نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۸، شماره ۴۹، پاییز ۱۳۹۳، صفحات ۲۵۷-۲۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۰۷ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۰۳/۱۶

تحلیل رابطه بین ضخامت و ارتفاع وارونگی و شدت آلودگی هوا در شهر تهران[۱]

قاسم کیخسروی[۲]
حسن لشکری[۳]

چکیده

آلودگی هوای تهران یکی از معضلات اساسی این شهر است. این شهر به‌عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان محسوب می‌شود. بخشی از آلودگی مانند سایر کشورهای جهان بیشتر ناشی از ازدیاد جمعیت، استفاده از سوخت‌های فسیلی، ترافیک سنگین، زیاد بودن وسایل نقلیه فرسوده، گسترش نامناسب صنایع و بی‌توجهی به مکان‌یابی صنایع می‌باشد و بخش دیگر آلودگی مربوط به وضعیت جغرافیایی شهر تهران می‌باشد که در دامنه جنوبی ارتفاعات البرز واقع شده و از شمال و مشرق به وسیله کوه‌های بلند محصور مانده است. به همراه تأثیر اقلیمی مانند بادهای آرام و پایداری هوا، کمبود نزولات جوی و وارونگی هوا در تشدید هوای تهران بسیار موثر می‌باشد. از بین اینورژن‌های انتخابی مشاهده می‌شود زمانی که ارتفاع اینورژن به سطح زمین نزدیک شده است، برشدت آلودگی هوا (شاخص کیفیت هوای ایستگاه‌ها) افزوده شده است. این مساله در اینورژن‌های انتقالی به‌طور چشمگیری بر شدت آلودگی هوا افزوده است. در اینورژن‌های با منشأ دینامیکی، شرایط اقلیمی حاکم به‌گونه‌ای بوده است که پایداری عمیقی در لایه‌های نزدیک سطح زمین ایجاد نموده است. با توجه به فرایندهای نزولی حاکم، در ضخامت زیادی از جو، عمق اینورژن‌ها افزایش یافته است.

واژگان کلیدی: وارونگی دمایی(اینورژن)، شاخص کیفیت هوا (PSI)، شدت آلودگی، عمق اینورژن.

۱ـ این مقاله برگرفته از طرح تحلیل رابطه بین ضخامت و ارتفاع وارونگی و شدت آلودگی هوا در شهر تهران در دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد.

۲ـ استادیاردانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی. Email:ms167023@yahoo.com

۳ـ دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تمام انرژی برای گردش عمومی جو از خورشید تأمین می‌شود. و همچنین منشأ تمام انرژی‌هایی که روزانه در سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد از خورشید می‌باشد. با وجود اینکه تمام انرژی لازم برای گرم شدن جو نیز از خورشید تأمین می‌شود ولی با توجه به ترکیب جو در لایه‌های مختلف و فعل و انفعالات درون آن گرادیان قائم دما در تمام لایه‌های جو یکسان نمی‌باشد. در لایه تروپوسفر پائینی که پائین‌ترین لایه و نزدیک‌ترین لایه به سطح زمین می‌باشد در حالت طبیعی دما از سطح زمین به طرف بالا کاهش می‌یابد و مقدار میانگین این کاهش دما ۶ درجه سانتی‌گراد در هر کیلومتر می‌باشد. گاهی اوقات این حالت طبیعی به‌دلیل مختلف بهم خورده و دما با افزایش ارتفاع کاهش پیدا نکرده و بعضاً افزایش می‌یابد به این حالت از جو وارونگی دمایی (اینورژن) می‌نامند. در این شرایط حرکات صعودی در درون تروپوسفر در محدوده لایه وارونگی از بین رفته و هر چه این لایه وارونگی به سطح زمین نزدیک‌تر بوده و از عمق و ضخامت بیشتری برخوردار باشد به‌دلیل ممانعت از پخش دود و گرد و غبار به لایه‌های بالا آلودگی هوا شدت پیدا می‌کند.

در حالت وقوع وارونگی دمائی هوا پایدار شده و ذرات در محدوده لایه وارونگی تجمع پیدا کرده و بر شدت آلودگی هوا می‌افزاید. امروزه آلودگی هوا یک معضل اساسی در شهر تهران تبدیل شده است. این مسئله در دوره سرد سال که به دلایل محلی و شرایط سینوپتیکی حاکم در این فصل شدت می‌یابد سبب وارد آمدن خسارات جبران‌ناپذیری به سلامت ساکنان شهر تهران و مرگ و میر بیماران قلبی و ریوی می شود. به توجه به اینکه به‌نظر می‌رسد بین ارتفاع و عمق وارونگی دما و شدت آلودگی هوا رابطه غیرقابل انکاری وجود دارد و وقوع وارونگی‌های دمایی از شرایط سینوپتیکی خاصی پیروی می‌کند. با پی‌گیری روند تغییرات سینوپتیکی جو وارونگی‌های دمایی را پیش‌بینی و قبل از وقوع آلودگی‌های شدید با اتخاذ تدابیر لازم از بحرانی شدن آلودگی هوا کاست.

پیشینه تحقیق

اینورژن‌های شدید به تبع آن آلودگی هوا، آثار مستقیم و غیرمستقیمی برای انسان و محیط

Archive of SID

www.SID.ir

پیرامون آن دارد. محققان مطالعات زیادی در زمینه تحلیل کمی و پیش‌بینی آلودگی هوا انجام داده‌اند از جمله:

اولین کار در مورد آلودگی هوای تهران شاید اولین بار به‌وسیله رولف آلایسن در سال ۱۹۷۱ انجام گرفته است. وی عناصر آلاینده موجود در هوای تهران را مورد مطالعه و ارزیابی قرار می‌دهد و رابطه این عناصر را با برخی بیماری‌ها بیان می‌کند.

چراغی در تحقیقی تحت عنوان بررسی و مقایسه کیفیت هوا در شهرهای تهران و اصفهان (۱۳۷۸: ۱۵۰) و ارائه راهکارهایی جهت بهبود آن. کیفیت هوای این دو شهر را با شاخص استاندارد آلاینده تعیین و مشخص نمود که غلظت آلاینده‌ها با توجه به، شاخص محاسبه شده ۳۲۹ روز در شهر تهران و ۳۴ روز در شهر اصفهان از حد استاندارد تجاوز کرده بود. همچنین در این تحقیق مشخص شده است که در موارد تجاوز کیفیت هوا از حد استاندارد در شهر تهران در ۹۶ درصد از موارد و در شهر اصفهان در ۷۰ درصد از موارد آلاینده مسئول منواکسید کربن بوده است.

بیدختی و بنی‌هاشم (۱۳۸۳: ۶۰-۵۱) به مطالعه لایه آمیخته شهری و رابطه آن با شدت و ضعف آلودگی هوا پرداخته و دریافتند که نحوه رشد لایه آمیخته نقش موثری در غلظت آلودگی هوا دارد. آن‌ها دو مدل یکی تلاطمی و دیگری انتگرالی جهت پیش‌بینی آلودگی هوا در محیط‌های شهری ارائه نمودند.

لشکری و هدایت (۱۳۸۵: ۸۲-۶۵) به بررسی الگوی سینوپتیکی اینورژن‌های شدید شهر تهران پرداختند. در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که در مجموع چهار الگوی سینوپتیکی باعث ایجاد اینورژن‌های شدید در شهر تهران می‌شود. در الگوی شماره A1،C،D استقرار یک پشته عمیق در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و پایداری دینامیکی حاصل از آن باعث انتقال هوای گرم از عرض‌های پائین بر روی هوای سرد سطح زمین شده و اینورژن‌های خیلی شدید را ایجاد می‌کند. در الگوی شماره A2،B انتقال هوای سرد به‌وسیله سامانه‌های پرفشار سطح زمین و استقرار یک ناوه عمیق بر روی تهران و انتقال هوای سرد پشت آن از عرض‌های بالاتربر روی تهران پایداری شدیدی را ایجاد می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

قسامی و همکاران (۱۳۸۶: ۲۳۸-۲۲۹) به بررسی وضعیت همدیدی برخی شرایط حاد آلودگی هوای تهران در دوره از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۲ میلای پرداخته‌اند. ایستگاه‌های انتخابی شامل آزادی، بهمن، تجریش، مرکزی و قلهک می‌باشند که تقریباً پوشش مناسبی از تهران را دارند. در این بررسی ابتدا نحوه تغییرات روزانه و ماهانه آلاینده‌ها در ماه‌های سرد سال بررسی شده و سپس نوع و عمده‌ترین آلاینده‌های شهر تهران، شامل منواکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگود مورد مطالعه قرار گرفته و تأثیر پدیده‌های هواشناسی از قبیل وارونگی دمایی همراه با شرایط همدیدی بر کمیت و کیفیت آلاینده‌ها بررسی شده است. نتیجه نشان می‌دهد زمانی که سامانه پرفشار منطقه‌ای، از نوع سامانه‌های عرض‌های میانی در ناحیه حاکم باشد غلظت آلاینده‌ها افزایش یافته و گاهی اوقات ممکن است دو تا سه برابر، بیشتر از حد مجاز باشد.

