دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم

معاونت پژوهشی

شناسنامه طرحهای تحقیقاتی

عنوان :

بررسی تغییرات غلظت ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن(BTEX) و ذرات معلق($PM_{2.5}$،PM_{10}) در پارکینگ طبقاتی حرم حضرت معصومه(س)

عنوان انگلیسی:

Investigating the changes of the benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) concentration and particulate matter (PM10, PM2.5) in Masoumeh Shrine of Qom

اطلاعات کتابشناسی و لینک مقاله منتشر شده (در صورت وجود) :

Rezaali, M., Fouladi-Fard, R., Mojarad, H., Sorooshian, A., Mahdinia, M., & Mirzaei, N. (2021). A wavelet-based random forest approach for indoor BTEX spatiotemporal modeling and health risk assessment. Environmental Science and Pollution Research. https://doi.org/10.1007/s11356-020-12298-3

کد طرح : ۹۶۸۹۹	**تاریخ انتشار مقاله:** ۲ بهمن ۱۳۹۹
تاریخ خاتمه طرح:	
سال اجرای طرح : ۱۳۹۷	**محل اجرای طرح :** پارکینگ طبقاتی زائر قم

نام و نام خانوادگی مجریان طرح به ترتیب : رضا فولادی فرد، حسن مجرد، محمد خزایی، محسن مهدی نیا

چکیده :

مقدمه: با توجه به رشد روزافزون وسایل نقلیه و گسترش شهرها، نیاز به تامین پارکینگ خودروها افزایش یافته است. کیفیت هوای داخلی پارکینگ ها تحت تاثر ترافیک ورودی آنهاست. گازهای خروجی ازاگزوزها دارای مواد مختلفی از جمله ترکیبات BTEX می باشد که افرادی که دراین اماکن حضور می یابند در معرض این مواد قرار می گیرند. دراین تحقیق ارزیابی مواجهه با ترکیبات BTEX در پارکینگ طبقاتی «زائر» که یکی از بزرگترین پارکینگ های هوشمند طبقاتی است صورت پذیرفت

مواد و روشها: این مطالعه در فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۶ انجام شد. سه نقطه نمونه برداری در ورودی ، خروجی و میانه در هر طبقه از پارکینگ «زائر» واقع در مرکز شهر قم انتخاب شد و مطابق استاندارد 1501 NIOSH و نمونه برداریBTEX بصورت اکتیو و جذب در جاذب چارکول انجام گرفت و غلظت آلاینده ها پس از استخراج توسط CS2 بوسیله GC-FID اندازه گیری شدن.

نتایج: متوسط میزان غلظت BTEX در پارکینگ 1716.46 میکروگرم در مترمکعب بوده و همچنین نتایج نشان

می داد که در خروجی طبقات دوم و سوم میزان غلظت این الاینده نسبت به نقاط دیگربیشتر بوده است و همچنین در خروجی پارکینگ ها با توجه به توقف خودروها میزان BTEX نسبت به مکانهای دیگر بیشتر بود.

زمینه و هدف:

با توجه به رشد روزافزون وسایل نقلیه و گسترش شهرها، نیاز به تامین پارکینگ خودروها افزایش یافته است. به طور کلی، پارکینگ به عنوان یک عامل بسیار مهم برای برنامه ریزی و مدیریت سیستم های ترافیکی مدرن در نظر گرفته می شود در پارکینگهای کاملا بسته به علت تجمع آلاینده های سمی و خطرناک کیفیت هوای داخل آنها ناسالم می باشد. هر چند مدت زمان ماند افراد در پارکینگها کم می باشد اما هستند افرادی که به دلایل مختلف مدت زمان بیشتری را در این اماکن می گذرانند. کیفیت هوا در پارکینگها به عوامل زیادی نظیرنوع موتور،نوع سوخت،میزان مصرف سوخت،حجم پارکینگ،ظرفیت پارکینگ، نرخ جابجائی هوا و نوع تهویه، تکنولوژی های کنترل انتشار و... بستگی دارد گازهای خروجی ازاگزوزها دارای مواد مختلفی بوده که یکی از جمله این مواد هیدروکربنهای آروماتیک(BTEX) می باشد.

