بررسی اثر رطوبت بر توزیع اندازه ی ذرات معلق حاصل از افشانه های مختلف

جلیل صحرایی[1*]، آرش غریبی[2]، فاطمه قیسوندی[3] و مژگان بهرامی[4]

۱- گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲- گروه فیزیک، دانشگاه لوند، سوئد

۳- دانش آموخته ی کارشناسی ارشد فیزیک اتمسفر، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۴- دانش آموخته ی کارشناسی ارشد هواشناسی، گروه فیزیک، دانشگاه رازی، کرمانشاه

*ایمیل نویسنده مسئول: sahraei@razi.ac.ir شماره موبایل نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۳۳۴۳۴۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۸

چکیده:

امروزه آلودگی هوا به یکی از دغدغه های جدی بشر تبدیل شده است زیرا به طور مستقیم با سلامت انسان مرتبط می باشد. پس از راه اندازی سیستم اندازه گیری پویشی ذرات معلق، به بررسی غلظت و مقایسه ی ذرات معلق اتمسفری در هنگام استفاده از چهار اسپری پرکاربرد پرداخته شده است. در نهایت افشانه خوش بو کننده با وارد کردن ۸,۰۱۵ ذره در هر مترمکعب و قطر ذرات ریز برای محیط کم رطوبت همچنین تعداد ۶,۴۱۷ ذره در هرمترمکعب در یک محیط با رطوبت زیاد، بیشترین تاثیر را در هنگام استفاده بر سلامت انسان دارد. افشانه های حالت دهنده ی مو، شیشه پاک کن و اسپری تنفسی نیز در هنگام استفاده به ترتیب ۳,۷۰۵، ۱,۵۴۱ و ۴,۱۳۵ ذره در هرمترمکعب در محیط کم رطوبت و تعداد ۲,۲۳۴، ۱,۱۰۱ و ۳,۹۴۹ ذره در مترمکعب در یک محیط موطوب، وارد فضا می کنند. برای این افشانه ها به ترتیب ذکر شده بیشترین تعداد ذرات معلق مربوط به ذرات با اندازه هایی بین ۳۸ الی ۱۲۰ نانومتر، ۳۱۸ الی ۴۱۶ نانومتر، ۳۹۲ الی ۶۵۰ نانومتر و ۲۳۰ الی ۳۵۰ نانومتر بوده است. همچنین مشخص شد که ذرات بزرگ تر در جذب رطوبت موفق تر عمل می کنند و این میزان جذب برای ذرات بزرگ تر از ۲۰۰ نانومتر مشهود گردید.

کلمات کلیدی:

"ذرات معلق" ،"رطوبت" ،"افشانه" ،" اندازه ذرات"، "سیستم اندازه گیری پویشی ذرات معلق"

Investigation the Effect of Humidity on the Distribution of Suspended Particle Size, from Various Sprays

Jalil Sahraei[1*],Arash Gharibi[2], Fatemeh Gheisvandi[3], Mojgan Bahrami[4]

[1]Department of Physics, Razi university of Kermanshah

[2]Department of Physics, Shanxi Normal University, Linfen 041004,P. R. China

[3]Department of Physics, Razi university of Kermanshah

[4] Department of Physics, Razi university of Kermanshah

*Email Address: sahraei@razi.ac.ir *Mobile Phone: 09188334348

Abstract:

Today, air pollution has become a major concern for human lealth. The aim of this study was to determine the effect of different humidity on the number size distribution of particles. Particle size was measured using a scanning mobility particle sizer. Using four different spray particles in the laboratory environment, concentration of suspended particles are measured and compared. The sprays include body spray, head hair spray, glass cleaner and respiratory spray. Body spray with 8,015 particle per cubic meter, can be the most effectiveness on human health.for head hair, glass cleaner and respiratory sprays, number concentration respectively 3,705, 1,541, and 4,135 particle per cubic meter in the low humidity environment and 2,234, 1,101 and 3,949 in high humidity environment were measured. For body spray, head hair spray, glass cleaner and respiratory spray, the most number concentration og suspended particles are in the size between 38 to 120 nm, 318 to 416 nm, 392 to 650 nm and 230 to 350 nm respectively. It was also found that larger particles would be more successful in absorbing humidity, and this absorption was apparent for particles larger than 200 nm.

