

اندازه گیری غلظت ذرات آلاینده ۱۰ و ۲/۵ میکرون در هوای داخل سالنهای

نمایشگاه بین المللی تهران

داوود آدینه^۱

رضا امیرنژاد*

rezaamirnezhad@gmail.com

کیوان صائب^۳

غلامرضا فرید فهیمی^۲

آبتین راهنورد^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا در محیطهای بسته یکی از عوامل مهم در تهدید سلامتی انسان به شمار آمده و سایتها و سالنهای نمایشگاهی به دلیل تراکم بالای حضور افراد و نیز تنوع محصولات قابل عرضه، پتانسیل بالایی در تجمع ذرات آلاینده دارند. ذرات معلق مخلوط پیچیده ای از ذرات جامد و قطرات مایع معلق در هوا با اندازه، شکل و ترکیب شیمیایی متفاوت است.

روش پژوهش: این تحقیق، در سالن ۳۸ سایت نمایشگاه بین المللی تهران و با اندازه گیری غلظت ذرات آلاینده ۱۰ و ۲/۵ میکرون در طی یکسال و در ۴ فصل متوالی با نصب پمپ مکش SKC در ارتفاع تنفسی انجام و نتایج با استاندارد ۲۴ ساعته بررسی شد.

یافته ها: بر اساس نتایج بدست آمده، میانگین مقادیر برای ذرات ۱۰ میکرون در فصل پاییز، $160/8 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ بوده که از مقادیر استاندارد ۲۴ ساعته در معرض قرار گیری بیشتر بوده و در سایر فصول کمتر از حد استاندارد ۲۴ ساعته بوده است. در فصل پاییز حداکثر مقدار اندازه گیری شده $198 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ بوده است. همچنین میانگین مقادیر برای ذرات ۲/۵ میکرون در پاییز $38 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ بوده است. این مقدار، از حد استاندارد ۲۴ ساعته در معرض قرار گیری ذرات ۲/۵ میکرون که $35 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ می باشد بیشتر است.

۱- دانشجوی دکتری آلودگی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران، ایران.

۲- استادیار گروه محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران، ایران

بحث و نتیجه گیری: دلیل افزایش ذرات معلق در فصل پاییز عمدتاً، تأثیر کیفیت هوای بیرون بر داخل سالن ها به دلیل تفاوت دمای هوا بوده که بر اساس مطالعات انجام شده، رابطه مستقیمی بین این دو محیط برقرار است. در نتیجه پایش مستمر از سطح ذرات آلاینده در سالنهای نمایشگاهی با هدف شناخت و کاهش تبعات بهداشتی آنها بر انسان ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوای محیط داخلی، ذرات معلق ۱۰ میکرون، ذرات معلق ۲/۵ میکرون، سایت‌های نمایشگاهی.

Measuring the Concentration of Pollutant Particles PM_{2.5} and PM₁₀ in Indoor Air of the Tehran International Exhibitions Company (TIEC)

Davoud Adineh¹

Reza Amirnezhad² *

rezaamirnezhad@gmail.com

Keyvan Saeb³

Gholamreza Faridfahimi²

Abtin Rahnavard²

Admission Date: January 11, 2023

Date Received: December 12, 2022

Abstract

Background and Objective: One of the most significant human health risks is the pollution of enclosed spaces. The high density of people and the variety of products available in exhibition halls make them perfect locations for the accumulation of polluting particles. Air pollutants are mixtures of suspended solids and liquids in the air, which vary in size, shape, and chemical composition.

Material and Methodology: This study was conducted to measure PM_{2.5} and PM₁₀ pollutants particles in four seasons consecutively throughout the year in Hall No. 38 of the Tehran International Exhibitions Company (TIEC). This goal was achieved by establishing an (SKC) air sampling pump at breathing height and comparing the results with the standard 24-hour analysis

Findings: According to the results, the average PM₁₀ value in the autumn season was 160.8 $\mu\text{g cm}^{-3}$, which was reported as higher than the standard 24-hour exposure value. There was also a maximum measured value of 198 $\mu\text{g cm}^{-3}$ of PM₁₀ during the mentioned season. The findings showed that the average PM_{2.5} value in the same season was 38 $\mu\text{g cm}^{-3}$, which was reported as higher than the standard 24-hour exposure value (35 $\mu\text{g cm}^{-3}$).

Discussion and Conclusion: It was mainly the effect of outdoor air quality on the indoor air in halls and the heating system that contributed to the increase in particulate matter in the autumn. According to

1- PhD Candidate in Environmental Pollution, Faculty of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran. *(Corresponding Author)

3- Associate Professor, Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran.

the studies, it was found that outdoor and indoor air in halls is directly related. Therefore, Tehran Exhibition halls and other similar sites should continually monitor the level of air pollutants to reduce their health effects.

Keywords: Indoor air pollution, Particulate Matters PM2.5, Particulate Matters PM10, Exhibition Sites.

مقدمه

مقاوت است که به دلیل اثرات شدید سلامتی نگرانی قابل توجهی را تشدید می کند.

در اواسط قرن بیستم، تحقیقات کیفیت هوا شروع به شکوفایی کرد زیرا دانشمندان فرآیندهای تولید مه دود و کیفیت پایین هوا را در شهرهای بزرگ در سراسر جهان بررسی کردند. با این حال، بیشتر این تحقیقات بر روی مواد شیمیایی و واکنش‌های ذرات آلاینده در فضای باز و اثرات بالقوه آن بر محیط‌زیست و سلامت انسان متمرکز بود. در سال‌های اخیر، محققان تمرکز خود را به مطالعه کیفیت هوای داخلی در منازل و ادارات با تمرکز مداوم بر سلامت انسان معطوف کرده‌اند. محیط‌های داخلی ذاتاً پیچیده هستند و از مجموعه وسیعی از آلاینده‌ها و سطوح غیر آلی و آلی تشکیل شده و می‌توانند ترکیبات آلی ثانویه را نیز تولید نمایند. (3) با توجه به تبادل هوای داخل و خارج از منزل، ترکیب شیمیایی ذرات معلق داخل ساختمان به منابع و اجزای ذرات معلق در فضای باز مرتبط است. با این حال، ذرات در محیط داخلی این پتانسیل را دارد که از سطوح ذرات آلاینده در فضای باز بیشتر شود. (4)

