

بررسی کارآیی سیستم های کنترل کننده ذرات معلق و تعیین میزان انتشار در کارخانجات آسفالت مشهد

نبی الله منصورى^۱ (مسئول مکاتبات)
جوادعلی نژاد^۲

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۱۷

کارخانجات آسفالت از جمله صنایع ایجاد کننده آلودگی هوا هستند که نقش مهمی را در انتشار آلاینده های هوا خصوصاً ذرات معلق ایفا می کنند. شهر مشهد که از جمله کلان شهرهای آلوده کشور به شمار می رود نیز دارای ۵ کارخانه آسفالت در اطراف خود می باشد که با توجه به برد موثر ۵۰ کیلومتری برای آلاینده های هوا، وجود این کارخانجات می تواند بر افزایش آلودگی شهر تاثیر گذاشته و صدماتی را به محیط زیست طبیعی و شهری منطقه وارد آورد. در این تحقیق ابتدا کارخانجات آسفالت منطقه شناسایی شده و اطلاعات لازم مرتبط با موضوع در خصوص آن ها جمع آوری گردید. سیستم تصفیه ذرات معلق در ۴ کارخانه از نوع اسکرابرتر انتخاب شده بود و یک کارخانه نیز اصولاً فاقد هر نوع سیستم تصفیه صنعتی بود. به منظور ارزیابی عملکرد سیستم های تصفیه در این کارخانجات با استفاده از دستگاه نمونه بردار ذرات معلق در هنگام فعالیت عادی، ۳ نمونه قبل و ۳ نمونه بعد از هر سیستم تصفیه، اخذ و تعیین مقدار شد. بر اساس نتایج نمونه برداری ها، میزان کل ذرات معلق (TSP) خروجی دودکش ها در این کارخانجات بین ۲۶۰-۳۴۵ میلی گرم بر مترمکعب بود، در حالی که این مقدار قبل از سیستم های کنترل کننده ذرات معلق، بین ۲۷۰-۴۸۵ میلی گرم بر متر مکعب بوده است. مقایسه TSP قبل و بعد از سیستم های کنترل کننده ذرات معلق نشان داد میزان کارایی سیستم های تصفیه به ترتیب در کارخانجات آسفالت شهرداری مشهد، آسفالت نمونه، آسفالت ره بان و آسفالت آستان قدس رضوی به طور متوسط ۳۱/۱٪، ۳۲/۲٪، ۲۳/۱٪ و ۲۶/۸٪ بوده است. چنانچه ملاحظه می شود سیستم های تصفیه عملکرد بسیار پایینی را نشان می دهند، چرا که انجمن متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا عملکرد اسکرابرهای تر را بالاتر از ۹۵٪ و برخی متخصصان دیگر بیش از ۹۹٪ ذکر نموده اند. در بررسی علل موضوع مشخص شد، اشتباه در طراحی، اشکال در عملیات اسپری آب و عدم تعمیر و نگهداری مناسب و به موقع عوامل مهم کارآیی بسیار پایین در سیستم های مذکور می باشند.

واژه های کلیدی: فاکتور انتشار، اسکرابر تر، آلودگی محیط زیست، آلودگی هوا

۱- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
۲- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

جمله نوع و غلظت آلاینده، درجه تصفیه مورد انتظار، میزان بودجه، قوانین زیست محیطی و امکانات تعمیر و نگهداری بستگی دارد (۵ و ۶). از آن جایی که ذرات منتشر شده از فرآیندهای صنعتی معمولاً دارای قطره‌های بسیار ریز کمتر از ۱۰ میکرون هستند که تنفس آن‌ها برای انسان زیان‌آور است و مطالعات مختلف نیز نشان داده است که در این میان سهم ذرات ریز با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون بیش از ۵۰٪ و حتی به ۹۰٪ نیز می‌رسد، لذا تأکید بر کنترل انتشار ذرات معلق از اهمیت خاصی برخوردار است (۷).

چون مشکل دفع لجن حاصل از اسکرابر برای برخی صنایع مشکل‌آفرین است، لذا کارخانجات آسفالت می‌توانند برای اجتناب از لجن تولیدی، از ۲ سیستم کنترل کننده به طور هم‌زمان در مدار استفاده نمایند که در آن سیکلون‌ها به عنوان پیش‌تصفیه و فیلترهای کیسه‌ای به عنوان تصفیه کننده نهایی عمل می‌کنند و کارایی بسیار بالایی نیز دارد، اما به علت هزینه زیاد و اختلال در عملکرد فیلتر به علت درجه حرارت بالای هوای آلوده، این سیستم خیلی مورد استقبال صنایع قرار نمی‌گیرد. استفاده از الکتروفیلتر نیز نیازمند هزینه بسیار بالاتر و فن‌آوری ننگه‌داری به مراتب پیچیده‌تری می‌باشد و با توجه به این که برخلاف کارخانجات سیمان و گچ که ذرات حاصل از سیستم‌های تصفیه بخشی از محصول مرغوب محسوب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد، ذرات حاصل از این سیستم‌ها هیچ استفاده‌ای در کارخانجات آسفالت ندارد و به همین علت این هزینه کردن برای این سیستم‌ها برای آن‌ها مقرون به صرفه نیست (۸ و ۹).