Keywords:

“Particles”, “humidity”, “spray”, “particles size”, “Scanning Mobility Particle Sizer”

۱. مقدمه

آلودگی هوا را نمی‌توان مربوط به دوران حاضر و یا یک عصر خاص در نظر گرفت. حتی قبل از اینکه بشر اولیه موفق به کشف آتش شود، یعنی بتواند با برهم زدن دو سنگ آتش‌زن بر یکدیگر و یا ایجاد اصطکاک سریع بین دو قطعه چوب خشک، آتش تولید کند، آلودگی هوا بر اثر دود حاصل از آتش‌سوزی طبیعی جنگل‌ها، براثر خاکستر و گازهای متصاعد شده از آتشفشان‌ها، گردوغبار ناشی از طوفان ها در نواحی خشک و مه های رقیق شامل ذرات حاصل از درخت‌های کاج و صنوبر در نواحی کوهستانی وجود داشته است. اما آلودگی‌های هوا در اعصار کهن نسبت به طبیعت بکر و دست نخورده آن دوران، بسیار اندک و حتی قابل‌چشم‌پوشی بوده است تا اینکه در اوایل قرن بیستم و با ورود به دنیای صنعتی، براثر کشف زغال‌سنگ و سوخت‌های فسیلی اشکال جدیدی از آلودگی هوا به وجود آمد. بنابراین اولین آلاینده‌های هوا احتمالاً دارای منشأ طبیعی بوده‌اند. آلودگی‌های ناشی از منابع طبیعی معمولاً مشکلات جدی برای حیات جانوران و انسان‌ها ایجاد نمی‌کنند. چرا که این آلودگی‌ها در حجم زیادی از هوا پخش می‌شوند و همچنین از کنترل انسان خارج هستند. این در حالی است که آلودگی‌های ناشی از فعالیت های انسانی دارای ترکیبات سمی‌تر بوده، در یک محل تولید و متمرکز می‌گردند و مهم‌تر اینکه قابل‌کنترل هستند.

در این پژوهش به بررسی آلودگی ناشی از ذرات معلق حاصل از افشانه هایی که روزمره مورد استفاده قرار می گیرند پرداخته شده است و با تقسیم بندی ذرات معلق در دو مد ریز (ذرات کوچک تر از ۱۰۰ نانومتر) و مد درشت (ذرات بین ۱۰۰ الی ۶۵۰ نانومتر) (صحرایی، ۱۳۹۰) توزیع اندازه ی آن ها بررسی شده است. این اندازه گیری ها توسط سیستم اندازه گیری پویشی ذرات معلق یعنی SMPS[1] صورت پذیرفته است. در مطالعه ای دیگر به کمک این سیستم (Stirn et al. 2019) به بررسی توابع توزیع ذرات ناشی از شعله ی اتیلن توسط ۳ سیستم دیگر که یکی از آن ها SMPS بود پرداخته شده و مشخص گردیده که سیستم PIMS[2] برای شمارش ذرات کوچک تر از ۶ نانومتر و LII[3] و SMPS به ترتیب برای شمارش ذرات با قطر ۳ نانومتر و ۲ نانومتر مناسب تر هستند.

در تحقیقی دیگر (Johnson et al. 2004) از ۳ سیستم شامل SMPS، CPC[4] و EEPS[5] برای بررسی غلظت دود خروجی از اتومبیل ها بهره برده اند که در نهایت نتایج حاصل از ۳ سیستم از همخوانی و دقت بالایی برخوردار بوده و مشخص گردیده است که سیستم SMPS یک سیستم کارامد جهت بررسی توزیع اندازه ی ذرات معلق ناشی از دود خروجی از اگزوز اتومبیل ها می باشد. این سیستم همچنین دارای کاربرد گسترده و اهمیت بالا در بررسی ذرات ناشی از احتراق برخی آلیاژها بوده و قادر است غلظت ذرات آلاینده ی ناشی از این واکنش ها را مشخص کند (Gulijk et al. 2004). در سال ۱۳۹۸ نیز در پژوهشی (صحرایی و قیسوندی، ۱۳۹۸) برای اولین بار در ایران به کمک این سیستم توزیع اندازه ی ذرات معلق برای محیط های داخلی، خارجی، محیطی با ترافیک کم، ترافیک زیاد و یک روز همراه با بارش بررسی شده است.

در این پژوهش نیز به منظور شناخت اثرات ناشی از استفاده از افشانه های مختلف و اثر رطوبت بر ذرات معلق وارد شده به محیط، اندازه گیری ها در یک محیط کم رطوبت (۴۲٪) و سپس با افزایش رطوبت به میزان ۳۰٪ (رساندن رطوبت به ۷۲٪) اثر این عامل فیزیکی نیز بر توزیع اندازه ی ذرات معلق مورد بررسی قرار گرفته است. این اندازه گیری ها در دو روز پیاپی صورت پذیرفته و از داده های جمع آوری شده میانگین گیری به عمل آمده است. در نهایت مشخص شد که از میان افشانه های مورد استفاده کدام یک ذرات معلق ریز تری را به محیط وارد کرده و بیشترین اثر مخرب را بر سلامت دستگاه تنفس انسان می تواند داشته باشد. همچنین اندازه ی ذرات معلقی که جذب رطوبت بیشتری دارند، مشخص گردیده است.