ذرات با قطر آیرودینامیکی $2/5$ میکرومتر یا کوچکتر ($PM_{2/5}$) یک نگرانی خاص هستند زیرا این ذرات می‌توانند در عمق ریه‌ها نفوذ کنند و می‌توانند اثرات جدی برای سلامتی از جمله آریتمی قلبی، بیماری عروق کرونر قلب و مرگ زودرس ایجاد کنند. در نتیجه، سازمان بهداشت جهانی و سازمان‌های دولتی استانداردهای کیفیت هوای محیط را برای $PM_{2/5}$ تعیین کرده‌اند. برای مثال، استانداردهای ملی کیفیت هوای محیطی

آلودگی هوا یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر سلامت است و مهمترین عامل خطر محیطی برای سلامت محسوب میشود (1) . مطالعات نشان داده‌اند آلودگی هوا سهم قابل توجهی در ایجاد بیماریهای غیرواگیر دارد و پس از استعمال دخانیات، دومین عامل اصلی مرگ‌های ناشی از بیماریهای غیرواگیر محسوب میشود و همچنین به افزایش ریسک ابتلا به بیماریهای حاد و مزمن و مرگ در ارتباط است (2). علاوه بر هوای آزاد، آلاینده‌های هوای داخل هم به عنوان یک عامل خطر جدی برای سلامت حدود 3 میلیارد نفر در دنیا مطرح است که برای پخت و پز و گرمایش منازل خود از سوخت‌های متنوع استفاده میکنند. وجود آلاینده‌ها در هوای داخل ساختمان‌ها علاوه بر این که مخل راحتی و آسایش ساکنان خواهد بود، تماس طولانی مدت با آنها می‌تواند آسیب‌های بسیار جدی و یا حتی مرگ را به دنبال داشته باشد. به طور کلی آلاینده‌هایی از قبیل فرمالاید، مونوکسید کربن، ازیست، جیوه، ذرات معلق، رادون، آلرژن‌ها از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر روی کیفیت هوا در محیط‌های داخلی محسوب می‌شوند. آلودگی هوا در محیط‌های بسته یکی از عوامل مهم در تهدید سلامتی انسان به شمار آمده و سایتها و سالنهای نمایشگاهی به دلیل تراکم بالای حضور افراد و نیز تنوع محصولات قابل عرضه پتانسیل بالایی در تجمع ذرات آلاینده را دارند. ذرات معلق (PM) مخلوط پیچیده‌ای از ذرات جامد و قطرات مایع معلق در هوا با اندازه، شکل و ترکیب شیمیایی

ساختمان کمک می کند (۱۱ و ۱۲). هوای داخل محیطهای بسته از هزاران هزار ترکیب آلی در فاز گازی و متراکم تشکیل شده است. غلظت این ترکیبات در طول زمان و از محیطی به محیط دیگر بسیار متفاوت است. آنها همچنین می توانند با یکدیگر واکنش نشان دهند تا ترکیبات متنوع تری را تشکیل دهند. علیرغم گذراندن اکثریت قریب به اتفاق زندگی ما در محیطهای بسته، این حوزه تحقیقاتی تا حد زیادی در جامعه شیمی اتمسفر مورد مطالعه قرار نگرفته و در نتیجه، بسیاری از این ترکیبات و تأثیرات آنها بر انسان ناشناخته و غیرقابل اندازه گیری هستند (13).

پایش آلودگی هوای داخلی در ایتالیا در چارچوب پروژه ذرات بسیار ریز ناشی از انتشارات ترافیک و سلامت کودکان و بر اساس متوسط اندازه گیریها انجام می شود. این بررسی شامل نظارت بر ذرات بسیار ریز با اندازه 0/1 میکرومتر تا ۱۰۰ نانومتر است که عمدتاً از منابع حمل و نقل منشا می گیرند. این ذرات دارای سطح ویژه بالایی هستند، می توانند برای واکنشهای شیمیایی نقش کاتالیزور را ایفا کنند و مقادیر بالایی از مواد سمی را جذب کنند که می توانند در حین استنشاق به عمق ریه ها منتقل شوند. این ذرات همچنین می توانند وارد گردش خون شوند و ایمنی بدن را تحت تأثیر قرار می دهد (14).

اندازه گیری ذرات منازل مسکونی مناطق ۱ و ۵ شهر تهران در ایستگاه های ۱۱ و ۱۶ دارای بیشترین مقادیر ذرات معلق ۱۰ میکرون، به ترتیب ۱۹۱ و ۱۱۸/۶۷ میکرومتر بر متر مکعب هستند. همچنین مقادیر ۲/۵ میکرون در ایستگاه های ۱۶ و ۱۷ دارای مقادیر معادل ۵۱ و ۴۹/۶۶ و ذرات با غلظت یک میکرون در ایستگاه های ۱۶ و ۱۷ دارای حداکثر مقادیر معادل ۴۵ و ۴۲/۳۳ میکرو گرم بر سانتیمتر مکعب هستند. در نهایت، با توجه به نتایج حاصل از سنجش PM 10 و PM 2/5 و PM 1 در مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران، می توان دریافت که بین مقادیر ارتباط معناداری وجود دارد یعنی به نحوی که وقتی مقدار ذرات معلق ۱۰ میکرون بالاست، مقادیر ذرات آلاینده ۲/۵ و ۱ میکرون نیز افزایش می یابد (15).