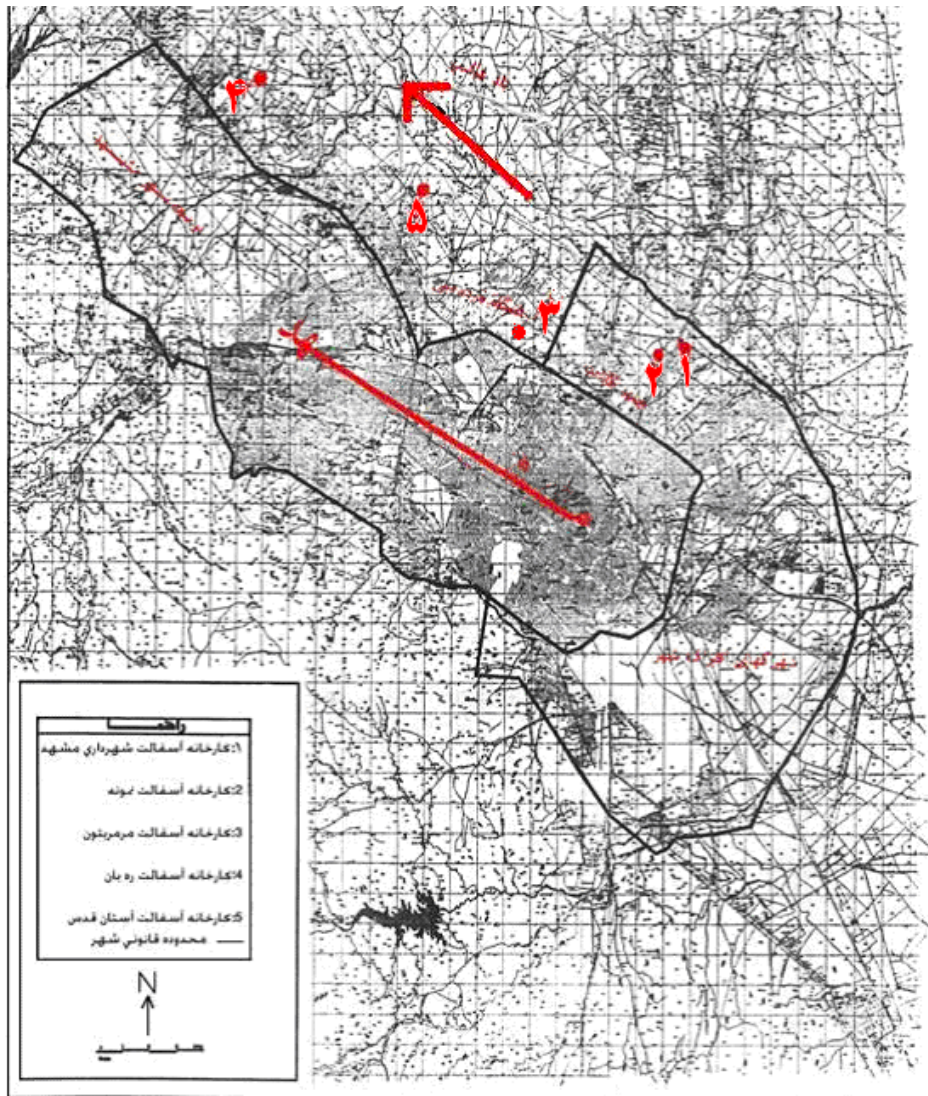
در ایران استاندارد خروجی کل ذرات معلق TSP جهت کارخانجات آسفالت برای فاصله کمتر از ۱۵۰۰ متر تا کارخانه آسفالت، ۱۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب می‌باشد، درحالی‌که برای فواصل بیشتر از ۱۵۰۰ متر، ۲۵۰ میلی‌گرم بر متر مکعب بیان شده است (۱۰). این در حالی است که آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) استاندارد TSP خروجی برای کارخانجات آسفالتی که فاصله مناطق مسکونی

