ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2023;38(1):27-34. 10.58209/geores.38.1.27

# Modeling the Emission and Spread of Nitrogen Dioxide in Beyhaqi Transportation Terminal

ARTICLE INFO

*Article Type*
Original Research

*Authors*
Karimi M.[1] *MSc,*
Babaei Semiromi F.[1] *PhD,*
Bahmanpour H.*[2] *PhD,*
Tabesh M.R.[1] *PhD,*
Mohammadi A.[1] *PhD*

**How to cite this article**
Karimi M, Babaei Semiromi F, Bahmanpour H, Tabesh M R, Mohammadi A. Modeling the Emission and Spread of Nitrogen Dioxide in Beyhaqi Transportation Terminal. Geographical Researches. 2023;38 (1): 27-34.

ABSTRACT

**Aims** The objective of this research is to measure nitrogen dioxide in Beyhaqi Terminal of Tehran and model the release of this pollutant.

**Methodology** In 3 selected stations, sampling was done once a month during the year and three days a month and 3 times a day. For sampling, NIOSH method No. 6004 and Saltzman method were used with the help of Impinger and Saltzman absorbent solution with a flow rate of 0.2 L/min and then the concentration of this pollutant was determined using a spectrophotometer. Austal view, version 7 software was used for modeling.

**Findings** In both scenarios regarding the one-hour distribution, the pollutant concentration is high at the beginning, and then due to atmospheric conditions and pollutant chemistry, the pollutant concentration decreases, especially in the western direction, but in 3 directions, south, north, and west, from a maximum distance of 300 meters. , the pollutant concentration is greatly reduced. Of course, it decreases much faster from the western side, and the pollution zone continues more towards the east. According to the American National Ambient Air Quality Standard (NAAQS), the allowable amount of this pollutant in a 1-hour average is 100 ppb, no area is in this zone. Also, according to the standard of the World Health Organization, the hourly limit of this pollutant is 200 ppb, and on this basis, there is no limit beyond the standard.

**Conclusion** By using management and engineering solutions such as reducing the stopping time of cars, not turning on in place and using exhaust absorbent filters, it is possible to reduce pollutant emissions.

**Keywords** Air Pollution; Nitrogen Dioxide; Emission Modeling; Bayhaqi Terminal

[1]Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and The Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2]Department of Environment, Faculty of Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran

***Correspondence***
*Address*: Department of Environment, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Daneshjoo Boulevard, Shahrood, Iran. Postal Code: 36199-43189
*Phone*: +98 (23) 3734563
*Fax*: +98 (23) 32394530
hooman.bahmanpour@yahoo.com

***Article History***
Received: November 12, 2022
Accepted: March 1, 2023
ePublished: March 6, 2023

CITATION LINKS

[Ahmadzadeh H, et al; 2023] Investigating the ...; [Arnesano M, et al; 2016] A Tool for the optimal ...; [Asadzadeh H, et al; 2022] Measuring the ...; [Asl FB, et al; 2018] Health impacts ... [Azizi GH; 2007] Tehran air ...; [Bahmanpour H, et al; 2021] Environmental risk ...; [Bahmanpour H, et al; 2013] The qualitative ... [Buga AM, et al; 2019] Molecular and ...; [Can G, et al; 2019] Mapping of ...; [Eskani G, Siah Pirani M; 2011] Synoptic ...; [Esmailian M, et al, ; 2022] Specifying the ...; [Ferdowsi F, et al; 2018] Vehicle refueling ...; [Haji Seyed Mirzahoseini SA, et al; 2021] Evaluation of ...; [Kermani M, et al; 2020] Association between ...; [Mattiuzzi C, Lippi G; 2019] Worldwide ...; [Mansoori NU, Ghasemabadi J; 2011] Determination ...; [Mirzadeh Tabatabai M, et al; 2022] Determining the ...; [The National Institute for Occupational Safety and Health] National ...; [Mohaghegh S, Hajian M; 2013] Sport and ...; [Motesaddi S, et al; 2017] Characterizing ...; [O'Reilly N, et al; 2015] Urban sports ... [Rahimi J, et al; 2013] Study of ... [Ramezani A, Shabankhoo H; 2013] Management ... [Rohani A, et al ; 2017] Spatial ... [Rovira J, et al; 2020] Air quality ... [Shen F, et al; 2017] Air pollution ... [Tabrizian K, et al; 2019] Cardioprotective ... [Tahmasabi HA, Razavi Nasab SJ; 2019] Analysis of ... [IQ Air] Air quality ... [Tavassoli M, et al; 2019] Toxicology ... [TTPO] Organization ... [Wang H, et al; 2014] Development ... [World Bank] Air pollution ... [WHO] Air quality ...

*Copyright© 2023, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.*

# مدل‌سازی انتشار و پخش دی‌اکسید نیتروژن در پایانه مسافربری بیهقی تهران

**مریم کریمی MSc**
گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
**فرزاد بابایی سمیرمی PhD**
گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
**هومن بهمن‌پور* PhD**
گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران
**محمدرضا تابش PhD**
گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
**علی محمدی PhD**
گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

**چکیده**
**اهداف:** هدف از این پژوهش سنجش دی‌اکسید نیتروژن در پایانه بیهقی تهران و مدل‌سازی انتشار این آلاینده بود.
**روش‌شناسی:** در ۳ ایستگاه منتخب، نمونه‌برداری به صورت ماهی یک مرتبه در طول سال و سه روز در ماه و ۳ بار در روز انجام گرفت. برای نمونه‌برداری از متد شماره ۶۰۰۴ NIOSH و روش سالتزمن به کمک ایمپینجر و محلول جاذب سالتزمن با دبی ۰/۲لیتربردقیقه استفاده شد و سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر غلظت این آلاینده تعیین شد. به‌منظور مدل‌سازی از نرم‌افزار Austal view, version 7 استفاده شد.
**یافته‌ها:** 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 ۳۰۰متری، 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.
**نتیجه‌گیری:** در صورت پیاده‌سازی سناریوی کاهش آلاینده، میزان دی‌اکسید نیتروژن تولیدشده تا فاصله یک کیلومتری پایانه مسافربری بیهقی به کمتر از حد مجاز کاهش می‌یابد.