صفوی و علیجانی (۱۳۸۵: ۱۱۲-۹۹) در پژوهشی به بررسی عوامل جغرافیائی در آلودگی هوای تهران پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که وِیژگی‌های طبیعی شهر اثر بسیار زیاد در آلودگی آن دارد. وارونگی‌های دمایی از ویژگی‌های دوره سرد آن می‌باشد که به همراه استقرار آنتی سیکلون با هوای پایدار ایجاد می‌کنند. در نهایت به این نتیجه رسیدند به منظور سازگاری با این شرایط جغرافیایی مدیران و برنامه‌ریزان شهر باید از سنگینی صنایع و فعالیت‌های آلاینده بکاهند و با برنامه‌های تشویقی در مردم و متولیان شهر احساس مسئولیت ایجاد نمایند.

لین و همکاران (۲۰۰۲: ۱۷) در تحقیقی تحت عنوان استفاده از شاخص استاندارد مواد آلاینده به‌عنوان شاخص کیفیت هوا در تایوان، کشور تایوان را به چهار بخش شمالی، مرکزی، شرقی و جنوبی تقسیم و psi این مناطق را در طول یک سال تعیین کردند.

انصافی مقدم (۱۳۷۲: ۱۵۶-۱۵۰) به بررسی آلودگی هوای تهران در رابطه با پایداری و وارونگی دمای جو پرداخته و نتیجه گرفت در زمان‌هایی که تعداد اینورژن زیاد و ضخامت لایه کم باشد میزان آلودگی افزایش می یابد و بیشترین اینورژن‌ها در پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد.

Archive of SID

www.SID.ir

شرعی‌پور و بیدختی (۱۳۸۳: ۱۴۴-۱۱۹) داده‌های گازهای so2-no2-co-pm از ایستگاه‌های سنجش آلودگی شهر تهران را مورد بررسی قرار دادند و چگونگی تغییرات میانگین ماهانه آلاینده ها را در ارتباط با پارامترهای هواشناسی مورد ارزیابی قرار دادند.

دیهیم (۱۳۷۹: ۱۸۲-۱۴۷) به بررسی روش‌های اقتصادی آلودگی هوای تهران پرداخت و در نهایت به این نتیجه رسید که آلودگی هوای تهران از منابع ایستا و از منابع متحرک است. که حدود ۷۱/۲ درصد از کل آلاینده‌ها از منابع متحرک می‌باشند.

مواد و روش‌ها

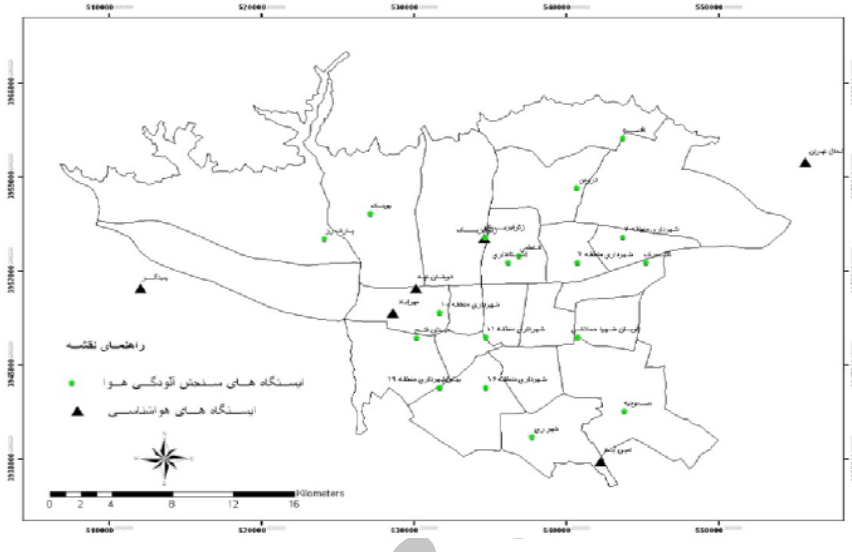
برای بررسی این پژوهش ابتدا مبادرت به مشخص کردن جامعه آماری و نمونه آماری شد. بدین ترتیب جامعه آماری شامل تمام ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا و نمونه آماری شامل نمونه‌های از وارونگی‌های دمای در چند سال اخیر می‌باشد. مراحل انجام کار به شرح ذیل می‌باشد.

۱- انتخاب وارونگی دمائی.
۲- جمع‌آوری اطلاعات آلودگی از ایستگاه‌های سنجش آلودگی.
۳- محاسبه شاخص PSI.
۴- ترسیم نقشه های پهنه آلودگی با روش IDW در محیط GIS.
۵- تحلیل ارتباط ارتفاع و عمق وارونگی و شدت آلودگی هوا.

برای مطالعه شدت اینورژن‌ها نیازمند به داده‌های دمای هر کدام از ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های آلاینده‌های هوا از ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا می‌باشیم. شکل شماره (۱) موقعیت هر کدام از ایستگاه‌های هواشناسی و سنجش آلودگی هوا را در نواحی ۲۴ گانه شهر نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و سنجش آلودگی هوا در شهر تهران

کمیت PSI (Pollutant Standard Index) استانداردی است که برای گزارش روزانه کیفیت هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولاً از پنج آلاینده منواکسیدکربن، ازن، دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق استفاده می‌گردد. با توجه به غلظت آلاینده‌ها و استانداردهای بهداشتی سازمان حفاظت محیط زیست امریکا EPA، غلظت آلاینده‌ها به یک مقیاس عددی بین صفر تا پانصد PSI تبدیل می‌گردد.

جدول (۱)رابطه بین غلظت آلاینده‌ها و PSI

PSI	CO(ppm) 8hr	O_3(ppb) 1hr	NO_2(ppb) 1hr	SO_2(ppb) 24hr	PM-IO(µg/m^3) 24hr
۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰
۵۰	۴،۵۰	۶۰،۰۰	۱۵۰،۰۰	۳۰،۰۰	۷۵،۰۰
۱۰۰	۹،۰۰	۱۲۰،۰۰	۳۰۰،۰۰	۱۴۰،۰۰	۱۵۰،۰۰
۲۰۰	۱۵،۰۰	۲۰۰،۰۰	۶۰۰،۰۰	۳۰۰،۰۰	۳۷۵،۰۰
۳۰۰	۳۰،۰۰	۴۰۰،۰۰	۱۲۰۰،۰۰	۶۰۰،۰۰	۶۲۵،۰۰
۴۰۰	۴۰،۰۰	۵۰۰،۰۰	۱۶۰،۰۰	۸۰۰،۰۰	۸۷۵،۰۰
۵۰۰	۵۰،۰۰	۶۰۰،۰۰	۲۰۰۰،۰۰	۱۰۰۰،۰۰	۱۰۰۰،۰۰

Archive

www.SID.ir

با توجه به میزان شاخص و جدول زیر، می‌توان به کیفیت هوا در ۲۴ ساعت گذشته پی برد.

PSI	۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	>۳۰۰
وضعیت هوا	پاک	مجاز	ناسالم	بسیارناسالم	خطرناک

کیفیت هوا را با توجه به شاخص هر یک از آلاینده‌ها می‌توان گزارش نمود. ولی برای وضعیت کلی هوا از شاخص ماکزیمم، یعنی بالاترین PSI که معمولاً متعلق به آلاینده CO یا PM-10می‌باشد، استفاده می‌شود (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران).

تحلیل اینورژن ۲۳ تا ۲۵ ژانویه ۲۰۱۱

در این اینورژن که بـه مدت ۳ روز ادامه داشت در ۱۱ ایستگاه از ایستگاه‌های دارای آمار ثبت داده در این سامانـه، مقادیر آلودگی بخصوص مقادیر ذرات معلق بالاتر از حد استاندارد بوده و هوا غیرسالم گزارش شده است. نمودار شماره (۱) مقادیر عناصر پنج‌گانه (CO.NO2.O3.MP-10.SO2) در هر یک از ایستگاه‌های تهران بر اساس شاخص PSI نشان می‌دهد. ایستگاه محلاتی بالاترین مقدار ذرات معلق را در روز ۲۳ ژانویه داراست و ایستگاه اقدسیه، استانداری و منطقه ۱۹ در رتبه بعدی قرار دارند.