کارخانجات آسفالت از جمله صنایع ایجادکننده آلودگی هوا هستند که نقش مهمی را در انتشار آلاینده‌های هوا خصوصاً ذرات معلق ایفا می‌کنند. این صنعت در دو قرن اخیر روند روبه‌رشدی داشته و کیفیت هوای شهری و مناطقی را که این صنایع در آن‌ها قرار دارند به خطر شدید انداخته است. برآوردها در کشور کانادا نشان داده است که در سال ۲۰۰۰ میلادی حدود ۱۴۰۰۰ تن ذرات معلق از فعالیت‌های فرآیندی و تولید حرارت در صنایع آسفالت‌سازی تولید و وارد جو شده که تقریباً ۲/۲٪ از کل انتشار آلاینده‌ها توسط صنایع را تشکیل داده است. همچنین پیش‌بینی شده است با اقدامات کنترلی این میزان تا سال ۲۰۱۰ به حدود ۲۳۰۰ تن در سال کاهش یابد (۱). ذرات معلق موجود در اتمسفر کشورهای مختلف یکی از مسایل جدی زیست محیطی را تشکیل می‌دهد، مقادیر بالای ذرات معلق موجود در مناطق شهری نه تنها دارای منابع طبیعی می‌باشد بلکه صنایع نیز نقش مهمی در تولید آن دارند، که صنایع آسفالت‌سازی از عمده‌ترین این صنایع محسوب می‌شود. برای کاهش انتشار ذرات معلق از این صنایع، دستگاه‌های کنترل کننده ذرات معلق مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند که به ترتیب کارایی می‌توان سیکلون‌ها، اسکرابرها، الکتروفیلترها و فیلترهای کیسه‌ای را نام برد. در مجموع میزان استفاده از تجهیزات مذکور حدود ۲۰٪ سیکلون‌ها، ۳۰٪ اسکرابرها و بقیه الکتروفیلترها و فیلتر کیسه‌ای گزارش گردیده است (۲).

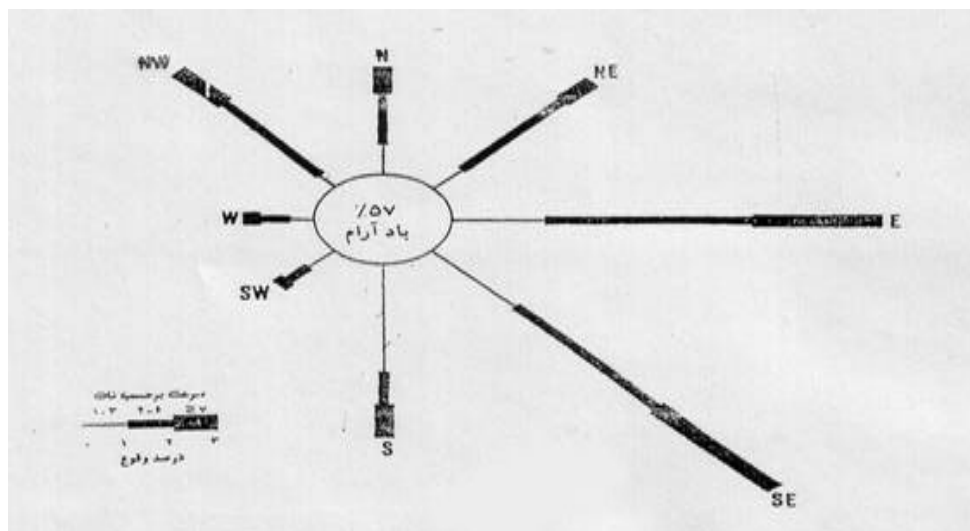
گرچه سیکلون‌ها گزینه کم‌هزینه‌ای برای حذف ذرات معلق هستند اما به علت کارایی پایین و عدم رسیدن به میزان کاهش لازم در خروجی، برخی کارخانجات آسفالت از اسکرابرها که کارایی بالاتری نسبت به سیکلون‌ها دارند استفاده می‌کنند (۳). اسکرابرها دارای تنوع زیادی هستند و کارایی آن‌ها بستگی زیادی به میزان مصرف انرژی شان دارد که خود تابعی از میزان سرعت جریان هوای ورودی به اسکرابر در لحظه برخورد با اسپری آب می‌باشد (۴). انتخاب نوع پالایشگر در یک سیستم تهویه و تصفیه به عوامل مختلفی از

مدت یک سال از واحدهای فرآیندی را ۱۳۴۰۰ پوند و از مشعل ها و فرآیند تولید حرارت ۱۰۷۰۰ پوند برآورد نموده است (۱۱). کارخانجات آسفالت چون عمدتاً رو باز هستند، بخشی از ذرات معلق که به واسطه فعالیت های حمل و نقل داخلی تولید می گردد و مقدار آن نیز بیش از میزان خروجی دودکش ها برآورد شده است (۱۱) معمولاً توسط سیستم های تهویه جمع آوری نشده و مورد تصفیه قرار نمی گیرد که بایستی در این خصوص نیز تدابیری اندیشیده شود و با اقداماتی مانند ایجاد فضای سبز، آب پاشی و محوطه سازی میزان آن را به حداقل برسد.

