

## *Survey of Concentrations of PM<sub>2.5</sub> Indoor and Outdoor of Shops in Sari City Centre*

Mahmoud Mohammadyan<sup>1</sup>,  
Layla Sojodi<sup>2</sup>,  
Siyavash Etemadinejad<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Health Sciences Research Centre, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran  
<sup>2</sup> Department of Occupational Health, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received March 5, 2011 ; Accepted July 18, 2011)

### **Abstract**

**Background and purpose:** Exposure to respirable particles (PM<sub>2.5</sub>) causes adverse health effects, such as: respiratory and cardiovascular diseases and eventually death. Considering congested traffic flow in the city center of Sari, it could be expected that exposure of citizens to particulate air pollution would be high. The aim of this study was to survey the concentrations of PM<sub>2.5</sub> indoor and outdoor of shops and to determine other factors effective upon concentrations of PM<sub>2.5</sub> indoor of shops in city center of Sari.

**Materials and methods:** This study was carried out in and outside of 185 non-source shops that were located on 4 main streets in the central part of the city of Sari. A calibrated real time dust monitor (MicroDust Pro) was used for sampling. Sixty 10-second samples were collected from indoor and outdoor of each shop and relevant information was recorded in a questionnaire.

**Results:** Mean outdoor concentrations of PM<sub>2.5</sub> (83.6 µg m<sup>-3</sup>) were higher than indoor PM<sub>2.5</sub> levels (82.2 µg m<sup>-3</sup>). Concentrations of PM<sub>2.5</sub> indoor the shops had a significant correlation with the concentration of these particles outdoor. The mean of concentration of PM<sub>2.5</sub> was the highest during the high traffic flows in the morning and evening. A weak but significant correlation was found between indoor concentrations of PM<sub>2.5</sub> and other air-pollution-related variables

**Conclusion:** Results showed that the concentration of PM<sub>2.5</sub> particles outdoor the shop is the main cause of their accumulation indoor. Concentrations of respirable particles (PM<sub>2.5</sub>) indoor and outdoor of shops in the city center of Sari were higher than the recommended 24-hour standards.

**Key words:** Air pollution, PM<sub>2.5</sub>, Respirable particle

# بررسی تراکم $PM_{2.5}$ در هوای داخل و خارج فروشگاه ها در مرکز شهر ساری

محمود محمدیان<sup>۱</sup>

لیلا سجودی<sup>۲</sup>

سیاوش اعتمادی نژاد<sup>۲</sup>

## چکیده

**سابقه و هدف:** تماس با ذرات قابل استنشاق  $PM_{2.5}$  منجر به اثرات زیان آور بهداشتی مانند بیماری های تنفسی، قلبی - عروقی و در نهایت مرگ می شود. با توجه با ترافیک موجود در مرکز شهر ساری انتظار می رود که تماس افراد با آلاینده های ذره ای در هوا زیاد باشد. این مطالعه با هدف تعیین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در هوای داخل و خارج فروشگاه های بدون منبع تولید آلودگی داخلی و تعیین عوامل موثر در تراکم ذرات در هوای داخل فروشگاه های مرکز شهر ساری انجام شد.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه هوای داخل و بیرون ۱۸۵ فروشگاه فاقد منبع آلودگی هوا در مرکز شهر ساری در ۴ خیابان اصلی مورد بررسی قرار گرفتند. برای نمونه برداری از ذرات  $PM_{2.5}$  در داخل و خارج فروشگاه ها از دستگاه استانداردسازی شده قرائت مستقیم Micro dust pro استفاده شد. ۶۰ نمونه ۱۰ ثانیه ای به ترتیب از داخل و خارج فروشگاه برداشت شد و اطلاعات مورد نیاز در پرسشنامه ای ثبت گردید.

**یافته ها:** میانگین غلظت  $PM_{2.5}$  در خارج فروشگاه ها ( $۸۳/۶ \mu g/m^3$ ) و بیشتر از غلظت داخلی ( $۸۲/۲ \mu g/m^3$ ) بود. غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در هوای داخل فروشگاه ها رابطه معنی داری با غلظت این ذرات در هوای خارج فروشگاه ها داشت. همچنین میانگین غلظت در زمان ترافیک سنگین در هنگام صبح و عصر بیشتر از زمان های دیگر بود. ارتباط ضعیف ولی معنی داری بین غلظت  $PM_{2.5}$  و عوامل موثر در آلودگی هوا وجود داشت.

**استنتاج:** نتایج نشان داد که غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در هوای بیرون عامل اصلی تراکم این ذرات در هوای داخل فروشگاه ها است. غلظت ذرات قابل استنشاق  $PM_{2.5}$  در داخل و خارج فروشگاه ها از حدود مجاز توصیه شده ۲۴ ساعته بیشتر بود.