در این طرح با سنجش میزان هیدروکربنهای آروماتیک در نقاط و فصول مختلف و بررسی فضایی-زمانی داده‌ها با هدف شناسایی پراکنش این آلاینده‌ها در نقاط مختلف پارکینگ زائر قم و توزیع زمانی آن‌ها سعی در جهت کنترل بهتر این آلاینده‌ها شده است.

روش ها:

با توجه به رشد روزافزون وسایل نقلیه و گسترش شهرها، نیاز به تامین پارکینگ خودروها افزایش یافته است. به طور کلی، پارکینگ به عنوان یک عامل بسیار مهم برای برنامه ریزی و مدیریت سیستم های ترافیکی مدرن در نظر گرفته می شود در پارکینگهای کاملا بسته به علت تجمع آلاینده های سمی و خطرناک کیفیت هوای داخل آنها ناسالم می باشد. هر چند مدت زمان ماند افراد در پارکینگها کم می باشد اما هستند افرادی که به دلایل مختلف مدت زمان بیشتری را در این اماکن می گذرانند. کیفیت هوا در پارکینگها به عوامل زیادی نظیرنوع موتور،نوع سوخت،میزان مصرف سوخت،حجم پارکینگ،ظرفیت پارکینگ، نرخ جابجائی هوا و نوع تهویه، تکنولوژی های کنترل انتشار و... بستگی دارد گازهای خروجی ازاگزوزها دارای مواد مختلفی بوده که یکی از جمله این مواد هیدروکربنهای آروماتیک(BTEX) می باشد.

در این طرح با سنجش میزان هیدروکربنهای آروماتیک در نقاط و فصول مختلف و بررسی فضایی-زمانی داده‌ها با هدف شناسایی پراکنش این آلاینده‌ها در نقاط مختلف پارکینگ زائر قم و توزیع زمانی آن‌ها سعی در جهت کنترل بهتر این آلاینده‌ها شده است.

با توجه به شرایط محیطی درروزهای پایانی تابستان مرحله اول نمونه برداری انجام گرفت در مرحله اول ،نمونه برداری در چهار روز درنقاط مختلف پارکینگ(ورودی،خروجی و محوطه طبقات) انجام گردید و در مرحله دوم نیز اواخر آبانماه که دمای هوا کاهش یافت انجام شد.در مرحله دوم نیز روند نمونه برداری تقریبا"شبیه

مرحله اول و در چهار روز و در نقاط ورودی،خروجی ومحوطه پارکینگ انجام شد. در کنار نمونه برداری از طبقات پارکینگ از طبقه ۱- مرکز خرید نیز نمونه برداری صورت گرفت لذا در مجموع٤٦نمونه جمع آوری شد. . نمونه برداری بر اساس روش۱۵۰۱ مرکز تحقیقات ملی بهداشت و ایمنی شغلی ایالات متحده آمریکا (NIOSH1501) انجام گردید. دستگاه مورداستفاده در نمونه برداری دستگاه SKCمدل ۲۲٤-٤٤TX بود و از تیوپهای جاذب چارکل کوکنات(SKC مدل ۲۲٦۰۱) استفاده شد، نمونه برداری در دو ساعت و با ظرفیت مکش۰/۲ لیتر بر دقیقه (میزان هوای عبوری ازداخل جاذب تقریبا"۲٤ لیتر بوده است) و درفاصله ۱۲۰-۱۵۰سانتی متری زمین انجام گرفت. به این صورت که دو انتهای لوله های جاذب را شکسته و با توجه به علامت فلش که جهت جریان هوا رانشان می‌داد لوله جاذب را به ورودی پمپ متصل کرده و بعد ازپایان نمونه برداری دوانتهای لوله شیشه ای جاذب راتوسط درپوش پلاستیکی کاملاً بسته و تا قبل ازآنالیزدردمای پائین تر ازصفر نگهداری شد. در کنار نمونه برداری BTEX، میزان دما و رطوبت نیز در طول نمونه برداری بوسیله دستگاه دما سنج و رطوبت سنج دیجیتال مدل PHB-318 اندازه گیری و ثبت گردید.