تا کارخانه کمتر از ۱۰۰۰ متر باشد ۵۰ میلی گرم بر مترمکعب عنوان نموده است (۹). اطلاع از ضریب انتشار آلاینده های مختلف توسط صنایع می تواند در محاسبات مختلف از جمله مدل های ریاضی پخش آلاینده های هوا بسیار مفید باشد، لذا در اغلب کشورهای پیشرفته سازمان های مرتبط اقدام به تهیه این ضرایب نموده اند. در آمریکا EPA میزان این ضرایب را با دقت فراوان و به طور مشروح بر اساس آلاینده های مختلف و واحدهای فرآیندی برای کارخانجات آسفالت سازی تعیین نموده است. این سازمان میزان انتشار ذرات معلق برای تولید ۱۰۰ هزار تن آسفالت در



شکل ۱- نقشه محدوده شهر مشهد و موقعیت کارخانجات آسفالت در اطراف آن به همراه جهت باد غالب



شکل ۲ - گلاباد سالانه شهر مشهد

جدول ۱- مشخصات و موقعیت مکانی کارخانجات آسفالت مشهد و حومه

ردیف	مشخصات و موقعیت مکانی	شهرداری مشهد	آسفالت نمونه	آسفالت مرمر بتون	آسفالت ره بان	آستان قدس رضوی
۱	تعداد خط تولید	دارای سه خط	دارای سه خط	یک خط	یک خط	یک خط
۲	فاصله از جاده اصلی (m)	۵۰M	۱۲۰۰M	۲۵۰۰M	۳۵۰۰M	۸۰۰M
۳	فاصله از روستا (km)	۱/۵Km	۲Km	—	۲Km	۰/۵Km
۴	فاصله از محدوده قانونی مشهد (km)	۱۰Km	۱۸Km	مجاور محدوده	۱۰Km	۲Km
۵	ظرفیت (تن در روز)	۱۴۴۰	۲۴۰۰	۶۴۰	۶۰۰	۴۸۰
۶	سیستم کنترل ذرات	اسکراپر تر	اسکراپر تر	—	اسکراپر تر	اسکراپر تر
۷	راهبری سیستم تصفیه	متوسط	نسبتاً مطلوب	—	نامطلوب	متوسط
۸	ارتفاع دودکش	۱۵M	۱۵M	۷M	۹M	۱۰M
۹	نوع سوخت	گاز طبیعی	گازوئیل	گازوئیل	مازوت	گازوئیل
۱۰	سوخت مصرفی (در هر خط تولید)	۱۲۰۰m ³ /h	۸۶۰۰lit/day	۶۰۰۰lit/day	۵۵۰۰lit/day	۴۵۰۰lit/day
۱۱	جهت باد غالب	جنوب شرقی	جنوب شرقی	جنوب شرقی	جنوب شرقی	جنوب شرقی
۱۲	موقعیت مکانی نسبت به شهر مشهد	شمال شرقی	شمال شرقی	شمال	شمال غربی	شمال

نتایج

نشان داد که برای سرعت خروجی اعداد قابل قبولی به نظر می رسد، زیرا با توجه به آلوده بودن گاز خروجی، این امر کمک

اندازه گیری میزان سرعت خروجی گاز از دودکش های کارخانجات محدوده ۳۵۰۰ - ۳۰۰۰ fpm را

خروجی از هر کارخانه محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۲ ذکر شده است.