ایالات متحده (NAAQS) برای PM 2/5، ۳۵ میکروگرم در مترمربع (۲۴ ساعت) و ۱۲ میکروگرم در مترمکعب (میانگین سالانه) را معرفی نموده است (5). استانداردهای سازمان بهداشت جهانی برای ذرات PM 2/5، ۲۵ میکروگرم در مترمربع (میانگین ۲۴ ساعته) و ۱۰ میکروگرم در مترمکعب به صورت میانگین سالانه هستند (6). مقدار ذرات معلق در محیط داخلی نقش مهمی در قرار گرفتن در معرض افراد دارند زیرا افراد معمولاً ۹۰ درصد از زمان خود را در داخل خانه می گذرانند و غلظت PM در داخل خانه و سایر محیطهای بسته نظیر نمایشگاه ها و سالنهای نمایشگاهی می تواند از سطح بیرونی آن فراتر رود (7). ذرات با قطر بین ۲/۵ تا ۱۰ میکرومتر (PM 2/5-10) به عنوان ذرات "درشت" تعریف می شوند. ذرات کمتر از ۲/۵ میکرومتر به عنوان "ریز"؛ و کمتر از 0/1 میکرومتر به عنوان "بسیار ریز" شناخته می شوند (8). به عنوان مثال، از آنجایی که PM 2/5 سبک است، نسبت به سایر ذرات، میزان نفوذ و رسوب در ریه ها بیشتر است و در نتیجه مدت طولانی تری در دستگاه تنفسی باقی می ماند (9). پاپ و همکاران دریافتند که به ازای هر ۱۰ گرم در متر مکعب افزایش در سطوح PM 2/5، خطر مرگ ۸ تا ۱۸ درصد افزایش می یابد. آلودگی ذرات داخل ساختمان بر اساس منشاء ذرات معلق به PM اولیه و ثانویه گروه بندی می شود. آلاینده های اولیه داخل ساختمان مستقیماً از فعالیت های داخلی مانند پخت و پز، گرمایش زیست توده، کشیدن تنباکو، شستشو، تمیز کردن، تنفس گروهی و سایر فعالیت های داخلی تولید می شوند. PM ثانویه شامل آلاینده های نفوذ کرده از محیط بیرون و ذرات تولید شده در اثر واکنش های شیمیایی بین ذرات داخلی و منابع بیرونی است (10). ذرات موجود در محیط بیرون از طریق جریان هوا، یعنی از طریق ترکیبی از آسمز، تهویه طبیعی و تهویه مکانیکی وارد اتاق می شوند. منابع انسانی PM در فضای باز، مانند انتشار بنزین تبخیری ناشی از حمل و نقل، احتراق نفت، و سوزاندن زغال سنگ در نیروگاه ها، به غلظت ذرات ذغال سنگ در داخل

زنان هست) اندازه گیری شوند. در حقیقت نمایشگاه های صنعتی معمولی مسئول حجم زیادی از انتشار CO₂ هستند و باید تلاش شود تا تاثیرات زیست محیطی آنها کاهش یابد (19). تردد ماشین الات جهت انتقال تجهیزات به سالن های نمایشگاهی و نیز تهویه نامناسب می تواند نقش قابل توجهی در تولید گاز مونواکسید کربن و سایر آلاینده ها داشته باشد.

روش پژوهش:

-اندازه گیری کیفیت هوای داخل سالنها

اندازه گیری آلاینده های هوا در محیطهای باز با محیط های بسته متفاوت بوده و تابع شرایطی نظیر رطوبت، فعالیت های انسانی و دمای محیط است. بنابراین، در تعیین یک مکان برای نمونه برداری باید بدانیم که هوا در داخل یک محیط توزیع یکنواختی ندارد. پس ما باید به دنبال مکانی باشیم که بالاترین میزان غلظت ناخالصی و یا آلودگی را دارد. دوم، در چه زمانی نمونه برداری انجام شود. زمان نمونه برداری باید به گونه ای انتخاب شود که معرف شرایط واقعی کیفیت هوای داخل سالن نمایشگاهی باشد.

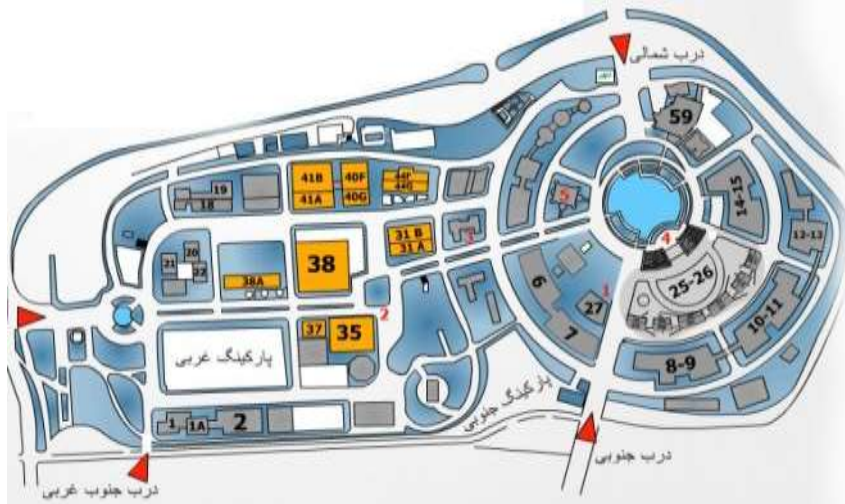
ذرات معلق آلاینده ۲/۵ و ۱۰ میکرون در سال ۱۳۹۹ در هوای داخل سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی تهران در زمان برگزاری نمایشگاه بین المللی فرودگاه، هواپیما، پرواز، صنایع و تجهیزات وابسته اندازه گیری شده اند. این سالن با ظرفیت ۵۸۵۲ متر مربع و با طول ۸۰ متر و عرض ۷۳ متر و ارتفاع حداکثر ۸ متر یکی از بزرگترین سالنهای نمایشگاهی تهران می باشد (شکل ۱). این سالن دارای ۴ ورودی و ۴ خروجی با تهویه مطبوع، سامانه گرمایشی و سرمایشی از نوع هواساز می باشد. ۳ ایستگاه در این سالن جهت اندازه گیری ذرات معلق در نظر گرفته شده تا معرف و وضعیت تغییرات هوا در داخل سالن باشد. این نمونه برداری طی ساعات پیک جمعیت بازدید کننده از نمایشگاه و سه بار در هر روز و طی چهار روز برگزاری نمایشگاه اندازه گیری شده است. دستگاه های سنجش در سه نقطه و در ارتفاع تنفسی افراد (حدود ۱/۵ متر از سطح زمین) و در داخل سالن شماره ۳۸ نصب و تغییرات غلظت را اندازه گیری نموده اند. دستگاه مورد استفاده جهت اندازه گیری ذرات معلق آلاینده پمپ مکش SKC بوده که در ارتفاع تنفسی یک و نیم

