Journal of Research in Environmental Health

Volume 9, Issue 4, Winter 2024

Investigating and Evaluating the Emission and Distribution of Benzene Pollutant in Gas Stations in the 4th District of Tehran Using the AERMOD Model and Determining the Dangerous and Safe Points Using the WISER Model

Fattah Ganjizadeh
* PhD student in the field of environmental engineering - air pollution, Kish International Campus, University of Tehran, Iran. (Corresponding author):
Fatah_ganji1980@yahoo.com

Abdulreza Karbasi
Professor, Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.

Nasser Mehrdadi
Professor, Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.

Received: 2023/06/20
Accepted: 2023/09/01

Doi: 10.22038/jreh.2024.23856

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Purpose: Benzene is one of the primary volatile organic compounds in urban air pollution. Beside its environmental implications, benzene poses various health risks to urban inhabitants. This study aimed to measure benzene levels at fuel stations (petrol pumps) in a specific area of Tehran and model its dispersion to determine safe distances from the release point.

Materials and Methods: The study, assessed benzene pollutant concentrations at 11 selected gas stations in Tehran's 4th district over one-year using gas chromatography with a GC-FID flame ionization detector. Additionally, pollution dispersion modeling was conducted using the AEROMOD model, while the WISER software determined safe distances to aid emergency responses to chemical releases exceeding standard limits.

Results: Benzene measurements at the selected stations indicated average emissions of 3.07 µg/ in spring, 3.50 µg/ in summer, 2.95 µg/ in autumn, and 2.35 µg/ in winter. Notably, levels surpassed standards at three locations, posing environmental and health risks to residents' station 53 and the Takhti sampling area exhibited the highest and lowest benzene emissions, respectively, at 4.24 µg/ and 1.62 µg/. The dispersion model revealed a maximum annual benzene concentration of approximately 7.89 µg/, exceeding the standard limit. Safe distances determined by the WISER model ranged from 0.5 to 0.7 µg/, extending between 50 and 300 meters from the sampling area.

Conclusion: The study concludes that benzene emissions are higher in summer and lower in winter at the sampled locations. Distance from emission sources correlates with reduced benzene concentrations, thus minimizing population exposure. Safe areas were identified based on these findings. Given the health risks posed benzene emissions from gas stations, particularly in locations exceeding standard levels, targeted monitoring and control programs are imperative municipal areas and fuel stations.

Keywords: Benzene, Gas station, Pollutant Distribution Modeling, AERMOD Model, WISER Model, Safe and Hazardous Areas

▶ **Citation:** Ganjizadeh F, Karbasi A, Nasser Mehrdadi2. Investigating and Evaluating the Emission and Distribution of Benzene Pollutant in Gas Stations in the 4th District of Tehran Using the AERMOD Model and Determining the Dangerous and Safe Points Using the WISER Model. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2024; 9(4): 361-373.

بررسی و ارزیابی انتشار و پراکنش آلاینده بنزن در جایگاه‌های سوخت منطقه ۴ تهران با استفاده از مدل AERMOD و تعیین نقاط خطرناک و امن با استفاده از مدل WISER

فتاح گنجی‌زاده
* دانشجوی دکترای تخصصی رشته مهندسی محیط زیست- آلودگی هوا، پردیس بین المللی کیش، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول):
Fatah_ganji1980@yahoo.com

عبدالرضا کرباسی
استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

ناصر مهردادی
استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۹

نوع مقاله: پژوهشی اصل کمی و کیفی

چکیده

زمینه و هدف: بنزن به عنوان یکی از ترکیبات آلی فرار از آلاینده‌های اصلی در آلودگی هوا در شهرهای بزرگ می‌باشد. این ترکیب علاوه بر اثرات زیست‌محیطی دارای اثرات بهداشتی مختلفی نیز می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف اندازه‌گیری این ترکیب در جایگاه‌های سوخت در یک منطقه موردی در شهر تهران و همچنین مدل‌سازی پراکنش آن جهت تعیین فواصل ایمن صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه به اندازه‌گیری میزان غلظت انتشار آلاینده بنزن در تعداد ۱۱ پمپ بنزین منتخب در منطقه ۴ شهر تهران و برای یک دوره یک‌ساله و با استفاده از روش کروماتوگرافی با دتکتور یونیزاسیون شعله GC-FID پرداخته شده است. سپس با استفاده از مدل AEROMOD مدل‌سازی پراکنش و پخش آلودگی انجام و جهت تعیین فواصل ایمن در جهت کمک به پاسخگویی در شرایط اضطراری مربوط به مواد شیمیایی از محل انتشار در مواجهه با آلودگی‌ها از نرم‌افزار WISER استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان بنزن در ایستگاه‌های منتخب نشان داد که میانگین میزان انتشار این آلاینده در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۳/۰۷، ۳/۵۰، ۲/۹۵ و ۲/۳۵ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد که این میزان انتشار این آلاینده در حدود ۳ جایگاه نیز بالاتر از حد استاندارد بوده و خطرناک برای سلامت ساکنین در این مناطق است. ایستگاه‌های ۵۳ و منطقه نمونه‌برداری تختی به ترتیب با میزان انتشار ۴/۲۴ و ۱/۶۲ میکروگرم بر مترمکعب بیشترین و کمترین میزان انتشار بنزن را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین نتایج حاصل از مدل پراکنش نشان‌دهنده‌ی میزان بیشینه غلظت سالانه آلاینده بنزن ناشی از فعالیت جایگاه‌های سوخت در منطقه مورد مطالعه در حدود میکروگرم بر مترمکعب ۷/۸۹ بوده است که در مقایسه با استاندارد بالاتر از حد مجاز قرار دارد و در مناطق ایمن شناسایی شده توسط مدل WISER نیز میزان انتشار به حدود حداقل ۰/۵ و حداکثر ۰/۷ میکروگرم بر مترمکعب رسیده است که در فاصله بین حداقل ۵۰ و حداکثر ۳۰۰ از منطقه نمونه برداری شده قرار دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که در مکان‌های منتخب نمونه‌برداری میزان انتشار محیطی آلاینده بنزن در فصل تابستان بیشتر و در فصل زمستان از سایر فصول کمتر است و با افزایش فاصله از محل انتشار از میزان غلظت بنزن کاسته شده است و جمعیت تحت تاثیر نیز با فاصله از منطقه کمتر تحت تاثیر قرار گرفته و مناطق ایمن نیز بر همین مبنا شناسایی می‌گردد. از آنجائیکه این ترکیب شیمیایی در پمپ‌بنزین‌ها قادر به تاثیر بر سلامت ساکنین این مناطق می‌باشد و حداقل در برخی از ایستگاه‌های منتخب نمونه‌برداری بالاتر از حد استاندارد می‌باشد؛ نیازمند برنامه‌های علمی و هدفمند در کنترل و پایش در هر منطقه شهرداری در این استان و در جایگاه‌های سوخت خواهیم بود.

کلید واژه‌ها: بنزن، پمپ بنزین، مدل‌سازی پراکنش آلاینده، مدل AERMOD، مدل WISER، منطقه ایمن و خطرناک

◀ **استناد:** گنجی‌زاده ف، کرباسی ع، مهردادی ن. بررسی و ارزیابی انتشار و پراکنش آلاینده بنزن در جایگاه‌های سوخت منطقه ۴ تهران با استفاده از مدل AERMOD و تعیین نقاط خطرناک و امن با استفاده از مدل WISER. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۴۰۲؛۹(۴): ۳۶۱-۳۷۳.

