مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

# بررسی مشاهداتی غلظت آلاینده BTEX حین عملیات سوختگیری در هوای داخل جایگاه‌های شهری همدان

**مریم بحیرایی*[۱]**

*۱*- کارشناس بهداشت محیط شهرداری همدان، ایران*

**نوع مقاله:**
پژوهشی

**تاریخچه مقاله:**
دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

**کلمات کلیدی:**
BTXE
آلودگی هوا
جایگاه سوخت
همدان

**چکیده**

**مقدمه:** جایگاه‌های سوخت یکی از منابع عمده گسیل BTEX به جو هستند. بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزلین از هیدروکربن‌های آروماتیک تشکیل دهنده BTEX به شمار می‌روند. ترکیبات BTEX فراوان‌ترین ترکیبات آلی فرار در جو و آب‌های سطحی می‌باشند. این ترکیبات می‌توانند سلامتی کارکنان، رانندگان و ساکنان اطراف را تحت تأثیر قرار دهند. با توجه به خطرات ترکیبات BTEX بر سلامت افراد و امکان انتشار زیاد آن‌ها از جایگاه‌های سوخت، بررسی غلظت این ترکیبات و کنترل انتشار آن‌ها در جایگاه‌های سوخت امری ضروری و گامی مؤثر در پیشگیری از عوارض ناشی از آن‌ها می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی میزان BTEX در هوای محیطی جایگاه‌های سوخت شهر همدان و اطراف آن و مقایسه با استانداردهای هوای شغلی و تنفسی است.

**مواد و روش‌ها:** نمونه‌ها طبق روش NIOSH و دستورالعمل جاذب SKC توسط پمپ نمونه‌برداری فردی از هوای داخل و اطراف جایگاه‌های سوخت فلسطین، خوانساری و فروغ واقع در همدان جمع‌آوری شدند. غلظت ترکیبات BTEX توسط حلال دی کرومتان استخراج و با استفاده از دستگاه GC/FID سنجش شد. پردازش آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

**نتایج:** میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در داخل جایگاه سوخت خوانساری به ترتیب ۱/۲۳ mg/m3، ۳/۳۲، ۰/۳۱ و ۱/۴۳، در جایگاه سوخت فلسطین به ترتیب ۱/۵۳ mg/m3، ۴/۱۴، ۰/۲۹ و ۱/۲۵ و در جایگاه سوخت فروغ به ترتیب ۲/۲۳ mg/m3، ۱/۶۵، ۰/۴۲ و ۱/۲۲ تعیین شد. بیشترین غلظت ترکیبات BTEX در داخل جایگاه سوخت قرار داشت و با افزایش فاصله از مناطق خدماتی غلظت آن‌ها کاهش پیدا کرد. میانگین غلظت بنزن در هوای داخل و فاصله ۲۰۰ متری از جایگاه‌های سوخت بیشتر از رهنمود EPA و در هوای داخل و فاصله ۵۰ متری از جایگاه‌های سوخت بیشتر از رهنمود NIOSH قرار داشت. همچنین میانگین غلظت تولوئن تنها در هوای داخل جایگاه سوخت فلسطین بیشتر از رهنمود EPA قرار داشت.

**بحث:** نتایج نشان داد که انتشار ترکیبات BTEX در جایگاه‌های سوخت رسانی شهر همدان ناشی از وسایل نقلیه و تبخیر بنزین در هنگام سوختگیری می‌باشد. دلیل کاهش غلظت ترکیبات BTEX با افزایش فاصله از جایگاه‌های سوخت را می‌توان ناشی از تولید غلظت آلاینده در محوطه جایگاه، شرایط دمایی، جهت وزش باد و حرکت خودروها در اطراف جایگاه عنوان کرد. با افزایش فاصله از جایگاه از آن‌جایی‌که منابع تولید بیشتر در داخل جایگاه

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: m1.bahiraei1367@gmail.com

قرار دارند، از غلظت ترکیبات BTEX با افزایش فاصله کاسته می‌شود. همچنین با افزایش فاصله از جایگاه وزش باد منجر به پخش و پراکنده شدن ترکیبات BTEX شده و از غلظت آن کاسته می‌شود. پرسنل شاغل در داخل جایگاه‌های سوخت و رانندگان در مواجهه با آلاینده‌های بنزن و تولوئن قرار دارند. با توجه به این‌که مواجهات کوتاه مدت با ترکیبات BTEX باعث اثراتی مثل تحریک و حساس شدن پوست، مشکلات سیستم اعصاب مرکزی (خستگی، سردرد، سرگیجه و از دست دادن تعادل) می‌گردد. همچنین در مواجهات طولانی مدت، علاوه بر مشکلات ذکر شده می‌توانند باعث اثر بر کلیه، کبد و خون گردد. لذا، می‌بایست نظارت بیشتری توسط مسؤولان پخش فراورده‌های نفتی و اقدامات کنترلی به منظور حفظ سلامتی افراد و کاهش این آلاینده در جایگاه‌های سوخت از جمله کنترل نشت از تانک‌ها و پمپ‌ها و امکان بازیافت بخارات بنزین در حین سوختگیری صورت گیرد.