شـکل شماره (۲) نـمودار skew-T ایستگاه مهرآباد را در ساعت ۱۲ گرینویچ نشان می‌دهد. ملاحظه می شود که روند کاهشی دما بین ارتفاع ۱۱۹۱ تا ۱۵۳۲ تقریباً حالت نرمال دارد ولی از ارتفاع ۱۵۳۲ تا ۳۰۶۷ متر روند کاهش دما حالت بسیار کندی را پیدا می‌کند. بخصوص بین ۲۱۹۷ تا ۲۲۸۹ متر نیمرخ قائم دما حالت افزایشی داشته است. به این ترتیب وجود یک وارونگی دمایی در یک ضخامت حدود ۱۵۰۰ متری پایداری نسبتاً قوی را بر جو شهر تهران حاکم نموده، در نتیجه به دلیل عدم امکان پالایش آلاینده‌ها در لایه‌های بالاتر جوی، بر تراکم این ذرات در لایه زیرین جو شهر تهران افزوده شده و بر شدت آلودگی افزوده و از حالت نرمال خارج شده است.

در سمت راست skew-T سمت و سرعت باد را در لایه‌های مختلف جو در جهت قائم نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در نزدیک سطح زمین (ارتفاع ۱۱۹۱ متر) جهت

Archive of SID

www.SID.ir

باد جنوب‌غربی بوده و با سرعت ۸ نات می وزد.سرعت باد در ارتفاع ۱۵۳۲ متر به ۶ نات تقلیل پیدا کرده است. به‌عبارت دیگر سرعت باد در ارتفاعات بالاتر کاهش پیدا کرده است. نکته جالب توجه این است که سرعت باد در لایه‌های بالاتر (حدود ارتفاع ۲۶۵۴ متر) همچنان در حول و حوش ۸ نات ثابت بوده و از این ارتفاع به بالا تا ارتفاع ۳۴۹۱ متری سرعت باد فقط با ۲ نات افزایش، به ۱۰ نات رسیده است. سپس تا ارتفاع ۵۱۷۷ متری سرعت باد کاهش پیدا کرده و به ۷ و ۸ نات رسیده است. از ارتفاع ۵۱۷۷ متری تا ۵۶۲۰ متری با وجود اینکه سرعت باد به ۱۲ نات رسیده است، ولی این سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۵/۵ کیلومتری) سرعت بسیار کمی است. نشان‌دهنده آرامش جو در لایه وردسپهر حتی تا ورد سپهر میانی می باشد.ملاحظه می گردد در لایه بین سطح ایستگاه تا ۵/۵ کیلومتری جو آرام و پایداری حاکم است، به‌طوری که سرعت باد بسیار اندک و امکان جابه‌جایی آلاینده‌های خروجی از منابع آلاینده وجود ندارد. به‌همین دلیل مقادیر آلودگی در اکثر ایستگاه‌های سنجش آلودگی بالاتر از حد نرمال بوده است.

روز ۲۴ ژانویه ۲۰۱۱

نمودار شماره (۲) پراکنش مقادیر عناصر آلاینده را در ایستگاه‌های سنجش آلودگی شهر تهران نشان می‌دهد. ملاحظه می شود که بجز سه ایستگاه پونک، مسعودیه و شهر ری که نزدیک مرز ناسالم قرار دارند. در سایر ایستگاه‌ها مقادیر یک یا دو عنصر بالاتر از مرز ناسالم و بعضاً به مرز هشدار رسیده‌اند. شکل شماره (۵) پراکنش آلودگی را در شهر تهران نشان میدهد. بجز لکه‌های کوچکی در جنوب شرق تهران سایر نقاط کاملاً در وضعیت ناسالم قرار دارند. دمای هوا در تراز ۸۸۵ هکتوپاسکال (ارتفاع ۱۱۹۱متر) ۷/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در یک صد متر به پایین شرایط افت محیطی دما تقریباً مناسب است تا ارتفاع ۱۵۰۰ متر نیز شرایط افت قابل قبول بوده ولی از ارتفاع ۱۵۰۰ متری تا ۲۹۱۶ متری افت دما کاملاً آرام و بطئی شده و جو پایدار را ایجاد نموده است. از اینجا تا ارتفاع ۳۰۲۷ متری افت دما حالت نرمال داشته ولی دوباره از ارتفاع ۳۰۲۷ متری تا ۴۱۰۰ متری افت دما بسیار اندک و بطئی شده است و حالت پایداری بخود گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل شماره (۴) نمودار اسکویتی روز ۲۴ ژانویه ۲۰۱۱ ایستگاه مهرآباد را نشان می دهد. ملاحظه می‌شود که در تمام لایه‌های جو هوای کاملاً خشک حاکم است و فاصله نمودارهای دما و دمای نقطه شبنم بسیار زیاد است. تقریباً در تمام لایه ورد سپهر این پایداری مشهود است. در سمت راست نمودار سمت و سرعت باد را در تمام لایه‌های ورد سپهر و پوشش سپهر پایینی نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد از تراز ایستگاه تا ارتفاع ۳۰۷۱ متری سرعت باد بسیار کم و بعضاً هوا کاملاً آرام است. این آرامش هوا و عدم تبادل جو چه در جهت قائم و چه در جهت افقی و در نتیجه عدم پایش و انتقال آلاینده‌ها بر غلظت آن افزوده و جو را از حالت نرمال خارج نموده است. از ارتفاع ۳۰۷۱ متری به بالا تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال سرعت باد بین ۲۰ تا ۲۵ نات متغیر است که باز هم سرعت قابل توجهی را نشان نمی‌دهد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که در نیمه پایینی ورد سپر سرعت باد بسیار اندک و از آرامش نسبی برخوردار است. در نتیجه امکان جابجایی و تخلیه آلاینده‌ها از روی شهر تهران فراهم نشده است.

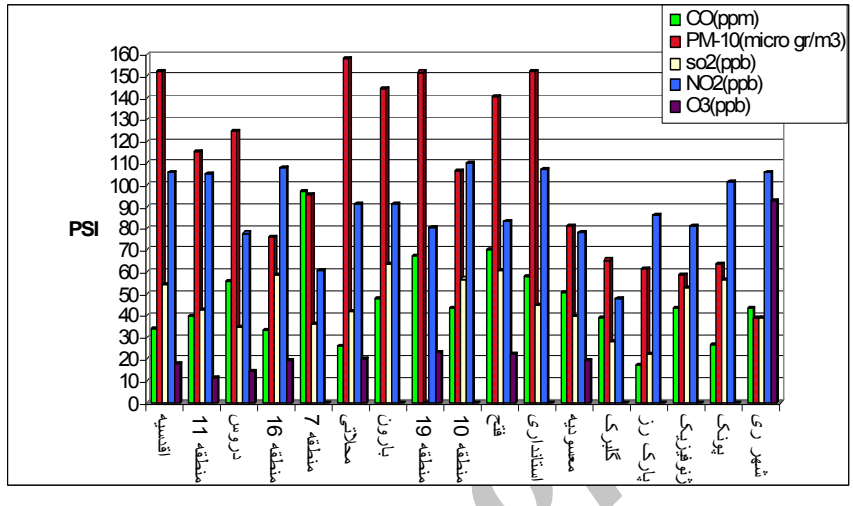
روز ۲۵ ژانویه ۲۰۱۱

نمودار شماره (۳) شرایط کیفیت هوا را در سطح شهر تهران نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که از لحاظ شرایط کیفیت هوا، روز پاکی مشاهده نشده است چرا که میزان یکی از گازها در ایستگاه‌ها از حد مجاز تجاوز کرده است. شدیدترین آلودگی در ایستگاه‌های محلاتی، استانداری، و منطقه ۱۹ مشاهده می‌شود.

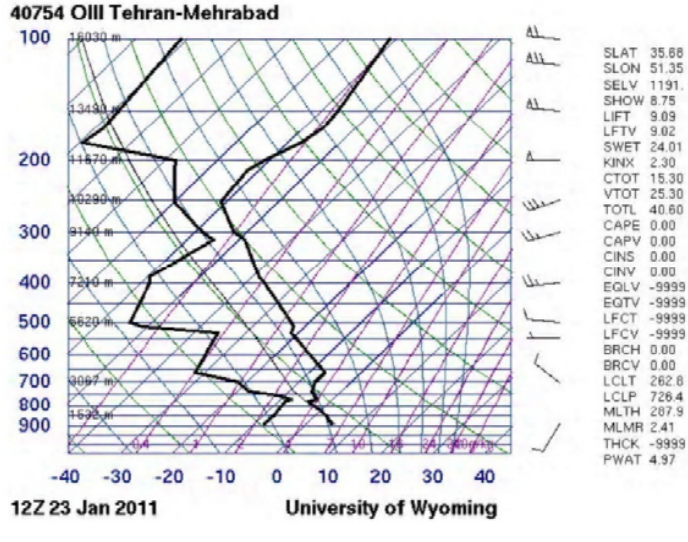
بر اساس شکل شماره (۷) مناطقی از جنوب‌شرقی، شرق و منطقه ۵ شهر تهران از لحاظ شاخص کیفیت هوا در حد مجاز قرار دارند و باقیه مناطق شهرداری در حد ناسالم گزارش می‌شود. بر اساس شکل شماره (۶) که شرایط قائم دما را نشان می‌دهد. از ارتفاع ۱۱۹۱ تا ۱۸۰۵ متری بر مقدار دما افزوده شده است و متوسط سرعت باد در ساعت صفر به ۳ نات رسیده است که نشان‌دهنده یک جو کاملاً آرام بر این تراز ارتفاعی است. در این ساعت اینورژنی در ارتفاع ۱۶۰۰ متری سطح زمین مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

