بررسی میزان انتشار ترکیبات BTEX از جایگاه‌های سوخت‌رسانی منطقه خوراسگان اصفهان در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲

مهری صدیق[۱]، فاطمه سجادفر[۱]، حکیمه طیری[۲]، یعقوب حاجی‌زاده[۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزیلن (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers یا BTEX) از جمله ترکیبات آلی فراری هستند که در رده مواد مشکوک به سرطان‌زایی قرار دارند. این ترکیبات در اثر تبخیر بنزین از جایگاه‌های سوخت‌رسانی، وارد هوا می‌شوند و سلامتی کارکنان، رانندگان و ساکنان اطراف را تحت تأثیر قرار می‌دهند. هدف از انجام این مطالعه، بررسی میزان غلظت BTEX در هوای محیطی جایگاه‌های سوخت‌رسانی و اطراف آن و مقایسه با استانداردهای هوای تنفسی و شغلی بود.

روش‌ها: نمونه‌های تحقیق حاضر از هوای کنار پمپ‌های سوخت و ۴۰ متری اطراف آن‌ها به وسیله پمپ نمونه‌برداری فردی و با استفاده از تیوپ‌های کربن فعال جمع‌آوری شد. سپس BTEX توسط حلال دی‌سولفید کربن استخراج گردید و به وسیله دستگاه GC/FID (Gas chromatography-flame ionization detector) مورد سنجش قرار گرفت. جهت نمونه‌برداری و تحلیل داده‌ها، از روش آنالیز هیدروکربن‌های عطری NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) (روش ۱۵۰۱) استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای زایلن در جایگاه‌ها به ترتیب در فصل پاییز ۲۳۵/۹۷، ۴۱۵/۲۲، ۹۳/۳۴ و ۳۳۳/۱۴ میکروگرم در مترمکعب، در فصل زمستان ۲۰۰/۱۱، ۳۲۹/۲۳، ۷۳/۳۴ و ۳۲۱/۴۸ میکروگرم در مترمکعب و در فصل بهار ۲۵۴/۲۰، ۴۳۲/۵۵، ۱۱۳/۲۶ و ۴۸۶/۱۷ میکروگرم در مترمکعب به دست آمد. غلظت بنزن در جایگاه‌ها بسیار بالاتر از حدود پیشنهاد شده برای تماس شغلی بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین غلظت BTEX در فصل گرم بیشتر از فصل سرد و میزان انتشار از جایگاه‌های گاز به مراتب کمتر از جایگاه‌های بنزین و گازوئیل می‌باشد. غلظت‌های سنجش شده در فواصل ۴۰ متری از جایگاه‌ها در مقایسه با غلظت‌های خود جایگاه‌ها نیز بسیار پایین بود. بنابراین، انجام اقدامات لازم برای کنترل نشت سوخت از تانک‌ها و پمپ‌ها و امکان بازیافت بخارات بنزین در حین انتقال سوخت، در جهت حفظ سلامتی شاغلان ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: BTEX، هوای تنفسی، جایگاه‌های سوخت، خوراسگان (اصفهان)

ارجاع: صدیق مهری، سجادفر فاطمه، طیری حکیمه، حاجی‌زاده یعقوب. **بررسی میزان انتشار ترکیبات BTEX از جایگاه‌های سوخت‌رسانی منطقه خوراسگان اصفهان در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۲): ۲۲۱-۲۱۴

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۴/۲۲ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۷/۲۷

مقدمه

ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزیلن (BTEX یا Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers) از جمله پرمصرف‌ترین و خطرناک‌ترین ترکیبات آلی فرار به شمار می‌روند که می‌توانند موجب بروز اثرات سوء بر سلامت انسان و اثرات تخریب کنندگی بر محیط زیست شوند (۱). ترکیبات BTEX از طریق اگزوز، موتور، کاربراتور وسایل نقلیه و همچنین، در اثر تبخیر بنزین از جایگاه‌های توزیع فرآورده‌های نفتی، وارد هوای شهرها می‌شود و بدین ترتیب کارکنان پمپ بنزین در مواجهه با این ترکیبات قرار می‌گیرند. مشخصه اصلی این ترکیبات، سرعت بالای تبخیر آن‌ها می‌باشد (۲). تحقیقات بسیاری ارتباط بین آلودگی هوا با این ترکیبات و وسایل نقلیه را نشان داده‌اند. از میان این ترکیبات، بنزن جزء ترکیبات سرطان‌زا و تولوئن نیز مشکوک به سرطان‌زایی می‌باشد. ترکیبات BTEX در دسته‌بندی EPA (Environmental Protection Agency) و ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) جزء لیست مواد خطرناک قرار دارند (۳). استاندارد NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) برای ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن به ترتیب ۱، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ ppm اعلام شده است (۴). اتحادیه اروپا و EPA، استاندارد هوای تنفسی بنزن را به ترتیب ۵ و ۱۰ میکروگرم در مترمکعب هوا برای متوسط سالانه اعلام نموده‌اند (۵).