مقدمه

بنزن مایعی است بی‌رنگ، با بوی مطبوع و فرار، با فرمول بنزن و چگالی ۰/۸۷۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب که بخار آن از هوا سنگین‌تر و چگالی آن ۲/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب که می‌باشد. این ترکیب شیمیایی در هوای آزاد دیرتر منتشر می‌شود و یکی از محصولات فرعی صنعت نفت است و در تعدادی از ترکیبات مثل نیتروبنزن، کلروبنزن و فنل به کار می‌رود (۱). منبع اصلی انتشار بنزن در هوای آزاد شامل استفاده از وسایل نقلیه موتوری از یک‌سو و افت ناشی از ذخیره‌سازی و جابجایی و انتقال سوخت به باک خودروها از سویی دیگر است؛ چراکه از بنزن برای بالا بردن عدد اکتان در بنزین استفاده می‌شود (۲). به طوری‌که در مطالعات جهانی نشان داده شده است که حدود ۱ تا ۵ درصد از بنزین در اروپا و ۲ تا ۱۵ درصد از بنزین ایالت متحده آمریکا از بنزن تشکیل شده است (۳). برخی مطالعات نشان می‌دهد درصد بنزن در بنزین در کشور ما در حدود ۱/۵ تا ۲ درصد می‌باشد (۴). از آنجائیکه این ترکیب شیمیایی یکی از آلاینده‌های اصلی در آلودگی هوا هم در فرآیندهای طبیعی و هم در فرآیندهای انسانی است در مطالعات بسیاری به بررسی اثرات بهداشتی آن و نقش درصد ترکیبات آن در بنزین به عنوان سوخت اصلی وسایل نقلیه موتوری پرداخته شده است. از جمله این اثرات می‌توان به اثرات سرطان‌زایی، اختلالات سیستم اعصاب مرکزی، ضعف، خستگی، گیجی، حالت تهوع، خواب‌آوری، لوسمی و غیره اشاره نمود (۵). همچنین سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا[1] بنزن را به عنوان یک عامل سرطان‌زا طبقه‌بندی کرده است (۶) و آژانس بین المللی تحقیقات سرطان[2] بنزن را به عنوان ماده سرطان‌زا برای انسان معرفی کرده است (۷).

در مطالعات جهانی صورت گرفته می‌توان به مطالعه جوادی و همکارانش در سال ۱۳۹۵ پرداخت که در این مطالعه نشان داده شد که میزان انتشار بنزن خطر ابتلا به سرطان و بیماری‌های غیرسرطانی را افزایش داده و مقادیر انتشار آن در برخی از جایگاه‌های کشور بالاتر از حد استاندارد می‌باشد (۴). در مطالعه صورت گرفته تحت عنوان نتایج ارزیابی ریسک سرطان‌زایی مواجهه با ترکیبات آلی فرار در جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین در سبزوار بیشترین نمره ریسک مربوط به شغل پمپ‌چی بوده است و پرسنل شاغل در جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین در سطوح بالایی از مواجهه با ترکیبات آلی فرار موجود در بنزین می‌باشند (۸). در مطالعه ارزیابی ریسک بهداشتی غلظت ۴ آلاینده بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن در پمپ بنزین‌های دارای سیستم جمع‌کننده بخارات بر روی پرسنل شاغل در اصفهان، نتایج نشان داد که مقادیر بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن درکلیه جایگاه‌های سوخت کمتر ازحد مجاز بوده است و سطح معنی‌داری در پارامترهای خونی کمتر از ۰/۰۵ دارد و ریسک سرطان‌زایی بنزن در کلیه موارد و جایگاه‌ها پایین‌تر از مقدار مجاز و ریسک غیرسرطان‌زایی کوچک‌تر از ۱ محاسبه شده است (۹). در مطالعه تخمین بنزن از مخازن ذخیره‌سازی و تعیین فاصله مجاز از پمپ‌بنزین‌ها نویسندگان دریافتند که غلظت بنزن در فاصله ۳۰ متری منبع انتشار به استاندارد سالانه در حدود ۵ میکروگرم بر مترمکعب می‌رسد و غلظت آن در فاصله ۴۰ متری منبع انتشار به استاندارد سالانه ۵ میکروگرم بر مترمکعب رسیده است (۱۰و ۱۱). همچنین در مطالعه بررسی میزان مواجهه با بنزن در کارگران پمپ بنزین از طریق ارزیابی محیطی و پایش شاخص زیستی، نتایج نشان داد که مواجهه بنزن موجب ایجاد خطرناک‌ترین عوارض نامطلوب بهداشتی زیادی علی‌الخصوص سرطان خون می‌گردد (۱۲). در تحقیق بررسی غلظت بخارات ۴ آلاینده بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن در فصل زمستان در اداره بنادر و کشتیرانی یکی از شهرهای جنوبی کشور نتایج نشان داد که به ترتیب میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در هوا ایستگاه‌های گاز ۱۹۳۲ ± ۸۰۷، ۴۰۵ ± ۶۶۷، ۱۴۸ ± ۸۹، ۳۴۰ ± ۲۱۶ میکروگرم بر متر مکعب بوده است (۱۳). در تحقیق بررسی پراکنش ۴ آلاینده

1. Environmental Protection Agency
2. International Agency for Research on Cancer

بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن در منطقهٔ صنعتی زرقان به کمک GIS محاسبات نشان داد که غلظت این آلاینده‌ها در شهر، متراکم و بیشتر شده است و پایش این گاز در زرقان و دانستن سهم منابع مختلف آلاینده و شعاع پراکنش این آلودگی از طریق هر منبع در مدیریت و کنترل آلودگی هوا مهم و ضروری می‌باشد (۱۴). در مطالعه بررسی میزان انتشار ترکیبات ۴ آلاینده بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن از جایگاه‌های سوخت‌رسانی منطقه خوراسگان اصفهان در سال‌های ۹۲-۱۳۹۳ نویسندگان دریافتند که میانگین غلظت ۴ آلاینده بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن 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 بوده است (۱۵). در تحقیق انتشار آلاینده از ایستگاه‌های پمپ بنزین و اثرات آن برکیفیت هوا نتایج نشان داد که آلاینده‌های اولیه در تعیین محل ساختمان پمپ‌های بنزین و گاز ترکیبات آلی فرار[1] و متان هستند. به طور مشابه حداقل فاصله امن پمپ‌های بنزین و گاز از مناطق مسکونی ۸۰ متر است (۱۶). در مطالعه بررسی مشکلات تعادلی مرکزی و محیطی در اثر در معرض قرارگیری با بنزن نویسندگان دریافتند که مواجهه مزمن با بنزن در سطوح پایین باعث عدم تعادل متابولیکی شدید به روشی خاص جنسیتی می‌شود و با التهاب هیپوتالاموس و استرس شبکه آندوپلاسمی [2] همراه است (۱۷). در بررسی اثرات بنزن بر فرکانس میکرو هسته‌ای کارگران در ایستگاه‌های بنزین در دهوک عراق نویسندگان دریافتند که تجزیه و تحلیل آماری برای تفسیر داده‌های انجام شده توسط آزمون T در کمتر از ۰/۰۵ قرار دارد و دوره قرار گرفتن در معرض نیز اثرات قابل توجهی بر فرکانس ریز هسته‌ها دارد، در حالی که اثر سن غیر قابل توجه بوده است (۱۸). در مطالعه ای با هدف استفاده از روش محاسبه پخش معکوس برای برآورد میزان انتشار از ترکیبات آلی فرار برای منابع صنعتی پالایشگاه نفت در شمال چین نتایج حاصل از آن مشخص کرد که میزان تولید ماهانه ترکیبات آلی فرار در ماه ژوئن بسیار بالاتر از ماه مارس بوده و به طور عمده به این دلیل که دمای بالای محیط در تابستان ترکیبات آلی فرار بیشتری تولید می‌کند (۱۹). در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۳، پژوهشگران به روی سیستم مدل تشخیص سه بعدی داده‌های هواشناسی[3] انجام دادند همراه با مشاهدات برای تجزیه و تحلیل اثرات بنزن یک کارخانه کک، یافته‌ها نشان می‌دهد که پراکندگی در منطقه تحت تاثیر جریانات هواست (۲۰).

