مستخرج از پایان نامه

پایداری، توسعه و محیط زیست، دوره پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳ (۱۵-۱)

مدلسازی انتشار منوکسید کربن و بررسی الگوی پخش آن در پایانه مسافربری بیهقی شهر تهران

مریم کریمی[۱]

فرزام بابایی سمیرمی[۲*]

farzam.babaie@gmail.com

هومن بهمن‌پور[۳]

محمدرضا تابش[۴]

علی محمدی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۸ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۲۸**

چکیده

زمینه و هدف: هدف از این تحقیق سنجش منواکسید کربن در پایانه بیهقی تهران و مدلسازی انتشار این آلاینده تحت شرایط گوناگون است.

روش بررسی: در این تحقیق برای مدلسازی دو سناریو متصور شد. یکی بررسی مدل انتشار آلاینده منواکسید کربن تحت شرایط فعلی؛ و دیگری بررسی مدل انتشار تحت شرایط مدیریتی و بکارگیری راهکارهای کاهش انتشار. برای نمونه‌برداری متد شماره ۶۶۰۴ NIOSH بکار گرفته شد. اندازه‌گیری‌ها در سال ۱۴۰۰ و در ۳ نقطه به صورت ماهی یک مرتبه در طول سال و سه روز در ماه و ۳ بار در روز انجام گرفت که عمل نمونه‌برداری در زمان‌های مختلف روز یعنی صبح، ظهر و غروب با توجه به افزایش و کاهش تردد وسایط نقلیه انجام گرفت و به منظور مدلسازی از نرم‌افزار Austal view, version 7 استفاده شد.

۱- دکتری مدیریت محیط‌زیست، گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران.

۴- گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۵- گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

یافته‌ها: در هر دو سناریو، پراکنش آلاینده منواکسید کربن (۸ ساعته) نشان می‌دهد که بیشترین میزان تراکم آلاینده در مبدا و محل پایانه می‌باشد. آلاینده در تمامی جهات گسترش می‌یابد و دورترین منطقه نفوذ آلاینده در ضلع شرقی پایانه و در فاصله ۱۰۰۰ متری خواهد بود. از آنجا که میزان آلاینده برای پایانه بیهقی کمتر از استانداردهای داخلی و خارجی است، می‌توان عنوان نمود که وضعیت این آلاینده از حد استاندارد فراتر نخواهد بود. البته کیفیت هوا تحت سناریو دوم بهتر از سناریو اول می‌باشد، به طوری که پس از ۸ ساعت غلظت آلاینده در هیچ محدوده‌ای بیشتر از ۴ ppm نمی‌باشد. البته این رنج نیز در تمام جهات کمتر از ۳۰۰ متر نفوذ خواهد داشت به استثنای جهت شرقی که تا حدود ۶۰۰ متری توسعه می‌یابد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به آنکه در سناریوی اول میزان آلایندگی منواکسید کربن در حد استانداردهای مصوب می‌باشد، ولیکن به دلیل حضور سایر آلاینده‌ها و احتمال هم‌افزایی میان آنها لازم است تا با استفاده از راهکارهای مدیریتی نسبت به ارتقای کیفیت محیط اهتمام ورزید. به همین منظور سناریوی دوم، نشانگر کاهش بیشتر این آلاینده می‌باشد. کاهش زمان توقف خودروها، عدم روشن بودن درجا و استفاده از فیلترهای جاذب اگزوز کمک شایانی به کاهش انتشار آلاینده منواکسید کربن می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: منواکسید کربن، الگوی انتشار، نرم‌افزار Austal، پایانه بیهقی.

J. Sus. Dev. & Env., Vol 5, No.2, Summer 2024, pp.1-15

Modeling of carbon monoxide emissions and study of distribution pattern in Beyhaghi passenger terminal in Tehran

Maryam Karimi[1]
Farzam Babaei Semiromi[2*]
farzam.babaie@gmail.com
Hooman Bahmanpour[3]
Mohammad Reza Tabesh[4]
Ali Mohammadi[5]

Admission Date:November 19, 2022 Date Received: July 30, 2022

Abstract

Background and Objective: The purpose of this research is to measure carbon monoxide in Tehran's Beyhaghi Terminal and modeling the release of this pollutant under various scenarios.

Material and Methodology: In the first step; 2 scenarios were imagined for this research. One of them is to examine the emission model of carbon monoxide pollutant under current conditions; and the other was to examine the emission model under management conditions and to apply emission reduction strategies. NIOSH method number 6604 was used for sampling. Measurements were made in 2021-2022 and in 3 points sampling was done once a month during the year, three days a month and 3 times a day, and the sampling was done at different times of the day, i.e. morning, noon and evening, according to the increase and decrease of vehicle traffic. And for the purpose of modeling, Austal view, version 7 software was used.

Findings: In both scenarios, the distribution of carbon monoxide pollutant (8 hours) shows that the highest concentration of the pollutant is at the origin and terminal location. The pollutant spreads in all directions and the farthest zone of pollutant penetration will be on the eastern side of the terminal at a distance of 1000 meters. Since the amount of pollutant for Beyhaghi terminal is less than domestic and foreign standards, it can be said that the status of this pollutant will not exceed the standard. Of course, the air quality under the second scenario is better than the first scenario, so that after 8 hours, the pollutant concentration does not exceed 4 ppm in any range. Of course, this range will also penetrate

1- Ph.D. Student, Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and The Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and The Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- Department of Environment, Faculty of Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran
4- Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and The Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
5- Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and The Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

less than 300 meters in all directions, with the exception of the eastern direction, which extends to about 600 meters.

Discussion and Conclusion: Considering that in the first scenario, the amount of carbon monoxide pollution is within the approved standards, but due to the presence of other pollutants and the possibility of synergy between them, it is necessary to pay attention to improving the quality of the environment by using management strategies. For this reason, the second scenario indicates a further reduction of this pollutant. Reducing the stopping time of cars, not turning on the lights and using exhaust absorbent filters help to reduce the emission of carbon monoxide pollutant.

Keywords: carbon monoxide, emission pattern, Austal software, Beyhaghi terminal.

