



مرکز پژوهش‌های
مجلس شورای اسلامی

گروه محیط زیست

مشخصات گزارش:



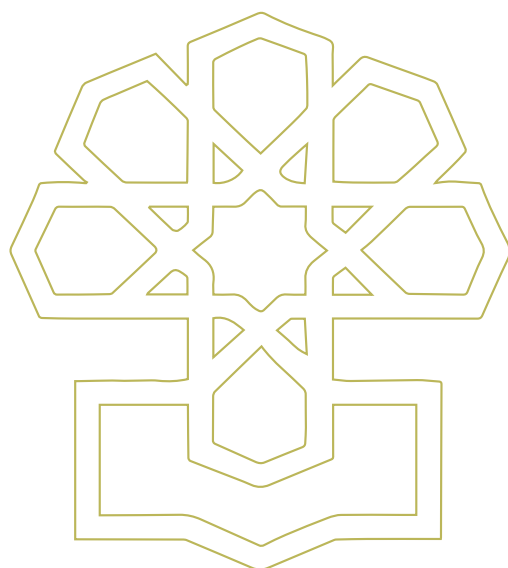
دفتر مطالعات زیربنایی

شماره مسلسل:

۲۵۰۱۹۲۶۷

تاریخ انتشار:

۱۴۰۲/۶/۲۸



بررسی وضعیت آلاینده‌گی ازن در آلودگی هوای کشور



بهزاد اشجعی، الهه سلیمانی مورچه خورتی

چکیده

در سال‌های اخیر آلاینده ازن در روزهای گرم سال اهمیت بالایی پیدا کرده است. وضعیت این آلاینده در شهر تهران سال به سال وخیم تر می‌شود به نحوی که تعداد روزهای نامطلوب از لحاظ این آلاینده از یک روز در سال ۱۳۹۵ به ۴۷ روز در سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است. در سال جاری و تا نیمه مردادماه، شهر تهران ۱۷ روز کیفیت هوای نامطلوب داشته که عامل آن ازن بوده که البته نسبت به مدت مشابه سال گذشته این رقم ۱۲ روز کاهش داشته است. عوامل متعددی در شکل‌گیری و شدت آلودگی ازن نقش دارند که برخی از آنها قابل کنترل و برخی دیگر غیر قابل کنترل می‌باشند. ازن یک آلاینده ثانویه است و بر اثر برهم‌کنش‌های شیمیایی سایر گازها در جو تولید می‌شود. مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در شدت آلاینده ازن، غلظت آلاینده‌های پیش‌ساز آن است. دو آلاینده ترکیبات آلی فرار و اکسیدهای نیتروژن مهم‌ترین آلاینده‌های پیش‌ساز ازن هستند و معمولاً با کاهش VOCs^۱ و افزایش NOx^۲ غلظت ازن در جو کاهش می‌یابد. البته نحوه انتشار آلاینده‌های پیش‌ساز از لحاظ توزیع مکانی و زمانی نیز در نحوه شکل‌گیری ازن اثرگذار است. اما علاوه بر وجود آلاینده‌های پیش‌ساز، تابش نور خورشید و گرمای هوا نیز برای شکل‌گیری ازن ضروری است و به همین دلیل است که این آلاینده در روزهای گرم سال و ساعات اوج گرما در طول شبانه‌روز بیشترین غلظت را دارد. از آنجایی که منابع متحرک مهم‌ترین عامل انتشار آلاینده‌های پیش‌ساز ازن هستند، مدیریت این منابع انتشار نقش مؤثری در کنترل آلاینده ازن در شهرها دارد. علاوه بر آن اجرای طرح کهاب در جایگاه‌های سوخت نیز از جمله راهکارهای مؤثر در کاهش ازن است.

محمدحسن معادی رودسری (ناظر علمی)، الهه سلیمانی مورچه خورتی (مدیر مطالعه)، زهره عطاردی (ویراستار ادبی)
آذر مهمان نواز (گرافیک و صفحه آرایی)