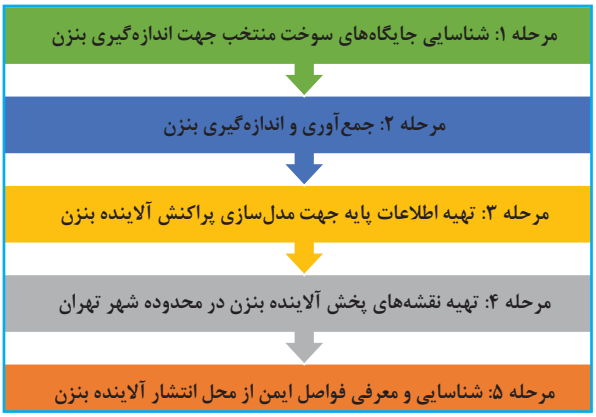
لذا با مروری بر ادبیات تحقیق مشخص گردید که علی‌رغم وجود مطالعات متعددی درخصوص برآورد میزان انتشار بنزن از جایگاه‌های بنزین در کشورهای مختلف و بررسی اثرات سلامتی آن، هنوز شکاف‌های مطالعات موجود در خصوص پراکنش این آلاینده‌ها در اطراف و همچنین تعیین مناطق ایمن در مطالعات وجود دارد. بیشتر تمرکز این مطالعات بر روی ارزیابی میزان انتشار این آلاینده و تعیین ریسک سلامتی برای کارکنان و ساکنین بوده است.

در این مطالعه سعی شده است تا به سوالات تحقیق شامل ۱) میزان غلظت بنزن در محدوده جایگاه‌های بنزین و اطراف آن چقدر است؟ ۲) پراکنش آلاینده بنزن در محیط اطراف جایگاه‌های بنزین به چه صورت است؟ ۳) عوامل تاثیرگذار بر انتشار بنزن و غلظت محیطی آن چه هستند؟ ۴) محدوده امن و فاصله مناسب از محل نمونه‌برداری از جایگاه‌های سوخت کجا می‌باشد؟، پاسخ داده شده و در نهایت با پر کردن خلاهای موجود مطالعات موجود و با استفاده از مدل‌های مناسب پراکنش، میزان پراکنش این آلاینده را با درنظر گرفتن پارامترهای هواشناسی و مفروضات مدل را برآورد و مناطق ایمن و خطرناک را به عنوان نوآوری در این تحقیق شناسایی و برای اولین بار در کشور ارائه نمائیم.

روش کار

در این بخش به ارائه روش انجام کار می‌پردازیم. روش شناسی در این تحقیق به شرح شکل ۱ می‌باشد.

1. Volatile Organic Compounds
2. Endoplasmic Reticulum
3. CALPUFF

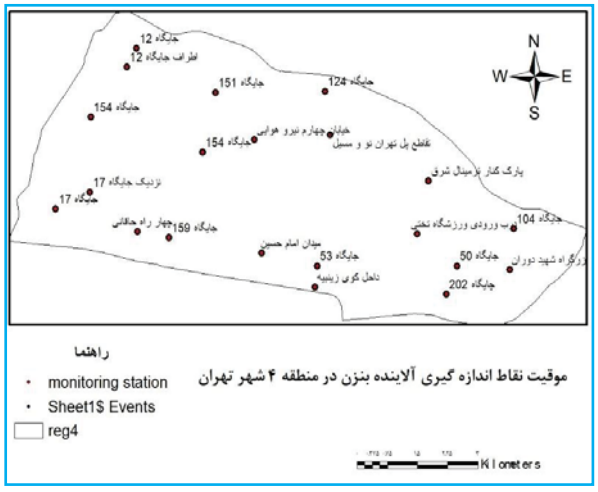


شکل ۱. روش‌کار این مطالعه

مرحله ۱: به منظور بررسی میزان انتشار آلاینده بنزن در محدوده ایستگاه‌های پمپ بنزین و مناطق اطراف آن، جایگاه‌های پمپ بنزین در استان تهران شناسایی و منطقه ۴ تهران به عنوان منطقه موردی انتخاب گردید. علت انتخاب این منطقه، تراکم بالای جمعیتی و تعداد بالای ایستگاه‌های سوخت‌گیری نسبت به سایر مناطق تهران می‌باشد. این منطقه در شمال شرقی تهران قرار داشته و شرقی‌ترین محله تهران است و از جنوب به با مرز خیابان رسالت، با مناطق ۷ و ۸ و در محدوده خیابان دماوند با منطقه ۱۳ و از غرب در حدود خیابان لنگری با منطقه ۱ و از شرق با منطقه ۳ پاسداران محدود می‌گردد. منطقه ۴ با مناطق ۱ ، ۳ ، ۷ ، ۸ و ۱۳ دارای بدنه مشترک و هم‌جوار است. مساحت این منطقه از تهران ۶۱۲۸۸۳۶۷ مترمربع می‌باشد و دارای حداقل ۲۰ محله است. جمعیت این منطقه براساس آمار منتشر شده در سال ۱۴۰۰ مرکز آمار ایران درحدود ۸۰۳۷۸۹ نفر بوده است که از این تعداد ۴۱۳۷۶۱ نفر مرد و ۳۹۰۰۲۸ نفر زن می باشند (۲۱).

بدین منظور تعداد ۱۱ جایگاه از ۲۲ جایگاه در این محدوده انتخاب و شناسایی گردید. نکات منتخب در شکل ۲ نشان داده شده است.

مرحله ۲: اندازه‌گیری میزان بنزن در این ایستگاه‌ها به صورت ۲۴ ساعته و در یک روز در هر فصل و برای هر فصل در سال ۱۴۰۰ صورت گرفته است. روش نمونه‌برداری و آنالیز بنزن در این تحقیق، روش مرکز تحقیقات ملی بهداشت و ایمنی شغلی ایالت متحده



شکل ۲. موقعیت نقاط اندازه‌گیری منتخب در منطقه ۴ شهر تهران

آمریکا[1] (۱۵۰۱) بوده است. مدت زمان نمونه‌برداری حدود ۸ ساعت و میزان هوای عبوری از داخل جاذب ۱۸۰ میلی‌لیتر در دقیقه می‌باشد. طبق استاندارد نمونه‌برداری با استفاده از پمپ نمونه‌برداری و لوله‌های جاذب کربن فعال SKC226-01 و تجزیه آن‌ها توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی با دتکتور یونیزاسیون شعله GC-FID انجام شده است. همچنین نمونه‌برداری توسط دستگاه Phocheck بوده است.

خروجی‌های اندازه‌گیری نیز با استاندارد هوای پاک سازمان حفاظت محیط‌زیست مصوب سال ۱۳۹۵ مقایسه گردیده است. مطابق این استاندارد میزان آلاینده بنزین در شهرها نباید از میزان ۵ میکروگرم بر مترمکعب تجاوز نماید (۲۲) و در ژاپن و اروپا نیز میزان بنزن به ترتیب ۵، ۳ میکروگرم بر مترمکعب است (۲۳).