۲- روش انجام تحقیق

جهت اندازه گیری ذرات معلق موجود در یک محیط در هنگام استفاده از افشانه ها از سیستم اندازه گیری پویشی ذرات معلق SMPS که بر اصل تحرک یک ذره باردار در یک میدان الکتریکی عمل می کند، استفاده شده است. این سیستم قادر است اندازه و غلظت عددی ذرات معلق را در محدوده ی ۱

[1] Scanning mobility particle sizer
[2] Photoionization Mass Spectrometry
[3] Laser- Induced Incandescence
[4] Condensation Particle Counter
[5] Engine Exhaust Particle Sizer

نانومتر الی ۱۰۰ میکرومتر شمارش کند (Wiedensohler et al. 2018). لازم به یادآوری است که سیستم مورد استفاده در این تحقیق برای اندازی گیری ذرات معلق در محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر تنظیم شده است۰

۲-۱- معرفی سیستم پویشی اندازه گیری ذرات معلق

طیف‌سنج SMPS به طور غالب به عنوان یک روش استاندارد برای اندازه‌گیری توزیع ذرات معلق شهری بوده و عموماً برای اندازه گیری نانو ذرات و ذرات موجود در مایعات نیز استفاده می‌شود. در این سیستم غلظت عددی به طور مستقیم و بدون در نظر گرفتن فرضیه خاصی محاسبه می‌شود و اطلاعات آن از دقت و صحت بسیار بالایی برخوردار است که محققان علوم جوی نیز از داده‌های باکیفیت این وسیله اطمینان کافی حاصل نموده‌اند. سیستم SMPS در مدل‌های مختلفی مانند مدل 3938، مدل نانو اسکن ۳۹۱۰ و مدل ۳۹۳۸e77 موجود است (Knutson, and Whitby 1975). مدل‌های مختلف SMPSدارای قابلیت های متفاوت از یکدیگر هستند که بنا به پژوهش موردنظر می‌توان از مدل مناسب با آن پژوهش استفاده نمود (Robert et al. 1998).

از جمله ویژگی ها و فوائد این سیستم می توان به دقت بسیار بالا، راه اندازی آسان و سریع و کنترل کردن خودکار جریان ها اشاره نمود. این سیستم همچنین دارای کاربرد گسترده در تحقیقات نانوتکنولوژی و سنتز مواد، مطالعات جوی و زیست محیطی، احتراق و مطالعات سوخت موتور وسایل نقلیه، مطالعات شیمیایی مربوط به میعان و تشکیل هسته، سم‌شناسی و استنشاق، آلودگی هوا و مطالعه دینامیک ایروسول ها می باشد. (قیسوندی، ۱۳۹۷)

شکل ۱ سیستمی را که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته نشان می دهد.

شکل۱- سیستم پویشی اندازه گیری ذرات معلق

همانطور که از شکل ۱ مشخص است این سیستم از اجزای مختلفی تشکیل شده است که اجزای اصلی آن عبارتنداز : ۱. ورودی سیستم و اتصالات، ۲. دستگاه اندازه‌گیری تحرک پذیری دیفرانسیلی [۶](DMA)، ۳. دستگاه شمارنده ی ذرات معلق (CPC)، ۴. منبع ولتاژ قوی، ۵. پمپ، ۶. نرم افزار لب ویو، ۷.شارژر.

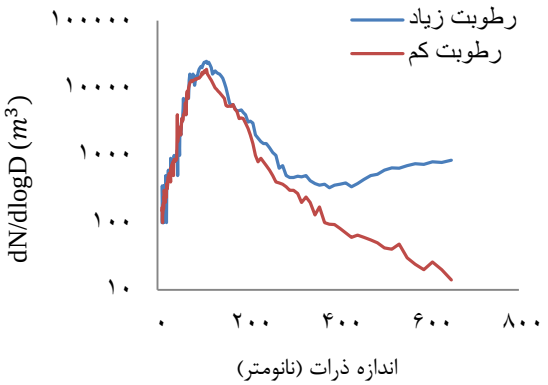
وجود هر یک از اجزا، با وظیفه و عملکرد منحصر به فرد خود جهت راه اندازی سیستم SMPS ضروری می باشد. به عنوان مثال شارژر با خنثی کردن ذرات معلق قبل از ورود به سیستم، دقت اندازه گیری ها را به میزان قابل توجهی بالا می برد (Adachi et al. 1985) و یا به کمک DMA توزیع اندازه ذرات معلق از طریق میزان تحرک آن ها برآورد می‌شود (Trueblood et al. 2018).