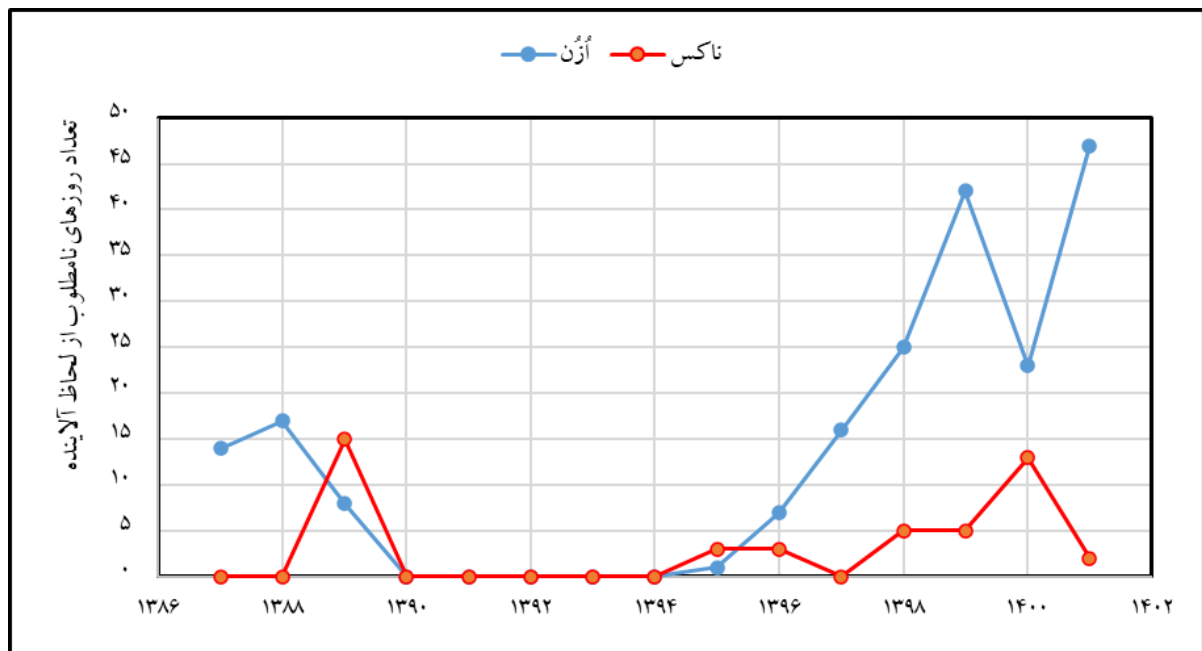
۱. ترکیبات آلی فرار.
۲. اکسیدهای نیتروژن.



ازن یک آلاینده ثانویه است و در طی واکنش‌های شیمیایی در جو تولید می‌شود. برای تولید این آلاینده به دو عامل آلاینده‌های پیش‌نیاز مانند ترکیبات آلی فرار (VOC) و تشعشعات خورشید نیاز است و همچنین ارتباط معکوس با غلظت آلاینده اکسیدهای نیتروژن (NO_x) دارد. غلظت این آلاینده در سال‌های اخیر در شهر تهران افزایش محسوسی داشته به نحوی که در سال ۱۴۰۱ مجموعاً ۴۷ روز شهر تهران به دلیل آلاینده ازن کیفیت هوای نامطلوبی داشته است که همه در فصل گرم سال رخ داده است [۱]. این در حالی است که در همان سال تعداد روزهای نامطلوب شهر تهران از منظر کیفیت هوا برابر ۱۷۰ روز بوده و این یعنی بیش از ۲۷٪ روزهای آلوده تهران در سال ۱۴۰۱ به دلیل افزایش آلاینده ازن اتفاق افتاده است [۱]. پس ازن نقش بسیار مهمی در آلودگی هوای شهر تهران دارد و می‌بایست توجه ویژه‌ای به کنترل و کاهش آن صورت پذیرد. بنابراین باید بررسی شود که چه راهکارها و اقداماتی برای مقابله با آلاینده ازن اثربخشی بیشتری دارد که در این گزارش به آن پرداخته خواهد شد.