مرحله ۳: در این بخش اطلاعات مورد نیاز در مدل از جمله پارامترهای منبع، اطلاعات ساختمان‌های پایین دست برای هر پمپ بنزین، اطلاعات مرتبط با ضرایب انتشار آلاینده‌های خروجی، اطلاعات اقلیمی و هواشناسی و غیره تهیه و در مدل پراکنش منتخب طی ۴ دسته اطلاعات شامل: Surface داده‌های هواشناسی (اخذ شده از سازمان هواشناسی کشور)، Onsite داده‌های هواشناسی (محاسبه شده در محل مدل‌سازی) و Upperair داده‌های جو بالا (اخذ شده از سازمان هواشناسی) و Sectors

1. National Institute for Occupational Safety and Health

خصوصیات زمین‌شناسی اخذ و طبقه‌بندی شده است (۲۴، ۲۵).

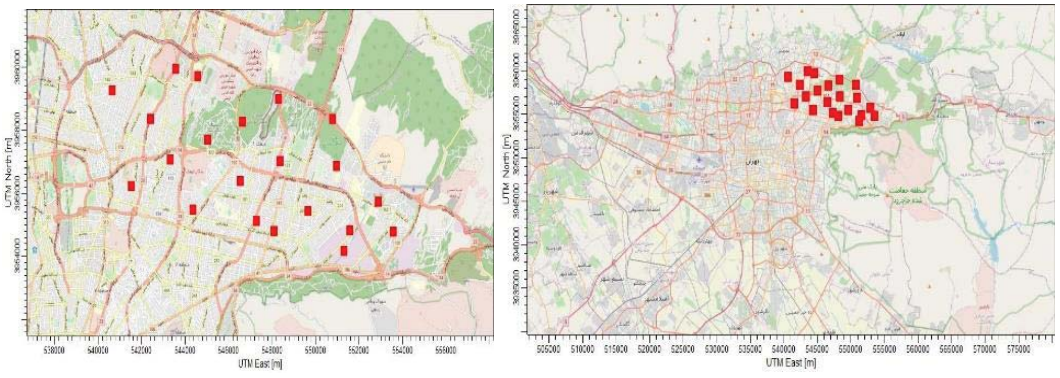
همچنین از موارد مهم جهت مدل‌سازی شناسایی گلباد منطقه می‌باشد. در تحلیل گلباد سال ۱۴۰۰ ملاحظه گردید که ۱۲/۶۴ درصد بادها آرام و ۸۷/۳۶ درصد بادها دارای سمت و سرعت می‌باشد. همچنین باد غالب (۷ درصد از کل بادها) در جهت غرب (W) می‌باشد. بطوری که ۰/۵ درصد باد غالب با سرعت ۳/۶ تا ۵/۷ متر بر ثانیه، ۱/۵ درصد باد غالب با سرعت ۵/۷ تا ۸/۸ متر بر ثانیه ، ۱ درصد باد غالب با سرعت ۸/۸ تا ۱۱/۱۰ متر بر ثانیه و ۴ درصد با سرعت بیش از ۱۱/۱۰ متر بر ثانیه می وزد. باد نائب غالب شمال غربی بوده و ۵ درصد کل بادها را شامل می‌شود از این جهت ۲ با سرعت ۵/۷ تا ۸/۸ متر بر ثانیه و ۱ درصد با سرعت ۸/۸ تا ۱۱/۱۰ و ۲ درصد با سرعت بیش از ۱۱/۱۰ متر بر ثانیه می وزند.

مرحله ۴: مدل پراکنش بنزن، مدل AEROMOD می‌باشد. خروجی این نرم افزار نقشه‌های پراکندگی و محدوده‌های تحت تاثیر آلودگی را در مناطق اطراف پمپ بنزین‌ها منتخب است. پارامترهای تاثیرگذار بر محاسبات مدل و تاثیرگذار بر چگونگی پردازش مدل عبارتند از: تعداد ایستگاه‌های پمپ بنزین، تعداد پذیرنده‌ها، تعریف گروه‌ها و منابع خاص و تعداد آن‌ها، متوسط‌های زمانی تعریف شده و تعداد آن‌ها، تعداد بیشترین مقادیر در خواست شده در هر پذیرنده و نیز کل پذیرنده‌ها، ضرایب انتشار در منبع، تعداد شبکه‌های پذیرنده اعم از قطبی و کارتزین، فواصل و تعداد گریدها در جهت Y و X و غیره می‌باشد که تهیه و وارد مدل شده است.

مرحله ۵: تعیین نقاط ایمن و خطرناک با استفاده از نرم افزار WISER صورت گرفته است. این مدل به عنوان مدل طراحی شده برای کمک و پاسخگویی درشرایط اضطراری درحوادث مربوط به مواد شیمیایی خطرناک به بررسی وضعیت مناطق انتشار و نقاط خطرناک و ایمن می‌پردازد. این نرم‌افزار از دو بانک اطلاعات قوی NIH یا NLH و بانک اطلاعات کتابخانه‌های ملی آمریکا (حوزه پزشکی) تشکیل شده است.WISER حاوی اطلاعات HSDB و منطق پشتیبانی تصمیم برای بیش از ۴۰۰ ماده است. مواد بر اساس ورودی‌های First Responder، درجه خطر شیمیایی و فراوانی تاریخی حوادث انتخاب شده‌اند (۲۴). که با دسترسی به امکانات شامل دسترسی به محتوای بانک اطلاعات مواد خطرناک (HSDB) NLMو مدیریت پزشکی خطرات شیمیایی، پشتیبانی تصمیم‌گیری جامع، پشتیبانی GIS ، لیست مواد بیولوژیکی و داده‌های مواد، فهرست مواد رادیوایزوتوپ و داده‌های مواد و ابزارها و اسناد مرجع برای پشتیبانی در صحنه رویدادهای رادیولوژیکی به ارائه نتایج می‌پردازد.

یافته‌ها

در این بخش به ارائه نتایج و یافته‌های این مطالعه می‌پردازیم. همان‌طور که مشخص است در منطقه ۴ تهران حدود ۲۱ نقطه و موقعیت اندازه‌گیری و ۱۱ جایگاه سوخت وجود دارد که به عنوان ایستگاه انتخاب شده است. در شکل ۳، موقعیت جایگاه‌های سوخت و در جدول ۱ میزان و مشخصات خروجی این آلاینده در ایستگاه‌ها ارائه شده است.



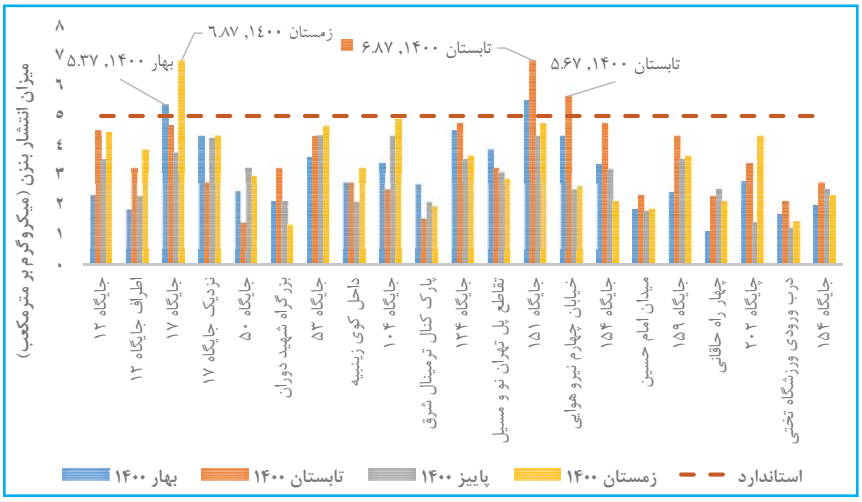
شکل ۳. جایگاه‌های سوخت مورد ارزیابی در این مطالعه

نقاط تعیین شده ایستگاهی در شکل ۳ و موقعیت آن نسبت به کل شهر تهران ارائه شده است و موقعیت نقاط تقریبا در تمام منطقه ۴ شهرداری تهران پراکنده بوده و می‌تواند گویای وضعیت منطقه باشد. همچنین نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در ۴ فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به تفکیک هر ایستگاه در جدول ۱، ارائه و در نمودار ۱ مورد مقایسه قرار گرفته است.