استنشاق مقادیر پایین بنزن، منجر به خواب آلودگی، گیجی، تپش قلب، سردرد، لرز، سرگیجه و بیهوشی می‌شود. بنزن به مغز استخوان آسیب می‌رساند و می‌تواند با کاهش میزان گلبول‌های قرمز خون، باعث آنمی گردد. همچنین، این ترکیب می‌تواند منجر به افزایش خونریزی و تضعیف سیستم ایمنی شود که

۱- دانشجوی کارشناسی، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، مرکز تحقیقات محیط زیست و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: یعقوب حاجی‌زاده
Email: y_hajizadeh@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
www.mui.ac.ir

احتمال ایجاد عفونت را افزایش می‌دهد. بنزن موجب لوسمی (Leukemia) می‌شود و با سایر سرطان‌ها و پیش سرطان‌های خون نیز همبستگی دارد. یکی از جنبه‌های سرطان‌زایی بنزن، مربوط به خاصیت اکسید شوندگی بیولوژیکی آن می‌باشد که در داخل بدن اکسید می‌شود و یک اپوکسید ایجاد می‌کند (۳). میزان بنزن در سوخت‌های استاندارد باید کمتر از ۱ درصد باشد؛ در حالی که طبق گفته مسؤولان، میزان بنزن در بنزین ایران گاهی به ۶ تا ۷ درصد هم می‌رسد (۶).

غلظت‌های پایین تا متوسط تولوئن می‌تواند باعث خستگی، گیجی، ضعف، اعمال غیر ارادی و مشابه مستی، از دست دادن حافظه، تهوع، بی‌اشتهایی، کاهش شنوایی و کاهش وضوح دید رنگ‌ها شود. این علایم اغلب با از بین رفتن تماس با تولوئن از بین می‌روند. تماس با غلظت‌های زیاد این ماده در کوتاه مدت، می‌تواند منجر به احساس سبکی سر، سرگیجه یا خواب آلودگی شود. حتی این تماس شدید در برخی مواقع باعث بیهوشی و مرگ می‌شود. همچنین، تولوئن می‌تواند تأثیرات منفی بر عملکرد کلیه‌ها داشته باشد (۳). وجود اتیل بنزن در هوا نیز باعث سردرد، سوزش و التهاب چشم‌ها و گلو و گرفتگی قفسه سینه می‌شود. اتیل بنزن می‌تواند ایجاد تومور کند (۷).

زایلن برای افزایش عدد اکتان به بنزین اضافه می‌شود و مقادیر بالای آن در هوای تنفسی در کوتاه مدت یا طولانی مدت می‌تواند سبب سرگیجه، عدم هماهنگی ماهیچه‌ها، سردرد، آشفتگی و به هم خوردن تعادل شود. تماس کوتاه مدت با مقادیر بالای زایلن نیز سبب التهاب پوست، چشم، بینی، گلو، اشکالات تنفسی و عدم واکنش سریع فرد، اختلال در حافظه، ناراحتی‌های معده و شاید اختلال در کبد و کلیه‌ها می‌شود (۸). همچنین، اثر هپاتوتوکسیک نیز با توجه به افزایش ترانس آمینازها و افزایش اوروبیلینوژن ادرار در کارگرانی که تماس با زایلن داشته‌اند، گزارش شده است (۹).

از آن‌جا که تولیدات نفتی از مخلوط مواد شیمیایی حاصل می‌شود، ممکن است در هوای اطراف مکان‌های تجمع زائدات خطرناک یا پمپ بنزین‌ها غلظت بیشتری از این آلاینده‌ها وجود داشته باشد (۱۰). بسیاری از شهرها تحت تأثیر مجموعه‌ای از منابع آلاینده هوا قرار دارند که شناسایی تأثیر و سهم هر کدام از این منابع در آلودگی شهر و مدیریت و کنترل منابع اهمیت دارد. فاصله، جهت وزش باد غالب و بزرگی هر واحد، بر اهمیت و سهم هر واحد در آلودگی شهرهای اطراف این منابع مؤثر است (۱۰).

در مطالعه Esteve-Turrillas و همکاران، 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 (۵). مصدق مهرجردی و همکاران نیز در تحقیق خود میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن را در پمپ بنزین‌های شهر یزد به ترتیب ۸۰۷ ± ۱۹۳۲، ۴۰۵ ± ۶۶۷، ۸۹ ± ۱۴۸ و ۲۱۶ ± ۳۰۴ میکروگرم در مترمکعب گزارش نمودند (۲). در پژوهش اسماعیل‌نژاد و همکاران، میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزیلن در هوای پمپ بنزین‌های شهرضا در فصل زمستان به ترتیب ۱۷۱/۲ ± ۲۶۸/۵، ۳۱۶/۲ ± ۴۴۲/۲، ۶۸/۷ ± ۱۰۰/۶ و ۳۱۰/۷ ± ۳۶۰/۲ میکروگرم در مترمکعب و در فصل تابستان به ترتیب ۲۱۳/۵ ± ۳۱۰/۶، ۴۰۲/۵ ± ۵۳۳/۲، ۹۰/۸ ± ۱۰۰/۶ و ۴۳۹/۲ ± ۴۹۲/۹ میکروگرم در مترمکعب به دست آمد (۱۱). در یک مطالعه مقایسه‌ای کشورهای اروپایی مانند بلژیک، مجارستان و لتونی، مقادیر بسیار پایین‌تری گزارش شده است (جدول ۱) (۱۲). تقوی‌راد و همکاران مطالعه‌ای را به منظور سنجش میزان BTEX در هوای محدوده اسکله کشتی‌ها در یکی از بنادر جنوب ایران انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که میانگین فصلی مقادیر بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزیلن به ترتیب ۰/۵۳، ۰/۸۵، ۰/۷۰ و ۰/۷۶ ppm می‌باشد (۱۳).

