مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۴۰۰، سال ۸، شماره ٤: ۳۷۵-۳۹۰

مدل‌سازی پراکنش ذرات معلق ($PM_{2.5}, PM_{10}$) خروجی از کارخانه‌های آسفالت در منطقه جنوب غرب تهران

یاسر زهتاب یزدی[۱] ، نبی اله منصوری[۲] *، فریده عتابی[۳]، حسین آقا محمدی[٤]

[۱] دانشجوی دکترای مهندسی محیط‌زیست گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۲] استاد، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۳] دانشیار، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[٤] استادیار، گروه سنجش‌ازدور و **GIS**، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱٤۰۰/۰۲/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰٤/۰۵

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی بوده و کارخانه‌های آسفالت یکی از منابع تولید آلاینده‌های هوا به‌ویژه ذرات معلق می‌باشند. هدف از این تحقیق بررسی میزان انتشار ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} خروجی از دودکش‌های کارخانه‌های آسفالت یک مجتمع معدنی و بررسی نحوه پراکنش آن‌ها بر روی مناطق اطراف و تهران می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به‌صورت توصیفی-مقطعی در صنایع آسفالت یک مجتمع معدنی در جنوب غرب تهران انجام شد. در این تحقیق ابتدا میزان انتشار ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} خروجی از دودکش‌های کارخانه‌های آسفالت با استفاده از ضرایب نشر پیشنهادی EPA محاسبه گردید. سپس نحوه پراکنش آن‌ها با استفاده از مدل AERMOD برای متوسط زمانی ۲٤ ساعته و یک‌ساله تا شعاع ۵۰ کیلومتری از مجتمع با استفاده از اطلاعات انتشار دودکش‌ها، داده‌های هواشناسی و توپوگرافی محدوده مدل‌سازی ترسیم گردید. سپس مقادیر غلظت‌های شبیه‌سازی‌شده با دو استاندارد EPA و WHO مقایسه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیشترین میزان غلظت ذرات معلق در داخل مجتمع معدنی بوده که بافاصله گرفتن از مجتمع از میزان آن‌ها به‌تدریج کاسته می‌شود. پراکندگی ذرات در جهت بادهای غالب به‌صورت یکنواخت بوده و بیشینه غلظت‌های $PM_{2.5}$ و PM_{10} در بازه زمانی ۲٤ ساعته به ترتیب در شهر قدس $1\mu g/m^3$ و $1\mu g/m^3$، شهریار $1\mu g/m^3$ و $2\mu g/m^3$، اندیشه $0/6\mu g/m^3$ و $1\mu g/m^3$ و مرکز تهران $0/2\mu g/m^3$ و $0/4\mu g/m^3$ بوده است. پراکنش ذرات به سمت شهر تهران تا مناطق شرقی آن ادامه داشته است. پراکندگی ذرات در دوره متوسط سالیانه در پهنه مدل‌سازی چندان چشمگیر نبوده و حداکثر تا مناطقی در غرب و جنوب غرب تهران رسیده است.

نتیجه‌گیری: اگرچه میزان انتشار ذرات ناشی از کارخانه‌های آسفالت جنوب غرب شهر تهران قابل‌قبول است، اما باعث تأثیرگذاری بر روی کیفیت هوای مناطق اطراف مجتمع معدنی و تا حدودی شهر تهران می‌گردد. اثرات تجمعی صنایع مختلف منطقه می‌تواند باعث کاهش کیفیت هوا و افزایش احتمالی خطرات بهداشتی در جوامع اطراف مجتمع گردد.

کلمات کلیدی: گردوغبار، آسفالت، آلودگی هوا، تهران

***نویسنده مسئول:** گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

ایمیل: nmansourin@gmail.com - شماره تماس : ۰۹۱۲۱۲٦۲٤۲٦

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

مقدمه

ذرات معلق که به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده هوا می‌باشند؛ اصطلاحی است که به گردوغبار موجود در هوا که عمدتاً ناشی از فعالیت صنایع هستند، گفته می‌شود [1]. ذرات معلق با توجه به‌اندازه قطر آئرودینامیکی خود به دودسته مهم ذرات با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) و ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) تقسیم می‌شوند [2]. شواهد اپیدمیولوژیک نشان داده است قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض $PM_{2.5}$ و PM_{10} باعث ایجاد اثرات سوء بهداشتی در انسان گردیده [3] و باعث به وجود آمدن بیماری‌های قلبی-عروقی، تنفسی و عروق مغزی می‌شود [4]. از دیگر اثرات ذرات می‌توان به اثر بر عملکرد شش‌ها، افزایش فشارخون، نارس زایی، کاهش وزن نوزادان و مرگ‌ومیر کودکان اشاره کرد [5]. یافته‌های تحقیقاتی رضا بیات و همکاران در سال ۱۳۹۸ حاکی از ۷۳۷۷ و ٦٤١٨ مرگ به ترتیب در سال‌های ۱۳۹٦و ۱۳۹۷ در افراد بالای ۲۵ سال سن به دلیل مواجهه با $PM_{2.5}$ بوده است [6]. یافته‌های هگر و صراف (Sarraf & Heger) در سال ۲۰۱۸ نشان داده است که $PM_{2.5}$ محیط عامل ٤۰۰۰ مرگ زودرس سالیانه در تهران است؛ رقمی که پایش و نظارت دقیق مواجهه افراد با $PM_{2.5}$ را در این کلان‌شهر مطالبه می‌کند [7]. یکی از صنایعی که آلاینده‌های منتشره از آن تأثیرات کوتاه‌مدت و میان‌مدت خطرناکی بر محیط‌زیست و سلامت انسان دارد، کارخانه‌های آسفالت گرم می‌باشند [8]. آسفالت گرم مخلوطی از مصالح سنگی خردشده و ٤ تا ۵ درصد قیر گرم هست که برحسب نوع دانه‌بندی و قیر مصرفی در دمای حداقل ۱۰۵ تا ۱٦۳ درجه سانتی‌گراد تولید می‌شود [9]. تولید آسفالت مانند هر فرآیند دیگری که در آن مواد، گرم و یا سوزانده می‌شوند؛ طیف وسیعی از آلاینده‌ها را که یکی از مهم‌ترین آن‌ها ذرات معلق می‌باشند را وارد اتمسفر می‌کنند که در صورت عدم استفاده از روش‌های کنترلی به هنگام تولید محصول می‌تواند باعث وارد آمدن آسیب‌های جدی بر سلامت فرد و محیط‌زیست گردد [10]. بیشترین میزان تولید ذرات آلاینده در کارخانه‌های آسفالت، حاصل فرآیندهای خشک‌کن، جداساز و مخلوط‌کن است. از دیگر منابع تولید می‌توان به مصرف سوخت در گرم‌کن‌ها، پر شدن سیلوهای ذخیره و بارگیری آسفالت به‌منظور حمل به محل پروژه اشاره کرد. ذرات حاصل از خشک‌کن، جداسازها و مخلوط‌کن‌ها از طریق دودکش‌ها که منابعی نقطه‌ای هستند وارد اتمسفر می‌شوند، درصورتی‌که ذرات حاصل از مصرف سوخت در گرم‌کن‌ها، پر کردن سیلوها و بارگیری و حمل آسفالت تولیدی به‌صورت یکنواخت از محوطه کارخانه‌ها و به‌صورت سطحی وارد هوا می‌گردند [9]. قمی و شعبانی (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای به بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی کارخانه سیمان ره گستر ارجمند پرداخته و میزان غلظت آلاینده‌های تولیدی را با استانداردهای زیست‌محیطی مقایسه نمودند [11]. چیت‌سازان و روزبهانی محمدی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی کارخانه آسفالت تهران-پردیس را اندازه‌گیری کرده و با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست مورد مقایسه قراردادند [12]. در مطالعه‌ای دیگر سید صفویان و همکاران (۱۳۹۱) انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی از کارخانه آسفالت آستارا را موردبررسی قرار داده و نتایج را با استانداردهای زیست‌محیطی مقایسه کردند [13]. منصوری و علی نژاد (۱۳۸۷) نیز در مطالعه‌ای میزان انتشار ذرات معلق از کارخانه‌های آسفالت شهر مشهد را تخمین زده و سپس به بررسی کارایی سیستمهای کنترل‌کننده ذرات در آن‌ها پرداختند [14]. مواجهه انسان با ذرات معلق و تخمین میزان آن، یکی از مهم‌ترین معضلاتی است که پیش روی محققین و مسئولین جامعه قرار دارد [15]. اغلب پژوهشگرانی که درزمینه آلاینده‌های ناشی از صنایع مشغول به کار هستند نیازمند اندازه‌گیری میزان غلظت آلاینده‌ها در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی هستند اما با توجه به محدودیت‌هایی که با آن‌ها مواجه می‌شوند ازجمله هزینه‌های بسیار بالای نمونه‌برداری در هر نقطه از محدوده