## مقدمه

پیشرفت صنایع و فناوری، توسعه شهری، افزایش و تراکم جمعیت، افزایش وسایل نقلیه موتوری، ازدیاد مصرف فراورده‌های نفتی و در برخی موارد، شرایط اقلیمی و جغرافیایی منطقه باعث افزایش آلودگی هوا می‌گردد. هنگامی که ترکیبات شیمیایی ناشی از فعالیت‌های مختلف انسان وارد اتمسفر می‌گردد منجر به تغییر تعادل طبیعی اتمسفر یا به عبارت دیگر ترکیب شیمیایی اتمسفر خواهد شد. این امر باعث ظهور اثرات زیان‌آوری در محیط می‌شود و در نتیجه سلامت جسم و روح انسان‌ها را تهدید می‌کند. از طرف دیگر ظرفیت جذب و تصفیه محیط زیست کاملاً محدود بوده و طبیعت، توانایی تحمل فشارهای سنگین و حساب نشده ناشی از تخلیه مواد زائد سمی از منابع مختلف را ندارد (Kianpur Rad, 2011). بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزلین از هیدروکربن‌های آروماتیک تشکیل دهنده BTEX به شمار می‌روند. ترکیبات BTEX فراوان‌ترین ترکیبات آلی فرار در جو و آب‌های سطحی می‌باشند (Allahabady *et al*, 2022). بنزن موجب سرطان و انواع بیماری‌ها می‌شود. این ماده تخریب کننده مغز استخوان است و تحقیقات بسیاری، کم خونی، ناهنجاری‌های استخوانی و سرطان خون را به بنزن نسبت می‌دهند (Martyn, 2010). تماس انسان با بنزن موجب تخریب کلیه، کبد، ریه، قلب، عصب و شکسته شدن DNA و تخریب کروموزوم‌ها می‌شود. بنزن سرطان‌زای گروه I است و تماس کوتاه مدت با غلظت زیاد آن سبب خواب آلودگی، سردرد و بی هوشی می‌شود (Rana & Verma, 2005; Huff, 2007). بر اساس تحقیقات، زنانی که چند ماه مقدار زیادی بنزن تنفس کرده‌اند، دچار پریود نامنظم شده‌اند و لوله تخمدان‌هایشان نیز کوچک شده است (Lupo *et al*., 2011). در مردان نیز بنزن سبب ناهنجاری کروموزومی شده است (Xing *et al*., 2010). بنزن از طریق اتومبیل‌ها، دود چوب، دود تنباکو، دود خروجی از موتورها و پراکنش صنعتی وارد هوا می‌شود (ATSDR, 2007). تولوئن که در صنایع به مثابهٔ حلال کاربرد دارد، در سطح کم تا متوسط می‌تواند سبب ایجاد خستگی، گیجی، حالت تهوع و از دست دادن شنوایی و بینایی شود. استنشاق سطوح بالای آن ممکن است به بی‌هوشی و مرگ منجر شود. تماس درازمدت با تولوئن معمولاً موجب بیماری‌های عصبی و اختلالات بینایی می‌شود (Dehghani *et al*., 2013). اتیل بنزن ترکیبی آلی است و در صنایع پتروشیمی برای ساخت استیرن استفاده می‌شود و در نفت خام به مقدار ناچیزی وجود دارد. این ماده در کارخانه‌های گاز، نفت، ساخت روغن جلا و رنگ‌سازی کاربرد دارد. انسان از طریق بنزین، آفت‌کش‌ها، حلال‌ها، رنگ‌ها و دود تنباکو در معرض این ترکیب قرار می‌گیرد. غلظت زیاد این ترکیبات آثار سوئی در دستگاه تنفسی بر جای می‌گذارد و موجب ریزش اشک چشم، تحریکات دستگاه تنفسی و تهوع و سرگیجه می شود. از آثار طولانی مدت آن تأثیر در خون، کبد و کلیه است. اطلاعات کافی در زمینهٔ سرطان‌زا بودن اتیل بنزن در دسترس نیست. اتیل بنزن از لحاظ سرطان‌زایی در گروه 2B قرار دارد. ایزومرهای اگزیلن شامل ارتو اگزیلن پاراگزیلن (P-Xylen) و متااگزیلن (M-Xylen) است. اگزیلن هیدروکربن آروماتیک است که همراه بنزن و تولوئن در پالایشگاه نفت استفاده می‌شود. اگزیلن قسمت مهمی از BTEX را تشکیل می‌دهد و به منزلهٔ اصلاح کنندهٔ سوخت کاربرد دارد. تنفس اگزیلن در سیستم عصبی تأثیر می‌گذارد و نشانه‌های آن سردرد،

سرگیجه، تهوع و استفراغ است (ATSDR, 2007). یکی از مهم‌ترین مراکز آلودگی هوای شهرها جایگاه‌های سوخت می‌باشند. جایگاههای سوخت رسانی یکی از منابع عمده انتشار ترکیبات آلی فرار به اتمسفر می‌باشند (Ahmed, 2001). بر اساس تحقیقات صورت گرفته روزانه هزاران لیتر بنزین در جایگاه‌های سوخت رسانی در شهرهای مختلف کشور به هدر می‌رود. این اتلاف می‌تواند موجب انتشار مقادیر قابل ملاحظه‌ای BTEX از طریق اگزوز، موتور، کاربراتور وسایل نقلیه و هم‌چنین در اثر تبخیر بنزین شود. در نتیجه بیشترین خطر تماس با این ماده در پمپ بنزینها و در حین سوخت‌گیری متوجه کارکنان و رانندگان می‌باشد و می‌تواند باعث آلودگی هوای محوطه جایگاه‌ها و خیابان‌های اطراف آن‌ها شود (Keshavarzi Shirazi *et al.*, 2004; Sedigh *et al.*, 2016). در مطالعه Esteve-Turrillas و همکاران (۲۰۰۷)، محدوده غلظت BTEX در پمپ‌های سوخت به ویژه در طول سوختگیری وسایل بنزینی برای زمان مواجهه ۲ تا ۴۰ دقیقه، ۷۹-۰/۰۳ میلی‌گرم در مترمکعب اندازه‌گیری شد. Mosaddegh Mehrjerdi و همکاران (۲۰۱۴) نیز در تحقیق خود میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن را در پمپ بنزین‌های شهر یزد به ترتیب ۱۸۳۲، ۶۶۷، ۱۴۸ و ۳۰۴ میکروگرم در مترمکعب گزارش نمودند. Esmaelnejad و همکاران (۲۰۱۵)، در پژوهشی میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزلین در هوای پمپ بنزین‌های شهرضا در فصل زمستان را به ترتیب ۲۶۸/۵، ۴۴۲/۲، ۱۰۰/۶ و ۳۶۰/۲ میکروگرم در مترمکعب و در فصل تابستان به ترتیب ۳۱۰/۶، ۵۳۳/۲، ۱۰۰/۶ و ۴۹۲/۹ میکروگرم در مترمکعب گزارش نمودند. با توجه به خطرات ترکیبات BTEX بر سلامت افراد و امکان انتشار زیاد آن‌ها از جایگاه‌های سوخت، بررسی غلظت این ترکیبات و کنترل انتشار آن‌ها در جایگاه‌های سوخت امری ضروری و گامی موثر در پیشگیری از عوارض ناشی از آن‌ها می‌باشد. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت BTEX در هوای داخل و اطراف جایگاه سوخت شهری همدان انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