مقدمه

گسترش شهرنشینی، افزایش جمعیت، رشد بخش‌های صنعتی، حمل و نقل و الگوهای مصرف نامناسب، نگرانی‌ها را نسبت به تشدید آلودگی هوا افزایش داده است که این آلودگی‌ها تاثیرات نامطلوبی بر سلامتی، رفاه و بهره‌وری، کیفیت زندگی و افزایش هزینه‌های سلامتی جامعه دارد (۱). به علاوه، آلودگی هوا تاثیرات مخرب روحی و روانی نیز به همراه دارد. اضطراب، افسردگی، استرس و ناامیدی برخی از موارد ابتلا به آلودگی هوا هستند (۲ و ۳). براساس گزارش‌های وزارت بهداشت، آلودگی هوا سالیانه حدود ۳۷۵۱ نفر در شهر تهران قربانی می‌گیرد (۴). همچنین میزان مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا در کل کشور به سالیانه ۱۱۱۵۹ نفر می‌رسد که تقریباً هم‌رده با آمار تلفات جاده‌ای در کشور است (۵). براساس گزارش بانک جهانی، خسارت آلودگی هوا بر سلامت شهروندان تهرانی حدود ۲/۳ میلیارد دلار تخمین زده شده است که این میزان برای کل کشور به ۷ میلیارد دلار می‌رسد (۶). شهر تهران در سال ۱۴۰۰، ۱۲۳ روز هوای آلوده داشت که برابر حدود ۳۴ درصد از کل سال است (۷). این عدد به معنی آن است که شهروندان تهرانی یک‌سوم سال هوای آلوده تنفس می‌کنند (۵). کلان شهر تهران با توجه به شرایط توپوگرافی و اقلیم آن و همچنین تردد نزدیک به ۵ میلیون وسیله نقلیه و استقرار تعداد زیادی واحدهای صنعتی بزرگ و کوچک، یکی از هشت شهر بزرگ کشور است که آلودگی هوا در آن به یکی از مشکلات بزرگ فراروی مردم و مسئولین این شهر تبدیل شده است (۸).

حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد از تولید آلاینده‌های هوا در شهرها به ویژه در کلانشهرها مربوط به بخش حمل و نقل شهری و ناشی از گازهای آلاینده خروجی از اگزوز وسایل نقلیه موتوری است (۹). ناوگان اتوبوس‌رانی و تاکسیرانی درون شهری به دلیل میزان پیمایش زیاد و فرسودگی بالا سهم عمده‌ای در آلودگی هوای شهرها دارند. برای مثال در شهر تهران بیش از ۴ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی و بیش از ۲ درصد از انتشار ذرات معلق ناشی از تاکسی‌ها است و این در حالی است که این ناوگان سهمی در حدود یک درصد از کل خودروهای در حال تردد در شهر را دارند (۱۰). آلاینده‌های منتشره از پایانه‌های اتوبوسرانی در داخل و حاشیه شهرها ناشی از کارکرد خودروهای موجود در آن‌ها است (۱۱). بنابراین جنس آلایندگی این منبع از نوع متحرک است، اما به دلیل ساکن بودن موقعیت پایانه‌های اتوبوسرانی در زمره منابع ساکن آلاینده هوا قرار می‌گیرند (۱۲).

بیشترین عامل مرتبط با تشدید بیماری‌های سیستم قلبی، عروقی و ریوی، افزایش آلاینده های دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق و منواکسید کربن است (۱۳)، به طوریکه آلودگی هوا در تهران به طور متوسط موجب کاهش ۵ سال از عمر تهرانی‌ها شده است (۱۴). بنابر این پژوهش‌ها روزانه بالغ بر یک‌هزار و ۱۹۲ تن مواد آلاینده در هوای تهران منتشر می‌شود. بیشتر این آلاینده‌ها مربوط به اکسیدهای گوگرد با انتشار ۶۹۵ تن در هر روز است که بعد از آن به ترتیب اکسیدهای نیتروژن، منواکسید کربن و هیدروکربن‌های سوخته نشده، عمده آلاینده‌های هوای تهران محسوب می‌شوند (۱۵).

منواکسید کربن یکی از آلاینده‌های سمی است که با وجودی که فاقد رنگ، بو و طعم می‌باشد ولیکن اثرات زیان‌باری بر سلامتی انسان دارد. این آلاینده از هوا سبک‌تر است و با تشکیل کربوکسی هموگلبین، مانع انتقال اکسیژن به بافت‌ها می‌شود. منواکسید کربن سبب آسیب‌های دایمی قلبی و عصبی گردیده و کاهش حداکثر میزان جذب اکسیژن و برون‌ده کاری را به دنبال دارد (۱۶). از سوی دیگر، در استانداردهای کیفیت هوای متعادل برای محافظت افراد از اثرات بهداشتی نامطلوب منواکسید کربن در محیط‌های باز، غلظت ۹ ppm برای ۸ ساعت و ۳۵ ppm برای ۱ ساعت در نظر گرفته شده است (۱۷ و ۱۸). به دلیل سمیت شدید این گاز بروی انسان و تولید آن به مقدار زیاد بوسیله منابع متعدد منواکسید کربن را می‌توان یکی از آلوده‌کننده‌های مهم هوا در مناطق شهری به‌شمار آورد (۱۹). میزان تولید آن بطور مستقیم به میزان فعالیت‌های انسانی در اجتماعات بستگی دارد. یکی از منابع اصلی تولید این گاز، وسایل نقلیه موتوری هستند. مطالعات صورت گرفته در مورد میزان انتشار آلاینده‌های هوا در پایانه‌های شهر تهران بیانگر آن است که بیشترین میزان منواکسید کربن در فصل پاییز و کمترین آن در فصل بهار سنجش شده است (۱۵).

برنامه‌ریزی صحیح جهت مدیریت حمل و نقل تاثیر بسزایی در عملکرد ترافیک شهری و در نتیجه کاهش آلودگی هوای شهرها خواهد داشت. نظارت بر عملکرد پایانه‌های درون و برون شهری یکی از راهکارهای مدیریت شهری برای کنترل آلودگی‌های محیط زیستی است (۲۰). بدیهی است که نخستین گام برای مدیریت و کنترل آلودگی‌های هوا در سطح کاربری‌های شهری، سنجش و مدلسازی انتشار انواع آلاینده‌ها می‌باشد.

