorene	Phenanthrene	Anthracene	Fluoranthene	Pyrene	Benzo(a) Anthracene	Chrycene	Benzo(b) Fluoranthene	Bnzo(k) fluoranthenene	Benzo (a) Pyrene	جمع کل	میانگین تعداد خودروهای عبوری در هر ساعت
صبح شوش	۲۱۱	۵۵۹	۵۴	۵۴	ز*	۱۹۱	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	۱۰۷۰	۱۳۲۱
عصر شوش	۳۶۳	۴۴۶	۱۹۱	۲۰۹	۲۳۹	۲۷۳	۲۷۵	ز	۱۹۳	ز	ز	ز	ز	۲۳۰۴	۲۸۰۲
صبح آزادی	۲۰۲	۱۷۲	۳۶۷	۱۰۴	۳۹۱	۴۵۷	۲۹۶	ز	ز	ز	ز	ز	ز	۱۹۸۹	۲۰۶۰
عصر آزادی	۴۷۲	۳۶۴	۳۴۹	۴۴۱	۱۰۳	۱۳۸	۱۵۹	ز	۱۶۳	ز	ز	ز	ز	۲۱۸۸	۲۱۱۱
صبح فردوسی	۱۹۸	۲۶۸	۳۸	۱۲۱	۶۳	۱۱۳	۸۰	۵۷	۱۵۶	۶۲	ز	ز	ز	۱۱۵۵	۱۴۳۹
عصر فردوسی	۲۷۳	۸۳	۴۳	۱۵۸	۳۷۱	۱۸۰	۱۲۸	ز	۶۰۰	ز	ز	ز	ز	۱۸۳۶	۱۹۹۵
صبح نیروی هوایی	۱۷۵۷	۷۶۹	۴۰۴	۲۵۷	۲۴۵	۱۶۳	۴۵۲	۱۶۰	ز	۲۴۳	ز	ز	ز	۴۴۴۹	۳۹۷۲
عصر نیروی هوایی	۸۲۴	۵۳۸	۲۴۱	۲۶۱	۲۱۹	۲۸۶	۱۲۸	۱۱۹	۲۳۰	۲۳۲	ز	ز	ز	۳۰۷۸	۳۲۸۳
صبح تجریش	۵۸	۱۵۸	۶۹	۳۳۹	۱۷۶	۱۸۱	۶۱	ز	۲۲۰	ز	ز	ز	ز	۱۲۶۲	۱۵۶۱
عصر تجریش	۲۱۰	۲۴۲	۵۹	۱۶۳	۱۳۰	۲۵۱	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	۱۰۵۵	۱۲۰۳
صبح سعادت آباد	۱۸۳	۵۸۴	ز	۲۳۵	۱۹۳	۲۹۲	۴۵۶	ز	۲۶۵	ز	ز	ز	ز	۲۲۰۸	۲۳۸۸
عصر سعادت آباد	۱۰۰	۵۲۰	ز	۳۴۰	۲۳۸	۲۵۲	ز	۲۱۵	۲۲۶	ز	ز	ز	ز	۱۶۶۶	۱۷۶۳
صبح بهشتی	۴۲۷	۴۳۰	۲۱۵	۳۴۱	۱۷۱	۴۱۴	۱۴۷	۱۴۶	ز	ز	ز	ز	ز	۲۲۸۹	۲۵۳۵
عصر بهشتی	۳۵۷	۴۵۲	۱۵۷	۱۱۹	۵۲	۲۰۷	ز	۱۱۷	۱۲۹	ز	ز	ز	ز	۱۵۹۱	۱۷۰۸

ز* = زیر حد تشخیص (حد تشخیص = ۲۰ ng/m^3)

همبستگی میان غلظت PAH ها و تعداد خودروها در سطح ۹۹٪ معنی دار می باشد ($p < ۰/۰۱$ و $R = ٪۹۷/۶$)

جدول شماره (۲): نتایج آزمون t باری تعیین تفاوت غلظت ترکیبات PAH بین صبح و عصر در هر ایستگاه

ایستگاه	t محاسباتی	درجه آزادی	مقدار P
شوش	-۱/۱۲۴	۴	۰/۳۲۴
آزادی	-۲/۲۹	۴	۰/۸۳۰
فردوسی	-۰/۸۵۹	۴	۰/۴۳۹
پیروزی	۰/۶۹۵	۴	۰/۵۲۵
تجریش	۰/۳۲۲	۴	۰/۷۶۳
کاج	۰/۵۳۲	۴	۰/۶۲۳
بهشتی	۱/۷۵۳	۴	۰/۱۵۴

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، مشاهده می گردد که در تمامی ایستگاهها غلظت این ترکیبات در هوا از حد بسیار بالایی برخوردار می باشد و شهروندان تهرانی با بسیاری از ترکیبات PAH از طریق هوا در تماس می باشند. در این میان بیشترین غلظت این ترکیبات در صبح و عصر در شرق تهران مشاهده گردیده است که با توجه به تعداد اتومبیل های بیشتری که در این منطقه در حال تردد بوده اند، قابل توجیه می باشد. از سویی دیگر شرق تهران به دلیل محصور بودن، از پتانسیل آلودگی بیشتری برخوردار است. کمترین غلظت این ترکیبات نیز در صبح و عصر به ترتیب در مناطق جنوبی و شمالی مشاهده گردیده که کمترین میزان عبور و مرور را دارا می باشند.

