

## Study of Suspended Air Particles and Health Risk Assessment of Exposure to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in One of the Textile Industries

Shojaee Barjoe S\*<sup>1</sup>, Azimzadeh H.R<sup>1</sup>, Hosseini Sangchi S.Z<sup>2</sup>

1. Department of Environment, School of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran

2. Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

\* *Corresponding author.* Tel: +989138368436, Fax: +983518210312, E-mail: said.shojaee71@gmail.com

Received: May 5, 2019

Accepted: Jul 18, 2020

### ABSTRACT

**Background & objectives:** Work-related illnesses account for a large number of social problems. According to occupational therapists, occupational diseases are considered as life-threatening factors for workers. The aim of this study was to measure air pollution to suspended particles and to assess the health risk of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> exposure in the textile industry.

**Methods:** This analytical-cross-sectional research was carried out in the spinning, knitting, and printing workshops of a textile factory. Samples were taken by using the Particle Mass Counter Model TES 5200 to measure mass density and number of environmental particles. Health Risk Assessment of skin, digestive and inhalation exposure to PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> was carried out according to EPA proposed method.

**Results:** The results showed that the highest particle mass density was measured in the Spinning-Weaving hall and the highest number density was detected in the Stanter-Printed hall. In both halls, the average mass density of total particles was determined lower than the occupational exposure limit of total suspended particles. In addition, the results detected that with increasing the dust diameter, the mass density of particles increased and subsequently their number density decreased. The risk index for non-cancer risk exposure to PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> was less than 1 and the cancer risk was less than 10<sup>-6</sup>.

**Conclusion:** Although, the cancerous and non-cancerous exposures to PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> were considered acceptable in the production line halls, but these particles may have adverse health effects on the employees, due to their chemical nature.

**Keywords:** Mass Density; Number Density; Suspended Particles; Cancer Risk; Non-Cancer Risk

# بررسی ذرات معلق هوا و ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با $PM_{10}$ و $PM_{2.5}$ در یکی از صنایع نساجی

سعید شجاعی برجویی<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا عظیم زاده<sup>۱</sup>، سیده زهرا حسینی سنگ چی<sup>۲</sup>

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران

\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۳۸۳۶۸۴۳۶. فکس: ۰۳۵۱۸۲۱۰۳۱۲. ایمیل: said.shojaee71@gmail.com

## چکیده

**زمینه و هدف:** بیماری‌های ناشی از کار، حجم بسیار زیادی از مشکلات جامعه را به خود اختصاص داده است. از نظر متخصصین طب کار، بیماری‌های شغلی به عنوان یک عامل تهدیدکننده زندگی کارگران تلقی می‌شود. این مطالعه با هدف اندازه‌گیری آلودگی هوا به ذرات معلق و ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در صنعت نساجی انجام شد. **روش کار:** پژوهش به صورت تحلیلی-مقطعی در سالن‌های ریسندگی-بافندگی و چاپ-استنتر یک کارخانه نساجی انجام شد. نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه Particle Mass Counter مدل TES 5200 برای اندازه‌گیری تراکم جرمی و تعداد ذرات محیطی صورت گرفت. ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه پوستی، گوارشی و استنشاقی با  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  به روش پیشنهادی EPA انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد بیشترین تراکم جرمی ذرات در سالن ریسندگی-بافندگی و بیشترین تراکم تعداد در سالن استنتر-چاپ است. در هر دو سالن تراکم متوسط جرمی مجموع ذرات پایین‌تر از حدود مواجهه شغلی برای گرد و غبار کلی تعیین گردید. نتایج دیگر نشان داد با افزایش قطر، تراکم جرمی ذرات افزایش یافته و به دنبال آن، تراکم تعداد آن‌ها کاسته می‌شود. شاخص خطر برای ریسک‌های غیرسرطانی مواجهه با  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  کوچکتر از یک و ریسک‌های سرطانی کوچکتر از  $10^{-6}$  محاسبه گردید.

**نتیجه‌گیری:** اگرچه ریسک‌های سرطانی و غیرسرطانی مواجهه با  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در سالن‌های خط تولید قابل قبول محاسبه گردید، ولی این ذرات به واسطه ماهیت شیمیایی خود ممکن است اثرات بهداشتی نامطلوبی بر سلامت کارکنان داشته باشند.

**واژه‌های کلیدی:** تراکم جرمی، تراکم تعداد، ذرات معلق، ریسک سرطانی، ریسک غیرسرطانی

پذیرش: ۹۹/۴/۲۸

دریافت: ۹۸/۲/۱۵

## مقدمه

غالباً به علت قرار گرفتن فرد در معرض مواد معدنی، مواد آلی، آلرژن‌ها یا مواد محرک در محل کار ایجاد می‌شوند و ممکن است باعث نارسائی حاد یا مزمن دستگاه تنفسی گردند (۲). مواجهه با غلظت بالای ذرات معلق به عنوان ریسک فاکتورهای بالقوه بیماری‌های مزمن ریوی در محیط‌های شغلی بسیار

بیماری‌های ناشی از کار، حجم بسیار زیادی از بروز مشکلات جامعه را به خود اختصاص داده اند که از نظر دست‌اندرکاران طب کار، بیماری‌های مذکور به عنوان یک عامل تهدیدکننده زندگی کارگران تلقی می‌شود (۱). بیماری‌های ریوی شغلی، بیماری‌هایی هستند که

شایع است (۳). مطالعات اپیدمیولوژیک ارتباط بین مواجهه با ذرات معلق و بروز عوارض حاد و مزمن تنفسی، سرطان ریه و بیماریهای قلبی عروقی را نشان داده اند (۴). طبق نتایج به دست آمده از مطالعات انجام شده، اثرات بهداشتی ذرات معلق به میزان بسیار زیادی به اندازه آنها بستگی دارد. در بسیاری از مطالعات ارتباط معنی داری بین مواجهه با ذرات معلق و میزان مرگ و میر مشاهده شده است (۵). ذرات معلق کلی<sup>۱</sup> دامنه وسیعی از اندازه شامل ذرات ریز، درشت و بسیار درشت را در بر می گیرد. اندازه این ذرات ممکن است به ۴۰۰ - ۳۰۰ میکرون نیز برسد اما معمولاً ذراتی که اندازه آنها از ۲۰ تا ۳۰ میکرون بیشتر است معلق نمی ماندند. ذرات قابل استنشاق ذراتی با قطر کوچکتر از ۱۰ میکرون هستند که تا نواحی تبادل گازی در ریه (آلوئولهای ریوی) می توانند نفوذ نمایند (۶). شدت مواجهه با ذرات معلق در مشاغل مختلف به نوع وظایف، فرآیندهای مورد استفاده در تولید و ماشین آلات مورد استفاده بستگی دارد (۷). به دلیل مواجهه با سطوح بالای ذرات معلق در مشاغل و محیطهای گوناگون، ارزیابی سطوح مواجهه افراد با ذرات آلاینده معلق مطالعات بسیاری از محققین را به خود معطوف کرده است. اصولاً شدت مواجهه با ذرات معلق بر اساس تراکم جرمی و تراکم تعداد ذرات معلق در هوا باید مورد ارزیابی قرار گیرد. اما معمولاً این ارزیابی بر اساس تراکم جرمی صورت می گیرد و تراکم تعداد ذرات معمولاً مد نظر نمی باشد (۸). تعدادی از مطالعات برای فهم بهتر تئوریکي مواجهه و جذب آنها یک پایه ایجاد کرده اند. قوی ترین فرضیه این است که متناسب با افزایش تعداد و سطح رویه ذرات، احتمال می رود تا توانایی ماکروفاژها در فاگوسیتوز ذرات ریز و جذب آنها به وسیله سلولهای اپیتلیال کاهش یابد. از این رو این ذرات می توانند به داخل بافتها راه یابند و باعث التهاب شوند (۹). لذا ضروری به نظر می رسد تا علاوه بر تراکم جرمی،

