DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335 Published by Vesnu Publications

سنجش میزان ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در محیط داخل و خارج دبیرستان‌های دو شهر اصفهان و چادگان در سال ۱۳۹۵

ملیحه نجفی[۱]، قاسم یادگارفر[۲]، کریم ابراهیم‌پور[۳]، حمیدرضا پورزمانی[۴]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: در میان ترکیبات آلی فرار، ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers یا BTEX) از آلاینده‌های مهم هوا به شمار می‌رود که حتی در غلظت‌های بسیار پایین نیز برای سلامتی مضر می‌باشد. منبع اصلی این ترکیبات، گازهای خروجی از اگزوز وسایل نقلیه است. هدف از انجام مطالعه حاضر، سنجش ترکیبات BTEX در هوای آزاد و محیط داخلی چهار دبیرستان واقع در دو منطقه شهر اصفهان و دو دبیرستان واقع در شهر چادگان بود.

روش‌ها: نمونه‌های هوای محیط داخل و خارج مدارس در دو شهر اصفهان و چادگان به وسیله پمپ نمونه‌برداری فردی و با استفاده از تیوب‌های کربن فعال جمع‌آوری گردید. سپس ترکیبات BTEX با استفاده از حلال دی‌سولفید کربن استخراج شد و به کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی- اسپکترومتری جرمی (Gas chromatography-mass spectrometry یا GC-MS) مورد سنجش قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین غلظت ترکیبات BTEX در شهر اصفهان از شهرستان چادگان بالاتر بود. همچنین، غلظت ترکیبات BTEX در منطقه ۲ اصفهان [میدان امام حسین (ع)] بالاتر از منطقه ۱ (چهارباغ خواجو) گزارش شد و بیشترین و کمترین غلظت در میان اجزای BTEX به ترتیب به تولوئن و اتیل بنزن اختصاص داشت. نسبت محیط داخل به خارج نیز در دو منطقه نزدیک به یک به دست آمد. رابطه معنی‌داری بین غلظت داخلی و خارجی ترکیبات BTEX در دو شهر و دو منطقه وجود نداشت و این یافته نشان داد که آلودگی محیط داخلی مدارس ناشی از منابع داخلی بوده است.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست‌آمده، شهر اصفهان از چادگان و منطقه دو اصفهان از منطقه یک آلوده‌تر بود و آلودگی‌ها بیشتر به منابع خارجی همچون ترافیک نسبت داده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن، مدارس، آلودگی محیط داخل

ارجاع: نجفی ملیحه، یادگارفر قاسم، ابراهیم‌پور کریم، پورزمانی حمیدرضا. **سنجش میزان ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در محیط داخل و خارج دبیرستان‌های دو شهر اصفهان و چادگان در سال ۱۳۹۵.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۷؛ ۱۴ (۲): ۲۵۱-۲۴۴

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۲۷ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱/۵ تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۴/۱۵

مقدمه

ترکیبات آلی فرار (Volatile organic compounds یا VOCs) از جمله آلاینده‌های بسیار مهم هوا به شمار می‌روند که از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارند و شامل چندین هزار ترکیب گوناگون می‌باشند که بسیاری از آن‌ها به عنوان حلال استفاده می‌شوند. طبق تحقیقات صورت گرفته، دسته‌ای از این ترکیبات شاخص که همواره با هم حضور دارند و برای سلامتی انسان حتی در غلظت‌های بسیار پایین مضر می‌باشد، ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers یا BTEX) است (۱). منبع اصلی BTEX در هوای شهرها، به واسطه گازهای خروجی از اگزوز اتومبیل می‌باشد (۳، ۲). منابع داخلی این ترکیبات شامل مصالح ساختمانی (رنگ)، محصولات مصرفی (لاک، چسب، پاک‌کننده‌ها)، فعالیت‌های انسانی (سیگار کشیدن)، وسایل گازسوز، چاپگر، پرینتر و... است (۵، ۴). علاوه بر تأثیر مخرب BTEX بر روی سیستم تنفسی و ریه انسان، از بین این ترکیبات، بنزن در گروه A مواد سرطان‌زا قرار می‌گیرد (۱). استنشاق مقادیر بالای بنزن در کوتاه مدت ممکن است منجر به مرگ شود؛ در حالی که مقادیر پایین این ماده باعث خواب‌آلودگی، گیجی، تپش قلب، سردرد، سرگیجه و بیهوشی می‌گردد. مهم‌ترین تأثیر بنزن در دراز مدت بر روی خون است. این ماده به مغز استخوان آسیب می‌رساند و با کاهش تعداد گلبول‌های قرمز، منجر به بروز آنمی می‌گردد. همچنین، باعث افزایش خونریزی و تضعیف سیستم ایمنی بدن می‌شود که با احتمال بروز عفونت همراه است (۶).

غلظت های پایین تا متوسط تولوئن سبب خستگی، گیجی، ضعف، از دست دادن حافظه، بی‌اشتهایی و کاهش شنوایی می‌شود. البته این علایم با از بین رفتن تماس با تولوئن، از بین می‌رود. تأثیرات منفی بر عملکرد کلیه، از دیگر عوارض مواجهه با تولوئن می‌باشد (۷). غلظت بالای اتیل بنزن نیز منجر به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و مرکز تحقیقات محیط زیست و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، مرکز تحقیقات پیشگیری از سرطان و گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- دانشیار، مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری‌های غیر واگیر و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: حمیدرضا پورزمانی
Email: pourzamani@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.16.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335]

بیهوشی، خستگی، سردرد، اختلالات مغزی، التهاب و سوزش چشم و گرفتگی قفسه سینه می‌گردد. زایلن بر مغز تأثیر میگذارد و موجب آسیب به کبد و کلیه، سردرد و سرگیجه، از دست دادن تعادل، تحریک چشم و پوست و غشای محیطی می‌گردد (۸، ۶). کودکان نسبت به اشخاص بزرگسال حساسیت بیشتری به آلاینده‌ها نشان می‌دهند و این در حالی است که آن‌ها ساعات زیادی را در محیط مدرسه –جایی که در معرض سطوح ناشناخته آلاینده‌های داخلی هستند– صرف می‌کنند (۱۳–۹).