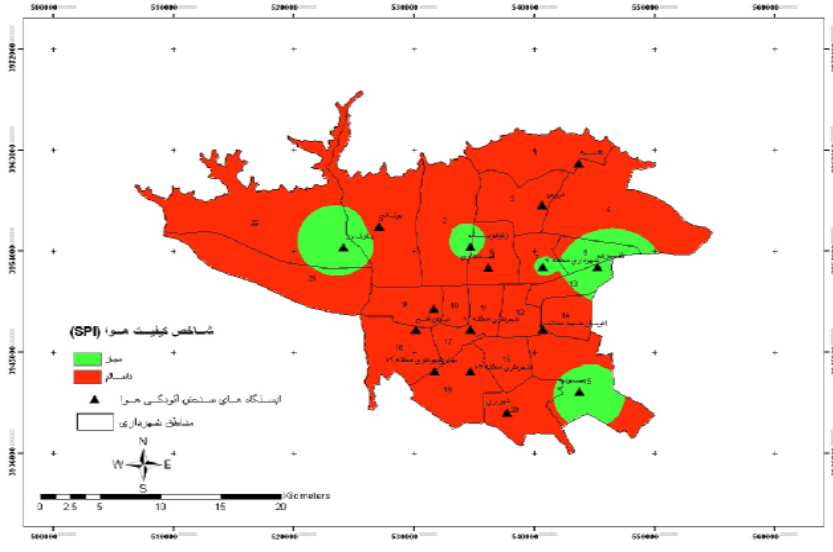


نمودار (۱) توزیع پراکنش آلاینده‌ها در روز ۲۰۱۱/۱/۲۳بر اساس شاخص SPI

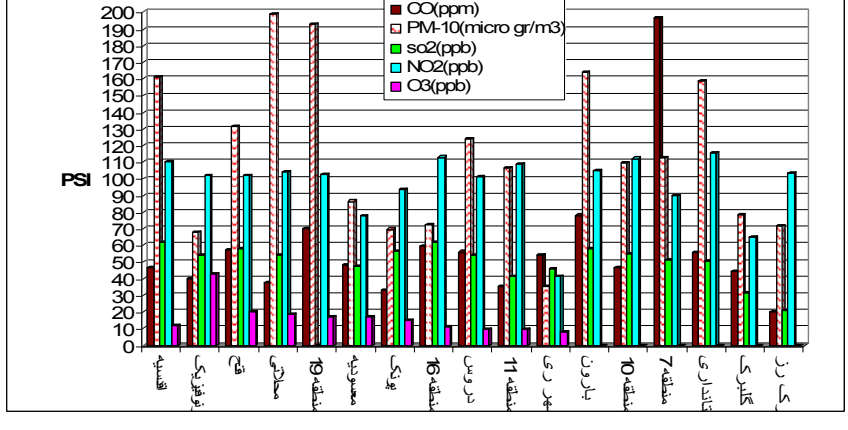


شکل (۲) نمودار اسکیوتی ۲۳ ژانویه ۲۰۱۱

www.SID.ir

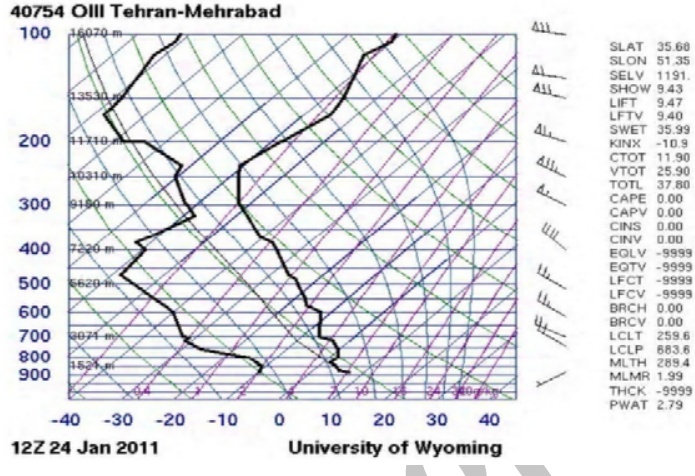


شکل (۳) پهنه‌بندی آلودگی هوا در روز ۲۳ ژانویه ۲۰۱۱ بر اساس شاخص PSI

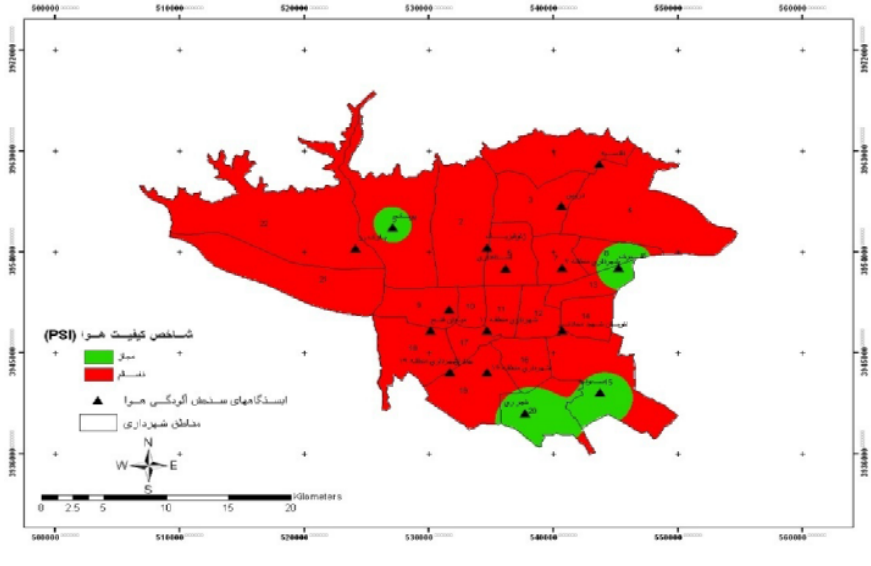


نمودار (۲) توزیع پراکنش آلاینده‌ها در روز ۲۰۱۱/۱/۲۴ بر اساس شاخص SPI

www.SID.ir

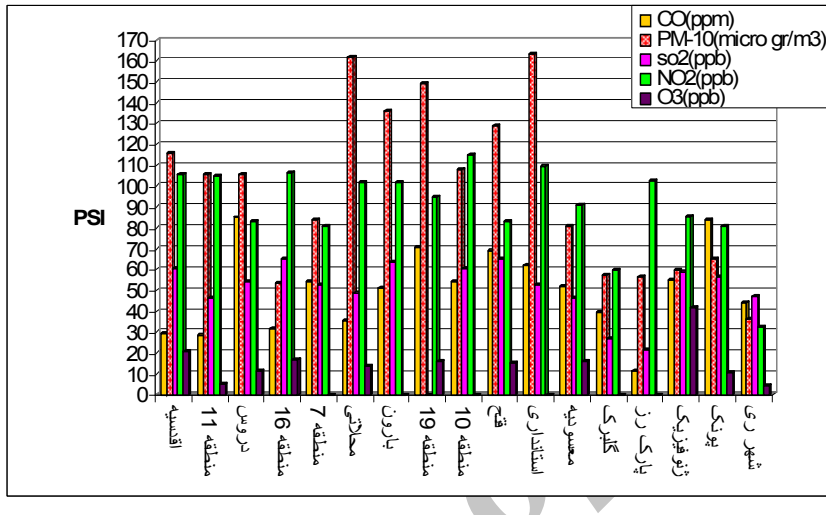


شکل (٤) نمودار اسکیوتی ٢٤ ژانویه ٢٠١١

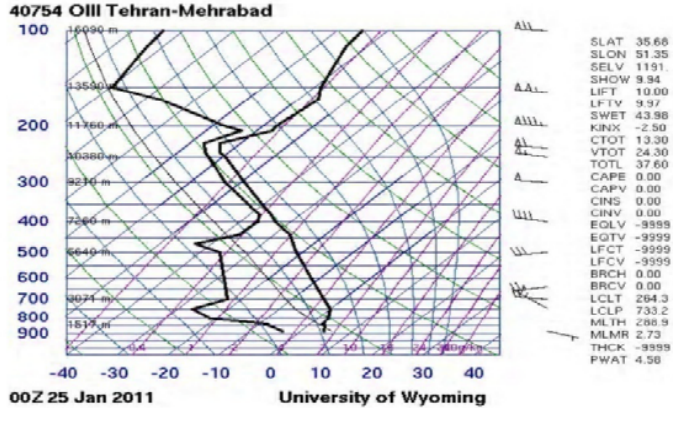


شکل (٥) پهنه‌بندی آلودگی هوا در روز ٢٤ ژانویه ٢٠١١ بر اساس شاخص PSI

www.SID.ir

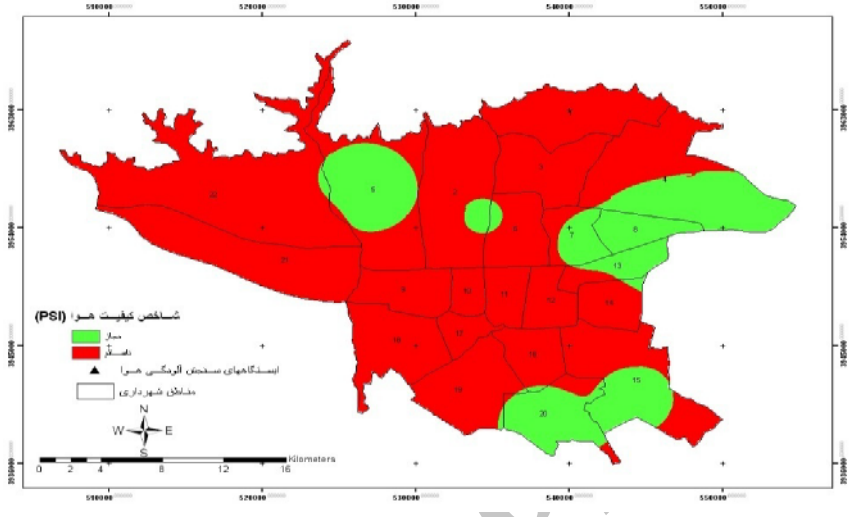


نمودار (۳) توزیع پراکنش آلاینده‌ها در روز ۲۰۱۱/۱/۲۵ براساس شاخص SPI



شکل (٦) نمودار اسکیوتی ۲۵ ژانویه ۲۰۱۱ در ساعت ۰

www.SID.ir



شکل (۷) پهنه‌بندی آلودگی هوا در روز ۲۵ ژانویه ۲۰۱۱ بر اساس شاخص PSI

تحلیل وارونگی دمایی ۲۰۱۰/۲/۲۳ ساعت ۱۲ گرینویچ

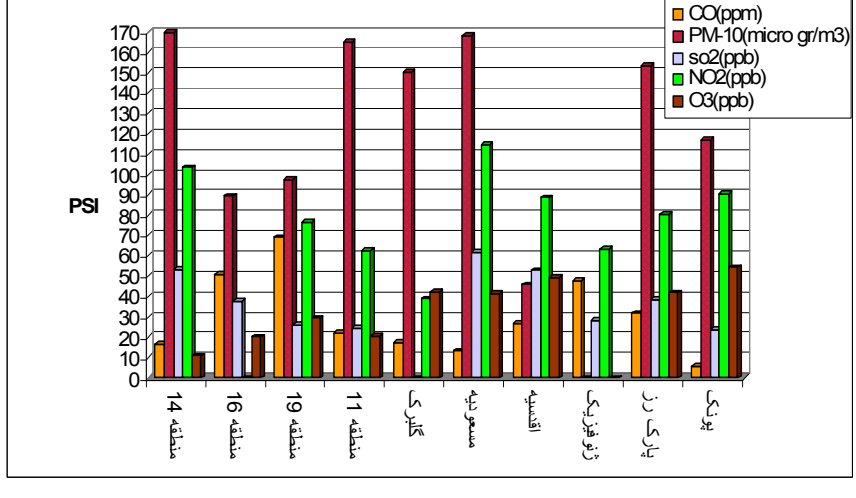
نمودار شماره (۴) و شکل شماره (۱۰) پراکنش وضعیت هوای تهران را در روز ۲۳ فوریه ۲۰۱۰نشان می‌دهد. در این روز در ۶ ایستگاه از ایستگاه‌های شهر تهران وضعیت آلاینده-های جوی بسیار نامطلوب وناسالم بوده است. همان‌طور که در شکل نیز ملاحظه می‌شود به جز لکه های کوچکی در اطراف ایستگاه‌های اقدسیه، ژئوفیزیک و لکه‌های بسیار کوچکی در منطقه ۱۶ سایر نقاط شهر در وضعیت ناسالم به‌سر می‌برند.