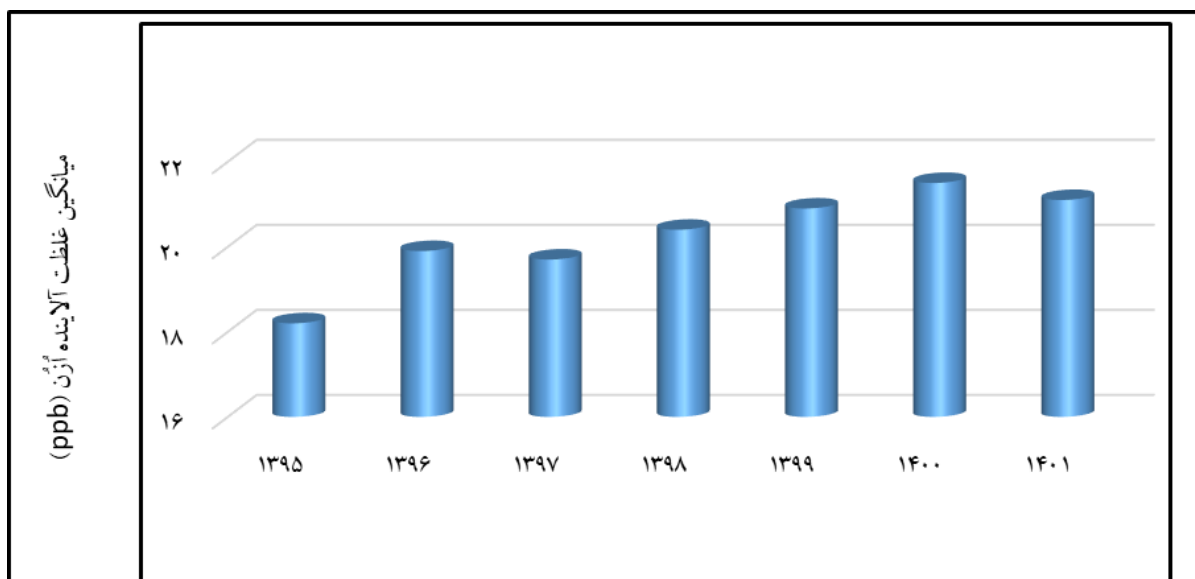
با بررسی گزارشات کیفیت هوا در شهر تهران در سال‌های گذشته در می‌یابیم که وضعیت آلاینده ازن رو به افزایش است. نمودار ۱ روند تغییرات تعداد روزهای آلوده از لحاظ آلاینده ازن به همراه اکسیدهای نیتروژن را در شهر تهران از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۴۰۱ نمایش می‌دهد. با مشاهده این نمودار مشخص می‌شود که از سال ۱۳۹۵ غلظت آلاینده ازن رو به افزایش بوده به گونه‌ای که تعداد روزهای نامطلوب از لحاظ این آلاینده از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ از صفر تا ۴۷ روز افزایش پیدا کرده است [۱]. همچنین تعداد روزهای آلوده از لحاظ آلاینده اکسیدهای نیتروژن با آلاینده ازن رفتار معکوس دارد.

نمودار ۱. تعداد روزهای نامطلوب از لحاظ آلاینده ازن و ناکس در شهر تهران طی ۱۵ سال گذشته [۱]



در مقایسه تعداد روزهای آلاینده ازن در سال جاری و سال گذشته نیز مشاهده می‌کنیم که این رقم برای سال گذشته (تا نیمه مردادماه) برابر ۲۹ روز بوده در حالی که در سال جاری برابر ۱۷ روز است. نمودار ۲ نیز میانگین غلظت سالیانه این آلاینده را در طی سال‌های اخیر نمایش می‌دهد. براساس این نمودار میانگین آلاینده ازن از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱ از حدود ۱۸ ppb به حدود ۲۱ ppb افزایش پیدا کرده است [۱].





تنفس آلاینده ازن منجر به بروز آثار کوتاه مدت و بلندمدت بر سلامتی انسان می شود. در زمان مواجهه با این آلاینده معمولاً احساس درد سینه، سوزش گلو و چشم و سردرد به وجود می آید و در صورت تداوم تنفس این آلاینده بیماری های جدی تری در دستگاه تنفسی انسان مانند عفونت ریه، ایجاد التهاب و زخم در ریه و در نهایت سرطان ریه پدیدار می شود. علاوه بر آثار مخرب آلاینده ازن بر سلامت انسان، وجود این آلاینده تأثیرات سوئی نیز بر سلامت جانداران و گیاهان داشته و این موارد در کنار تغییر ماهیت ترکیب شیمیایی تروپوسفر و آثار گلخانه ای بر اهمیت کنترل آن می افزاید [۲، ۳، ۴].

۲. پیشنهاد

۲-۱. پیشنهاد مطالعات پژوهشی

مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی نظر به اهمیت موضوع پایش آلاینده ازن در گزارش بررسی غلظت آلاینده ازن (O₃) در شهر تهران، منابع انتشار و راهکارهای کاهش و کنترل آن (شماره مسلسل ۱۷۸۳۷) نسبت به ارزیابی وضعیت انتشار گاز ازن در نیمه دوم دهه ۹۰ شمسی پرداخت.