تراکم تعداد ذرات در ردیف اندازههای مختلف برای ارزیابی مواجهه در محیطهای کار صنعتی مورد توجه قرار گیرد. به علاوه از آن جایی که ذرات کوچکتر به قسمت های تحتانی تر دستگاه تنفسی نفوذ می کنند و پتانسیل بالاتری برای اعمال اثرات نامطلوب بهداشتی دارند، لزوم سنجش و ارزیابی ذرات در ردیف سایزهای مختلف و به خصوص کسر ریزتر ذرات احساس می شود. لذا تصور می شود صرفاً در نظر گرفتن تراکم جرمی و عدم توجه به تراکم تعداد در ارزیابی مواجهه با ذرات در محیطهای کار صنعتی ارزیابی صحیح و درستی از اثرات نامطلوب بهداشتی را بر روی ارگانهای بدن و به ویژه بافت ریه منعکس نخواهد کرد. در طول دو دهه اخیر صنعت نساجی رشد چشمگیری در ایران داشته است. فرآیند اصلی محصولات صنایع نساجی شامل ریسندگی، بافندگی، آهار زنی، آهارگیری، سفیدگری و رنگرزی می باشد. محصولات این صنایع انواع پارچه های نخی و پلاستیکی با مصرف مقادیر زیادی مواد رنگی، حلالها و ایاف طبیعی و مصنوعی است. در این صنعت کارگران در مواجهه پوستی، گوارشی و استنشاقی با ذرات معلق از جنس مواد رنگی، حلالها با خاصیت جهش زاایی و سرطان زاایی نظیر هیدروکربنهای آروماتیک بنزن، تولوئن، نفتالین، فنول و آنیلین، گرد و غبار ایاف مصنوعی و طبیعی هستند. در اکثر صنایع نساجی، سرطانهای نظیر ریه، کلورکتال، مثانه و سینه در بین کارگران شایع است. مواد رنگی، حلالها و ایافهای مصنوعی و طبیعی در اندازه و قطرهای مختلف از طریق دهان، بینی و پوست وارد بدن شده و سبب اثرات بهداشتی نامطلوب بر روی انسان می شوند. سرا و همکاران تعداد افراد مبتلا به سرطان مثانه در بیمارستانهای مرکزی اسپانیا که سابقه اشتغال در صنایع نساجی داشتند و در مواجهه با ایاف مصنوعی بودند، ۱۲۲ نفر تخمین زدند (۱۹). الیوت و همکاران در صنایع نساجی رابطه معنی داری بین سرطان شش و مواجهه با فیبر

<sup>1</sup> Total Suspended Particle

آئرودینامیکی ۰/۵، ۰/۷، ۱، ۲/۵، ۴، ۵، ۷، ۱۰ میکرون بر حسب ذره بر لیتر استفاده شد. همچنین تراکم جرمی ذرات با قطر آئرودینامیکی ۱، ۲/۵، ۴، ۵، ۷، ۱۰، ۱۰-۱۰ (TSP) میکرون بر حسب میکروگرم بر مترمکعب با این ابزار قرائت گردید. بعد از هربار نمونه برداری در هر سالن مجدداً دستگاه کالیبره شد. بعد از نمونه برداری، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری SPSS-22 استفاده شد. با انجام آزمون نرمالیت، نرمال بودن داده‌ها بررسی گردید و از آزمون‌های آماری تجزیه واریانس یک طرفه برای مقایسه مقادیر تراکم جرمی ذرات در اندازه‌های مختلف در بخش‌های مختلف استفاده شد. همچنین تراکم تعداد ذرات در دو حالت طبقاتی و تجمعی در هریک از سالن‌ها با رسم نمودار در Excel نشان داده شد.

#### ارزیابی ریسک بهداشتی

امروزه به کارگیری ابزارهایی برای پیش بینی میزان در خطر بودن کارگران به دلیل مواجهه تنفسی با آلاینده‌ها بسیار ضروری است. یکی از ابزارهای مفید در تعیین میزان ریسک ابتلا انسان به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی ارزیابی ریسک بهداشتی است. ارزیابی ریسک بهداشتی یک فرآیند سیستماتیک برای رسیدن به تخمینی از تمام ریسک فاکتورهای مرتبط تمام سناریوهای تماس وضعیت‌های پر مخاطره می‌باشد (۱۱). چهار مرحله کلیدی برای انجام ارزیابی ریسک بهداشتی شامل شناسایی خطر، رابطه تماس-واکنش، ارزیابی مقدار تماس و انجام ارزیابی ریسک برای یک جامعه است (۱۲). در این پژوهش ارزیابی ریسک بهداشتی غیرسرطانی و سرطانی مواجهه با  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در صنعت نساجی با استفاده از روش ارائه شده توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست امریکا صورت گرفت. برای انجام ارزیابی ریسک بهداشتی غیرسرطانی مراحل به شرح زیر انجام شد: ابتدا مواجهه کارگران با ذرات به سه روش استنشاق از

مصنوعی یافتند (۲۰). لومیس و همکاران رابطه قوی بین مرگ و میر ناشی از سرطان شش و فیبرهای با طول ۵-۱۰ میکرون و کوچکتر از ۰/۲۵ میکرون در صنعت نساجی پیدا کردند (۲۱). با توجه به مطالب ذکر شده به دلیل بالابودن ریسک بروز اثرات غیرقابل برگشت برای سلامتی کارگران این صنعت، لازم است مطالعات علمی به ارزیابی میزان و عوارض مواجهه با ذرات معلق در این صنعت پرداخته شود. این مطالعه با هدف ارزیابی مواجهه کارگران با ذرات معلق بر اساس تراکم جرمی و تعداد و ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در یکی از واحدهای نساجی انجام شد.