در این روز دمای هوای تهران در تراز ۸۷۷ هکتوپاسکال ۱۳ درجه سانتی‌گراد است و این دما در تراز ۸۶۲ هکتوپاسکال به ۱۰/۴ درجه سانتی‌گراد رسیده است. ملاحظه می‌شود که در همان لایه زیرین یک لایه اینورژن ایجاد شده است. از این تراز روند کاهشی در دما دیده می‌شود. ولی بسیار بطئی و کند است که نشان‌دهنده پایداری هوا است. این فرایند تا تراز ۶۹۴ هکتوپاسکال (ارتفاع ۳۰۹۰متری) کمابیش ادامه دارد. دمای هوای این تراز ۳/۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از این تراز تا تراز ۶۶۶ هکتوپاسکال (ارتفاع ۳۴۱۳ متری) دوباره یک لایه اینورژن شدیدتر وجود دارد. وارونگی نسبت به لایه زیرین شدیدتر شده است. از

Archive of SID

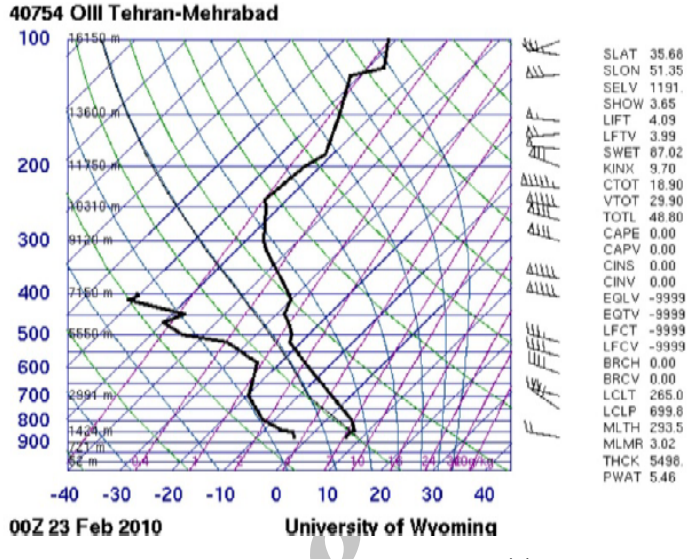
www.SID.ir

این تراز تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال باز این روند کاهشی با شیب کمی در حال کاهش است و وارونگی همچنان ادامه دارد. این مساله در شکل شماره (۸ و ۹) که تغییرات دما و دمای نقطه شبنم هوا را نشان می‌دهند نیز مشهود است. فاصله نمودار قائم دما و دمای نقطه شبنم بیانگر خشکی است که پایداری و گرمایش لایه ورد سپهر این مساله را تشدید نموده است. در سمت راست skew-T وضعیت جریان هوا در جهت قائم به چشم می‌خورد. همانطور که ملاحظه می‌شود سرعت باد در ارتفاع ۱۱۹۰ متری ۱۲ نات بوده و این سرعت تا تراز ۶۹۴ هکتوپاسکال (ارتفاع ۳۰۹۰ متری) ثابت بوده و در ارتفاع ۳۲۲۸ متری به ۱۳ نات رسیده است. نکته جالب‌تر اینکه سرعت تا تراز ۶۶۶ هکتوپاسکال (ارتفاع ۳۴۱۳ متری) به ۱۰ نات کاهش یافته است که نشان‌دهنده آرامش هوا تا این تراز می‌باشد. درنتیجه آلاینده‌های جوی بر روی شهر تهران متراکم و افزایش یافته و بر شدت آلودگی افزوده شده است. از این ارتفاع به بالاتر همچنان باد سرعت چندانی ندارد و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به ۳۵ نات می‌رسد که سرعت قابل توجهی نمی‌باشد.