برای بازیافت آلاینده ها از جاذب، طبق دستورالعمل NIOSH1501 از حلال دی سولفید کربن(CS2) استفاده گردید لذا با برداشت درپوش پلاستیکی لوله جاذب و همچنین اسفنجی که در قسمت جلوئی آن قرار داشت ،کربن فعال موجود در قسمت جلوئی لوله را داخل یک ویال شیشه ای ریخته و یک میلی لیتر حلال کربن دی سولفید را به آن اضافه کرده، سپس درب پلاستکی ویال را محکم بسته و در مورد قسمت عقبی نیز همین کار را انجام داده و در یک ویال دیگر ریخته و در نهایت ویال¬های حاوی قسمت جلو و عقب را به مدت ۳۰ دقیقه داخل ویبراتور قرار داده تا ماده جذب شده از سطح جاذب جدا و وارد حلال شود سپس از حلال بدست آمده نمونه تزریقی تهیه و برای تزریق به دستگاه کروماتوگرافی استفاده شد.و جهت تجزیه نمونه ها از دستگاه GC-FID مدل Agilent 7890 استفاده گردید.دتکتور مورد استفاده در این تزریق از نوع FID با تکنیک Split با نسبت تزریق ۵ به ۱ و درجه حرارت تزریق و آشکار ساز به ترتیب C250 وC300 وحجم تزریق یک میکرو لیتر ،گاز حامل هلیوم و نرخ جریان 1 ml/min و همچنین ستون مورد استفاده از نوع HP-5 ، طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی متر بود.در این انالیز ابتدا با تزریق محلول‌های با غلظت مشخص و اخذ کروماتوگرام این ترکیب ،منحنی کالیبراسیون دستگاه جهت تعیین غلظت BTEX تهیه شده و سپس نمونه ها به دستگاه تزریق گردید.

برای محاسبه ارزیابی اثرات بهداشتی آلاینده های مد نظر(BTEX) ابتدا میزان مصرف مزمن روزانه آلاینده های مذکور(EC) را از طریق فرمول شماره ۲ محاسبه کرده و در ادامه جهت برآورد ریسک بهداشتی ترکیبات

BTEXاز فرمولهای شماره۵-۳ به شرح ذیل استفاده شد. امید به زندگی در ایران ۷۶ سال در نظر گرفته شده است.

فرمول ۲: مصرف مزمن روزانه آلاینده از طریق هوا $EC = (CA \times ET \times EF \times ED)/AT$

EC[1]: مصرف مزمن روزانه آلاینده از طریق هوا برحسب $\mu g/m^3$

CA[2]:غلظت آلاینده در هوا برحسب $\mu g/m^3$

ET[3]: مدت زمان مواجهه روزانه (h/d)

EF[4]: فراوانی تماس (مواجهه با آلاینده) بر حسب روز در سال (d/y)

ED[5]: مدت تماس مواجهه با آلاینده بر حسب سال

AT[6]: متوسط زمان مواجهه در اثرات سرطانزا (LT × 365 ×24 h)

AT: متوسط زمان مواجهه در اثرات غیر سرطانزا(ED × 365 ×24 h)

LT[7]: متوسط عمر ۷۶سال

فرمول ۳: اندیس خطر غیر سرطانی	$HQ = EC/Rfc$
فرمول ٤: شاخص کلی خطرغیرسرطانی	$\sum_{i=1}^{n} HQi$

بنزن و اتیل بنزن علاوه بر اثرات غیر سرطانی که ایجاد می‌کنند و در بالا به آن اشاره شد در خطرات سرطان زائی نیز تاثیر گذار هستند که برای محاسبه میزان خطر سرطانزائی این دوآلاینده از فرمول شماره ۵ استفاده کرده و میزان خطر سرطانزائی بر اساس توصیه EPA 10^{-6} می‌باشد.