شهر همدان یکی از شهرستان‌های استان همدان می‌باشد که در بخش مرکزی این استان واقع شده است و جمعیتی بالغ بر ۵۷۷۴۵۸ نفر و مساحتی حدود ۶۲۸۵/۸ هکتار دارد. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا برابر با ۱۷۴۱ متر و مختصات جغرافیایی آن ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۸۰ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. نمونه برداری از جایگاه سوخت فلسطین با مختصات جغرافیایی (X=۲۷۱۷۴۷ و Y=۳۸۵۴۳۲۲)، جایگاه خوانساری با مختصات جغرافیایی (X=۲۷۴۰۲۲ و Y=۳۸۵۳۷۷۲) و جایگاه فروغ با مختصات جغرافیایی (X=۲۷۵۵۸۲ و Y=۳۸۵۲۹۳۶) واقع در شهر همدان صورت گرفت (شکل ۱). این جایگاه‌ها به ترتیب در غرب، مرکز و شرق شهر همدان واقع شده‌اند. تعداد سکوها در هر سه جایگاه ۶ عدد و مخازن هر جایگاه ۱ عدد با ظرفیت ۳۰هزار لیتری بود. استاندارد سوخت هر سه جایگاه از نوع یورو ۴ و رتبه آن‌ها ممتاز است. سن جایگاه‌ها بیش از ۲۰ سال می‌باشد. اطراف جایگاه سوخت فلسطین و فروغ عمدتاً مراکز تجاری و جایگاه سوخت فروغ مراکز تجاری و مسکونی بود. هر ۳ جایگاه جزء جایگاه‌های پرتردد و شلوغ محسوب می‌گردند و در زمان نمونه‌برداری تعداد خودروهای هر جایگاه بیشتر از ۱۰ عدد بود. همچنین هوای جو از پایدار نسبی برخوردار بود به‌طوری‌که هوا آفتابی، دمای هوا ۳۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی بین ۲۹-۲۸ درصد و متوسط سرعت باد بین ۴-۳ کیلومتر بر ساعت ثبت گردید. غلظت آلاینده BTEX[۱] (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن) در فواصل مختلف از مرکز جایگاه‌های سوخت و اطراف آن‌ها مورد سنجش قرار گرفت. به این نحو که یک نمونه‌برداری در مرکز جایگاه و مابقی در فواصل ۵۰، ۱۰۰ و۲۰۰ متری از جایگاه و در محدوده تنفسی افراد (ارتفاع حدود ۱۷۰ سانتی متری) در ۳ تکرار انجام گرفت. نمونه‌برداری در ۷ روز هفته و در فصل تیر ماه صورت گرفت. در مجموع تعداد ۸۴ نمونه از هر جایگاه برداشته شد. بهترین روش نمونه‌برداری از گازها و بخارات آلی طبق توصیه NIOSH[۲]

[۱] -Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene

[۲] -National Institute for Occupational Safety and Health

و OSHA استفاده از جاذب‌هاست. در این مطالعه نمونه‌برداری طبق روش NIOSH (۱۵۰۱) و دستورالعمل جاذب SKC صورت گرفت. مدت نمونه‌برداری بین ۳ تا ۸ ساعت و دبی هوای عبوری از داخل جاذب ml/min ۱۸۰ بود. از پمپ نمونه‌برداری هوا ساخت شرکت SKC مدل EX ۲۲۴-۴۴ و از نوع استاندارد با دبی قابل تنظیم lit/min ۵-۰ برای نمونه‌برداری استفاده شد. در مسیر عبور هوا به داخل پمپ نمونه‌برداری، یک لوله جاذب کربن فعال ساخت شرکت SKC با کد ۰۱-۲۲۶ قرار داده شد و سپس به کمک دستگاه کالیبراتور دیجیتالی، پمپ نمونه‌برداری برای تنظیم دبی در محدوده lit ۱-۰ تنظیم شد. جاذب‌های هوا از نوع Orbo TM-43 و حاوی گرانول‌هایی در بخش‌های پسین و پیشین بود و پس از انجام نمونه‌برداری، عایق کاری و برچسب‌گذاری به مکانی خنک منتقل شد (Keshavarzi Shirazi *et al*., 2004). بعد از نمونه‌برداری و جمع‌آوری آلاینده‌ها توسط جاذب، می‌بایست ترکیبات مورد نظر از سطح جاذب جدا شوند تا امکان تزریق آن به دستگاه گاز کروماتوگراف فراهم شود.

عمل استخراج نمونه‌ها با استفاده از حلال دی کرومتان انجام گرفت. برای این منظور ابتدا ۱ سی‌سی حلال دی کلرومتان به مواد جاذب اضافه شد و داخل حمام ماوراء صوت به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. محلول حاصل با استفاده از سرنگ‌های مخصوص به شیشه‌های دیگری منتقل شد و عمل تغلیظ تا میزان ۱۰۰ میکرولیتر تحت تأثیر جریان ملایمی از گاز نیتروژن خالص، انجام گرفت. سپس میزان ۲ میکرولیتر از آن به دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) مدل Perkin elmer-sigma ساخت کشور آمریکا تزریق شد. ستون مورد استفاده mesh ۸۰/۱۰۰، ALP و دتکتور FID و گاز حامل نیتروژن ml/min ۳۰، دمای کوره ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد، دمای ردیاب ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و قسمت تزریق ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد (Pardakhti *et al*., 2004؛ Keshavarzi Shirazi *et al*., 2004). پردازش آماری داده‌ها در این پژوهش با استفاده از ورژن ۲۶ نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

