

## Evaluation of the concentration and time of exposure to the cigarette smoke particles in a car by different ventilation conditions

### Shahrokh Nazmara

PhD. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

### Fateme eslami

M.Sc, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

### Mehdi salari

\* PhD. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran. (Corresponding Author) Msalari\_22@yahoo.com

### Alireza beheshti

M.Sc. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran.

### Mohsen Yazdani avval

PhD. Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Public Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran.

Received: 2017/01/12

Accepted: 2017/02/01

### ABSTRACT

**Background & objective:** People commonly spend, on average, 5-6% of their time in a day in enclosed vehicles. Smoking in vehicles with little volume can result in potential harmful effects on children and other passengers. This study aimed to evaluate the concentrations of suspended particles produced from smoking and the exposure time of passengers to the produced smoke.

**Materials & Methods:** This cross-sectional study was performed in Tehran, 2014. The exposure to cigarette smoke was measured using Grimm11-A device that had 16 entrances with different sizes from 0.3 to 20  $\mu\text{m}$ . The studied vehicle was Pejo 405, and window conditions were as following: 1 back window open, 2 back windows open, 1 front window open, 2 front windows open, 2 front and 1 back windows open, 4 windows open and 4 windows close. SPSS 16 software was used to make statistical analysis (one-way ANOVA ( $p < 0.05$ )).

**Results:** Numerical concentrations of particles in small size row (PM<sub>2.5</sub>) were several LOGs higher than larger sizes row. In addition, it was observed that exposure time to particles in small size row had significant difference with large size row. The maximum exposure concentrations with a  $p$ -value  $< 0.5$ , and the maximum exposure time with a  $p$ -value  $< 0.5$  were observed in the condition that windows were completely closed.

**Conclusion:** According to the gained results, the largest portion of cigarette smoke particles in vehicles belonged to the PM<sub>2.5</sub>. Different conditions of windows in their opened and closed states can be effective on ventilation. So that the more numbers of windows are opened the greater ventilation will occur. Generally, because of the limited space of vehicles and high exposure concentrations, the enactment of cigarette smoking prohibition legislation seems to be necessary.

**Document Type:** Research article

**Keywords:** Suspended Particles, Cigarette, Vehicles, Tehran.

► **Citation:** Nazmara S, Eslami F, Salari M, Beheshti A, Yazdani Avval M. Evaluation of the concentration and time of exposure to the cigarette smoke particles in a car by different ventilation conditions. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2016;2 (4) : 267-275.

## بررسی غلظت و مدت زمان مواجهه با ذرات دود سیگار در ماشین در شرایط مختلف از تهویه

### چکیده

**زمینه و هدف:** انسان‌ها به‌طور معمول ۵ تا ۶ درصد از وقت خود را در وسایل نقلیه سپری می‌کنند. سیگار کشیدن در وسایل نقلیه با توجه به فضای کم می‌تواند اثرات نامطلوبی بر کودکان و سایر مسافریین بگذارد. مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت ذرات معلق ناشی از مصرف سیگار و مدت زمان مواجهه سرنشینان خودرو انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه توصیفی - مقطعی در سال ۱۳۹۳ در شهر تهران صورت گرفت. میزان مواجهه با دود سیگار با دستگاه Grimm ۱۱-A که دارای ۱۶ ورودی و دارای اندازه‌های مختلفی از ۰/۳ تا ۲۰ میکرومتر می‌باشد، اندازه‌گیری شد. خودرو پژو ۴۰۵ با وضعیت پنجره‌ها به‌صورت یک پنجره عقب باز، دو پنجره عقب باز، یک پنجره جلو باز، دو پنجره جلو باز، دو پنجره جلو و یک پنجره عقب باز، چهار پنجره باز و چهار پنجره بسته مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ و آزمون One Way ANOVA انجام شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد. **یافته‌ها:** غلظت عددی ذرات در ردیف سایزهای کوچک‌تر (PM<sub>۲.۵</sub>) نسبت به ردیف سایزهای بزرگ‌تر چندین لگاریتم بالاتر بود. همچنین مدت زمان مواجهه با ذرات در ردیف سایزهای کوچک‌تر نسبت به زمان مواجهه در ردیف سایزهای بزرگ‌تر دارای مقادیر بالاتری بود. بیشترین غلظت مواجهه (p<۰/۰۵) و مدت زمان مواجهه (p<۰/۰۵) برای ردیف سایزهای مشابه، در حالتی بود که پنجره‌ها به‌طور کامل بسته بودند.

**نتیجه‌گیری:** ذرات PM<sub>۲.۵</sub> بیشترین بخش ذرات ناشی از کشیدن سیگار در خودرو را شامل شدند. وضعیت مختلف پنجره‌ها از نظر باز و بسته بودن با افزایش تهویه در حالتی که تعداد پنجره بیشتری باز باشد، غلظت ذرات را کاهش می‌دهد. در مجموع به‌دلیل فضای محدود خودروها و غلظت بالای مواجهه، وضع قانون منع استعمال سیگار در داخل وسایل نقلیه در ایران از نظر سلامتی حائز اهمیت می‌باشد.

**نوع مقاله:** مقاله پژوهشی

**کلید واژه‌ها:** تهران، ذرات معلق، سیگار، وسایل نقلیه

### شاهرخ نظم‌آرا

دکترای تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

### فاطمه اسلامی

کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

### مهدی سالاری

\* دکترای تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. (نویسنده مسئول)

Msalari\_22@yahoo.com

### علیرضا بهشتی

کارشناس ارشد، گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران.