همچنین منبع ولتاژ قوی مقدار ولتاژ مورد نیاز را جهت شمارش ذرات به شکل خودکار توسط دستگاه DMA مشخص می کند. نرم افزار لب ویو نیز یک نرم افزار قدرتمند و قابل انعطاف جهت تجزیه و تحلیل سیستم‌های اندازه‌گیری است. عملکرد نرم‌افزار LabView کاملاً از طبیعت ترتیبی و زنجیره‌ای موجود زبان‌های برنامه نویسی متنی متداول و مرسوم مجزاست و یک محیط گرافیکی را برای کاربر فراهم ساخته است (Borghes et al. 2018).

[6] Differential Mobility Analyzer

۳- نتایج

شکل ۲ مقایسه توزیع اندازه ذرات معلق را برای دو محیط با رطوبت های مختلف نشان می دهد.



شکل۲- نمودار مقایسه توزیع اندازه ذرات با رطوبت کم و زیاد

ذرات معلق در حالت کلی در طبیعت دارای بیشترین تعداد در مد ریز هستند (Hinds, 1991) و همانطور که از شکل ۲ نیز مشخص است هم برای محیط با رطوبت کم (۴۳٪) و هم رطوبت زیاد (۷۳٪) بیشترین تعداد ذرات معلق حوالی اندازه ی ۱۰۰ نانومتر شمارش شده است. همانطور که مشخص است برای محیطی که در آن رطوبت افزایش یافته تعداد ذرات معلق با اندازه ی بزرگ تر از ۲۰۰ نانومتر روبه افزایش است. لازم به یادآوری است که هرچه اندازه ی این ذرات بزرگ تر باشد در جذب رطوبت بهتر عمل می کنند. زیرا با توجه به رابطه ی شدت شرجی و رطوبت داریم (مسعودیان، ۱۳۹۱) :

$$d = \frac{R_H}{21.55} - \frac{T}{100} + 1.3 \qquad (1)$$

که در d شدت شرجی، R_H رطوبت نسبی و T دما (برحسب درجه سلسیوس) است. با بیرون کشیدن T از رابطه ی ۱ خواهیم داشت:

$$T = 4.64\,(R_H + 28.015 - 21.55d) \qquad (2)$$

از طرفی رابطه ی توزیع حجمی ذرات معلق به شکل زیر تعریف می شود: (Seinfeld, and Pandis 1998)

$$V = \frac{\pi}{6}\int_0^{\infty} D_p^3 n_N(D_p) dD_P \quad (\mu m^3 cm^{-3}) \qquad (3)$$

که در آن V حجم، n_N تعداد ذرات و D_p قطر ذرات معلق می باشد. اگر در رابطه ی ۳ به جای حجم از معادله ی حالت $(PV = nRT)$ و در معادله ی حالت نیز به جای T از رابطه ی ۲ قرار دهیم به صراحت می توان رابطه ی مستقیم میان رطوبت و قطر ذرات معلق را مشاهده نمود، یعنی:

$$4.64\frac{nR}{P}(R_H + 28.015 - 2155d) = \frac{\pi}{6}\int_0^{\infty} D_p^3 n_N(D_p) dD_P$$

از رابطه ی اخیر مشاهده می گردد میزان رطوبت موجود در یک محیط با ذرات معلق بزرگ متناسب است. شکل ۲ نیز به خوبی این موضوع را تایید می کند و نشان می دهد افزایش رطوبت در یک محیط با افزایش ذرات معلق بزگ تر همراه است. حتی در تحقیقی (Murry, and Stolzenborg 1989) که فاکتور رشد ذرات در اثر جذب رطوبت اندازه گیری شده، برای ذرات بزرگ تر فاکتور رشد نیز عددی بزرگ تر را نشان می دهد. در جدول ۱ این فاکتورهای رشد نشان داده شده است.

جدول۱- فاکتور رشد ذرات معلق در اثر جذب رطوبت

اندازه ذرات (نانومتر)	فاکتور رشد
۵۰۰	۱/۴۹ ± ۰/۰۲
٤۰۰	۱/۴۶ ± ۰/۰۸
۲۰۰	۱/۱۹ ± ۰/۰۸
۵۰	۱/۱۲ ± ۰/۰۵

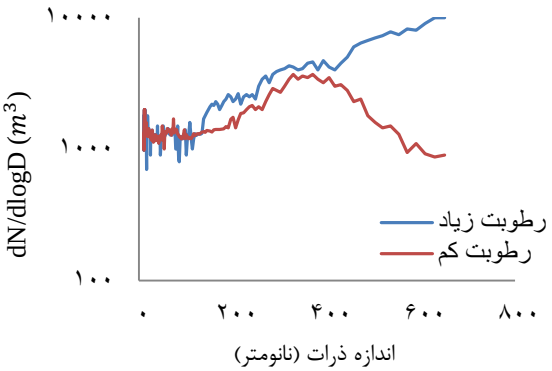
شکل ۳ نمودار مقایسه ی ذرات معلق راه یافته به محیط حاصل از افشانه خوش بو کننده ی بدن را در دو محیط با رطوبت های مختلف نشان می دهد.