**واژه های کلیدی:** آلودگی هوا،  $PM_{2.5}$ ، ذرات قابل استنشاق

## مقدمه

تولید می شوند (۱). این ذرات (PM)، آلوده کننده هوای داخل فضاهای بسته و محیط زیست هستند و استنشاق آن ها باعث اثرات مضر بهداشتی و خسارت به انسان ها می شود (۲). مطالعات اپیدمیولوژیکی زیادی رابطه بین

ذرات معلق هوا برد شهری (Particulate Matter: PM)، یکی از آلاینده های اصلی هوا در مناطق شهری است که معمولاً از منابع مختلفی مانند آگزوز خودروها، فرایند احتراق صنعتی و یا از تبدیل ثانویه آلاینده های گازی

مؤلف مسئول: محمود محمدیان - ساری: کیلومتر ۱۸ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی Email: mohammadyan@yahoo.com

۱. مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران

۲. گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۹۰/۱/۲۱ تاریخ تصویب: ۹۰/۴/۲۷

غلظت ذرات قابل استنشاق با قطر کمتر از ۲/۵ و ۱۰ میکرون در محیط ( $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$ ) و تغییرات مرگ و میر روزانه را به اثبات رسانده‌اند (۳). بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی سالیانه ۵۰۰۰۰۰ نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق موجود در هوا دچار مرگ زودرس می‌شوند و مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا به ذرات، معادل ۶ درصد از کل مرگ و میرها است که در حدود نیمی از آن ناشی از آلودگی هوای ناشی از وسایل نقلیه است (۴). مواد معلق به تنهایی یا در ترکیب با آلاینده‌های دیگر مخاطرات بسیار شدیدی بر سلامت انسان دارد. آلاینده‌ها عمدتاً از طریق سیستم تنفسی وارد بدن انسان شده و بر دستگاه تنفسی و سایر بافت‌های بدن اثر می‌گذرانند. تقریباً ۲۰ تا ۶۰ درصد ذرات استنشاق شده‌ای که اندازه‌ای بین  $0.1 \mu m$  تا  $2.5 \mu m$  دارند به داخل ریه‌ها نفوذ کرده و در آنجا رسوب می‌کنند. این گروه از ذرات نقش مهمی در ایجاد بیماری در بافت ریه دارند (۵).

پایش ذرات آلوده کننده هوا با اندازه‌گیری ذرات  $PM_{10}$  شروع شد و از سال ۱۹۹۷ در تجدید نظر سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، پایش ذرات  $PM_{2.5}$  نیز به طور گسترده در کنار اندازه‌گیری ذرات  $PM_{10}$  قرار گرفت (۶). محققین به این نتیجه رسیده‌اند که ذرات  $PM_{2.5}$  ممکن است ارتباط نزدیکی تری با اثرات بهداشتی داشته باشند. از بزرگترین نگرانی در مطالعات اخیر وجود ارتباط بین مواجهه با  $PM_{2.5}$  و مرگ زودرس در افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی-ریوی و به خصوص افراد مسن است (۸، ۱۰-۶). مطالعات انجام شده در ایالات متحده نشان می‌دهد که تماس با ذرات  $PM_{2.5}$  منجر به رسوب بالای پلاک در شریان‌ها و در نتیجه موجب التهاب عروقی و آرترواسکلروز یا سخت شدن عروق و کاهش انعطاف‌پذیری می‌شود که می‌تواند به حملات قلبی و دیگر مشکلات قلبی-عروقی منجر گردد (۹).

اندازه‌گیری ذرات قابل استنشاق در محیط زیست نمی‌تواند نشان دهنده تماس افراد جامعه با این ذرات

باشد چرا که مردم در برخی از کشورها بیش از ۹۰ درصد از وقت خود را داخل محیط‌های بسته مانند محل کار، مدرسه یا خانه سپری می‌کنند (۱۰). مطالعه انجام شده توسط Cao و همکارانش در مناطق مسکونی هنگ‌کنگ نشان داد که میانگین ۲۴ ساعته ذرات در داخل و خارج منازل مسکونی به ترتیب  $56.7 \mu g m^{-3}$  و  $43.8 \mu g m^{-3}$  هوا است و نفوذ ذرات از خارج به داخل یک عامل مهم در افزایش غلظت ذرات داخلی بوده است (۱۱). مطالعه انجام شده توسط Chunram و همکارانش برای بررسی میزان  $PM_{2.5}$  در داخل و خارج ساختمان‌های مسکونی و محل‌های کار فاقد منبع آلوده کننده داخلی در چیانگ مای نشان داد که متوسط غلظت سالانه در داخل و خارج ساختمان‌های مسکونی به ترتیب  $29.4 \mu g m^{-3}$  و  $36.9 \mu g m^{-3}$  و خارج محل کار به ترتیب  $27.9 \mu g m^{-3}$  و  $43.5 \mu g m^{-3}$  بوده است (۲). بررسی غلظت ذرات ریز حاوی کربن که بیشتر ناشی از دود خودروها می‌باشد در هوای داخل و خارج منازل مسکونی واقع شده در کنار خیابان‌ها نشان می‌دهد که  $PM_{2.5}$  منجر به رسوب بالای پلاک در شریان‌ها می‌شود که می‌تواند به حملات قلبی و دیگر مشکلات قلبی-عروقی منجر گردد (۹). Jones و همکارانش در مطالعه ارتباط بین غلظت ذرات قابل استنشاق در داخل و خارج منازل، عواملی مثل نفوذ ذرات خارجی به داخل و منابع داخلی از قبیل پخت و پز، سیگار کشیدن، نظافت و فعالیت‌های عمومی را موثر می‌دانند (۱۲). در مطالعاتی که در مورد ارتباط هوای داخل و خارج کلاس‌ها در مدارس انجام شد چنین نتیجه‌گیری شد که مواجهه فردی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر  $PM_{2.5}$  در محیط داخل است نه محیط خارج. نسبت داخل به خارج غلظت  $PM_{2.5}$  نیز این واقعیت را نشان داد که در روزهایی که مدارس شلوغ است این نسبت بیشتر از روزهایی است که دانش‌آموزان غایب هستند (۱۳). مطالعات انجام شده در مورد غلظت ذرات قابل استنشاق  $PM_{2.5}$  در هوای مناطق مختلف شهر ساری و مواجهه