### محسن یزدانی اول

دکترای تخصصی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

◀ **استناد:** نظم‌آرا ش، اسلامی ف، سالاری م، بهشتی ع، یزدانی اول م. بررسی غلظت و مدت زمان مواجهه با ذرات دود سیگار در ماشین در شرایط مختلف از تهویه. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۳۹۵؛ ۲۱: ۲۶۷-۲۷۵.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۳

تا اوایل دهه ۱۹۷۰ مسائل مربوط به کیفیت هوای محیط‌های داخلی از جذابیت کمتری برخوردار بود و تنها تحقیقات مختصری در ارتباط با محیط‌های بسته شغلی انجام شده بود. با گذر زمان و با توجه به سپری شدن مدت زمان بیشتری از وقت مردم در محیط‌های سر بسته، افزایش تدریجی توجه عموم و محققین به انجام تحقیقات در مورد آلودگی هوای محیط‌های سر بسته مشاهده شد (۱). هر فرد به‌طور میانگین ۸۸ درصد از وقت خود را در محیط‌های سر بسته، ۷ درصد را در داخل وسایل نقلیه و تنها ۵ درصد از وقت خود را در محیط آزاد سپری می‌کند (۲). بر اساس گزارشات در کشور آمریکا، افراد به‌طور معمول ۶-۵ درصد از وقت خود را در وسایل نقلیه سپری می‌کنند که می‌توان به اتوبوس‌ها، ون‌ها، اتومبیل‌های سواری و کامیون‌ها اشاره کرد (۳). ساکنین شهرها به‌طور معمول روزانه چند ساعتی از وقت خود را در وسایل نقلیه سپری می‌کنند و مصرف سیگار توسط راننده می‌تواند سلامت دیگر سرنشینان را تحت تأثیر قرار دهد (۴، ۵). کشیدن سیگار در وسایل نقلیه با توجه به حجم و فضای کمی که دارند، می‌تواند تأثیر نامطلوب بالقوه‌ای بر کودکان و دیگر مسافرینی که در معرض غلظت‌های بالای دود سیگار هستند، بگذارد (۳، ۶). بر اساس آمار سازمان جهانی بهداشت، هر ساله میزان مرگ ناشی از سیگار در جهان به بیش از ۶ میلیون نفر می‌رسد که این رقم بالاتر از مرگ ناشی از مجموع بیماری‌هایی مانند HIV/AIDS (Human immunodeficiency virus infection and acquired immune deficiency syndrome)، توبرکلوزیس و مالاریا می‌باشد که این خطر چه داوطلبانه و چه غیر داوطلبانه سلامت مردم را به خطر می‌اندازد (۷). در مطالعات متعدد انجام شده، سیگار کشیدن عامل سرطان ریه، بیماری‌های قلبی، آمفیزم و دیگر بیماری‌های مهم در خود شخص سیگاری معرفی شده است (۸). مراجع بهداشت عمومی اعلام کرده‌اند که بیش از ۱۰۰ ماده مضر در جریان اصلی دود سیگار وجود دارد و آژانس‌های جهانی بهداشت، مواجهه محیطی با دود سیگار را

دلیلی بر بیماری‌هایی نظیر سرطان ریه، بیماری‌های قلبی در افراد غیر سیگاری، سندرم مرگ ناگهانی در کودکان و عامل آسم، عفونت‌های تنفسی، سرفه، خس خس سینه و التهاب گوش می‌دانند (۹). خصوصیات ETS (دود سیگار در محیط زیست) را نمی‌توان بر اساس ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده جریان دمیده از دهان و جریان ناشی از سوختن سیگار توصیف کرد، بلکه ETS ترکیبی فعال از هر دو جریان فوق است که پیوسته به واسطه واکنش‌های شیمیایی، فتوشیمیایی و جذب سطحی بر روی سطوح و واکنش با اجزاء مختلف سیستم‌های تهویه مطبوع در حال تغییر است (۱۰). ذرات معلق با قطر آئرو دینامیک ۱۰ میکرومتر (۱۰ تا ۲/۵ میکرومتر) و ذرات معلق ریز با قطر آئرو دینامیک ۲/۵ میکرومتر، یکی از اجزای مهم ETS می‌باشند. ذرات معلق و به‌خصوص ذرات معلق ریز با توانایی بالا در نفوذ به اعماق سیستم تنفسی می‌توانند باعث اثرات حاد و مزمن بر سلامت انسان شوند (۱۱). با توجه به آسیب‌پذیری بالاتر کودکان و نیاز به محافظت آنها از آلاینده‌های دود سیگار، چندین حوزه قضایی در استرالیا، آمریکا و پورتوریکو، قانون منع مصرف دود سیگار در وسایل نقلیه در حضور کودکان را وضع کرده‌اند (۴، ۵). در مطالعه حاضر به جای غلظت ذرات معلق، تعداد آنها شمارش شد؛ چراکه در تحقیقات جدید مربوط به سلامت، اهمیت تعداد ذرات نسبت به غلظت جرمی ذرات بر روی سلامتی بیشتر می‌باشد و اکثر مطالعات اپیدمیولوژی در این خصوص بر اساس تعداد ذرات انجام شده است و اطلاعات جامع‌تری در اختیار محقق قرار می‌دهد. یکی دیگر از دلایل اهمیت غلظت عددی نسبت به غلظت جرمی این است که ذرات در اندازه کوچک‌تر نفوذپذیری بالاتری به اعماق سیستم تنفسی دارند و تأثیر بیشتری بر سلامتی می‌گذارند، درحالی‌که ممکن است از نظر وزنی بخش اندکی از ذرات را در برگیرند و با کاربرد غلظت جرمی نمی‌توان اثر مهم این ذرات را بر سلامت نشان داد. بنابراین آگاهی در مورد تعداد ذرات در اندازه‌های مختلف می‌تواند اطلاعات کاربردی‌تر و با ارزش‌تری نسبت به غلظت ذرات در اختیار محقق قرار دهد (۱۲). در ایران