نتایج چندین مطالعه نشان داده است که آلودگی هوا در داخل می‌تواند احتمال مشکلات بهداشتی کوتاه مدت و بلند مدت در دانش‌آموزان و معلمان را افزایش دهد؛ به طوری که بر روی آسایش، بهره‌وری و عملکرد تحصیلی اثرگذار باشد (۱۷–۱۴، ۱۰). در پژوهشی که در ۱۱ شهر اروپا و در ساختمان‌های عمومی، مدارس و مهدکودک‌ها انجام گرفت، میزان ۲۳ ترکیب آلی فرار مورد سنجش قرار گرفت که پایین‌ترین غلظت‌ها مربوط به محیط داخلی در فصول گرم بود و علت آن، تهویه بالا ذکر شد (۱۸). در تحقیق دیگری که در فصول تابستان و زمستان در ساختمان‌های عمومی و خانه‌های شخصی صورت گرفت، غلظت‌های درونی وابسته به سن و نوع ساختمان گزارش گردید (۱۹). نتایج مطالعه Pekey و Arslanbas در مورد ارتباط بین محیط داخلی و خارجی خانه، مدارس و ادارات در دو فصل تابستان و زمستان، نشان داد که در فصل زمستان ارتباط معنی‌داری بین محیط داخل و خارج وجود نداشت و نشان دهنده این بود که آلودگی داخل در ارتباط با منابع داخلی است. این نتایج به علت کاهش تهویه در زمستان و بسته بودن پنجره‌ها بود که مانع عبور و مرور مؤثر هوا و باعث تجمع آلودگی می‌گردید. همچنین، آن‌ها به این نتیجه رسیدند که آلودگی مناطق شهری و صنعتی، ۴–۲ برابر مناطق روستایی است که در ارتباط با ترافیک وسایل نقلیه و صنایع می‌باشد (۲۰). پژوهشی در اهواز با هدف ارزیابی ترکیبات آلی فرار در محیط داخل و خارج چهار مهدکودک انجام گرفت و نتیجه‌گیری کرد که بین غلظت‌های داخلی و خارجی مهدکودک‌ها ارتباطی وجود ندارد (۲۱).

هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی غلظت ترکیبات BTEX در محیط داخلی مدارس و مقایسه آن با غلظت‌های هوای آزاد اطراف مدارس در دو شهر اصفهان و چادگان و بررسی ارتباط آن‌ها و همچنین، ارتباط وضعیت هوای دو شهر اصفهان و چادگان نسبت به یکدیگر بود.

روش‌ها

اصفهان یک شهر صنعتی با جمعیت ۲۱۰۱۲۲۰ نفر (بر طبق آخرین سرشماری) می‌باشد که در مرکز فلات ایران قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۷۰ متر است. میانگین دمای ماهانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۳۹ درجه سانتی‌گراد در تابستان و حداقل ۱۸– درجه سانتی‌گراد در زمستان با باد خفیف از غرب و جنوب است. شهر اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی، سومین شهر بزرگ ایران بعد از تهران و مشهد به شمار می‌رود. هوای این شهر اغلب تحت تأثیر انتشارات صنعتی و ترافیک وسایل نقلیه است که می‌تواند منجر به افزایش غلظت آلاینده‌های هوا گردد (۲۳، ۲۲). بر حسب شاخص کیفی هوا (Air Quality Index یا AQI)، اصفهان دارای هفت ایستگاه پایش دایم می‌باشد که در مطالعه حاضر از بین هفت ایستگاه، دو ایستگاه میدان امام حسین (ع) (منطقه ۲) و چهارباغ خواجو (منطقه ۱) بر حسب میانگین AQI در اردیبهشت سال گذشته (بیشترین ۶۸ و کمترین ۵۸ میزان AQI) انتخاب شد. از هر منطقه به تصادف دو دبیرستان (دخترانه و پسرانه) انتخاب گردید و در هر مدرسه، دو نمونه از محیط داخل و دو نمونه از محیط خارجی مدارس گرفته شد و وضعیت آلودگی هوا در محیط بیرونی و داخلی مدارس مورد ارزیابی قرار گرفت.

شهرستان چادگان در محدوده‌ای به مختصات ۵۰ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. ارتفاع متوسط شهرستان ۲۹۳۲ متر و بلندترین و پست‌ترین نقاط آن به ترتیب ۳۹۱۵ و ۱۹۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد. میانگین سالانه درجه حرارت هوا در این منطقه، ۹/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین‌های حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۱/۶۵ و ۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد است. حداقل مطلق دما در دی ماه ۴/۱– و حداکثر مطلق آن در تیر ماه ۲۲/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. اقلیم منطقه چادگان معتدل قاره‌ای یا سرد با تابستان‌های خنک و زمستان‌های سرد است (۲۴). در شهرستان چادگان نیز دو مدرسه به صورت تصادفی انتخاب گردید و در هر مدرسه دو نمونه هوا از محیط داخلی و چهار نمونه از محیط خارجی مدارس گرفته شد.