رانندگان وسایل نقلیه عمومی در مرکز شهر ساری نشان داد که غلظت این ذرات در مناطق مرکزی بیش از حدود مجاز و همچنین متوسط تماس رانندگان اتوبوس‌ها و تاکسی‌های شهر ساری بالاتر از حدود استاندارد تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست می‌باشد (۱۶-۱۴). از آنجا که فروشگاه‌های تجاری مرکز شهر ساری در فاصله نزدیکی از خیابان قرار دارند و پیش‌بینی می‌شود که هوای داخل فروشگاه‌ها تحت تاثیر هوای آلوده ناشی از ترافیک در خیابان‌های مرکزی شهر باشد و با توجه به میانگین زمان فعالیت فروشگاه‌داران که گاهی تا ۱۴ ساعت می‌رسد می‌توان انتظار داشت که افراد شاغل در این فروشگاه‌ها مواجهه بیش از حد مجاز با ذرات قابل استنشاق داشته باشند. بنابراین این مطالعه با هدف تعیین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در هوای داخل و خارج فروشگاه‌های بدون منبع تولید آلودگی داخلی و ارتباط بین غلظت ذرات در هوای داخل و خارج فروشگاه‌ها و تعیین عوامل مرتبط با تراکم ذرات در هوای داخل فروشگاه‌ها در مرکز شهر ساری در سال ۱۳۸۸ انجام شد.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع مقطعی است. به منظور نشان دادن کیفیت هوای داخل و خارج از نظر آلاینده‌های ذره‌ای در مناطق شهری، فروشگاه‌های موجود در چهار خیابان مرکزی شهر در اطراف میدان ساعت که میدان مرکزی شهر ساری بوده و کلیه ایستگاه‌های تاکسی و اتوبوس در اطراف آن واقع شده است و به نظر می‌رسید از نظر آلودگی هوا یکی از مکان‌های مورد توجه باشد، انتخاب گردید و از کلیه فروشگاه‌های چهار خیابان اصلی که فاقد منبع مشخص تولیدکننده ذرات بودند، نمونه‌برداری در طول فصل زمستان انجام شد. محل‌های نمونه‌برداری از میدان ساعت تا میدان شهدا در شرق، میدان ساعت تا دروازه بابل در غرب، میدان ساعت تا سه راه مدرس در شمال و میدان ساعت تا میدان امام

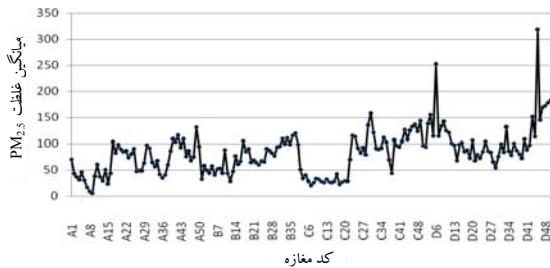
حسین در جنوب می‌باشد.

روش نمونه‌گیری در این مطالعه سرشماری و کلیه ۱۸۵ فروشگاه بوده است. معیار ورود نمونه‌ها به این مطالعه نداشتن منبع تولیدکننده ذرات و غیر سیگاری بودن افراد شاغل در فروشگاه بوده است. به این ترتیب فروشگاه‌هایی با شاغلین سیگاری و همچنین رستوران‌ها، قهوه‌خانه‌ها و یا سایر فروشگاه‌هایی که در آن‌ها عمل پخت و پز، سیگار کشیدن و نظایر این‌ها انجام می‌شد به دلیل داشتن منبع تولید ذرات، از مطالعه خارج شدند.