قانونی در جهت ممنوعیت استعمال سیگار وضع نشده است. آگاهی و دید کلی از میزان غلظت ذرات دود سیگار در وسایل نقلیه بسیار ضروری است، تا اهمیت و نگرانی در این رابطه را به خوبی نشان دهد. در مطالعه نوری کراس و همکاران (۲۰۱۴) که به بررسی میزان مواجهه با ذرات و هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک در جریان دود تولیدی در صندلی عقب وسیله نقلیه پرداختند، غلظت ذرات PM<sub>2.5</sub> در حالت پنجره‌های جلو کاملاً باز  $1/746 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و در حالت تمام پنجره‌ها به میزان  $10$  سانتی‌متر باز،  $1/1172 \mu\text{g}/\text{m}^3$  بود (۱۳). در مطالعه سمپل و همکاران (۲۰۱۲) که به بررسی مواجهه کودکان با دود سیگار در طی سفرهای روزانه پرداختند، میانگین غلظت PM<sub>2.5</sub> برابر با  $3/85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  میانگین پیک ذرات برابر با  $3/285 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و ماکزیمم غلظت ذرات برابر با  $3/885 \mu\text{g}/\text{m}^3$  بود (۱۴). مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت ذرات ناشی از دود سیگار، تأثیر تهویه بر تغییرات غلظت ذرات و همچنین مدت زمان مواجهه با ذرات دود سیگار در وسایل نقلیه شهر تهران انجام گرفت.

## روش کار

این مطالعه توصیفی - مقطعی در فصل بهار سال ۱۳۹۳ در شهر تهران بر روی اتومبیل پژو ۴۰۵ و در صورتی که اتومبیل در حالت ساکن و بدون حرکت قرار داشت، انجام گرفت. آزمایش‌ها به گونه‌ای طراحی شدند که نمایانگر شرایطی باشند که در واقعیت رخ می‌دهد. در این تحقیق شرایطی مدنظر بود که یک فرد سیگاری با یک یا چند فرد غیر سیگاری همزمان در یک اتومبیل حضور داشته باشند. اندازه‌گیری ذرات ناشی از دود سیگار به گونه‌ای بود که در شرایط طبیعی، فرد سیگاری در اتومبیل، پنجره کنارش را به صورت نیمه یا کامل باز می‌کند و دمای خروجی از دهان و بینی‌اش را به طرف پنجره رها می‌کند. همچنین به مدت ۱۰ دقیقه غلظت عددی ذرات معلق در شرایط زمینه که هیچ سیگاری کشیده نمی‌شود، سنجیده شد و از مقادیر غلظت‌های به‌دست آمده در شرایط انجام آزمایش کم شد تا به این ترتیب