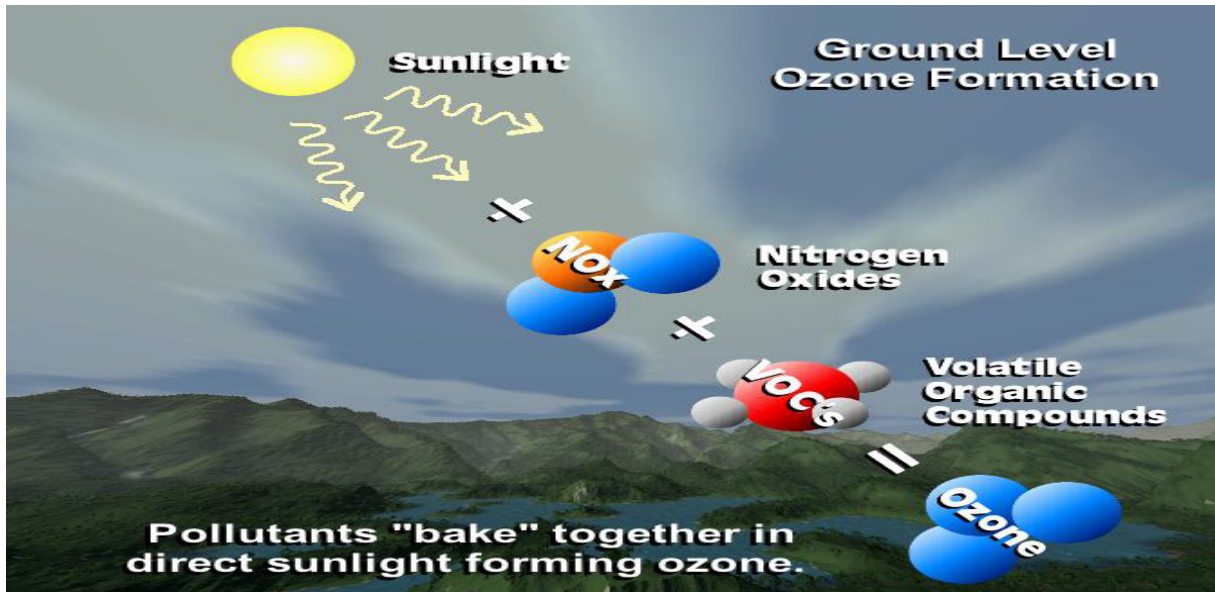
۲-۲. سوابق تقنینی

ازن یکی از آلاینده های هوا محسوب می شود، بنابراین تمامی قوانین و مصوبات در حوزه مقابله با آلودگی هوا با این موضوع مرتبط می باشند. تاکنون بیش از ۴۰ قانون و مصوبه در دولت و مجلس در خصوص آلودگی هوا تصویب شده اند که آخرین و جامع ترین آنها قانون هوای پاک مصوب سال ۱۳۹۶ مجلس شورای اسلامی است. اقدامات مورد نیاز برای کنترل آلاینده ازن همگی در قانون هوای پاک مطرح شده اند. ۵ سال از تصویب این قانون گذشته اما درصد بسیار کمی از آن اجرا شده است [۵]. عدم اجرای این قانون عوامل متعددی دارد اما مهم ترین آن عدم تخصیص منابع مالی مطلوب و عدم مدیریت یکپارچه جهت ایجاد هماهنگی در جهت اجرای قانون است [۶].

۳. عوامل اثرگذار بر آلاینده ازن

همان گونه که بیان شد آلاینده ازن از منابع منتشر نمی شود، بلکه از برهم کنش شیمیایی آلاینده های دیگر با گازهای موجود در اتمسفر در جو تولید می شود. شکل ۱ چرخه تشکیل ازن در جو را نمایش می دهد. بنابراین پارامترهای مختلفی بر میزان غلظت این آلاینده تأثیر گذار است که به بررسی این موارد پرداخته خواهد شد.





۱ **آلاینده‌های پیش‌ساز:** به‌طور کلی دو آلاینده ترکیبات آلی فرار (VOCs) و اکسیدهای نیتروژن (NOx) در تعیین غلظت آلاینده ازن بیشترین تأثیر را دارند. با افزایش انتشار ترکیبات آلی فرار غلظت ازن نیز افزایش می‌یابد و حضور این گاز به‌نوعی در تشکیل ازن کمک‌کننده است. هر چند آلاینده اکسیدهای نیتروژن پیش‌ساز تولید ازن هستند اما نسبت دی‌اکسید نیتروژن به اکسید نیتروژن (NO_2/NO) در این خصوص بسیار تعیین‌کننده است و هر چه این نسبت عدد بالاتری باشد غلظت آلاینده ازن نیز افزایش می‌یابد. در مجموع رفتار غلظت ازن علاوه بر غلظت این دو آلاینده پیش‌ساز به عوامل مختلف دیگری نیز بستگی دارد. آلاینده‌های هیدروکربن نسوخته و اکسیدهای نیتروژن منابع انتشار مختلفی دارند اما مهم‌ترین منابع انتشار در خصوص ترکیبات VOCs منابع متحرک و جایگاه‌های سوخت بوده و برای آلاینده NOx نیز منابع متحرک در کنار منابع خانگی، نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها و صنایع نقش مؤثری دارند [۹،۸].