همان‌طور که نشان داده شده است میزان انتشار این آلاینده‌ها به طور میانگین سالیانه دز فصول گرم سال نسبت به سرد سال بیشتر بوده و با افزایش دما میزان انتشار بنزن نیز افزایش خواهد یافت (جدول ۱). همچنین بیشترین میزان انتشار این آلاینده مربوط به ایستگاه ۵۳ و کمترین آن مربوط به محدوده خیابان تختی می‌باشد. درمقایسه بین ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده، نتایج اندازه‌گیری میزان بنزن نشان داد که در جایگاه ۱۷ مقادیر بنزن به ترتیب در فصول بهار و زمستان و جایگاه ۱۵۱ در فصول تابستان و پاییز بیشترین میزان انتشار بنزن را به خود اختصاص داده است و تنها جایگاه‌های ۱۷، ۱۵۱ و خیابان نیروی هوایی بالاتر از حد استاندارد ۵ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشند و در محدوده بحرانی قرار می‌گیرند.

جدول ۱. میزان انتشار آلاینده بنزن در ایستگاه‌های منتخب جایگاه‌های سوخت به تفکیک ایستگاه و فصل

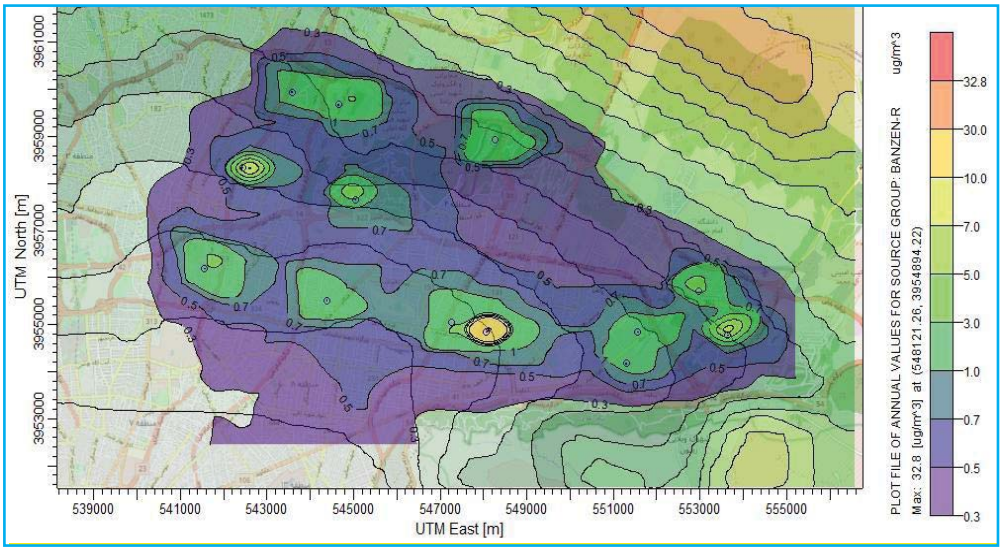
نام ایستگاه	میزان انتشار بنزن (میکروگرم بر مترمکعب)				
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	میانگین سالانه
جایگاه ۱۲	۲/۳۵	۴/۵۳	۳/۵۴	۴/۴۵	۳/۷۲
اطراف جایگاه ۱۲	۱/۸۶	۳/۲۳	۲/۳۱	۳/۸۶	۲/۸۲
جایگاه ۱۷	۵/۳۷	۴/۶۷	۳/۷۶	۶/۸۷	۵/۱۶
اطراف جایگاه ۱۷	۴/۳۲	۲/۷۷	۴/۲۳	۴/۳۵	۳/۹۴
جایگاه ۵۰	۲/۴۸	۱/۴۳	۳/۲۴	۲/۹۸	۲/۵۳
بزرگراه دوران	۲/۱۳	۳/۲۳	۲/۱۳	۱/۳۴	۲/۲۱
جایگاه ۵۳	۳/۶۲	۴/۳۲	۴/۳۵	۴/۶۵	۴/۲۴
کوی زنبیه	۲/۷۶	۲/۷۶	۲/۱۳	۳/۲۴	۲/۷۲
جایگاه ۱۰۴	۳/۴۰	۲/۵۴	۴/۳۲	۴/۸۷	۳/۷۸
ترمینال شرق	۲/۷۰	۱/۵۶	۲/۱۳	۱/۹۸	۱/۹۲
جایگاه ۱۲۴	۴/۵۱	۴/۷۶	۳/۵۴	۳/۶۵	۴/۱۲
تهران نو و مسیل	۳/۸۷	۳/۲۴	۳/۱۲	۲/۸۷	۳/۲۸
جایگاه ۱۵۱	۵/۵۳	۶/۸۷	۴/۳۲	۴/۷۶	۵/۳۷
نیروی هوایی (۴)	۴/۳۲	۵/۶۷	۲/۵۴	۲/۶۵	۳/۸۰
جایگاه ۱۵۴	۳/۳۷	۴/۷۶	۳/۲۱	۲/۱۳	۳/۳۶
امام حسین	۱/۸۷	۲/۳۴	۱/۷۸	۱/۸۷	۱/۹۶
جایگاه ۱۵۹	۲/۴۳	۴/۳۲	۳/۵۴	۳/۶۵	۳/۴۸
خاقانی	۱/۱۳	۲/۳۰	۲/۵۴	۲/۱۳	۲/۰۲
جایگاه ۲۰۲	۲/۷۸	۳/۴۲	۱/۴۳	۴/۳۲	۲/۹۸
تختی	۱/۶۷	۲/۱۳	۱/۲۳	۱/۴۵	۱/۶۲
جایگاه ۱۶۴	۱/۹۸	۲/۷۶	۲/۵۴	۲/۳۳	۲/۴۰
میانگین فصلی	۳/۰۷	۳/۵۰	۲/۹۵	۲/۳۵	-



نمودار ۱. مقایسه میزان انتشار بنزن به تفکیک ایستگاه‌های نمونه برداری و فصول مختلف سال

نتایج خروجی مدل AERMOD با توجه به شبکه مختصات کارتزین به ابعاد ۱۵ در ۲۲ کیلومتر مربع با فاصله شبکه ۱۰۰ متر در نظر گرفته شده است. به منظور تعیین وضعیت توپوگرافی در مدل پخش و پراکندگی از نرم افزار AERMAP به منظور پردازش اطلاعات استفاده شده است. طبق نقشه پراکندگی غلظت بخارات حاصل از نرم‌افزار AERMOD مشخص نمود(شکل ۴)، وضعیت انتشار بنزن با بیشترین انتشار بخارات و حجم عملیاتی و ذخیره‌سازی بالا در نقاط مورد مطالعه همراه بوده است که با عدم رعایت فواصل مناسب از یکدیگر مسبب افزایش حجم انتشار بخارات در آن بخش از منطقه افزایش یافته و اثرات نامطلوب بهداشتی و زیست محیطی برای ساکنین را ایجاد نماید.

همچنین نتایج نشان داد که پراکنش انتشار غلظت‌های بنزن در هر نقطه مشابه و در نقشه‌های خروجی مدل AERMOD اندازه‌گیری و نقاط تعیین شده در مدل همه در حدود زیر حدود استاندارد و نزدیک به هم می باشند (جدول ۲). تصویر آن در شکل ۴ ارائه شده است.