مطالعه ای که با هدف بررسی میزان غلظت PM₁₀ و PM_{2/5} در چهار ایستگاه زیرزمینی مترو شهر تهران (آزادی، انقلاب، توحید و ولی عصر) و مقایسه آن ها با غلظت این ذرات در هوای آزاد، انجام شد، نشان داد که میانگین سالانه غلظت PM₁₀ و PM_{2/5} در چهار ایستگاه های متروی مذکور به ترتیب ۶۸ و ۴۷ میکروگرم بر مترمکعب و در هوای آزاد اطراف این ایستگاه ها به ترتیب ۴۲ و ۲۹ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد که در محیط داخل چهار ایستگاه زیرزمینی متروی مورد نظر، میزان میانگین سالانه غلظت PM₁₀ و PM_{2/5} به ترتیب، ۱/۵ - ۱/۷ برابر مقدار غلظت آن ها در هوای آزاد بوده است (16). همچنین مطالعه دیگری با عنوان تعیین میزان غلظت PM_{2/5} و PM₁₀ در سیستم متروی چین تایپه انجام شده است. در این مطالعه میانگین غلظت ذرات معلق در داخل ایستگاه های مترو در مقایسه با هوای محیط آزاد بیش تر و نسبت غلظت PM_{2/5} و PM₁₀ در محیط داخل ایستگاه در مقایسه با هوای محیط آزاد به ترتیب ۰/۶۵ - ۱/۵۳ و ۱/۷۵ - ۰/۸۹ برابر بود (17). در مطالعه ای که به منظور اندازه گیری PM₁₀ میکرون در مترو شهر سنول با استفاده از روش پراکندگی نور با کمک تکنیک تحلیل رگرسیون خطی انجام شد نشان داد که فن های تهویه می توانند کیفیت هوا را بهبود بخشند و غلظت PM₁₀ را در تونل ها کاهش دهند. (18)

به منظور حل مسائل مربوط به کیفیت هوای داخلی، ما به مجموعه ای از متخصصان نیازمند هستیم تا نظراتشان در مورد طراحی، برنامه ریزی و اجرای اقدامات لازم در جهت بهبود کیفیت هوای داخلی، و همین طور برنامه های کنترلی را در اختیار ما بگذارند. به طور کلی متخصصان نیازمند شناسایی یکسری از پارامترهای کلیدی هستند که باید در هوای داخلی ساختمان های مختلف بر اساس کاربری که در حال حاضر دارند مانند تجاری، مسکونی یا مکان های حساس (مکان های حساس شامل مدارس، بیمارستان ها و بناهای های قدیمی میباشند. به این علت حساس نامیده میشود که کارکنان و یا ساکنان آن از قشر های آسیب پذیر مثل کودکان، سالمندان و

نیز تغییرات منابع آلاینده میباشند و از طرفی تحت تاثیر قرار گرفتن کیفیت هوای داخل سالنها ناشی از تغییرات هوای بیرون سالنها و سایتهای نمایشگاهی و با هدف بررسی روند تغییرات یک ساله و در فصول مختلف سال اندازه گیری شاخص آلودگی هوای داخل سالنها برای ذرات ۱۰ و ۲/۵ میکرون انجام شده است. نتایج آزمایشات در نرم افزار Excel وارد گشته و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS بازخوانی و تحلیل شد. همچنین داده های حاصل از اندازه گیری آلودگی هوای داخل سالنهای نمایشگاهی با استاندارد ایمنی و بهداشت ایران و سازمان بهداشت جهانی مقایسه شده اند.

متری نصب شده بود. فیلتر مورد استفاده از نوع فایبر گلاس و به قطر ۲۵ میلیمتر بوده و مدت زمان اندازه گیری بر اساس استاندارد ۲۴ ساعت می باشد (۲۰). با اندازه گیری وزن فیلتر در زمان قبل از نصب و زمان بعد از استفاده میزان ذرات جذب شده اندازه گیری شده اند. برای توزیع ذرات معلق از دستگاه شمارنده ذرات موجود در هوا که میزان ذرات معلق را بر حسب میلی گرم بر متر مکعب تبدیل میکند استفاده و با توجه به نوع نازل بکار رفته غلظت ذرات در اندازه های ده میکرون و دو نیم میکرون تعیین شدند. با توجه به تغییرات فصلی غلظت آلاینده های هوا در فضای بیرون نمایشگاه که تابعی از شرایط اقلیمی و



شکل ۱- موقعیت محل نمونه برداری، سالن شماره ۳۸ در نمایشگاه بین المللی تهران

Figure 1. Tehran International Exhibition Hall No. 38 sampling location

یافته ها

گیری های انجام شده ذرات معلق آلاینده ها در سالن شماره ۳۸ و در طی یک سال متوالی و در فصول چهار گانه سال برای ذرات ۲/۵ و ۱۰ میکرون مطابق جداول ۱ و ۲، اندازه گیری شده اند.

– آلودگی هوای داخل سالنها
شاخص آلودگی هوا در داخل سالن های نمایشگاهی یکی از مهمترین متغیر در خصوص تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم فعالیتهای نمایشگاهی بر سلامت برگزار کنندگان، مشارکت کنندگان و بازدید کنندگان می باشد. بر اساس اندازه

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار و حدود اعتماد ۹۵ درصد ذرات معلق ۱۰ میکرون در فصول سال - سالن شماره ۳۸

Table 1. Average, standard deviation, and 95% confidence level of PM₁₀ particulate matter for seasons in Hall No. 38.