در تحقیق حاضر، بر اساس دستورالعمل ۱۵۰۱– National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH–۱۵۰۱)، از روش نمونه‌برداری اکتیو با استفاده از پمپ SKC (مدل ۳–۲۲۲، انگلستان) و تیوب‌های جاذب کربن فعال (مدل ۰۱–۲۲۶، شرکت SKC، انگلستان) استفاده شد. این تیوب‌ها ۷ سانتی‌متر طول و ۴ میلی‌متر قطر داخلی دارد و محتوای آن به وسیله فوم پلی‌ورتان ۲ میلی‌متری جدا شده است. قبل از نمونه‌برداری، کالیبراسیون انجام گرفت. دبی پمپ ۰/۱ لیتر بر دقیقه و زمان نمونه‌برداری سه ساعت بود. هوای محل نمونه‌برداری به کمک پمپ از تیوب‌های جاذب کربن فعال عبور داده شد تا ترکیبات مورد نظر جذب آن شود. پس از اتمام نمونه‌برداری، درپوش تیوب‌ها قرار داده شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه انتقال یافت و در یخچال نگهداری شد. نمونه‌های هوای داخل و خارج مدارس در یک روز مشابه جمع‌آوری گردید. در مرحله بعد، به منظور استخراج ترکیبات BTEX از سطح جاذب‌های کربن فعال، ماده جاذب به یک ویال یک میلی‌لیتری حاوی دی‌سولفید کربن (CS_2) منتقل شد و به مدت ۵ دقیقه روی ویبراتور قرار گرفت تا ترکیبات آلی جذب شده از سطح جاذب جدا و وارد حلال گردد. در این آنالیز، ابتدا با تزریق محلول‌هایی با غلظت مشخص و اخذ کروماتوگرام این ترکیب، منحنی کالیبراسیون دستگاه جهت تعیین غلظت BTEX تهیه و سپس نمونه‌های اصلی به دستگاه تزریق شد. نمونه‌ها پس از واجذبی، با استفاده از سرنگ مخصوص به دستگاه کروماتوگرام گازی مجهز به دتکتور اسپکتروفتومتر جرمی تزریق و آنالیز گردید (۲۵، ۶). دستگاه کروماتوگرافی گازی–اسپکترومتری جرمی (Gas chromatography-mass spectrometry یا GC-MS) (مدل ۷۸۹۰A، شرکت Agilent technologies، آمریکا) دارای یک ستون مویینه نوع DB5-MS با طول ۶۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم داخلی ۲۵۰ میکرون بود. دمای تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با نسبت اسپلیت ۲ به ۱ و حجم تزریق ۲ میکرو لیتر در نظر گرفته شد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.16.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335]

جدول ۱. میانگین غلظت‌های اندازه‌گیری شده ترکیبات Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers (BTEX) در محیط خارجی دو شهر اصفهان و چادگان

ترکیب	اصفهان			چادگان		
	میانگین ± انحراف معیار	حداکثر	حداقل	میانگین ± انحراف معیار	حداکثر	حداقل
بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)	۵/۴۴۲ ± ۲/۱۲۲	۷/۷۱۹	۲/۳۰۸	۱/۱۲۴ ± ۰/۲۲۴	۱/۶۱۸	۰/۹۶۴
تولوئن (میکروگرم بر مترمکعب)	۱۸/۴۷۷ ± ۹/۹۲۳	۳۲/۸۶۷	۶/۳۶۱	۵/۹۹۲ ± ۱/۸۷۶	۸/۲۳۹	۲/۶۳۰
اتیل بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)	۱/۹۷۵ ± ۰/۹۴۴	۳/۶۴۱	۱/۱۰۳	۰/۸۵۰ ± ۰/۲۱۱	۱/۲۵۳	۰/۵۵۶
زایلن (میکروگرم بر مترمکعب)	۳/۹۶۷ ± ۳/۱۶۶	۹/۳۰۶	۱/۵۸۶	۱/۱۴۴ ± ۰/۳۵۴	۱/۸۷۱	۰/۷۷۹

سرعت جریان گاز حامل نیز ۲ لیتر بر دقیقه تنظیم گردید. دمای ابتدایی آون ۴۰ درجه بود که برای ۴ دقیقه در همین دما توقف داشت و سپس با شیب ۱۰ درجه بر دقیقه دمای آون تا ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یافت.

برای تعیین رابطه بین نتایج نمونه‌گیری داخلی و خارجی، از روش رگرسیون استفاده شد. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ (version 23, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. $P < ۰/۰۵$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مقایسه غلظت ترکیبات BTEX در اصفهان و چادگان: داده‌های حاصل از غلظت‌های ترکیبات BTEX در محیط خارجی دو شهر اصفهان و چادگان در جدول ۱ ارایه شده است. حداکثر و حداقل میانگین غلظت به ترتیب مربوط به تولوئن و اتیل بنزن بود. میانگین غلظت تمام ترکیبات در شهر اصفهان بالاتر از چادگان گزارش شد و این رابطه معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$).

مقایسه غلظت ترکیبات BTEX در مناطق ۱ و ۲ اصفهان: نتایج حاصل از غلظت ترکیبات BTEX در دو منطقه شهر اصفهان در جدول ۲ ارایه شده است. حداکثر و حداقل میانگین غلظت به ترتیب مربوط به تولوئن و اتیل بنزن بود. میانگین غلظت تمام ترکیبات در منطقه ۲ [میدان امام حسین (ع)] بیشتر از منطقه ۱ (چهارباغ خواجو) گزارش شد. همچنین، میزان ترکیبات BTEX هوای داخلی و خارجی مدارس دو منطقه در جدول ۲ آمده است. با توجه به نتایج حاصل از آزمون Spearmsn که برای مقایسه داده‌های محیط داخلی و آزاد در نظر گرفته‌شده است، این رابطه در مورد ترکیبات BTEX معنادار نیست.

ارتباط غلظت ترکیبات BTEX در محیط داخل و خارج: ارتباط آماری غلظت کل ترکیبات BTEX در هوای آزاد و هوای داخل مدارس دو منطقه اصفهان و مدارس چادگان در جدول ۳ نشان داده شده است.