با توجه به خطرات ترکیبات BTEX بر سلامت و امکان انتشار زیاد آن‌ها از ایستگاه‌های سوخت‌رسانی، بررسی میزان غلظت این ترکیبات و کنترل انتشار آن‌ها در جایگاه‌های سوخت‌رسانی، امری ضروری و گام مؤثری در پیشگیری از عوارض ناشی از آن می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت ترکیبات BTEX در سه فصل پاییز، زمستان و بهار در تعدادی از جایگاه‌های سوخت‌رسانی منطقه خوراسگان اصفهان و تغییرات فصلی و مکانی غلظت آن‌ها انجام شد

روش‌ها

خوراسگان یکی از مناطق شهر اصفهان می‌باشد که در بخش مرکزی این استان واقع شده است و جمعیتی بالغ بر ۹۷۱۶۷ نفر و مساحتی حدود ۴۷ کیلومتر مربع دارد. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا برابر با ۱۵۱۷ متر و مختصات جغرافیایی آن ۵۱ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. واحدهای صنعتی بزرگی مانند کارخانه قند و ۴۰۲ واحد تولیدی و صنعتی دیگر در محدوده منطقه خوراسگان دایر است. این منطقه یکی از مناطق شلوغ با تراکم جمعیت زیاد و پرتردد به شمار می‌رود. بنابراین، جایگاه‌های سوخت‌رسانی از نوع بنزینی و گازوئیلی و چند مورد جایگاه گاز (Compressed natural gas یا CNG) در منطقه وجود دارد.

نمونه‌برداری در فصول پاییز و زمستان سال ۱۳۹۲ و بهار سال ۱۳۹۳ (در ماه‌های آبان، بهمن و اردیبهشت) صورت گرفت. در مجموع، از ۶ جایگاه سوخت‌رسانی بنزینی- گازوئیلی و ۲ جایگاه گازی نمونه‌برداری شد (شکل ۱).

جدول ۱. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با برخی مطالعات مرتبط در ایران و کشورهای دیگر

منابع	موقعیت	بنزن (میکروگرم در مترمکعب)	تولوئن (میکروگرم در مترمکعب)	اتیل بنزن (میکروگرم در مترمکعب)	زایلن (میکروگرم در مترمکعب)
مطالعه حاضر	ایران، خوراسگان	۲۳۰/۰۹	۳۹۲/۳۳	۹۳/۳۱	۳۸۰/۲۶
اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۱)	ایران، شهرضا	۲۸۶/۰۰	۴۹۵/۰۰	۱۱۲/۰۰	۴۱۴/۰۰
مصدق مهرجردی و همکاران (۲)	ایران، یزد	۱۹۳۲/۰۰	۶۶۷/۰۰	۱۴۸/۰۰	۳۴۰/۰۰
Esteve-Turrillas و همکاران (۵)	اسپانیا، والنسیا	۱۵۰/۰۰	۲۲۰۰/۰۰	۴۹/۰۰	۱۹۲/۰۰
Keymeulen و همکاران (۱۲)	بلژیک	۱/۷۸	۴/۹۴	۱/۵۵	۴/۴۵
Keymeulen و همکاران (۱۲)	مجارستان	۲/۵۲	۶/۲۰	۰/۷۴	۴/۳۳

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۱. نقشه منطقه با مشخص کردن نقاط نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از فاصله ۲ متری از محل سوخت‌گیری خودروها و در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین در ساعات معمول فعالیت روزانه جایگاه‌های سوخت انجام گرفت. علاوه بر نمونه‌های مذکور، از فاصله حدود ۴۰ متری هر جایگاه در پایین دست جهت باد نیز نمونه تهیه گردید. در هر نوبت، ۲ نمونه به عنوان شاهد در نظر گرفته شد؛ بدین صورت که مراحل استخراج و تحلیل جاذب‌های کربنی بدون عبور دادن هوای مورد نمونه‌برداری به منظور مشخص شدن غلظت‌های زمینه‌ای و یا خطای مراحل آزمایش انجام گرفت. در زمان نمونه‌برداری، شرایط جو از نظر دما، رطوبت و سرعت باد سنجش و ثبت گردید.