**کلیدواژگان:** آلودگی هوا، دی‌اکسید نیتروژن، مدل‌سازی انتشار، پایانه بیهقی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰
*نویسنده مسئول: hooman.bahmanpour@yahoo.com

## مقدمه

آلودگی هوا چهارمین عامل خطر برای مرگ منتسب در دنیا و همچنین هفتمین عامل خطر در ایران است. طبق بررسی‌های انجام‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی، هر سال در اثر آلودگی هوا بیش از ۴ میلیون نفر دچار مرگ زودرس می‌شوند [Kermani *et al.*, 2020]. به عنوان مثال در اتریش، سوئیس و فرانسه ۶٪ کل مرگ‌ومیر بزرگسالان بالای ۳۰ سال به آلودگی هوا نسبت داده شده است [O'Reilly *et al.*, 2015]. آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که کیفیت زندگی انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و اثرات سویی بر سلامت انسان می‌گذارد. این اثرات باعث تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در بدن می‌شوند که در نهایت به بیماری شدید و حتی مرگ منتهی می‌شود [Arnesano *et al.*, 2016]. بر اساس گزارش بانک جهانی، خطراتی که آلودگی هوا بر سلامت می‌تواند داشته باشد در کشورهای در حال توسعه بیشترین میزان است [World Bank, 2015]. پروژه توسعه شهری را می‌توان مبنای تجدید ساختارهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی و حقوقی شهری تلقی کرد که هدف آن در درجه اول بهبود فرآیند شهرنشینی و روند شهرگرایی، ترمیم محیط زیست شهری، ساماندهی اقتصاد شهری و تقویت جنبه‌های سیاسی، اجتماعی و فرهنگی زندگی شهری است. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، کیفیت هوا را به عنوان مهم‌ترین شاخص محیط زیستی در بحث توسعه پایدار، معرفی کرده است [Rohani *et al.*, 2017].

کلان شهر تهران با توجه به شرایط توپوگرافی و اقلیم آن و همچنین تردد نزدیک به ۵میلیون وسیله نقلیه و استقرار تعداد زیادی واحدهای صنعتی بزرگ و کوچک، یکی از هشت شهر بزرگ ایران است که آلودگی هوا در آن به یکی از مشکلات بزرگ فراروی مردم و مسئولین این شهر تبدیل شده است [Bahmanpour *et al.*, 2021]. شهر تهران در سال ۱۳۹۵، دارای ۸۰ روز ناسالم برای گروه‌های حساس جامعه و ۹ روز ناسالم برای عموم افراد جامعه بوده است [Motesaddi *et al.*, 2017]. آمارها نشان می‌دهد که در روزهای تشدید آلودگی هوای تهران، شمار بیماران تنفسی تا ۶۰% افزایش می‌یابد [Tavassoli *et al.*, 2019]. بیشترین عامل مرتبط با تشدید بیماری‌های سیستم قلبی، عروقی و ریوی، افزایش آلاینده‌های دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق و منواکسید کربن است [Bahmanpour *et al.*, 2021]، به طوریکه آلودگی هوا در تهران به طور متوسط موجب کاهش ۵ سال از عمر تهرانی‌ها شده است [Haji Seyed Mirzahoseini *et al.*, 2021]. بنابر 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 [Mohaghegh & Hajian, 2013; IQ Air, 2018].

دی‌اکسید نیتروژن محرک چشم، حلق، سینه و تنگی نفس است. با افزایش غلظت، سبب کاهش مقاومت بدن به عفونت‌های تنفسی می‌شود [Tabrizian *et al.*, 2019]. در زمینه تولید اکسیدهای ازت (NOx) کامیون‌ها به ترتیب با ۵/۷، ٤ و ۳٪ مسئولیت تولید این آلاینده را در شهر تهران به عهده دارند [Buga *et al.*, 2019].

این آلاینده نیز به طور عمده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی هستند. این ترکیبات به دلیل اثرگذاری در تولید باران‌های اسیدی ممکن است باعث ایجاد آلودگی در مناطق دورتر از محل تولید شوند. در حضور ترکیبات آلی در هوا و سایر آلاینده‌ها، اکسیدهای نیتروژن تشکیل ترکیبات به شدت سمی داده و بر سیستم تنفسی اثر منفی دارند [Mattiuzzi & Lippi, 2019; Can *et al.*, 2019; Bahmanpour *et al.*, 2013].

یکی از منابع اصلی تولید این گاز، وسایل نقلیه موتوری هستند. برخی از مطالعات بیانگر آن هستند که پایانه‌های مسافربری می‌توانند کانون تولید و انتشار آلاینده‌های هوا و صوت باشند [Mansoori & Ghasemabadi, 2011]. 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 [Asl *et al.*, 2018].