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

موردمطالعه و همچنین عدم زمان کافی، نیازمند به‌کارگیری روش‌هایی دیگر برای برآورد میزان غلظت‌ها ازجمله استفاده از مدل‌های کیفیت هوا می‌باشند. یکی از مدل‌های کیفیت هوا مدل پراکنش AERMOD است. این مدل یک مدل پراکنش حالت دائمی است و توانایی تعیین غلظت آلاینده‌های خروجی از منابع نقطه‌ای، سطحی و حجمی در مناطق شهری، روستایی، صاف و ناهموار از منبع انتشار تا دریافت‌کننده را دارد و برای فواصل حداکثر انتشار ۵۰ کیلومتری بکار می‌رود. این مدل به‌خوبی قادر به لحاظ کردن تأثیرات غلظت‌های زمینه آلاینده‌ها، آلاینده‌های ثانویه و تغییرات توپوگرافی در ناحیه شبیه‌سازی می‌باشد [۱۶]. در این مطالعه برای شبیه‌سازی الگوی پراکنش از این مدل استفاده‌شده است. در این زمینه می‌توان به مطالعه اشرفی و همکاران در سال۱۳۹۲ که نحوه پراکنش آلاینده‌های منتشره از کارخانه آسفالت و دستگاه سنگ‌شکن پروژه‌های راه‌سازی را با استفاده از این مدل در دوره‌های آماری ۱و۱۲ ماهه در دو مقیاس منطقه‌ای و محلی مدل‌سازی کرده و نتایج را با استاندارد هوای پاک کشور مقایسه نمودند، اشاره کرد. [۱۷]. شمسی‌پور و همکاران (۱۳۹٤) نیز با استفاده از این مدل پراکنش ذرات معلق خروجی از کارخانه سیمان در منطقه جنوب تهران را مدل‌سازی نموده و الگوی پراکنش و غلظت آلاینده ذرات را برای متوسط ماهانه و فصلی تابستانه و زمستانه نشان دادند [18]. شجاعی و همکاران در سال ۱۳۹۹ نیز با به‌کارگیری مدل AERMOD نحوه پراکنش و ارزیابی خطر سلامت مواجهه با PM_{10} انتشاریافته از دودکش‌های یکی از صنایع کاشی و سرامیک شهرستان اردکان را مورد ارزیابی قرار داده و نتایج مدل‌سازی را با استانداردهای EPA و WHO مقایسه کردند. [۱۹]. همچنین می‌توان به مطالعه‌ای که توسط پری (Perry) و همکاران در سال ۲۰۰۵ انجام‌شده است، اشاره کرد. آن‌ها در این تحقیق کاربردهای مدل AERMOD را به‌عنوان یک مدل پراکندگی برای منابع صنعتی موردبررسی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که این مدل در مقایسه با دیگر مدل‌های پراکنش، مدل‌بالاتر و بهتری می‌باشد [۲۰]. هکل و لی مستر (Heckel and Le Masters) نیز برای مدل‌سازی پراکنش غلظت فلز جیوه در مناطق مسکونی از مدل AERMOD استفاده کردند، نتایج آن‌ها نشان داد مشخصه‌های هواشناسی، ارتفاع دودکش و توپوگرافی منطقه اثرات زیادی بر توزیع آلودگی هوا دارد، و بین غلظت فلز جیوه و ارتفاع دودکش رابطه عکس وجود دارد و جوامع مسکونی که در زمین‌های مرتفع نزدیک به منابع صنعتی قرار دارند نسبت به مناطق مسطح بیش‌تر در معرض آلودگی هوا قرار دارند [۲۱]. شهر تهران به‌عنوان پرجمعیت‌ترین شهر و پایتخت ایران در ۵۱ درجه و ٤ دقیقه تا ۵۱ درجه و ٤۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی قرارگرفته است. ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد بین ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. این شهر ۷۳۰ کیلومترمربع وسعت و دارای جمعیتی معادل ۸/۷ میلیون نفر هست [۲۲]. احاطه شهر از سمت شمال و شمال شرق با ارتفاعات مانع عبور بادهایی که از سمت جنوب و غرب می‌وزند، شده و باعث انباشتگی آلاینده‌ها به سطح شهر می‌شود و پتانسیل آلودگی هوا در مرکز شهر را افزایش می‌دهد. آلودگی هوای شهر تهران به خاطر افزایش جمعیت، وسایل نقلیه و کاربری‌های صنعتی در اطراف شهر افزایش‌یافته و نتایج نامطلوبی را به بار آورده است [۲۳].طی سالیان گذشته انواع صنایع معدنی مختلف ازجمله کارخانه‌های آسفالت و کارگاه‌های تولید شن و ماسه در حاشیه‌های شهر تهران ایجاد گردیده که سبب ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی ازجمله آلودگی هوا بر روی مناطق اطراف و نیز شهر تهران گردیده‌اند. یکی از این صنایع کارخانه‌های آسفالت سازی واقع در یک مجتمع معدنی در جنوب غرب شهر تهران می‌باشند. ازآنجایی‌که کارخانه‌های آسفالت ازجمله صنایع ایجادکننده آلودگی هوا بوده و نقش مهمی در انتشار آلاینده‌ها به‌خصوص ذرات معلق ایفا می‌کنند لذا انتشار آن‌ها نیاز به

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

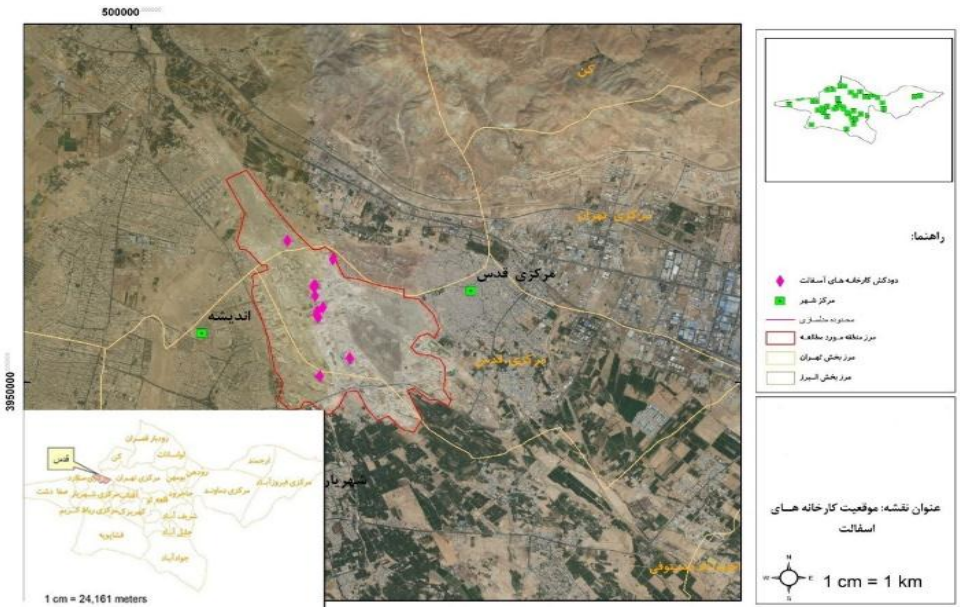
[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تری دارد. با توجه به اینکه تاکنون در خصوص میزان انتشار آلاینده‌های کارخانه‌های آسفالت مجتمع معدنی واقع در جنوب غرب تهران مطالعه‌ای انجام‌نشده است؛ هدف از انجام این مطالعه برآورد میزان انتشار ذرات خروجی از دودکش‌های کارخانه‌های آسفالت واقع در این مجتمع و بررسی چگونگی پراکنش آن‌ها با استفاده از مدل AERMOD بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

پژوهش حاضر در کارخانه‌های آسفالت یک مجتمع معدنی واقع در جنوب غرب تهران انجام‌شده است. این مجتمع با وسعتی حدود ۲۵۰۰ هکتار در ۵۱ درجه و ۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ٦ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ٤١ دقیقه تا ۳۵ درجه و ٤٥ دقیقه عرض شمالی قرارگرفته و دارای ۱۳ کارخانه آسفالت و صنایعی دیگر ازجمله کارگاه‌های تولید شن و ماسه و تولیدی قطعات است. این مجتمع بخش وسیعی از مناطق شمال، غرب و جنوب شهرستان قدس، بخش کوچکی از شمال شهرستان شهریار و بخش ناچیزی از جنوب شهرستان کرج در استان البرز را در برگرفته و از سمت شرق در مجاورت شهر قدس، از سمت جنوب در مجاورت شهریار و از سمت غرب در مجاورت شهر اندیشه قرار دارد. مجموع روزهای کاری این مجتمع به‌طور متوسط ۲۳۰ روز در سال و روزی ۸ ساعت است. کارخانه‌های آسفالت مجهز به سیستم بگ فیلتر بوده و سوخت مورداستفاده آن‌ها گاز طبیعی است. میزان کل ظرفیت اسمی تولید کارخانه‌های آسفالت ۲/۳۱ میلیون تن در سال بوده است، اما به خاطر افزایش قیمت مواد اولیه ازجمله قیر، کاهش فعالیت‌های عمرانی، عدم تقاضا و دیگر مشکلات، کارخانه‌ها در بسیاری از ساعات روز تعطیل و یا نیمه تعطیل بوده و میزان تولید آن‌ها به حدود ٤٥٪ ظرفیت تولید اسمی خود کاهش‌یافته و به رقمی حدود ۱/۰٤ میلیون تن در سال رسیده است. موقعیت جغرافیایی مجتمع و کارخانه آسفالت در شکل ۱ نشان داده‌شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی مجتمع معدنی و کارخانه‌های آسفالت واقع در آن