نسبت محیط داخل به خارج ($\frac{Indoor}{Outdoor}$): به طور کلی، نسبت محیط داخل به خارج نشان دهنده اهمیت منابع داخلی در مقابل منابع موجود در فضای آزاد می‌باشد. این نسبت برای ترکیبات BTEX در جدول ۴ ارایه شده است.

بحث

پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری غلظت ترکیبات BTEX در محیط داخل و خارج مدارس انجام گرفت. آمار توصیفی از غلظت ترکیبات BTEX در دو شهر اصفهان و چادگان و دو منطقه اصفهان نشان می‌دهد که تولوئن دارای بالاترین و اتیل بنزن دارای کمترین میانگین غلظت می‌باشد. میری و همکاران مطالعه‌ای را در زمینه بررسی ترکیبات BTEX در محیط خارجی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که تولوئن با ۱۶/۲۵ میکروگرم بر مترمکعب، بالاترین و اتیل بنزن با ۳/۶۳ میکروگرم بر مترمکعب، پایین‌ترین غلظت را در محیط خارجی دارد (۲۶). تحقیق دیگری در زمینه بررسی ترکیبات آلی فرار نشان داد که تولوئن با غلظت ۳۵/۵۱ میکروگرم بر مترمکعب، بالاترین و اتیل بنزن با غلظت ۹/۷۲ میکروگرم بر مترمکعب، کمترین غلظت در میان اجزای BTEX را به خود اختصاص داد (۲۷). در میان ترکیبات BTEX، بنزن دارای کمترین وزن مولکولی می‌باشد و پس ازآن تولوئن قرار دارد. ازآن‌جا که بنزن به شدت فرار است، بیشترین غلظت در محیط در ارتباط با تولوئن می‌باشد. میزان انتشار زایلن، ۳/۶ برابر اتیل بنزن است اما زایلن با واکنش‌های شیمیایی زودتر از اتیل بنزن در محیط از بین می‌رود (۲۷، ۲۶).

جدول ۲. میانگین غلظت‌های اندازه‌گیری شده ترکیبات Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers (BTEX) در دو شهر اصفهان و چادگان

ترکیب	منطقه مورد مطالعه					
	منطقه ۱		منطقه ۲		چادگان	
	محیط داخل	محیط خارج	محیط داخل	محیط خارج	محیط داخل	محیط خارج
بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)	۱/۴۲	۴/۱۰	۴/۸۷	۶/۷۹	۲/۹۸	۱/۱۲
تولوئن (میکروگرم بر مترمکعب)	۸/۶۶	۱۱/۲۰	۱۳/۵۸	۲۵/۷۵	۶/۱۳	۵/۹۹
اتیل بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)	۱/۳۱	۱/۳۳	۱/۸۶	۲/۶۲	۰/۹۴	۰/۸۵
زایلن (میکروگرم بر مترمکعب)	۱/۳۶	۱/۸۱	۲/۴۷	۶/۱۲	۱/۱۲	۱/۱۱

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.16.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335]

جدول ۳. بررسی ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده در محیط داخلی و خارجی مدارس

نتایج آماری	ترکیب	اصفهان (منطقه ۱ و ۲)	چادگان
		ارتباط داخل و خارج	ارتباط داخل و خارج
ضریب همبستگی	بنزن	۰/۶۰۰	۰/۴۰۰
مقدار P		۰/۴۰۰	۰/۶۰۰
ضریب همبستگی	تولوئن	۰/۸۰۰	۰/۴۰۰
مقدار P		۰/۲۰۰	۰/۶۰۰
ضریب همبستگی	اتیل بنزن	۰/۸۰۰	۰/۴۰۰
مقدار P		۰/۲۰۰	۰/۶۰۰
ضریب همبستگی	زایلن	۰/۶۰۰	۰/۴۰۰
مقدار P		۰/۴۰۰	۰/۶۰۰

جدول ۴. نسبت محیط داخل به محیط خارج

ترکیب	نسبت محیط داخل به محیط خارج			
	منطقه ۱	منطقه ۲	چادگان	اصفهان
بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)	۰/۴۲	۰/۷۶	۲/۶۳	۰/۵۹
تولوئن (میکروگرم بر مترمکعب)	۰/۷۱	۰/۵۱	۱/۹۵	۰/۶۱
اتیل بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)	۰/۰۱	۰/۷۱	۱/۲۹	۰/۸۵
زایلن (میکروگرم بر مترمکعب)	۰/۷۷	۰/۴۲	۱/۰۹	۰/۵۹

مقایسه غلظت ترکیبات BTEX در اصفهان و چادگان:

همان‌گونه که داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد، میانگین غلظت ترکیبات BTEX در شهر اصفهان از شهر چادگان بالاتر است و این رابطه از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد ($P < ۰/۰۰۱$). علت این است که اصفهان یک شهر صنعتی و هوای آن اغلب تحت تأثیر انتشارات صنعتی و ترافیک وسایل نقلیه می‌باشد. مهم‌ترین منابع متحرک آلوده‌کننده هوا در شهرهای صنعتی به ویژه اصفهان، اتومبیل‌های دارای موتور چهار زمانه با سوخت مصرفی بنزین است. از مجموع کل آلاینده‌های شهر اصفهان، ۱۳ درصد به صنایع شهری، ۱۱ درصد به منابع خانگی و ۷۶ درصد به ترافیک ناشی از وسایل نقلیه اختصاص دارد (۲۸). در مقابل شهرستان چادگان به دلیل قرار داشتن در منطقه کوهستانی و کنار دریاچه سد زاینده‌رود، دارای هوای پاکی است. در شهر الجزیره، مطالعه‌ای بر روی سه منطقه شهری انجام شد، منطقه S۱ واقع در مرکز شهر و نزدیک یکی از خیابان‌های شلوغ که در تمام طول روز ترافیک در آن مشاهده می‌شد. منطقه S۲ واقع در یک منطقه مسکونی و منطقه S۳ یک منطقه نیمه روستایی با جریان پایین ترافیک بود (۲۹). خصوصیات مناطق S۱ و S۳ به ترتیب با خصوصیات اصفهان و چادگان همخوانی داشت. نتایج پژوهش مذکور نشان داد که تفاوت نسبت ترکیبات BTEX در این مناطق، به تفاوت ویژگی‌های ترافیکی و ناوگان خودرو مانند تراکم جریان ترافیک، سن خودرو و مصرف سوخت بستگی دارد (۲۹). در مطالعه دیگری، سطوح ترکیبات BTEX در منطقه شهری بارسلونا با منطقه روستایی کاتالان مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج حاکی از غلظت بالاتر ترکیبات BTEX در مناطق شهری و همچنین، ارتباط غلظت بنزن در فضای باز با تراکم ترافیک منطقه بود (۳۰).