تاکنون مطالعه جامعی در زمینه نقش و اهمیت پایانه‌های مسافربری در کیفیت هوای شهرها صورت نگرفته است. ولیکن برخی مطالعات پراکنده به بررسی آلاینده‌های هوا یا تعدادی از جایگاه‌های وسایل نقلیه عمومی پرداخته‌اند که از جمله جدیدترین آنها می‌توان به مواردی که در ادامه آمده است اشاره داشت؛ *حاجی سیدمیرزاحسینی* و همکاران، در یک مقاله تحقیقی میزان آلاینده‌های گازی و ذرات معلق در ۶ پایانه درون‌شهری شرکت واحد اتوبوسرانی تهران را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان غلظت ذرات معلق، $PM_1$ با میانگین ۱/۲۰ میکروگرم‌برمترمکعب، $PM_{2.5}$ با میانگین ۶/۷۲ میکروگرم‌برمترمکعب، $PM_{10}$ با میانگین ۱۰۰/۲۳ میکروگرم‌برمترمکعب، CO با میانگین غلظت ۶/۹۵ppm، $NO_2$ با میانگین غلظت ۰/۰۵ppm و $SO_2$ با میانگین ۰/۰۵ppm در فصل زمستان وجود دارد. در این تحقیق وارونگی دما، موقعیت نامناسب پایانه‌ها و سرما دلایل اصلی تجمع آلاینده‌ها بیان شده است [Haji Seyed Mirzahoseini *et al.*, 2021]. *رمضانی* و *شبانخو*، 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، سروی‌دهی مناسب و منظم، و عدم روشن‌بودن درجا می‌تواند به کیفیت محیطی بهتر منجر شود [Ramezani & Shabankhoo, 2013]. *رحیمی* و همکاران، با استفاده از مدل زنجیره مارکف اقدام به بررسی تداوم روزهای آلودگی با آلاینده‌های هوا پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین احتمال وقوع تداوم آلاینده به ترتیب در ایستگاه‌های فاطمی، بازار و اقدسیه است. در اکثر ماه‌های سال، ایستگاه فاطمی بالاترین احتمال وقوع تداوم دوروزه را دارد در حالی که ایستگاه شهر ری از کمترین میزان احتمال وقوع برخوردار است [Rahimi *et al.*, 2013]. *بهمن‌پور* و همکاران، ریسک زیست‌محیطی آلاینده‌های هوا 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 ۳۰٪ 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 [Bahmanpour *et al.*, 2021].

از آنجا که بنابر اطلاعات اخذشده از سوی سازمان‌ها و کارشناسان مرجع، کیفیت هوای شهر تهران چندان مطلوب نبوده و در برخی از مواقع سال در شرایط بسیار خطرناک و بحرانی قرار می‌گیرد، لازم است تا نقش کاربری‌های گوناگون در این شرایط بررسی شود. یکی از کاربری‌های مهم در این زمینه، پایانه‌های مسافربری هستند که از انواع وسایل نقلیه عمومی برخوردارند. متاسفانه تاکنون مطالعات گسترده‌ای در زمینه کیفیت محیط زیست پایانه مسافربری بیهقی تهران (به ویژه کیفیت هوا) انجام نشده است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، مدل‌سازی انتشار و پخش دی‌اکسید نیتروژن در پایانه مسافربری بیهقی تهران بود.

## روش‌شناسی

این مطالعه مقطعی میدانی در بازه زمانی بهار تا زمستان ۱۴۰۰ در پایانه مسافربری بیهقی تهران انجام شد. این پایانه در سال ۱۳۷۰ به مساحت ۱۳/۵ هکتار احداث شده است. ۳ نقطه (ایستگاه تاکسی‌ها، ون‌ها و اتوبوس‌های درون شهری، سکوهای اتوبوس‌های برون‌شهری و پارکینگ خودروها) به عنوان ایستگاه اندازه‌گیری درون پایانه و یک نقطه بیرون از پایانه به عنوان کنترل در نظر گرفته شد (شکل ۱).

**شکل ۱)** موقعیت پایانه مسافربری بیهقی و ایستگاه‌های اندازه‌گیری و سنجش دی‌اکسید نیتروژن

داده‌های پایه در مدل‌سازی انتشار دی‌اکسید نیتروژن مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

**جدول ۱)** اطلاعات پایه و آب و هوایی

| شاخص | شرح |
|---|---|
| **دمای گاز خروجی از اگزوز اتومبیل** | ۷۸۰-۹۷۰ درجه سانتیگراد |
| **سرعت گاز خروجی از اگزوز اتومبیل** | ۵۰ تا ۷۰ کیلومتر در ساعت |
| **عرض جغرافیایی** | ۶۸/۳۵ درجه عرض شمالی |
| **ارتفاع از سطح دریا** | ۱۵۵۴ متر |
| **متوسط فشار بارومتریک** | ۹۳/۲۵ اینچ جیوه |
| **میانگین بارش ۱۰ ساله** | ۲۳۰ میلیمتر |
| **میانگین سالیانه رطوبت نسبی** | ۵۰٪ (حداکثر ٦٤ و حداقل ۳۹) |
| **باد غالب در منطقه** | غربی (۲۷۰ درجه) با متوسط ۳/۲ متربرثانیه |

در نقاط انتخاب‌شده، نمونه‌برداری به صورت ماهی یک مرتبه در طول سال و سه روز در ماه و ۳ بار در روز (صبح، ظهر و غروب) انجام گرفت. تجهیزات لازم برای نمونه‌برداری پمپ نمونه‌برداری Quick Take, 30-2010; Taiwan) با دبی تا ۵لیتردردقیقه، ایمپینجر، روتامتر (Georg Fischer; Switzerland) و لوله‌های گازیاب بود که صحت عملکرد آنها قبل از انتقال به مکان‌های نمونه‌برداری، در آزمایشگاه کالیبراسیون مورد تایید قرار گرفت.

برای نمونه‌برداری از دی‌اکسید نیتروژن از روش ۶۰۰۴ NIOSH و روش سالتزمن به کمک ایمپینجر و محلول جاذب سالتزمن با دبی ۰/۲لیتربردقیقه استفاده شد و سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر غلظت این آلاینده تعیین شد [The National Institute for Occupational Safety and Health, 2014].