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش داده‌های پایه که شامل مختصات جغرافیایی، قطر و ارتفاع دودکش‌ها و نیز درجه حرارت و سرعت خروجی آلاینده‌ها از دودکش‌ها می‌باشد از طریق گزارش‌های فنی و خود اظهاری کارخانه‌ها به دست آمد. جهت محاسبه میزان انتشارات ذرات نیز از ضرایب انتشار ارائه‌شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (USEPA)که در مجموعه‌ای به نام AP-42 انتشاریافته، استفاده‌شده است. آخرین نسخه این ضرایب در وب‌سایت EPA در دسترس است [۲۴]. داده‌های هواشناسی نیز از سازمان هواشناسی کشور و برای یک دوره زمانی ۵ ساله (۲۰۱۹ – ۲۰۱۵) استخراج شد. سپس با ورود داده‌های مربوط به کارخانه‌ها به مدل، نحوه پراکنش ذرات برای متوسط زمانی ۲۴ ساعته و سالیانه ترسیم گردید. برای تحلیل پراکنش ذرات از مدل AERMOD (نسخه ۸/۹) استفاده شد.

تخمین میزان انتشار

در این تحقیق جهت تخمین میزان انتشار آلاینده‌ها از منابع، از شاخص ضریب انتشار (Emission Factor) استفاده گردید. ضریب انتشار بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های منبع که در واحدهای مختلف صنعت صورت گرفته؛ حاصل‌شده است. ضریب انتشار میزان تولید آلاینده‌های وارده به اتمسفر را در یک فرآیند مشخص به ازای مشخصه‌ای از فرآیند تعیین می‌نماید. این ضریب جرم و یا حجم آلاینده‌های تولیدی بر واحد زمان انجام فعالیت و یا مسافت طی شده توسط منابع متحرک آلاینده می‌باشد که به‌صورت جرم آلاینده در واحد زمان، حجم، فاصله و یا مدت‌زمان انجام فعالیت بیان می‌شود. به‌طورکلی رابطه تخمین میزان انتشار

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100) \qquad (۱)$$

ارائه‌شده توسط USEPA به‌صورت ذیل می‌باشد [۲۵]:

E: میزان انتشار آلاینده

A: میزان فعالیت

EF: فاکتور انتشار برحسب فعالیت

ER: بازده کاهش انتشار برحسب درصد (٪)

جدول شماره ۱ میزان EF ذرات معلق ناشی از فعالیت‌های خشک‌کن، جداساز و مخلوط‌کن که از طریق دودکش کارخانه‌های آسفالت وارد جو می‌شوند را نشان می‌دهد.

مدل AERMOD

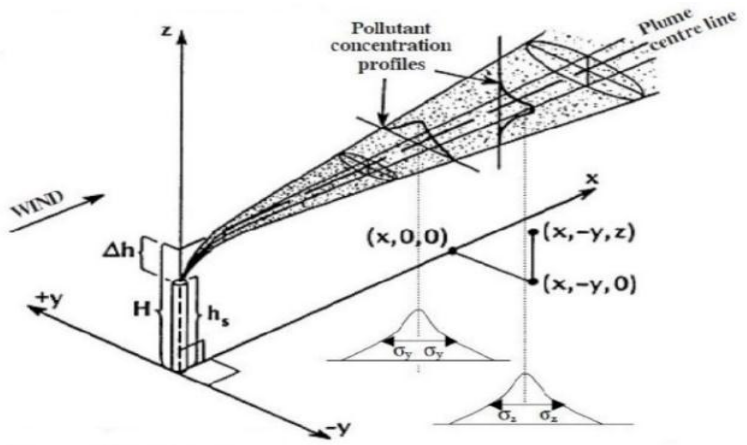
مدل‌های گوسی رایج‌ترین مدل‌های ریاضی هستند که برای پراکنش آلاینده‌های هوا بکار می‌روند. این مدل‌ها بر اساس این فرض که آلاینده‌ها با توجه به توزیع نرمال آماری پراکنده می‌شوند، بناشده‌اند. شکل۲ مدل پلوم گوسی در سیستم مختصات باد محور را نشان می‌دهد.

جدول ۱: EF ذرات معلق ناشی از فرآیندهای خشک‌کن، جداساز و مخلوط‌کن در کارخانه آسفالت ۹

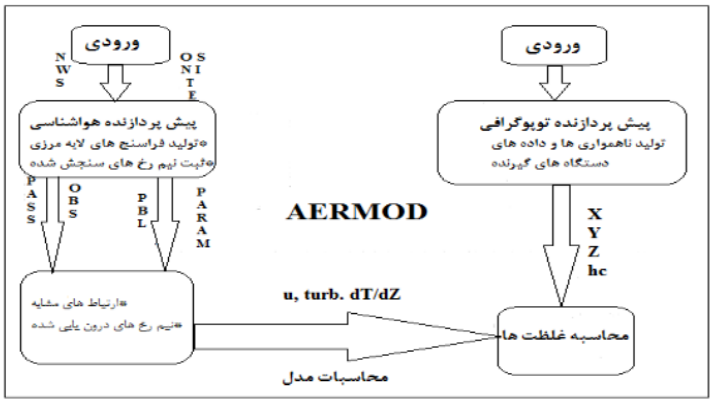
فعالیت	فاکتور انتشار		واحد
	$PM_{2.5}$	PM_{10}	
خشک‌کن/جداساز/مخلوط‌کن	۰/۰۰۴۱۵	۰/۰۱۳۵	**کیلوگرم بر تن محصول تولیدی**

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]



شکل ۲: پلوم گوسی در سیستم مختصات باد محور [۲۶]



شکل۳: ساختار کلی مدل **AERMOD**

معادله گوسی که برای آلاینده‌های منتشره از منابع نقطه‌ای به کار می‌رود به‌صورت زیر بیان می‌شود [۲۷]:

$$C(x,y,z,H)=\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U}\exp\left(-\frac{1}{2}\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right]+\exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(z+H)^2}{\sigma_z^2}\right]\right\} \quad (۲)$$

C: میزان غلظت برحسب گرم یا میکروگرم در مترمکعب، Q: میزان انتشار آلاینده از منبع برحسب گرم در ثانیه، U: میانگین سرعت باد در ارتفاع رهاسازی برحسب متر، σ_y, σ_z: ضریب پخش در جهت‌های y و z به متر ، H :ارتفاع مؤثر دودکش به متر

مدل AERMOD یک مدل گوسی حالت پایدار بوده و رفتار پلوم را که آلاینده‌ها را در بردارد، بر مبنای معادلات پراکنش در حالت دائمی مدل‌سازی می‌کند. بر اساس معادلات این مدل، توزیع جرم آلاینده در راستای افقی گوسی و در راستای عمودی دو گوسی و جهت انتقال آلاینده باد محور می‌باشد [۲۸] . این مدل دارای یک پردازشگر اصلی و دو پیش پردازنده به نامهایAERMET (پیش پردازنده هواشناسی)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

و AERMAP (پیش پردازنده زمین‌شناسی) می‌باشد. داده‌های هواشناسی توسط پیش پردازنده AERMET پردازش می‌شوند و این پردازنده پارامترهای لایه‌مرزی جو را تخمین می‌زند تا قابل‌استفاده در مدل باشد. AERMAP نیز داده‌های توپوگرافی منطقه را تجزیه‌وتحلیل می‌کند. در انتها نیز پردازشگر اصلی مدل با استفاده از نتایج این دو پیش پردازنده و دیگر اطلاعات موردنیاز در مورد منابع انتشار و شبکه‌های پذیرنده محاسبات را انجام داده و نتایج را ارائه می‌دهد[۱۶]. این مدل توانایی تعیین غلظت آلاینده‌های مختلف در مناطق شهری و روستایی، صاف و ناهموار، انتشارات سطحی و در ارتفاع و از منابع نقطه‌ای، سطحی و حجمی را دارد و برای تعیین غلظت‌ها تا فاصله ۵۰ کیلومتری به کار می‌رود[۲۹]. شکل ۳ ساختار کلی مدل AERMOD را نشان می‌دهد[۳۰].