شکل۳- نمودار مقایسه توزیع اندازه ذرات برای افشانه خوش بو کننده

این افشانه در حالت عادی بیشترین تعداد ذرات معلق را در محدوده ی ۳۸ الی ۱۲۰ نانومتر به محیط وارد می کند بنابراین استفاده از آن مجرای تنفسی انسان را بیشتر تحت تاثیر قرار می هد. اما در شرایط با رطوبت زیاد، به دلیل جذب رطوبت، ذرات معلق درشت تر افزایش می یابند (Lou et al. 2017). به طوریکه برای چنین محیطی تعداد ذرات معلق بزرگ تر از ۲۰۰

نانومتر روبه افزایش است. به طور متوسط برای ذرات این افشانه با رطوبت کم تعداد تعداد ۸,۰۱۵ ذره در هر مترمکعب و برای رطوبت زیاد تعداد ۶,۴۱۷ ذره در هر مترمکعب برای تمام محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر شمارش شده است.

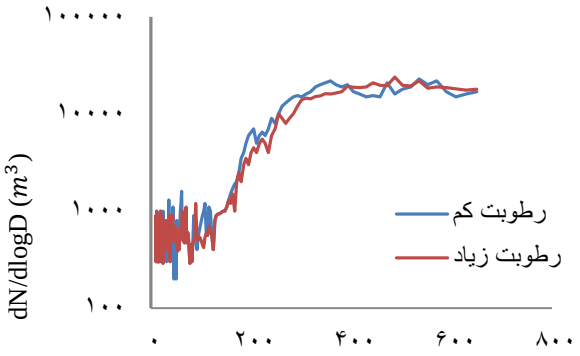
در شکل ۴ نمودار مقایسه توزیع اندازه ی ذرات معلق انتشار یافته به محیط در اثر استفاده از افشانه ی حالت دهنده ی موی سر برای دو محیط با رطوبت های متفاوت آورده شده است.



شکل۴- نمودار مقایسه توزیع اندازه ذرات برای افشانه حالت دهنده ی مو

در محیطی با رطوبت کم بیشترین تعداد ذرات معلق در هنگام استفاده از این افشانه در محدوده ی ۳۱۸ الی ۴۱۶ نانومتر شمارش شده است. اما زمانیکه این افشانه تحت تاثیر رطوبت قرار می گیرد تعداد ذرات بزرگ تر یعنی ۴۱۶ الی ۶۵۰ نانومتر بیشتر افزایش یافته است. به این معنا که ذرات کوچک تر از ۴۱۶ نانومتر با جذب رطوبت، رشد کرده و به ذراتی بزرگ تر با اندازه هایی بین ۴۱۶ الی ۶۵۰ نانومتر تبدیل شده اند. برای این افشانه در محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر در شرایط رطوبت کم تعداد ۳,۷۰۵ ذره و رطوبت زیاد تعداد ۲,۲۳۴ ذره در هر مترمکعب اندازه گیری شده است.

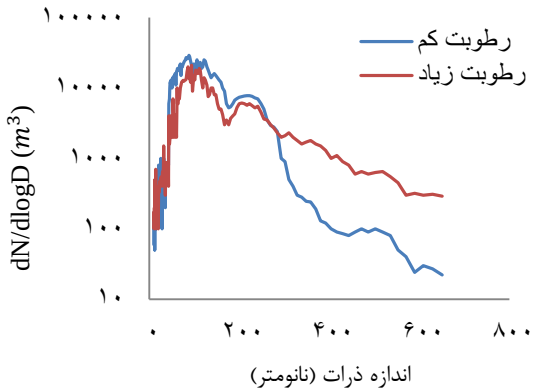
در شکل ۵ نمودار مقایسه ی توزیع اندازه ی ذرات معلق در هنگام استفاده از شیشه پاک کن نشان داده شده است.