داده‌های حاصل با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی [WHO, 2019] و آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده [Shen *et al.*, 2017] مورد مقایسه قرار گرفتند.

به‌منظور محاسبه انتشار آلایندگی ناشی از فعالیت اتوبوس‌ها در پایانه‌های اتوبوس‌رانی ابتدا لازم بود تا سیاهه انتشار هر یک و مدت‌زمان توقف اتوبوس‌ها در هر پایانه و در ۲۴ ساعت شبانه‌روز بررسی و محاسبه شود که برای این منظور از نرم‌افزار مدیریت ناوگان اتوبوسرانی متعلق به شهرداری تهران که از تاریخ ۱۰ بهمن ۱۳۹۲ راه‌اندازی شده، استفاده شد. میزان انتشار روزانه آلاینده دی‌اکسید نیتروژن توسط یک دستگاه اتوبوس گازسوز و دیزلی به‌ترتیب ۰/۰۰۴ و ۱۶ کیلوگرم و انتشار سالانه نیز به ترتیب ۰/۶۹ و ۵۹/۵۹ کیلوگرم برآورد شده است. همچنین، میزان انتشار سالانه این آلاینده برای یک دستگاه ون و تاکسی به ترتیب ۳۱۸/۵۴ و ۸۹/۵۷ کیلوگرم بوده است. بر اساس داده‌های رسمی، در پایانه بیهقی و در ۲۴ ساعت شبانه‌روز، تعداد ۳۰۰ دستگاه اتوبوس برون‌شهری، ۱۰۰ دستگاه اتوبوس درون‌شهری، ۴۰ دستگاه ون و مینی‌بوس و ۱۰۰ دستگاه مسافرکش سواری در سایت مشغول به فعالیت و تردد بوده‌اند. با توجه به میزان انتشار آلاینده‌های هوا توسط هر نوع از وسایل نقلیه، خروجی نهایی بدین ترتیب محاسبه شد:

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

A: میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد اتوبوس دیزلی؛

B: میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد اتوبوس گازسوز؛

C: میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد ون‌ها و مینی‌بوس‌ها؛

D: میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد تاکسی‌ها.

مقدار آلاینده‌های منتشرشده با استفاده از ضرایب انتشار مناسب در فرمول زیر به‌دست آمد [TTPO, 2014]:

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

$Ei$: سیاهه انتشار آلاینده $i$ (کیلوگرم)

$x$: نسبت اتوبوس‌های دیزلی به کل اتوبوس‌های پایانه

$y$: نسبت اتوبوس‌های گازسوز به کل اتوبوس‌های پایانه

$xEF_{i,Diesel}$: ضریب انتشار آلاینده $i$ برای اتوبوس دیزلی (کیلوگرم‌برساعت)

$yEF_{i,Gas}$: ضریب انتشار آلاینده $i$ برای اتوبوس گازسوز (کیلوگرم‌برساعت)

$A$: مدت‌زمان توقف کل اتوبوس‌ها در پایانه (ساعت)

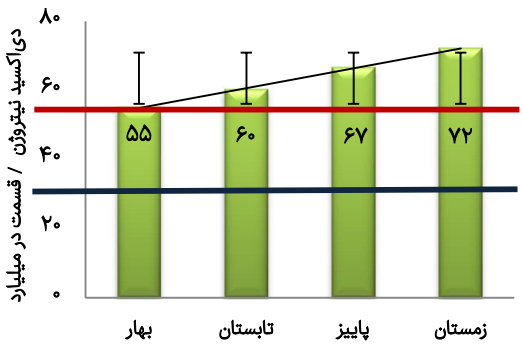
مدت‌زمان توقف اتوبوس‌ها در پایانه بیهقی به طور میانگین برابر با ۱۶۰ ساعت و اوج زمان توقف از ساعت ۹ تا ۱۴ بود [IQ Air, 2018].

از آنجا که در مطالعات پیشین میزان کاهش انتشار آلاینده با به‌کارگیری راهکارهای مدیریتی ۷۰٪ برآورد شده بود [TTPO, 2014]، برای سناریوی دوم، اعداد نهایی با ضریب محاسبه شدند.

به‌منظور شبیه‌سازی و مدل‌سازی پراکندگی دی‌اکسید نیتروژن در پایانه مسافربری بیهقی، از نرم‌افزار Austal View 7 استفاده شد که رابط گرافیکی Austal 2000 است (برنامه مدل‌سازی پراکندگی هوایی آژانس محیط زیست آلمان) و دارای سیستم لاگرانژی ردیابی ذرات در پراکندگی هوایی است که مدل تشخیص میدان باد منحصربه‌فرد خودش را دارد [Rovira *et al.*, 2020]. پیش‌بینی غلظت آلاینده، در ارتفاع ۵متری که بالاتر از ارتفاع تنفسی انسان است، شبیه‌سازی شد. محدوده مدل‌سازی، دایره‌ای به شعاع یک کیلومتر از مرکز سایت پایانه در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

غلظت دی‌اکسید نیتروژن در پاییز و زمستان بالاتر از شش‌ماهه ابتدایی سال بود (نمودار ۱).




**نمودار ۱)** مقایسه غلظت فصلی آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در پایانه بیهقی در سال ۱٤۰۰؛ خط قرمز معرف استاندارد سالانه دی‌اکسید نیتروژن براساس استاندارد سازمان ملی کیفیت هوای محیطی آمریکا (ppb۵۳) و خط آبی استاندارد سازمان جهانی بهداشت (ppb٤۰) است.