می کند تا آلاینده ها به ارتفاع بالاتری تخلیه شوند و در نتیجه قبل از بازگشت به سطح زمین به مقدار بیشتری رقیق شده و غلظت آن ها پایین بیاید. بر اساس سرعت های یاد شده و با توجه به قطر اندازه گیری شده دود کش ها، میزان دبی گاز

جدول ۲ - قطر دودکش، سرعت و دبی گاز خروجی از دودکش های کارخانجات آسفالت مشهد

نام کارخانه آسفالت	قطر دودکش Ft	سرعت گاز خروجی Ft/ min	تعداد دودکش	دبی گاز خروجی Cfm	دبی گاز خروجی M ³ / hr
شهرداری مشهد	۱/۶۶	۳۱۱۰	۳	۲۰۱۸۱	۳۴۳۰۸
مرمریتون	۲	۳۹۱۴	۱	۱۲۲۹۰	۲۰۸۹۳
نمونه	۲	۳۲۵۱	۳	۳۰۶۲۴	۵۲۰۶۲
ره بان	۲	۳۴۳۲	۱	۱۰۷۷۶	۱۸۳۲۰
آستان قدس رضوی	۳	۳۳۴۳	۱	۲۳۶۱۸	۴۰۱۵۱

این واحد های صنعتی ۵۹/۶۶ تن در سال بوده است که البته فقط انتشار ذرات معلق از طریق دودکش های فرآیندی را نشان می دهد و سایر انتشارات آلاینده از طریق حمل و نقل و نوار نقاله ها و ... که هوای آلوده آن ها به سیستم تصفیه هدایت نگردیده، در آن لحاظ نشده است.

نتایج نمونه برداری های انجام شده قبل و بعد از دستگاه های کنترل کننده ذرات معلق نیز در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است.

برآورد میزان انتشار روزانه (برحسب ۸ ساعت کار در روز) و سالانه (برحسب ۶ ماه کار در سال) ذرات معلق از کارخانجات مذکور از طریق دودکش های خروجی سیستم های تصفیه نیز محاسبه گردید. همان طور که جدول ۳ نشان می دهد کارخانه آسفالت مرمریتون با انتشار سالانه ۶۷۶۹ کیلوگرم و کارخانه آسفالت آستان قدس رضوی با تولید سالانه ۱۹۷۴۲ کیلوگرم به ترتیب کمترین و بیشترین انتشار ذرات معلق در میان ۵ کارخانه مطالعه شده را داشته اند. جمع کل انتشار از

جدول ۳ - میزان انتشار روزانه، سالیانه و ضریب انتشار بر حسب گرم بر میزان تولید محصول (gr/ton) در کارخانجات آسفالت مشهد

نام کارخانه آسفالت	دبی دودکش m ³ / hr	غلظت ذرات دودکش mg/m ³	انتشار روزانه kg/Day	انتشار سالانه* kg/year	ضریب انتشار gr/ton
شهرداری مشهد	۳۴۳۰۸	۳۲۶	۸۹/۴	۱۳۴۲۱	۶۲/۱
مرمریتون	۲۰۸۹۳	۲۷۰	۴۵/۱	۶۷۶۹	۷۰/۵
نمونه	۵۲۰۶۲	۳۱۶	۱۳۱/۶	۱۹۷۴۲	۵۴/۸
ره بان	۱۸۳۲۰	۳۱۰	۴۵/۴	۶۸۱۵	۷۵/۷
آستان قدس رضوی	۴۰۱۵۱	۲۶۸	۸۶/۱	۱۲۹۱۳	۱۷۹/۳

* انتشار سالانه بر مبنای ۲۵ روز کار در ماه و ۶ ماه فعالیت در سال محاسبه شده است.

جدول ۴- مقدار $TSP(mg/m^3)$ قبل از اسکرابر تر در کارخانجات آسفالت مشهد

نوع نمونه	شهرداری مشهد	آسفالت نمونه	آسفالت ره بان	آستان قدس رضوی
نمونه ۱ (ساعت ۹)	۴۸۵	۴۷۵	۴۱۱	۳۸۰
نمونه ۲ (ساعت ۱۱)	۴۷۰	۴۶۰	۴۰۵	۳۶۵
نمونه ۳ (ساعت ۱۵)	۴۶۵	۴۶۳	۳۹۵	۳۵۳
میانگین	۴۷۳	۴۶۶	۴۰۳	۳۶۶

جدول ۵- مقدار $TSP(mg/m^3)$ بعد از اسکرابر تر در کارخانجات آسفالت مشهد

نوع نمونه	شهرداری مشهد	آسفالت نمونه	ره بان	آستان قدس رضوی
نمونه ۱ (ساعت ۹)	۳۴۵	۳۲۵	۳۲۰	۲۸۰
نمونه ۲ (ساعت ۱۱)	۳۲۰	۳۱۰	۳۱۱	۲۶۴
نمونه ۳ (ساعت ۱۵)	۳۱۳	۳۱۵	۳۰۱	۲۶۰
میانگین	۳۲۶	۳۱۶	۳۱۰	۲۶۸

در این فرمول E درصد کارایی، WA غلظت ذرات معلق در هوای ورودی به اسکرابر، و WB غلظت ذرات خروجی از اسکرابر می باشد.