تحقیقات متعددی در خصوص اندازه‌گیری و مدلسازی انتشار آلاینده‌های هوا و به ویژه منواکسید کربن صورت گرفته است. از جمله کریمی و همکاران (۱۴۰۲) اقدام به سنجش و مدلسازی انتشار آلاینده ذرات معلق در پایانه بیهقی نمودند. نتایج نشان داد که غلظت ذرات معلق در فصول پاییز و زمستان بالاتر از ششماهه اول سال است و در برخی از مواقع غلظت آلاینده بالاتر از استاندارد جهانی می‌باشد (۱۵). همچنین در تحقیقی دیگر، کریمی و همکاران (۱۴۰۲) انتشار دی‌اکسید نیتروژن را در پایانه مسافربری تهران بررسی کردند. یافته‌های آنان بیانگر آن بوده است که در هر دو سناریو در مورد پراکنش یک‌ساعته، غلظت آلاینده در ابتدا زیاد بود و در ادامه به دلیل شرایط جوی و شیمی آلاینده، غلظت آلاینده کاهش یافت؛ به‌ویژه در جهت غربی. ولی در ۳ جهت جنوبی، شمالی و غربی از فاصله حداکثر ۳۰۰ متری، غلظت آلاینده بسیار کاهش یافت. میزان آلاینده از سمت غربی بسیار سریع‌تر کاهش یافت و محدوده آلودگی بیشتر به سمت شرق ادامه داشت. بر اساس استاندارد ملی کیفیت هوای محیطی آمریکا و استاندارد سازمان بهداشت جهانی، میزان مجاز این آلاینده در میانگین یک‌ساعته به‌ترتیب ۱۰۰ppb و ۲۰۰ppb است که بر این مبنا هیچ محدوده‌ای فراتر از استانداردها نبود (۲۱). یکپایی نجف‌آبادی و همکاران (۱۳۹۹)، در یک مقاله تحقیقی میزان آلاینده‌های گازی و ذرات معلق در ۶ پایانه درون شهری شرکت واحد اتوبوسرانی تهران را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان غلظت ذرات معلق، PM_1 با میانگین ۱/۲۰ میکروگرم بر مترمکعب، $PM_{2.5}$ با میانگین ۶/۷۲ میکروگرم بر مترمکعب، PM_{10} با میانگین ۱۰۰/۲۳ میکروگرم بر مترمکعب، CO با میانگین غلظت ppm ۶/۹۵، NO_2 با میانگین غلظت ppm ۰/۰۵ و SO_2 با میانگین ppm ۰/۰۵ در فصل زمستان وجود دارد. در این تحقیق وارونگی دما، موقعیت نامناسب پایانه‌ها و سرما دلایل اصلی تجمع آلاینده‌ها بیان شده است (۲۲). بهمن‌پور و همکاران (۱۳۹۹)، ریسک محیط‌زیستی آلاینده منواکسید کربن را در فضاهای ورزشی و تفرجی روباز شهر تهران بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین هوای پاک متعلق به ایستگاه اقدسیه (۷۷ روز) و کمترین آن متعلق به ایستگاه پیروزی (۷ روز) بوده است. حدوداً سی درصد روزهای سال دارای کیفیت هوای "ناسالم" و "ناسالم برای گروههای حساس" بوده است. میانگین غلظت ساعتی و روزانه آلاینده منواکسید کربن در تمامی ایستگاههای مورد مطالعه، کمتر از حد مجاز توصیه شده بوده است که نشان هیچ یک از مجموعه‌های ورزشی در محدوده مطالعاتی در معرض خطر غلظت ساعتی آلاینده منواکسید کربن نیستند (۲۳). شفیع‌پور

مطلق و همکاران (۱۳۹۴)، اقدام به ارزیابی ریسک زیست محیطی انتشار آلاینده‌های هوا در پایانه بیهقی تهران به روش مدلسازی نمودند. نتایج نشان داد که ریسک سرطانی برای افراد در معرض وجود نداشته است، ولیکن ریسک غیرسرطانی برای آلاینده منواکسید کربن در مورد کارکنان وجود دارد (۸). اشرفی و همکاران (۱۳۹۴) سهم انتشار گازهای منتشر شده از خودروها و برآورد میزان توزیع غلظت آلاینده منواکسید کربن در محیط بسته پارکینگ را مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که در بسیاری از نقاط میزان غلظت این آلاینده بالاتر از استانداردهای موجود است و با استفاده از تهویه طبیعی می‌توان تا حدودی غلظت آلاینده را کاهش داد (۲۴). رمضانی و شبانخو (۱۳۹۲)، در یک مقاله تحقیقی اقدام به ارایه الگوی مدیریت کاهش آسیب‌های محیط‌زیستی پایانه‌های مسافربری نمودند. نتایج بیانگر آن بوده است که فاکتورهایی نظیر نوع و کیفیت اتوبوس‌ها، مکان‌یابی و جانمایی صحیح پایانه‌ها، سرویس‌دهی مناسب و منظم، و عدم روشن بودن درجا می‌تواند به کیفیت محیطی بهتر منجر شود (۱۵). رحیمی و همکاران (۱۳۹۲)، با استفاده از مدل زنجیره مارکف اقدام به بررسی تداوم روزهای آلودگی با منواکسید کربن پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین احتمال وقوع تداوم آلاینده منواکسید کربن به ترتیب در ایستگاههای فاطمی،بازار و اقدسیه است. در اکثر ماههای سال، ایستگاه فاطمی بالاترین احتمال وقوع تداوم دو روزه منواکسید کربن را دارد در حالیکه ایستگاه شهر ری از کمترین میزان احتمال وقوع برخوردار است (۲۵). لین[1] و همکاران میزان تاثیر تهویه در ایستگاه حمل و نقل عمومی را بررسی کردند. دوکی[2] و همکاران نیز با استفاده از مدل‌های ریاضی اقدام به تعیین میزان غلظت آلاینده منواکسید کربن در پارکینگ‌های عمومی نمودند (۲۶).

با توجه به وضعیت بحرانی کیفیت هوا در سطح شهر تهران و تعدد پایانه‌های مسافربری درون و برون شهری و نیز با در نظر گرفتن آنکه عمر بالای ناوگان حمل و نقل و فرسودگی وسایل نقلیه عمومی، این پرسش اساسی مطرح است که پایانه‌های مسافربری که از انواع وسایل نقلیه عمومی برخوردارند، چه میزان آلاینده منتشر می‌کنند؟

بنابراین؛ هدف از انجام این تحقیق، مدلسازی انتشار و پخش آلاینده‌های هوا در پایانه بیهقی تهران تحت سناریوهای مختلف می‌باشد. بدین منظور، آلاینده منواکسید کربن به عنوان یک آلاینده شاخص به طور مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع کاربردی است که برای گردآوری اطلاعات عمدتاً از روش برداشت میدانی (سنجش و اندازه‌گیری آلاینده) استفاده شده است. سایت مورد مطالعه در این تحقیق، پایانه مسافربری بیهقی در مرکز شهر تهران می‌باشد. این پایانه در سال ۱۳۷۰ و در وسعتی معادل با ۱۳/۵ هکتار احداث شده است. در ابتدا، کیفیت هوای سایت مطالعاتی از طریق نمونه‌برداری تعیین شد. تجهیزات لازم برای نمونه‌برداری عبارت بودند از پمپ نمونه‌برداری با دبی تا ۵ لیتر در دقیقه، ایمپینجر، روتامتر و لوله‌های گازیاب (Detector tube) که به مکان‌های نمونه‌برداری منتقل و قبل از انتقال، در آزمایشگاه کالیبراسیون انجام و صحت عملکرد آنها مورد تایید قرار گرفت. برای نمونه‌برداری از منواکسید کربن براساس متد شماره ۶۶۰۴ NIOSH به کار گرفته شد (۲۷). اندازه‌گیری‌ها در سال ۱۴۰۰ انجام گرفت. از ایستگاه سنجش کیفیت هوای شهرداری تهران (ایستگاه خیابان خرمشهر) به عنوان نزدیکترین نقطه به عنوان ایستگاه شاهد استفاده شد. در نقاط انتخاب شده، نمونه‌برداری به صورت ماهی یک مرتبه در طول سال و سه روز در ماه و ۳ بار در روز انجام گرفت که عمل نمونه‌برداری در زمان‌های مختلف روز یعنی صبح، ظهر و غروب با توجه به افزایش و کاهش تردد وسایط نقلیه انجام گرفت. داده‌های حاصل با استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (۲۸) و آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا (۲۹) مورد مقایسه قرار گرفتند. برای انجام کار، ۳ نقطه (ایستگاه تاکسی‌ها، ون‌ها و اتوبوس‌های درون شهری، سکوهای اتوبوس‌های برون شهری، و پارکینگ خودروها) به

1- Lin

2- Duci

عنوان نقاط کنترل و ایستگاه اندازه‌گیری در نظر گرفته شد (شکل ۱).