فرمول ۵: خطر سرطان در طول عمر یک فرد	$LTCR = EC \times IUR$

LTCR: **احتمال بروز سرطان در طول زندگی یک فرد (بدون بعد)**

جدول شماره : مقدار اعداد مورد استفاده در فرمول محاسبه EC **(۲۲, ۲۳)**

داده‌ها	توضیحات	مقدار	واحد

EC	میزان مواجهه	محاسبه می شود	µg/m³
CA	غلظت آلاینده در هوا	بر اساس نتایج آزمایشات	µg/m³
ET	زمان مواجهه	۸	h/day
EF	فرکانس مواجهه	۳۳۵	d/year
ED	مدت مواجهه	۳۰	year
AT	متوسط زمان مواجهه	محاسبه می شود	hour
LT	متوسط عمر	۷۶	year

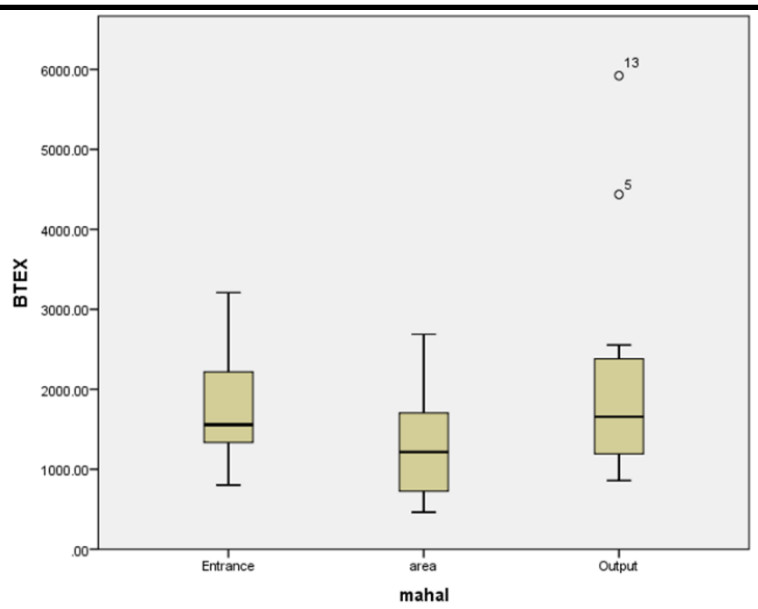
یافته‌ها:

همانگونه که در جدول شماره یک مشخص است غلظت BTEX را در مرحله اول و دوم نشان می دهد که در مرحله اول دمای متوسط ۳۳.۵۹ و رطوبت ۱۴.۸۱ درصد و در مرحله دوم میزان دمای متوسط ۲۴.۸۹ درجه سانتیگراد و رطوبت ۲۷.۷۱ درصد می باشد که بیشترین میزان BTEX مربوط به مرحله اول به میزان5921.25 و کمترین میزان BTEX در مرحله اول 462.50 و بیشترین میزان BTEX مربوط به مرحله دوم نمونه برداری 2553.75 و کمترین میزان BTEXدر مرحله دوم 642.50 می باشد و بیشترین میزان انواع BTEX مربوط به گزیلن در مرحله اول به میزان 2511.67 و کمترین میزان مربوط به بنزن در مرحله اول و به میزان15.83 می باشد. جدول شماره دو و نمودار شمار دو نشان می دهد که میزان ترکیبات BTEX در قسمت خروجی پارکینگ بدلیل اینکه بیشتر مواقع خودروها توقف کوتاهی برای کنترل ورود و خروج دارند نسبت به نقاط دیگر بیشتر می باشد. نتایج کلی نشان می دهد که به ترتیب بنزن،تولوئن، اتیل بنزن و زایلن به ترتیب ۱۴، ۴۰، ۸ و۳۸ درصد ترکیبات BTEX را شامل می شوند.