مقایسه غلظت ترکیبات BTEX در مناطق ۱ و ۲ اصفهان:

در جدول ۲ میانگین غلظت ترکیبات BTEX در دو منطقه اصفهان با هم مقایسه گردید. میانگین غلظت ترکیبات BTEX در منطقه ۲ اصفهان از منطقه ۱ بالاتر است. این دو منطقه نزدیک به هم هستند و از لحاظ موقعیت، ارتفاع و شرایط محلی تفاوت زیادی ندارند. هر دو منطقه دارای خیابان‌های باریک با درختان بلند و ساختمان‌هایی با تراکم بالا می‌باشند که از پراکندگی مؤثر آلاینده‌ها جلوگیری می‌کند. شاید تفاوت غلظت در دو منطقه، به جریان ترافیک برمی‌گردد. منطقه ۲ در نزدیکی میدان امام حسین (ع) واقع شده است که از میدان‌های بزرگ شهر به شمار می‌رود و ساختمان‌های مهمی همچون شهرداری، کتابخانه مرکزی و یک بیمارستان بزرگ در این منطقه قرار دارد که منجر به حجم بالای تردد و جریان بالای ترافیک و حجم بالاتر آلودگی می‌گردد. نتایج بررسی حاضر به یافته‌های تحقیقی در ایتالیا (۳۱) هم‌راستا بود. مطالعه مذکور به این نتیجه رسید که ویژگی‌هایی همچون موانع، ساختمان‌ها و شرایط هواشناسی، تأثیر مهمی بر پراکندگی آلاینده‌ها در اتمسفر می‌گذارد؛ به طوری که جاده‌های باریک و ساختمان‌های زیاد، از پراکندگی کارامد جلوگیری به عمل می‌آورد (۳۱).

نتایج پژوهشی در تهران با هدف بررسی غلظت ترکیبات BTEX، نشان داد که ترافیک سنگین و ساختمان‌هایی با تراکم بالا، منجر به حجم بالای آلودگی می‌گردد (۲۶). در شهر اصفهان سطوح ترکیبات BTEX در محیط بیرونی مدارس از محیط داخلی بیشتر بود، اما در مورد چادگان غلظت ترکیبات درون مدارس از غلظت‌های بیرونی فراتر بود. میزان ترکیبات آلی فرار در محیط داخلی تحت تأثیر عواملی مانند شرایط محیطی فضای خارجی، منابع داخلی، فعالیت‌های انسانی، میزان تهویه و عوامل فصلی قرار دارد. همان‌گونه که در قسمت روش اجرا ذکر شد، نمونه‌گیری در اردیبهشت ماه انجام گرفت. در این زمان شرایط دمایی چادگان به گونه‌ای است که با توجه به سردسیر بودن آن، گرمایش داخلی توسط وسایل گازسوز انجام می‌گیرد. در مقابل، در اصفهان با آب و هوای گرم، در این ماه هوا به سمت گرم شدن پیش می‌رود و استفاده از دستگاه‌های خنک‌کننده و تهویه شروع می‌شود که منجر به کاهش آلودگی محیط داخلی می‌گردد (۳۲).

نتایج مطالعه Pekey و Arslanbas در ترکیه نشان داد که غلظت ترکیبات آلی فرار در محیط‌های داخلی در زمستان، بیشتر از تابستان است. آن‌ها علت این امر را عدم وجود سیستم تهویه در زمستان و بسته بودن پنجره‌ها که منجر به تجمع بیشتر آلودگی در محیط داخل می‌شود، بیان کردند (۲۰). از آن‌جا

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.16.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335]

که پژوهش حاضر نیز در فصل گرم سال انجام شد، نتایج به دست آمده با یافته‌های تحقیق Pekey و Arslanbas (۲۰) همخوانی داشت. علاوه بر این، غلظت‌های اندازه‌گیری شده BTEX در کشورهای مختلف به علت تفاوت در ترافیک، کیفیت سوخت و وسایل نقلیه و انتشارات صنعتی بسیار متفاوت است (۲۶). Kerbachi و همکاران با انجام مطالعه‌ای در الجزایر به این نتیجه رسیدند که سطوح بالای ترکیبات BTEX، به عواملی همچون احتراق ناقص سوخت در موتورهای قدیمی، عدم وجود مبدل‌های کاتالیزوری و تعمیر و نگهداری ضعیف وسایل نقلیه مرتبط است. در کشورهای پیشرفته به علت مجهز بودن بیشتر جایگاه‌های سوخت‌رسانی به سیستم کنترل نشت و بازیافت بخارات، میزان ترکیبات BTEX در محیط خارجی پایین‌تر است (۲۹).