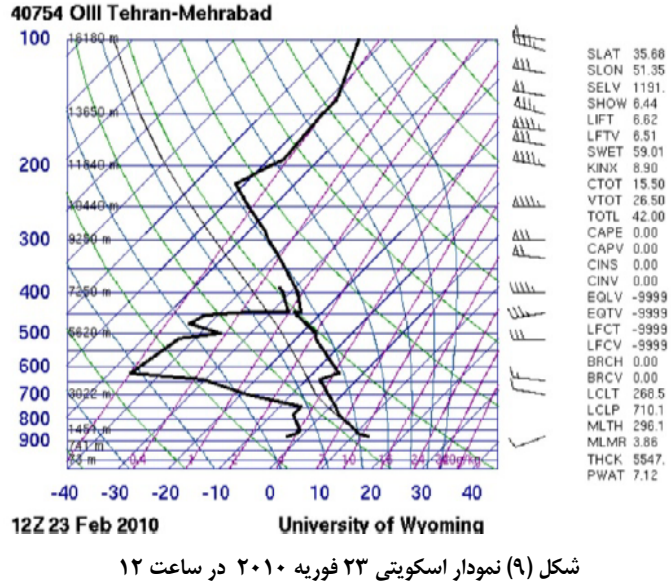


نمودار (٤) توزیع پراکنش آلاینده‌ها در روز ۲۰۱۰/۲/۲۳ بر اساس شاخص SPI

www.SID.ir

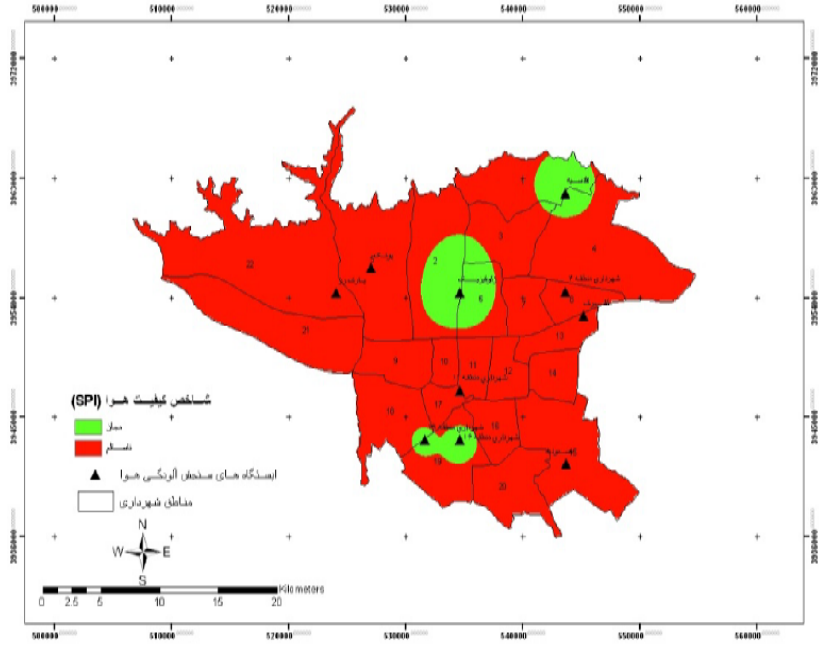


شکل (۸) نمودار اسکیوتی ۲۳ فوریه ۲۰۱۰ در ساعت ۰



شکل (۹) نمودار اسکویتی ۲۳ فوریه ۲۰۱۰ در ساعت ۱۲

www.SID.ir



شکل (۱۰) پهنه بندی آلودگی هوا در روز ۲۳ فوریه ۲۰۱۰ بر اساس شاخص PSI

روز ۲٤ فوریه ۲۰۱۰

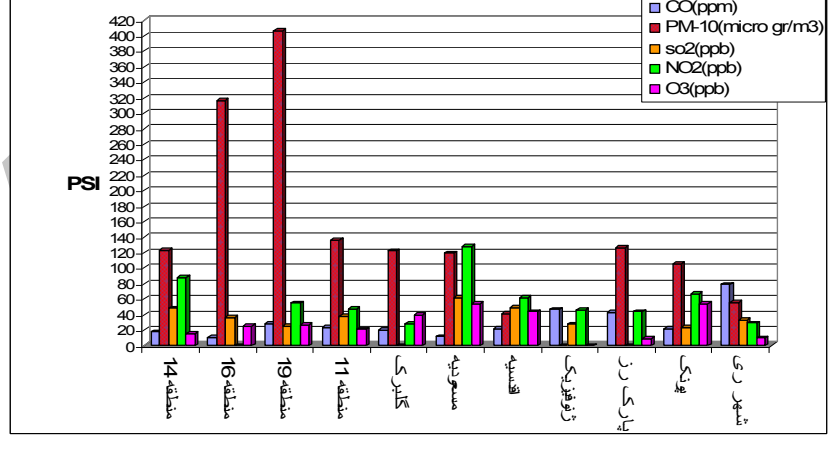
نمودار شماره (۵) و شکل شماره (۱۲) پراکنش مقادیر آلاینده‌ها را بر روی ایستگاه‌های شهر تهران نشان می‌دهد. ملاحظه می شود که در ایستگاه منطقه ۱۹ و ۱۶ از لحاظ ذرات معلق در وضعیت خطرناکی می‌باشند و ۱۸ ایستگاه نیز در وضعیت ناسالم قرار دارند. در نتیجه پهنه ناسالم و خطرناک بخش عمده‌ای از مساحت شهر تهران را فرا گرفته است. ایستگاه‌های اقدسیه، شهر ری و ژیوفیزیک در وضعیت مطلوبی قرار دارند. شکل شماره (۱۱) پراکنش دما، دمای نقطه شبنم و باد را در لایه های بالایی جو شهر تهران نشان می‌دهد. دمای هوا در تراز ۸۷۴ هکتوپاسکال (ارتفاع ۱۱۹۱ متری) در ساعت ۱۲ گرینویچ ۱۳/۸ و در ساعت صفر گرینویچ ۱۱ درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۱۲۲۰ متری ۱۲/۲ و در ساعت صفر ۱۰/۳ درجه سانتی گراد بوده است. ملاحظه می‌شود که روند کاهشی دما در هر دو ساعت ۱۲ و

Archive

www.SID.ir

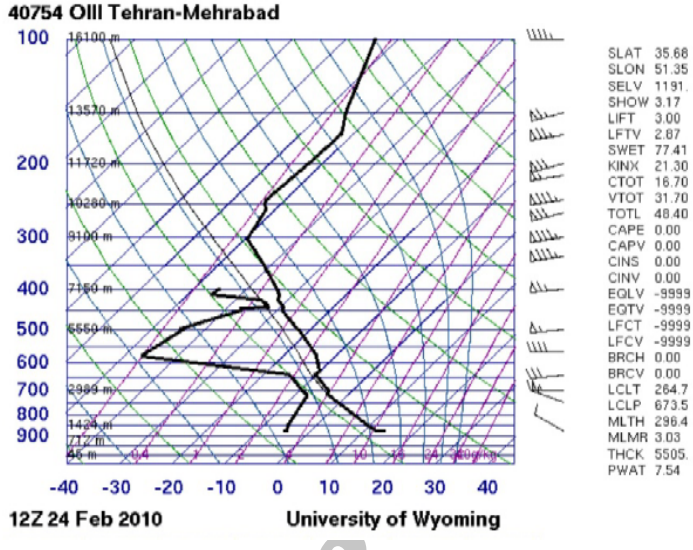
صفر گرینویچ بسیار بطئی و کند است. این شرایط حداقل تا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (ارتفاع ۳۰۵۶ متری) ادامه دارد، گو اینکه در ساعت صفر گرینویچ مقداری رطوبت وارد هوا شده و شرایط را کمی در ترازهای بالا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال تعدیل کرده ولی به‌طرف ظهر مجددا با گرم شدن هوا ، هوا کاملا خشک شده و بر شدت پایداری بخصوص در لایه‌های بالاتر ورد سپهر افزوده شده است. سرعت باد در هر دو ساعت صفر و ۱۲ گرینویچ بسیار پایین بوده است. درساعت صفر سرعت باد در تراز ۸۷۵ هکتوپاسکال (ارتفاع ۱۱۹۱ متری) ۶ نات بوده سپس در ارتفاع ۱۳۳۷ متری به ۱۳ نات و سپس از این تراز تا تراز ۷۳۷ هکتوپاسکال (ارتفاع ۲۵۱۶ متری) در حول و حوش ۱۰ نات قرار داشته است. که این سرعت برای این لایه بسیار کم و در واقع هوا از آرامش نسبی برخوردار بوده و آلاینده‌ها به‌خوبی بر روی هوای شهر تهران متراکم شده‌اند.

در ساعت ۱۲ گرینویچ سرعت باد در ارتفاع ۱۱۹۱ متری ۱۰ نات و تا ارتفاع ۱۴۲۴ متری در همین حدود بوده است. با وجود اینکه از این ارتفاع به بعد سرعت باد افزوده شده است ولی سرعت باد تا ارتفاع ۳۸۵۵ متری به ۳۲ نات رسیده است که بازهم سرعت قابل قبولی برای تخلیه هوا و ایجاد ناپایداری در لایه‌های زیرین نبوده است.