**شکل ۱- موقعیت جایگاه‌های نمونه‌برداری شده در شهر همدان**

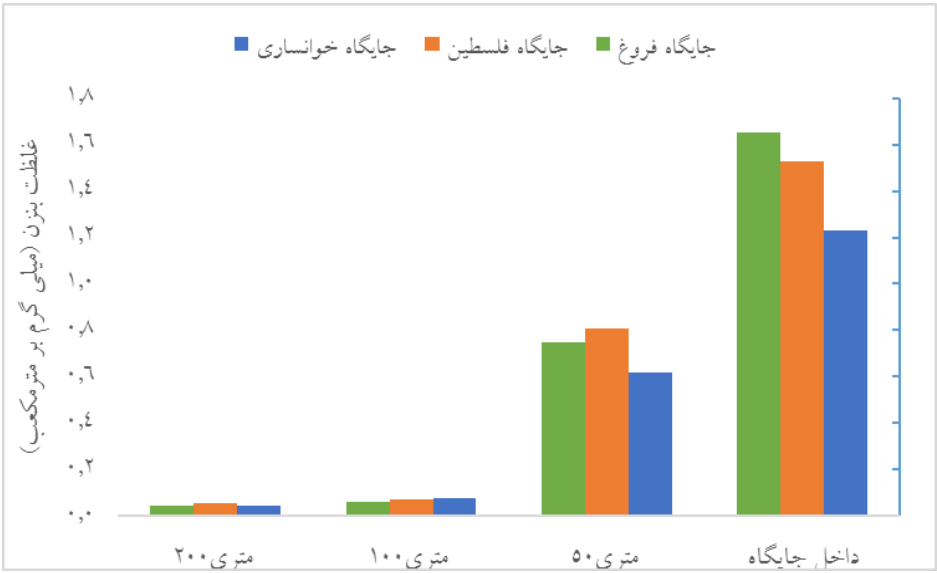
## نتایج

نتایج میانگین و انحراف معیار غلظت آلاینده BTEX در هوای داخل و اطراف جایگاه‌های سوخت شهری خوانساری، فلسطین و فروغ در شهر همدان و مقایسه آن با رهنمود EPA و NIOSH در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در جایگاه‌های سوخت فروغ، فلسطین و خوانساری در شکل‌های ۲ تا ۵ ارائه شده است.

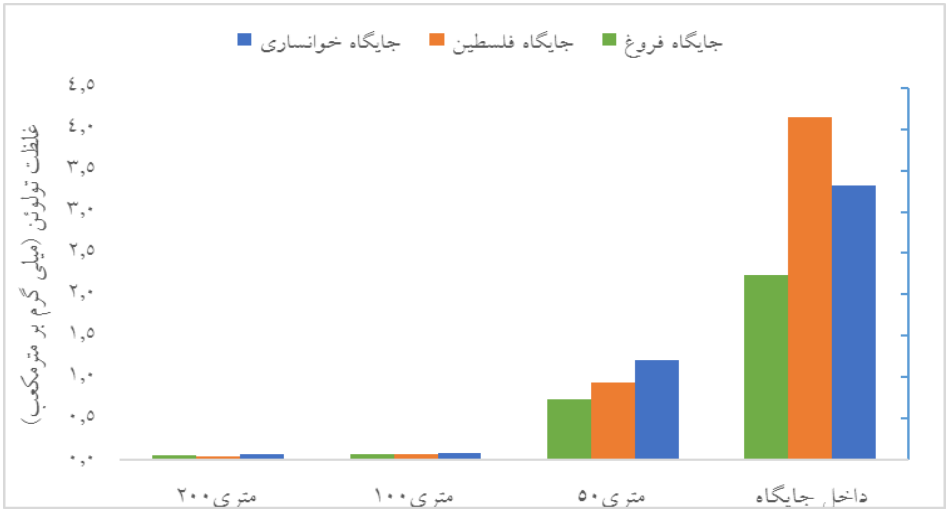
نتایج قرائت غلظت BTEX در جایگاه‌های سوخت خوانساری، فلسطین و فروغ شهر همدان بر طبق جدول ۱، بیانگر آن است که با افزایش فاصله از جایگاه‌های سوخت، غلظت BTEX کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که بیشترین غلظت در هوای داخل جایگاه‌های سوخت و کمترین غلظت در فاصله ۲۰۰ متری اطراف جایگاه‌ها قرار داشت. نتایج مقایسه میانگین غلظت BTEX در هوای داخل و اطراف جایگاه‌های سوخت شهر همدان با رهنمود آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (EPA) برای آلاینده بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در هوای تنفسی (EPA, 2012) و رهنمود مؤسسه ملی بهداشت شغلی( NIOSH) برای آلاینده بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در هوا برای محیط کار ( NIOSH, 2010) طبق جدول ۱، بیانگر آن است که غلظت بنزن در هوای داخل جایگاه‌ها و فاصله ۵۰ متری از جایگاه‌ها بیشتر از رهنمود NIOSH و در هوای داخل جایگاه‌ها و تمامی فواصل بیشتر از رهنمود EPA، غلظت تولوئن تنها در هوای داخل جایگاه فلسطین بیشتر از رهنمود EPA و در هوای داخل جایگاه‌ها و تمامی فواصل کمتر از رهنمود NIOSH، غلظت اتیل بنزن و زایلن در هوای داخل جایگاه‌های سوخت و کلیه فواصل کمتر از حد استانداردهای EPA و NIOSH قرار داشت.

**جدول ۱- انحراف معیار± میانگین آلاینده BTEX در هوای داخل و اطراف جایگاه‌های سوخت شهر همدان بر حسب $mg/m^3$ و مقایسه آن با حد استاندارد EPA و NIOSH**