#### روش کار

پژوهش به صورت مقطعی-تحلیلی در یکی از واحدهای نساجی شهرستان نجف آباد اصفهان انجام گرفت. واحد تولیدی مذکور شامل دو سالن ریسندگی-بافندگی و سالن چاپ-استنتر بود. به منظور افزایش دقت مطالعه اقدام به تخمین حد کفایت نمونه شد. برای تعیین حجم نمونه از فرمول کربز (۱۹۹۹) استفاده شد:

$$N_{\text{sample}} = (t_{\alpha}^2 \cdot CV^2) / d^2 \quad (1)$$

که در آن  $t_{\alpha}^2$  مقدار t بسته به سطح معنی‌داری و درصد اطمینان متفاوت خواهد بود که بر اساس جدول مربوطه تعیین می‌گردد، CV ضریب تغییرات و d نسبت صحت مورد نیاز و  $N_{\text{sample}}$  تعداد نمونه مورد نیاز است (۱۰). بعد از تخمین حد کفایت نمونه، نمونه برداری از هوای محیط کار سالن‌های ریسندگی-بافندگی و چاپ-استنتر به صورت شبکه منظم با فواصل  $1/5 \times 1/5$  متر پس از کالیبراسیون دستگاه نمونه بردار صورت گرفت. از دستگاه شمارنده ذرات قرائت مستقیم Particle Mass Counter مدل TES 5200 برای سنجش تراکم تعداد در دو حالت تجمعی<sup>۱</sup> و طبقاتی یا افتراقی<sup>۲</sup> برای ذرات با قطر

<sup>2</sup> Differential

<sup>1</sup> Cumulative

می‌باشد. بعد از محاسبه پارامترهای فوق، پتانسیل خطر (QH) برای اثرات غیرسرطانی  $PM_{10}$  محاسبه شد (۲۷). پارامتر HQ بیانگر نسبت غلظت آلاینده موجود در محیط به دُز رفرنس ( $RfD$ ) آن می‌باشد که مطابق فرمول ۶ محاسبه می‌شود.

$$HQ = D_{ing} + D_{inh} + D_{dermal} / RfD \quad (۶)$$

در این فرمول پارامتر  $D$  بیانگر دُز مواجهه روزانه برای هر سه روش مواجهه و  $RfD$  بیانگر دُز رفرنس مواجهه است [۱۳]. مقدار  $RfD$  برای  $PM_{10}$  برابر با  $1/1 \times 10^{-2}$  میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز و برای  $PM_{2.5}$  برابر با  $1/5 \times 10^{-4}$  در نظر گرفته می‌شود (۱۲) و (۱۳). پارامتر HI بیانگر شاخص خطر به عبارتی بیانگر پتانسیل کل ریسک‌های غیرسرطانی مواجهه با  $PM_{10}$  می‌باشد که از طریق جمع کل HQهای مربوط به هر روش مواجهه به دست می‌آید. در صورتی که مقادیر حاصل از محاسبه این پارامتر کوچکتر از ۱ باشد، ریسک معنی‌داری برای ایجاد خطرات غیرسرطانی وجود ندارد. در صورتی که مقادیر این شاخص بزرگتر از ۱ باشد احتمال وقوع ریسک‌های غیرسرطانی امکان‌پذیر است. برای محاسبه ریسک‌های سرطانی مواجهه با  $PM_{10}$  از رابطه ۷ استفاده شد.

$$R = ADD \times SF \quad (۷)$$

که در این رابطه پارامتر SF بیانگر فاکتور شیب سرطان می‌باشد. فرمول فوق به شکل رابطه ۸ ساده می‌شود.

$$Risk_{total} = Risk_{ing} + Risk_{inh} + Risk_{dermal} \quad (۸)$$

فاکتور شیب سرطان برای  $PM_{10}$  برابر با  $2 \times 10^{-6}$  میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد (۱۳). مقادیر فاکتور شیب سرطان برای  $PM_{2.5}$  ارائه نشده است. آژانس حفاظت از محیط‌زیست امریکا ریسک‌های سرطانی بین  $10^{-6}$  (یک نفر از ۱۰۰۰۰۰۰ نفر) و  $10^{-4}$  (یک نفر از ۱۰۰۰۰ نفر) را قابل قبول در حالی که ریسک‌های بیشتر از  $10^{-4}$  که بیانگر احتمال وقوع ریسک‌های سرطانی است را غیرقابل قبول می‌داند و بنابراین باید اقدامات جدی در رابطه با کنترل منابع

طریق بینی، گوارشی از طریق دهان، جذب پوستی با چسبیدن ذرات به پوست صورت گرفت. دُز مواجهه روزانه ( $D$ ) به صورت جداگانه برای هریک از روش‌های مواجهه طبق روابط ۲، ۳، ۴ و مجموع آن‌ها طبق رابطه ۵ محاسبه گردید.

$$D_{ing} = (C \times R_{ing} \times EF \times ED \times CF) / (BW \times AT) \quad (۲)$$

$$D_{inh} = (C \times R_{inh} \times EF \times ED) / (BW \times AT \times PEF) \quad (۳)$$

$$(۴)$$

$$D_{dermal} = (C \times SA \times SL \times ABS \times EF \times ED \times CF) / (BW \times AT)$$

$$ADD = D_{ing} + D_{inh} + D_{dermal} \quad (۵)$$

در معادلات فوق، پارامترهای  $C$  بیانگر متوسط تراکم جرمی  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  (بر حسب میلی‌گرم بر مترمکعب)،  $D_{ing}$  دُز مواجهه روزانه به طریق بلعیدن (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز)،  $D_{inh}$  دُز مواجهه روزانه به طریق استنشاق (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز)،  $D_{dermal}$  دُز مواجهه روزانه به طریق جذب پوستی (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز)،  $ADD$  میانگین دُز روزانه (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز)،  $BW$  وزن متوسط بدن که ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته می‌شود،  $R_{ing}$  نرخ بلعیدن که برای کارگران برابر با ۱۰۰ میلی‌گرم در روز است،  $R_{inh}$  نرخ استنشاق که برای کارگران ۲۰ مترمکعب در روز در نظر گرفته می‌شود،  $PEF$  بیانگر فاکتور انتشار ذرات که برابر با  $1/36 \times 10^9$  بر حسب مترمکعب بر کیلوگرم است،  $SA$  ناحیه‌ای از پوست که در تماس با ذرات هوا برد می‌باشد. مقدار این پارامتر ۵۷۰۰ سانتی‌متر مربع است.  $SL$  فاکتور چسبندگی پوست است که برابر با ۰/۰۷ میلی‌گرم بر مترمکعب می‌باشد.  $EF$  بیانگر فراوانی مواجهه و مقدار آن برابر با ۱۸۰ روز در سال می‌باشد.  $ED$  بیانگر زمان مواجهه کارگران که برابر با ۳۰ سال،  $AT$  بیانگر میانگین مواجهه برای ریسک‌های سرطانی برابر  $180 \times 70$  روز و برای ریسک‌های غیرسرطانی  $ED \times EF$  روز می‌باشد.  $ABS$  فاکتور جذب پوستی که ۰/۰۰۱ (بدون واحد) در نظر گرفته می‌شود.  $CF$  فاکتور تبدیل که مقدار آن برابر با  $1 \times 10^{-6}$  میلی‌گرم بر کیلوگرم

سالن‌های ریسندگی- بافندگی و چاپ- استنتر از نظر تراکم جرمی  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$ ،  $PM_{1}$ ،  $PM_{0.5}$ ،  $PM_{0.1}$  و TSP ( $p=0.14$ ) و هوا اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ولی از نظر غلظت  $PM_{10}$  ( $p=0.00$ ) و بیشترین تراکم جرمی  $PM_{10}$  و  $PM_{1}$  در سالن چاپ- استنتر اندازه‌گیری شد (شکل ۱).