حدود اعتماد ۹۵ درصد	انحراف معیار	میانگین	فصل	حد پایین	حد بالا
				حد پایین	حد بالا
۶۶	۱۳/۷	۹۸/۳۳	بهار	۶۶	۱۱۸
۱۰۷	۱۵/۴	۱۲۶/۴۴	تابستان	۱۰۷	۱۵۲
۱۲۸	۲۰/۹۵	۱۸۰/۸	پاییز	۱۲۸	۱۹۸
۷۷	۲۱/۳۴	۱۰۶	زمستان	۷۷	۱۴۱

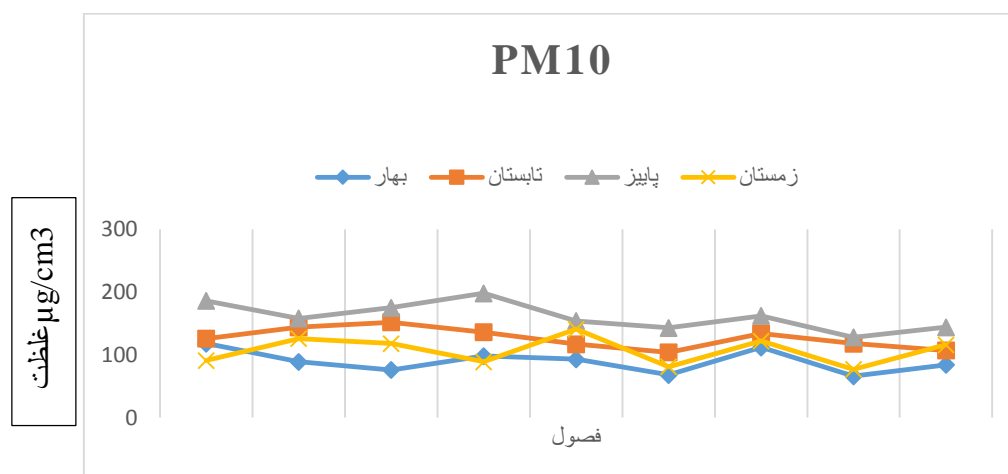
جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و حدود اعتماد ۹۵ درصد ذرات معلق ۲/۵ میکرون در فصول سال - سالن شماره ۳۸

Table 2. Average, standard deviation, and 95% confidence level of PM_{2.5} particulate matter for seasons in Hall No. 38.

حدود اعتماد ۹۵ درصد	انحراف معیار	میانگین	فصل	حد پایین	حد بالا
				حد پایین	حد بالا
۱۹	۳,۲	۲۶/۷	بهار	۱۹	۳۶
۲۷	۵	۳۳/۱	تابستان	۲۷	۴۶
۲۷	۱۱	۳۸	پاییز	۲۷	۵۹
۲۱	۷	۲۹/۱	زمستان	۲۱	۴۴

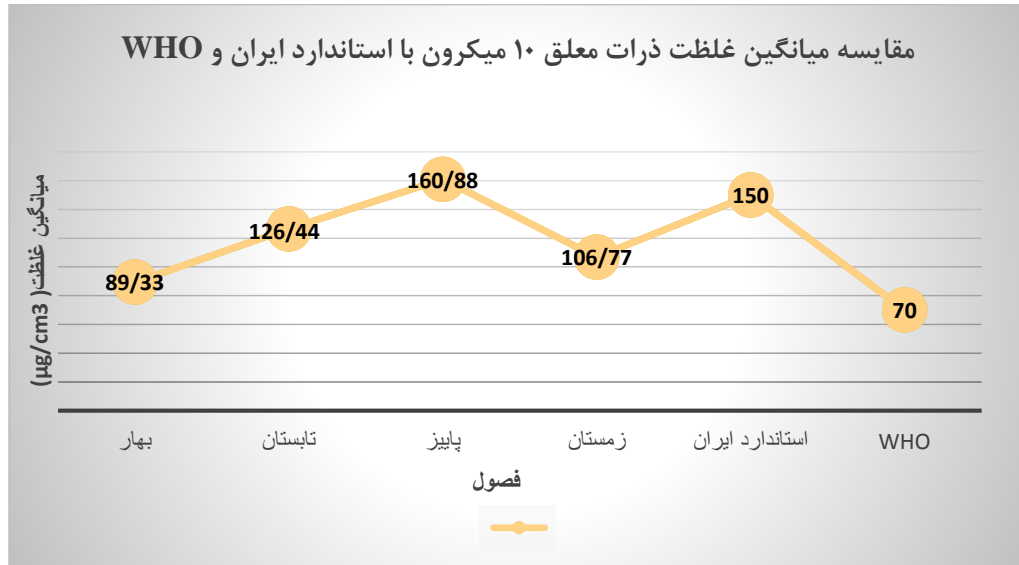
همچنین نمودارهای ۱ تغییرات غلظت آلودگی هوای داخل سالن را برای ذرات ۱۰ میکرون در فصول مختلف سال و نمودار ۲ مقایسه با حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست و سازمان بهداشت جهانی را برای ذرات ۱۰ میکرون نشان می‌دهند.

به منظور بررسی داده‌های حاصل از اندازه‌گیری آلودگی هوای داخل سالن‌های نمایشگاهی که در طی فصول مختلف سال و هنگام برگزاری نمایشگاه‌ها انجام شد، ضروری است تا مقادیر اندازه‌گیری شده با سطح استاندارد بهداشتی در معرض قرارگیری ذرات آلاینده قرار گیرد.



نمودار ۱- مقایسه میانگین غلظت ذرات معلق با استاندارد ایران در فصول مختلف سال برای ذرات ۱۰ میکرون با استاندارد.