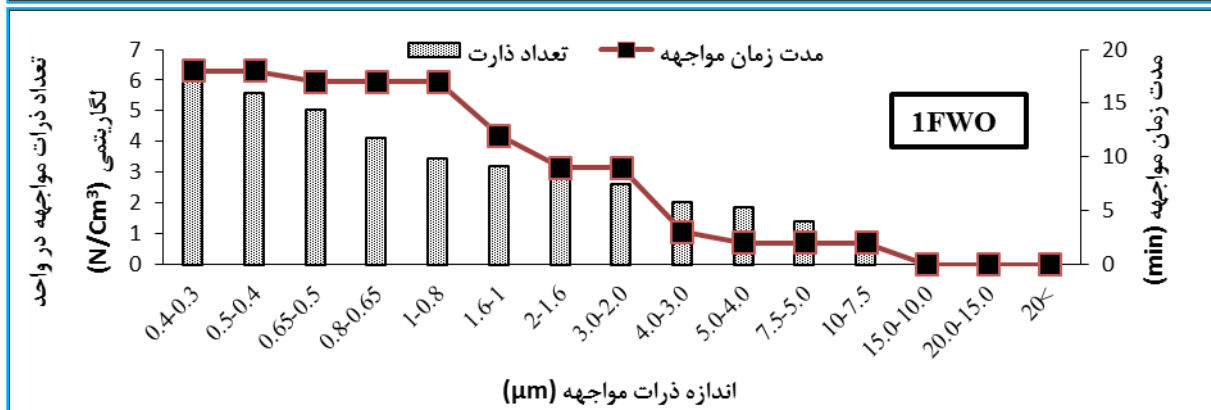
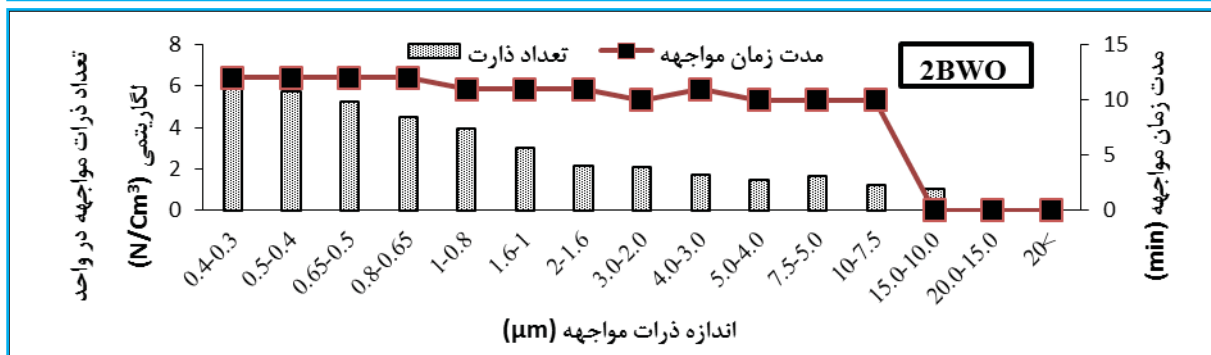
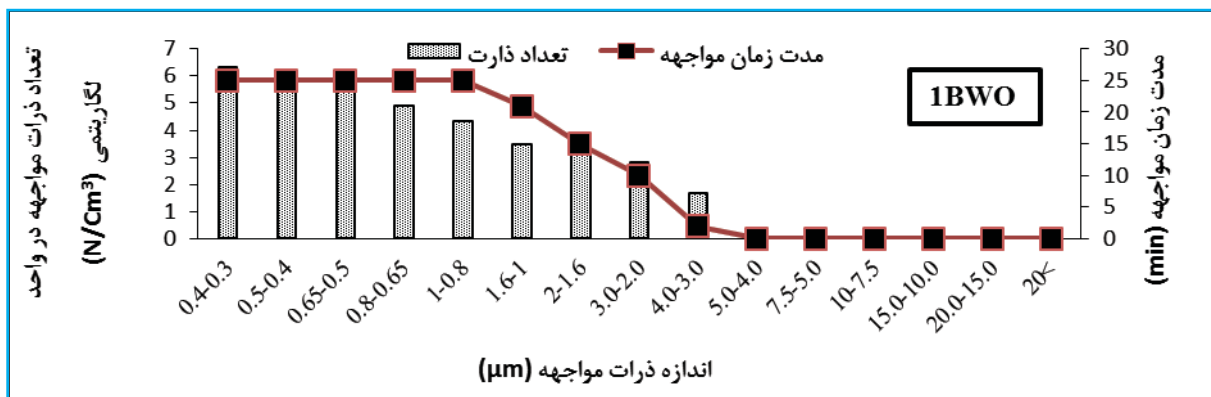
نتایج فقط مربوط به ذرات معلق ناشی از دود سیگار باشد. انجام آزمایش در ۷ حالت از شرایط تهویه طبیعی که با باز و بسته شدن پنجره‌ها حاصل می‌گردد صورت گرفت که شامل: ۱- یک پنجره عقب باز (BWO)، ۲- دو پنجره عقب باز (2BWO)، ۳- یک پنجره جلو باز (1FWO)، ۴- دو پنجره جلو باز (2FWO)، ۵- دو پنجره جلو و یک پنجره عقب باز (2F1BWO)، ۶- چهار پنجره باز (WO) و ۷- چهار پنجره بسته (WC) بود. در مجموع برای هر حالت از وضعیت پنجره، نمونه‌برداری ۳ بار تکرار و ۲۱ نمونه حاصل شد. غلظت ذرات معلق توسط دستگاه Grimm A-۱۱ (بر اساس شمارش نوری ذرات) اندازه‌گیری شد که این دستگاه دارای ۱۶ ردیف سائز در محدوده  $0/3$  تا  $20$  میکرومتر و دبی یک لیتر بر دقیقه بوده و در هر ۶ ثانیه یک غلظت عددی بر حسب تعداد بر سانتی‌متر مکعب هوا را نشان می‌دهد. مدت نمونه‌برداری بسته به شرایط حاکم بر وضعیت پنجره‌ها متفاوت بود و نمونه‌برداری تا رسیدن غلظت عددی ذرات به حالت زمینه ادامه پیدا کرد. برای نمایش تغییرات غلظت ذرات و مدت زمان مواجهه در ردیف سائزهای مختلف برای شرایط مختلف تهویه از نمودارهای دو بُعدی و سه بُعدی رسم شده توسط نرم‌افزار Excel استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. جهت مقایسه میزان مواجهه با ذرات در شرایط مختلف تهویه از آزمون one-way ANOVA استفاده شد. میزان p کمتر از  $0/05$  معنی‌دار در نظر گرفته شد.