برای نمونه‌برداری و تحلیل نمونه‌ها از کتاب راهنمای روش‌های آنالیز هیدروکربن‌های عطری NIOSH استفاده گردید (۱۴). برای انجام نمونه‌برداری، از پمپ نمونه‌بردار دستی SKC (SKCInc-222-3، انگلستان) با دبی قابل تنظیم زیر ۵۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. هوای محل نمونه‌برداری توسط پمپ از تیوب‌های جاذب کربن فعال عبور داده شد تا ترکیبات مورد نظر جذب آن‌ها شود. این تیوپ‌ها ۷ سانتی‌متر طول و ۴ میلی‌متر قطر داخلی دارد و محتوای آن شامل دو قسمت جداگانه کربن فعال ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرمی می‌باشد که به وسیله فوم پلی‌اورتان ۲ میلی‌متری از هم جدا شده است. جهت انجام عمل نمونه‌برداری، ابتدا پمپ نمونه‌برداری فردی به وسیله دستگاه حباب صابون با قرار دادن فلومتر و تیوپ جاذب دو سر شکسته در مدار کالیبره گردید. دبی پمپ در مراحل نمونه‌برداری بر روی ۰/۶ لیتر بر دقیقه تنظیم گردید و مدت زمان نمونه‌برداری برای هر نمونه حدود ۱ ساعت و ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شد.

پس از اتمام نمونه‌برداری، درپوش تیوب‌ها قرار داده شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل گردید و در یخچال نگهداری شد. در مرحله بعد، به منظور استخراج ترکیبات BTEX از سطح کربن فعال، ماده جاذب به یک ویال حاوی ۱ میلی‌لیتری دی‌سولفید کربن (CS_2) انتقال داده شد و ویال به مدت ۵ دقیقه در ویبراتور قرار گرفت تا ترکیبات آلی جذب شده از سطح جاذب جدا و وارد حلال شود. نمونه‌ها پس از واجذبی، به سرعت توسط دستگاه گاز کروماتوگراف (Gas chromatography یا GC) (Agilent Technology-7890A، آمریکا) با دتکتور FID-CD (Flame ionization detector-conductivity detector) آنالیز شد.

برای جداسازی ترکیبات حاصل از گاز کارماتوگراف، از یک ستون سیلیکون HP5 با ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و طول ۳۰ متر استفاده گردید. تزریق نمونه به میزان ۱ میکرولیتر و با اسپلیت ۱ به ۵ در دمای محل تزریق ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. سپس گاز حامل هلیوم با سرعت ۱ میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم گردید. برنامه دمایی کوره ستون به صورت ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه، از ۴۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و ماندن در این دما به مدت ۳ دقیقه انجام گرفت. دمای دتکتور ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، جریان هیدروژن ۳۰ میلی‌لیتر در دقیقه، جریان هوا ۳۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه و جریان نیتروژن به عنوان گاز بازسازی نیز ۳۰ میلی‌لیتر در دقیقه تعیین شد. جهت حذف خطاهای نمونه‌برداری و آماده‌سازی، نمونه‌های شاهد (نمونه‌هایی که از استخراج جاذب‌های کربنی بدون عبور دادن هوای محیطی آماده شده بود) نیز به دستگاه تزریق شد. به منظور اطمینان از عدم رسوخ آلاینده‌ها در حین نمونه‌برداری، هر دو قسمت جاذب‌های کربنی (بخش جلو و عقب فوم پلی‌اورتان) مورد آنالیز قرار گرفت (۷).

یافته‌ها

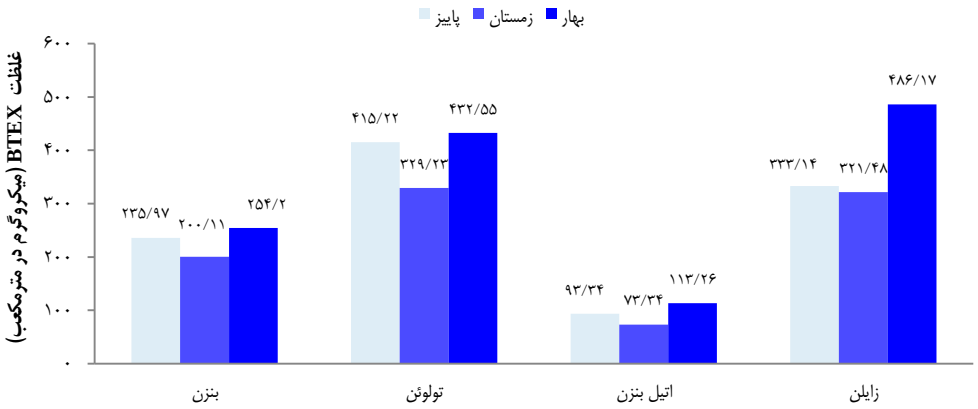
غلظت‌های BTEX در هوای محیطی جایگاه‌های سوخت‌رسانی بنزین و گازوئیل در فصول مختلف سال و میانگین آن‌ها در جدول ۲ ارایه شده است.