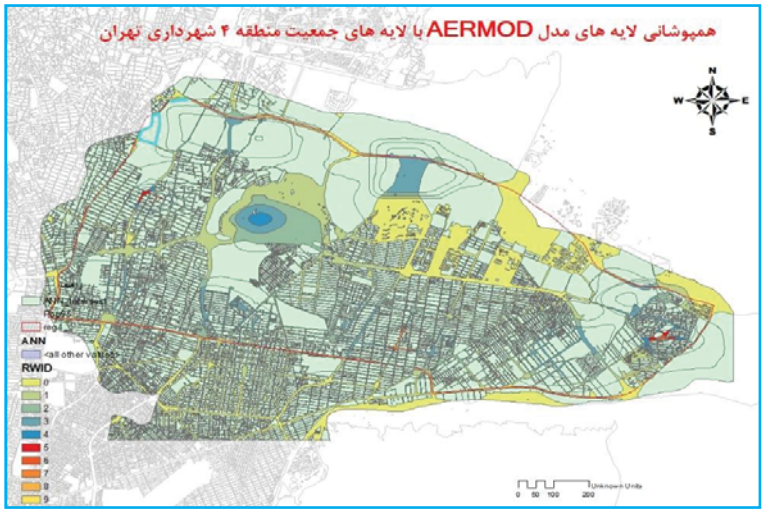


شکل ۴. نقشه پراکندگی بنزن از پمپ بنزین‌های منطقه ۴ بصورت میانگین سالانه

جدول ۲. مقایسه نتایج اندازه‌گیری و خروجی مدل با مقادیر استاندارد در پمپ بنزین‌های منطقه ۴ سالانه

ردیف	نقاط اندازه‌گیری	سنجش	نتایج مدل	انحراف از استاندارد
۱	اطراف جایگاه ۱۲	۱/۳۲	۱/۲	کمتر از حدود مجاز
۲	میدان شهدا	۰/۸۷	۰/۷	کمتر از حدود مجاز
۳	بزرگراه شهید دوران	۰/۹۸	۰/۷	کمتر از حدود مجاز
۴	داخل کوی زینبیه	۰/۸۶	۱	کمتر از حدود مجاز
۵	پارک کنار ترمینال شرق	۱/۳	۱/۵	کمتر از حدود مجاز
۶	تقاطع پل تهران نو و مسیل	۰/۹۷	۱	کمتر از حدود مجاز
۷	خیابان چهارم نیرو هوایی	۱/۲	۱	کمتر از حدود مجاز
۸	خیابان دماوند ابتدای وحیدیه	۱/۰۳	۱	کمتر از حدود مجاز
۹	میدان امام حسین	۰/۵۶	۰/۷	کمتر از حدود مجاز
۱۰	چهار راه خاقانی	۰/۶۷	۰/۷	کمتر از حدود مجاز
۱۱	درب ورودی ورزشگاه تختی	۰/۸۹	۱	کمتر از حدود مجاز

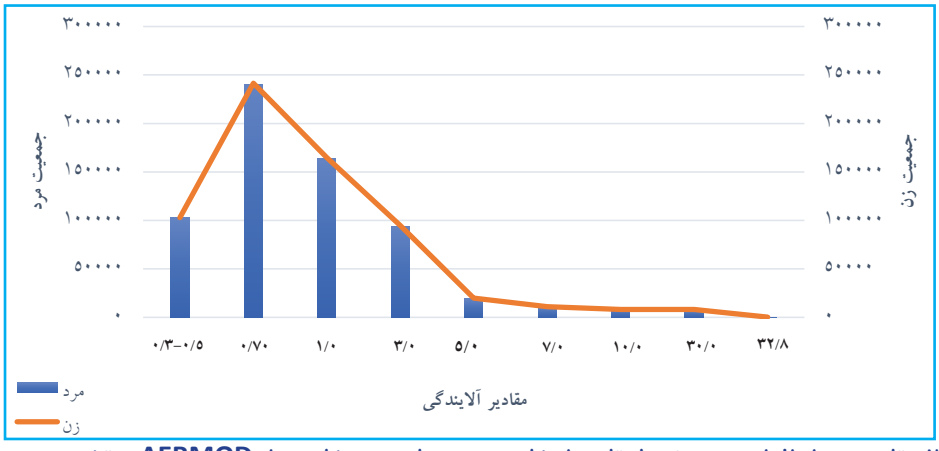
در نهایت با روی هم‌گذاری و همپوشانی خروجی مدل AERMOD و نقشه جمعیت منطقه ۴، نقشه‌های پراکندگی آلاینده و جمعیت تحت تاثیر شناسایی و در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵. نقشه جمعیت تحت تاثیر منطقه ۴ و لایه آلودگی بنزن ناشی از مدل AERMOD

همان‌طور که در شکل مشخص است، در نتیجه هم پوشانی لایه‌های خروجی مدل‌سازی آلودگی بنزن و جمعیت منطقه ۴ شهرداری تهران به تفکیک زن و مرد، در محدوده‌های آلودگی با فاصله گرفتن از منبع انتشار میزان آلاینده کمتر شده، لذا جمعیت در معرض در محدوده انتشار بالا و اطراف جایگاه‌ها کمتر می‌باشند و با فاصله گرفتن از منابع انتشار میزان غلظت آلاینده‌ها کاهش یافته است و در این محدوده‌ها که مقادیر به حدود ۰/۷ -۰/۵ میکروگرم بر مترمکعب رسیده و خیلی کمتر از حدود استاندارد می‌باشد. در نمودار ۲ افراد و جمعیت تحت تاثیر آلاینده به تفکیک جنسیت ارائه شده است. نتایج نمودار ۲ نشان می‌دهد که در محدوده جایگاه‌ها انتشار با حجم بالا بوده و با فاصله گرفتن مقادیر انتشار کاهش می‌یابد. لذا جمعیت کمتری در نزدیک جایگاه‌ها تحت تاثیر این آلاینده می‌باشند و تعداد افراد زن و مرد به یک نسبت تحت تاثیر آلاینده بنزن می‌باشند.