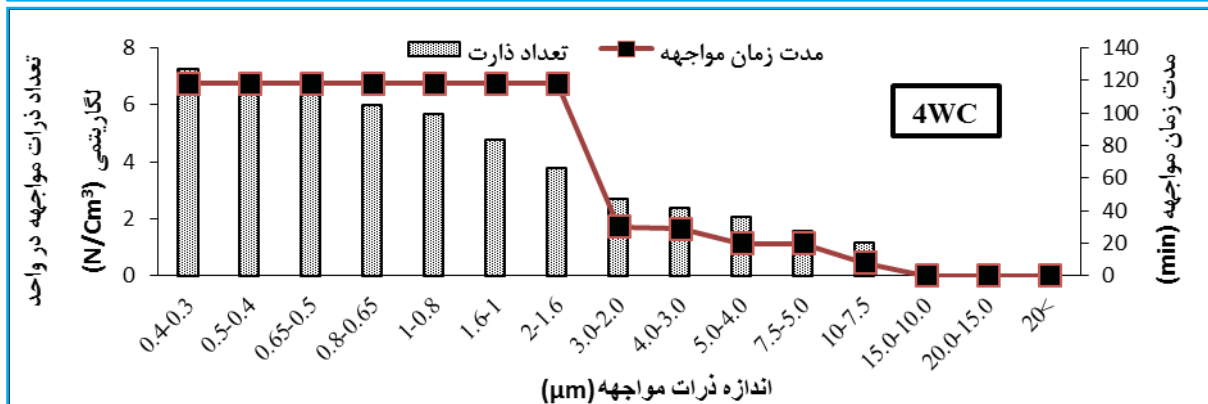
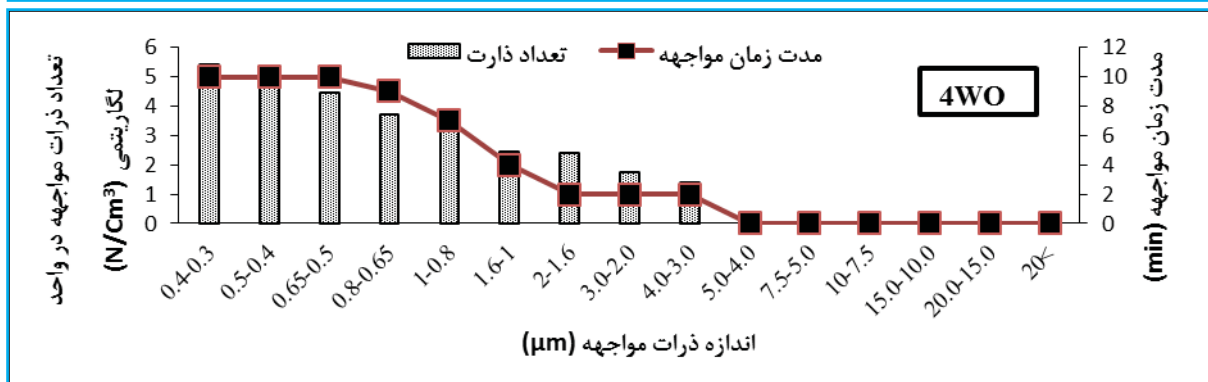
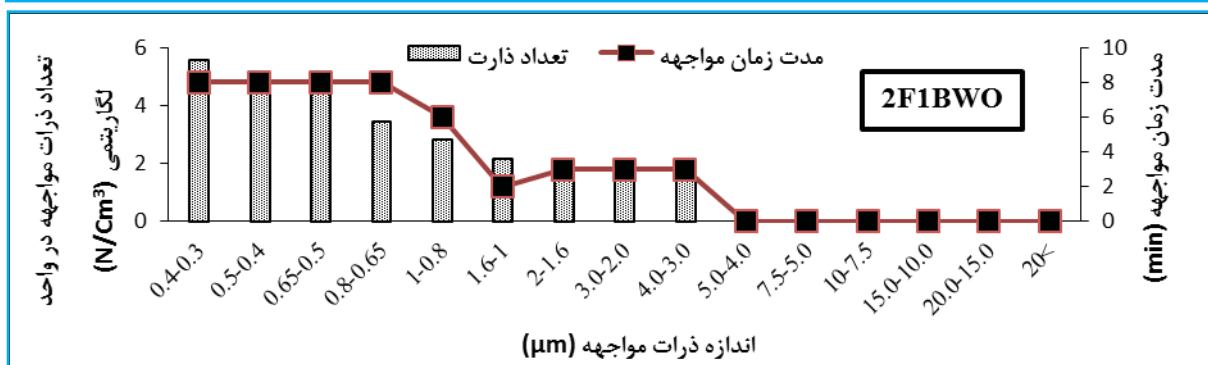
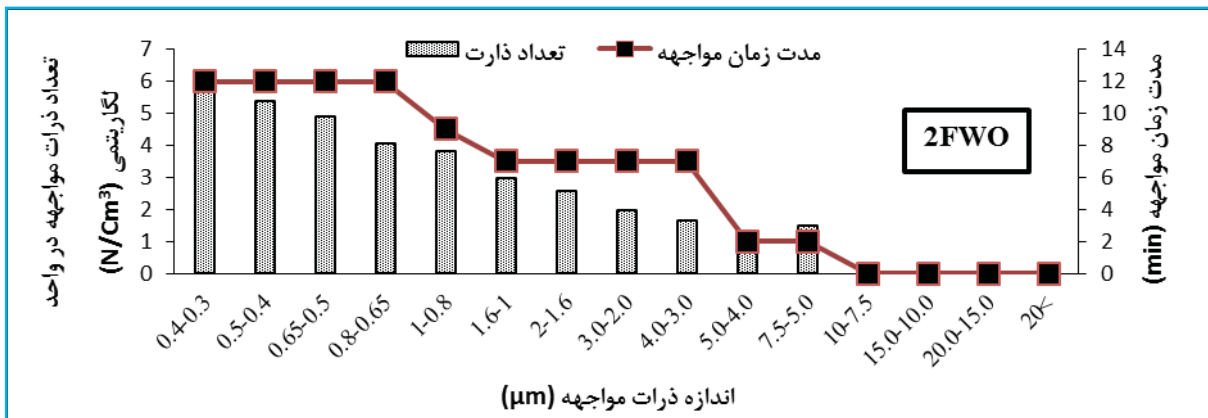
## یافته‌ها

غلظت عددی سائزهای مختلف ذرات معلق و مدت زمان مواجهه برای هر یک از حالت‌های وضعیت پنجره‌ها در نمودار ۱ نشان داده شده است. به‌دلیل اینکه غلظت عددی ذرات در ردیف سائزهای کوچک بسیار بالاتر از غلظت در ردیف سائزهای بزرگ‌تر بود، از واحد لگاریتم برای رسم نمودارها استفاده شد. بر اساس نمودار مذکور، غلظت عددی در ردیف سائزهای کوچک‌تر نسبت به ردیف سائزهای بزرگ‌تر بسیار بالاتر بود؛ به‌طوری‌که در تمام حالات و