ورودی‌های مدل AERMOD

داده‌های هواشناسی موردنیاز این مطالعه از ایستگاه سینوپتیک شهریار که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به مجتمع بوده و در فاصله ۳/۵ کیلومتری جنوب غرب آن و در ۵۱/۰۱N طول جغرافیایی و ۳۵/۴۰E عرض جغرافیایی قرار داشت؛ طی دوره زمانی ۵ ساله (۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹) استخراج گردید. داده‌ها شامل سرعت و جهت باد، دما، فشار، رطوبت نسبی، میزان بارش و پوشش ابر بودند که به‌صورت فرمت اکسل تهیه گردیدند. ازآنجایی‌که این داده‌ها سه‌ساعتی بودند با استفاده از درون‌یابی وزنی اطلاعات آن‌ها با استفاده از عملکردهای فرمولی اکسل به داده‌های ساعتی تبدیل شدند. سپس این داده‌ها جهت پردازش در پیش پردازنده AERMET به فرمت sam تبدیل گردیدند و در انتها توسط این پیش پردازنده دو فایل با فرمت‌های sfc و pfl برای ورود به مدل اصلی AERMOD جهت شبیه‌سازی ایجاد گردید. با استفاده از داده‌های هواشناسی گلباد منطقه رسم گردید. جهت باد غالب ۵ ساله از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرق و میانگین سرعت باد در این مدت m/s ۳/۱۲ بوده است. (شکل ٤) .

همچنین پیش پردازنده AERMET جهت انجام محاسبات به سه پارامتر سطحی نسبت بوآن (شاخص تعیین رطوبت سطح)، ضریب آلبدو (کسری از تشعشعات خورشیدی که بدون جذب شدن توسط سطح به فضا بازتاب می‌شود) و ضریب زبری سطح (ارتفاعی که متوسط سرعت افقی باد در آن صفر می‌شود) نیاز دارد. در این پژوهش از مقادیر ارائه‌شده در جدول شماره ۲ جهت این پارامترها استفاده‌شده است.

توپوگرافی زمین نیز یکی از عوامل تأثیرگذار بر میزان غلظت آلاینده‌ها در گیرنده‌ها و پراکنش آلاینده‌ها می‌باشد. پیش پردازنده AERMAP که اطلاعات توپوگرافی محدوده مدل‌سازی را جهت اجرا در مدل فراهم می‌کند، به فایل ورودی با فرمت DEM از توپوگرافی منطقه نیاز دارد که آن را می‌توان با دقت‌های مختلف وارد مدل کرد. در مدل رقومی ارتفاع دوبعدی محدوده مدل‌سازی (۵۰ ×۵۰ کیلومتر) که در شکل ۵ نشان داده‌شده است؛ مجتمع معدنی در طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر (۱۲۰۰ متر) قرار دارد که به‌صورت خطوط نقطه‌چین مشخص‌شده است. در بخش شمال و شمال شرقی این مجتمع و بافاصله ۳ کیلومتری توپوگرافی نسبتاً پیچیده‌ای وجود دارد؛ اما در سایر جهات منطقه، توپوگرافی نسبتاً صاف می‌باشد. در این پژوهش با توجه به توپوگرافی منطقه از مدل رقومی ارتفاع با دقت ۹۰ متر استفاده‌شده است.

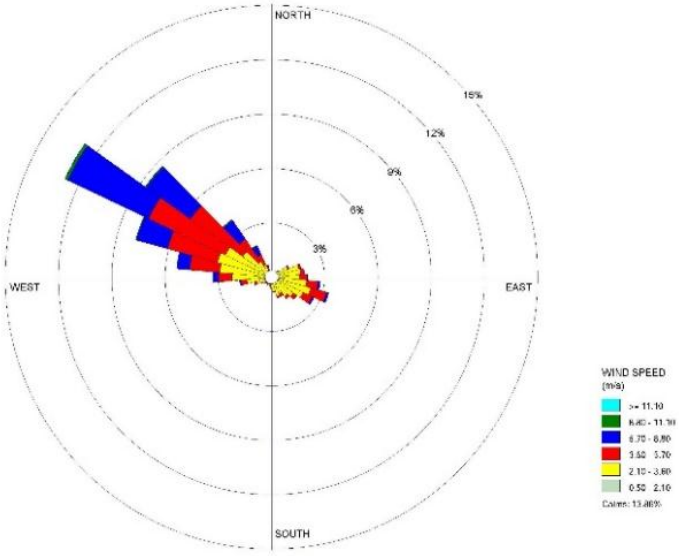
میزان انتشار آلاینده‌ها از مهم‌ترین پارامترهای ورودی به مدل می‌باشند. که در این مطالعه با توجه به میزان تولید سالیانه هر یک از کارخانه‌های آسفالت و با استفاده از فاکتور انتشار میزان انتشار ذرات محاسبه گردید. از دیگر مواردی که می‌بایست وارد مدل گردد قطر و ارتفاع دودکش‌ها، درجه حرارت و سرعت خروجی آلاینده می‌باشد. مشخصات دودکش‌های ۱۳کارخانه‌ها که شامل مختصات جغرافیایی، ارتفاع آزادسازی ذرات از سطح زمین، قطر داخلی دودکش،

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

دمای خروجی و نرخ انتشار می‌باشند که در جدول ۳ ارائه‌شده‌اند.

درنهایت مدل برای شبکه‌ای بافاصله گیرنده ۵۰۰ متر و ارتفاع گیرنده ۱/۵ متر (ارتفاع تنفس) با شعاع ۵۰ کیلومتری از مجتمع معدنی، اجرا گردید. بعد از تهیه خروجی‌ها میزان غلظت ذرات رسیده به مناطق اطراف و نیز شهر تهران موردبحث و بررسی قرار گرفت و با مقادیر ۲٤ ساعته و سالیانه استاندارد EPA و سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقایسه گردید.



شکل٤: گلباد منطقه مطالعه (۲۰۱۹-۲۰۱۵)

جدول۲ : ضریب آلبدو، نسبت بوان و طول زبری انواع پوشش‌های سطحی ۳۱

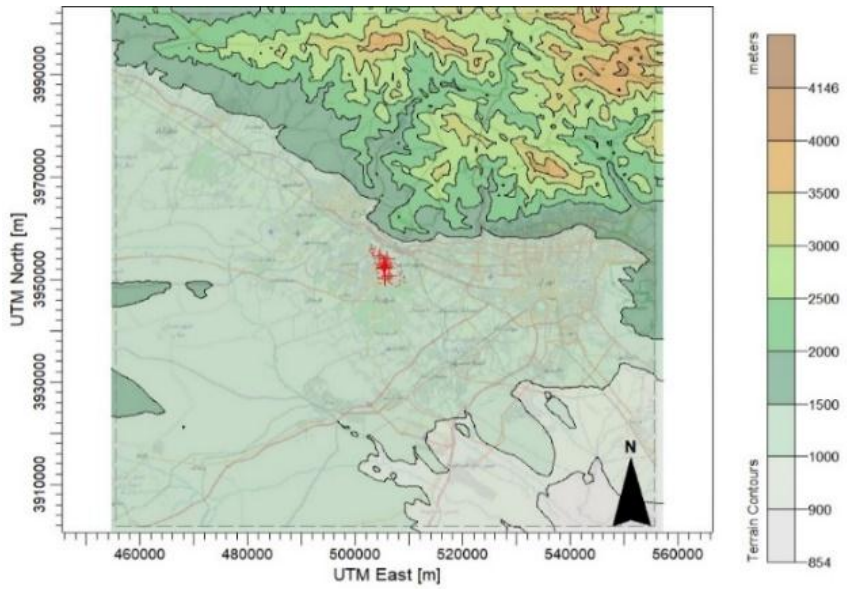
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سطح
ضریب آلبدو	۰/۱٤	۰/۱٦	۰/۱۸	۰/۳۵	شهری
	۰/۱٤	۰/۲	۰/۱۸	۰/٦	زمین زراعی
	۰/۳	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/٤٥	بوته‌زار بیابانی
نسبت بوان	۱	۲	۲	۱/۵	شهری
	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۱/۵	زمین زراعی
	۳	٤	٦	٦	بوته‌زار بیابانی
ضریب زبری	۱	۱	۱	۱	شهری
	۰/۰۳	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۱	زمین زراعی
	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۱۵	بوته‌زار بیابانی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