شکل ۱- موقعیت سایت مطالعاتی و ایستگاههای اندازه‌گیری و سنجش آلاینده‌ها

Figure 1. The location of the study site and pollutant measurement stations

در ادامه، میزان انتشار آلاینده منواکسید کربن در سایت که توسط خودروها و وسایل نقلیه تولید می‌شود، برآورد شد. بدین منظور، با بهره‌گیری از نرم‌افزار مدیریت ناوگان اتوبوسرانی متعلق به شهرداری تهران سیاهه انتشار و مدت زمان توقف اتوبوس‌ها در پایانه و در تمام ساعات شبانه‌روز بررسی و محاسبه شد (۳۰). سپس، با استفاده از ضرایب انتشار مقدار آلاینده‌های منتشر شده به دست آمده است. فرمول زیر برای همین منظور استفاده شده است (۲۹):

$$Ei = \left(xEF_{i,Diesel} + yEF_{i,Gas}\right) \times A$$

E_i = سیاهه انتشار آلاینده i (کیلوگرم)

x = نسبت اتوبوس‌های دیزلی به کل اتوبوس‌های پایانه

y = نسبت اتوبوس‌های گازسوز به کل اتوبوس‌های پایانه

$EF_{i,Diesel}$ = ضریب انتشار آلاینده i برای اتوبوس دیزلی (کیلوگرم بر ساعت)

$EF_{i,Gas}$ = ضریب انتشار آلاینده i برای اتوبوس گازسوز (کیلوگرم بر ساعت)

A = مدت زمان توقف کل اتوبوس‌ها در پایانه (ساعت)

بر این اساس، مدت زمان توقف اتوبوس‌ها در پایانه بیهقی به طور میانگین برابر با ۱۶۰ ساعت بوده است. خاطر نشان می‌گردد که از ساعت ۹ تا ۱۴ بعد از ظهر اوج زمان توقف اتوبوس‌ها است (۲۱ و ۲۹). در انتها، اقدام به مدلسازی پراکندگی آلاینده منواکسید کربن در سایت پایانه بیهقی گردید. از نرم‌افزار Austal View, Version 7 استفاده شد که قابلیت بسیار خوبی برای شبیه‌سازی انتشار آلاینده‌های هوا دارد (۳۱). پیش‌بینی غلظت آلاینده، براساس راهنمای نرم‌افزار تا ارتفاع ۵ متری شبیه‌سازی گردید تا علاوه بر آنکه شامل ارتفاع تنفسی انسان می‌باشد، محدوده ارتفاعی اتوبوس‌ها و نیز طبقات همکف و اول ساختمان‌های اداری را نیز پوشش دهد. محدوده مدلسازی، دایره‌ای به شعاع ۱ کیلومتر از مرکز سایت پایانه در نظر گرفته شد. به منظور دقت بیشتر در مدلسازی، دو سناریو برای این تحقیق متصور شد:

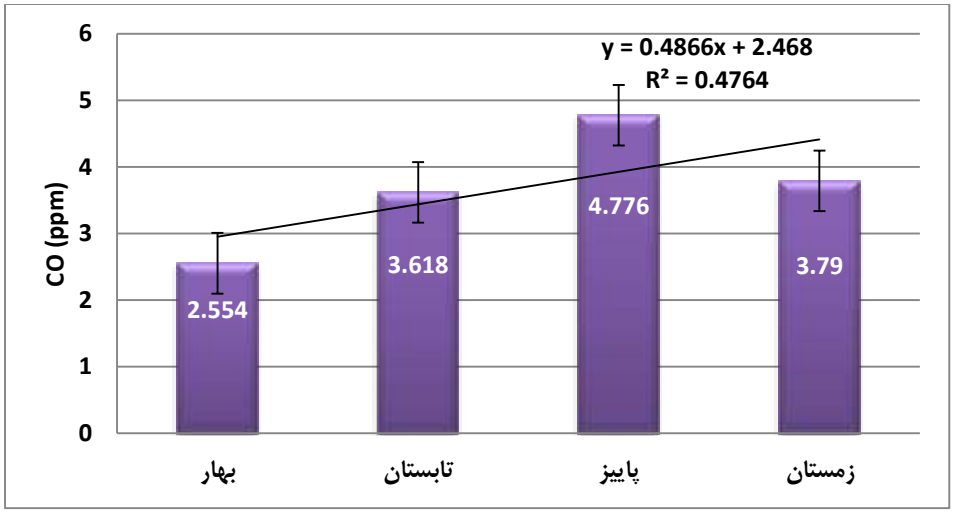
- سناریو اول: بررسی مدل انتشار آلاینده منواکسید کربن تحت شرایط فعلی؛
- سناریو دوم: بررسی مدل انتشار آلاینده تحت شرایط مدیریتی و بکارگیری راهکارهای کاهش انتشار.

سپس، داده‌های پایه برای محاسبات و مدلسازی انتشار آلاینده هوا در سایت پایانه وارد نرم‌افزار گردید. از جمله داده‌های پایه که برای مدل سازی در این تحقیق ا ستفاده شدند، عبارت بودند از:

- دما و سرعت گاز خروجی از اگزوز وسایل نقلیه
- مشخصات توپوگرافی سایت مطالعاتی (عرض جغرافیایی / ارتفاع از سطح دریا / متوسط فشار بارومتریک / عارضه‌های پیرامونی سایت)
- میانگین بارش و رطوبت نسبی
- سرعت و جهت وزش باد غالب منطقه

نتایج

به منظور تعیین وضعیت موجود کیفیت هوا در پایانه بیهقی تهران اقدام به اندازه‌گیری آلاینده منواکسید کربن در فصول جداگانه شد که نتایج سنجش آلاینده‌های هوا در شکل ۲ ارایه شده است.



شکل ۲- مقایسه غلظت فصلی آلاینده منواکسید کربن (CO) در پایانه بیهقی در سال ۱۴۰۰ (منبع: یافته‌های تحقیق)

(در مورد آلاینده منواکسید کربن استاندارد سالانه ارایه نشده است)

Figure 2. Comparison of the seasonal concentration of carbon monoxide (CO) pollutant in Beyhaqi terminal in 1400

همانطور که مشاهده می‌شود غلظت سنجش شده در فصول پاییز و زمستان بالاتر از ششماهه ابتدایی سال بوده است. در ادامه، سیاهه انتشار آلاینده که توسط هر یک از انواع وسایل نقلیه عمومی در پایانه بیهقی تولید می‌شود، محاسبه گردید (جدول ۱).