ارتباط غلظت ترکیبات BTEX در محیط داخل و خارج: جهت تعیین ارتباط بین محیط داخل و خارج، از تجزیه و تحلیل همبستگی Spearman استفاده گردید (جدول ۳). نتایج به دست آمده از این آزمون نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین غلظت داخلی و خارجی ترکیبات BTEX وجود نداشت؛ بدین معنی که ترکیبات BTEX داخل مدارس حاصل از انتشارات داخلی بود و میزان BTEX محیط خارجی بر مقادیر داخلی اثری نداشت. نتایج پژوهش حضرتی و همکاران در اردبیل نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین مقادیر ترکیبات BTEX در محیط داخل و خارج وجود نداشت و بیانگر این بود که نفوذ BTEX خارجی نمی‌تواند علت آلودگی در محیط داخلی باشد (۳۳). همچنین، Pekey و Arslanbas با انجام تحقیقی در ترکیه به این نتیجه رسیدند که ارتباط معنی‌داری بین غلظت داخلی و خارجی ترکیبات بنزن، تولوئن و اتیل بنزن در مدارس در فصول گرم مشاهده نشد و این رابطه فقط برای زایلن معنی‌دار بود. البته این رابطه در فصول سرد سال برای هیچ‌کدام از اجزای BTEX معنی‌دار گزارش نگردید و علت آن بسته بودن درها و پنجره‌ها در زمستان و عدم تأثیر آلاینده‌های محیط خارج بر محیط داخلی بیان شد (۲۰).

نسبت محیط داخل به خارج: نسبت غلظت داخلی به غلظت خارجی هر کدام از ترکیبات مورد مطالعه نشان دهنده اهمیت منابع خارجی در مقابل منابع داخلی است. نسب غلظت داخلی به غلظت خارجی پایین‌تر و نزدیک به ۱، بیانگر اهمیت بیشتر منابع خارجی می‌باشد. ترکیبی از منابع داخلی و خارجی را می‌توان برای نسبت بین ۱ تا ۴ بدون تفاوت‌های قابل توجه بین داخل و خارج از منزل فرض کرد. تفاوت‌های قابل ملاحظه بین غلظت‌های داخلی و خارجی، به طور عمده منابع داخلی برای ترکیبات BTEX را نشان می‌دهد (۳۲). در پژوهش حاضر، مقادیر ارایه شده در جدول ۴ در دو منطقه شهر اصفهان، نشان دهنده اهمیت منابع خارجی است. در شهرستان چادگان، داده‌های جدول ۴ بیان‌کننده اهمیت ترکیبی از منابع داخلی و خارجی می‌باشد. علت آن است که نمونه‌گیری زمانی انجام شد که گرمایش داخلی توسط وسایل گازسوز همچنان ادامه داشت و بسته بودن در و پنجره‌ها، منجر به افزایش غلظت آلودگی در محیط داخلی می‌شد.

مقایسه غلظت ترکیبات BTEX با سایر مطالعات در جهان: مقایسه غلظت ترکیبات BTEX در مطالعه حاضر با تحقیقات قبلی صورت گرفته در سایر نقاط جهان در جدول ۵ ارایه شده است.

جدول ۵. غلظت ترکیبات Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene isomers (BTEX) از منابع متفاوت

رفرنس	زایلن (میکروگرم بر مترمکعب)	اتیل بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)	تولوئن (میکروگرم بر مترمکعب)	بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)	مکان	محیط	فصل	شهر
مطالعه حاضر	۲/۱۶۸	۱/۳۳۷	۱۱/۱۲۳	۳/۱۴۵	داخل مدرسه	مدارس	بهار	اصفهان
	۳/۹۶۷	۱/۹۷۵	۱۸/۴۴۷	۵/۴۴۲	خارج مدرسه			
	۱/۱۲۱	۰/۹۳۶	۶/۱۳۰	۲/۹۷۷	داخل مدرسه	مدارس	بهار	چادگان
	۱/۱۱۴	۰/۸۵۰	۵/۹۹۲	۱/۱۲۴	خارج مدرسه			
Pekey و Arslanbas (۲۰)	۸/۴۰۰	۹/۰۳۰	۴۴/۷۸۰	۶/۶۷۰	داخل مدرسه	مدارس	تابستان	ترکیه
	۵/۶۷۵	۴/۴۴۰	۱۴/۷۳۰	۶/۵۸۰	خارج مدرسه			
	۱۴/۱۶۰	۱۳/۲۵۰	۶۲/۷۲۰	۱۳/۶۷۰	داخل مدرسه	مدارس	زمستان	ترکیه
	۱۱/۶۸۰	۵/۱۶۰	۲۱/۳۷۰	۸/۱۸۰	خارج مدرسه			
Adgate و همکاران (۳۴)	۱/۵۵۰	۰/۶۰۰	۳/۹۰۰	۰/۶۰۰	داخل مدرسه	مدارس	زمستان	آمریکا
	۱/۵۵۰	۰/۶۰۰	۲/۶۰۰	۱/۳۰۰	خارج مدرسه			
	۰/۸۰۰	۰/۳۰۰	۱/۶۰۰	۰/۶۰۰	داخل مدرسه	مدارس	تابستان	آمریکا
	۱/۳۵۰	۰/۵۰۰	۲/۷۰۰	۱/۱۰۰	خارج مدرسه			
Uchiyama و همکاران (۳۵)	۵/۶۰۰	۵/۸۵۰	۱۱/۰۰۰	۲/۳۰۰	داخل	منازل	زمستان	ژاپن
	۱/۶۰۰	۱/۷۵۰	۵/۵۰۰	۱/۵۰۰	خارج			
	۴/۴۰۰	۴/۲۰۰	۱۲/۰۰۰	۱/۳۰۰	داخل	منازل	تابستان	ژاپن
	۱/۵۰۰	۱/۱۵۰	۱۲/۰۰۰	۷/۰۰۰	خارج			
Demirel و همکاران (۴)	۰/۹۷۵	۰/۷۳۰	۲۶/۵۵۰	۲/۲۹۰	داخل مدرسه	مدارس	تابستان	ترکیه
	۰/۴۲۵	۰/۲۶۰	۶/۱۱۰	۱/۲۳۰	خارج مدرسه			

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.16.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335]

بر اساس نتایج، غلظت‌های اندازه‌گیری شده در بررسی حاضر، از آمریکا (۳۴) و ژاپن (۳۵) بالاتر و از غلظت‌های به دست آمده در ترکیه (۲۰، ۴) پایین‌تر است.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به پوشش ندادن مناطق مختلف شهر اصفهان و عدم بررسی تأثیر عوامل هواشناسی و فصول مختلف سال بر میزان آلاینده‌ها اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر غلظت ترکیبات BTEX در محیط داخلی و خارجی مدارس دو منطقه شهر اصفهان و مدارس چادگان بررسی گردید.