۲ **میزان تابش خورشید:** واکنش‌های اثرگذار بر تولید آلاینده ازن در جو، گرماگیر هستند و نیازمند انرژی بیرونی می‌باشند. این انرژی از طریق فوتون‌های تابش شده از خورشید تأمین می‌شود و هر چه سطح انرژی این فوتون‌ها بالاتر باشد، می‌توان انتظار تولید ازن بیشتری را نیز داشت. در نتیجه در روزهای گرم‌تر با تابش نور خورشید بیشتر معمولاً غلظت ازن نیز در حالت بیشینه قرار دارد و در روزهایی که دمای هوا بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد است می‌توان انتظار افزایش غلظت ازن را داشت. طبیعتاً گرم‌ترین روزهای سال در تابستان و اواخر بهار بستر مناسبی برای تولید ازن است. روند تشکیل ازن در اتمسفر نیز در گرم‌ترین ساعات روز تشدید می‌شود [۱۰].

۳ **جریان هوا:** سکون هوا و کاهش لایه مرزی منجر به کاهش حجم هوای حاکم بر شهر و در نتیجه افزایش غلظت آلاینده‌های هوا می‌شود و این اصل در مورد تمامی آلاینده‌ها صدق می‌کند. ازن نیز با افزایش جریان هوا در شهرها و وزش باد مؤثر فضای جابه‌جایی بیشتری داشته و در این صورت از غلظت این آلاینده کاسته می‌شود [۱۱].

۴ **رطوبت و بارش باران:** به‌طور کلی رطوبت هوا و بارش باران منجر به کاهش غلظت آلاینده‌های هوا می‌شوند و اصطلاحاً عمل شست‌وشوی آلاینده‌ها از غلظت آنها در جو می‌کاهد [۱۱].

۵ **توزیع مکانی و زمانی آلاینده‌های پیش‌ساز:** همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد غلظت آلاینده‌های پیش‌ساز ازن بر میزان تولید ازن اثرگذارند. در کنار این، نسبت غلظت این آلاینده‌های پیش‌ساز به یکدیگر نیز در نحوه برهم‌کنش شیمیایی در حال انجام در جو اثرگذار است. از لحاظ مکانی در محدوده بزرگراه‌ها و مناطق پرتردد شاهد غلظت کمی از ازن می‌باشیم، چراکه در این مناطق هر چند میزان NOx بالاست، اما نسبت NO به NO_p نیز بالا می‌باشد. اما هر چه از منابع انتشار اصلی آلاینده‌ها، یعنی منابع متحرک فاصله گرفته و به مناطق مسکونی و فضاهای سبز نزدیک می‌شویم با کاهش نسبت NO به NO_p غلظت ازن نیز افزایش می‌یابد. پس معمولاً انتظار می‌رود که غلظت ازن در مناطق شهری در بخش‌هایی که فاصله بیشتری با محل تردد وسایل نقلیه دارند مقدار بیشینه باشد [۱۲]. از طرفی زمان انتشار آلاینده‌های پیش‌ساز نیز اهمیت دارد، در روزهای عادی که اوج ترافیک در ساعات اولیه صبح اتفاق می‌افتد با توجه به پایین بودن میزان تابش خورشید در این ساعات غلظت ازن از حدی بالاتر نمی‌رود، اما در روزهای تعطیل که اوج تردد پس از ساعات اولیه صبح است با توجه به اینکه این موضوع هم‌زمان با ساعات اوج تابش نور خورشید است و همچنین انتشار اکسیدهای نیتروژن نیز در کمترین میزان خود قرار دارد، غلظت ازن بیشتر می‌شود که به این پدیده «اثر آخر هفته» می‌گویند [۱۳]. بنابراین برخلاف سایر آلاینده‌ها، ازن در روزهای تعطیل غلظت بالاتری دارد. از طرفی آلاینده ازن بسیار ناپایدار بوده و طی تنها چند ساعت واکنش شیمیایی به گازهای دیگر تبدیل می‌شود. بنابراین ازن همان‌گونه که به‌وجود آمد، به‌خودی‌خود نیز از بین می‌رود، اما در طی ساعاتی که غلظتش از حدی بالاتر است آثار منفی خود



را بر سلامت انسان می گذارد.