جدول ۱- سیاهه انتشار پایانه بیهقی در بازه‌های زمانی سه‌گانه (کیلوگرم)

Table 1. The release list of Bayhaghi terminal in three time periods (kg)

دوره زمانی	آلاینده	میزان انتشار آلاینده توسط ۱ عدد اتوبوس		میزان انتشار توسط یک تاکسی	میزان انتشار توسط یک ون
		دیزل	گازسوز		
روزانه	CO	۰/۰۷	۰/۰۴	-	-
سالانه	CO	۲۶/۴۲	۱۷/۰۱	۲۰۱/۵۵	۱۲۴۷/۱۸

(منبع: یافته‌های تحقیق)

براساس داده‌های رسمی از سازمان پایانه‌ها و پارک‌سوارهای شهر تهران (۱۳۹۹)، در پایانه بیهقی تعداد وسایل نقلیه عمومی که در سایت (۲۴ ساعت) مشغول به فعالیت و تردد می‌باشند، به شرح زیر است:

بنابراین؛ با توجه به میزان انتشار آلاینده‌های هوا توسط هر نوع از وسایل نقلیه، خروجی نهایی (مجموع) را بدین ترتیب می‌توان محاسبه نمود:

$$A+B+C+D=X$$

A = میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد اتوبوس دیزلی در سایت / B = میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد اتوبوس گازسوز در سایت

تعداد اتوبوس‌های برون شهری فعال در سایت: ۳۰۰ عدد

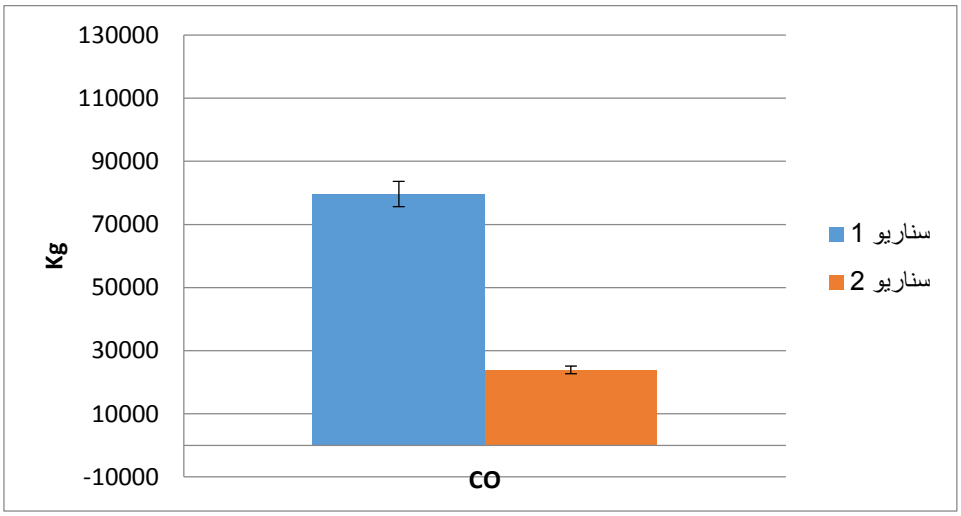
تعداد اتوبوس‌های درون شهری فعال در سایت: ۱۰۰ عدد

تعداد ون‌ها و مینی‌بوس‌های فعال در سایت: ۴۰ عدد

تعداد سواری‌های کرایه در سطح سایت: ۱۰۰ عدد

C = میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد ون‌ها و مینی‌بوس‌ها در سایت / D = میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد تاکسی‌ها در سایت

با توجه به داده‌های مبنا و محاسبات آماری مربوط به سیاهه انتشار آلاینده‌ها، اقدام به مدلسازی تحت سناریوهای تحقیق گردید. از آنجا که در مطالعات پیشین میزان کاهش انتشار آلاینده با بکارگیری راهکارهای مدیریتی ۷۰درصد برآورد شده بود، بنابراین برای سناریو دوم، اعداد نهایی با ضریب محاسبه شدند (شکل ۳).



شکل ۳- مجموع میزان آلاینده منواکسید کربن منتشره در طول یک‌سال توسط وسایل نقلیه عمومی در پایانه بیهقی تحت سناریوهای دوگانه (منبع:یافته‌های تحقیق)

Figure 3. The total amount of carbon monoxide pollutant released during one year by public vehicles in Beyhaghi terminal under two scenarios (research finding)

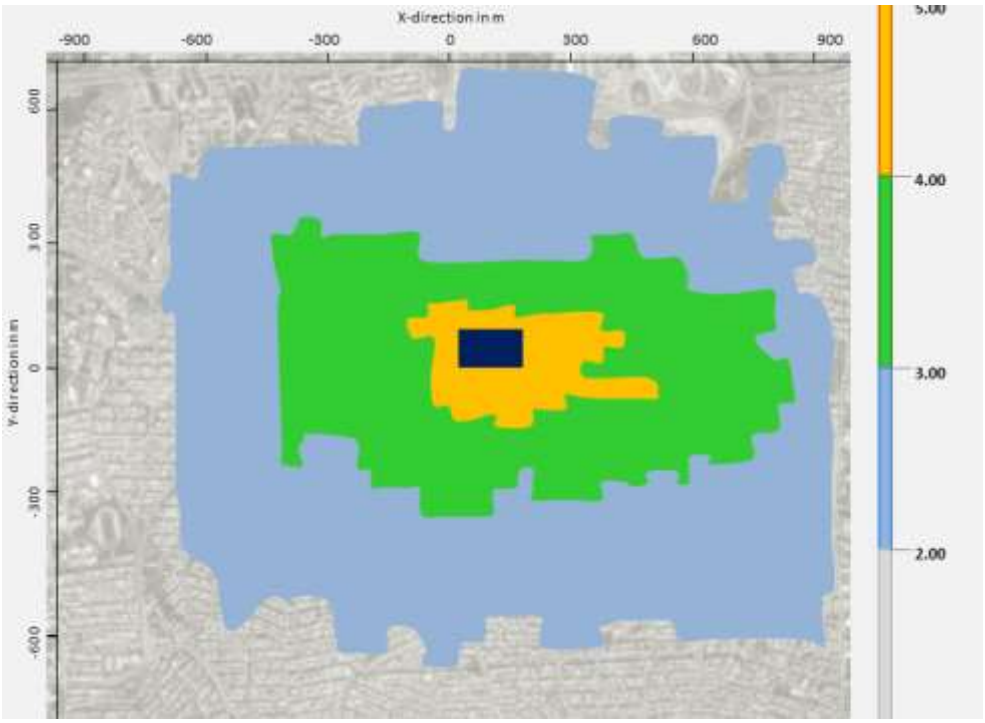
الف) نتایج مدلسازی تحت سناریو اول

پراکنش آلاینده منواکسید کربن به شکل ۹ ساعته در جدول ۲ و شکل ۴ مشخص شده است. همانطور که از نقشه بر می‌آید، بیشترین میزان تراکم آلاینده در مبدا و محل پایانه می‌باشد (مستطیل وسط مکان پایانه است). از طرفی، دورترین منطقه نفوذ آلاینده در ضلع شرقی پایانه و در فاصله ۱۰۰۰ متری خواهد بود.