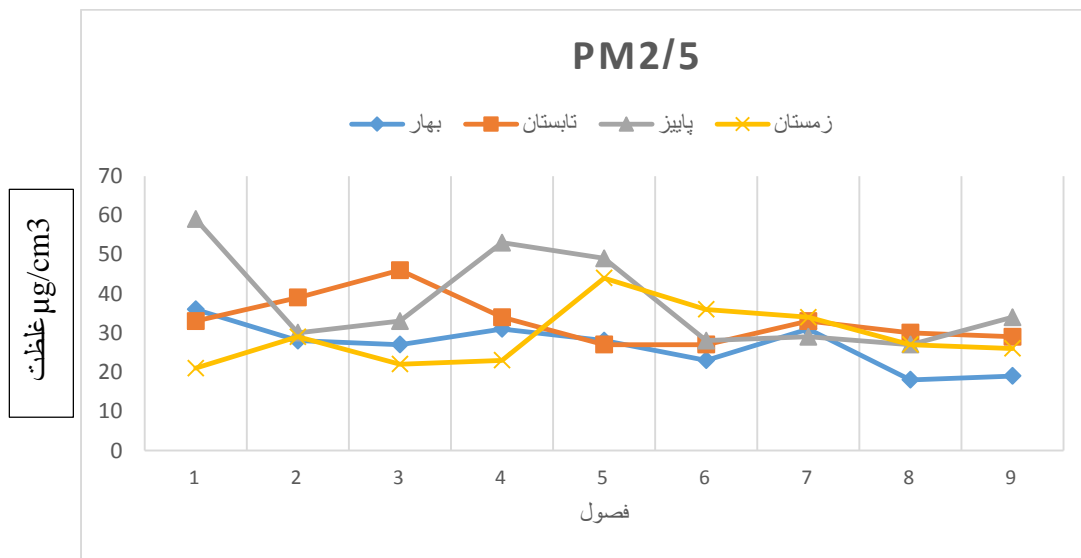
Diagram 1. Mean comparison concentration of PM₁₀ particulate matter with the Iran standard in different seasons.



نمودار ۲-مقایسه میانگین ذرات ۱۰ میکرون اندازه گیری شده با استاندارد

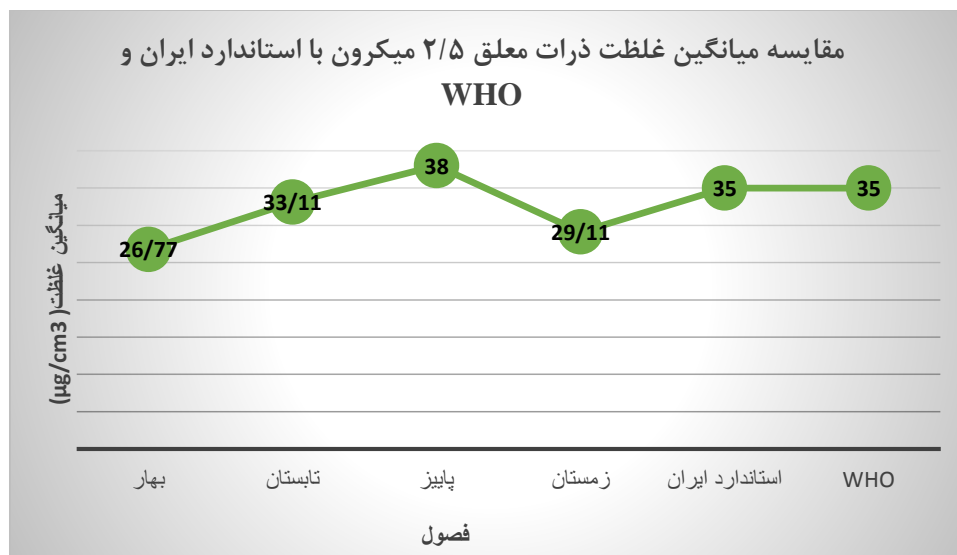
Diagram 2. Mean comparison of the measured PM₁₀ particulate matter with the standard

نتایج تغییرات ذرات آلاینده ۲/۵ میکرون در فصل های مختلف سال در نمودار ۳ و مقایسه میزان استاندارد در معرض قرار گیری ذرات ۲/۵ میکرون در نمودار ۴ دیده می شود.



نمودار ۳ -مقایسه میانگین غلظت ذرات معلق با استاندارد ایران در فصول مختلف سال برای ذرات ۲/۵ میکرون با استاندارد.

Diagram 3. Mean comparison concentration of PM_{2.5} particulate matter with the Iran standard in different seasons.



نمودار ۴- مقایسه میانگین ذرات ۲/۵ میکرون اندازه گیری شده با استاندارد

Diagram 4. Mean comparison concentration of PM_{2.5} particulate matter with the standard

بحث و نتیجه گیری

-ذرات معلق ۱۰ میکرون

با توجه به اندازه گیری غلظت ذرات معلق ۱۰ میکرون در سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی جمهوری اسلامی ایران در تهران در طی یک سال متوالی و در فصول مختلف، تغییرات میانگین مقادیر اندازه گیری شده مطابق نمودار ۱ نشاندهنده تغییر غلظت این آلاینده در فصول مختلف سال می باشد. همانطور که در این نمودار دیده می شود، فصل پاییز بیشترین مقدار میانگین فصلی را نشان میدهد. با توجه به جدول ۱ میانگین فصلی این مقدار ۱۶۰/۸ میکروگرم بر سانتیمتر مکعب بوده و در همین فصل، حداکثر مقدار اندازه گیری شده ۱۹۸ می باشد. میانگین ذرات معلق ۱۰ میکرون در فصل بهار تقریباً یک دوم فصل پاییز بوده و فصل تابستان و زمستان در رده های بعدی قرار دارند. با توجه به استاندارد ۲۴ ساعته سازمان حفاظت محیط زیست ایران که مقدار در معرض قرار گیری ذرات معلق ۱۰ میکرون را ۱۵۰ میکروگرم بر سانتیمتر مکعب تعیین کرده است می توان نتیجه گرفت که در فصل پاییز نه تنها بیشترین مقدار اندازه گیری شده ثبت شده است بلکه از حد تعیین شده سازمان حفاظت محیط زیست ایران نیز بیشتر میباشد. دلایل متعددی در این خصوص وجود دارد و مهمترین آن تغییرات غلظت آلاینده هوا در هوای آزاد (بیرون سالن های نمایشگاهی)