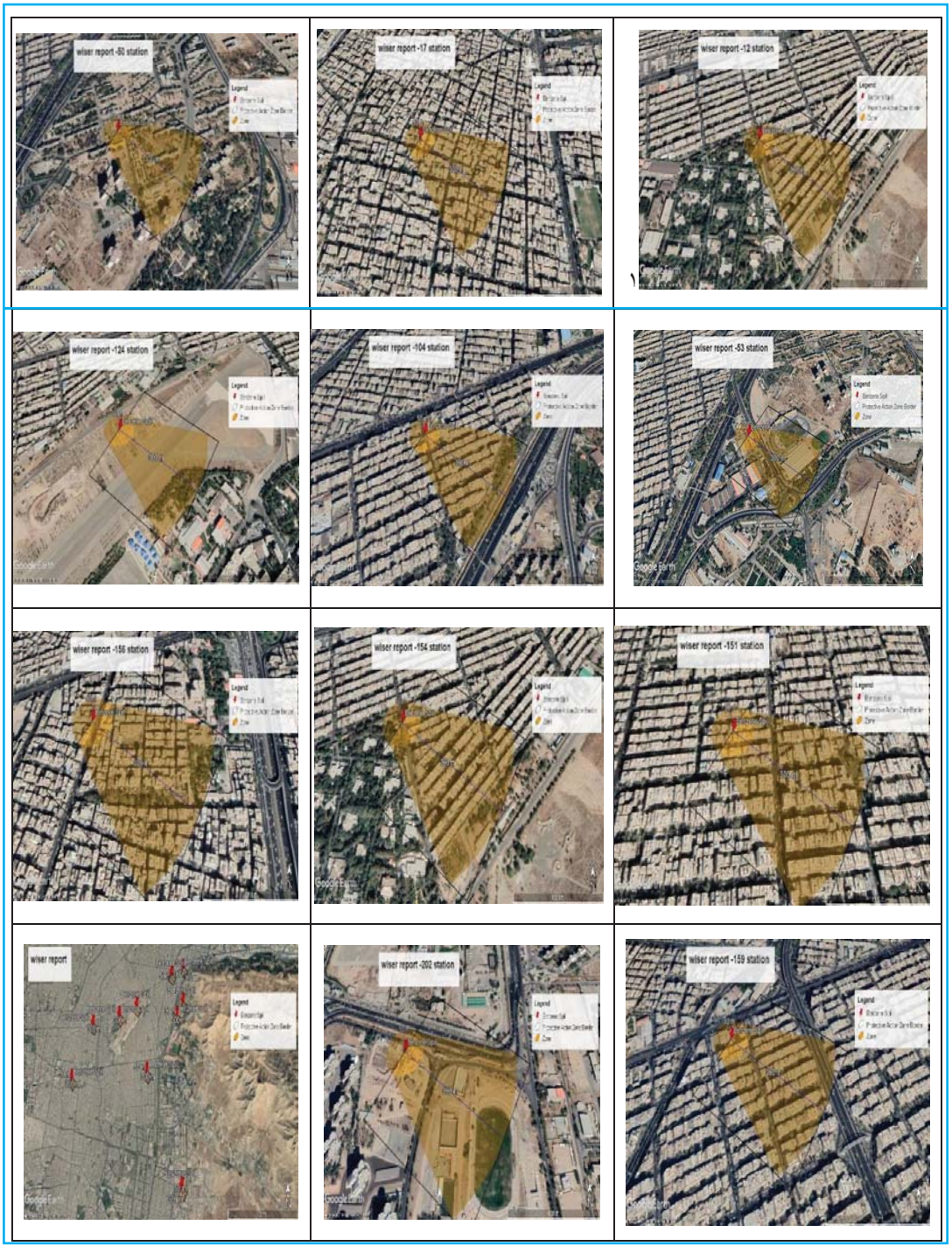
پس از تعیین پراکنش، فاصله تاثیر انتشار آلاینده بنزن با در نظر گرفتن جهت و سرعت باد در ایستگاه‌های پمپ بنزین منطقه مورد مطالعه تعیین شد. اطلاعات در هر نقطه شامل دوایری به شعاع ۵۰ متر اطراف ایستگاه پمپ بنزین و فاصله پراکنش آلاینده به اندازه ۳۰۰ متر ترسیم شده است.



نمودار ۲. مقایسه تعداد افراد در معرض با مقادیر انتشار بنزن در نتایج همپوشانی مدل AERMOD و نقشه جمعیت منطقه۴

نتایج مدل‌سازی نشان داد که مناطق روی نقشه‌های خروجی مدل وایزر مطابق با شکل ۶، که احتمالاً در طول ۳۰ دقیقه اول پس از انتشار مواد مناطق در معرض آلودگی بوده و ممکن است با گذشت زمان نیز سایر نقاط را افزایش یابد.

نتایج ارائه شده در نقشه های خروجی مدل وایزر شامل موارد منطقه ایزوله اولیه (در معرض غلظت مواد خطرناک (بالای باد) و تهدید کننده زندگی و در قسمت پایین قرار گیرند) و منطقه اقدام حفاظتی (در جهت پایین باد) قرار گیرند.



شکل ۶. نقشه‌های خروجی مدل WISER به تفکیک جایگاه‌های مورد مطالعه

بحث

بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که محدوده انتشار آلاینده بنزن در نتایج مدل‌سازی و اندازه‌گیری در محدوده کمتر از حدود استاندارد ملی کشور می‌باشد و تنها در ۳ ایستگاه شاهد افزایش میزان انتشارات نسبت به استاندارد است. بیشینه انتشار بنزن در ایستگاه‌های مورد مطالعه درحدود ۶/۸۷ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. نتایج این مطالعه در مقایسه با مطالعه بررسی غلظت بخارات بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن در فصل زمستان در اداره بنادر و کشتیرانی یکی از شهرهای جنوبی کشور نتایج نشان داد که به ترتیب میانگین غلظت بنزن در ایستگاه‌های گاز در حدود ۱۹۳۲ ± ۸۰۷ میکروگرم بر متر مکعب بوده است که نشان می‌دهد که میزان انتشارات بنزن در پمپ بنزین نسبت به ایستگاه‌های گاز ناچیز بوده است. همچنین همان‌طور که اشاره شد میزان انتشار بنزن در فصول سرد سال نسبت به فصول گرم، کمتر بوده است که این نتیجه با مطالعه بررسی پراکنش بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن در منطقهٔ صنعتی ورزقان به کمک GIS هم‌خوانی دارد. در نقشه‌های پراکنش نتایج مدل AERMOD در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که میزان انتشار بالا در محدوده پمپ‌بنزین‌ها بیشتر از اطراف آن بوده همچنین در نتایج اندازه‌گیری نیز این موضوع تایید می‌کند، که این نتایج با نتیجه تحقیق منطقه صنعتی ورزقان اصفهان هم‌خوانی داشته و در این مطالعه نشان داده شده است که با فاصله گرفتن از جایگاه نمونه برداری، مقادیر انتشار کم شده است و عواملی مانند سرعت و جهت باد بسیار در میزان انتشار نقش کلیدی دارد.

نتایج هم‌پوشانی لایه‌های خروجی و مدل‌سازی پراکنش آلودگی بنزن نشان داد که جمعیت تحت تاثیر با جنسیت رابطه مستقیمی ندارد و همه افراد با یک نسبت در معرض آلودگی قرار گرفته‌اند و با افزایش فاصله نیز افراد در بیشتری در معرض قرار گرفته ولی به دلیل کاهش حجم آلودگی کمتر در معرض آسیب قرار دارند به طوری‌که به مقادیر حدود ۰/۷ تا ۰/۵ میکروگرم بر متر مکعب خواهد رسید. در مقایسه‌ی نتایج این تحقیق با مطالعات مشابه می‌توان اشاره نمود که ارزیابی ریسک سرطان‌زایی مواجهه با ترکیبات آلی فرار در جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین سبزوار بیشترین نمره ریسک مربوط به شغل پمپ‌چی که دقیقاً در معرض انتشار بنزن بوده است و افرادی که در مناطق دورتر بوده‌اند کمتر در معرض انتشار بنزن بوده‌اند که با مطالعه حاضر نتایج هم‌خوانی دارد. همچنین در این مطالعه ارائه شد که سطح معنی‌داری بین پارامترهای خونی کمتر از ۰/۰۵ غلظت وجود دارد و ریسک غیرسرطان‌زایی کوچکتر از ۱ محاسبه می‌گردد که با توجه به خروجی‌های مدل نشان می‌دهد که افراد در معرض بنزن در منطقه ۴ هم می‌تواند در معرض بیماری‌های مربوط به پارامترهای خونی باشند و خطر و ریسک سرطان‌زایی را نخواهند داشت. همچنین در این مطالعه منطقه ایمن شناسایی گردید و که در فاصله ۵۰ تا ۳۰۰ متر قرار داشته است که در مطالعات موجود جهانی مطالعه‌ای در این خصوص صورت نگرفته و قابل قیاس با مطالعات جهانی نمی‌باشد.