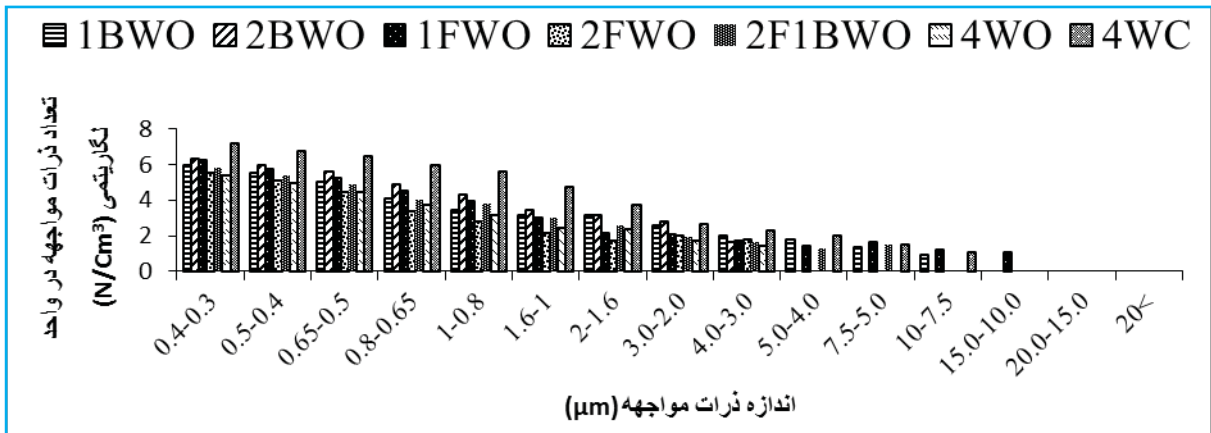
به غیر از ردیف سایزهای بزرگ‌تر که میزان غلظت به صفر نزدیک می‌شود، در سایر موارد غلظت ذرات در ردیف سایزهای مشابه در حالت‌های مختلف وضعیت پنجره‌ها دارای اختلاف معناداری بود ( $p < 0.05$ )؛ به طوری که در حالت پنجره بسته بیشترین میزان مواجهه مشاهده شد. در نمودار ۳ مدت زمان مواجهه با ذرات در ردیف سایزهای مشابه برای شرایط مختلف وضعیت پنجره‌ها نشان داده شده است که به طور مشابه با نتایجی که در ارتباط با میزان مواجهه با غلظت ذرات به دست آمد، زمان مواجهه در حالتی که پنجره‌ها به طور کامل بسته بودند، بیشترین میزان بود.

شرایط وضعیت پنجره، قسمت اعظم ذرات در اندازه کوچک‌تر از ۲/۵ میکرومتر قرار داشتند. همچنین مدت زمان مواجهه در ردیف سایزهای کوچک‌تر نسبت به مدت زمان مواجهه برای ردیف سایزهای بزرگ‌تر دارای مقادیر بیشتری بود. در نمودار ۲ غلظت‌های عددی ذرات در ردیف سایزهای مشابه برای شرایط مختلف وضعیت پنجره‌ها مقایسه شده است که بر اساس این نمودار، بیشترین غلظت مواجهه در حالتی بود که پنجره‌ها به طور کامل بسته باشند. این مقایسه با آزمون one-way ANOVA که در جدول ۱ نشان داده شده است نیز بررسی شد. بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمون،





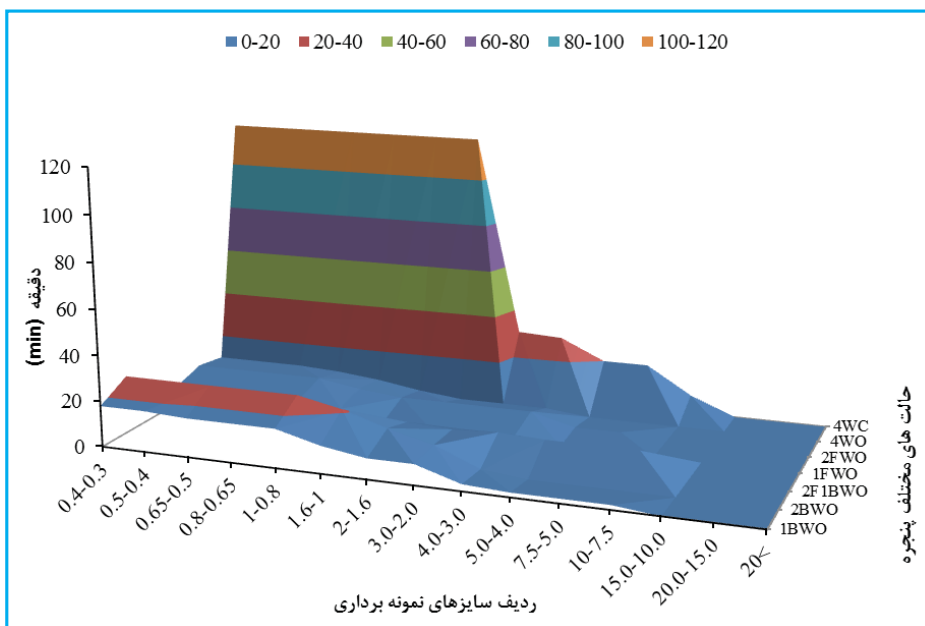
نمودار ۱. مواجهه با غلظت عددی دود سیگار و مدت زمان مواجهه در ردیف سایزهای مختلف در شرایط: ۱- پنجره عقب باز (BWO)، ۲- دو پنجره عقب باز (2BWO)، ۳- یک پنجره جلو باز (1FWO)، ۴- دو پنجره جلو باز (2FWO)، ۵- دو پنجره جلو باز و یک پنجره عقب باز (2F1BWO)، ۶- چهار پنجره باز (4WO) و ۷- چهار پنجره بسته (4WC).



نمودار ۲. مواجهه با غلظت عددی دود سیگار در ردیف سایزهای مشابه برای حالت‌های مختلف وضعیت پنجره: - پنجره عقب باز (BWO)، ۲- دو پنجره عقب باز (2BWO)، ۳- یک پنجره جلو باز (1FWO)، ۴- دو پنجره جلو باز (2FWO)، ۵- دو پنجره جلو باز و یک پنجره عقب باز (2F1BWO)، ۶- چهار پنجره باز (4WO) و ۷- چهار پنجره بسته (WC).