با بررسی پنج مورد از اصلی ترین عوامل تأثیر گذار بر میزان تولید آلاینده ازن مشخص شد که در زمان اوج غلظت این آلاینده این عوامل در جهت همسویی با تولید آلاینده ازن عمل می کنند و در زمان کاهش غلظت آن، برخی از این عوامل اثر بازدارندگی بر تولید ازن دارند.

۴. راهکارهای کاهش آلاینده ازن

میزان غلظت آلاینده ازن به عوامل متعددی بستگی دارد که برخی از این عوامل قابل تغییر و برخی دیگر غیر قابل تغییر هستند. از بین این عوامل، میزان و نحوه انتشار آلاینده های پیش ساز قابلیت تغییر دارند و می توان در این مورد برنامه هایی را پیاده سازی کرد. منابع اصلی انتشار دو آلاینده پیش ساز ازن عبارتند از:

۱ منابع متحرک: همان گونه که توضیح داده شد مهم ترین عامل انتشار آلاینده های VOCs و NOx منابع متحرک هستند. سال به سال به تعداد وسایل نقلیه در حال تردد افزوده شده و از طرفی میانگین سنی وسایل نقلیه نیز افزایش یافته که منجر به افزایش آلاینده های ناوگان می شود [۱۴]. این اتفاق عمده تا به دلیل توقف روند اسقاط وسایل نقلیه فرسوده رخ می دهد، در شرایطی که اگر به ازای ورود هر وسیله نقلیه جدید، یک وسیله نقلیه فرسوده از چرخه ناوگان حمل و نقل حذف شود، هم از افزایش وسعت ناوگان جلوگیری می شود و هم به بهبود ضرایب انتشار میانگین ناوگان کمک می کند. عامل دیگری که به کاهش انتشار آلاینده ها از وسایل نقلیه کمک می کند نظارت کارآمد بر وسایل نقلیه در حال تردد است که اغلب در معاینه فنی صورت می پذیرد. اما در حال حاضر چالش های عدیده ای در این حوزه در کشور موجود بوده که باعث عدم کارایی مؤثر آن در بهبود کیفیت هوا می شود. مدیریت تردها و ترافیک نیز سومین عامل مهم تعیین کننده در میزان انتشار آلاینده ها از وسایل نقلیه است. بهبود و توسعه سامانه حمل و نقل عمومی، توسعه حمل و نقل پاک و غیر موتوری، کاهش تقاضای سفرهای درون شهری، بهینه سازی آلوده و کاهش زمان سفرها، ایجاد محدودیت ها و ممنوعیت های ترافیکی و ... در این دسته از عوامل قرار می گیرند که به بخش عمده ای از آنها توجه کافی صورت نمی گیرد. در کنار آلاینده های منتشره از آگزوز، آلاینده VOCs در روزهای گرم از باک وسایل نقلیه نیز به صورت تبخیری به جو منتشر می شود و برای جلوگیری از این پدیده نیز می توان استانداردهای سخت گیرانه ای را در خصوص سیستم سوخت رسانی خودروها و موتورسیکلت ها برای کنترل بخار سوخت الزامی نمود.

۲ نیروگاه ها، پالایشگاه ها و صنایع: بر اساس سیاهه انتشار آلاینده های در شهر تهران چیزی در حدود ۵۰٪ از کل انتشار اکسیدهای نیتروژن سهم این منابع است [۱۵] اما این منابع در انتشار ترکیبات آلی فرار سهم چشمگیری ندارند. عمده شاخص تعیین کننده در میزان آلاینده این منابع کیفیت سوخت آنهاست. طبیعتاً استفاده از سوخت گاز منجر به کاهش انتشار آلاینده ذرات معلق و اکسیدهای گوگرد شده و از طرفی انتشار آلاینده دی اکسید نیتروژن را افزایش می دهد. در کنار بحث کیفیت سوخت، نوع سیستم های احتراقی و بازدهی آنها، بررسی کمی و کیفی تجهیزات کنترل کننده آلاینده واحدها و میزان کارکرد واحدها در تعیین میزان آلاینده های آنها مؤثر است. تصمیم گیری در خصوص نحوه سیاست گذاری بر این منابع با تمرکز بر آلاینده ازن بسته به مکان و زمان، ممکن است متفاوت باشد چرا که پیش تر گفته شد تأثیر NOx بر کاهش یا افزایش تولید ازن می تواند متفاوت باشد. اما به طور کلی بهتر است در شهرهایی که این منابع سهم بالایی در انتشار ناکس دارند، راهکارهایی از قبیل نصب تجهیزات denox یا سیستم های مخصوص کاهش ناکس استفاده شود.