نتیجه گیری

این مطالعه با هدف اندازه‌گیری میزان بنزن در ایستگاه‌های پمپ بنزین منطقه ۴ تهران و بررسی پراکنش آن در محیط اطراف جایگاه‌های منتخب با بررسی جمعیت تحت تاثیر و تعیین مناطق ایمن و خطرناک صورت گرفته است. نتایج تحقق نشان می‌دهد که ایستگاه‌های سوخت‌رسانی دارای انتشار بنزن بوده ولی میزان بنزن انتشار یافته در اکثر مواقع کمتر از حد مجاز استاندارد می‌باشد و میزان انتشار آن به شدت تابع دمای هوا، سرعت و جهت باد، جمعیت منطقه، نزدیکی ایستگاه‌ها با یکدیگر و غیره بوده است، از آنجائیکه علاوه بر موارد مطرح شده در این مطالعه انتشار بنزن تابع خصوصیات سوخت، نوع پمپ‌ها، میزان ترافیک جایگاه‌ها و شرایط آب و هوایی و... است، پیشنهاد می‌گردد سایر موارد نیز در مطالعات آتی مورد بررسی قرار گیرد. اما نکته‌ای که حائز اهمیت می‌باشد این است که این بخارات وجود دارند و با انتشار آن‌ها در این جایگاه‌ها سلامت افراد در معرض خطر بوده و همچنین سایر

مشکلات زیست‌محیطی شهری را نیز به همراه خواهد داشت. لذا تدوین و اجرای برنامه علمی و هدفمند در جهت کاهش انتشار بخارات آلی از جایگاه‌های سوخت‌رسانی، ضرورت دارد لذا پیشنهاد می‌گردد علاوه بر انجام مطالعات جامع برای سایر ایستگاه‌های شهر تهران و با درنظر گرفتن کلیه فاکتورهای تاثیرگذار، دستورالعمل‌های پایش و ارزیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی در مناطق شهری تدوین و محل‌های جدید با توجه به فاصله امن تعیین شده ساخت و بهره‌برداری گردد تا تعیین حریم و حفظ فاصله از جایگاه‌ها اقدامات مثبتی برای کشور، ایجاد گردد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند. لازم به ذکر است که این مقاله برگرفته از مطالعات پایان نامه دفاع مقطع دکتری اینجانب با عنوان "تدوین برنامه پایش و کنترل میزان انتشار آلودگی بنزن در ایستگاه‌های پمپ بنزین منطقه ۴ شهر تهران و ارزیابی ریسک سلامت با روش منطق فازی" می‌باشد.

تشکر و قدردانی

در این بخش از مسئولین جایگاه‌های سوخت منطقه مورد مطالعه که نهایت همکاری در جهت اندازه‌گیری و بررسی وضعیت آن جهت پیشبرد اهداف این تحقیق را نموده‌اند تشکر می‌نمایم.

References

1. Ghiyathuddin M. Jame Health. General Air Pollution and Its Effects 2014; 4 (5).
2. Dargahi A. Ghanbari A. Model for estimating the emission rate of pollutants resulting from urban transportation activities.11th International Conference on Transportation and Traffic Engineering. 2005.
3. Son CH T. Myong-In L. Ganghan K. Dongmin K. Jong-Hwa P. Sung-Deuk C. Gi-Hyoug C. Accidental benzene release risk assessment in an urban area using an atmospheric dispersion model 2016; 144: 146-159. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.075
4. Banzen into Oil. Tabnak News. 23. Aguest. 2014.
5. Sturaro A. Rella R. Parvoli G. Ferrara D. Long-term phenol, cresols and BTEX monitoring in urban air. Environ Monit Assess 2010; 164: 93-100. https://doi.org/10.1007/s10661-009-0877-x.
6. Mengqiang Lv. Wenjie H. Xing R. Junzhou H. Xudong Y. Source apportionment of volatile organic compounds (VOCs) in vehicle cabins diffusing from interior materials. Part I: Measurements of VOCs in new cars in China, Building and Environment, 2020; 175 (106796). https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106796
7. Panwadee S. Wongpun L. Seasonal Source Apportionment of Volatile Organic Compounds in Bangkok Ambient Air. Science Asia 2005; 31: PP: 395-401.
8. Zulfiqari Q. Omrani F. Alizadeh A. Quantitative evaluation of hygiene with volatile organic compounds in the gasoline fuel consumption places of Sabzevar city. Quarterly Journal of Environmental Sciences 2023; 9 (2): 8560-8549
9. Hassanpour A. Sharei FA. Health risk assessment of BTEX concentration of Gasoline stations with vapor collection system on Workers in Isfahan. Pollution 2020; 6 (4): 4191-4201. DOI: 10.7508/pj.2017.03. 006
10. Chin-Yu H. Hong-Xin X. Pie-Yi W. Yu-Cheng C. Pau-Chung C. A mixed spatial prediction model in estimating spatiotemporal variations in benzene concentrations in Taiwan. Chemosphere 2022; 301, (134758).https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134758
11. Chehrehei M. Mirzahosseini S A HS. Mansouri N. Behzadi MH. Rashidi Y. Health Risk Assessment of Benzene Using AERMOD-IRIS Method in the Vicinity of the Gas Station. Pollution J. Environ Stud 2023; 32 (1):527-533. https://doi.org/10.15244/pjoes/154738
12. Rastkari N. Izadpanah F. Yunsian M. Investigating the level of exposure to benzene in gas station workers through environmental assessment and biological index monitoring. Journal of Health and Environment, Scientific Quarterly Journal of the Iranian Environmental Health Scientific Association 2014; 163-170.
13. Tagvi-Rad S. Shadivand A H. Davar H. Investigating the cause of BETX vapors in the winter season in the port and shipping administration of one of the southern cities of the country. the first national conference on air pollution in Iran, 2012, October 28.
14. Jalali M. Jalali S. Shafiei Mutlaq M. Mardi H. Gordhan AR. Health risk assessment of occupational exposure to BETEX chemicals at gas stations in Mashhad. Journal of Nishabud Faculty of Medical Sciences 2015; 1 (1).
15. Sediq M. Sajjadfar F. Tayiri H. Hajizadeh Y. Investigation of the amount of BTEX compounds released from fuel stations in the Khorasgan area of Isfahan in 2017-2018. Journal of Health System 2018; 12 (2).

16. Okonkwo UC. Ijioma IM. Onwuamaezea IG. Pollutants emission of the filling station and their impact on the air quality (research note). IJE transactions 2015; 28 (6): 949-955. https://doi.org/10.5829/idosi.ije.2015.28.06c.16
17. Debarba LK. Mulka A. Lima JP. Fakhoury L. Koshko A. Wada KZ. Acarbose protects from central and peripheral metabolic imbalance induced by benzene exposure. Brain, Behavior, and Immunity 2020; 89: 87-99. https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.05.073.
18. Shireei M. Mirzahosseini A. Mansouri N. Rashidi Y. Bahrami H. Estimation of evaporative losses of gasoline at fueling stations in Tehran in different seasons of the year. Environmental Science Quarterly 2019; 19 (3): 161-176.
19. Wei W LVZ. Yang G. Cheng S. Li Y. Wang L. VOCs emission rate estimate for complicated industrial area source using an inverse-dispersion calculation method: A case study on a petroleum refinery in Northern China. Comparison of dry deposition 2016; 218: 681-688. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.062
20. Romero-Trigueros1 C. Esther González2 M. Doval Miñarro3 M. González E. The interference of tetrachloromethane in the measurement of benzene in the air by a gas chromatography-photoionization detector (GC-PID). Atmos Meas. Tech 2019; 12:1685-1695. https://doi.org/10.5194/amt-12-1685-2019
21. Statistical Center of Iran. population of 4 districts of Tehran municipality, 2022.
22. DOE. 2017.
23. Panwadee S. Wongpun L. Seasonal Source Apportionment of Volatile Organic Compounds in Bangkok Ambient Air. Science Asia 2005; 31: 395-401.
24. EPA. AERMOD: description of model formulation. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park 2004.
25. EPA. Construction of input meteorological data files for EPA Victoria's regulatory air pollution model (AERMOD). 2013.
26. National Library of Medicine. WISER User's Guide, Version 6.2. Prepared under contract by: xt Century Corporation 2701 Technology Drive Annapolis Junction. 2021.