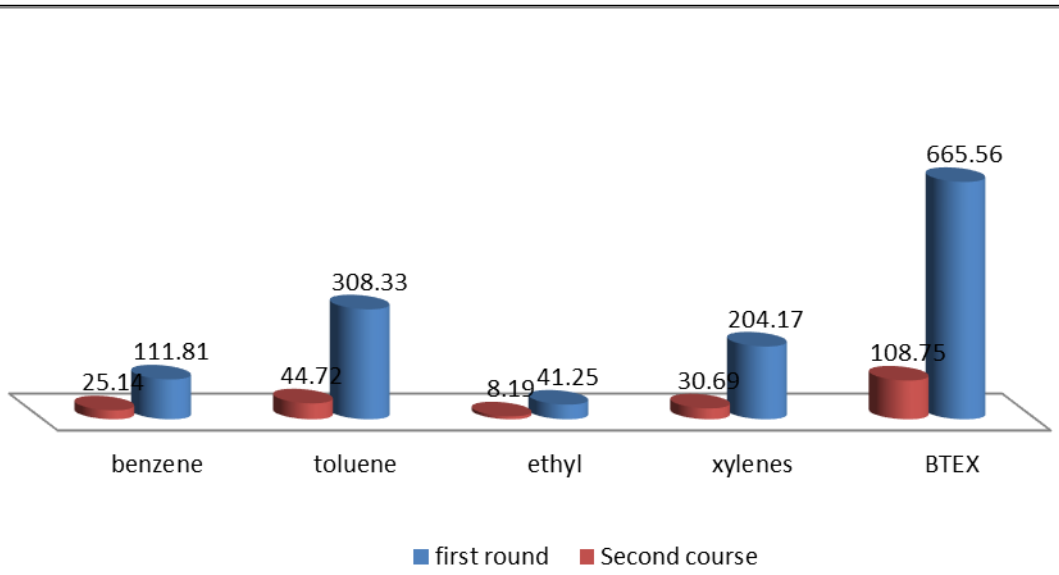
در مرکز خرید در هر دوره ۳ نمونه اخذ گردید که نمودار شماره دو ، مقایسه BTEX در مرکز خرید(طبقه ۱-) در دو دوره اول و دوم رانشان می دهد که بررسی نتایج در مرکز خرید نشان می دهد که در دوره اول(تابستان) میزان BTEX خیلی بیشتر از غلظت آن در دوره دوم (پائیز) می باشد.

---

[1] **Exposure Concentration**
[2] Concentration in Air
[3] exposure time
[4] Exposure ferquency
[5] exposure duration
[6] Averaging time
7 lifetime
[8] Hazard Index