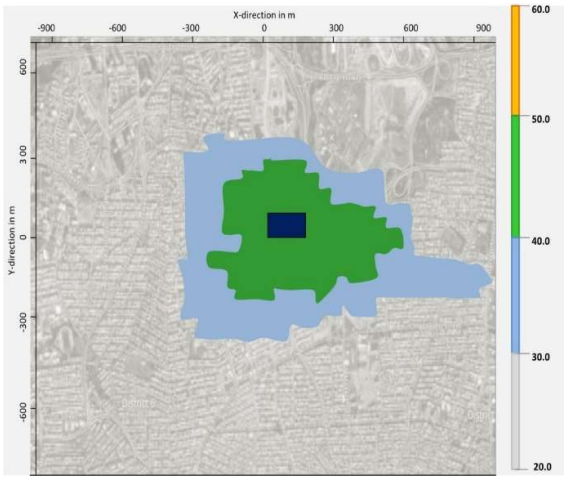
با توجه به داده‌های مبنا و محاسبات آماری مربوط به سیاهه انتشار آلاینده‌ها، سناریوهای پژوهش مدل‌سازی شد.

پراکنش یک‌ساعته دی‌اکسید نیتروژن در ابتدا زیاد بود و در ادامه به دلیل شرایط جوی و اقلیمی و شیمی آلاینده، غلظت آلاینده کاهش یافت؛ به‌ویژه در جهت غربی. در ۳ جهت جنوبی، شمالی و غربی از فاصله حداکثر ۳۰۰متری، غلظت آلاینده بسیار کاهش یافت (جدول ۲). میزان انتشار آلاینده دی‌اکسید نیتروژن تحت سناریوی اول در حدود ۱۰۸۵۷۵کیلوگرم و تحت سناریوی دوم، در حدود ۳۲۵۷۳کیلوگرم بود.

**جدول ۲)** دامنه و میزان نفوذ آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در محوطه پایانه بیهقی در دو مدل‌سازی

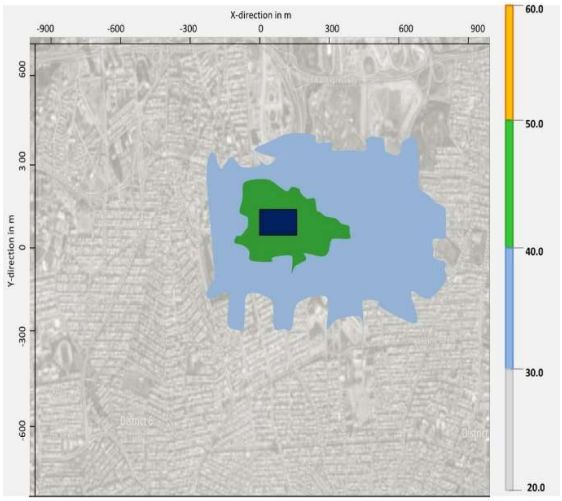
| جهت | فاصله (متر) | سناریوی اول (ppb) | سناریوی دوم (ppb) |
|---|---|---|---|
| **شرق** | ۶۰۰ به بالا | ۲۰-۴۰ | ۲۰-۴۰ |
| | ۳۰۰-۶۰۰ | ۳۰-۵۰ | ۳۰-۵۰ |
| | کمتر از ۳۰۰ | ۴۰-۵۰ | ۴۰-۵۰ |
| **شمال** | ۶۰۰ به بالا | ۲۰-۳۰ | ۲۰-۳۰ |
| | ۳۰۰-۶۰۰ | ۲۰-۴۰ | ۲۰-۴۰ |
| | کمتر از ۳۰۰ | ۴۰-۵۰ | ۳۰-۵۰ |
| **جنوب** | ۶۰۰ به بالا | ۲۰-۳۰ | ۲۰-۳۰ |
| | ۳۰۰-۶۰۰ | ۱۰-۴۰ | ۲۰-۳۰ |
| | کمتر از ۳۰۰ | ۳۰-۵۰ | ۲۰-۵۰ |
| **غرب** | ۶۰۰ به بالا | ۲۰-۳۰ | ۲۰-۳۰ |
| | ۳۰۰-۶۰۰ | ۲۰-۴۰ | ۲۰-۳۰ |
| | کمتر از ۳۰۰ | ۳۰-۵۰ | ۲۰-۵۰ |

در سناریوی وضه موجود، روند کاهش انتشار آلاینده در سمت غربی بسیار سریع‌تر بود و محدوده آلودگی بیشتر به سمت شرق ادامه داشت (شکل ۱).




**شکل ۱)** پراکنش آلاینده $NO_2$ در شبیه‌سازی یک‌ساعته سناریوی اول

در سناریوی دوم، محدوده اصلی آلودگی نسبت به سناریوی اول کوچکتر بود و به استثنای جهت شرقی، در سایر جهات به سرعت غلظت آلاینده پایین آمد (شکل ۲).




**شکل ۲)** پراکنش آلاینده $NO_2$ در شبیه‌سازی یک‌ساعته سناریوی دوم

## بحث

هدف از انجام این پژوهش، بررسی انتشار آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در پایانه مسافربری بیهقی تهران بوده است. بدین منظور، دو سناریوی متفاوت مطرح شد. اولی، بررسی وضعیت در حالت فعلی و دومی، بررسی وضعیت در حالت ایده‌آل که شامل اتخاذ رویکردهای مدیریتی و مهندسی برای کاهش انتشار آلاینده بوده است.