جدول ۶ میزان حذف مطلق ذرات معلق و درصد کارایی هر یک از اسکرابرهایی مورد استفاده در کارخانجات آسفالت مشهد را نشان می دهد. میزان درصد کارایی سیستم های مذکور با استفاده از فرمول زیر، محاسبه گردیده است :

$$E = (W_A - W_B) / W_A \times 100$$

جدول ۶- میانگین غلظت ذرات معلق (mg/m^3) قبل و بعد از اسکرابر، میزان حذف مطلق و

درصد کارایی اسکرابرها در کارخانجات آسفالت مشهد

پارامتر مورد مطالعه	شهرداری مشهد	آسفالت نمونه	ره بان	آستان قدس رضوی
میانگین قبل از اسکرابر	۴۷۳	۴۶۶	۴۰۳	۳۶۶
میانگین بعد از اسکرابر	۳۲۶	۳۱۶	۳۱۰	۲۶۸
میزان حذف مطلق	۱۴۷	۱۵۰	۹۳	۹۸
درصد کارایی	٪۳۱/۱	٪۳۲/۲	٪۲۳/۱	٪۲۶/۸

کارخانه اخذ شد که نتایج نمونه برداری آن در جدول ۷ ارائه شده است.

در کارخانه آسفالت مرمریتون به دلیل فقدان دستگاه کنترل کننده ذرات معلق، فقط ۳ نمونه از خروجی دودکش آن

جدول ۷- مقدار $TSP(mg/m^3)$ خروجی دودکش در کارخانه آسفالت مرمریتون

نمونه ۱ (ساعت ۹)	نمونه ۲ (ساعت ۱۱)	نمونه ۳ (ساعت ۱۵)	میانگین
۲۷۵	۲۷۱	۲۶۶	۲۷۰

تفسیر نتایج

نتایج به دست آمده از این بررسی حاکی از کارایی بسیار پایین اسکراب‌های تر در کارخانجات مورد مطالعه است. انجمن متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا (۱۲) به طور کلی کارایی اسکراب‌ها را بالای ۹۵٪ و برخی محققان دیگر (۱۳) برحسب میزان مصرف انرژی و افت فشار استاتیکی تا بیش از ۹۹٪ برای ذرات خیلی ریز نیز عنوان کرده اند، بنابر این کارایی بسیار پایین اسکراب‌های ارزیابی شده که اغلب کمتر از ۳۲٪ می باشد گرچه از برخی مشکلات طراحی نیز ناشی می شود اما علت اصلی آن، ضعف در تعمیر و نگهداری و خصوصاً عدم کارکرد سیستم های آب پاش می باشد. اصولاً این میزان کارائی مربوط به یک اسکرابر نمی تواند باشد و بیشتر شبیه به یک اتاقک رسوب دهی ساده می باشد. با توجه عدم کارکرد صحیح سیستم های آب پاش در اسکرابر های یاد شده، به نظر می رسد در زمان نمونه برداری ذرات معلق، سیستم های مذکور غیر فعال بوده و یا به صورت بسیار ناقصی کار می کرده اند.

سه کارخانه آسفالت شهرداری مشهد، نمونه و ره بان با توجه به رعایت حداقل فاصله از مناطق مسکونی ملزم به رعایت میزان 250 mg/m^3 غلظت ذرات خروجی هستند که نتایج، نمایانگر عدم حصول تطابق با استاندارد مربوطه می باشد. از طرف دیگر دو کارخانه آستان قدس رضوی و مرمربتون در حالی حتی با این حد از استاندارد تطابق ندارند که بایستی حد استاندارد سخت گیرانه تری را به علت عدم رعایت فاصله مناسب از مناطق مسکونی را که میزان آن 100 mg/m^3 است رعایت نمایند. غلظت ذرات خروجی در این دو کارخانه به ترتیب 268 mg/m^3 و 270 mg/m^3 است که در مجموع از سه کارخانه دیگر که مقادیر انتشار آن ها بالای 310 mg/m^3 می باشد، کمتر است ولی هنوز تا مقدار مجاز فاصله زیادی دارند. نکته حایز اهمیت دیگر این که کارخانه مرمربتون اصولاً فاقد سیستم های تصفیه و حذف ذرات معلق می باشد در حالی که غلظت خروجی آن از سه کارخانه دارای سیستم تصفیه اسکرابر تر کمتر است که می توان علت آن را به این گونه توجیه نمود که چون این کارخانه فاقد سیستم های کنترلی