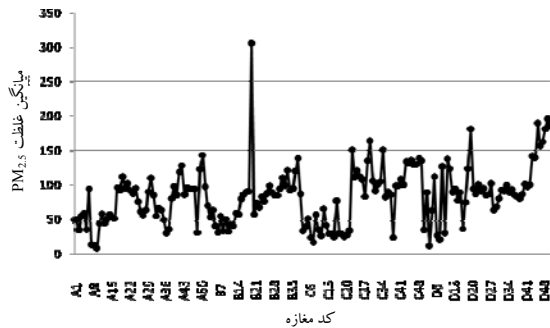
نمونه برداری جهت اندازه‌گیری  $PM_{2.5}$  با استفاده از دستگاه قرائت مستقیم Micro dust pro ساخت کارخانه CASELLA انگلستان انجام شد. قبل از هر نمونه‌برداری این دستگاه بر اساس دستورالعمل ارائه شده از طرف شرکت استانداردسازی می‌شد. از آنجا که مغازه‌ها در فاصله نزدیکی از خیابان واقع شده بودند و هوای خارج و داخل این مغازه‌ها بیش از هر چیز تحت تاثیر آلاینده‌های تولید شده ناشی از ترافیک بود و تغییرات تراکم آلودگی هوا در زمان‌های کوتاه ایجاد می‌شود که کمتر از ۵ دقیقه می‌باشد، نمونه‌برداری در زمان‌های کوتاه مدت ده ثانیه‌ای توسط این دستگاه صورت گرفت و اندازه‌گیری ذرات بطور مستقیم انجام شد. در مجموع برای هر فروشگاه ابتدا در مدت ۵ دقیقه ۳۰ نمونه از داخل و بلافاصله در ۵ دقیقه دیگر ۳۰ نمونه از خارج فروشگاه برداشت شد. محل قرارگیری دستگاه خارج از فروشگاه در فاصله‌ی یک متری نسبت به درب ورودی و ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین (نزدیک به ارتفاع منطقه تنفسی) جهت نمونه‌برداری هوای بیرون بود. همچنین متناظر با آن نمونه‌های داخل فروشگاه نیز در فاصله یک متری نسبت به درب ورودی و در همان ارتفاع برداشت شدند.

به منظور اندازه‌گیری ذرات با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون، یک آداپتور و یک پیش‌فیلتر از جنس فوم پلی‌اورتان ساخته شده و برای این منظور بر روی پروب نمونه‌برداری نصب گردید. از مجموع ۱۸۵

فروشگاه‌ها ۸۲/۲ و خارج فروشگاه‌ها ۸۳/۶  $\mu\text{gm}^{-3}$  بود.



نمودار شماره ۱: میانگین غلظت ذرات  $\text{PM}_{2.5}$  در هوای داخل فروشگاه‌ها در مرکز شهر ساری در سال ۱۳۸۸



نمودار شماره ۲: میانگین غلظت ذرات  $\text{PM}_{2.5}$  در هوای خارج فروشگاه‌ها در مرکز شهر ساری در سال ۱۳۸۸

میانگین غلظت  $\text{PM}_{2.5}$  در داخل و خارج فروشگاه‌ها و در ساعات مختلف روز در نمودار شماره ۳ آمده است. بررسی اولیه نشان داد که زمان شروع به کار همه فروشگاه‌ها جهت انجام نمونه‌برداری از داخل در صبح ساعت ۹ می‌باشد و قبل از آن فقط برخی از آن‌ها به کار مشغولند. بنابراین براساس فعالیت آن‌ها محدوده زمانی نمونه‌برداری به شش دوره زمانی صبح (۹ تا ۱۰)، قبل از ظهر (۱۰ تا ۱۱:۳۰)، ظهر (۱۱:۳۰ تا ۱۳)، بعد از ظهر (۱۳ تا ۱۵)، عصر (۱۵ تا ۱۸) و شب (۱۸ تا ۲۲) تقسیم‌بندی شده است. با توجه به نمودار در می‌یابیم که میانگین غلظت  $\text{PM}_{2.5}$  در بین ساعات ۹ تا ۱۰ صبح بیشترین مقدار و در بین ساعات ۱۳ تا ۱۵ بعد از ظهر کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. در ضمن میانگین غلظت‌های داخل و خارج در تمام دوره‌های زمانی بصورت مشابه تغییر کرده است.

فروشگاه انتخابی ۵۰ فروشگاه در خیابان جمهوری (کد A)، ۳۶ فروشگاه در خیابان ۱۸ دی (کد B)، ۴۹ فروشگاه در خیابان مدرس (کد C) و ۵۰ فروشگاه هم در خیابان انقلاب (کد D) مورد بررسی قرار گرفتند. برای هر کدام از فروشگاه‌ها ۶۰ داده ۱۰ ثانیه‌ای ثبت گردید و مجموع نمونه‌های کوتاه مدت به ۱۱۱۰۰ مورد رسید که نیمی از آن مربوط به هوای خارج و نیمی مربوط به نمونه‌برداری از هوای داخل فروشگاه‌ها بود.