جدول ۳: مشخصات دودکش‌های کارخانه‌های آسفالت منطقه

شماره	موقعیت جغرافیایی		ارتفاع (m)	قطر (m)	درجه حرارت (K)	سرعت خروجی (m/s)	میزان انتشار ذرات			
							PM_{10}		$PM_{2.5}$	
							g/s	kg/yr	g/s	kg/yr
۱	۳۵° ۴۱' ۴۴/۲۰"N	۵۱° ۰۳' ۳۶/۷۰"E	٦/٥	۰/۷	۳۷۱/٦٦	۱۸/۱	۰/۵۵۰	۳٦٤٥	۰/۱٦۹	۱۱۲۰/٥
۲	۳۵° ۴۲' ۴۶/۴۰"N	۵۱ ° ۰۳' ۳۴/۷۰"E	۲/٥	۰/۹	۳۷۱	۱۲/۱	۰/۰۳۷	۲٤۳	۰/۰۱۱	۷٤/۷
۳	۳۵° ۴۲' ۵۲/۸۰"N	۵۱° ۰۳' ۳۳/۸۰"E	٤/۸	۱/۲	۳٤۳	۱۱/۲	۰/۱۳۷	۹۱۱/۲٥	۰/۰٤۲	۲۸۰/۱۲
٤	۳۵° ۴۲' ۴۹/۲۰"N	۵۱° ۰۳' ۳۲/۶۰"E	٤/۸	۰/۹	۳۳۱	۱۳/۷	۰/۱۳۷	۹۰٥/۱۷	۰/۰٤۲	۲۷۸/۲٥
٥	۳۵° ۴۴' ۰۷/۶۰"N	۵۱° ۰۲' ۵۹/۶۰"E	۷	۰/۷	۳٥٤	۱۹/۶	۰/۱۱۹	۷۸۹/۷٥	۰/۰۳۷	۲٤۲/۷۷
٦	۳۵° ۴۲' ۰۳/۲۰"N	۵۱° ۰۴' ۱۰/۹۰"E	۳	۱	۳۷۰/٥	۱۳/٥	۰/۲٥۷	۱۷۰۱	۰/۰۷۹	٥۲۲/۹
۷	۳۵° ۴۲' ۰۲/۹۲"N	۵۱° ۰۴' ۱۱/۲۲"E	٤/۸	۰/۹	۳٥۹/٥	۱۴/۷	۰/۱۱۷	۷۷۷/٦	۰/۰۳٦	۲۳۹/۰٤
۸	۳۵° ۴۳' ۰۹/۳۰"N	۵۱° ۰۳' ۳۱/۲۰"E	۹	۱	۳٥٥/۸	۱۴/۹	۰/۰۸۸	٥۸۳/۲	۰/۰۲۷	۱۷۹/۲۸
۹	۳۵° ۴۳' ۱۹/۴۵"N	۵۱° ۰۳' ۲۹/۰۲"E	۷	۰/٥	۳٥٤/۳	۱۳/۹	۰/۱۱۹	۷۸۹/۷٥	۰/۰۳۷	۲٤۲/۷۷
۱۰	۳۵° ۴۳' ۲۰/۶۹"N	۵۱° ۰۳' ٥۲/۰۰"E	٤/۸	۰/۹	۳٥۸/٦	۱۱/۹	۰/۱۸۳	۱۲۱٥	۰/۰٥٦	۳۷۳/٥
۱۱	۳۵° ۴۳' ۴۸/۰۰"N	۵۱° ۰۳' ۲٥/۰۰"E	۷	۰/۸	۳٤۲	۹/۱	۰/۰۳۳	۲۱۸/۷	۰/۰۱۰	٦۷/۲۳
۱۲	۳۵° ۴۲' ٥۷/۰۰"N	۵۱° ۰۳' ۴۰/۰۳"E	۳	۰/۹	۳۹۳	۱۳/۸	۰/۱۱۷	۷۷۷/٦	۰/۰۳٦	۲۳۹/۰٤
۱۳	۳۵°۴۲ '۴۶/۶۱"N	۵۱° ۰۳' ۳۴/۷۰"E	٤/۸	۰/۹	۳٦۰/٤	۱٥/٥	۰/۲٥٥	۱٦۸۷/٥	۰/۰۷۸	٥۱۸/۷٥



شکل ۵: نقشه عوارض زمین محدوده ۵۰×۵۰کیلومتر

یافته‌ها

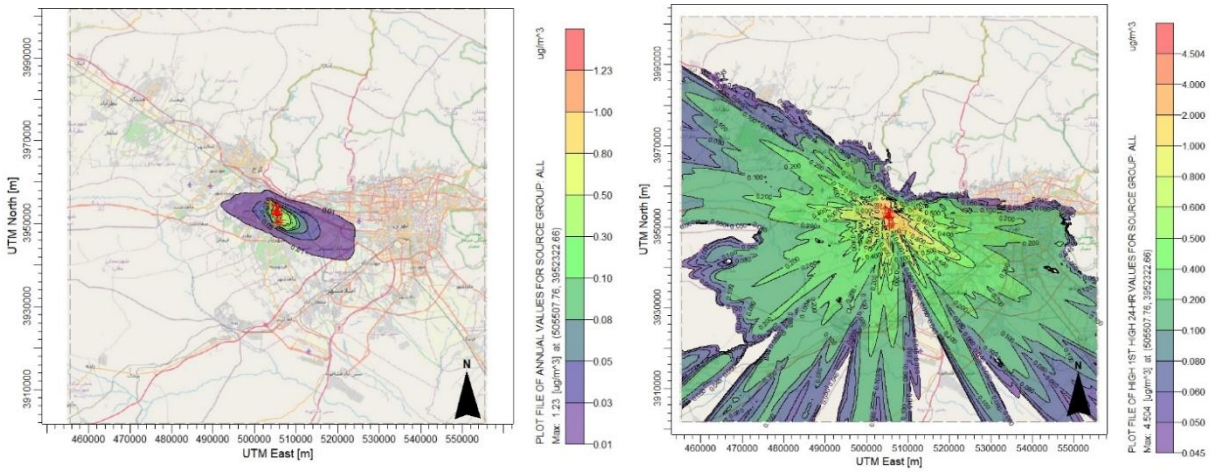
نتایج حاصل از بیشینه غلظت ذرات ۲٤ ساعته و سالانه در جدول ٤ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، بیشینه غلظت $PM_{2.5}$ پیش‌بینی‌شده در بازه زمانی ۲٤ ساعته و سالانه به ترتیب برابر با ٤/٥ و ۱/۲۳ میکروگرم در مترمکعب و بیشینه غلظت PM_{10} پیش‌بینی‌شده در بازه زمانی ۲٤ ساعته و سالانه به ترتیب برابر با ٤/۹۹ و ۱/٦ میکروگرم در مترمکعب است که در گیرنده‌هایی در داخل مجتمع معدنی رخ‌داده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

اشکال ٦ و٧ نیز نتایج حاصل از نحوه پراکنش ذرات در ناحیه مدل‌سازی را به‌صورت نمودارهای هم غلظت تا شعاع ٥٠ کیلومتری نشان می‌دهند.

در بازه زمانی ٢٤ ساعته، بیشینه غلظت $PM_{2.5}$ در مراکز شهرهای قدس، شهریار، اندیشه و تهران به ترتیب به ١، ١، ٠/٦ و ٠/٢میکروگرم در مترمکعب و حداکثر غلظت PM_{10} در مراکز شهرهای فوق‌الذکر به ترتیب ٢، ٢، ١ و ٠/٤ میکروگرم در مترمکعب بوده است. میزان غلظت ذرات در دوره متوسط سالیانه در مراکز شهرهای اطراف چشمگیر نبوده است بطوریکه بیشینه غلظت سالانه $PM_{2.5}$ در مراکز شهرهای قدس، شهریار، اندیشه به ترتیب به ٠/٠٥، ٠/٠٣، ٠/٠٥ میکروگرم در مترمکعب و بیشینه غلظت PM_{10} در مراکز شهرهای فوق‌الذکر به ترتیب ٠/٠٨، ٠/٠٣، ٠/٠٨میکروگرم در مترمکعب بوده است. با توجه به اینکه مقادیر استاندارد کیفیت هوای EPA برای $PM_{2.5}$ در ٢٤ ساعت و سالانه به ترتیب ٣٥ و ١٢ میکروگرم در مترمکعب و برای PM_{10} در ٢٤ ساعت ١٥٠ میکروگرم در مترمکعب [٣٢] و مقادیر استاندارد WHO برای $PM_{2.5}$ در ٢٤ ساعت و سالانه به ترتیب برابر ٢٥ و ١٠ میکروگرم در مترمکعب و برای PM_{10} در ٢٤ ساعت٥٠ و سالیانه٢٠ میکروگرم در مترمکعب می‌باشد [٣٣]، با مقایسه مقادیر بیشینه ٢٤ ساعته و سالانه ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} با استانداردهای مذکور، نتایج نشان داد مقادیر غلظت‌های شبیه‌سازی‌شده از حد استانداردهای EPA وWHO پایین‌تر است.