بر اساس شکل ۲، به طور کلی غلظت BTEX در فصل بهار نسبت به فصول پاییز و زمستان بیشتر بود (به استثنای موارد اندک) و این امر ممکن است به دلیل بالا بودن درجه حرارت محیط و تبخیر سریع‌تر BTEX از بنزین باشد (۱۱).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۲. غلظت BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers) در هوای ایستگاه‌های سوخت‌رسانی منطقه خوراسگان

فصل	شماره نمونه	بنزن (میکروگرم در مترمکعب)	تولوئن (میکروگرم در مترمکعب)	اتیل بنزن (میکروگرم در مترمکعب)	زایلن (میکروگرم در مترمکعب)
پاییز (آبان)	A_1	۱۳۷/۶۵	۳۵۹/۱۰	۷۳/۸۹	۲۴۹/۶۰
	B_1	۲۹۵/۶۷	۹۴/۵۰	۵۱/۵۰	۱۴۴/۳۵
	C_1	۱۴۶/۰۰	۱۵۳۲/۳۰	۲۸۴/۲۰	۱۰۴۷/۷۰
	D_1	۳۱۶/۳۰	۲۹۲/۰۰	۴۳/۷۰	۲۵۱/۲۰
	E_1	۳۸۵/۲۴	۱۲۷/۵۰	۳۷/۸۵	۱۴۳/۳۵
	F_1	۱۳۴/۹۷	۸۵/۹۰	۶۸/۹۰	۱۶۲/۶۵
	میانگین	۲۳۵/۹۷	۴۱۵/۲۲	۹۳/۳۴	۳۳۳/۱۴
زمستان (بهمن)	A_2	۳۹۰/۰۰	۱۵۲/۶۰	۸۹/۳۴	۴۸۴/۷۰
	B_2	۱۷۲/۸۰	۴۸۱/۴۰	۴۳/۴۵	۱۸۸/۹۰
	C_2	۲۴۶/۸۷	۶۲۶/۱۰	۵۷/۵۰	۲۴۴/۳۰
	D_2	۷۹/۵۴	۳۰۸/۵۰	۹۷/۱۰	۴۳۹/۸۰
	E_2	۲۷۹/۲۰	۳۶۵/۲۰	۹۶/۴۰	۱۴۶/۷۰
	F_2	۳۲/۲۵	۴۱/۶۰	۵۶/۲۳	۴۲۴/۵۰
	میانگین	۲۰۰/۱۱	۳۲۹/۲۳	۷۳/۳۴	۳۲۱/۴۸
بهار (اردیبهشت)	A_3	۳۳۴/۷۰	۲۷۲/۶۰	۷۳/۲۰	۵۷۶/۰۰
	B_3	۲۱۶/۳۰	۴۹۳/۵۰	۶۷/۴۵	۲۴۳/۰۰
	C_3	۳۳۷/۱۳	۷۲۲/۰۰	۱۰۲/۰۰	۳۸۷/۹۰
	D_3	۱۶۴/۵۰	۴۵۳/۰۰	۱۷۳/۹۰	۵۸۷/۹۰
	E_3	۳۳۶/۸۹	۳۷۶/۲۰	۸۹/۹۰	۳۵۴/۰۰
	F_3	۱۳۵/۷۰	۲۷۸/۰۰	۱۷۳/۱۰	۷۶۸/۲۳
	میانگین	۲۵۴/۲۰	۴۳۲/۵۵	۱۱۳/۲۶	۴۸۶/۱۷
میانگین کل		۲۳۰/۰۹	۳۹۲/۳۳	۹۳/۳۱	۳۸۰/۲۶



شکل ۲. مقایسه میانگین غلظت BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers) در هوای ایستگاه‌های سوخت‌رسانی در فصول مختلف سال

از طرف دیگر، ممکن است در زمستان برای راحت‌تر روشن شدن خودرو، فشار بخار بنزین را با افزایش درصد اجزای فرار بنزین، افزایش دهند که منجر به تبخیر سریع‌تر بنزین و افزایش غلظت ترکیبات در محوطه جایگاه در فصل سرما گردد. این امر باعث می‌شود که اختلاف میزان انتشار در فصول سرد و گرم سال کمتر باشد (۶).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۳. غلظت BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers) در هوای محیط ۴۰ متری ایستگاه‌های سوخت‌رسانی پرترافیک B و D منطقه خوراسگان

فصل	شماره نمونه	بنزن (میکروگرم در مترمکعب)	تولوئن (میکروگرم در مترمکعب)	اتیل بنزن (میکروگرم در مترمکعب)	زایلن (میکروگرم در مترمکعب)
پاییز (آبان)	B_1	۲۷/۶	۵۷/۳	۱۳/۹	۴۳/۳۵
	D_1	۳۸/۶	۳۸/۳	۱۸/۳	۲۹/۰
	میانگین	۳۳/۱	۴۷/۸	۱۶/۱	۳۶/۲
زمستان (بهمن)	B_2	۳۰/۷	۳۷/۷	۱۷/۳	۲۳/۵
	D_2	۲۵/۰	۴۲/۳	۱۱/۹	۴۷/۹
	میانگین	۲۷/۸	۴۰/۰	۱۴/۶	۳۵/۷
بهار (اردیبهشت)	B_3	۴۳/۶	۵۷/۶	۱۸/۰	۴۷/۴
	D_3	۳۶/۶	۴۷/۶	۲۱/۸	۳۲/۰
	میانگین	۴۰/۱	۵۲/۶	۱۹/۹	۳۹/۷

در جدول ۳ نتایج غلظت‌های اندازه‌گیری شده BTEX در فواصل ۴۰ متری از دو ایستگاه سوخت پرترافیک B و D منطقه خوراسگان در فصول مختلف سال ارایه شده است.