جدول ۱. تراکم جرمی ذرات معلق در سالن‌های ریسندگی- بافندگی و چاپ- استنتر نساجی بر حسب میکروگرم بر مترمکعب

سالن ذرات معلق	ریسندگی و بافندگی		چاپ و استنتر		جمع
	انحراف میانگین معیار	انحراف میانگین معیار	انحراف میانگین معیار	انحراف میانگین معیار	
$PM_{10}$	۴/۹۸	۱/۷۶	۳۹/۷۸	۱۳/۷۳	۴۴/۷۶
$PM_{2.5}$	۵۵/۸۴	۲۳/۵۴	۱۹۹/۰۰	۱۷۳/۴۷	۲۵۴/۸۴
$PM_{1}$	۱۹۴/۰۲	۸۰/۳۷	۲۲۱/۴۶	۱۸۵/۵۴	۴۱۵/۴۸
$PM_{0.5}$	۳۲۶/۱۷	۱۴۳/۱۱	۲۴۲/۹۵	۱۸۵/۶۳	۵۶۹/۱۲
$PM_{0.1}$	۳۸۳/۳۰	۱۶۵/۷۳	۲۵۸/۸۷	۱۸۴/۵۸	۶۴۲/۰۸
TSP	۴۲۵/۳۰	۱۸۶/۲۲	۲۸۴/۱۹	۱۸۲/۹۹	۷۰۹/۴۹
جمع	۱۳۸۹/۶۱	۶۰۰/۷۳	۱۲۴۶/۳۴	۹۲۵/۹۴	۲۶۳۵/۷۷

آلاینده یا عملیات کنترل مهندسی و غیر مهندسی صورت گیرد (۲۶).

### یافته‌ها

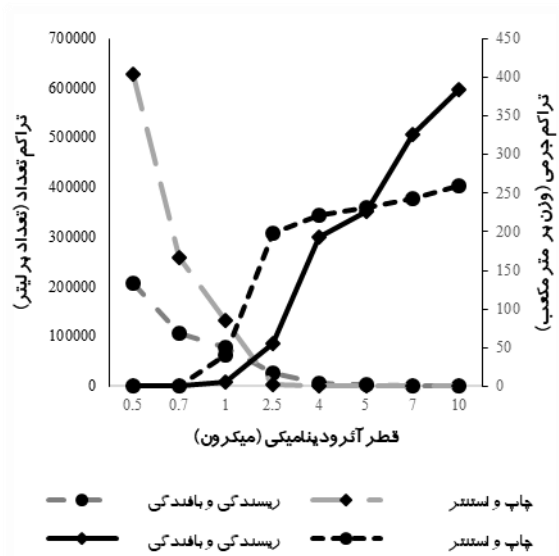
با تخمین حد کفایت نمونه، در مجموع ۶۵ نمونه برای ارزیابی تراکم جرمی و تعداد ذرات معلق در صنعت مورد بررسی برداشت گردید. نتایج اندازه‌گیری تراکم جرمی ذرات معلق فارغ از قطر آئرودینامیکی آن‌ها نشان داد، مجموع تراکم متوسط جرمی ذرات معلق در این صنعت برابر با  $۲۶۳۵/۷۷$  میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد که مقادیر این ذرات در سالن‌های ریسندگی- بافندگی و چاپ- استنتر به ترتیب برابر با  $۱۳۸۹/۶۱$  و  $۱۲۴۶/۳۴$  میکروگرم بر مترمکعب است. تراکم جرمی  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$ ،  $PM_{1}$ ،  $PM_{0.5}$  و TSP در این صنعت به ترتیب  $۵۵۲/۱۰$ ،  $۳۲۲۵/۸۰$ ،  $۵۵۶۷/۹۰$ ،  $۷۸۰۸/۱۰$  و  $۸۸۵۶$  میکروگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد (جدول ۱). نتایج حاصل از آزمون آماری تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد

جدول ۲. آزمون تجزیه واریانس تراکم جرمی ذرات معلق با قطرهای متفاوت در سالن‌های مختلف صنعت نساجی

منابع تغییرات آزادی	درجه	میانگین مربعات				
		TSP	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_{1}$	$PM_{0.5}$
سالن	۱	$1332756/28^{ns}$	$103210/53^{ns}$	$56164/90^{ns}$	$5022/13^{ns}$	$136635/08^*$
خطا	۲۰	$30373/71$	$30373/71$	$26632/25$	$18766/41$	$13551/73$

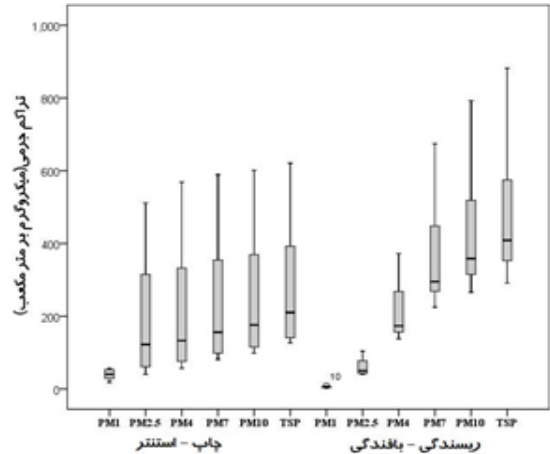
نسبت به سالن چاپ- استنتر بیشتر است (شکل ۲ و ۳). همانگونه که در نتایج دیگر این پژوهش منعکس است، با افزایش قطر آئرودینامیکی ذرات از فراوانی تعداد آن کاسته شده و بر جرم آن افزوده می‌شود به طوری که بیشترین تعداد ذرات، کمترین وزن و کمترین تعداد ذرات، بیشترین وزن را دارا می‌باشند (شکل ۴).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری تراکم تعداد ذرات در دو حالت افتراقی و تجمعی در سالن‌های این صنعت نشان داد؛ بیشترین تعداد ذرات در سالن چاپ و استنتر نساجی به میزان  $۱۸۴۴۹۸۶$  ذره بر لیتر در حالت افتراقی و  $۱۰۲۶۱۸۱$  ذره بر لیتر در حالت تجمعی است. همچنین نتایج نشان داد تقریباً ۷۰ درصد فراوانی ذرات در سالن چاپ و استنتر مربوط به ذرات  $0.5$  میکرون است در حالی که در سالن ریسندگی و بافندگی سهم این ذرات حدود ۳۰ درصد می‌باشد. نتایج فراوانی تعداد ذرات با قطر  $2.5$  و  $10$  میکرون در هر یک از سالن‌ها نشان داد فراوانی تعداد ذرات  $2.5$  و  $10$  میکرون در سالن ریسندگی- بافندگی