(الف) (ب)

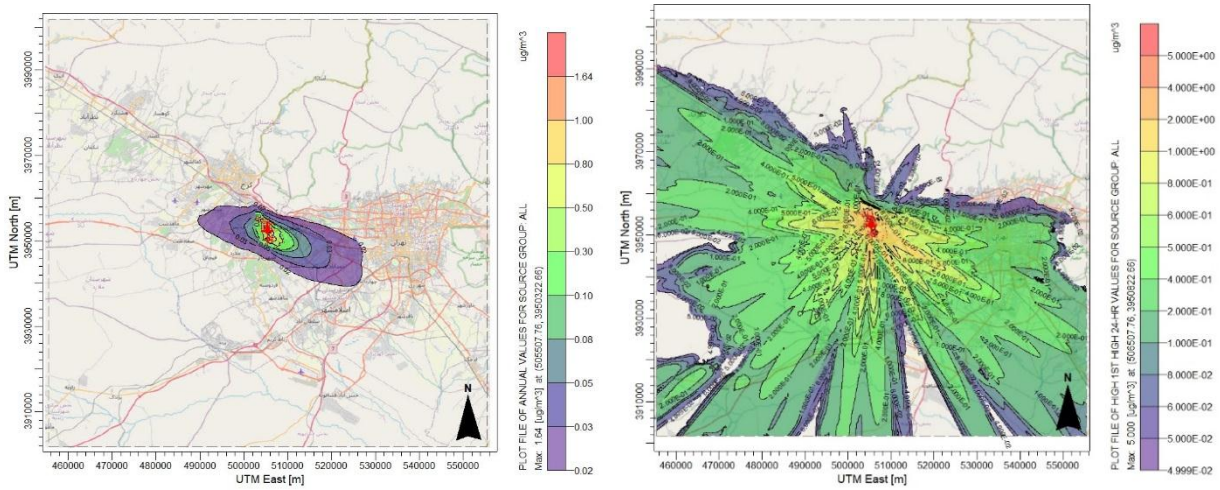
شکل ۶: پراکنش $PM_{2.5}$ ناشی از دودکش‌های کارخانه‌ها(الف) میانگین ٢٤ ساعته (ب) میانگین سالیانه

جدول ٤: غلظت‌های بیشینه ذرات انتشاریافته از دودکش‌های کارخانه‌ها

آلاینده	متوسط زمانی	ماکسیمم غلظت (میکروگرم بر مترمکعب)	مختصات	
			Y	X
$PM_{2.5}$	٢٤ ساعته	٤/٥٠	٣٩٥٢٣٢٢/٦٦	٥٠٥٥٠٧/٧٦
	سالیانه	١/٢٣	٣٩٥٢٣٢٢/٦٦	٥٠٥٥٠٧/٧٦
PM_{10}	٢٤ ساعته	٤/٩٩	٣٩٥٠٨٢٢/٦٦	٥٠٦٥٠٧/٧٦
	سالیانه	١/٦	٣٩٥٠٨٢٢/٦٦	٥٠٦٥٠٧/٧٦

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]



(ب) **(الف)**

شکل ۷: پراکنش PM_{10} ناشی از دودکش‌های کارخانه‌ها

(الف) میانگین ۲٤ ساعته (ب) میانگین سالیانه

بحث

کارخانه‌های آسفالت از منابع مهم تولید آلودگی هوا می باشندکه نقش مهمی در انتشار ذرات دارند. میزان غلظت آلاینده‌ها متناسب با میزان انتشار، ارتفاع دودکش، سرعت و جهت باد، تلاطم اتمسفری و جهت پخش افقی است. و میزان غلظت آلاینده علاوه بر جریان افقی تحت تأثیر جریان عمودی باد نیز قرار می‌گیرند. در این پژوهش با استفاده از فاکتور انتشار میزان انتشار ذرات خروجی از دودکش‌های کارخانه‌های آسفالت برآورد گردید و سپس با استفاده از مدل AERMOD به ارزیابی نحوه پراکنش ذرات معلق صنایع آسفالت جنوب غرب تهران پرداخته شد. نتایج نشان داد میزان آلاینده‌های $PM_{2.5}$ و PM_{10} خروجی از دودکش‌های ۱۳ کارخانه آسفالت که وارد اتمسفر می‌شوند به ترتیب برابر با ٤/۳۷۸ و ۱٤/۲٤٤ تن در سال بوده است. مقادیر بیشینه $PM_{2.5}$ در دوره‌های زمانی ۲٤ ساعته و سالیانه برابر با ٤/۵ و ۱/۲۳ میکروگرم بر مترمکعب و مقادیر بیشینه PM_{10} در دوره‌های فوق‌الذکر برابر با ٤/۹۹و ۱/٦ میکروگرم بر مترمکعب بوده که از حد مجاز دو استاندارد EPA و WHO پایین‌تر است و با توجه به جهت باد غالب منطقه، پراکنش آلاینده‌ها به سمت شهر قدس، شهریار، و تهران بوده که با نتایج مطالعه قمی اویلی و شعبانی کاکرودی (۱۳۹۷) هم‌راستاست. نتایج مطالعه قمی اویمی و شعبانی کاکرودی نشان داد کارخانه ره گستر ارجمند ازلحاظ رعایت استانداردهای زیست‌محیطی از وضعیت مطلوبی برخوردار است که با نتایج پژوهش حاضر انطباق دارد [۱۱]. نتایج پژوهش سید صفویان و همکاران بیانگر این مطلب بود که آلایندگی کارخانه آسفالت آستارا بالاتر از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست است که مطابق نتایج تحقیق حاضر نمی‌باشد [۱۳]. همچنین نور پور و شهابی پراکنش ذرات معلق خروجی از دودکش‌های کارخانه سیمان ایلام را با استفاده از مدل AERMOD بررسی نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مقادیر بیشینه ۲٤ ساعته و سالیانه ذرات معلق به ترتیب برابر با ۵/۱۰ و ۰/۸٤ میکروگرم بر مترمکعب و پایین تراز حد مجاز EPA و WHO بوده است [۳٤].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

که مطابق پروژه حاضر می‌باشد. آلمایهو و هکت (Alemayehu & Hackett) نیز در سال ۲۰۱۵ برای پراکنش انتشار $PM_{2.5}$ و SO_2 ناشی از نیروگاه زغال‌سنگ در اوکلاهاما از مدل AERMOD استفاده نمودند. نتایج این مدل‌سازی نشان داد حداقل ۲۶-۱۹٪ $PM_{2.5}$ و SO_2 ناشی از دودکش‌های نیروگاه به جزیره‌تری بال (Tribal) می‌رسند و کمتر از $12\mu g/m^3$ آلاینده‌ها در داخل منطقه سقوط می‌کنند. همچنین بیشترین غلظت شبیه‌سازی‌شده $PM_{2.5}$ برابر با ۱۰میکروگرم بر مترمکعب بوده که این غلظت نیز پایین‌تر از حدود استاندارد EPA بوده است [۳۵].

با توجه به توپوگرافی پهنه مدل‌سازی، به‌غیراز مناطقی در سمت شمال و شمال شرق مجتمع که دارای توپوگرافی پیچیده می‌باشند، دیگر مناطق مسطح بوده و تجمع ذرات در نقاط خاصی از پهنه صورت نگرفته و پراکندگی ذرات به‌صورت یکنواخت و بیشینه غلظت‌ها در خارج از مجتمع در جهت بادهای غالب بوده است. از دیگر عوامل تأثیرگذار بر نحوه پراکنش آلاینده‌ها سرعت باد، دما، رطوبت نسبی و ویژگی‌های منابع انتشار نظیر ارتفاع و قطر داخلی دودکش‌ها می‌باشد. چنانچه هال (Hall) و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه خود نشان دادند با افزایش ارتفاع دودکش غلظت آلاینده‌ها کاهش می یابدکه علت آن افزایش عملکرد پارامترهای هواشناسی ذکرشده است [۳۶]. سرعت وزش باد باعث تغییر غلظت آلاینده‌ها می‌شود. بیشتر بادهای منطقه دارای سرعتی معادل ۳/۶۰-۲/۱۰ متر بر ثانیه بوده که ۳۱/۸ درصد بادها را به خود اختصاص داده است، همچنین ۱۳/۹ درصد بادها نیز آرام بوده‌اند. ارتفاع و قطر دودکش‌های کارخانه‌های آسفالت به ترتیب بین ۹-۲/۵ و ۲/۲-۰/۹ متر با میزان انتشار ۰/۵۵۰ - ۰/۰۳۳ گرم در ثانیه و دمای خروجی آلاینده‌ها نیز بین ۳۷۱/۶۶- ۳۳۱ درجه کلوین بوده است. بیشترین غلظت $PM_{2.5}$ و PM_{10} در دوره‌های زمانی مختلف (۲۴ ساعته و سالیانه) در داخل مجتمع معدنی رخ‌داده است که با دور شدن از مجتمع به‌تدریج از میزان غلظت کاسته می‌شود که با نتایج مطالعه اشرفی و همکاران (۱۳۹۲) هم‌راستاست. نتایج مطالعه اشرفی و همکاران نشان داد که غلظت آلاینده‌ها در مجاورت صنایع تولید آسفالت بیشتر بوده و هرچه از منابع تولید دورتر می‌شویم میزان غلظت آلاینده‌ها کاهش پیدا می‌کند [۱۷]. در خارج از مجتمع نیز بیشترین غلظت $PM_{2.5}$ در نواحی شرق، جنوب شرقی و غرب مجتمع بوده و مناطقی چون شهر قدس از سمت شرق، شهریار از جنوب و اندیشه از غرب را در برگرفته است. حداکثر غلظت رسیده به شهرهای اطراف مجتمع که شامل شهر قدس، شهریار، اندیشه می‌باشند و تقریباً در مجاورت مجتمع قرار دارند، به ترتیب برابر با ۱، ۱ و ۰/۶ میکروگرم بر مترمکعب است. در مورد شهر تهران نیز حداکثر غلظت رسیده به منطقه وردآورد که در غربی‌ترین نقطه شهر تهران قرارگرفته و دروازه ورود به کلان‌شهر تهران بوده و در فاصله ۶ کیلومتری از مجتمع قرار دارد، ۰/۸ میکروگرم بر مترمکعب است؛ که رفته‌رفته از میزان غلظت آن به سمت شرق کاسته شده بطوریکه در مرکز شهر تهران در فاصله ۲۸ کیلومتری از مجتمع حداکثر غلظت به ۰/۲ میکروگرم در مترمکعب می‌رسد و سپس باکم شدن آن به سمت شرق در محله‌ای به نام حکیمیه که در شرقی‌ترین نقطه تهران و در فاصله‌ای حدوداً ۴۷ کیلومتری از مجتمع قرار دارد این میزان بسیار ناچیز و نزدیک به صفر می‌گردد (شکل۶a). بیشترین غلظت PM_{10} نیز در دوره متوسط ۲۴ ساعته در خارج از مجتمع معدنی در نواحی شرق و جنوب شرقی، جنوب و غرب محدوده معدنی رخ‌داده است و مناطقی چون شهر قدس از شرق، اسلامشهر از جنوب شرق، شهریار از جنوب و اندیشه از غرب را شامل می‌شود. حداکثر غلظت رسیده به مرکز شهر قدس۲ میکروگرم بر مترمکعب، اسلامشهر۰/۶ میکروگرم بر مترمکعب، شهریار۲ میکروگرم بر مترمکعب و اندیشه ۱ میکروگرم بر مترمکعب است. در مورد شهر تهران نیز حداکثر غلظت رسیده به وردآورد تهران ۰/۸ میکروگرم بر