غلظت BTEX سنجش شده در هوای محیطی جایگاه‌های CNG در فصول مختلف سال و میانگین آن‌ها در جدول ۴ آمده است.

در جدول ۵، مقادیر شاخص‌های هواشناسی در ایستگاه‌های سوخت‌رسانی و میانگین آن‌ها که در زمان نمونه‌برداری سنجش شده، ارایه شده است.

بحث

میانگین کلی غلظت‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای زایلن در ۶ پمپ بنزین با احتساب میانگین هر ایستگاه، در فصل پاییز به ترتیب ۲۳۵/۹۷، ۴۱۵/۲۲، ۹۳/۳۴ و ۳۳۳/۱۴ میکروگرم در مترمکعب، در فصل زمستان به ترتیب ۲۰۰/۱۱، ۳۲۹/۲۳، ۷۳/۳۴ و ۳۲۱/۴۸ میکروگرم در مترمکعب و در فصل بهار به ترتیب ۲۵۴/۲، ۴۳۲/۵۵، ۱۱۳/۲۶ و ۴۸۶/۱۷ میکروگرم در مترمکعب به دست آمد. این مقادیر در مقایسه با استاندارد تماس شغلی پیشنهاد شده توسط NIOSH برای کارکنان، در محدوده استاندارد شغلی بود، اما غلظت بنزن به دست آمده در مطالعه حاضر در مقایسه با استانداردهای ارایه شده برای هوای تنفسی محیطی، در تمام ایستگاه‌ها بیشتر از استانداردها بود (۵، ۴). میزان غلظت BTEX در پمپ‌های CNG نیز در مقایسه با استاندارد شغلی مطلوب می‌باشد. جدول ۱ نتایج پژوهش صورت گرفته و چند مطالعه مشابه در داخل و خارج از کشور را نشان می‌دهد. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با تحقیق اسماعیل‌نژاد و همکاران در شهرضا (۱۱) حاکی از آن بود که مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر تا حدودی پایین است که این کاهش غلظت BTEX را می‌توان به عواملی همچون تعویض پمپ‌های سوختگیری، گران شدن بنزین، میزان سوخت‌گیری کمتر در هر وعده، ارتقای فرهنگ مردمی در سوخت‌گیری و توجه به اصلاح الگوی مصرف ارتباط داد. در سال‌های گذشته، به هنگام سوخت‌گیری به راحتی بنزین از باک خودروها سرازیر و در محوطه پمپ بنزین‌ها جاری می‌شد (۵)، اما مقادیر بنزن و تولوئن گزارش شده در پمپ بنزین‌های شهر یزد (۲) در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر، بسیار بالا بود. غلظت‌های حاصل شده BTEX مطالعه حاضر در مقایسه با مطالعات خارج از کشور (۱۵، ۱۲)، میزان

جدول ۴. غلظت BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers) در ایستگاه‌های سوخت CNG (Compressed natural gas) منطقه خوراسگان

فصل	شماره نمونه	بنزن (میکروگرم در مترمکعب)	تولوئن (میکروگرم در مترمکعب)	اتیل بنزن (میکروگرم در مترمکعب)	زایلن (میکروگرم در مترمکعب)
پاییز (آبان)	CNG_1	۲۳/۲	۳۱/۰	۷/۸	۲۰/۰
	CNG_2	۵۰/۲	۴۶/۷	۱۱/۷	۲۶/۸
	میانگین	۳۶/۷	۳۸/۸	۹/۷	۲۳/۴
زمستان (بهمن)	CNG_1	۱۷/۴	۲۸/۵	۹/۴	۳۴/۰
	CNG_2	۴۲/۶	۳۹/۰	۱۴/۵	۳۲/۹
	میانگین	۳۰/۰	۳۳/۷	۱۲/۰	۳۳/۴
بهار (اردیبهشت)	CNG_1	۲۶/۷	۳۷/۰	۱۹/۶	۱۹/۰
	CNG_2	۵۱/۵	۵۱/۵	۱۶/۹	۳۵/۹
	میانگین	۳۹/۱	۴۴/۲	۱۸/۲	۲۷/۴

CNG: Compressed natural gas

جدول ۵. شاخص‌های هواشناسی در ایستگاه‌های سوخت‌رسانی در زمان نمونه‌برداری و میانگین آن‌ها در فصول مختلف سال