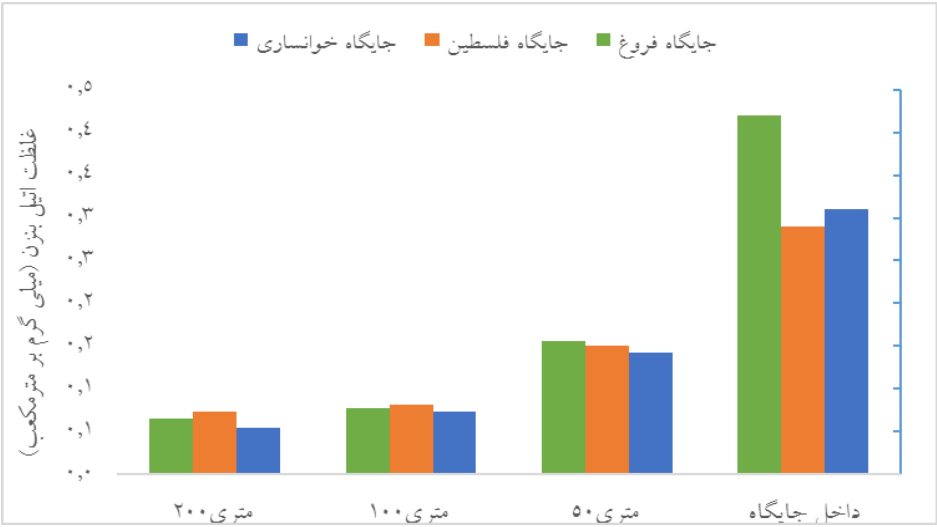
| آلاینده | فاصله | جایگاه خوانساری | جایگاه فلسطین | جایگاه فروغ | استاندارد EPA | استاندارد NIOSH |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بنزن | داخل جایگاه | ۱/۲۳±۰/۲۰۲ | ۱/۵۳±۰/۲۷۱ | ۱/۶۵±۰/۲۲۱ | ۰/۰۱۶ | ۰/۳۲ |
| | ۵۰ متری | ۰/۶۲±۰/۱۲۱ | ۰/۸۱±۰/۱۷۱ | ۰/۷۵±۰/۱۳۲ | | |
| | ۱۰۰ متری | ۰/۰۷۸±۰/۰۱۲ | ۰/۰۷۱±۰/۰۱۵ | ۰/۰۶۳±۰/۰۱۵ | | |
| | ۲۰۰ متری | ۰/۰۴۳±۰/۰۱۲ | ۰/۰۵۴±۰/۰۱۳ | ۰/۰۴۳±۰/۰۱۱ | | |
| تولوئن | داخل جایگاه | ۳/۳۲±۰/۶۳ | ۴/۱۴±۰/۵۹ | ۲/۲۳±۰/۷۶ | ۳/۷۷ | ۳۷۵ |
| | ۵۰ متری | ۱/۲۱±۰/۱۴۳ | ۰/۹۴±۰/۱۴۵ | ۰/۷۴±۰/۱۵۷ | | |
| | ۱۰۰ متری | ۰/۰۸۸±۰/۰۱۳ | ۰/۰۶۵±۰/۰۱۱ | ۰/۰۶۸±۰/۰۱۴ | | |
| | ۲۰۰ متری | ۰/۰۶۵±۰/۰۱۲ | ۰/۰۴۳±۰/۰۱۵ | ۰/۰۵۷±۰/۰۱۳ | | |
| اتیل بنزن | داخل جایگاه | ۰/۳۱±۰/۰۷۶ | ۰/۲۹±۰/۰۷۳ | ۰/۴۲±۰/۰۷۸ | ۳/۲۶ | ۴۳۵ |
| | ۵۰ متری | ۰/۱۴۳±۰/۰۴۱ | ۰/۱۵۱±۰/۰۴۴ | ۰/۱۵۶±۰/۰۴۱ | | |
| | ۱۰۰ متری | ۰/۰۷۴±۰/۰۱۵ | ۰/۰۸۲±۰/۰۱۷ | ۰/۰۷۸±۰/۰۱۳ | | |
| | ۲۰۰ متری | ۰/۰۵۴±۰/۰۱۹ | ۰/۰۷۴±۰/۰۱۵ | ۰/۰۶۵±۰/۰۱۴ | | |
| زایلن | داخل جایگاه | ۱/۴۳±۰/۱۴۱ | ۱/۲۵±۰/۱۵۱ | ۱/۲۲±۰/۱۴۸ | ۴۳/۴۲ | ۴۳۵ |
| | ۵۰ متری | ۰/۰۷۴±۰/۱۳۱ | ۰/۹۳±۰/۱۱۵ | ۰/۸۲±۰/۱۲۳ | | |
| | ۱۰۰ متری | ۰/۰۳۲±۰/۰۰۵ | ۰/۰۳۷±۰/۰۰۲ | ۰/۰۲۵±۰/۰۰۸ | | |
| | ۲۰۰ متری | ۰/۰۱۴±۰/۰۰۲ | ۰/۰۲۱±۰/۰۰۳ | ۰/۰۱۳±۰/۰۰۵ | | |