نمودار شماره ۲:مقایسه میزان ترکیباتBTEX در مرکز خرید در دو دوره اول و دوم



۳-۲ : ارزیابی اثرات بهداشتی

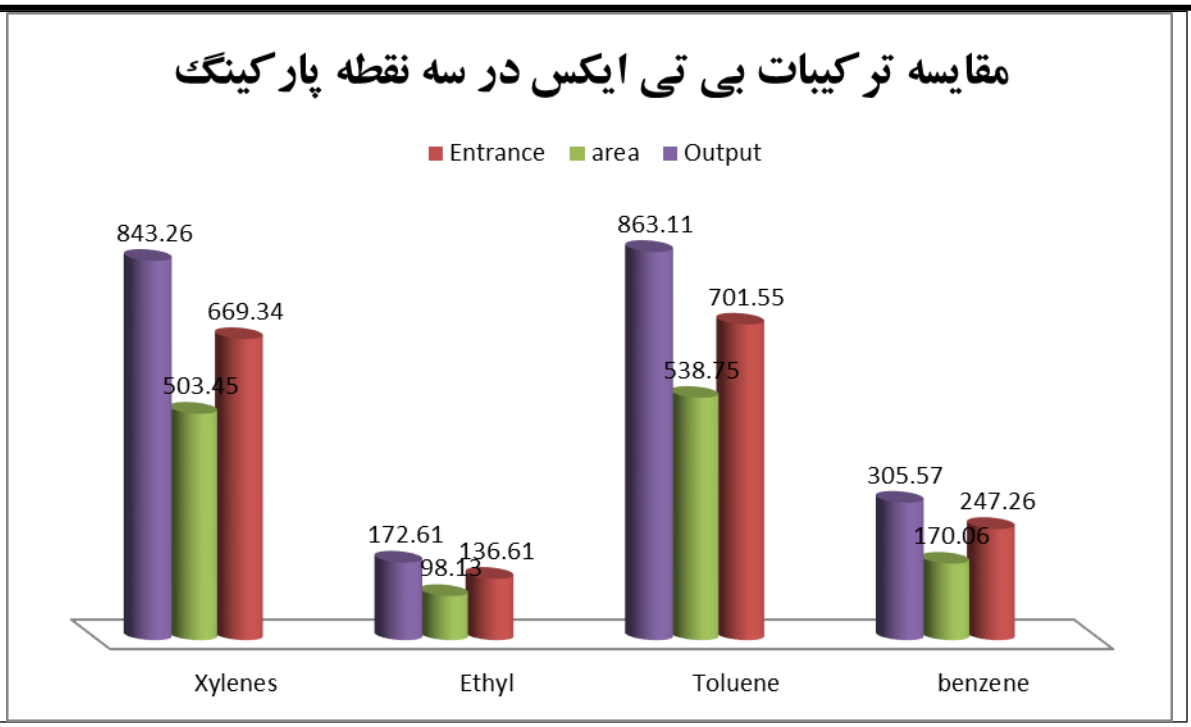
طبق جدول شماره سه میزان متوسط خطر سرطان زائی بنزن و اتیل بنزن برای افراد در معرض الودگی با عمر متوسط۷۶ سال ۱۰-۶× ۲۶۳ بدست آمد و خطر غیر سرطانزائی ترکیبات بنزن،تولوئن ،اتیل بنزن و زایلن به ترتیب ۲.۴ ، ۰.۰۴ ، ۰.۰۴ و ۲.۲ و خطر سرطانزائی کلی ۴.۵ بدست آمد که نتایج نشان می دهد که میزان ترکیبات BTEX برای خطر سرطانزائی و غیر سرطانزائی بالاتر از میزان توصیه شده سازمان جهانی بهداشت می باشد. طبق توصیه سازمان بهداشت جهانی میزان خطر سرطانزائی ترکیبات فوق الذکر می بایست کمتر از ۱۰-۶ بوده و ترکیبات غیر