جدول ۲- دامنه و میزان نفوذ آلاینده منواکسید کربن در محوطه پیرامونی پایانه بیهقی در شبیه‌سازی ۸ ساعته تحت سناریو اول

Table 2. Scope and amount of carbon monoxide pollutant penetration in the surrounding area of Bayhaghi terminal in 8-hour simulation (first scenario)

جهت	در جهت شرق			در جهت شمال			در جهت جنوب			در جهت غرب		
فاصله (m)	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰
غلظت آلاینده (ppm)	۴-۲	۵-۳	۵-۴	۳-۱	۳-۲	۵-۳	۲-۱	۴-۲	۵-۳	۳-۱	۴-۲	۵-۳



شکل ۴- پراکنش آلاینده CO (برحسب ppm) ناشی از احتراق سوخت خودروها در شبیه‌سازی ۸ ساعته تحت سناریو اول (منبع: یافته‌های تحقیق)

Figure 4. CO (ppm) pollutant distribution caused by vehicle fuel combustion in the 8-hour simulation under the first scenario (source: research findings)

براساس، استاندارد هوای پاک (۱۳۹۷)، حد مجاز ساعتی این آلاینده برای ۸ ساعت برابر با ppm ۹ می‌باشد. از آنجا که وضعیت مشابه برای پایانه بیهقی کمتر از این استاندارد است، و بر ا ساس و ضعیت سالانه می‌توان عنوان نمود که و ضعیت این آلاینده از حد ا ستاندارد فراتر نخواهد بود. م ستطیل سیاه رنگ که در مرکز نقشه قرار دارد، در اصل سایت پایانه می‌باشد که به لحاظ میزان آلایندگی مشمول رنگ زرد می‌باشد.

ب) نتایج مدلسازی تحت سناریو دوم

سناریوی دوم با تاکید بر بکارگیری اصول مدیریت سبز و توسعه پایدار تنظیم و پیشنهاد می‌گردد. در اصل، این گزینه بر رعایت ملاحظات محیط زیستی از قبیل عدم روشن نگهداشتن درجا، استفاده از فیلتر اگزوز و کاهش مدت زمان توقف (ضریب ۷۰٪) تاکید دارد. بر همین اساس و با طرح پیش فرض‌هایی برای این گزینه، اقدام به مدلسازی و شبیه‌سازی فرآیند توسعه می‌گردد. بر این اساس، میزان تولید و انتشار آلاینده منواکسید کربن برای گزینه اول و دوم، به شرح زیر می‌باشد:

- گزینه اول: حالت عادی و شرایط فعلی و بدون در نظر گرفتن ملاحظات محیط زیستی؛ که در این حالت میزان انتشار منواکسید کربن برابر با ۷۹۶۶۹ کیلوگرم است.

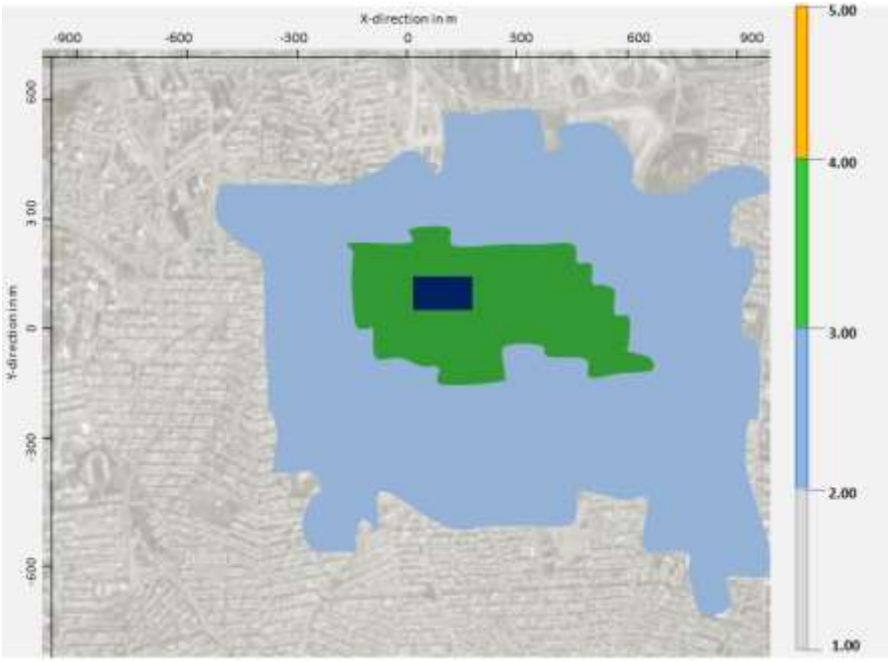
- گزینه دوم: حالت پیشرفته با رعایت ملاحظات محیط زیستی از قبیل عدم روشن نگهداشتن درجا، استفاده از فیلتر اگزوز و کاهش مدت زمان توقف (ضریب ۷۰٪)؛ که در این حالت، میزان انتشار آلاینده منواکسید کربن برابر با ۲۳۹۰۱ کیلوگرم است.

پراکنش آلاینده منواکسید کربن به شکل ۸ ساعته در شکل ۵ و جدول ۳ مشخص شده است. همانطور که از نقشه بر می‌آید، بیشترین میزان تراکم آلاینده در مبدا و محل پایانه می‌باشد (مستطیل وسط مکان پایانه است). از طرفی، پس از ۸ ساعت آلاینده در تمامی جهات و به ویژه شرق و جنوب گسترش می‌یابد و تا شعاع ۱ کیلومتری نیز پیش می‌رود. غلظت آلاینده در هیچ محدوده‌ای بیشتر از ppm ۴ نمی‌باشد. البته این رنج نیز در تمام جهات کمتر از ۳۰۰ متر نفوذ خواهد داشت به استثنای جهت شرقی که تا حدود ۶۰۰ متری توسعه می‌یابد.

جدول ۳-دامنه و میزان نفوذ آلاینده منواکسید کربن در محوطه پیرامونی پایانه بیهقی در شبیه‌سازی ۸ ساعته تحت سناریو دوم (یافته‌های تحقیق)

Table 3. Scope and amount of carbon monoxide pollutant penetration in the surrounding area of Bayhaghi terminal in 8-hour simulation under the second scenario (research findings)

جهت	در جهت شرق			در جهت شمال			در جهت جنوب			در جهت غرب		
فاصله (m)	بالای ۶۰۰	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	بالای ۶۰۰	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	بالای ۶۰۰	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	بالای ۶۰۰	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰
غلظت آلاینده (ppm)	۴-۳	۴-۲	۴-۳	۳-۲	۳-۱	۴-۲	۳-۲	۳-۱	۴-۲	۳-۲	۳-۱	۴-۳



شکل ۵- پراکنش آلاینده CO (برحسب ppm) ناشی از احتراق سوخت خودروها در شبیه‌سازی ۸ ساعته تحت سناریو دوم (یافته‌های تحقیق)

Figure 5. CO (ppm) pollutant distribution caused by vehicle fuel combustion in the 8-hour simulation under the second scenario (research findings)

بحث

در هر دو سناریو، پراکنش آلاینده منواکسید کربن (۸ ساعته) نشان می‌دهد که بیشترین میزان تراکم آلاینده در مبدا و محل پایانه می‌باشد. آلاینده در تمامی جهات گسترش می‌یابد و دورترین منطقه نفوذ آلاینده در ضلع شرقی پایانه و در فاصله ۱۰۰۰ متری خواهد بود. براساس، استاندارد هوای پاک (۱۳۹۷)، حد مجاز ساعتی این آلاینده برای ۸ ساعت برابر با ۹ ppm می‌باشد. همچنین در استاندارد (NAAQS[1]) حد مجاز ۸ ساعته برای منواکسید کربن ۹ ppm اعلام شده است (مشروط بر آنکه بیش از ۱ بار در سال فراتر نرود) (۲۸). از آنجا که میزان آلاینده برای پایانه بیهقی کمتر از این استاندارد است، می‌توان عنوان نمود که وضعیت این آلاینده از حد استاندارد فراتر نخواهد بود.