می باشد به این علت میزان افت استاتیکی ناشی از این تجهیزات نیز وجود ندارد و در نتیجه میزان دبی هوای خروجی بالاتر می رود و در نتیجه غلظت ذرات معلق به علت افزایش حجم هوای خروجی کاهش می یابد و گر نه میزان کل ذرات معلق منتشر یافته از آن به جو، نسبت به میزان تولید کمتر آن از سایر کارخانجات بیشتر است. اصولاً افزایش دبی گاز خروجی یکی از راه های فرار صنایع از رعایت استاندارد های انتشار می باشد و به همین علت آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا استاندارد های انتشار را بر حسب گرم بر میزان تولید محصول مانند gr/ton محصول بیان می کند (۱۴) که استاندارد نسبتاً دقیق تر و عادلانه تری برای کنترل صنایع و واحدهای صنعتی می باشد.

به منظور بررسی دقیق تر میزان انتشار این واحدها، میزان انتشار روزانه، سالانه و از همه مهم تر ضریب انتشار آن ها نیز محاسبه گردید. کارخانه آسفالت نمونه و آستان قدس رضوی به ترتیب با $54/8$ و $179/3$ گرم ذرات معلق به ازای تولید هر تن آسفالت کمترین و بیشترین ضریب انتشار را نشان دادند و جالب این که کارخانه مرمربتون که فاقد هر گونه سیستم تصفیه ذرات معلق بود با ضریب انتشار $59/7 \text{ gr/ton}$ نزدیک به حد پایین این محدوده قرار گرفته است و تقریباً نشان می دهد که داشتن یا نداشتن سیستم تصفیه که باید با حذف ذرات معلق در خروجی نهایی، کنترل اصلی را انجام دهد، نقشی در کاهش انتشار ذرات معلق نداشته است و عوامل دیگری مانند روش های تولید، ماشین آلات، مواد اولیه، سوخت و قدرت فن های تهویه تعیین کننده میزان انتشار ذرات معلق بوده اند. این امر ضعف استانداردهای موجود کشور را نشان می دهد که بر مبنای غلظت آلاینده در خروجی دودکش ها استوارند. چرا یک صنعت می تواند با عدم جمع آوری آلاینده ها توسط سیستم تهویه و یا با افزایش جریان هوای دودکش و رقیق سازی غلظت آلاینده، میزان خروجی خود را با استاندارد، منطبق نشان دهد در حالی که میزان آلودگی تولیدی آن بیش از حد استاندارد است.

بیشتر در جهت مخالف شهر منتشر می گردد ولی این بدان معنی نیست که هیچ آلودگی به سمت شهر نمی آید چرا که در برخی زمان ها اما با در صد کمتری جهت باد شمال غربی بوده و آلودگی این کارخانه را به سمت شهر مشهد انتقال می دهد. در مجموع از نظر جهت جغرافیایی مکان احداث، محل فعالیت ۳ کارخانه ره بان، مرمریتون و آستان قدس که در شمال و شمال غربی شهر مشهد قرار دارند، نسبتاً خوب ارزیابی می شود ولی محل ۲ کارخانه شهرداری مشهد و نمونه که در شمال غربی شهر قرار دارند با توجه به گلباد شهر مشهد نامناسب ارزیابی می شود. ضمن این که کلا فاصله کارخانجات مذکور از شهر مشهد کمتر از ۱۸ کیلومتر است و در برخی موارد مانند کارخانه مرمریتون، به علت گسترش شهر، همسایه شهر محسوب می شود و در کنار محدوده مسکونی شهر قرار گرفته است. همچنین به صورت موضعی، اشکالات دیگری مانند عدم رعایت فاصله مناسب از مناطق مسکونی روستایی و جاده های ارتباطی نیز مشاهده می شود. نتیجه این که با توجه به گلباد شهر مشهد، جهت غرب و جنوب غربی بهترین مناطق جهت استقرار صنایع آلاینده در اطراف شهر مشهد، البته با حفظ فاصله مناسب از آن می باشد.

منابع

1. Environment Canada, 2000, "Multi-Pollutant Emission Reduction Analysis Foundation (MERAF) "Prepared by Canadian Ortech Environmental Inc., and John Emery Geotechnical Engineering Limited.
2. Schiffner, Kenneth C. "Air Pollution Control Equipment Selection Guide", Lewis Publishers, Washington D.C., 2002.
3. Heskeih, H.E., 1974, "Fine Particulate Collection Efficiency Related to Pressure Drop, Scrubbant and Particle Properties, and Contact Mechanisms." Journal of Air Pollution Control Association, vol.24, 938-942.