برای جمع‌آوری اطلاعاتی که احتمال می‌رفت بر میزان ذرات هوای داخل فروشگاه‌ها موثر باشد، یک پرسشنامه تنظیم گردید. این پرسشنامه حاوی اطلاعاتی نظیر ابعاد فروشگاه، مساحت درب ورودی به خیابان، مساحت سایر ورودی‌ها، تعداد افراد حاضر در محل، تهویه مکانیکی، وسیله گرمایشی، وضعیت ترافیک خیابان و نوع وسایل نقلیه موجود در خیابان بود که در هنگام نمونه‌برداری تکمیل گردید. اندازه‌گیری ابعاد و مساحت درها و مغازه‌ها به وسیله متر و بقیه موارد از طریق مشاهده توسط نمونه‌بردار انجام شد. داده‌های بدست آمده از دستگاه نمونه‌برداری به رایانه منتقل شده و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۵ و آزمون‌های ANOVA و ضریب همبستگی Pearson مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

## یافته‌ها

نتایج حاصل از نمونه‌برداری از ذرات  $\text{PM}_{2.5}$  در هوای داخل و خارج فروشگاه‌های واقع در مرکز شهر ساری در نمودارهای شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است. محدوده غلظت این ذرات از حداقل صفر میکروگرم در داخل و خارج فروشگاه‌ها تا حداکثر ۸۸۰ و ۷۰۰ میکروگرم در متر مکعب در داخل و خارج فروشگاه‌ها متغیر بود. البته وجود غلظت صفر در هوا غیر ممکن است و نتایج بدست آمده بدلیل عدم توانایی دستگاه در اندازه‌گیری غلظت‌های زیر یک میکروگرم در متر مکعب است. میانگین غلظت ذرات در محیط داخل

خیابان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان دهنده این واقعیت است که بین غلظت ذرات در هوای داخل فروشگاهها و متغیرهای ذکر شده ارتباط ضعیف ولی معنی داری وجود دارد (جدول شماره ۱).

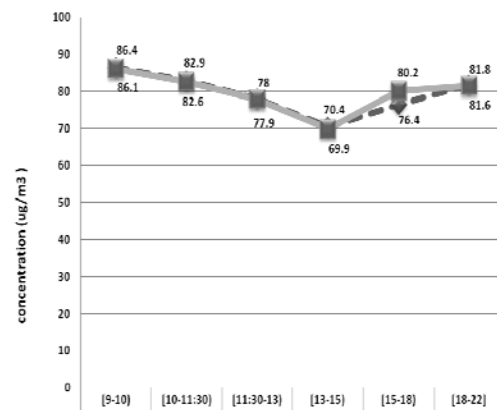
جدول شماره ۱: همبستگی میان عوامل مرتبط با تراکم ذرات در هوای داخل فروشگاهها و غلظت ذرات

غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در داخل فروشگاهها			
تعداد نمونه	ضریب همبستگی $r$	سطح معنی داری	
خیابان مورد مطالعه	۰/۳۳	۰/۰۰۰۱	۵۵۵۰
مساحت در و پنجره	-۰/۰۴۶	۰/۰۰۱	۵۵۵۰
ارتفاع فروشگاه	-۰/۰۵۱	۰/۰۰۰۱	۵۵۵۰
تعداد افراد	۰/۰۴۸	۰/۰۰۰۱	۵۵۵۰
وسیله گرمایشی	۰/۲۴	۰/۰۰۰۱	۵۵۵۰
تهویه	۰/۰۷۵	۰/۰۰۰۱	۵۵۵۰
ترافیک خیابان	۰/۰۷	۰/۰۰۰۱	۵۵۵۰

بعضی از متغیرها از جمله وسیله گرمایشی و خیابان محل نمونه برداری همبستگی بیشتری با غلظت ذرات قابل استنشاق نشان دادند (به ترتیب  $r = -0/23$ ،  $p = 0/01$ ،  $r = 0/33$  و  $p = 0/01$ ). بیشترین میانگین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در فروشگاههای واقع در خیابان انقلاب ( $105/5 \mu g m^{-3}$ ) و کمترین میانگین غلظت مربوط به فروشگاههای خیابان جمهوری اسلامی ( $68/5 \mu g m^{-3}$ ) بود. همچنین میانگین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در خیابانهای مدرس و ۱۸ دی بترتیب  $79/7 \mu g m^{-3}$  و  $75/9 \mu g m^{-3}$  بود.

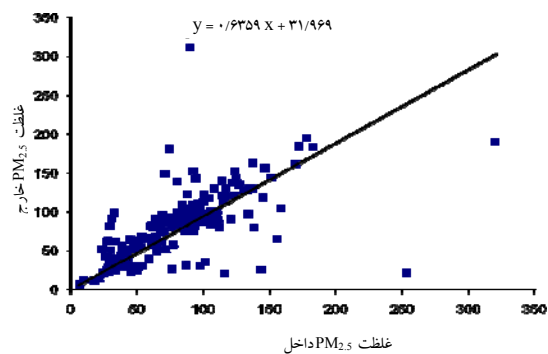
## بحث

نتایج این بررسی نشان داد که غلظت ذرات در دورههای زمانی کوتاه به ۸۸۰ میکروگرم در مترمکعب در داخل فروشگاهها و ۷۰۰ میکروگرم در مترمکعب در خارج از فروشگاهها می رسد. میانگین ۵ دقیقه ای ذرات در داخل بعضی از فروشگاهها بخصوص در خیابان انقلاب به بیش از  $250 \mu g m^{-3}$  رسید که ناشی از دود خارج شده از آگروز اتوبوسهای شرکت واحد و نزدیکی مغازه به منابع تولید آلودگی و رقیق نشدن غلظت ذرات