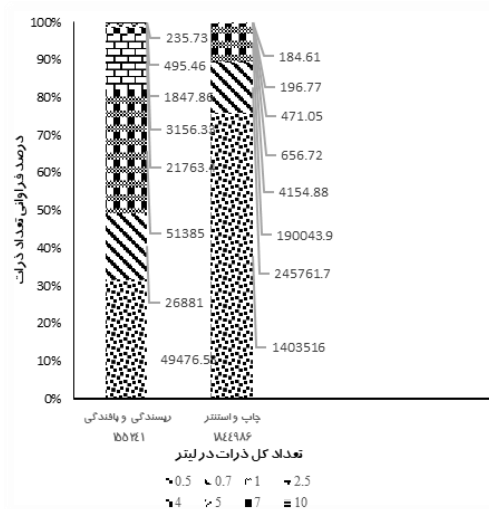


شکل ۴. رابطه تراکم متوسط جرمی و تراکم متوسط تعداد ذرات در سالن ریسندگی-بافندگی و چاپ-استنتر

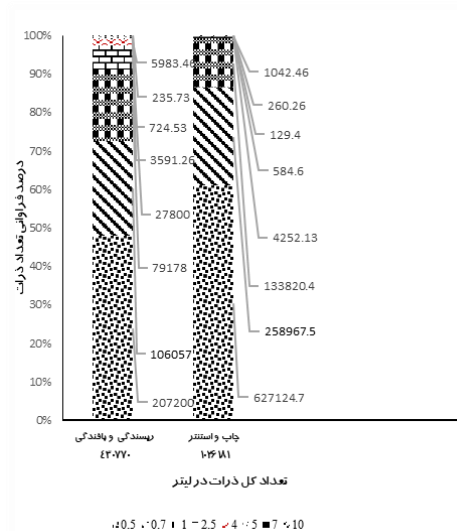
بعد ارزیابی تراکم جرمی ذرات محیطی در هر یک از سالن‌های خط تولید، برای ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  از فرمول پیشنهادی EPA استفاده شد. بدین منظور دز مواجهه روزانه به سه روش مواجهه برای ریسک‌های سرطانی و غیرسرطانی محاسبه شد. از آن جایی که فاکتور شیب سرطان برای  $PM_{2.5}$  ارائه نشده است، مقادیر دز مواجهه روزانه برای ریسک‌های سرطانی مواجهه با  $PM_{2.5}$  محاسبه نگردید. نتایج دز مواجهه روزانه با  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  برای ریسک‌های سرطانی و غیرسرطانی به سه روش مواجهه، به صورت  $D_{ingest} > D_{dermal} > D_{inhalation}$  رتبه بندی شد. مقادیر دز مواجهه روزانه با  $PM_{2.5}$  در سالن چاپ-استنتر بیشتر از سالن ریسندگی-بافندگی به دست آمد. همچنین مقادیر این دز برای مواجهه با  $PM_{10}$  در سالن ریسندگی-بافندگی بیشتر از سالن چاپ و استنتر تخمین زده شد (جدول ۳ و ۴).



شکل ۱. نمودار جعبه ای تراکم جرمی ذرات با قطرهای آئرو دینامیکی مختلف در سالن‌های کارخانه نساجی مورد بررسی



شکل ۲. فراوانی متوسط تعداد ذرات در حالت افتراقی در دو سالن ریسندگی و بافندگی، چاپ و استنتر



شکل ۳. فراوانی متوسط تعداد ذرات در حالت تجمعی در دو سالن ریسندگی و بافندگی، چاپ و استنتر

جدول ۳. مقادیر دز مواجهه روزانه برای ریسک‌های غیرسرطانی PM<sub>10</sub> و PM<sub>2.5</sub>

ذرات	سالن	D <sub>ingest</sub>	D <sub>dermal</sub>	D <sub>inhalation</sub>	ADD (mg/kg.day)
PM <sub>۲/۵</sub>	ریسندگی - بافندگی	$1/15 \times 10^{-4}$	$3/18 \times 10^{-7}$	$1/17 \times 10^{-8}$	$1/59 \times 10^{-4}$
	چاپ - استنتر	$5/6 \times 10^{-4}$	$1/13 \times 10^{-6}$	$4/18 \times 10^{-8}$	$5/69 \times 10^{-4}$
PM <sub>۱۰</sub>	ریسندگی - بافندگی	$1/0 \times 10^{-3}$	$2/18 \times 10^{-6}$	$8/05 \times 10^{-8}$	$1/09 \times 10^{-3}$
	چاپ - استنتر	$7/3 \times 10^{-4}$	$1/47 \times 10^{-6}$	$5/43 \times 10^{-8}$	$7/41 \times 10^{-4}$

جدول ۴. مقادیر دوز مواجهه روزانه برای ریسک‌های سرطانی PM<sub>10</sub>

ذرات	سالن	D <sub>ingest</sub>	D <sub>dermal</sub>	D <sub>inhalation</sub>	ADD (mg/kg.day)
PM <sub>۱۰</sub>	ریسندگی - بافندگی	$4/69 \times 10^{-4}$	$9/36 \times 10^{-7}$	$3/45 \times 10^{-8}$	$4/70 \times 10^{-4}$
	چاپ - استنتر	$3/17 \times 10^{-4}$	$6/32 \times 10^{-7}$	$2/33 \times 10^{-8}$	$3/17 \times 10^{-4}$

سه‌م برای روش مواجهه تنفسی محاسبه شد (جدول ۵).

همچنین ریسک سرطانی برای افراد مواجهه با PM<sub>۱۰</sub> به علت کوچکتر بودن نمره ریسک سرطانی از عدد  $10^{-6}$ ، قابل قبول به دست آمد (جدول ۶).