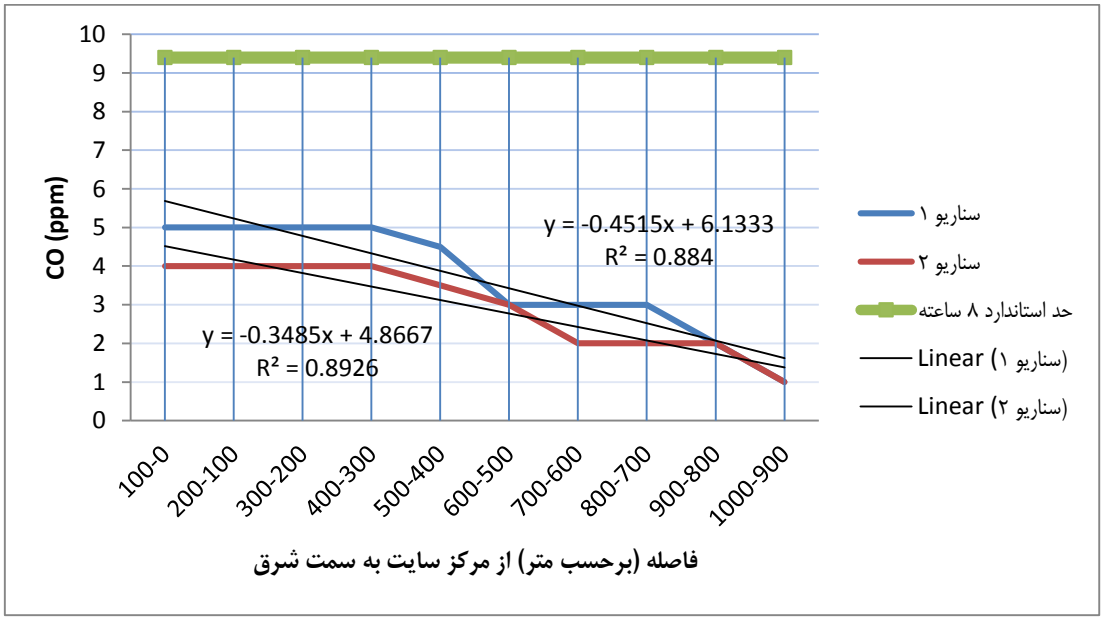
نتایج این بخش از تحقیق با مطالعات صورت گرفته توسط بهمن‌پور و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. چرا که در آن مطالعه نیز مشخص گردیده بود که میزان غلظت ساعتی و روزانه آلاینده منواکسید کربن در تمامی ایستگاههای سنجش کیفیت هوای شهر تهران در سال مورد مطالعه، از حد مجاز فراتر نبوده است. از سوی دیگر، نتایج تحقیق حاضر با مطالعه یکپایی نجف‌آبادی و همکاران (۱۳۹۹) نیز تا حدود زیادی مطابقت دارد. زیرا در آن مطالعه قید شده است که غلظت آلاینده منواکسید کربن در فصول سرد سال و به ویژه زمستان بالاتر از سایر فصول است که با تحقیق حاضر همخوانی دارد. همچنین، نتایج تحقیق با مطالعه رمضانی و شبانخو (۱۳۹۲) که اشاره به مکان‌یابی درست و استفاده از راهکارهای مدیریتی و عدم روشن بودن درجای اتوبوس‌ها دارد، منطبق است. به لحاظ روش‌شناسی نیز تحقیق حاضر با مطالعات کریمی و همکاران (۱۴۰۲) کاملاً مشابه می‌باشد. هر چند که در مطالعه آنان، آلاینده منواکسید کربن مورد بررسی قرار نگرفته بود.

با توجه به آنکه به غیر از منواکسید کربن سایر آلاینده‌ها نیز در پایانه تولید و منتشر می‌گردند که احتمال هم‌افزایی میان آلاینده‌ها وجود خواهد داشت و به منظور ارتقای کیفیت محیط،

1- National Ambient Air Quality Standard

سناریوی دوم نیز مورد بررسی قرار گرفت و همانطور که نتایج نشان می‌دهد، کیفیت هوا تحت سناریو دوم بهتر از سناریو اول می‌باشد، به طوری که پس از ۸ ساعت غلظت آلاینده در هیچ محدوده‌ای بیشتر از ۴ ppm نمی‌باشد. البته این رنج نیز در تمام جهات کمتر از ۳۰۰ متر نفوذ خواهد داشت به استثنای جهت شرقی که تا حدود ۶۰۰ متری توسعه می‌یابد.

از آنجا که بیشترین دامنه نفوذ آلاینده منواکسید کربن به سمت شرق سایت مطالعاتی بوده است، بنابراین به منظور مقایسه آسان‌تر، نمودار انتشار آلاینده و میزان غلظت با فاصله گرفتن از مرکز سایت به سمت ضلع شرقی ترسیم می‌گردد (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه غلظت آلاینده منواکسید کربن براساس فاصله از سایت (ضلع شرقی)- (یافته‌های تحقیق)

Figure 6. Comparison of carbon monoxide pollutant concentration based on the distance from the site (eastern side) - (research findings)

همانطور که مشاهده می‌گردد، تحت سناریو ۱ (نمودار آبی) غلظت آلاینده در فواصل معین بیشتر از حالت سناریو ۲ (نمودار قرمز) می‌باشد. هر چند که هر دو سناریو از حد استاندارد مجاز ۸ ساعته برای منواکسید کربن (۹/۴ ppm) کمتر می‌باشند.