نمودار شماره ۳: میانگین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در داخل فروشگاههای مرکز شهر ساری در اوقات مختلف روز

رابطه بین غلظت ذرات قابل استنشاق در داخل و خارج فروشگاههای مرکز شهر ساری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج نشان داد که این ارتباط معنی دار می باشد ( $r = 0/63$  و  $p = 0/01$ ). در نتیجه آلودگی هوای خارج از فروشگاه نقش اصلی در افزایش غلظت آلودگی به ذرات قابل استنشاق در داخل فروشگاه دارد (نمودار شماره ۴).



نمودار شماره ۴: رابطه بین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در داخل و خارج فروشگاههای مرکز شهر ساری

رابطه بین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در داخل فروشگاهها و سایر عوامل مرتبط و مستقل از قبیل خیابان محل نمونه برداری، مساحت ورودیها هوا به فروشگاه، ارتفاع سقف فروشگاه، تعداد افراد حاضر در فروشگاه، نوع وسیله گرمایشی، تهویه و نوع وسایل نقلیه موجود در

نتایج حاصل از این بررسی، غلظت ذرات داخلی بیشتر از غلظت خارجی و عواملی مانند پخت و پز، سیگار کشیدن و فعالیت افراد عامل اصلی در افزایش تراکم ذرات در هوای فضاهاست بسته بوده‌اند (۲۰، ۱۲، ۱۱، ۵). بررسی انجام شده نشان داد که میانگین غلظت  $PM_{2.5}$  در داخل فروشگاه‌ها که همگی در نزدیکی خیابان قرار دارند در ساعات پر ترافیک روز در هنگام صبح و عصر بیشتر از ساعات کم ترافیک بعد از ظهر بوده است. بنابراین نتایج حاصل مشابه با مطالعات انجام شده در کشورهای دیگر است که نشان داده‌اند در مناطق پر ترافیک غلظت ذرات در هوای مکان‌های نزدیک به خیابان‌ها و جاده‌ها افزایش می‌یابد (۲۱، ۱۱، ۲۰). نتایج حاصل از ایستگاه‌های پایش آلاینده‌های هوا در تهران نیز نشان می‌دهد که حداکثر غلظت آلودگی هوا به ذرات در شهر تهران در دو دوره زمانی صبح قبل از ساعت ۱۰ و عصر بین ساعات (۱۷ تا ۲۰) بوده است (۲۲). همچنین نمودار شماره ۴ نشان می‌دهد که در طول روز غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در داخل و خارج فروشگاه‌ها با شیب یکسان و مشابه تغییر کرده است که این نتیجه نیز موید تاثیر آلودگی هوای بیرون بر هوای داخل فروشگاه می‌باشد. البته در ساعات ۱۵ تا ۱۸ اختلاف میانگین ذرات در داخل و خارج به  $6 \mu g m^{-3}$  رسید و تراکم ذرات در داخل بیش از خارج فروشگاه‌ها بود که بررسی اطلاعات جمع‌آوری شده نشان داد که نظافت و مرتب کردن وسایل و مواد موجود در مغازه در زمان خلوت بودن مغازه و انتشار ذرات ته‌نشین شده بر روی سطوح می‌تواند توجه‌کننده این یافته باشد.

این مطالعه نشان داد که بین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  در داخل فروشگاه‌ها و سایر عوامل مرتبط و مستقل از قبیل خیابان محل نمونه‌برداری، مساحت ورودی‌ها هوا به فروشگاه، مساحت فروشگاه، ارتفاع سقف فروشگاه، تعداد افراد حاضر در فروشگاه، نوع وسیله گرمایشی، تهویه، ترافیک موجود در خیابان و نوع وسایل نقلیه موجود در خیابان ارتباط ضعیف ولی معنی‌داری وجود