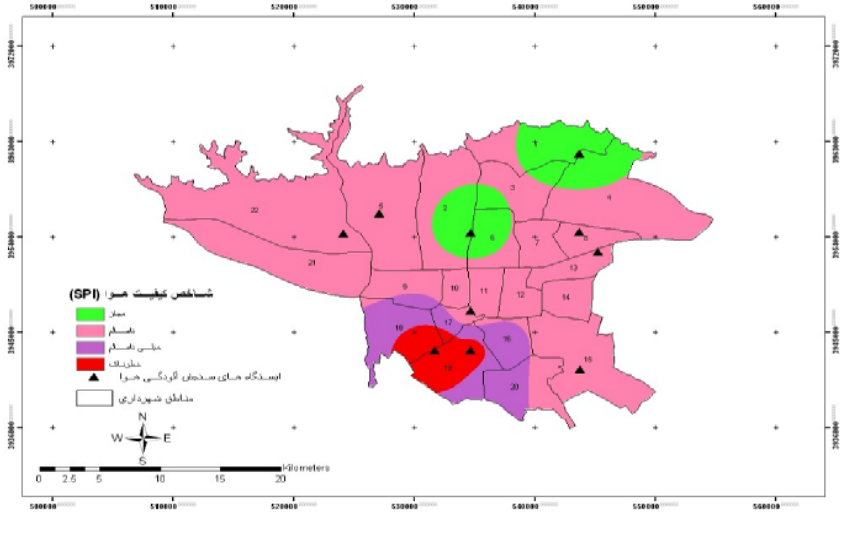


نمودار (۵) توزیع پراکنش آلاینده‌ها در روز ۲۰۱۰/۲/۲٤ براساس شاخص SPI

www.SID.ir



شکل (۱۱) نمودار اسکیوتی ۲۴ فوریه ۲۰۱۰ در ساعت ۱۲



شکل (۱۲) پهنه‌بندی آلودگی هوا در روز ۲۴ فوریه ۲۰۱۰ بر اساس شاخص PSI

www.SID.ir

وارونگی دمای روز ۲۰۰۹/۱/۳

براساس نمودار شماره (۶) در روز ۲۰۰۷/۱/۳ آلوده‌ترین ایستگاه متعلق به ایستگاه پونک و اقدسیه می‌باشد که گاز NO2 در حد خطرناک گزارش شده است.

بر اساس شکل شماره (۱۴) قسمت‌های شمال‌غربی و جنوب شهر تهران از لحاظ شاخص کیفیت هوا در حد مجاز می‌باشد و بقیه نقاط شهرداری ناسالم گزارش می‌شود.

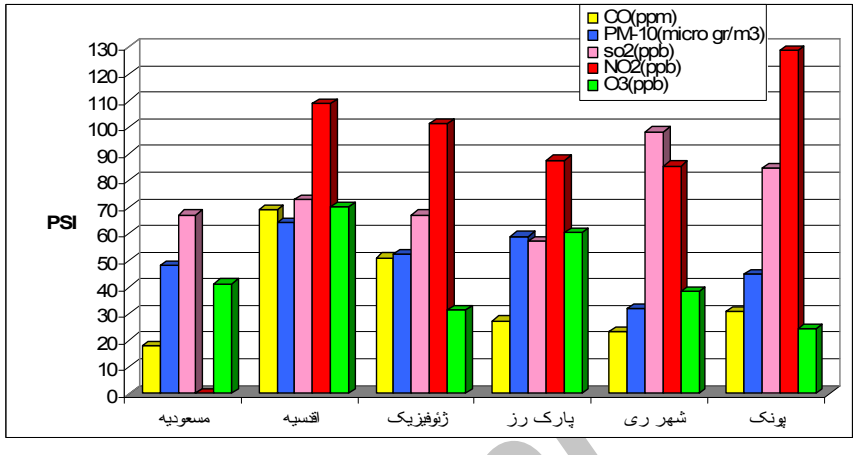
بر اساس شکل (۱۳) در ساعت صفر به وقت گرینویچ در ارتفاع ۱۱۹۱ متری دما ۴/۷- درجه سانتی‌گراد بوده که در ارتفاع ۱۴۶۶ متری دما به ۱/۳- درجه سانتی‌گراد می‌رسد یعنی در حدود ۲۷۵ متر دما ۱/۴ درجه سانتی گراد افزایش می‌یابد. شاخص شولتر ۲۸/۹۸ می‌باشد و همچنین مقدار کم رطوبت نسبی احتمال ناپایداری در این روز را از بین می‌برد. سرعت باد در لایه اینورژن به ۱ نات می‌رسد که این نشان‌دهنده آن است که هوا در این لایه کاملاً آرام و بدون حرکت می‌باشد و همین امر موجب تجمع افزایش آلودگی در لایه به ضخامت حدودا ۲۷۵ متر می‌شود.

از ارتفاع ۱۰۲۲۰ تا ارتفاع ۱۱۶۷۰ متری نیز یک لایه اینورژن مشاهده می‌شود که شدت آن نسبت به لایه اینورژن اولی ضعیف‌تر است.

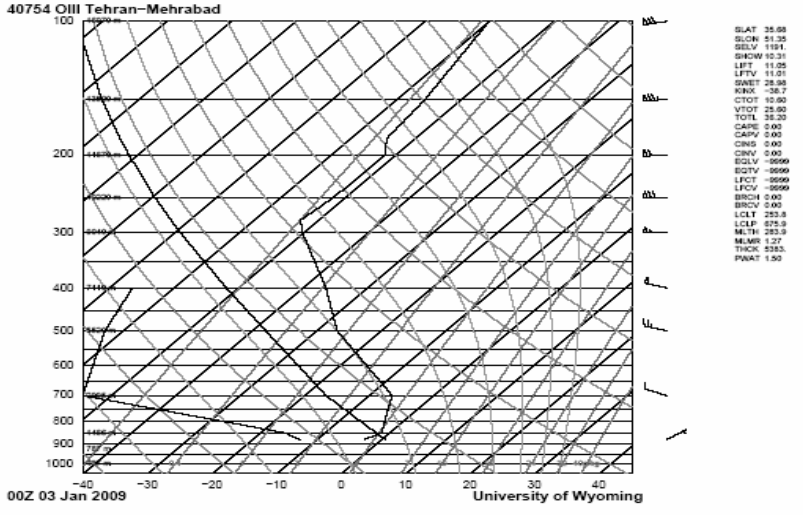
در ساعت ۱۲ گرینویچ همین روز اینورژن در سطح زمین از بین رفته و دما در ارتفاع ۱۱۹۱ متری به ۵ درجه سانتی‌گراد رسیده است و تا ارتفاع ۱۶۱۰۰ متری (تراز ۱۰۰ هکتوپاسکال) دما به‌طور مشخص کاهش پیدا می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