جدول ۱. آنالیز واریانس یک طرفه به منظور مقایسه میانگین غلظت عددی ذرات معلق در ردیف سایزهای مشابه در حالت‌های مختلف پنجره اتومبیل

حالت‌های مختلف پنجره						آنالیز آماری (p<۰/۰۵)
4WC, 4WO, 2FWO, 2F1BWO, 2BWO, 1BWO, FWO						
سطح معنی‌داری	F	ردیف سایز میکرومتر)	سطح معنی‌داری	F	ردیف سایز (میکرومتر)	one-way ANOVA
p<۰/۰۵	۱۷/۲۵۱	۴-۵	p<۰/۰۵	۷۴۳/۹۵۹	۰/۳-۰/۴	
p<۰/۰۵	۳/۴۶۲	۵-۷/۵	p<۰/۰۵	۹۵۴/۴۵۰	۰/۴-۰/۵	
p<۰/۰۵	۸/۹۸۵	۷/۵-۱۰	p<۰/۰۵	۵۸۶/۴۹۴	۰/۵-۰/۶۵	
p<۰/۰۵	۵/۲۴۱	۱۰-۱۵	p<۰/۰۵	۳۰۱/۳۹۱	۰/۶۵-۰/۸	
-	-	۱۵-۲۰	p<۰/۰۵	۱۴۸/۸۰۶	۰/۸-۱	
-	-	۲۰<	p<۰/۰۵	۵۶/۵۴۴	۱-۱/۶	
			p<۰/۰۵	۱۴/۸۱۷	۱/۶-۲	



نمودار ۳. زمان مواجهه با ذرات معلق در ردیف سایزهای مشابه برای حالت‌های مختلف پنجره: ۱- پنجره عقب باز (BWO)، ۲- دو پنجره عقب باز (2BWO)، ۳- یک پنجره جلو باز (1FWO)، ۴- دو پنجره جلو باز (2FWO)، ۵- دو پنجره جلو باز و یک پنجره عقب باز (2F1BWO)، ۶- چهار پنجره باز (4WO) و ۷- چهار پنجره بسته (WC).

## بحث

مطالعه حاضر با هدف کلی بررسی غلظت عددی ذرات معلق ناشی از دود سیگار و مدت زمان مواجهه با این ذرات در شرایط مختلف وضعیت تهویه طبیعی (باز و بسته بودن پنجره‌ها) داخل خودرو انجام شد. بر اساس نتایج نمودار ۱، غلظت عددی ذرات و زمان مواجهه در ردیف سایزهای کوچک‌تر بسیار بالاتر از ردیف سایزهای بزرگ‌تر بودند. این نتیجه بسیار واضح می‌باشد؛ چراکه در اثر فرآیند احتراق، معمولاً ذرات کوچک‌تر از نظر تعداد، سهم بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند و بر اساس جدول ۱ از نظر میانگین غلظت، دارای اختلاف معناداری با ذرات بزرگ‌تر می‌باشند. خطری که ناشی از کشیدن سیگار برای سرنشینان ایجاد می‌شود را می‌توان با توجه به غلظت‌های بالای ذرات با اندازه‌های کمتر از  $2/5$  میکرومتر توجیه کرد. در مطالعه اسپیتل و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده شد که در اثر کشیدن یک نخ سیگار در صندلی جلو، غلظت ذرات  $10$  PM با فاکتور  $10/5$ ،  $2/5$  PM با فاکتور  $21/3$  و ذرات  $1$  PM با فاکتور  $23/9$  در صندلی عقب افزایش می‌یابد که با نتایج مطالعه حاضر که بیشترین افزایش در غلظت‌ها کمتر از  $2/5$  میکرون مشاهده شد، همخوانی داشت (۶). عمده‌ترین مسیر تولید ذرات با قطر کمتر یا برابر  $2/5$  میکرومتر شامل وسایل نقلیه، احتراق زغال سنگ، سوخت روغنی و چوب می‌باشد، درحالی‌که ذرات بزرگ‌تر از  $2/5$  میکرومتر معمولاً در اثر فعالیت‌های مکانیکی و ذراتی که در اثر حرکت وسایل به حالت معلق در می‌آیند، تشکیل می‌شوند (۱۵-۱۷) و چون فرآیندی که در سیگار اتفاق می‌افتد احتراق می‌باشد، بخش عمده غلظت عددی ذرات تولیدی کمتر از  $2/5$  میکرومتر می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی اندازه ذرات، ذرات در اندازه‌های کوچک‌تر مخصوصاً در اندازه کوچک‌تر از  $2/5$  نانومتر، خطرات بهداشتی بالاتری نسبت به ذرات بزرگ‌تر بر روی سلامتی انسان دارند که می‌تواند به دلیل قدرت نفوذ این ذرات به اعماق سیستم تنفسی به دلیل قطر آئرودینامیکی کوچک‌تر باشد که منجر به افزایش اثرات بهداشتی بر سلامت انسان می‌شود (۱۵). بر اساس