نتایج شاخص خطر ریسک‌های غیرسرطانی برای افراد مواجهه با PM<sub>۲/۵</sub> و PM<sub>۱۰</sub> در دو سالن مورد بررسی نشان داد، به علت کوچک بودن مقادیر پتانسیل خطر (HQ) سه روش مواجهه از عدد یک، ریسک‌های غیرسرطانی در سطوح ایمن می‌باشد. بیشترین سهم پتانسیل خطر برای روش مواجهه گوارشی و کمترین

جدول ۵. مقادیر پتانسیل خطر و شاخص خطر برای ریسک‌های غیرسرطانی PM<sub>10</sub> و PM<sub>2.5</sub>

ذرات	سالن	HQ <sub>ingest</sub>	HQ <sub>dermal</sub>	HQ <sub>inhalation</sub>	HI
PM <sub>۲/۵</sub>	ریسندگی - بافندگی	$1/87 \times 10^{-1}$	$3/74 \times 10^{-4}$	$1/38 \times 10^{-5}$	$1/8 \times 10^{-1}$
	چاپ - استنتر	$6/68 \times 10^{-1}$	$1/33 \times 10^{-3}$	$4/91 \times 10^{-5}$	$6/70 \times 10^{-1}$
PM <sub>۱۰</sub>	ریسندگی - بافندگی	$9/95 \times 10^{-2}$	$1/99 \times 10^{-4}$	$7/32 \times 10^{-6}$	$9/97 \times 10^{-2}$
	چاپ - استنتر	$6/72 \times 10^{-2}$	$1/34 \times 10^{-4}$	$4/94 \times 10^{-6}$	$6/73 \times 10^{-2}$

جدول ۶. ریسک‌های سرطانی PM<sub>10</sub>

ذرات	سالن	R <sub>ingest</sub>	R <sub>dermal</sub>	R <sub>inhalation</sub>	ریسک
PM <sub>۱۰</sub>	ریسندگی - بافندگی	$9/38 \times 10^{-10}$	$1/87 \times 10^{-12}$	$6/90 \times 10^{-14}$	$1/87 \times 10^{-12}$
	چاپ - استنتر	$6/33 \times 10^{-10}$	$1/26 \times 10^{-12}$	$4/66 \times 10^{-14}$	$18/26 \times 10^{-12}$

### بحث

ارزیابی شد. شاخص تراکم جرمی و تعداد به ترتیب بیانگر وزن و تعداد ذرات در مترمکعب هوا است. مرور منابع نشان داد، اکثر سنجش‌های آلودگی هوای صنایع مبتنی بر شاخص تراکم جرمی می‌باشد و کمتر بر اساس شاخص تراکم تعداد صورت گرفته است. از آن جا که استانداردهای آلودگی محیط کار به عبارتی

این پژوهش با دو هدف بررسی میزان آلودگی هوا به ذرات معلق و ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با PM<sub>۲/۵</sub> و PM<sub>۱۰</sub> در سالن‌های خط تولید یک صنعت نساجی صورت گرفت. میزان آلودگی هوا در این صنعت با دو شاخص تراکم جرمی و تراکم تعداد



حد توصیه شده مجاز بر حسب میلی گرم بر مترمکعب (نه تعداد ذره بر لیتر) می باشد، اکثر اندازه گیری ها بر مبنای تراکم جرمی صورت گرفته است. در این پژوهش با استفاده از شاخص تراکم جرمی مشخص گردید که وضعیت کیفیت هوا در سالن ریسندگی- بافندگی و سالن چاپ- استنتر مطلوب است. بیشترین تراکم متوسط جرمی ذرات فارغ از اندازه آن ها در سالن ریسندگی- بافندگی برابر با  $1389/61$  میکروگرم بر مترمکعب و کمترین در سالن استنتر- چاپ به میزان  $1246/34$  میکروگرم بر مترمکعب اندازه گیری شد که این مقادیر کمتر از حدود مجاز مواجهه (TLV) برای گرد و غبار کلی (۵ میلی گرم بر مترمکعب) هستند (۱۴). بر عکس بیشترین تراکم تعداد ذرات در دو حالت جمعی و افتراقی در سالن چاپ- استنتر و کمترین در سالن ریسندگی- بافندگی اندازه گیری شد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد سالن های این صنعت از لحاظ تراکم جرمی  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  دارای اختلاف معنی داری هستند. متوسط تراکم جرمی  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در سالن ریسندگی- بافندگی به ترتیب  $383/30$  و  $55/84$  میکروگرم بر مترمکعب و در سالن چاپ- استنتر  $258$  و  $199$  میکروگرم بر مترمکعب اندازه گیری شد. در راستای مطالعه حاضر، کرمانی و همکاران در پژوهشی با هدف اندازه گیری تراکم متوسط جرمی  $PM_{10}$  در سایت های مختلف مجتمع کمپوست کهریزک تهران به این نتیجه رسیدند که بین سایت از نظر تراکم جرمی  $PM_{10}$  اختلاف معنی داری وجود دارد به طوری که تراکم متوسط جرمی  $PM_{10}$  در سایت پالایش برابر با  $2557$  میکروگرم بر مترمکعب و در سایت هوادهی  $143$  میکروگرم بر مترمکعب است (۲۲). فرخی و همکاران توانستند تراکم جرمی و تراکم تعداد ذرات معلق در سالن های مختلف یک کارخانه UPVC اندازه گیری کنند. فارغ از اندازه ذرات، بیشترین تراکم جرمی و تعداد به ترتیب با مقادیر  $99422$  میکروگرم بر مترمکعب و  $3842066$  ذره بر لیتر در سالن

موادسازی و کمترین در سالن اکسترودر با مقادیر  $2975$  میکروگرم بر مترمکعب و  $807017$  ذره بر لیتر اندازه گیری شد. مجموعاً تراکم متوسط جرمی و تعداد ذرات در صنعت UPVC به ترتیب  $39313$  میکروگرم بر مترمکعب و  $6295221$  ذره بر لیتر اندازه گیری شد که بالاتر از مقادیر اندازه گیری شده در صنعت نساجی مورد بررسی می باشد ( $2635/77$  میکروگرم بر مترمکعب و  $1000113$  ذره بر لیتر). همچنین در این پژوهش تراکم متوسط جرمی  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$ ،  $PM_{10}$ ،  $PM_{10}$  و TSP در هریک از سالن ها اندازه گیری شد و نتایج آن ها نشان داد سالن های مذکور برای ذرات معلق به استثناء  $PM_{10}$  دارای اختلاف معنی داری هستند بیشترین تراکم جرمی این ذرات در سالن آسیاب به علت فرآیندهای مکانیکی و کمترین در سالن اکسترودر است (۱۵).