غلظت ترکیبات BTEX در شهر اصفهان بالاتر از شهرستان چادگان بود که علت آن را می‌توان به انتشارات صنعتی و ترافیک وسایل نقلیه نسبت داد. همچنین، منطقه ۲ اصفهان به علت ترافیک بالاتر، دارای آلودگی بیشتری نسبت به منطقه ۱ است. نتایج مقایسه داده‌های محیط داخل و خارج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین غلظت ترکیبات BTEX در داخل و خارج مدارس وجود ندارد و آلودگی محیط داخلی در ارتباط با منابع داخلی می‌باشد. از آن‌جا که زمان نمونه‌گیری در شهرستان چادگان، گرمایش داخلی توسط وسایل گازسوز انجام می‌شد، آلودگی محیط داخل از بیرون بیشتر بود، اما در مورد اصفهان به علت انجام تهویه و باز بودن در و پنجره‌ها و آلودگی بالای محیط خارجی، سطوح آلودگی در ارتباط با منابع خارجی است. به طور کلی، داده‌های به دست آمده اهمیت کنترل BTEX در شهرهای بزرگ با فعالیت‌های سنگین ترافیکی و صنعتی را نشان می‌دهد. در این راستا، از جمله مهم‌ترین فعالیت‌هایی که می‌تواند اجرا شود، شامل استانداردسازی سوخت و وسایل نقلیه، توسعه سیستم‌های حمل و نقل عمومی و کنترل انتشارات صنعتی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی با شماره ۳۹۴۱۰۳۳، مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از معاونت پژوهش و فن‌آوری این دانشگاه به جهت تأمین منابع مالی این پژوهش، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

References

1. Kiersma ME. Occupational safety and health administration. In: Wexler P, Editor. Encyclopedia of toxicology. Philadelphia, PA: Elsevier Science; 2014.
2. Khan FI, Ghoshal A. Removal of volatile organic compounds from polluted air. J Loss Prev Process Ind 2000; 13(6): 527-45.
3. World Health Organization. Household air pollution and health. Geneva, Switzerland: WHO; 2005.
4. Demirel G, Ozden O, Dogeroglu T, Gaga EO. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO(2) and ozone in Eskisehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. Sci Total Environ 2014; 473-474: 537-48.
5. Esplugues A, Ballester F, Estarlich M, Llop S, Fuentes-Leonarte V, Mantilla E, et al. Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and determinants in a cohort of one-year old children in Valencia, Spain. Sci Total Environ 2010; 409(1): 63-9.
6. Seddigh M, Sajjadfar F, Teiri H, Hajizadeh Y. Monitoring of BTEX emission from filling stations in Korasgan district, Iran, in 2013-2014. J Health Syst Res 2016; 12(2): 214-21. [In Persian].
7. 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(1): 50-5. [In Persian].
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 Journal of Health Sciences 2012; 4(3): 25-34. [In Persian].
9. Faustman EM, Silbernagel SM, Fenske RA, Burbacher TM, Ponce RA. Mechanisms underlying children's susceptibility to environmental toxicants. Environ Health Perspect 2000; 108(Suppl 1): 13-21.
10. Mendell MJ, Heath GA. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. Indoor Air 2005; 15(1): 27-52.
11. World Health Organization. Air quality guidelines-global update 2005. Geneva, Switzerland: WHO; 2005.
12. Louis GB. Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2006.
13. Chithra VS, Shiva Nagendra SM. Indoor air quality investigations in a naturally ventilated school building located close to an urban roadway in Chennai, India. Build Environ 2012; 54: 159-67.
14. Daisey JM, Angell WJ, Apte MG. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: An analysis of existing information. Indoor Air 2003; 13(1): 53-64.
15. Shendell DG, Prill R, Fisk WJ, Apte MG, Blake D, Faulkner D. Associations between classroom CO_2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho. Indoor Air 2004; 14(5): 333-41.
16. Van Dijken F, Van Bronswijk JE, Sundell J. Indoor environment and pupils' health in primary schools. Build Res Info 2006; 34(5): 437-46.
17. Shaughnessy RJ, Haverinen-Shaughnessy U, Nevalainen A, Moschandreas D. A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance. Indoor Air 2006; 16(6): 465-8.
18. Geiss O, Giannopoulos G, Tirendi S, Barrero-Moreno J, Larsen BR, Kotzias D. The AIRMEX study-VOC measurements in public buildings and schools/kindergartens in eleven European cities: Statistical analysis of the data. Atmos Environ 2011; 45(22): 3676-84.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.16.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335]