و تاثیر آن بر کیفیت هوای داخل سالن های نمایشگاهی می باشد. بر اساس اندازه گیری شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، کاهش کیفیت هوا و افزایش قابل توجه ذرات معلق و آلاینده هوا در شهر تهران در فصل پاییز اثبات شده است. مطالعات نشان داده است که بین کیفیت هوای فضای آزاد و فضاهای بسته رابطه مستقیمی وجود داشته به نحوی که کیفیت هوای داخل می تواند تا چندین برابر هوای خارج افزایش داشته باشد. با توجه به اینکه سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی تهران یکی از سالن های مجهز این مجموعه بوده و دارای سیستم های تهویه و کنترل برودت و حرارت میباشد، در نتیجه از انباشت زیاد و تمرکز هوا جلوگیری و مانع از افزایش غلظت آلاینده ها می شود. همانگونه که در نمودار ۲ دیده میشود، غلظت استاندارد ۲۴ ساعته و توصیه شده سازمان بهداشت جهانی ۷۰ میکروگرم بر سانتیمتر مکعب است و بر این اساس می توان نتیجه گرفت که تقریباً در کلیه فصول مقادیر اندازه گیری شده بالاتر از این استاندارد است.

این موضوع نشان می دهد که پایش و تهویه هوا در مناطقی که تجمع انسانی دارند و رویداد برگزار می کنند دارای اهمیت زیادی میباشد. نکته ای که در خصوص این مقدار در معرض قرارگیری اهمیت دارد این است که افرادی که برای بازدید از

باشد. با توجه به اینکه سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی تهران یکی از سالنهای مجهز این مجموعه بوده و دارای سیستم‌های تهویه و کنترل برودت و حرارت می باشد، در نتیجه از انباشت و تمرکز هوا جلوگیری و مانع از افزایش غلظت آلاینده‌ها می شود. نکته ای که در خصوص این مقدار در معرض قرار گیری اهمیت دارد این است که افرادی که برای بازدید از نمایشگاه به سالنهای مراجعه می نمایند معمولاً مدت زمان حدود ۲ ساعت را در سالن سپری می نمایند. باید توجه داشت که برگزار کننده گان و غرفه داران حداقل بین ۸ تا ۱۰ ساعت را به طور پیوسته در سالنهای نمایشگاهی سپری می نمایند لذا توصیه می شود مقادیر استاندارد به توصیه سازمان بهداشت جهانی نزدیک باشد.

با توجه به سنجش های انجام شده و مقایسه مقادیر ذرات ۱۰ و ۲/۵ میکروگرم می توان نتیجه گرفت که بین این دو ارتباط معناداری وجود دارد. با توجه به مقایسه جداول ۱ و ۲ این ارتباط نه تنها در بین یک فصل بلکه در فصول مختلف نیز دیده می شود. باید توجه داشت که مخاطرات بهداشتی و تاثیر بر سلامتی ذرات ۲/۵ میکرون از ذرات ۱۰ میکرون بیشتر است. لذا استفاده از امکانات و تجهیزات کنترل کننده و کاهشنده ذرات آلاینده جهت ارتقای کیفیت هوای داخل سالنهای نمایشگاهی توصیه می شود. عمده این روشها شامل استفاده از تجهیزات فیلتراسیون، جذب و الکترو استاتیک می باشند. بنابراین توصیه می شود در سالنهای اصلی نمایشگاه بین المللی تهران تجهیزات آنلاین اندازه گیری ذرات نصب تا در صورت افزایش مقادیر استاندارد، تهویه هوا و حذف آلاینده ها صورت گیرد.

References

1. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJ, Adeyi O, Arnold R, Baldé AB, et al. 2018. The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet 391(10119):462- 512.
2. Eira M, Prüss, Ustün A, Mudu P. 2018. Reduce air pollution to beat NCDs: from recognition to action. The Lancet; 392(10154):1178-79

نمایشگاه به سالن های مربوطه مراجعه مینمایند معمولاً مدت زمان حدود ۲ ساعت را در سالن سپری می نمایند. باید توجه داشت که برگزار کننده گان و غرفه داران حداقل بین ۸ تا ۱۰ ساعت را به طور پیوسته در سالنهای نمایشگاهی سپری می نمایند لذا توصیه میشود مقادیر استاندارد به توصیه سازمان بهداشت جهانی نزدیک باشد. برای کنترل کیفیت هوای داخل سالنها توصیه می شود از مصرف دخانیات، فرش و موکت های کم کیفیت، وسایل تولید کننده آلودگی، پرهیز و نظافت پیوسته و نیز تهویه هوشمند و مستمر استفاده کرد.

-ذرات معلق ۲/۵ میکرون

نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت ذرات معلق ۲/۵ میکرون در سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی تهران در طی یک سال متوالی و در فصول مختلف سال، تغییرات میانگین مقادیر اندازه گیری شده مطابق نمودار ۴ نشان دهنده تغییر غلظت این آلاینده در فصول مختلف میباشد. همانطور که در این نمودار دیده میشود، فصل پاییز بیشترین مقدار میانگین فصلی را نشان میدهد. با توجه به جدول ۲ میانگین فصلی این مقدار ۳۸ میکروگرم بر سانتیمتر مکعب بوده و در همین فصل، حداکثر مقدار اندازه گیری شده ۵۹ میباشد. میانگین ذرات معلق ۲/۵ میکرون در فصل بهار ۲۶/۷ میکروگرم بر سانتیمتر مکعب بوده و فصل زمستان و تابستان در ردهای بعدی قرار دارند. با توجه به استاندارد ۲۴ ساعته سازمان حفاظت محیط زیست ایران که مقدار در معرض قرار گیری ذرات معلق ۲/۵ میکرون را ۳۵ میکروگرم بر سانتیمتر مکعب تعیین کرده است میتوان نتیجه گرفت که در فصل پاییز نه تنها بیشترین مقدار اندازه گیری شده ثبت شده است بلکه از حد تعیین شده سازمان حفاظت محیط زیست ایران نیز بیشتر میباشد. دلایل متعددی در این خصوص وجود دارد و مهمترین آن تغییرات غلظت آلاینده هوا در هوای آزاد (بیرون سالنهای نمایشگاهی) و تاثیر آن بر کیفیت هوای داخل سالنهای نمایشگاهی میباشد.