یافته‌های تحقیق بیانگر آن بود که غلظت دی‌اکسید نیتروژن در فصول پاییز و زمستان بالاتر از شش‌ماهه ابتدایی سال بوده است که این نتایج با تحقیقات *بهمن‌پور* و همکاران [Bahmanpour *et al.*, 2021] و *حاجی سیدمیرزاحسینی* و همکاران [Haji Seyed Mirzahosseini *et al.*, 2021] همخوانی دارد. از دلایل احتمالی این مورد، می‌توان به مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی در فصل سرد سال، کاهش پوشش گیاهی شهر تهران (به دلیل خزان‌کننده‌بودن اکثر درختان) و نیز ماندگاری آلاینده‌ها در فضای انتشار به دلیل سرمای هوا اشاره داشت. این موارد پیشتر در *اسکانی* و *سیاه‌پیرانی* [Eskani & Siah Pirani, 2011]، *میرزاده طباطبایی* و همکاران [Mirzadeh Tabatabaei *et al.*, 2022] و *اسدزاده* و همکاران [Asadzadeh *et al.*, 2022] اشاره شده است.

بررسی سیاهه انتشار نشان داد که بالاترین میزان تولید دی‌اکسید نیتروژن در یک دوره یکساله، به ترتیب متعلق به ون، تاکسی، اتوبوس دیزل و سپس اتوبوس گازسوز است. نتایج این بخش با مطالعه صورت گرفته توسط *رمضانی* و *شبانخو* [Ramenzi & Shabankhoo, 2013] و *احمدزاده* و همکاران [Ahmadzadeh *et al.*, 2023] منطبق است. طبق نظر *فردوسی* و همکاران [Ferdowsi *et al.*, 2018] ضریب انتشار مربوط به آلاینده دی‌اکسید نیتروژن آنچنان به کیفیت سوخت استفاده‌شده در اتوبوس‌ها بستگی ندارد و در این میان، نقش فناوری موتور و فناوری‌های استفاده شده برای کنترل آلودگی‌ها مانند فیلترهای دوده و کاتالیست‌ها قابل توجه است که این مساله در سایر

مطالعات نیز تایید شده است [Wang *et al.*, 2014; Can *et al.*, 2019]. یکی از دلایلی که سبب شده است میزان انتشار آلاینده دی‌اکسید نیتروژن از اتوبوس‌های گازسوز نسبت به سایر موارد کمتر باشد، نوع سوخت مصرفی در آنها است چرا که میزان انتشار آلاینده‌ها ناشی از مصرف سوخت CNG، به مراتب پایین‌تر از خودروهایی است که با سوخت بنزینی و یا دیزلی کار می‌کنند. همچنین آلودگی ناشی از تبخیر سوخت در مسیر احتراق وجود ندارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که به جای استفاده از سوخت‌های فسیلی رایج نظیر بنزین و گازوییل، از گاز طبیعی استفاده شود که آلودگی کمتری را تولید می‌کند. علاوه بر اینها، همانطور که *اسماعیلیان* و همکاران [Esmailian *et al.*, 2022] در تحقیق خود اشاره کرده‌اند، به ازای هر واحد انرژی تولیدی گاز طبیعی از مقدار کربن کمتری برخوردار است. بنابراین، مقدار کربن دی‌اکسید کمتر و در نتیجه گاز گلخانه‌ای کمتری تولید می‌کند. از سوی دیگر، پژوهشی نشان می‌دهد که در این سوخت، سرب، اکسیدهای گوگرد و ذرات معلق وجود ندارد و آلاینده‌های سمی بنزن و ایزومر ۱ و ۳ بوتادین، آلدئید و هیدروکربن‌های پلی آروماتیک (PAH) بسیار کمتر از سوخت‌هایی مانند بنزین و گازوئیل است [Azizi, 2007]. این سوخت به علت سبک‌تربودن از بنزین و گازوئیل، هیدروکربن‌های نسوخته کمتری تولید می‌کند. همچنین فاقد تبخیر سریع سوخت از دریچه ورود سوخت به خودرو و در نتیجه، فاقد تبخیر سوخت از باک و کاربراتور است و از آنجا که از مخلوط غلیظ سوخت، بی‌نیاز است، آلاینده‌های بسیار کمی در حالت استارت سرد تولید می‌کند. به علاوه، دمای بالای احتراق گاز طبیعی (۶۴۹ درجه سانتیگراد) نسبت به بنزین (۳۱۵ درجه سانتیگراد) از دیگر مزایای ایمنی CNG در مقایسه با بنزین است. در نهایت، می‌توان چنین عنوان نمود که CNG به علت عدد اکتان بالاتر از بنزین (۱۳۰ در برابر ۷۸) در مقایسه با بنزین آلودگی کمتری تولید می‌کند و سوختی پاک به شمار می‌رود. بنابراین، مشخص می‌شود که کابرد این نوع از سوخت (گاز طبیعی) منجر به تولید آلاینده کمتری می‌شود و یکی از دلایلی که نقش اتوبوس‌های گازسوز در آلودگی هوای پایانه‌ها کمتر از سایر وسایل نقلیه عمومی است، همین مورد است که این مورد با تحقیق *طهماسبی* و *رضوی‌نسب* منطبق است [Tahmasabi & Razavi Nasab, 2019].