19. Missia DA, Demetriou E, Michael N, Tolis EI, Bartzis JG. Indoor exposure from building materials: A field study. Atmos Environ 2010; 44(35): 4388-95.
20. Pekey H, Arslanbas D. The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey. Water Air Soil Pollut 2008; 191(1-4): 113-29.
21. Moradi M, Alimohammadi M, Naderi M. Measurement of total amount of volatile organic compounds in fresh and indoor air in four kindergartens in Ahvaz City. Iran South Med J 2016; 19(5): 871-6. [In Persian].
22. Mansourian M, Javanmard SH, Poursafa P, Kelishadi R. Air pollution and hospitalization for respiratory diseases among children in Isfahan, Iran. Ghana Med J 2010; 44(4): 138-43.
23. Janghorbani M, Piraei E. Association between air pollution and preterm birth among neonates born in Isfahan, Iran. J Res Med Sci 2013; 18(10): 875-81.
24. Yousofi M, Safari R, Nowroozi M. An investigation of the flora of the chadegan region in Isfahan province. Iranian Journal of Plant Biology 2011; 3(9): 75-96. [In Persian].
25. Mohammadi A, Mokhtari M, Miri M, Abdolahnejad A, Nemati S. A survey on variations of btex and ozone formation potential in Yazd city and mapping with GIS. J Urmia Univ Med Sci 2016; 27(8): 650-60. [In Persian].
26. Miri M, Rostami Aghdam SM, Ghaffari HR, Ebrahimi AH, Ahmadi E, Taban E, et al. Investigation of outdoor BTEX: Concentration, variations, sources, spatial distribution, and risk assessment. Chemosphere 2016; 163: 601-9.
27. Borgie M, Garat A, Cazier F, Delbende A, Allorge D, Ledoux F, et al. Traffic-related air pollution. A pilot exposure assessment in Beirut, Lebanon. Chemosphere 2014; 96: 122-8.
28. Zarabi A, Mohammadi J, Abdolahi AA. Investigation and evaluation of fixed and moving resources in air pollution in Isfahan. Geography 2010; 8(26): 151-64.
29. Kerbachi R, Boughedaoui M, Bounoua L, Keddam M. Ambient air pollution by aromatic hydrocarbons in Algiers. Atmos Environ 2006; 40(21): 3995-4003.
30. Gallego E, Roca FX, Guardino X, Rosell MG. Indoor and outdoor BTX levels in Barcelona City metropolitan area and Catalan rural areas. J Environ Sci (China) 2008; 20(9): 1063-9.
31. Caselli M, de Gennaro G, Marzocca A, Trizio L, Tutino M. Assessment of the impact of the vehicular traffic on BTEX concentration in ring roads in urban areas of Bari (Italy). Chemosphere 2010; 81(3): 306-11.
32. Massolo L, Rehwagen M, Porta A, Ronco A, Herbarth O, Mueller A. Indoor-outdoor distribution and risk assessment of volatile organic compounds in the atmosphere of industrial and urban areas. Environ Toxicol 2010; 25(4): 339-49.
33. Hazrati S, Rostami R, Farjaminezhad M, Fazlzadeh M. Preliminary assessment of BTEX concentrations in indoor air of residential buildings and atmospheric ambient air in Ardabil, Iran. Atmos Environ 2016; 132: 91-7.
34. Adgate JL, Church TR, Ryan AD, Ramachandran G, Fredrickson AL, Stock TH, et al. Outdoor, indoor, and personal exposure to VOCs in children. Environ Health Perspect 2004; 112(14): 1386-92.
35. Uchiyama S, Tomizawa T, Tokoro A, Aoki M, Hishiki M, Yamada T, et al. Gaseous chemical compounds in indoor and outdoor air of 602 houses throughout Japan in winter and summer. Environ Res 2015; 137: 364-72.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.16.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335]

DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 14, No. 2, Summer

Received: 17.01.2018 Accepted: 25.03.2018 Published: 06.07.2018

Determination of Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylene Composition (BTEX) in Indoor and Outdoor Environment in High Schools of Isfahan and Chadegan Cities, Iran, in Year 2016

Maliheh Najafi[1], Ghasem Yadegarfar[2], Karim Ebrahimpour[3], Hamidreza Pourzamani[4]

Original Article

Abstract

Background: Among the volatile organic compounds, benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene compounds (BTEX) are important as air pollutants that have harmful effect for health even at very low concentrations. The main source of these compounds is the exhausted gases from vehicles exhaust. The purpose of this study was to measure BTEX compounds in outdoor and indoor environment of 4 high schools located in two districts of Isfahan City and two districts of Chadegan City, Iran.

Methods: Samples of air from inside and outside the schools were collected by individual sampling pumps using active carbon tubes. Then, BTEX compounds were extracted using solvent CS_2, and measured using mass spectrometric gas chromatography (GC-MS).

Findings: The average concentration of BTEX compounds in Isfahan City was higher than Chadegan City. Moreover, the concentration of BTEX compounds in Isfahan region 2 (Imam Hossein Square) was higher than zone 1 (Chahar Bagh Khaju), and the highest and lowest concentrations among the BTEX components were respectively in relation to toluene and ethylbenzene. There was no significant difference between indoor/outdoor ratios in two regions. There was no significant relationship between the indoor and outdoor concentrations of BTEX compounds in two cities and two regions, which showed that the indoor environment was contaminated by internal resources.

Conclusion: Based on the results, the city of Isfahan was more polluted then Chadegan City. Moreover, region 2 in Isfahan was more polluted than region 1. So that the pollution is more related to external sources such as traffic.

Keywords: Benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, Schools, Indoor air pollution

Citation: Najafi M, Yadegarfar G, Ebrahimpour K, Pourzamani H. **Determination of Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylene Composition (BTEX) in Indoor and Outdoor Environment in High Schools of Isfahan and Chadegan Cities, Iran, in Year 2016.** J Health Syst Res 2018; 14(2): 244-51.

1- MSc Student, Student Research Committee AND Environment Research Center AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Associate Professor, Cancer Prevention Research Center AND Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4- Associate Professor, Environment Research Center, Research Institute for Primordial Prevention of Non-Communicable Disease AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Hamidreza Pourzamani, Email: pourzamani@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.16.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3335]