سرطانزائی می بایست کمتر از یک باشد

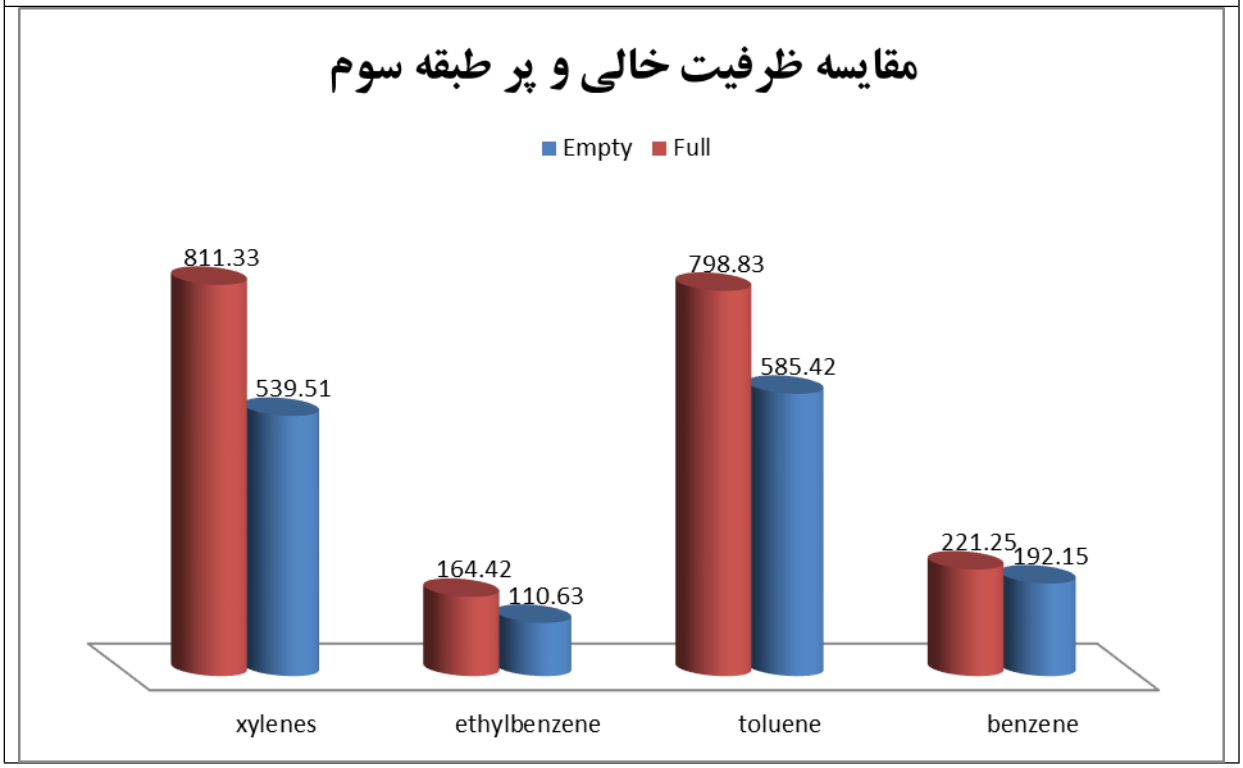
Table 1						
doreh		benzene µg m-3	Toluene µg m-3	Ethyl µg m-3	Xylenes µg m-3	BTEX µg m-3
دوره اول	Mean	262.4590	810.2930	159.4380	787.4585	2019.6455
	N	20	20	20	20	20
	Std. Deviation	145.17024	494.18463	111.59557	557.33837	1293.01449
	Minimum	15.83	195.42	32.92	163.33	462.50
	Maximum	624.17	2281.67	503.75	2511.67	5921.25
دوره دوم	Mean	208.1353	560.6579	105.0647	523.4642	1397.3247
	N	19	19	19	19	19
	Std. Deviation	88.29335	230.85148	45.77971	212.71052	566.77450
	Minimum	100.83	265.00	45.83	230.83	642.50
	Maximum	373.33	1024.17	204.58	969.58	2553.75
Total	Mean	235.9936	688.6759	132.9485	658.8459	1716.4636
	N	39	39	39	39	39
	Std. Deviation	122.41973	404.14340	89.31735	441.15216	1042.78942
	Minimum	15.83	195.42	32.92	163.33	462.50
	Maximum	624.17	2281.67	503.75	2511.67	5921.25