شکل۵- نمودار مقایسه توزیع اندازه ذرات برای شیشه پاک کن

از شکل ۵ می توان دریافت که دو نمودار دارای تفاوت قابل توجهی نسبت به یکدیگر نبوده و در واقع دارای روند مشابهی هستند. این روند با بررسی محتویات تشکیل دهنده ی این افشانه دور از انتظار نیست. در ترکیبات این افشانه علاوه بر حجم زیادی آب (مولکول های آب تمایلی به جذب بخار آب ندارند) از لوریل دی متیل آمین اکسید که نوعی مرطوب کننده می باشد نیز استفاده شده است. در واقع ذرات معلق موجود در این افشانه از قبل از رطوبت موجود در افشانه اشباع شده و دیگر تمایلی به جذب رطوبت موجود در محیط از خود نشان نمی دهند. بنابراین وجود و یا عدم وجود رطوبت در تعداد ذرات معلق خارج شده از این افشانه تاثیری ندارد. نکته ی دیگر بیشتر بودن ذرات معلق درشت نسبت ذرات معلق در مد ریز در شرایط متفاوت است. در واقع استفاده از این افشانه منجر به انتشار ذرات معلق در مد درشت و بزرگ تر از ۴۰۰ نانومتر به محیط می شود. برای این افشانه در محیطی با رطوبت معمولی (کم رطوبت) تعداد ۱,۵۴۱ ذره و با رطوبت زیاد تعداد ۱,۱۰۱ ذره در هر متر مکعب برای محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر شمارش شده است.

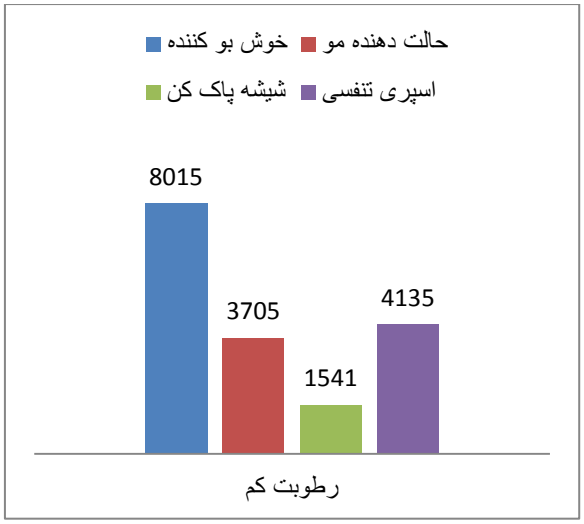
در شکل ۶ نیز مقایسه توزیع اندازه ذرات معلق برای اسپری تنفسی ونتالکس نشان داده شده است.



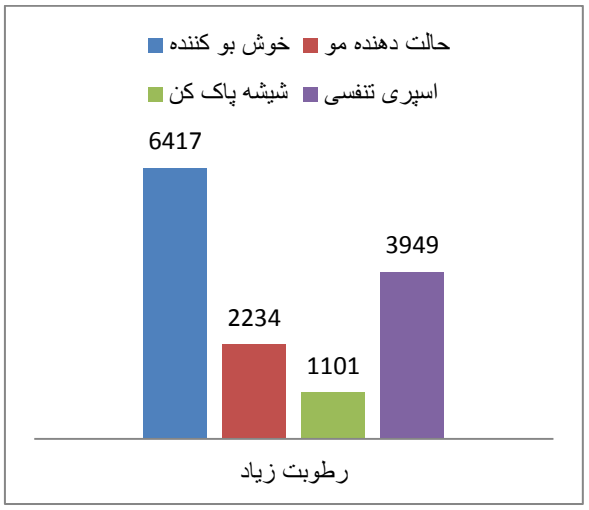
شکل ۶- نمودار مقایسه توزیع ذرات برای اسپری تنفسی ونتالکس

هنگام استفاده از این اسپری در محیطی با رطوبت کم با توجه به سرعت اسپری کردن، قادر است ذرات معلق را در محدوده های ۲۳۰ الی ۳۵۰ نانومتر (برای سرعت ۶۰ لیتر بر دقیقه) و ۵۲۰ نانومتر (برای سرعت ۱۲۰ لیتر در دقیقه) را وارد محیط کند (Yang et al. 2015). هنگامیکه از این اسپری در یک محیط مرطوب استفاده می شود علاو بر ورود ذرات در محدوده های ذکر شده، شاهد افزایش تعداد ذرات معلق برای اندازه ی بزرگ تر از ۲۳۰ نانومتر هستیم. در واقع ذرات کوچک تر از ۲۳۰ نانومتر (۱۰۰ نانومتر الی ۲۳۰ نانومتر) با جذب رطوبت، بزرگ تر شده و به ذراتی با اندازه هایی بزرگ تر از ۲۳۰ نانومتر تبدیل شده اند. نکته ای که در هنگام استفاده از این اسپری وجود دارد توانایی بالای ذرات در جذب رطوبت است. در ترکیبات این اسپری از مواد خشک کننده که رطوبت موجود در ذرات معلق تشکیل دهنده ی آن را به طور کامل جذب می کند استفاده می شود. هنگامیکه ذرات معلق خارج شده از این اسپری در محیطی با رطوبت بالا قرار می گیرند به راحتی و به میزان قابل توجهی رطوبت موجود در محیط را جذب می کنند. برای این اسپری در محیطی با رطوبت معمولی به طور متوسط ۴,۱۳۵ ذره و با رطوبت زیاد تعداد ۳,۹۴۹ ذره در هر مترمکعب برای تمام محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر شمارش شده است.