نتایج دیگر پژوهش حاضر نشان داد، بیشترین سهم تراکم جرمی و تراکم تعداد ذرات اندازه گیری شده به ترتیب مربوط به ذرات  $10$  و  $0.5$  میکرون و کمترین به ترتیب مربوط به ذرات  $1$  و  $10$  میکرون است. در این مورد، مطالعه ساجدی فر و همکاران نشان داد، بین تراکم جرمی و تعداد به عنوان دو شاخص ارزیابی ذرات تطابقی وجود ندارد و با کوچک تر شدن قطر ذرات این عدم تطابق مشهودتر است (۱۶). بیشترین تعداد ذرات در گروه ذرات بسیار ریز قرار می گیرند. این ذرات از نظر مساحت سطح، غالب ترین ذرات معلق هوا می باشد ولی سهم اندکی در میزان جرم کلی ذرات معلق هوا دارند. این بخش از ذرات معلق به طور عمده از احتراق ناشی شده و در مرحله بعد به عنوان ذرات ثانویه از تبدیل گاز به ذره ایجاد می شوند. این ذرات ذاتاً ناپایدار هستند و از طریق انعقاد و فشردگی به ذرات بزرگتر تبدیل می شوند. از آن جایی که با کوچکتر شدن اندازه ذرات، با فرض حجم یکسان، نسبت سطح به حجم ذرات افزایش می یابد و با در نظر گرفتن این واقعیت که افزایش سطح ذرات، علیرغم دارا بودن ترکیب شیمیایی

یکسان، قادر است یک ماده خنثی و بی اثر را به یک ماده سمی تبدیل کند و واکنش‌های بسیار متفاوتی را با مایعات زیستی و سلول‌ها داشته باشد، بالطبع باعث افزایش اثرات نامطلوب بهداشتی آن می‌شود. به دلیل اینکه انسان‌ها بخش زیادی از زمانشان را در محیط‌های کار می‌گذرانند، بنابراین اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با ذرات معلق مخصوصاً در این چنین محیط‌هایی مورد توجه خاص می‌باشد. وجود سیستم استنتر و در انتهای آن اتاقک‌های خشک کن و گرمایش پارچه عامل انتشار ۷۰ درصد ذرات ۰/۵ میکرون در سالن چاپ و استنتر می‌باشد. تبخیر مواد شیمیایی آلی نظیر رنگ‌ها و حلال‌ها در این سالن از دلایل دیگر وجود این ذرات در هوا است. در سالن ریسندگی-بافندگی، سیستم‌های نخ ریزی رومی متعدد در اثر فرآیندهای مکانیکی شدید باعث انتشار پرزهای ایاف کوتاه جدا شده به شکل ذرات معلق در هوا می‌شود. مدیریت به منظور تصمیم‌گیری و نیز برنامه‌ریزی اقدامات کنترلی موثر، لازم است به ابزار ارزیابی ریسک مجهز شوند. همچنین برای دستیابی به اهداف بهداشتی، باید ارتباط میان مواجهه با آلاینده‌ها و ریسک‌های بهداشتی مرتبط با آن‌ها شناسایی و برآورد شود. با استفاده از تکنیک ارزیابی ریسک بهداشتی می‌توان یک ارزیابی جامع از میزان مواجهه کارکنان با عوامل مخاطره‌آمیز بهداشتی نظیر  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  به عنوان ذرات معلق شاخص انجام داد و در مورد پیش بینی تمهیدات کنترلی، آموزش بیشتر کارکنان، پایش و مراقبت‌های بهداشتی برای حفاظت کارکنان در مقابل مواجهه با  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در محیط کار تصمیم‌گیری نمود. همان طور که ذکر گردید فرآیند ارزیابی ریسک بهداشتی شامل چهار مرحله اساسی شناسایی خطر، رابطه تماس-واکنش، ارزیابی مقدار تماس و انجام ارزیابی ریسک می‌باشد. در این پژوهش کارکنان صنعت مورد مطالعه ۲۳ نفر تعیین گردید. نوع خطر، مواجهه با ذرات معلق شاخص  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  به سه طریق گوارشی، پوستی و

استنشاقی شناسایی شد. بعد از ارزیابی تراکم متوسط جرمی  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در هر یک از سالن‌ها اقدام به ارزیابی ریسک بهداشتی به دو شکل سرطانی و غیرسرطانی شد. نتایج نشان داد در صورتی که روزانه هر کارگر ۸ ساعت مواجهه با  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  داشته باشد و روزهای مواجهه با  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در یک سال، ۱۸۰ روز باشد، ریسک‌های سرطانی و غیرسرطانی در این صنعت قابل قبول است. بیشترین روش مواجهه در این صنعت به شکل گوارشی تخمین زده شد. تاکنون مطالعات مختلفی در رابطه با مواجهه کارگران صنعت نساجی با گرد و غبار و بروز انواع بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی انجام شده است. فانگ و همکاران در یک بررسی کهورت ۳۰ ساله بر روی ۴۴۴ کارگر که در صنعت نساجی شانگهای در مواجهه با گرد و غبار پنبه بودند، توانستند رابطه معنی‌داری بین مواجهه با گرد و غبار پنبه با مرگ در اثر سرطان ریه، معده و روده نشان دهند (۲۳). همچنین چانگ و همکاران در یک مطالعه کهورت بر روی ۲۶۷۴۰۰ خانم شاغل در یکی از صنایع نساجی توانستند رابطه بین مواجهه با گرد و غبار پارچه و ابتلا به سرطان صفراوی بیابند. آن‌ها بیان داشتند مواجهه طولانی مدت با گرد و غبار و اشتغال در بخش‌های اصلی این صنعت می‌تواند نقش معنی‌داری در وقوع ریسک ابتلا به سرطان صفراوی داشته باشد (۲۴). اگرچه مطالعات متعدد تخصصی در رابطه ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در این صنعت کم مشاهده می‌شود اما مطالعاتی در راستای ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با  $PM_{10}$  در شرایط و مکان‌های غیرصنعتی انجام شده است. نمونه ای از چنین تحقیقاتی در مطالعه محمد و همکاران می‌توان اشاره نمود. در این پژوهش ریسک‌های سرطانی و غیرسرطانی مواجهه تنفسی، گوارشی و پوستی با  $PM_{10}$  در نواحی مختلف شهر ماخاه عربستان سعودی را قابل قبول تخمین زده شد. همچنین در این مطالعه همانند پژوهش حاضر مشخص شد بیشترین مواجهه

محاسبه گردید ولی به علت مصرف مواد شیمیایی مختلف نظیر انواع رنگ‌ها، حلال‌ها و نیز ایاف‌های مصنوعی و طبیعی در این صنعت، ذرات معلق هوای با ماهیت شیمیایی خاص خود ممکن است سبب بروز انواع بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی در کارکنان شود. بنابراین شناسایی ریسک‌های سرطانی و غیرسرطانی از نظر ماهیت ذرات اهمیت دارد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مدیر عامل محترم شهرک صنعتی نجف آباد جهت همکاری در انجام این پژوهش ابراز می‌دارند.

افراد به طریق گوارشی است (۱۲). ددنون و همکاران ریسک‌های غیرسرطانی مواجهه با  $PM_{10}$  را قابل قبول تخمین زدند (۱۷). شفیع پور مطلق و همکاران ریسک‌های غیرسرطانی افراد مواجهه با  $PM_{10}$  در پایانه مسافربری بی‌هقی را قابل قبول و ریسک‌های غیرسرطانی رانندگان، کارکنان اداری و کارکنان محوطه غیر قابل قبول راتخمین زدند و پیش‌بینی کردند که احتمال ابتلا ۵ نفر به انواع بیماری‌های سرطانی همچنان وجود دارد (۱۸).