۳ جایگاه های سوخت: عامل دوم انتشار ترکیبات آلی فرار جایگاه های سوخت می باشند و این منابع تنها منبعی هستند که صرفاً آلاینده VOCs را منتشر می کنند. کاهش انتشار این آلاینده منجر به کاهش ازن می شود بنابراین اجرای اقداماتی مانند طرح کهاب در جهت کنترل بخار بنزین در جایگاه های سوخت برای مقابله با ازن اقدامی اثر گذار است. پیش تر گزارشی تحت عنوان آسیب شناسی اجرای طرح کهاب - عملکرد و توجیه اقتصادی توسط مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی تدوین شده که مطابق آن اجرای کامل طرح کهاب در کشور سالیانه حدود ۱۶ هزار میلیارد ریال عایدی اقتصادی ناشی از بهبود کیفیت هوا و کاهش مصرف سوخت به همراه خواهد داشت و با در نظر گرفتن میزان سرمایه گذاری مورد نیاز، دوره بازگشت سرمایه آن نیز کمتر از دو سال خواهد بود [۱۶].

۴ منابع خانگی و تجاری: یکی دیگر از منابع انتشار آلاینده های پیش ساز ازن، احتراق در سیستم های گرمایشی ساختمان هاست. منابع خانگی و تجاری مجموعاً حدود ۱۴ درصد در انتشار اکسیدهای نیتروژن و دو درصد در انتشار ترکیبات آلی فرار به هوای شهر تهران نقش دارند [۱۵]. می توان با بهینه سازی سیستم های احتراقی گرمایشی به کاهش انتشار این آلاینده ها کمک کرد.

۵. نتیجه گیری و پیشنهاد

در این گزارش وضعیت آلاینده ازن در شهر تهران بررسی و عوامل ایجاد آن تشریح گردید. دو آلاینده اکسیدهای نیتروژن و ترکیبات آلی فرار با دخالت تابش های خورشیدی و شرایط جوی از عوامل اصلی ایجاد آلاینده ازن می باشند. بهترین روش برای کنترل این آلاینده، کنترل آلاینده های پیش ساز آن است که با توجه به منابع اصلی انتشار آنها راهکارهای ذیل در این خصوص پیشنهاد می شود:

۱ اسقاط وسایل نقلیه فرسوده،



۲ افزایش نظارت بر آلاینده‌گی وسایل نقلیه از طریق معاینه فنی،

۳ بهبود سیستم‌های کنترل انتشار بخارات بنزین در وسایل نقلیه،

۴ اجرای طرح کهاب،

۵ بهبود بازدهی نیروگاه‌های صنایع و استفاده از تجهیزات فیلتراسیون گازهای خروجی آنها،

۶ بهبود بازدهی سیستم‌های احتراقی گرمایشی.

به‌منظور اجرای راهکارهای فوق اقدامات ذیل باید از سوی دستگاه‌های مجری پیاده‌سازی شوند:

وزارت کشور (نیروی انتظامی و شهرداری‌ها): تشدید نظارت بر وسایل نقلیه فرسوده و معاینه فنی وسایل نقلیه در حال تردد و نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی،

وزارت صمت: ارتقا استانداردهای آلاینده‌گی وسایل نقلیه تولید داخلی و الزام صنایع به نصب تجهیزات فیلتراسیون،

وزارت نیرو: نصب تجهیزات فیلتراسیون در خروجی نیروگاه‌ها و افزایش سهم منابع غیر فسیلی در تولید برق،

وزارت نفت: اجرای کامل طرح کهاب، نصب تجهیزات فیلتراسیون در پالایشگاه‌ها و ایجاد بستر تأمین مالی برای نوسازی ناوگان فرسوده از طریق صرفه‌جویی سوخت،

وزارت راه و شهرسازی: ارتقا دستورالعمل‌های مربوط به گرمایش و مصرف انرژی ساختمان‌ها و تشدید نظارت بر اجرای آنها،

سازمان حفاظت محیط زیست: بهبود نظارت بر رعایت استانداردهای آلاینده‌گی توسط خودروسازان، صنایع و سایر منابع آلاینده.