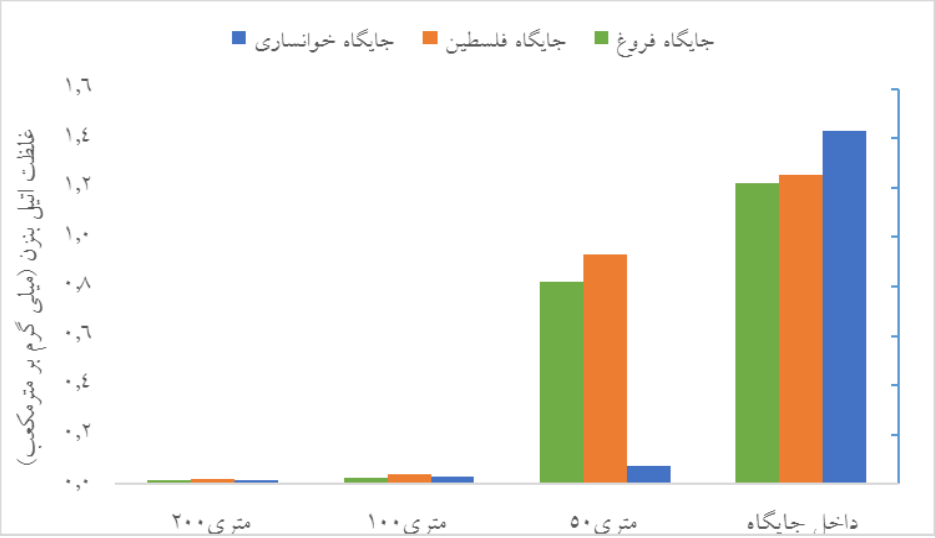

**شکل ۲- متوسط غلظت بنزن در جایگاه‌های سوخت شهر همدان**




**شکل ۳- متوسط غلظت تولوئن در جایگاه‌های سوخت شهر همدان**




**شکل ۴- متوسط غلظت اتیل بنزن در جایگاه‌های سوخت شهر همدان**




**شکل ۵- متوسط غلظت زایلن در جایگاه‌های سوخت شهر همدان**

## بحث

نتایج نشان داد که انتشار ترکیبات BTEX در جایگاه‌های سوخت‌رسانی شهر همدان ناشی از وسایل نقلیه و تبخیر بنزین در هنگام سوخت‌گیری می‌باشد. پرسنل شاغل در داخل جایگاه‌های سوخت و رانندگان در مواجهه با آلاینده‌های بنزن و تولوئن قرار دارند. نتایج مطالعه Rastegari و همکاران (۲۰۱۵) بیانگر آن بود که میانگین غلظت بنزن هوای تنفسی در گروه کارگران مواجهه یافته پمپ بنزین برابر با ۵/۹۰ $mg/m^3$ می‌باشد که به صورت معناداری از میانگین غلظت بنزن هوای تنفسی در گروه مواجهه نیافته ۱/۱۵ $mg/m^3$ بالاتر است. لذا افراد شاغل در پمپ‌های بنزین در معرض مواجهه با غلظت‌های بالای بنزن می‌باشند. در مطالعه حاضر نیز غلظت بنزن در داخل جایگاه سوخت و در محدوده مواجهه کارگران بیشتر از سایر فواصل اندازه‌گیری شد. نتایج مطالعه Mosadegh Mehrjerdi و همکاران (۲۰۱۳) بیانگر آن بود که میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن در هوای داخل پمپ بنزین‌های شهر یزد به‌ترتیب ۰/۸۰۷ $mg/m^3$، ۰/۴۰۵، ۰/۰۸۹ و ۰/۳۴ می‌باشد که کمتر از از مقادیر سنجش شده در هوای داخل جایگاه‌های سوخت مطالعه حاضر می‌باشد. نتایج مطالعه Nari و همکاران (۲۰۱۳) بیانگر آن بود که میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در پمپ بنزین کرمان به ترتیب ۶/۴۹۷ $mg/m^3$، ۴/۳۰۸، ۱/۸۶۷ و ۰/۸۴۸ می‌باشد که مقادیر بنزن، تولوتن و اتیل بنزن بیشتر و زایلن کمتر از از مقادیر سنجش شده در هوای داخل جایگاه‌های سوخت مطالعه حاضر می‌باشد. نتایج مطالعه Sedigh و همکاران (۲۰۱۶) بیانگر آن بود که میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای زایلن در جایگاه‌های سوخت‌رسانی در منطقه خوراسگان اصفهان در فصول پاییز، زمستان و بهار به ترتیب ۰/۲۳ $mg/m^3$، ۰/۳۹۲، ۰/۰۹۳ و ۰/۳۸ می‌باشد که کمتر از مقادیر سنجش شده در هوای داخل جایگاه‌های سوخت مطالعه حاضر می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که غلظت بنزن در کلیه جایگاه‌ها بسیار بالاتر از حدود پیشنهاد شده برای تماس شغلی توسط NIOSH و حد استاندارد هوای تنفسی محیطی قرار دارد و غلظت‌های سنجش شده در فواصل ۴۰ متری از جایگاه‌ها در مقایسه با غلظت‌های خود جایگاه‌ها نیز بسیار پایین بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. نتایج مطالعه Esmaelnejad و همکاران (۲۰۱۵) بیانگر آن بود که میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزیلن پمپ بنزین‌های شهرضا سنجش شده در فصول زمستان و تابستان به ۰/۲۹ $mg/m^3$، ۰/۴۸۸، ۰/۱۰۱ و ۰/۴۲۷ می‌باشد که کمتر از مقادیر سنجش شده در هوای داخل جایگاه‌های سوخت مطالعه حاضر بود. نتایج مطالعه Keymeulen و همکاران (۲۰۰۱) بیانگر آن بود که میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در هوای پمپ بنزین‌های کشور مجارستان به ترتیب ۰/۰۰۲۵ $mg/m^3$، ۰/۰۰۶۲، ۰/۰۰۰۷۴ و ۰/۰۰۴۳۳ و کشور بلژیک به ترتیب