Table 2						
mahal		benzene µg m-3	Toluene µg m-3	Ethyl µg m-3	Xylenes µg m-3	BTEX µg m-3
Entrance	Mean	247.2621	701.5493	136.6064	669.3443	1754.7621
area	Mean	170.0586	538.7500	98.1257	503.4521	1310.3857
Output	Mean	305.5691	863.1064	172.6127	843.2582	2184.5464

نمودار ۲:مقایسه ترکیبات بی تی ایکس در سه نقطه پارکینگ



نمودار شماره سه



جدول شماره : ارزیابی کلی اثرات سرطانزائی و غیر سرطان زائی ترکیباتBTEX در پارکینگ

آلاینده	EC (µg/m3) Carcinogenic effect	EC (µg/m3) Non-Carcinogenic effect	RfC (mg/m3)	IUR (µg/m3)	HQ	HI	IR	Total RISK
بنزن	28.5	۷۲.۲	۰.۰۳	7.8×10^{-6}	2.41	4.51	۰.۰۰۰۲۲۲۳	۰.۰۰۰۲۶۳
تولوئن	83.17	۴۲.۱۲	۵	–	0.04		–	
اتیل بنزن	16.1	۴۰.۶۷	۱	2.5×10^{-6}	0.04		۰.۰۰۰۰۴۰۲۵	
زایلن	۷۹.۷	۲۰۱.۵۶	۰.۱	–	2.02		–	
استاندارد EPA	–	–	–	–	<1	<1	$<1\times10^{-6}$	$<1\times10^{-6}$

نتیجه گیری:

در طول مدت نمونه برداری درروزهائی که ظرفیت پذیرش خودرو کم بود در طبقه سوم پذیرش خودرو صورت نمی گرفت لذا مقایسه ای نیز در خصوص این موضوع انجام گرفت لذا هنگامی که طبقه سوم خالی از خودرو بود نیز نمونه برداری صورت گرفت که نتایج نمونه برداری برابر نمودار شماره یک نشان می دهد که در هنگام ظرفیت پر میزان ترکیبات BTEX از زمانی که ظرفیت خالی است بیشتر می باشد.

با توجه به اینکه در پارکینگ مذکور تعداد زیادی از پرسنل به صورت سه شیفت کاری ۸ ساعت در طول شبانه روز مشغول فعالیت هستند لذا ارزیابی اثرات بهداشتی ترکیبات BTEX برای آنها محاسبه گردید که نتایج نشان می دهد که خطر سرطانزائی و اثرات غیر سرطانزائی برای این افراد بالاتر از محدوده مجاز بوده لذا کاهش شیفت‌های کاری وکاهش ساعت کاری و همچنین جابجائی محل کار آنها با پرسنل دیگردر فضای باز و همچنین استفاده از سیستمهای تهویه مناسبتر می تواند تاثیرات سوئ این الاینده ها را بر افراد شاغل در این محل کاهش دهد.

واژه های کلیدی:

آلایندگی پارکینگ، BTEX، ارزیابی اثرات بهداشتی

نتایج طرح قابل استفاده برای کدام گروه هدف است؟

سیاستگذاران: وزارت بهداشت ۲ O– ریاست دانشگاه ۳ O– مدیران ارشد ۴ O– مسئولان حوزه درمان O

۵– متخصصان ۶ O– مردم عادی ۷ O– سایر: صنایع کوچک، اداره کار استان O

محدودیت های مطالعه:

تعداد و کمیت داده‌های سنجش شده تحت مطالعه می‌توانست بیشتر باشد اما سایر محدودیت‌های مطالعه باتوجه به ابزارهای مورد استفاده قابل توجه نبود.

پیشنهادها: در خصوص دیگر الاینده های هوا و راهکارهای مدیریتی و مهندسی کنترل آلودگی هوا در پارکینگها بررسی های دیگری می تواند پیشنهاد شود.

راه ارتباط با مجریان:

ایمیل: rezafd@yahoo.com شماره تلفن: 09119525525