جمع‌بندی

پایانه‌های مسافربری یکی از کانون‌های اصلی تولید و انتشار آلاینده‌های هوا (در این تحقیق اختصاصاً منواکسید کربن) هستند که توسط وسایل حمل و نقل عمومی صورت می‌گیرد. همجواری این کاربری‌ها با سکونتگاه‌های شهری زمینه مزاحمت‌ها و آسیب‌های متعددی را برای شهروندان فراهم می‌سازد. استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در مورد میزان و نحوه انتشار آلاینده‌های در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار دهد. بنابراین، لازم است تا از طریق بکارگیری راهکارهای مدیریتی و مهندسی و رعایت ملاحظات محیط زیستی نسبت به کنترل آلودگی‌ها و نیز کاهش پیامدهای ناگوار ناشی از آن‌ها اقدام نمود. از جمله راهکارهای پیشنهادی برای کاهش انتشار آلاینده منواکسید کربن در پایانه‌های مسافربری می‌توان به موارد ذیل اشاره داشت:

- عدم روشن نگهداشتن درجای اتوبوس‌ها و مینی‌بوس‌ها تا از مصرف سوخت و انتشار بیش از حد آلاینده‌ها اجتناب شود؛
- استفاده از فیلترهای جاذب آلاینده‌ها که در خروجی اگزوز وسایل نقلیه نصب می‌شوند؛

- بر نا مه‌ریزی به منظور کاهش مدت ز مان توقف اتوبوس‌ها و مینی‌بوس‌ها در سکوهای انتظار؛
- پایش دوره‌ای وســـایل نقلیه و حذف خودروهای آلاینده از سرویس‌دهی به مسافران.

References

1. Chen, Z., Huang, X. and Wang, Q. (2009). The Effect of Air Pollution on Human Health in China: A Macro Evaluation.
2. Dos, A. and Martin, F. (2010). An Econometric Analysis of the US Health Care Expenditure. Journal of Health Science, 2(1): 150-159.
3. Burkhardt, J., Bayham, J., Wilson, A., Carter, E., Berman, D., Emily, V. (2019). The effect of pollution on crime: Evidence from data on particulate matter and ozone. Journal of Environmental Economics and Management, 13(2); 23-46 pp.
4. TAQCC. (2018). Teharan air quality control Company. Report of Tehranz, Tehran Municipality, Nashr-e- Shahr. pp 265.
5. Bahmanpour, H. (2017). Content of environmental education for members of Islamic councils of cities and villages, the Office of Education and Public Participation of the Environmental Protection Organization.
6. World Bank Group. (2018). Air pollution in Tehran: Health cost, Sources, and policies discussion paper.
7. WHO. (2018). Effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence. No. EUR/05/5046027. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe, 2018.
8. Shafipoor Motlagh, M., Pardakhti, A., Mojezi, M. (2015). Risk Assessment of Air Pollutants Emissions in Beihaghi Terminal by Modeling, Study on Environment, 9 (41), 1, 97-105 pp.
9. Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, et al. (2018). Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter, Proceedings of the National Academy of Sciences. 115(38):9592-97.
10. Asakereh, H., Ahadi, L. (2020). Study the relationship between air types and air pollution in Tabriz city. Physical geography research quarterly, 52(3), 375-394.
11. Fashi, Mohamad. (2023). Air Pollution, Exercise, and Inflammation. Journal of Gorgan University of medical science, 24(4), 84, 1-9.
12. Ramezani, A., Shabankhoo, H. (2013). Management of environmental damage reduction of passenger terminals in west of Tehran, Journal of human and the environment, No. 26, 37-61 pp.
13. Bahrami, A. (2017). Air pollution control engineering methods, Tehran, Fanavaran, 303 p
14. Qiasedin, M. (2015). Air pollution and control, University of Tehran Press, 380 p.
15. Karimi, M., Babaei Semiromi, F., Bahmanpour, H., Tabesh, M., Mohammadi, A. (2023). Modeling the emission and spread of air pollutants in Beyhaqi passenger terminal of Tehran under different scenarios, Human & Environment, 3 (21), 117-132 pp.
16. Mohaghegh, SH., Hajian, M. (2013). Air pollution and sport, Scientific Journal of the Organization of the Medical System of the Islamic Republic of Iran, Volume 31, Number 3, Fall 2013: 239-249

17. Mansoori, N., Ghasemabadi, N. (2011). Field determination of air pollutants and PSI index in Tehran city bus stops, Quarterly Journal of Man and Environment, No. 19, Winter 90, 12 p.
18. Can, G., Sayili, U., Sayman, Ö.A., Kuyumcu, Ö.F., Yilmaz, D., Esen, E., Yurtseven, E., Erginöz, E. (2019). Mapping of carbon monoxide related death risk in Turkey: a ten-year analysis based on news agency records, BMC Public Health 19; 9.
19. Chaloulakou A, Mavroidis I, Duci A. (2003). Indoor and outdoor carbon monoxide concentration relationships at different microenvironments in the Athens area. Chemosphere, 52(6):1007-19.
20. Ranjbar, M., Bahak, B. (2019). Time and Space Changes of Air Pollutants Using GIS (Case Study: North Semnan Tehran. GEOGRAPHY, 17(60), 72-85.
21. Karimi, M., Babaei Semiromi, F., Bahmanpour, H., Tabesh, M., Mohammadi, A. (2023). Modeling the Emission and Spread of Nitrogen Dioxide in Beyhaqi Transportation Terminal. GeoRes, 38 (1): 27-34
22. Yekpai Najafabadi, A., Haji Seyed Mirzahoseini, S.A., Mohammadi, A. (2021). Evaluation of the amount of gaseous pollutants and airborne particles in the internal terminals of Tehran Bus Company, J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.12, March, 2021
23. Bahmanpour, H., Naghibi, H., Abdi, H. (2021), Environmental risk of carbon monoxide pollutants in outdoor sports and recreational spaces in Tehran, Geographical Research Quarterly, Volume 36, Number 2, 165-155 pp.
24. Ashrafi, KH., Shafiepour Motlagh, M., Mousavi, M.S., Niksokhan, M.H., Vosoughifar, H.R. (2016). Determinig the Contribution of Gas Emissions from Cars and Estimating the Distribution of CO Emission in Enclosed Parking. Iranian Journal of Health and Environment, 8(4), 447-458.
25. Rahimi, J., Rahimi, A., Bazrafshan, J. (2013). Investigating the continuity of days associated with carbon monoxide pollutant in the air of Tehran using the Markov chain model, Environmental sciences and technology, Vol. 15, No. 2, 12 pp.
26. Lin, X., Li, Q., Chand, S., Sharpe, K. (2021). Effects of Air Quality on House Prices: Evidence from China's Huai River Policy. New Zealand Economic Papers, 55(1), 52-65.
27. NIOSH. (2014). National Institute for Occupational Safety and Health.
28. WHO. (2019). Air quality and health, www.who.int. Retrieved 2017. https://www.who.int/
29. USEPA. (2004). An examination of EPA risk assessment principles and practices. EPA/100/B-04/001. Washington (DC): OSA, USEPA; 2004, http://www.epa.gov/OSA/pdfs/ratf-final.pdf [accessed 30.10.13].
30. Tehran Terminals and Parks Organization. (2014). https://terminals.tehran.ir
31. Arnesano, M, Revel, G., M, Seri, F, A. (2016). Tool for the optimal sensor placement to optimize temperature monitoring in large sports spaces, www.elsevier.com/locate/envres, 2016, Automation in Construction 68 (2016) 223–234
32. IRIMO. (2021). WWW.IRIMO.ORG