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

مترمکعب است که به‌تدریج از میزان غلظت آن به سمت شرق کاسته شده و در مرکز شهر تهران حداکثر غلظت به میزان ۰/٤ میکروگرم در مترمکعب و در محله جوادیه تهران‌پارس که در شرق تهران و در فاصله‌ای حدوداً ٤٥ کیلومتری از مجتمع قرار دارد این میزان بسیار ناچیز و نزدیک به صفر می‌گردد (شکل٦b). در بازه زمانی سالانه به علت نشست بخش زیادی از ذرات، غلظت $PM_{2.5}$ و PM_{10} برآورد شده کاهش چشمگیری داشته است به‌طوری‌که پراکندگی $PM_{2.5}$ از سمت شرق و جنوب شرق حداکثر تا فرودگاه مهرآباد و روستای احمدآباد مستوفی و از سمت غرب تا منطقه فردیس (شکل۷a) و پراکندگی PM_{10} از سمت شرق و جنوب شرق تا فرودگاه مهرآباد و محله چهاردانگه و از سمت غرب تا محمد شهر می‌باشد (شکل۷b).

با توجه به اینکه کارخانه‌های آسفالت از منابع مهم تولید آلودگی هوا می‌باشند، انجام اقدامات مناسب برای به حداقل رساندن میزان تولید این آلاینده‌ها در این صنعت ضروری می‌باشد. به‌منظور کنترل آلاینده‌های ناشی از کارخانه‌های آسفالت می‌توان از تجهیزات مختلف و متنوعی که جهت کنترل و پالایش آلودگی هوا و بهسازی محیط در این صنعت بکار می‌روند، استفاده کرد. انتخاب نوع دستگاه‌ها به شرایط کارکرد آن‌ها بستگی داشته و به‌کارگیری آن‌ها متناسب با نوع، میزان و مشخصات آلودگی موردنظر می‌باشد. با استفاده از مواد اولیه مرغوب و انجام دقت لازم در بهره‌برداری مناسب از آن‌ها در کارخانه، الزام کارخانه‌های تولید آسفالت به استفاده از سوخت‌های مناسب، تعمیر به‌موقع ماشین‌آلات خط تولید و سرویس ماهانه آن‌ها و جایگزینی ماشین‌آلات قدیمی با دستگاه‌های جدید، سنجش میزان خروجی آلاینده‌ها به‌صورت ماهانه توسط خودواحدهای تولید جهت آگاهی از میزان کارایی تجهیزات کنترل آلودگی و رفع نقص احتمالی آن، نصب تجهیزات مناسب کنترل آلاینده‌های هوا و نگهداری مستمر آن زیر نظر متخصصین، استقرار نظام مدیریت زیست‌محیطی و نیز اختصاص حداقل چند درصد از فضای کارخانه‌ها به سبز می تواند در کاهش میزان آلاینده‌ها مؤثر واقع شود.

نتیجه‌گیری

عمده‌ترین آلودگی صنعت آسفالت گردوغبار است. حداکثر میزان غلظت ذرات تولیدی توسط کارخانه‌های آسفالت جنوب غرب تهران در داخل محدوده معدنی رخ‌داده که بافاصله گرفتن از مجتمع معدنی به علت پراکنش ذرات به اطراف از میزان غلظت آن‌ها به‌تدریج کاسته شده است. بیشترین نوسانات غلظت ذرات در متوسط زمانی ٢٤ ساعته بوده که در مناطق اطراف مجتمع معدنی و در جهات جنوب شرق، جنوب تمرکز بیشتری داشته که با بزرگ شدن مقیاس زمانی به سالیانه، پراکنش و میزان غلظت ذرات در جهت جنوب شرق متمرکزشده است. این تحقیق نشان داد با استفاده از مدل‌های پراکنش می‌توان قدم‌های مؤثری در ارزیابی اثرات زیان‌بار آلاینده‌های خروجی از صنایع بر سلامت انسان و محیط‌زیست برداشت. نتایج این مطالعه حداکثر میزان سهم کارخانه‌های آسفالت جنوب غرب تهران از آلودگی هوای مناطق اطراف و نیز شهر تهران را برآورد نمود و نشان داد با توجه به میزان انتشار ذرات از کارخانه‌های آسفالت و نیز جهت باد غالب منطقه، فعالیت این کارخانه‌ها در میزان آلودگی هوای مناطق اطراف و نیز شهر تهران تأثیرگذار می‌باشند. همچنین با توجه به استقرار صنایع مختلف دیگری ازجمله کارگاه‌های تولید شن و ماسه، کارگاه‌های بتون سازی و تولید قطعات در داخل و اطراف این مجتمع، اثرات تجمعی این صنایع می‌تواند باعث افزایش غلظت ذرات معلق در هوا گردیده که این امر می‌تواند منجر به افزایش میزان آلودگی هوا و نیز افزایش ریسک خطر ابتلا به بیماری‌های مرتبط با ذرات در جوامع در معرض گردد. لذا انجام مطالعه‌ای در موردبررسی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

میزان پراکنش تجمعی آلاینـده‌های صـــنایع مختلف منطقه بر روی جوامع اطراف پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وســیله از اداره محیط‌زیســت شــهرســتان قدس و همچنین انجمن صـنفی تولیدکنندگان شـن و ماسـه کل استان تهران بـه دلیل در اختیار گذاشـــتن داده‌های موردنیاز و انجام همکـاری‌هـای لازم تشـــکر و قـدردانی می‌گردد. این مطالعه حاصل بخشی از پایان‌نامه دوره دکتری تخصصی دانشگاه آزاد اسـلامی واحد علوم تحقیقات در رشـته مهندسی محیط‌زیست می‌باشد.