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

پاییز			زمستان			بهار		
شماره نمونه	دما (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	شماره نمونه	دما (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	شماره نمونه	دما (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)
A_1	۱۷/۸	۲۷/۲	۱/۰	A_2	۲۰/۰	۲۳/۰	۳/۴	A_3	۲۷/۸	۲۴/۰	۲/۰
B_1	۲۲/۵	۱۷/۳	۰/۳	B_2	۱۶/۰	۲۸/۰	۲/۲	B_3	۳۰/۶	۲۱/۰	۳/۰
C_1	۲۰/۰	۲۷/۰	۰/۶	C_2	۱۹/۰	۲۳/۰	۴/۳	C_3	۳۲/۸	۲۱/۰	۰
D_1	۲۱/۰	۲۸/۰	۰/۲	D_2	۲۱/۰	۲۴/۰	۴/۰	D_3	۳۳/۳	۲۱/۰	۲/۶
E_1	۲۰/۸	۲۸/۱	۰/۲	E_2	۲۱/۰	۲۳/۰	۴/۴	E_3	۳۳/۳	۲۱/۰	۱/۰
F_1	۱۹/۰	۲۷/۶	۰/۳	F_2	۲۱/۰	۲۳/۰	۳/۳	F_3	۳۲/۲	۲۳/۰	۲/۰
میانگین	۲۰/۱۸	۲۵/۹	۰/۴	میانگین	۱۹/۸	۲۴/۰	۳/۶	میانگین	۳۱/۷	۲۱/۸	۱/۸

بسیار بالایی را نشان می‌دهد (جدول ۱) و دلیل این امر، مجهز بودن بیشتر جایگاه‌های سوخت‌رسانی در کشورهای پیشرفته به سیستم‌های کنترل نشت، بازیافت بخارات و سیستم‌های بازچرخش بخارات می‌باشد.

میانگین غلظت‌های به دست آمده در فاصله ۴۰ متری جایگاه‌ها نیز نشان داد که در فصل بهار غلظت آلاینده‌ها نسبت به فصل پاییز و زمستان بیشتر است (جدول ۳). شعاع تأثیر جایگاه سوخت‌رسانی به عنوان منابع نقطه‌ای آلاینده هوا، به عواملی همچون غلظت آلاینده در محوطه جایگاه، شرایط دمایی و جهت وزش بادها بستگی دارد. هرچه غلظت آلاینده در محوطه جایگاه بیشتر و دمای هوا بالاتر باشد (در مناطق پایین دست جهت وزش بادها)، انتشار آلودگی می‌تواند شعاع بیشتری را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به غلظت‌های حاصل شده، می‌توان نتیجه گرفت که این غلظت‌ها متأثر از انتشارات پمپ بنزین‌ها نمی‌باشد، بلکه منابع دیگری مانند حرکت خودروها و سایر منابع تأثیرگذار می‌باشند. مطالعات مشابه انجام شده پیشین، شعاع اثر پمپ بنزین‌ها را در انتشار BTEX حدود ۳۰ متر گزارش کرده است (۶).

نتیجه‌گیری

از مجموع نتایج تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جایگاه‌های سوخت‌رسانی از جمله منابع انتشار ترکیبات آلی فرار در سطح شهر خوراسگان می‌باشند. میزان انتشار این ترکیبات تابع خصوصیات سوخت، نوع پمپ‌ها، میزان ترافیک جایگاه‌ها و شرایط آب و هوایی است؛ به طوری که غلظت این ترکیبات در فصول گرم سال بیشتر است. انتشار بخارات ترکیبات آلی فرار علاوه بر هدر رفتن بنزین، باعث آلودگی محیط زیست شهری و به خطر افتادن سلامت جامعه و کارکنان می‌گردد. بنابراین، با توجه به این که تنفس این ترکیبات در غلظت‌های بالاتر از حد استاندارد می‌تواند پیامدهای جدی مانند سرطان خون و بیماری‌های عصبی برای سلامت انسان داشته باشد، تدوین و اجرای برنامه علمی و هدفمند در جهت کاهش انتشار بخارات آلی از جایگاه‌های سوخت‌رسانی، ضرورت دارد. در همین راستا، پیشنهاد می‌شود که اقدامات پیشگیرانه‌ای از جمله اصلاح نشتی پمپ‌ها و مخارن و همچنین، استفاده از سیستم‌های بازچرخش بخارات در زمان نقل و انتقال سوخت و جانمایی با فاصله مطلوب پمپ‌ها در دستور کار مسؤولان پخش فرآورده‌های نفتی قرار گیرد. همان‌گونه که انجام اقدامات مذکور در کشورهای پیشرفته و در جهت کاهش انتشارات از پمپ بنزین‌ها، به طور قابل توجهی مؤثر بوده است.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر حاصل طرح مصوب به شماره ۱۹۱۱۲۷ می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به جهت تأمین منابع مالی مطالعه حاضر، سپاسگزاری می‌نمایند.

References

1. Samarghandi MR, Mehralipour J, Shabanlo A, Rahimpoor R. The evaluation of personal exposure to BTEX compounds in the traditional restaurants in Hamadan in 2013. Sci J Hamdan Univ Med Sci 2014; 21(3): 231-9. [In Persian].
2. Mosaddegh Mehrjerdi MH, Tahmasebi N, Barkhordari Firoozabadi A, Fallahzadeh H, Esmaielian S, Soltanizadeh K. 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 2014; 16(6): 419-27. [In Persian].
3. Fazlzadeh Davil M, Rostami R, Zarei A, Feizizadeh M, Mahdavi M, Mohammadi AA, et al. A survey of 24 hour variations of BTEX concentration in the ambient air of Tehran. J Babol Univ Med Sci 2011; 14(Suppl 1): 50-5. [In Persian].
4. Centers for Disease Control and Prevention. NIOSH pocket guide to chemical hazards [Online]. [cited 2007 Sep]; Available from: URL: http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf
5. Esteve-Turrillas FA, Pastor A, de la Guardia M. 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 2007; 593(1): 108-16.
6. Keshavarzi Shirazi H, Halek FS, Mirmohammadi M. Determination of gasoline losses from gas stations in the city of Tehran and it's control and recovery methods. Journal of Environmental Studies 2004; 30(36): 33-40. [In Persian].