$mg/m^3$ ۰/۰۰۱۷۸، ۰/۰۰۴۹، ۰/۰۰۱۵۵ و ۰/۰۰۴۴۵ می‌باشد که کمتر از مقادیر سنجش شده در هوای داخل جایگاه‌های سوخت مطالعه حاضر بود. نتایج مطالعه Keshavarzi Shirazi و همکاران (۲۰۰۴) بیانگر آن بود که غلظت بنزن در جایگاه‌های سوخت‌رسانی شهر تهران در محوطه جایگاه‌ها بین ۸ تا ۱۶ برابر حد آستانه برای اماکن کاری و ۲۵۰ تا ۵۰۰ برابر بیش از استاندارد هوای تنفسی قرار دارد. در مطالعه حاضر نیز غلظت بنزن بیشتر از حد استاندارد قرار داشت. نتایج هم‌چنین نشان داد که غلظت اتیل بنزن در محوطه جایگاه‌ها حدود ۷ برابر غلظت آن در فاصله ۱۰۰ متری و غلظت بنزن، تولوئن و زایلن در محوطه جایگاه‌ها، ۱۱ الی ۲۴ برابر غلظت آن‌ها در فواصل دورتر از شعاع تأثیر جایگاه (بیشتر از ۱۰۰ متری) بود. در مطالعه حاضر نیز غلظت بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن چندین برابر غلظت آن در فاصله ۱۰۰ متری جایگاه بود. در این مطالعه دلایل حضور ترکیبات BTEX در هوای داخل و اطراف جایگاه‌های سوخت شهری را می‌توان ناشی از انتشار ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن از اگزوز، موتور و کاربراتور وسایل نقلیه، تبخیر بنزین از جایگاه‌های توزیع فراورده‌های نفتی عنوان نمود. دلیل کاهش غلظت ترکیبات BTEX با افزایش فاصله از جایگاه‌های سوخت را می‌توان ناشی از تولید غلظت آلاینده در محوطه جایگاه، شرایط دمایی، جهت وزش باد و حرکت خودروها در اطراف جایگاه عنوان کرد. با افزایش فاصله از جایگاه از آن‌جایی‌که منابع تولید بیشتر در داخل جایگاه قرار دارند، از غلظت ترکیبات BTEX با افزایش فاصله کاسته می‌شود. همچنین با افزایش فاصله از جایگاه وزش باد منجر به پخش و پراکنده شدن ترکیبات BTEX شده و از غلظت آن کاسته می‌شود. نتایج مطالعه Sedigh و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیانگر آن بود که شعاع تاثیر جایگاه سوخت‌رسانی به عواملی همچون غلظت آلاینده در محوطه جایگاه، شرایط دمایی و جهت وزش باد بستگی دارد. هر چه غلظت آلاینده در محوطه جایگاه بیشتر و دمای هوا بالاتر باشد، انتشار آلودگی می‌تواند شعاع بیشتری را تحت تأثیر قرار دهد. غیر از انتشارات پمپ بنزین‌ها منابع دیگری مانند حرکت خودروها و سایر منابع تاثیرگذار نیز بر غلظت BTEX در محوطه اطراف جایگاه‌های سوخت اثرگذار می‌باشند. نتایج مطالعه Mosadegh Mehrjerdi و همکاران (۲۰۱۳) بیانگر آن بود که BTEX موجود در بنزین مصرفی از طریق اگزوز، موتور، کاربراتور وسایل نقلیه و همچنین در اثر تبخیر از جایگاه‌های توزیع فراورده‌های نفتی وارد هوای شهرها می‌شود. نتایج مطالعه Jalali و همکاران (۲۰۱۳) بیانگر آن بود که ۱۸٪ از ترکیبات موجود در بنزین از نوع BTEX (شامل ۱۱٪ بنزن، ۲۶٪ تولوئن، ۱۱٪ اتیل بنزن و ۵۲٪ زایلن) می‌باشد. نتایج مطالعه Maghsudi Moghadam و همکاران (۲۰۱۱) بیانگر آن بود که بیشتر منابع تولید آلودگی در داخل جایگاه‌های سوخت می‌باشد، در اثر انتشار آلاینده و جریان باد، تراکم غلظت آلاینده‌ها با فاصله از منبع آلودگی کاهش می‌یابد و در نهایت تراکم غلظت در نمونه هوای محیطی داخل بیشتر از خارج جایگاه می‌باشد. همچنین مشخص شد که تراکم غلظت آلاینده‌ها تحت تأثیر جهت و سرعت باد و همچنین فصول مختلف سال می‌باشد. افزایش غلظت در فصل تابستان به دلیل افزایش تبخیر ترکیبات فرار آلی از منابع موقتی در اثر دمای بالا می‌باشد. تراکم غلظت ترکیبات آلی فرار عموماً در اثر افزایش دما و سرعت باد افزایش می‌یابد. نتایج مطالعه Hesam Pur و همکاران (۲۰۰۶) بیانگر آن بود که آلودگی حاصله از مصرف بنزین در زمان سوخت گیری از جمله نشت، که به ازای هر ۴-۳ دقیقه سوخت گیری انجام شده از جایگاه تولید می‌شود.