اجرای اقدامات فوق که همگی در قوانین و مصوبات مربوط به حوزه آلودگی هوا آمده‌اند، صرفاً از طریق ایجاد یک ردیف بودجه متمرکز با اعتبار متناسب برای اجرای تکالیف دستگاه‌ها در **قانون هوای پاک** و همچنین مدیریت یکپارچه کلیه نهادهای اجرایی در راستای عمل به قانون است. بنابراین پیشنهاد می‌شود اولاً در لایحه بودجه سال ۱۴۰۳ توسط هیئت دولت و یا در قانون بودجه توسط مجلس ردیف بودجه کاهش آلودگی هوا با اعتبار متناسب درج شده و ثانیاً یک کارگروه در سطح معاون اول و یا فردی با اقتدار مشابه به‌عنوان جایگزین وی برای پیگیری مستمر و هفتگی روند اجرای **قانون هوای پاک** در دولت شکل گرفته و از تشکیل کارگروه‌های موازی و غیراجرایی جلوگیری شود.

منابع و مأخذ

۱. آرشو داده‌های کیفیت هوای شهر تهران، شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران.
2. Susaya J, Kim KH, Shon ZH, Brown RJC, "Demonstration of long-term increases in tropospheric O3 levels: Causes and potential impacts", Chemosphere, 2013, 92 (11), 1520-1528
3. Karnosky, D.F, Skelly, J.M, Percy, K.E, Chappelka, A.H. (2007). Perspectives regarding 50 years of research on effects of tropospheric ozone air pollution on US forests. Environ. Pollut., 147, 489-506
4. Ashmore, M.R., Marshall, F.M. (1998). Ozone Impacts on Agriculture: An Issue of Global Concern. Adv. Bot. Res., 29, 31-52.
۵. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، «آسیب‌شناسی قانون هوای پاک، بخش اول: عملکرد». مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی
۶. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، «بررسی اقدامات و راهکارهای اجرایی قانون هوای پاک - ایرادات قانون». مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.
۷. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، «بررسی غلظت آلاینده‌ازن (O₃) در شهر تهران، منابع انتشار و راهکارهای کنترل و کاهش آن، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی».
8. Liu, S.C., Trainer, M., Fehsenfeld, F.C., Parrish, D.D., Williams, E. J., Fahey, D.W., Hübler, G., Murphy, P.C. (1987). Ozone Production in the Rural Troposphere and the Implications for Regional and Global Ozone Distributions. J. Geophys. Res., 92 (D4), 4191-4207
9. Fabian, P. (1974). Comments on 'A Photochemical Theory of Tropospheric Ozone' by W. Chameides and J. C. G. Walker. J. Geophys. Res., 79(27), 4124-4125.
۱۰. غفار غفارپسند، امید؛ حسنی حسنی‌بالام، فهیمه؛ حسن‌زاده، اسماعیل. «عوامل مؤثر بر غلظت ازن و اکسیدهای نیتروژن جو اصفهان». مقاله «نامه کنفرانس فیزیک ایران»، سال ۱۳۹۳.
۱۱. علی اصغر نجف‌پور، احمد جنیدی جنیدی جعفری، سینا دوستی. «تحلیل روند تغییرات غلظت پنج آلاینده شاخص کیفیت هوا در کلان‌شهر تهران و ارتباط آن با داده‌های هواشناسی در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۰ تا ۱۳۸۰-۸۸۱۳۸۰». فصلنامه «بهداشت»، تابستان ۱۳۹۴.
12. Olcese, L.E., and Toselli, B.M., 2002. Some aspects of air pollution in Cordoba, Argentina. Atmospheric Research. 36., 299-306 pp.
13. Im U, Incecik S, Guler M, Tek A, Topcu S, Unal YS, Yenigun O, Kindap T, Odman MT, Tayanc M, "Analysis of surface ozone and nitrogen oxides at urban, semi-rural and rural sites in Istanbul, Turkey", Science of The Total Environment, 2013, 443, 920-931.
۱۴. آمار شماره‌گذاری وسایل نقلیه و وسایل نقلیه، پلیس راهور ناجا.
۱۵. گزارش سیاهه انتشار آلاینده‌های شهر تهران، در سال ۱۳۹۶. شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران، سال ۱۳۹۸.
۱۶. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، «آسیب‌شناسی اجرای طرح کهاب - عملکرد و توجیه اقتصادی»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی..