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

7. Bina B, Amin M, Rashidi A, Pourzamani H. Benzene and toluene removal by carbon nanotubes from aqueous solution. Archives of Environmental Protection 2012; 38(1): 3-25.
8. Hosinzadeh E, Samarghandi MR, Faghih MA, Roshanaei G, Hashemi Z, Shahidi R. Study of volatile organic materials concentrations (BTEX) and electromagnetic fields in printing and copying centers in Hamadan. Jundishapur J Health Sci 2012; 4(3): 25-34.
9. Golbabaei F, Kazemi R, Golestan G, Pourtalari M, Shahtaheri J, Rismanchian M. Influence of operational, technical and environmental factors on exposure of motor-vehicle painters to volatile organic solvents. J Sch Public Health Inst Public Health Res 2010; 8(4): 63-72. [In Persian].
10. Taghizadeh MM, Dehghani M, Rastgou E. GIS-assisted investigation on dispersion of BTEX in industrial regions of Zarghan, Iran. Journal of Environmental Studies 2014; 39(14): 125-36. [In Persian].
11. Esmaelnejad F, Hajizadeh Y, Pourzamani H, Amin MM. Monitoring of benzene, toluene, ethyl benzene, and xylene isomers emission from Shahreza gas stations in 2013. Int J Env Health Eng 2015; 4(1): 1-7.
12. Keymeulen R, Görgényi M, Héberger K, Priksane A, van Langenhove H. Benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes in ambient air and Pinus sylvestris L. needles: a comparative study between Belgium, Hungary and Latvia. Atmospheric Environment 2001; 35(36): 6327-35.
13. Taghavirad SS, Shadivand AH, Davar H. The a study on concentration of BETX vapors during winter in the department of ports and shipping located in one of the southern cities of Iran. Inte J Cur Life Sci 2014; 4(9): 5416-20.
14. Eller PM. NIOSH manual of analytical methods. Collingdale, PA: Diane Publishing Co; 1994.
15. Correa SM, Arbilla G, Marques MRC, Oliveira KMPG. The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere. Atmospheric Pollution Research 2012; 3(2): 163-9.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

Journal of Health System Research
Received: 13.07.2015
Vol. 12, No. 2, Summer 2016
Accepted: 19.10.2015

Monitoring of BTEX Emission from Filling Stations in Khorasgan District, Iran, in 2013-2014

Mehri Seddigh[1], Fatemeh Sajjadfar[1], Hakimeh Teiri[2], Yaghoub Hajizadeh[3]

Original Article

Abstract

Background: Benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene isomers (BTEX) are volatile organic compounds that are classified as suspected human carcinogens. These compounds are emitted into the atmosphere via evaporation of petroleum products and affect the health of staff, drivers, and surrounding residents. The aim of this study was to monitor BTEX concentrations in ambient air of filling stations and their surrounding areas, and compare them with the environmental and occupational standards.

Methods: In this study, the air samples were collected from vicinity of fuel pumps and at a distance of 40 meters from them using a personal sampling pump with activated charcoal tubes. Then, the BTEX were extracted by CS2 solvent and analyzed using a gas chromatography-flame ionization detector (GC/FID). The aromatic hydrocarbon analysis method of the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (method 1501) was used for sampling and analysis.

Findings: The mean concentrations of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene isomers in the fuel stations, respectively, were 235.9, 415.2, 93.34, and 333.14 µg/m3 in the autumn, 200.1, 329.2, 73.3, and 321.4 µg/m3 in the winter, and 254.2, 432.5, 113.2, and 486.1 µg/m3 in the spring. The concentration of benzene in the filling station was much higher than the recommended standard for occupational exposure.

Conclusion: The mean concentration of BTEX in the warm season was higher than cold season. Emission of the pollutants from CNG stations was much lower than gasoline and diesel stations. Concentrations measured at a distance of 40 meters from the stations were very low compared to that near the stations. Therefore, taking measures such as controlling of possible pumps and tanks leakage, and petrol vapor recovery during fuel transfer is necessary in order to protect the health of workers and bystanders.

Keywords: BTEX, Fuel stations, Ambient air, Khorasgan, Isfahan

Citation: Seddigh M, Sajjadfar F, Teiri H, Hajizadeh Y. **Monitoring of BTEX Emission from Filling Stations in Khorasgan District, Iran, in 2013-2014.** J Health Syst Res 2016; 12(2): 214-21.

1- Student Research Committee, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- MSc Student, Student Research Committee, Environmental Research Center AND Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Yaghoub Hajizadeh, Email: y_hajizadeh@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]