در انتها این نتیجه گرفته می‌شود، با توجه به اینکه مواجهات کوتاه مدت با ترکیبات BTEX باعث اثراتی مثل تحریک و حساس شدن پوست، مشکلات سیستم اعصاب مرکزی (خستگی، سردرد، سرگیجه و از دست دادن تعادل) می‌گردد. همچنین در مواجهات طولانی مدت، علاوه بر مشکلات ذکر شده می‌توانند باعث اثر بر کلیه، کبد و خون گردد. لذا بایستی نظارت بیشتری توسط مسؤولان پخش فراورده‌های نفتی در جایگاه‌های سوخت صورت گیرد و انجام اقدامات کنترلی جهت کاهش غلظت این آلاینده در جایگاه سوخت و اطراف آن‌ها از جمله کنترل نشت سوخت از مخازن و پمپ‌ها، استفاده از سیستم‌های بازچرخش بخارات در زمان نقل و انتقال سوخت، امکان بازیافت بخارات بنزین در حین سوخت‌گیری جهت حفظ سلامتی کارکنان، رانندگان و ساکنان اطراف لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

## سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی شهرداری همدان می‌باشد و از آن شهرداری بابت فراهم نمودن امکانات انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

# منابع


1. **Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2007.** Toxicological Profile for Ethyl benzene. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA.
2. **Ahmed, F.E., 2001.** Toxicology and human health effects following exposure to oxygenated or reformulated gasoline. Toxicology Letters. 123, 89-113.
3. **Allahabady, A., Yousefi, Z., Mohammadpour Tahamtan, R.A., Payandeh Sharif, Z., 2022.** Measurement of BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene and xylene) concentration at gas stations. Environmental Health Engineering and Management Journal. 9(1), 23-31.
4. **Dehghani, M., Taghizade, M.M., Rastgo, E., 2013.** Investigation of BTEX distribution in Zarghan industrial zone using GIS. Journal of Environmental Studies. 39(4), 125-136 [In Persian].
5. **EPA. Volatile Organic Compounds (VOCs) USA: Environmental Protection Agency; 2012.** [Updated 2012/05/21; cited 2012 2012/08/12]. Available from: http://www.epa.gov/iaq/voc2. html.
6. **Esmaelnejad, F., Hajizadeh, Y., Pourzamani, H., Amin, M.M., 2015.** Monitoring of benzene, toluene, ethyl benzene, and xylene isomers emission from Shahreza gas stations in 2013. Int J Env Health Eng. 4(1), 1-7 [In Persian].
7. **Esteve-Turrillas, F.A., Pastor, A., De la Guardia, M., 2007.** Assessing air quality inside vehicles and at filling stations by monitoring benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes with the use of semipermeable devices. Analytica Chimica Acta. 593(1), 108-16.
8. **Hesam Pur, M., Nozari, A., Jerfi, S., Lotfi, Y., 2006.** Investigation of pollution caused from gas stations in Ahvaz, 9th National conference on environmental health. Isfahan University of Medical Sciences [In Persian].
9. **Huff, J., 2007.** Benzene-induced cancers: abridged history and occupational health impact. International Journal of Occupational and Environmental Health. 13 (2), 213–234.
10. **Jalali, M., Jalali, S., Shafiei Motlagh, M., Mardi, H., Negahban, S.A.R., Faraji Tomar Kandi, V., Jahangiri, M., 2013.** Health risk assessment of occupational exposure to BTEX compounds of gasoline fuel distribution stations in Mashhad. Journal of Neyshabur School of Medical Sciences. 1(1), 19-27 [In Persian].
11. **Keshavarzi Shirazi, H., Sadat Halk, F., Mirmohammadi, M., 2004.** Determination of gasoline loss from fuel stations in Tehran and its control and recycling methods. Journal of Environmental Studies. 36, 33-40 [In Persian].
12. **Keymeulen, R., Görgényi, M., Héberger, K., Priksane, A., Van Langenhove, H., 2001.** Benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes in ambient air and Pinus sylvestris L. needles: a comparative study between Belgium, Hungary and Latvia. Atmospheric Environment. 35(36), 6327-35.
13. **Kianpur Rad, M., 2011.** Air Pollution, University of Tehran Press, 916 pp [In Persian].
14. **Lupo, P.J., 2011.** Maternal exposure to ambient levels of benzene and neural tube defect among offspring, Texas, 1999-2004. Environmental Health Perspective. 119(3), 397-402.
15. **Maghsudi Moghadam, R., Bahrami, A., Mahjub, H., Ghorbani, F., 2012.** Evaluation of benzene, toluene and xylene pollutants in the air of Bandar Mahshahr petrochemical complex in 2008-2009 years. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 19(2), 49-59 [In Persian].
16. **Martyn, S., 2010.** Advances in understanding benzene health effects and susceptibility. Annual Review of Public Health. 31, 133-48.
17. **Mosaddegh Mehrjerdi, MH. Tahmasebi, N., Barkhordari Firoozabadi, A., Fallahzadeh, H., Esmaielian, S., Soltanizadeh, K., 2014.** The investigation of exposure to benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) with Solid Phase Microextr action Method in gas station in Yazd province. Iran South Med J; 16(6): 419-27 [In Persian].
18. **Nari, A., Jafari, H.R., Nasrabadi, T., Hoveidi, H., 2013.** Occupational exposure of gas station workers to BTEX vapors in a gas station in Kerman, 3rd Conference on Environmental Planning and Management. Tehran, University of Tehran [In Persian].
19. **National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), 2010.** Manual of Analytical Methods. 6th ed. Cincinnati.
20. **Pardakhti, A., Esmaeili Sari, A., Eslami, E., 2004.** Quantitative and qualitative investigation of polycyclic aromatic hydrocarbons in Tehran air in summer 2002. Journal of Environmental Studies. 33, 16-20 [In Persian].
21. **Rana, S.V., Verma, Y., 2005.** Biochemical toxicity of benzene. Journal of Environmental Biology. 26(2), 157-68.
22. **Rastegari, N., Izadkhah, F., Unesian, M., 2015.** Evaluation of exposure to benzene in gas station workers through environmental assessment and bio-index monitoring. Journal of Health and Environment. 8(2), 163-170 [In Persian].
23. **Sedigh, M., Sajadfar, F., Tayeri, H., Hajizade, Y., 2016.** Evaluation of BTEX compounds emission from fuel stations in Khorasgan area of Isfahan during 2013-2014. Journal of Health System Research. 12(2), 214-221 [In Persian].
24. **Xing, C., 2010.** Benzene exposure near the U.S. permissible limit is associated with sperm aneuploidy. Environmental Health Perspective. 118(6), 833-839.


2023, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

**Environment & Interdisciplinary Development**
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

# Observational Investigation of BTEX Pollutant Concentration During Refueling Operations in the Air Inside Urban Stations of Hamadan

**Maryam Bahiraei[1*]**

**1*- Environmental Health Expert of Hamedan Municipality, Iran**

**Original Article**

**Received:**
2022.11.06

**Accepted:**
2023.06.27

**Keywords:**
BTXE
Air Pollution
Fuel Station
Hamedan

## Abstract

**Introduction:** Fuel stations are one of the major sources of BTEX emissions to the atmosphere. Benzene, toluene, ethyl benzene and gazeline isomers are BTEX aromatic hydrocarbons. BTEX compounds are the most abundant volatile organic compounds in atmosphere and surface water.These compounds can affect the health of employees, drivers and surrounding residents. Due to the risks of BTEX compounds on people's health and the possibility of emitting them from fuel stations, examining the concentration of these compounds and controlling them in fuel stations is essential and effective in preventing their complications. The aim of this study is investigation the amount of BTEX in the ambient air of hamadan fuel stations and its surrounding and to compare with occupational and respiratory air standards.

**Materials and Methods:** The samples were collected according to the NIOSH method and the SKC adsorbent instruction by the individual sampling pump from indoor air and surrounding of Palestinian, Khansari and Forough fuel stations in Hamadan.The concentrationof BTEX compounds was extracted by dichrometan solvent and measured by GC/FID. The data were analyzed using SPSS software.

**Results:** The mean of benzene, toluene, ethylenzene and xylene in Khansari fuel station were 1.23, 3.32, 0.31 and 1.43 mg/m$^3$ respectively, in Palestine fuel station was 1.53, 4.14, 0.29 and 1.25 mg/m$^3$ respectively and in Forough fuel station were 1.65, 2.23, 0.42 and 1.22 mg/m3, respectively. The highest concentration of BTEX compounds was located inside the fuel station and their concentration decreased by increasing the distance from the station. The mean concentrations of benzene in the air inside and distance 200m from the fuel stations were higher than EPA and in air inside and distance 50m from fuel station was higher than NIOSH guidelines. Also, the mean concentration



* Corresponding Author's email: m1.bahiraei1367@gmail.com

of toluene in the air inside the Palestine fuel station was higher than the EPA guidelines.

**Discussion:** The results showed that the dispersion of BTEX compounds in Hamadan refueling stations was caused by vehicles and gasoline evaporation during refueling. The reason for the decrease in the concentration of BTEX compounds by increasing the distance from fuel stations can be attributed to the production of pollutant concentrations in the yard stations, temperature conditions, wind direction and vehicles transportation. By increasing the distance from the station, as the production resources are more inside the station, from the concentration of BTEX compounds decreases by increasing the distance. Also, by increasing the distance from station, the wind airflow, lead to the distribution and dispersion of BTEX compounds and decreases its concentration. Employed personnel and drivers inside fuel stationsare confronted with benzene and toluene pollutants. As regards to short-term counterview with BTEX compounds causes effects such as stimulation and sensitivity of the skin, central nervous system problems (fatigue, headache, dizziness and loss of balance). Also in long-term encounters, in addition to the problems mentioned, they can affect the kidney, liver and blood. Therefore, more oversight should be carried out by petroleum product authorities and control actions to maintain the health of the people and reduce the pollutants in fuel stations, including leakage of tanks and pumps, and the possibility of recycling of gasoline vapors during refueling.