مطالعات نشان داده است که بین کیفیت هوای فضای آزاد و فضاهای بسته رابطه مستقیمی وجود داشته به نحوی که کیفیت هوای داخل می تواند تا چندین برابر هوای خارج افزایش داشته

- R.; et al,2007. Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation*, 116, 489–496
10. Hassanvand, M.S.; Naddafi, K.; Faridi, S.; Arhami, M.; Nabizadeh, R.; Sowlat, M.H.; Pourpak, Z.; Rastkari, N.; Momeniha, F.;Kashani, H.; et al. 2014. Indoor/outdoor relationships of PM10, PM2.5, and PM1 mass concentrations and their water-soluble ions in a retirement home and a school dormitory. *Atmos. Environ.*, 82, 375–382.
 11. Adams, K.; Greenbaum, D.S.; Shaikh, R.; van Erp, A.M.; Russell, A.G.2015. Particulate matter components, sources, and health: Systematic approaches to testing effects. *J. Air Waste Manag. Assoc.*2015, 65, 544–558.
 12. Karagulian, F.; Belis, C.A.; Dora, C.F.C.; Pruss-Ustun, A.M.; Bonjour, S.; Adair-Rohani, H.; Amann, M. . 2015 .Contributions to cities'ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmos. Environ*, 120,475–483.
 13. Shruti Hegde, Kyeong T. Min, James Moore, Philip Lundrigan, Neal Patwari, Scott Collingwood, Alfred Balch4, Kerry E. Kelly,2020. Indoor Household Particulate Matter Measurements Using a Network of Low-cost Sensors. *Aerosol and Air Quality Research*, 20: 381–394.
 14. WHO,Europe,2011. Methods for monitoring indoor air quality in schools. Report from the meeting 4-5 April 2011.Bonn, Germany.
 15. Chiara, Civardi.2019.Making industrial exhibitions green A literature research
 3. Eric Breitung,2020. Indoor Air Quality in the Museum Environment. Workshop on the Indoor Air Quality in the Museum Environment. Department of Scientific Research The Metropolitan Museum of Art. New York, New York.
 4. Sotiris, Vardoulakis., Evanthia, G., Susanne, S., Alice, D., Anne, S., Karen, S., & Ken, D., (2020). Indoor Exposure to Selected Air Pollutants in the Home Environment: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 8972.
 5. Abdul-Wahab, S.A.; En, S.C.F.; Elkamel, A.; Ahmadi, L.; Yetilmezsoy, K. 2015. A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. *Atmos. Pollut. Res.* 2015, 5, 751–767.
 6. Brauer, M.; Freedman, G.; Frostad, J.; van Donkelaar, A.; Martin, R.V.; Dentener, F.; van Dingenen, R.; Estep, K.; Amini, H.; Apte, J.S.; et al.۲۰۱۲. Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. *Environ. Sci. Technol.* 2012, 45, 652–660.
 7. Shruti Hegde, Kyeong T. Min, James Moore, Philip Lundrigan, Neal Patwari, Scott Collingwood, Alfred Balch4, Kerry E. Kelly,2020. Indoor Household Particulate Matter Measurements Using a Network of Low-cost Sensors. *Aerosol and Air Quality Research*, 20: 381–394.
 8. Lam, N., K. Smith, A. Gauthier and M. Bates (2012). "KEROSENE: A REVIEW OF HOUSEHOLD.
 9. Hoffmann, B.; Moebus, S.; Mohlenkamp, S.; Stang, A.; Lehmann, N.; Dragano, N.; Schmermund, A.; Memmesheimer, M.; Mann,K.; Erbel,

- System for Subway.Stations Using Environmental Sensors. Hindawi Publishing Corporation.Journal of Sensors.Volume 2016, Article ID 1865614, 10 pages.
19. Ghiyasodin, Mansor., Atabi, F., Hesami, Z., & Mahmodi, M., (2006). Investigating the air quality inside residential houses in District 1 and 5 of Tehran city in terms of airborne particles (PM10). *Journal of Environment*. Year 32, Number 40, Pages 1-8. (In Persian)
 20. Ling Zhang, Changjin O, , Dhammika M, Meththika, V, Kanth ,S .2021. Indoor Particulate Matter in Urban Households:Sources, Pathways, Characteristics, Health Effects,and Exposure Mitigation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 11055.
 - on the LCA of physical and virtual industrial exhibitions.
 16. Bolourchi, Ameneh., Atabi, F ., Moatar, F., & Ehyayee, M., (2018). Investigation on the Concentration of Suspended Particulate Matters in Tehran Underground Subway Stations and Compare it with Ambient Concentrations. *Environmental science and technology*. 22th, No,6. (In Persian)
 17. Chang, S.C., Chou, C.C.K., Chan, C.C. and Lee, C.T., 2010. Temporal characteristics from continuous measurements of PM2.5 and speciation at the Taipei aerosol supersite from 2002 to 2008. *Atmospheric Environment* .Vol 44, pp. 1088-1096
 18. Gyu-Sik Kim, Youn-Suk Son, Jai-Hyo Lee, In-Won Kim, Jo-Chun Kim,2016. *Air Pollution Monitoring and Control*