در شکل ۷ و ۸ نمودار مقایسه تعداد ذرات معلق خارج شده از هر ۴ افشانه ی مورد مطالعه به ترتیب برای محیط با رطوبت کم و محیط با رطوبت زیاد نشان داده شده است.



شکل۷- مقایسه ذرات معلق خارج شده از ۴ افشانه در محیطی با رطوبت کم



شکل۸- مقایسه ذرات معلق خارج شده از ۴ افشانه در محیطی با رطوبت زیاد

با توجه به اشکال ۷ و ۸ بیشترین تعداد ذرات معلق که در اثر استفاده از این افشانه ها وارد محیط می شوند به ترتیب متعلق به افشانه خوش بو کننده بدن، اسپری تنفسی، افشانه حالت دهنده ی مو و شیشه پاک کن است. همچنین تعداد ذرات معلق برای هر افشانه در محیط با رطوبت زیاد، کم تر از تعداد ذرات معلق برای همان افشانه در محیطی با رطوبت کم است. در واقع ذرات ریزی که قادر به جذب رطوبت نبوده، رشد نمی کنند، به دلیل رطوبت موجود در محیط نشست کرده و تعداد ذرات معلق کاهش می یابد.

٤- نتیجه گیری

ذرات معلق درشت تر در جذب رطوبت به شکل موثرتری عمل می کنند. به طوریکه می توان گفت ذرات کوچک تر از ۲۰۰ نانومتر به ویژه ذرات در مد ریز (کم تر از ۱۰۰ نانومتر) نقشی در جذب رطوبت ندارند. این درحالی است که ذرات معلق بزرگ تر از ۴۰۰ نانومتر به خوبی می توانند رطوبت موجود در محیط را جذب کرده و رشد کنند.

استفاده از شیشه پاک کن در محیطی مرطوب تفاوتی با یک محیط کم رطوبت ندارد. این افشانه به دلیل دارا بودن حجم زیادی آب و مرطوب کننده در ترکیبات خود، ذرات معلق موجود در محتویات خود را عملا از جذب رطوبت بی نیاز کرده است. به همین دلیل ذرات معلق موجود در آن کوچک ترین واکنشی به رطوبت موجود در محیط نشان نمی دهند.

برای اسپری تنفسی ونتالکس شاهد بیشترین اثر جذب توسط رطوبت و رشد ذرات ناشی از این جذب هستیم. ذرات معلق در این اسپری به دلیل دارا بودن مواد خشک کننده در ترکیبات خود به راحتی رطوبت را به میزان قابل توجهی جذب می کنند. به همین دلیل تعداد ذرات معلق درشت تر هنگام استفاده از این اسپری در یک محیط با رطوبت زیاد بیشتر تولید می شود.

برای افشانه ی خوش بو کننده، اسپری استنشاقی، حالت دهنده ی مو و شیشه پاک کن برای محیطی با رطوبت کم به ترتیب تعداد ۸,۰۱۵، ۴,۱۳۵، ۳,۷۰۵ و ۱,۵۴۱ ذره و برای محیطی با رطوبت زیاد تعداد ۶,۴۱۷، ۳,۹۴۹، ۲,۲۳۴ و ۱,۱۰۱ ذره در هر مترمکعب اندازه گیری شده است.

از بین افشانه های مورد بررسی، اسپری خوش بو کننده به دلیل وارد کردن تعداد بسیار زیادی از ذرات معلق که عموما در مد ریز قرار دارند، اثرات مخرب تری بر سلامت دستگاه تنفسی انسان دارد. این در حالی است که شیشه پاک کن به دلیل وارد کردن ذرات معلق کمتر که اکثرا در مد درشت و با اندازه هایی بزرگ تر ۴۵۰ نانومتر هستند می تواند به میزان کمتری سلامت انسان را تهدید نماید. در سال ۲۰۰۹ نیز به کمک همین سیستم موفق به کشف غلظت ذرات فراریز موجود در دود سیگار شده اند (Jeong, and Evans 2009).

در محیط با رطوبت زیاد تعداد ذرات معلق برای هر ۴ افشانه از تعداد ذرات در محیط با رطوبت کم، کم تر است. ذرات در مد ریز به ویژه ذرات فراریز (نانوذرات که شامل ذرات کوچک تر از ۳۰ نانومتر هستند) قادر به جذب رطوبت نبوده، تحت تاثیر بخارات آب موجود در محیط قرار گرفته و نشست می کنند. بنابراین رطوبت موجود در محیط باعث کاهش تعداد کلی ذرات معلق می شود.