### نتیجه گیری

هرچند در این مطالعه ریسک‌های سرطانی و غیرسرطانی مواجهه با  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در سطح ایمن

### References

- 1- Parsi B. Determining the pulmonary function test indices in the labors at school equipment manufacturing company in Sari-Iran in 2008. Iran South Med J. 2011; 14 (2) :106-113. [In Persian]
- 2- Majdi MR, Rafiee Manesh E, Ehteshamfar SM, Fahol MJ, Masoudi S. Study of occupational lung diseases in Turquoise Mine workers. Iran Occup Health. 2009; 6(2): 31-37. [In Persian]
- 3- Shojaee Barjoe S, Azimzadeh HR. Comparison of work environment air quality and application of geostatistic technique in the spatial distribution of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  in a number of industrial workshops. Occup Med Q J. 2020; 11 (4): 23-35. [In Persian]
- 4- de Kok TM, Drieece HA, Hogervorst JG, Briedé JJ. Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: a review of recent studies. Mutat Res Rev Mutat Res. 2006; 613(2): 103-22.
- 5- Riediker M, Cascio WE, Griggs TR, Herbst MC, Bromberg PA, Neas L, et al. Particulate Matter Exposure in Cars Is Associated with Cardiovascular Effects in Healthy Young Men. Am J Respir Crit Care Med. 2004; 169(8): 934-40.
- 6- Doshman fana yazdy F. Air monitoring in the workplace Volume 2: fan avaran; 2011. p: 1-256.
- 7- Shojaee Barjoe S, Azimzadeh H, MoslehArani A, Kuchakzadeh M. Occupational monitoring and health risks assessment of respiratory exposure to dust in an industrial unit of production Khak-e-Chini. Occup Med Q J. 2019; 11 (3):14-25. [In Persian]
- 8- Hygienists A, Vincent JH, editors. Particle size-selective sampling of particulate air contaminants. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 1999. p: 1-240.
- 9- Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. Stat Methods Med Res. 1999; 8(2): 135-60.
- 10- Shojaee Barjoe S, Azimzadeh H, MoslehArani A, Elmi M. Spatial Distribution of Toxicity Unit Index and Environmental Risk Assessment of Some Heavy Metals in Industrial Dust of Ardakan county Based on Geostatistical Analysis in 2018. J Torbat Heydariyeh Univ Med Sci. 2020; 7(4):58-70. [In Persian]
- 10-Golbabaie F, Ghahri A, Mahdizadeh M, Ghiyathoddin M, Mohajer K, Skandari D. Risk assessment of welders` exposure to total fume in an automobile industry. J Mod Rehabil. 2012; 1(1): 9-18
- 11-Zheng N, Liu J, Wang Q, Liang Z. Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. Sci Total Environ. 2010; 408(4): 726-733.
- 12-Mohammed M. Estimation of  $PM_{10}$  Health Impacts on Human within Urban Areas of Makkah city, KSA. Preprints. 2017. 1-11.

- 13- de Oliveira BF, Ignotti E, Artaxo P, do Nascimento Saldiva PH, Junger WL, Hacon S. Risk assessment of PM 2.5 to child residents in Brazilian Amazon region with biofuel production. *Environ Health*. 2012; 11(1):1-1.
- 14-ACGIH Monograph. TLVs and BEIs, threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: Signature Publications. 2011. p: 1-288.
- 15-Faroki H, Shiyardeh M, Shojaee S. An investigation of mass concentration, number, and distribution of dust particles in the main parts of the UPVC factory. *Stud Sci Environ*. 2019; 1 (4): 954-964. [In Persian]
- 16-Sajedifar J, kokabi AH, Azam K, Farhang S, Karimi A, Golbabae F. The comparative assessment of welders' exposure to welding fumes based on mass and number concentration. *J Health Saf Work*. 2017; 4 (6): 17-26. [In Persian]
- 17-De Donno A, De Giorgi M, Bagordo F, Grassi T, Idolo A, Serio F, Carducci, A, et al. Health Risk Associated with Exposure to PM<sub>10</sub> and Benzene in Three Italian Towns. *Int J Environ Res Pub Health*. 2018; 15(8): 1672.
- 18-Shafi Pour Motlagh M, Pardakhty AR, Maryam Majeri, Risk Assessment of Air Pollutants Released at Behagh Passenger Ends by Modeling Method. *Ecology*. 2016; 1 (41):97-105. [In Persian]
- 19-Serra C, Kogevinas M, Silverman DT, Turuguet D, Tardon A, Garcia-Closas R, et al. Work in the textile industry in Spain and bladder cancer. *Occup Environ Med*. 2008; 65: 552-9.
- 20-Elliott L, Loomis D, Dement J, Hein MJ, Richardson D, Stayner L. Lung cancer mortality in North Carolina and South Carolina chrysotile asbestos textile workers. *Occup Environ Med*. 2012; 69: 385-90.
- 21-Loomis D, Dement JM, Elliott L, Richardson D, Kuempel ED, Stayner L. Increased lung cancer mortality among chrysotile asbestos textile workers is more strongly associated with exposure to long thin fibres. *Occup Environ Med*. 2012; 69: 564-8
- 22-Kermani M, Farzadkia M, Rezaei Kalantari R, Bahman Z. Assessment risk of heavy metals in particulate matter smaller than 10 microns on Tehran's Kahrizak Compost Complex workers in winter 2016. *Iran Occup Health*. 2018; 1(15): 165-175. [In Persian]
- 23-Fang SC, Mehta AJ, Hang JQ, Eisen EA, Dai HL, Zhang HX, Su L, Christiani DC. Cotton dust, endotoxin and cancer mortality among the Shanghai textile workers cohort: a 30-year analysis. *Occup Environ Med*. 2013; 70: 722-9.
- 24-Chang CK, Astrakianakis G, Thomas DB, Seixas NS, Camp JE, Ray RM, Gao DL, Wernli KJ, Li W, Fitzgibbons ED, Vaughan TL, Checkoway H. Risks of biliary tract cancer and occupational exposures among Shanghai women textile workers: a case-cohort study. *Am J Ind Med*. 2006; 49: 690-8
- 26- Shojaee Barjoe S, Azimzadeh H, kuchakzadeh M, MoslehArani A, Sodaiezadeh H. Dispersion and Health Risk Assessment of PM<sub>10</sub> Emitted from the Stacks of a Ceramic and Tile industry in Ardakan, Yazd, Iran, Using the AERMOD Model. *Iran South Med J*. 2019; 22 (5):317-332. [In Persian]
- 27- Shojaee Barjoe S, Azimzadeh H, Mosleh Arani A. Determination of pollution level, carcinogenic and non-carcinogenic risks of heavy metals of falling dust in industrial areas (Case study: Ardakan county industries). *Iran J Health Environ*. 2020; 12 (4):571-592. [In Persian]