در داخل مغازه بود. همچنین وجود یک افزایش ناگهانی غلظت ذرات در خارج یک فروشگاه در خیابان ۱۸ دی ناشی از توقف اتوبوس‌های شرکت واحد در نزدیکی محل نمونه‌برداری بود و از آنجا که هدف نمونه‌برداری تاثیر عوامل مختلف بر آلودگی داخل و خارج فروشگاه‌ها بود این نمونه نیز مانند سایر نمونه‌ها به حساب آورده شد. میانگین کلی غلظت ذرات قابل استنشاق  $PM_{2.5}$  در داخل و خارج کلیه فروشگاه‌ها بیش از  $80 \mu g m^{-3}$  است که بیش از دو برابر غلظت استاندارد ۲۴ ساعته ( $35 \mu g m^{-3}$ ) می‌باشد که توسط انجمن محیط زیست آمریکا ارائه شده است (۱۷). لازم به ذکر است که استانداردهای ارائه شده برای ذرات قابل استنشاق  $PM_{2.5}$  در هوا برای دوره‌های زمانی ۲۴ ساعته و یک‌ساله و بر اساس اندازه‌گیری توسط ایستگاه‌های ثابت پایش آلودگی هوا در شهرها و روستاها توسط انجمن محیط زیست آمریکا ارائه شده است. ولی با توجه به اینکه نمونه‌برداری‌های انجام شده در این بررسی در مکان‌ها و زمان‌های مختلف شهر ساری و با توجه به این که غلظت‌های بدست آمده خیلی بالاتر از حدود استاندارد است می‌توان انتظار داشت که تراکم این ذرات در هوای داخل و خارج فروشگاه‌ها در حد اخطار یا بالاتر باشد. نتایج همچنین بیانگر این واقعیت است که تراکم غلظت ذرات در داخل فروشگاه‌ها همبستگی زیادی به تراکم ذرات در هوای خارج و محیط اطراف دارد. با توجه به این که فروشگاه‌های انتخاب شده برای نمونه‌برداری فاقد هرگونه منبع تولید ذرات آلوده‌کننده هوا در داخل بودند نتایج حاصل از این بررسی مشابه با نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف آسیایی و اروپایی است که در صورت عدم وجود منبع داخلی تولید ذرات آلوده‌کننده هوا آلودگی هوای محیط زیست را مهمترین عامل وجود ذرات در فضاهاست بسته می‌دانند (۱، ۱۱، ۱۲، ۱۸، ۱۹). در اکثر مطالعات انجام شده در محیط‌های بسته دارای منبع تولید آلودگی هوا، بر خلاف

افراد موجود در محیط بسته در افزایش غلظت گرد و غبار نقش دارد (۱۳،۲۲). زیرا فعالیت‌های انسانی و حضور افراد باعث تولید و پراکنده شدن ذرات ته‌نشین شده می‌گردد. در مطالعه حاضر علاوه بر این موارد باز و بسته شدن درها و ورود هوای آلوده از خارج به داخل از جمله عوامل موثر در افزایش غلظت ذرات می‌باشد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت ذرات آلوده کننده در هوای داخل و خارج فروشگاه‌های مرکز شهر ساری زیاد و از حدود مجاز توصیه شده برای یک شبانه روز بیشتر است. با توجه به نتایج به دست آمده، انجام پژوهش‌های جدید در محدوده‌های زمانی و مکانی وسیع‌تر و ترجیحاً نصب دستگاه‌های پایش مداوم آلاینده‌های هوا در مرکز شهر ساری، اجرای طرح‌ها کنترل آلودگی هوا از قبیل کنترل گرد و غبار جاده‌ها، تغییر در سوخت‌ها بخصوص سوخت دیزلی، کنترل انتشار از وسایل نقلیه موتوری، کنترل وسایل و تجهیزات صنعتی، روان سازی ترافیک از طریق بهسازی معابر و اقدامات نظارتی بر ترافیک و ساماندهی وسایل نقلیه عمومی پیشنهاد می‌گردد.

### سپاسگزاری

از همه صاحبان فروشگاه‌های مرکز شهر ساری برای همکاری در انجام نمونه‌برداری و خانم مهندس یوسفی‌نژاد کارشناس محترم آزمایشگاه بهداشت حرفه‌ای به دلیل همکاری صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

### References

1. Funasaka K, Miyazaki T, Tsuruho K, Tamura K, Mizuno T, Kuroda K. Relationship between indoor and outdoor carbonaceous particulates in roadside households. *Environ Pollut* 2000; 110(1): 127-134.
2. Chunram N, Vinitketkumnuen U, Deming R L, Chantara S. Indoor and outdoor levels of  $PM_{2.5}$  From selected Residential and workplace

بuiding in Chiang Mai. *Chiang Mai J Sci* 2007; 34(2): 219-226.

3. Wallace L. Correlations of personal exposure to particles with outdoor air measurements: A review of recent studies. *Aerosol Sci Tech* 2000; 32(1): 15-25.