References

1. Nourmoradi H, Omidi Khaniabadi Y, Goudarzi G, et al. Investigation on the Dust Dispersion (PM10 and PM2.5) by Doroud Cement Plant and Study of Its Individual Exposure Rates. Ilam Univ Med Sci 2016;24(1): 64-75 [In Persian].
2. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Particulate Matter (PM) Basics 2019 [cited 2021 April 13]. Available from: https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM.
3. Rai P. Multifaceted Health impacts of Particulate Matter (PM) and its management: An overview. Environ Skep Crit 2015;4(1): 1-26.
4. Canova C, Minelli C, Dunster C, et al. PM10 oxidative properties and asthma and COPD. Epidemiol 2014;23(3): 467-8.
5. Ruckerl R, Schneider A, Breitner S, et al. Health effects of particulate air pollution: a review of epidemiological evidence. Inhal Toxicol 2011;23(10): 555-92.
6. Bayat R, Ashrafi K, Shafiepour Motlagh M, et al. Estimation of Tehran's particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter (PM2.5) health effects, using BenMAP-CE. IJHE 2019;12(3): 365-82[In Persian].
7. Heger M, Sarraf M. Air pollution in Tehran: health costs, sources, and policies: World Bank Group; 2018 [cited 2021 March/10]. Available from: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29909/126402-NWP-PUBLIC-Tehran-WEB-updated.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
8. Amini A, Nabi Bidhendi G, Givehchi S, et al. Location of Asphalt Plant for Road Construction Projects (Case Study: Hamedan Bypass). 6th Environmental Engineering Conference; University of Tehran, Tehran, Iran. [in Persian].2012.
9. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Emissions factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant emission factors. Volume 1: stationary point and Area Sources. Chapter 11: Mineral Products Industry, 11.1 Hot Mix Asphalt Plants. 2004 [cited 2019 March 15]. Fifth [Available from: https:/www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s01.pdf.
10. Center for Health EJ. Asphalt Plants 2019 [cited 2019 March 21]. Available from: : http://chej.org/wp-content/uploads/Asphalt-Plants-20191.pdf.
11. Gomi F, Shabani M. Investigation of environmental pollution of Rahgostar asphalt plant. International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Management in Iran; 18 August Tehran, Iran2018.
12. Chitsazan A, Roozbahani M. Investigation of environmental pollution of Tehran-Pardis asphalt factory. The first national conference planning, conservation, environmental protection, sustainable development; 20February Hamedan, Iran2014.
13. Seyyed Safavian S, Kanzadeh N, Fataei E, Ghasempur A. Investigation of environmental pollution of Astara asphalt plant. First National Conference on Sustainable Agricultural Development and Healthy Environment; 26 February2013.
14. Mansouri N, Alinejad J. Investigation on dust control systems and determination of emission rate in Mashhad asphaltplants. JEST 2009;11(1): 1-10 [In Persian].
15. Kermani M, Farzadkia M, Rezaei Kalantari R, Bahmani Z. Assessment risk of heavy metals in particulate matter smaller than 10 microns on Tehran's Kahrizak compost Complex worker in winter 2016. IOH 2018;15(2): 164-75[In Persian].
16. Cimorelli A, Perry S, Venkatram A, et al. AERMOD: Description of model formulation. North California: US. Environmental Proection Agency. 2004.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

17. Ashrafi K, Salimian M, Momeni M, Karami H. Modeling of Pollutants Emission from Asphalt Plant and Crusher Devices of Road Construction Projects (Case study: Sarab – Bostanabad Road). J Transp Eng 2013;4(4): 313-32[In Persian].

18. Shamsipour A, Ashrafi E, Alikhah asl M, Ashrafi K. Modeling the distribution of suspended particles in the south of Tehran by the model of AERMOD, (A Case Study of Tehran cement factory). JES 2016;41(4): 799-814 [In Persian].

19. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, kuchakzadeh M, et al. Dispersion and Health Risk Assessment of PM10 Emitted from the Stacks of a Ceramic and Tile industry in Ardakan, Yazd, Iran, Using the AERMOD Model. ISMJ 2019;22(5): 317-32[In Persian].

20. Perry S, Cimorelli A, Paine R, et al. AERMOD: A dispersion model for industrial source applications. Part II: Model performance against 17 field study databases. . AMS 2005;44(5): 694-708.

21. Heckel PF, LeMasters GK. The Use of AERMOD Air Pollution Dispersion Models to Estimate Residential Ambient Concentrations of Elemental Mercury. Water, Air, Soil Pollut 2011;219(1): 377-88.

22. Statistical Center of Iran. Results of the 2016 National Population and Housing Census: Statistical center of Iran; 2016 [cited 2021 June 3]. Available from: https://www.amar.org.ir/english/Population-and-Housing-Censuses

23. F. S, A. MH. Investigation of pollutants affecting air pollution in Tehran and control strategies according to AQI quality index. JR_GEOIAU 2020;10(4): 55-73[In Persian].

24. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Air Emissions Factors and Quantification, AP-42: Compilation of Air Emissions Factors [cited 2021 March 20]. Available from: https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors#Proposed/.

25. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Emissions factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant emission factors. Volume 1: stationary point and Area Sources. Introduction to AP-42 1995 [cited 2019 March 22]. fifth:[Available from: https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/c00s00.pdf.

26. Tiwary A, Colls J. Air pollution: measurement, modelling and mitigation. Third ed: Taylor & Francis e-library; 2009.

27. Owen Harrop D. Air Quality Assessment and Management A Practical Guide: Taylor & Francis e-Library; 2005.

28. Kalhor M, Ghaleh Askari S, Bozorgi M. AERMET Performance in Evaluation of Boundary Layer Parameters and Its Effect on Carbon Monoxide Concentration Outputs in AERMOD Model Compared to Upper Air Data. Iran J Health Environ 2018;11(3): 365-76. [In Persian].

29. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Users guide for the AMSEPA regulatory model-AERMOD: Office of Air Quality Planning and standard, Emissions Monitoring and Analysis Division, Research Trangle Park, North California, EPA-454/B-03-001.216P.; 2004.

30. United States Environmental Protection Agency (USEPA). APPENDIX B Local-Scale Assessment of Primary PM2.5 for Five Urban Areas [cited 2019 March 20]. Available from: https://www3.epa.gov/ttnecas1/regdata/RIAs/Appendix%20B--AERMOD%20Analysis.pdf.

31. United States Environmental Protection Agency (USEPA). User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET): Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division Research Triangle Park, NC; 2019.

32. United States Environmental Protection Agency (USEPA). National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for PM 2020 [cited 2021 April 10]. Available from: https://www.epa.gov/pm-pollution/national-ambient-air-quality-standards-naaqs-pm.

33. World Health Organization (WHO). Air Quality Guidelines, Global Update 2005 2006 [cited 2021 April 13]. Available from: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf.

34. Noorpoor A, Kazemi Shahabi N. Dispersion Modeling of Air Pollutants from the Ilam Cement Factory Stack. J Civil Env Eng 2014;44.1(74): 107-16 [In Persian].

35. Alemayehu D, Hackett F. Gaussian Dispersion Model to Estimate the Dispersion of Particulate Matters (Pm2.5) and Sulfur Dioxide (SO2) Concentrations on Tribal Land, Oklahoma. Am J Environ Sci 2015;11(4): 440-9.

36. Hall DJ, Spanton AM, Dunkerley F, et al. An Inter-comparison of the AERMOD, ADMS and ISC Dispersion Models for Regulatory Applications. BRE Ltd, Bucknalls Lane, Garston, Watford, 2000 October. Report No.: R&D Technical Report P362.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]

Journal of Environmental Health Engineering, August;2020; Vol. 8, No4: 375-390

Dispersion Modeling of Particulate Matters ($PM_{2.5}$, PM_{10}) from Asphalt Plants in the Southwest of Tehran

Yaser Zehtab Yazdi[1], Nabiollah Mansouri[2]*, Farideh Atabi[3], Hossein Aghamohammadi [4]

[1]PhD Candidate in Environment Engineering, Department of Environment Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[2]Professor, Department of Environment Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[3]Associate Professor, Department of Environment Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[4]Assistant Professor, Department of Remote Sensing and Geographical Information System (GIS), Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Email:nmansourin@gmail.com

Received: 21 April 2021; Accepted: 26 June 2021

ABSTRACT

Background and Objective: Air pollution is one of the most important environmental problems. Asphalt plants are the sources of air pollutants, especially particulate matters. The purpose of this study is to investigate the emission rate of $PM_{2.5}$ and PM_{10} emitted from asphalt plants in the southwest of city of Tehran, also the present study was conducted to estimate the dispersion of particulate matters concentrations on surranding areas of a mining complex and city of Tehran.

Methods: This descriptive-cross sectional study was performed on the asphalt plants in a mining complex in the southwest of Tehran. In this study, at first the concentrations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} emitted from asphalt plants located in the southwest of Tehran were calculated using emission factors suggested by the US Environmental Protection Agency. Then, the dispersion of particulate matters concentrations was estimated on the surrounding areas of the mining complex with a radius of 50 km using the AERMOD model for the average times of 24 hours and annually using emission rate, meteorology and topography data. At last, the simulated concentrations were compared to EPA and WHO standards.

Results: The maximum particulate matter concentrations are in the mining complex, and is gradually reduced by moving away from it. Dispersion of particles in the directions of dominant winds has been uniform. The maximum $PM_{2.5}$ and PM_{10} concentrations have been estimated about 1 $\mu g/m^3$ and 2 $\mu g/m^3$ in Qods, 1 $\mu g/m^3$ and 2 $\mu g/m^3$ in Shahriyar, 0.6 $\mu g/m^3$ and 1 $\mu g/m^3$ in Andisheh and 0.2 $\mu g/m^3$ and 0.4 $\mu g/m^3$ in Tehran respectively in a 24-hour period. The amount of PMs that reached the west of Tehran continues to the eastern regions of the city. PMs concentrations were not significant in the average annual period.

Conclusion: Although dust emission rate from asphalt plants in the southwest of Tehran is acceptable, but it affects on the air quality in the surrounding areas of the mining complex and to some extent in Tehran. The cumulative effects of different industries can increase the potential health risks in the communities vicinity of this mining complex.

Keywords: Dust, Asphalt, Air pollution, Tehran

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.52547/jehe.8.4.375]