محیط هایی که این افشانه ها در آن ها استفاده می شوند می بایست به تهویه مناسب مجهز بوده و فاصله ی مناسب در هنگام استفاده از آن ها رعایت شود تا اثرات سو ناشی از استفاده از آن ها به حداقل ممکن برسد.

منابع

- صحرایی، ج.، ۱۳۹۰. آلودگی هوا، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه.
- صحرایی، ج. قیسوندی، ف. بررسی توزیع زمانی و مکانی ذرات معلق در هوای شهر کرمانشاه با استفاده از سیستم اندازه گیری پویشی ذرات معلق، فصلنامه مطالعات علوم محیط زیست، سال ۴، شماره ۱، ص ۹۰۷-۹۱۶.
- قیسوندی، ف. ۱۳۹۷. بررسی ذرات معلق اتمسفری در محیط شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی.
- مسعودیان، ا.، ۱۳۹۱. آب و هوای ایران، انتشارات شریعه توس.

- Adachi, M., Okuyama K., Kousaka. 1983. Electrical Neutralization of Charged Aerosol Particles by Bipolar Ions, Journal of Chemical Engineering, Japan, 16(3), P. 229-235.
- Borghes Roberto, Chenda Alessandra, Kourousias Georgios . 2018. Evolving a LabVIEW End-Station Software to a TANGO-Based Solution at the TwinMic Elettra Beamline. Conference C17-10-08 p. TUPHA 208, p. 5.
- Guljik C. Van, J. C. M. Marij, Nissen M Makkee, Moulijn J A, Schmit-ott A. 2004. Measuring diesel soot with a scanning obility particle sizer and an electrical low-pressure impactor: performance assessment with a model for fractal-like agglomerates, Journal of Aerosol Science, 35(3), P. 633-655.
- Hinds William C. 1999. Aerosol Technology Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles. 482p.
- Jeong Cheol-Heon, Evans Greg J. 2009. Inter-Comparison of a Fast Mobility Particle Sizer and a Scanning Mobility Particle Sizer Incorporating an Ultrafine Water-Based Condensation Particle Counter. Aerosol Science and Technology, 43(4), P. 364-373.
- Johnson Tim, Galdow Robert, Pocher Arndt, Mirme Aadu, Kittelson Bavid B. 2004. A New Electrical Mobility Particle Sizer Spectrometer for Engine Exhaust Particle Measurements. TSI Incorporated Event: SAE, P. 9.
- Knutson E. O., Whitby K. T. 1975. Aerosol Classification by Electric Mobility: Apparatus, Theory and Applications. Journal of Aerosol Science 6, P. 443-448.
- Lou Cairong., Liu Honyu. Li Yufeng., Peng Yan., Wang Juan., Dai Lingjun. 2017. Relashionship of Relative Humidity with $PM_{2.5}$ and PM_{10}in the Yangtze River Delta, China, Environmental Monitoring and Assessment, 189(5), P. 645-462.
- Murry P., Stolzenberg M., 1967. On the sensitivity of particle size to relative humidity for Los Angeles aerosols, Atmospheric Environment, 23(2), P. 497-507.
- Robert F., Mathys P., Schauwers J. P. 1998. Ohmic losses calculation in SMPS transformers, numerical study of Dowell's approach accuracy. IEEE Transactions on Magnetics, 34(4), P. 1255-1259.
- Seinfeld John H., Pandis Spyros N., 1996. Atmospheric Chemistry and Physics, P.415
- Stirn R, Baquet T. Gonzalez, Kanjarkar S. 2009. Comparison of particle size measurements with laser-induced incandescence, mass spectroscopy and scanning mobility particle sizing in a laminer premixed ethylene/ air flame. Journal of Combustion Science & Technology, 181(2), P. 329-349.
- Trueblood Max B., Lobo Prem, Hagen Donald E., Achterberg Steven C., Liu Wenyan, Whitefield Philip D. 2018. Application of a hygroscopicity tandem differential mobility analyzer for characterizing PM emissions in exhaust plumes from an aircraft engine burning conventional and alternative fuels. Atmospheric Chemistry and Physics, 18(23), P. 17029-17045.
- Wiedensohler A., Wiesner A., Weinhold K., Birmili W., Hermann M., Merkel M., Muller T. 2018. Mobility Particle Size Spectrometers: Calibration Procedures and Measurement Uncertainties. Aerosol Science and Technology, 52(2), P. 146-164.
- Yang X., Lee J., Zhang Y., Wang X., Yang L., 2015. Concentration, Size, and Density of Total Suspended Particulates at the Air Exhaust of Concentrated, 65(8), P. 903-911.