میزان کل انتشار سالانه ذرات معلق از کارخانجات آسفالت در مقایسه با سایر منابع آلاینده ذرات معلق مانند بخش حمل و نقل عدد خیلی بزرگی نمی باشد. اما نکته حایز اهمیت آن است که اغلب این واحدها دارای سیستم تصفیه می باشند و این انتشار که از سیستم تصفیه عبور کرده است. مسلماً از نوع ذرات بسیار ریز می باشد و می تواند برای مدت و مسافت های طولانی در جو معلق بماند و نقش مهمی در آلودگی هوای منطقه پایین دست باد داشته باشد. نکته مهم دیگر آن است که این واحدهای صنعتی در فصول خشک سال و در ۶ ماه بدون بارندگی فعالیت می کنند که این امر نیز به عدم شستشوی طبیعی جو و ماندگاری این ذرات در آن منجر می شود و در واقع موجب تشدید اثرات آن ها می گردد. از این ها گذشته بررسی داده ها نیز نشان می دهد که اغلب واحدهای صنعتی و از جمله کارخانجات آسفالت، از سیستم های تهویه مناسبی برای جمع آوری هوای آلوده برخوردار نیستند. به عنوان مثال در کارخانه آسفالت آستان قدس رضوی میزان فلوی سیستم تهویه و تصفیه برای یک خط تولید به ظرفیت ۶۴۰ تن در روز، $40151 \text{ m}^3/\text{hr}$ است. در حالی که این میزان جریان هوا در کارخانه آسفالت شهرداری مشهد با میزان ظرفیت ۱۴۴۰ تن در روز، $34308 \text{ m}^3/\text{hr}$ یعنی حتی کمتر از آن می باشد. این امر نشان می دهد که در کارخانه آسفالت شهرداری مشهد حجم زیادی از هوای آلوده اصولاً تصفیه نشده و مستقیماً وارد هوا می گردد. به عبارت دیگر میزان انتشار ذرات معلق در آن ها بسیار بیشتر از مقادیر محاسبه شده در این تحقیق می باشد که منحصر بر اساس هوای خروجی از دودکش های آن ها تعیین شده است.

از نظر نوع سوخت مصرفی نیز تنها آسفالت شهرداری مشهد از گاز طبیعی استفاده می کند که سوختی نسبتاً پاک محسوب می شود. سه کارخانه دیگر از گازوییل و یک کارخانه نیز از سوخت سنگین و آلوده کننده مازوت جهت پخت آسفالت استفاده می کنند. خوش بختانه این کارخانه در شمال غربی شهر مشهد واقع گردیده است و با توجه به جهت شرقی و جنوب شرقی بادهای غالب در مشهد (شکل ۲) آلودگی آن

۱۰. کیوانی، ناصر، سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۲،
ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، انتشارات سازمان

حفاظت محیط زیست

11. Environmental Protection Agency, 2000, "HOT MIX ASPHALT PLANTS EMISSION ASSESSMENT REPORT" Midwest Research Institute, Kansas City, MO and Cary, NC, EPA Contract Number 68D-98-027, and Eastern Research Group, Inc. 1600 Perimeter Park, P.O. Box 2010, Mooresville, NC, EPA Contract Number 68-D7-0068.
12. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2002, "Industrial ventilation, A Manual of Recommended practice", ACGIH press.
13. William A.B., Michael J.E., and Robert D.T. , 2004 , Ventilation For control of the work Environment , John Wiley Interscience.
14. EPA, RT park, 1997, procedures for preparing Emission Factor Documents, EPA-45/R-25-015, US Environmental Protection Agency, New York.
4. Viswanathan, S., Gnyp A.W., Pierre C.C.St., 2004, "Annular flow pressure drop model for pease-anthony-type venturi scrubbers" AICH E Journal, Vol. 31, issue12.
5. Semrau,K.T., 1963, "Dust Scrubber Design-A Critique on the State of the Art, "Journal of Air Pollution Control Association, vol. 13, 587-593.
6. Washington State Department of Labour and Industries, 2009, "Industrial Ventilation Guidelines" Available at: <http://www.lni.wa.gov/Safety/Topics/AtoZ/Ventilation/default.asp#dilu>
7. Ehrlich, C., Noll, G., Kalkoff, W. D., Baumbach G., and Dreiseidler A., "PM10, PM2.5 and PM1.0 Emissions from industrial plants, Results from measurement programmes in Germany" Atmospheric Environment, Vol. 41, Issue 29, pp. 6236-6254.
8. Semrau,K.T., 1977, "Practical Process Design of Particulate Scrubbers", Chemical Engineering, vol. 84, 87-91.
9. Schnelle, Karl B.Jr. and Charles A.Brown, "Air Pollution Control Technology in Asphalt plants", CRC Press, Washington D.C., 2002.