4. WHO. WHO's global air-quality guidelines. *Lancet* 2006; 368(9544): 1302-1302.

دارد. در خصوص رابطه بین وسیله گرم‌کننده و غلظت ذرات داخلی این مطالعه نشان داد که استفاده از وسیله گرم‌کننده باعث کاهش غلظت ذرات در فروشگاه شده است. اگر چه این رابطه ضعیف است ولی با توجه به تاثیر شدید هوای خارج بر آلودگی هوای داخل فروشگاه این کاهش را می‌توان ناشی از بسته شدن درها و ورودی‌های هوا در هوای سرد و کاهش ورود هوای آلوده بیرون به داخل دانست. همچنین اغلب فروشگاه‌ها از بخاری‌های گازی دودکش دار که فقط احتمال تولید گازها و بخارات سمی از آن‌ها وجود دارد استفاده می‌کنند و بنابراین کار آن‌ها تاثیری در افزایش غلظت ذرات داخلی ندارد. از طرفی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که ته‌نشین شدن ذرات در هوای آرام یکی از فرایندهای کنترل و پاکسازی هوا از ذرات معلق محسوب می‌گردد (۷) که این مسئله در هوای محیط‌های بسته بخصوص زمانی که درها بسته باشند وجود دارد. وجود ارتباط معنی‌دار و ضعیف بین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  و سایر متغیرها نظیر خیابان محل نمونه‌برداری، مساحت ورودی‌ها هوا به فروشگاه، مساحت فروشگاه، ارتفاع سقف فروشگاه، تعداد افراد حاضر در فروشگاه، تهویه، ترافیک موجود در خیابان و نوع وسایل نقلیه موجود در خیابان در این مطالعه نقش نفوذ هوای بیرون به هوای داخل فروشگاه را بیان می‌کند و نشان می‌دهد که عواملی که به نحوی امکان ورود هوا از خارج به داخل را فراهم نمایند می‌توانند به افزایش غلظت ذرات در هوا کمک نمایند. مطالعات مشابه نشان داده‌اند که تعداد



5. Monn CH, Fuchs A, Hogger D, Junker M, Kogelschaz D, Roth N, Wanner HU. Particulate matter less than 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) and fine particles less than 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations. *Sci Total Environ* 1997; 208(1-2): 15-21.
6. Gregory CP. Personal Exposure to  $\text{PM}_{2.5}$  Minneapolis-St. Paul. *Environ Bullet* 2003; 1(1): 1-8
7. Mönkkönen P. Observations of urban aerosols in India. URL: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/fysik/vk/monkkonen>. Accessed March 20, 2011.
8. Mokdad AH, Marks JS, Stroup DF, Gerberding JL. Actual causes of death in the United States. *JAMA* 2005; 293(3): 293-294.
9. Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung Cancer, Cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287(9): 1132-1141.
10. Mohammadyan M, Ashmore MR. Personal Exposure and Indoor  $\text{PM}_{2.5}$  Concentrations in an Urban Population. *Ind Buil Environ* 2005; 14(3-4): 313-320.
11. Cao JJ, Lee S, Chow JC, Cheng Y, Fung K, Liu SX, Watson JG. Indoor/outdoor relationship for  $\text{PM}_{2.5}$  and associated carbonaceous pollutants at residential homes in Hong Kong-Case Study. *Indoor Air* 2005; 15(3): 197-204.
12. Jones NC, Thornton CA, Mark D, Harrison RM. Indoor/outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban and rural locations. *Atmos Environ* 2000; 34(16): 2603-2612.
13. Crist KC, Liu B, Kim M, Deshpande SR, John K. Characterization of fine particulate matter in Ohio: indoor, outdoor, and personal exposures. *Environ Res* 2008; 106(1): 62-71.
14. Mohammadyan M, Alizadeh A, Mohamadpour RA. Personal exposure to  $\text{PM}_{10}$  among bus drivers in Sari, Iran. *Indoor Built Environ* 2009; 18(1): 83-89.
15. Mohammadyan M, Babuyeh Darabi M, Baharfar Y. Survey of atmospheric respirable particles ( $\text{PM}_{10}$ ) in Sari. 2010; available at: URL:[http://civilica.com/paper-CEE04-CEE04\\_637.htm](http://civilica.com/paper-CEE04-CEE04_637.htm). Accessed February 12, 2011.
16. Mohammadyan M, Alizadeh, A, Etemadinejad S. Personal exposure to  $\text{PM}_{10}$  among taxi drivers in Iran. *Indoor built Environ* 2010; 19(5): 538-545.
17. EPA. 2006; EPA PM Standards. Available at: URL:<http://www.epa.gov/air/particlepollution/standards.htm>. Accessed February 17, 2011.
18. Sribastava A, Jain VK. Relationships between indoor and outdoor Air quality in Delhi. *Indoor Built Environ* 2003; 12(3): 159-165.
19. Tippayawong N, Khuntong P, Wichit CN, Khunatorn Y, Tantakitti CC. indoor/outdoor relationships of size resolved particle concentrations in naturally ventilated school environments. *Build Envir* 2009; 44(1): 188-197.
20. Ramachandran G, Adgate JL, Pratt GC, Sexton K. Characterizing indoor and outdoor 15 minute average  $\text{PM}_{2.5}$  concentrations in urban neighborhoods. *Aerosol Sci Tech* 2003; 37(1): 33-45.
21. Saksen S, Uma R. Longitudinal study of indoor Particulate matter and its Relationship to outdoor concentrations in New Delhi, India. *Ind buil Environ* 2008; 17(6): 543-551.
22. Iran's Environmental Protection Agency. Tehran air pollution statistics. Tehran. Air pollution survey office. Iran Environmental Protection Agency publication. 1998 (Persian).
23. Mohammadyan M, Ashmore MR, Shabankhani B. Indoor  $\text{PM}_{2.5}$  Concentrations in the Office, Café, and Home. *Int J Occup Hyg* 2010; 2(2): 63-68.