همچنین، نتایج مدل‌سازی نشان داد که در هر دو سناریو غلظت آلاینده در ابتدا زیاد است و در ادامه به دلیل شرایط جوی و شیمی آلاینده، غلظت آلاینده کاهش می‌یابد، به ویژه در جهت غربی ولیکن در سه جهت جنوبی، شمالی و غربی از فاصله حداکثر ۳۰۰متری، غلظت آلاینده بسیار کاهش می‌یابد. البته از سمت غربی بسیار سریع‌تر کاهش می‌یابد و زون آلودگی بیشتر به سمت شرق ادامه دارد. از آنجا که در استانداردهای هوای پاک ایران حد مجاز ۱ساعته برای این آلاینده ارایه نشده، در این تحقیق از ۲ استاندارد بین‌المللی برای بررسی و مقایسه استفاده شده است. همانطور که در نقشه‌ها مشخص شده است، بر اساس استاندارد ملی کیفیت هوای محیطی ایالات متحده (NAAQS) میزان مجاز این آلاینده در میانگین ۱ساعته برابر با ۱۰۰ppb است. در نقشه محدوده‌هایی که میزان این آلاینده بالاتر از حد استاندارد باشد با رنگ نارنجی مشخص شده است و همانطور که آشکار است، هیچ منطقه‌ای دارای رنگ نارنجی نیست. همچنین براساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت [WHO, 2019] حد مجاز ساعتی این آلاینده ۲۰۰ppb است که بر این مبنا هم هیچ محدوده‌ای فراتر از استاندارد نیست. نکته حایز اهمیت آن است که زون اصلی آلودگی در سناریو دوم نسبت به سناریو اول کوچکتر است و به استثنای جهت شرقی، در سایر جهات به سرعت غلظت آلاینده پایین می‌آید.

همانطور که مشاهده می‌شود، تحت سناریو ۱ (نمودار آبی) غلظت آلاینده در فواصل معین بیشتر از حالت سناریو ۲ (نمودار قرمز) است. هر چند که هر دو سناریو از حد استاندارد مجاز ۱ساعته برای دی‌اکسید نیتروژن بر اساس NAAQS (۱۰۰ppb) و بر اساس WHO (۲۰۰ppb) کمتر هستند.

با وجود آنکه شرایط گوناگون جوی نظیر وارونگی هوا، هم‌افزایی آلاینده‌ها و عدم وزش باد در این پژوهش مورد بررسی قرار نگرفته است، پیشنهاد می‌شود با به‌کارگیری راهکارهای مدیریتی و مهندسی و رعایت ملاحظات زیست‌محیط از قبیل عدم روشن‌نگهداشتن درجا، استفاده از فیلتر اگزوز و کاهش مدت‌زمان توقف از تولید و انتشار بخش زیادی از آلاینده‌ها (تا ۷۰٪) اجتناب شود. همین مساله به ارتقای کیفیت هوا در سایت مورد نظر و محوطه پیرامونی کمک شایانی خواهد نمود. بدیهی است با به‌کارگیری سایر راهکارهای اثربخش نظیر بهسوزی خودرو و نیز استفاده از سوخت با استاندارد سطح بالاتر، درصد کاهش آلاینده‌های هوا بیشتر خواهد بود.

## نتیجه‌گیری

در صورت پیاده‌سازی سناریوی کاهش آلاینده، میزان دی‌اکسید نیتروژن تولیدشده تا فاصله یک کیلومتری پایانه مسافربری بیهقی به کمتر از حد مجاز کاهش می‌یابد.

**تشکر و قدردانی:** نویسندگان از زحمات تمامی کارشناسانی که در انجام این پژوهش و نیز نگارش مقاله کمک کردند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.
**تاییدیه اخلاقی:** موردی برای گزارش وجود ندارد.
**تعارض منافع:** موردی برای گزارش وجود ندارد.
**سهم نویسندگان:** مریم کریمی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۳۰٪)؛ فرزام بابایی سمیرمی (نویسنده دوم)، نگارنده بحث (۲۰٪)؛ هومن بهمن‌پور (نویسنده سوم)، تحلیلگر داده‌ها (۳۰٪)؛ محمدرضا تابش (نویسنده چهارم)، نگارنده مقدمه (۱۰٪)؛ علی محمدی (نویسنده پنجم)، تحلیل‌گر داده (۱۰٪)
**منابع مالی:** این مقاله مستخرج از رساله دکتری با موضوع ارایه الگوی مدیریت محیط زیست برای پایانه‌های مسافربری درون شهری با رویکرد هوشمندسازی است که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و توسط نگارندگان انجام گرفته و تمامی هزینه‌های مرتبط به آن توسط دانشجو پرداخت شده است.