جدول شماره (۳): نتایج آزمون «تحلیل واریانس یکطرفه» بین ایستگاهها در دو زمان صبح و عصر

		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسباتی	مقدار P
صبح	بین گروهها	۲۸۶۱۵۹۸۴	۶	۴۷۶۹۳۳۰/۶	۳/۳۴۸	۰/۰۲۹
	درون گروهها	۱۹۹۴۴۳۸۱	۱۴	۱۴۲۴۵۹۸/۷		
	مجموع	۴۸۵۶۰۳۶۵	۲۰			
عصر	بین گروهها	۷۴۳۴۵۶۵۳	۶	۱۲۳۹۰۹۴/۲	۰/۵۲۲	۰/۷۸۳
	درون گروهها	۳۳۲۵۸۰۳۹	۱۴	۲۳۷۵۵۷۴/۲		
	مجموع	۴۰۶۹۲۶۰۵	۲۰			

جدول شماره (۴): نتایج آزمون «توکی» به منظور تعیین جفت ایستگاههای متفاوت از نظر میانگین غلظت PAH در صبح

وجود تعداد زیر رده های b و a برای آلفا = ۰/۰۵	میانگین	ایستگاه
a	۱۰۶۹/۶۶۶۷	شوش
ab	۱۱۵۴/۶۶۶۷	فردوسی
ab	۱۲۶۲/۰۰۰۰	تجریش
ab	۱۹۸۹/۰۰۰۰	آزادی
ab	۲۲۰۸/۰۰۰	کاج
ab	۲۲۸۹/۰۰۰۰	بهشتی
b	۴۴۴۹/۰۰۰۰	پیروزی

جدول شماره (۵): نتایج آزمون «توکی» به منظور تعیین جفت ایستگاههای متفاوت از نظر میانگین غلظت PAH در عصر

وجود تعداد زیر رده های b و a برای آلفا = ۰/۰۵	میانگین	ایستگاه
a	۱۰۵۵/۰۰۰۰	تجریش
a	۱۵۹۱/۰۰۰۰	بهشتی
a	۱۶۶۵/۶۶۶۷	کاج
a	۱۸۳۵/۶۶۶۷	فردوسی
a	۲۱۸۸/۳۳۳۳	آزادی
a	۲۳۰۳/۶۶۶۷	شوش
a	۳۰۷۸/۳۳۳۳	پیروزی

با وجود این که در شرایط معمولی بسیاری از آلاینده های هوا در تهران، در عصر از غلظت تجمع بیشتری برخوردارند (سازمان کنترل کیفیت هوا)، تفاوت معنی داری در غلظت ترکیبات PAH بین صبح و عصر مشاهده نگردید و هوای تهران از لحاظ وجود این ترکیبات در صبح و عصر در وضعیت تقریباً یکسانی قرار دارد. عدم تجمع این ترکیبات می تواند به دلیل ته‌نشینی و خروجی تدریجی ترکیبات PAH متصل به ذرات درشت معلق در هوای نسبتاً پایدار باشد.

در این مطالعه علی رغم وجود غلظت بسیار بالایی از ترکیبات PAH در هوای تهران، ترکیب بنزو (a) پایرین که سرطانزاترین آنها می باشد، یافت نشد. اما سایر ترکیبات PAH نیز دارای آثار سرطانزایی و جهش زایی بوده و در اثر گذشت زمان می توانند، سلامتی شهروندان تهران را به مخاطره افکند. بنابراین ضروری است مسئولان، به منظور کنترل ترافیک و بالا بردن سطح فرهنگ جامعه برای استفاده صحیح از خودروهای شخصی تدابیری بیندیشند.

یادداشتها

1- Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
2- Ultrasonic bath
3- Gas chromatograph
4- Flame Ionization Detector
5- Retention time
6- Environmental Protection Agency

منابع مورد استفاده

اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۷۶. بررسی نوع و غلظت ترکیبات «هیدروکربورهای آروماتیک چند حلقه‌ای» در نزولات جوی تهران در سال ۱۳۷۲، مجله منابع طبیعی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، جلد ۵۰، شماره ۱.

Kamens, R. et al. 1995. Some observations on time to equilibrium for semi volatile polycyclic aromatic hydro carbons. Environ. Sci. Technol, 24: 43-50.

Keith, L. H. and Telliard, W. A. 1979. Priority pollutants I. A perspective view. Environ. Sci. Technol., 13: 316- 423.

Kulkarni, P. and Venkataraman, Ch. 2000. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Mumbai, India. Atmos Environ., 34: 2785-2790.

Masclet, P. et al. 1988. Long range transport of gas particulates distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons at a remote site in the Mediterranean Sea. Atmos. Environ, 4: 639-650.

Nicolaou, K. et al. 1984. Source and chemical reactivity of polynuclear aromatic hydrocarbons in the atmosphere,a critical review. The Science of the Total Environ., 32:103- 132.

Sahs, R. B. 1994. Handbook of marine science. CRC Press publications: 326 pp.

Vaeck, L. V. and Cauwenberghe, K. V. 1985. Characteristic parameters of particle size distributions of primary organic constituents of ambient aerosols. Environ. Sci. Technol, 19: 707-716.