مطالعات گذشته هر  $10$  میکروگرم بر متر مکعب افزایش در میانگین غلظت ذرات با قطر  $2/5$  و کوچک‌تر،  $1/5$  درصد افزایش مرگ روزانه را به دنبال خواهد داشت (۱۶). افزایش زمان مواجهه با ذرات کوچک‌تر که در نمودار ۱ نشان داده شده است، می‌تواند به دلیل سرعت پایین ته نشینی ذرات با قطر آئرودینامیکی کوچک‌تر و تولید بیشتر این ذرات نسبت به ذرات بزرگ‌تر در اثر فرآیند احتراق باشد. این نتایج بیانگر اهمیت مسئله عدم استعمال سیگار در وسایل نقلیه می‌باشد که باعث وضع قانون منع مصرف سیگار در ماشین در برخی کشورها شده است. اهمیت تهویه و تأثیر آن بر غلظت ذرات در نمودار ۲ نشان داده شده است. مقایسه غلظت ذرات در شرایط مختلف تهویه نشان داد که با افزایش میزان تهویه طبیعی که در اثر باز و بسته شدن پنجره‌ها حاصل می‌شود، غلظت عددی ذرات تغییر می‌کند؛ به گونه‌ای که بیشترین غلظت در حالت پنجره‌ها بسته حاصل شد و پس از آن در زمانی که یک پنجره باز بود و متناوباً با افزایش پنجره‌های باز و افزایش تهویه، غلظت ذرات کاهش چشم‌گیری داشت. بر اساس نتایج به دست آمده از آنالیز واریانس یک طرفه در جدول ۱، اختلاف معناداری در غلظت ذرات در شرایط مختلف تهویه وجود داشت و توالی باز شدن پنجره‌ها و کاهش غلظت ذرات توسط این آنالیز به خوبی مورد تأیید قرار گرفت. همچنین نمودار ۳ زمان مواجهه با ذرات را نشان داد؛ به طوری که میزان تهویه با مدت زمان مواجهه رابطه عکس داشت. وانگ و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای در ارتباط با میزان تهویه در وسایل نقلیه و غلظت ذرات ناشی از دود سیگار، تأثیر باز و بسته بودن پنجره و میزان تغییرات تهویه را به وضوح مشاهده کردند؛ به طوری که تنها باز کردن یک پنجره به میزان  $7/6$  سانتی‌متر، میزان تهویه را  $6$  تا  $8$  برابر افزایش داد (۷). به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که تهویه و وضعیت پنجره‌ها با غلظت ذرات و زمان مواجهه با دود سیگار رابطه عکس دارند. اگرچه تهویه غلظت ذرات معلق ناشی از دود سیگار را کاهش می‌دهد، ولی استانداردهای مورد نیاز برای مواجهه با ذرات در داخل وسایل نقلیه را تأمین نمی‌کند، در نتیجه وجود تهویه دلیل بر



بودن نشان داد که با افزایش تهویه، غلظت عددی ذرات کاهش می‌یابد. در مجموع به دلیل فضای محدود در خودروها و غلظت بالای مواجهه که منجر به نگرانی‌های بهداشتی می‌شود، اهمیت وضع قانون منع استعمال سیگار در کشور ایران ضروری می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری کارشناسان محترم آزمایشگاه هوا گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

### References

- Jones AP. Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*. 1999;33(28):4535-64.
- Król S, Namieśnik J, Zabiegała B.  $\alpha$ -Pinene, 3-carene and d-limonene in indoor air of Polish apartments: The impact on air quality and human exposure. *Science of The Total Environment*. 2014;468-469:985-95.
- Ott W, Klepeis N, Switzer P. Air change rates of motor vehicles and in-vehicle pollutant concentrations from secondhand smoke. *Journal of exposure science and environmental epidemiology*. 2008;18(3):312-25.
- Zhang Y, Liu X, McHale C, Li R, Zhang L, Wu Y, et al. Bone marrow injury induced via oxidative stress in mice by inhalation exposure to formaldehyde. *PloS one*. 2013;8(9):e74974.
- Hecht SS. Cigarette smoking: cancer risks, carcinogens, and mechanisms. *Langenbeck's Archives of Surgery*. 2006;391(6):603-13.
- Scheitel M, Stanic M, Neuberger M. PM 10, PM 2.5, PM 1, number and surface of particles at the child's seat when smoking a cigarette in a car. 2016.
- Wang Y, Liu M, Zhu Y, Cheng K, Wu D, Liu B, et al. Identifying the tobacco related free radicals by UPCC-QTOF-MS with radical trapping method in mainstream cigarette smoke. *Talanta*. 2016;160:106-12.
- Health UDo, Services H. The health consequences of smoking—50 years of progress: a report of the Surgeon General. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health. 2014;17.
- Mitova MI, Campelos PB, Goujon-Ginglinger CG, Maeder S, Mottier N, Rouget EG, et al. Comparison of the impact of the Tobacco Heating System 2.2 and a cigarette on indoor air quality. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2016;80:91-101.
- Rickert W. Environmental tobacco smoke: properties, measurement techniques and applications. International consultation on ETS and child health. 1999.
- Chan W, Lee S-C, Li D, Chen XK. Cigarette induced PM2.5 in hotel rooms: An assessment of the effectiveness of management's mitigating measures. *International Journal of Hospitality Management*. 2017;60:42-7.
- Weber S, editor Variation of particle number concentrations and noise on the local urban scale. The Seventh International Conference on Urban Climate; 2009: Citeseer.
- Northcross AL, Trinh M, Kim J, Jones IA, Meyers MJ, Dempsey DD, et al. Particulate mass and polycyclic aromatic hydrocarbons exposure from secondhand smoke in the back seat of a vehicle. *Tobacco control*. 2014;23(1):14-20.
- Semple S, Apsley A, Galea KS, MacCalman L, Friel B, Snelgrove V. Secondhand smoke in cars: assessing children's potential exposure during typical journey conditions. *Tobacco control*. 2012;21(6):578-83.
- Englert N. Fine particles and human health—a review of epidemiological studies. *Toxicology Letters*. 2004;149(1-3):235-42.
- Laden F, Neas LM, Dockery DW, Schwartz J. Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six US cities. *Environmental health perspectives*. 2000;108(10):941.
- Pozzi R, De Berardis B, Paoletti L, Guastadisegni C. Inflammatory mediators induced by coarse (PM2. 5-10) and fine (PM2. 5) urban air particles in RAW 264.7 cells. *Toxicology*. 2003;183(1):243-54.

امکان استعمال سیگار در وسایل نقلیه نمی‌باشد و باید سعی بر وضع قوانین ممنوعیت استعمال سیگار در وسایل نقلیه توسط نهادهای دولتی گردد.

**نتیجه گیری:** بیشترین بخش ذرات معلق ناشی از مصرف سیگار داخل وسایل نقلیه که سرنشینان با آن مواجهه دارند، در اندازه قطر آئرودینامیکی کمتر از ۲/۵ میکرومتر است که قابلیت نفوذ بالایی به سیستم تنفسی تحتانی دارند و خطرات بالقوه‌ای بر سلامتی می‌گذارند. همچنین وضعیت مختلف پنجره‌ها از نظر باز و بسته