## منابع


- Ahmadzadeh H, Kay Manesh M, Makani Bonab S, Ghanizadeh I (2023). Investigating the effects of optimal use of public transportation in order to reduce traffic and air pollution in Tabriz city. Applied Research of Geographical Sciences. 23(68):167-180. [Persian]
- Arnesano M, Revel GM, Seri F (2016). A Tool for the optimal sensor placement to optimize temperature monitoring in large sports spaces. Automation in Construction. 68(2016):223-234.
- Asadzadeh H, Hatami A, Sasanpour F (2022). Measuring the condition of Tehran metropolis based on inclusive city indicators. Applied Research of Geographical Sciences. 22(67):301-316. [Persian]
- Asl FB, Leili M, Vaziri Y, Arian SS, Cristaldi A, Conti GO, et al (2018). Health impacts quantification of ambient air pollutants using AirQ model approach in Hamadan, Iran. Environmental Research. 161:114-21.
- Azizi GH (2007). Tehran air pollution simulation. National Geographic Researches. 68:15-32.
- Bahmanpour H, Naghibi H, Abdi H (2021). Environmental risk of carbon monoxide pollutants in outdoor sports and recreational spaces in Tehran. Geographical Researches. 36(2):165-155. [Persian]
- Bahmanpour H, Askari Rabori A, Gholami M (2013). The qualitative and quantitative evaluation of urban parks and green spaces in city of Tehran. Advances in Environmental Biology. 7(11):3474-3481.
- Buga AM, Docea AO, Albu C, Malin RD, Branisteanu DE, Ianosi G, et al (2019). Molecular and cellular stratagem of brain metastases associated with melanoma. Oncology Letters. 17;4170-4175.
- Can G, Sayili U, Sayman ÖA, Kuyumcu ÖF, Yilmaz D, Esen E, et al (2019). Mapping of carbon monoxide related death risk in Turkey: A ten-year analysis based on news agency records. BMC Public Health. 19(1):9.
- Eskani G, Siah Pirani M (2011). Synoptic analysis of air pollution in Tehran. Geography. 4(12):135-161. [Persian]
- Esmailian M, Shahmoradi M, Karimzadeh K (2022). Specifying the allowed remained bottom thickness after milling in CNG steel cylinders by FEM analysis and experimentation. Journal of simulation and analysis of novel technologies in mechanical engineering. 14(2):67-75. [Persian]
- Ferdowsi F, Maleki HR, Niromand S (2018). Vehicle refueling problem with alternative fuel under intuitive fuzzy refueling waiting times: A fuzzy solution method. Iranian Journal of Fuzzy Systems. 16(3):47-62. [Persian]
- Haji Seyed Mirzahoseini SA, Yekpai Najafabadi A, Mohammadi A (2021). Evaluation of the amount of gaseous pollutants and airborne particles in the internal terminals of Tehran Bus Company. Journal of Environmental Science and Technology. 22(12):257-271. [Persian]
- Kermani M, Jafari AJ, Gholami M, Fanaei F, Arfaeinia H (2020). Association between meteorological parameter and PM2.5 concentration in Karaj. International Journal of Environmental Health Engineering. 9(1):4.
- Mattiuzzi C, Lippi G (2019). Worldwide epidemiology of carbon monoxide poisoning. Human and Experimental Toxicology. 39(4):387-392.
- Mansoori NU, Ghasemabadi J (2011). Determination of the field amount of air pollution and PSI Index in the parking buses in Tehran city. Quarterly Journal of Man and Environment. 9(4):27-32. [Persian]
- Mirzadeh Tabatabai M, Rabati M, Azizi Z (2022). Determining the spatial pattern of urban green space distribution (Case study: Zone 5 of Tehran municipality). Applied research of geographic sciences (geographical sciences). 22(67):171-188.[Persian]
- The National Institute for Occupational Safety and Health (2014). National Institute for Occupational Safety and Health [Internert]. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention [Cited 2014, 22 November]. Available from: https://www.cdc.gov/niosh/index.htm
- Mohaghegh S, Hajian M (2013). Sport and Air pollution. Scientific Journal of Medical. 31(3):237-249. [Persian]
- Motesaddi S, Hashempou Y, Nowrouz P (2017). Characterizing of air pollution in Tehran: Comparison of two air quality indices. Civil Engineering Journal. 3(9):749-758.
- O'Reilly N, Berger IE, Hernandez T, Parent MM, Se´guin B (2015). Urban sports capes: An environmental deterministic perspective on the management of youth sport participation. Sport Management Review. 18(2):291-307.
- Rahimi J, Rahimi A, Bazrafshan J (2013). Study of persistence of polluted days with carbon monoxide (CO) in Tehran city using Markov Chain model. Environmental sciences and technology. 15(2):79-90. [Persian]
- Ramezani A, Shabankhoo H (2013). Management to reduce environmental damage passenger terminal (Case study passenger terminal waste of Tehran). Journal of Human and the Environment. 11(26):37-61. [Persian]
- Rohani A, Tayebisani SM, Morsal B, Bahmanpour H (2017). Spatial assessment and environmental sustainability assessment of Tehran Shemiran sports complexes in relation to air pollution zoning: Towards sustainable development and environmental protection. Quarterly of Geography (Regional Planning). 8(1):215-236. [Persian]
- Rovira J, Domingo JL, Schuhmacher M (2020). Air quality, health impacts and burden of disease due to air pollution (PM10, PM2.5, NO2 and O3): Application of AirQ+ model to the Camp de Tarragona County (Catalonia, Spain). Science of the Total Environment. 703:135538.
- Shen F, Ge X, Hu J, Nie D, Tian L, Chen M (2017). Air pollution characteristics and health risks in Henan Province, China. Environmental Research. 156:625-634.
- Tabrizian K, Shahriari A, Rezaee R, Jahantigh H, Bagheri G, Tsarouhas K, et al (2019). Cardioprotective effects of insulin on carbon monoxide-induced toxicity in male rats. Human and Experimental Toxicology. 38 (2019):148-154.
- Tahmasabi HA, Razavi Nasab SJ (2019). Analysis of effective factors in the development of the use of compressed natural gas (CNG) instead of gasoline in Iran's road transportation system using the systems dynamics model. Transportation Research Journal. 17(3):45-58. [Persian]
- IQ Air (2018). Air quality in Tehran [Internet]. Staad: IQAir [Cited 2022, 13 January]. Available from: https://www.iqair.com/iran/tehran
- Tavassoli M, Afshari A, Arsene AL, Mégarbane B, Dumanov J, Bastos Paoliello MM, et al (2019). Toxicological profile of Amanita virosa - A narrative review. Toxicology Reports. 6:143-150.
- TTPO (2014). Organization for the management of freight transportation and passenger terminals in Tehran [Internet]. Tehran: Municipality of Tehran [Cited 2021, 29 September]. Available from: https://terminals.tehran.ir

- Wang H, Jia YM, Reitz RD (2014). Development of a reduced n-dodecane-PAH mechanism and its application for n-dodecane soot prediction. Fuel. 136:25-36.
- World Bank (2015). Air pollution cost in global [Internet]. World Bank Reports [Cited 2022, 17 June]. Available from: www.worldbank.org/en/.../air-pollution-deaths-cost-global-economy
- WHO (2017). Air quality and health [Internet]. Geneva: World Health Organization [Cited 2019, 4 July]. Available from: https://www.who.int/