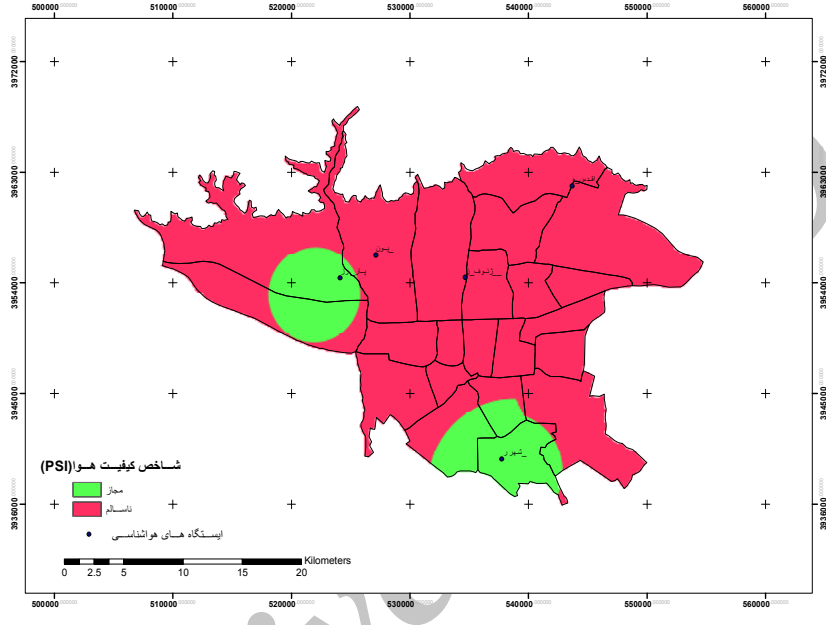


نمودار (٦) توزیع پراکنش آلاینده‌ها در روز ۲۰۰۹/۱/۳ براساس شاخص PSI



شکل (۱۳) نمودار اسکیوتی ۳ ژانویه۲۰۰۹ در ساعت

www.SID.ir



شکل (۱۴) پهنه‌بندی آلودگی هوا در روز ۳ ژانویه ۲۰۰۹ بر اساس شاخص PSI

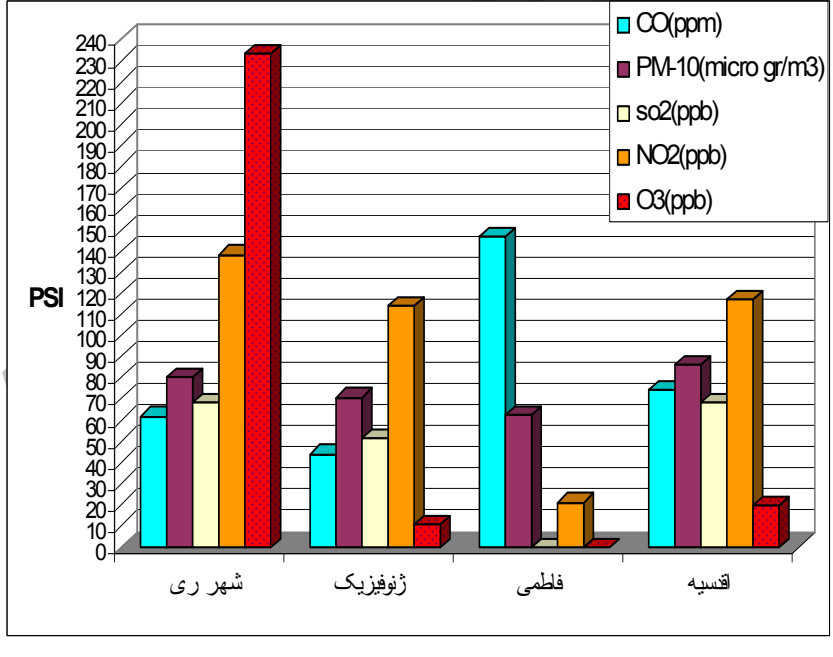
تحلیل اینورژن ۲۶ ژانویه ۲۰۰۷

براساس نمودار شماره (۷) در روز ۲۶ ژانویه در ایستگاه‌های سنجش آلودگی در سطح شهر تهران، ایستگاه شهر ری از لحاظ گاز O3 در شرایط بسیار ناسالم و از لحاظ گاز NO2 در حد شرایط ناسالم واقع شده است ایستگاه‌های فاطمی، ژئوفیزیک و اقدسیه نیز هم از لحاظ گاز NO2 در حد ناسالم گزارش شده است. بر اساس شکل شماره (۱۶) مناطق شهرداری ۲۰ و قسمت‌هایی از مناطق ۵ ، ۱۶ و ۱۹ از لحاظ شاخص کیفیت هوا در حد بسیار ناسالم و باقی مناطق شهرداری تهران ناسالم گزارش می‌شود.

شکل شماره (۱۵) اطلاعات حاصل از رادیوسوند ارسالی و شرایط قائم دما و دمای نقطه شبنم را در جو ایستگاه تهران نشان می‌دهد. اطلاعات دمایی در جهت قائم از ارتفاع تقریبی ۱۰۰۰ متری شروع شده و تا ارتفاع ۱۶۲۷ متری ادامه می‌یابد.

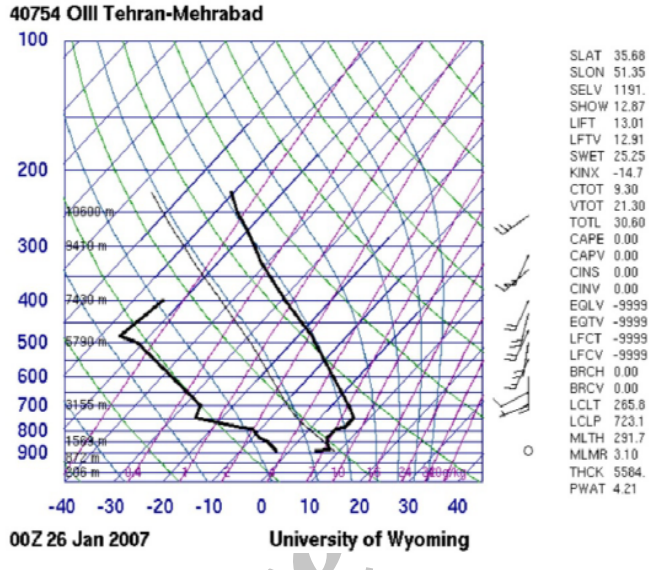
Archive
www.SID.ir

در ساعت صفر گرینویچ دمای هوا در ارتفاع ۱۱۹۱ متری (تراز ۸۹۰ هکتوپاسکال) حدود ۵/۲ درجه سانتی‌گراد بوده است که تاارتفاع ۲۶۴۷ متری دما افزایش یافته و به ۶/۶ درجه سانتی‌گراد رسیده است، این امر نشان‌دهنده یک وارونگی شدید در این لایه است. براساس شاخص شولتر که ۲۵/۲۵ می‌باشد احتمال هیچ‌گونه ناپایداری وجود ندارد و از طرفی در سطح زمین هوا کاملا آرام است و تا ارتفاع ۲۶۴۷ متری سرعت باد به ۳ نات می‌رسد. به دلیل سکون بیش از حد هوا در ارتفاع ۲۶۴۷ متری به پایین که به لایه پیلوسفر شهرت دارد تراکم آلاینده‌ها به‌شدت افزایش یافته است. در ساعت ۱۲ گرینویچ شاخص شولتر به ۹/۵۴ می‌رسد که باز هم احتمال ناپایداری وجود ندارد اما از شدت اینورژن کاسته شده و ضخامت اینورژن در این ساعت در ارتفاع ۱۹۵۱ تا ۲۵۱۵ متری مشاهده می‌شود به ۱۵۶۴ متر می‌رسد.

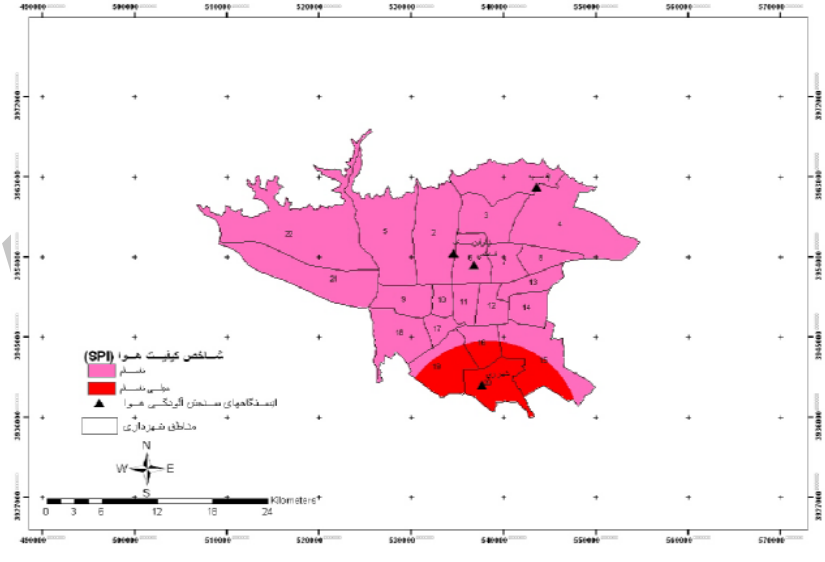


نمودار (۲٤) توزیع پراکنش آلاینده‌ها در روز ۲۰۰۷/۱/۲٦ براساس شاخص PSI

www.SID.ir



شکل (۱۵) نمودار اسکویتی ۲۶ ژانویه ۲۰۰۷ در ساعت ۰



شکل (۱۶) پهنه‌بندی آلودگی هوا در روز ۲۶ ژانویه ۲۰۰۷ بر اساس شاخص PSI

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

شهر تهران با مساحتی حدود ۸۰۰ کیلومتر مربع در دامنه جنوبی البرز در یک محیطی نیم بسته قرار دارد. کوه‌های البرز در شمال و شمال شرق آن به‌عنوان سدی جلو بادهای غربی را سد کرده و سبب می‌شوند که همه آلاینده‌ها در شهر باقی بمانند.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد در زمان‌های که ارتفاع اینورژن به زمین نزدیک‌تر می‌شود. بر شدت میزان آلودگی هوا افزوده شده است. به‌طوری که در اکثر ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا، وضعیت هوا ناسالم و یا خیلی ناسالم بوده است. به‌عنوان مثال در نمونه مطالعاتی ۲۶ ژانویه ۲۰۰۷ اینورژن، از سطح زمین شروع و تا ارتفاع ۲۶۰۰ متری ادامه داشته و تقریباً تمام شهر ناسالم و یا خیلی ناسالم بوده است.

این مساله در اینورژن‌های انتقالی که دما در سطح زمین به زیر صفر نزول کرده است به‌طور چشمگیری بر شدت آلودگی‌ها افزوده شده به‌طوری که در تعداد زیادی از ایستگاه‌ها آلودگی تا حد خطرناک افزایش پیدا کرده است.

در اینورژن‌های با منشأ دینامیکی (نمونه مطالعاتی ۲۳ تا ۲۵ ژانویه ۲۰۱۱) شرایط اقلیمی حاکم به‌گونه‌ای بوده است که پایداری عمیقی در لایه بین سطح زمین تا تراز ۷۰۰ و بعضاً ۵۰۰ هکتوپاسکال حاکم بوده است. با توجه به فرایند نزولی حاکم در ضخامت زیادی از جو عمق اینورژن افزایش یافته و تا مادامی که سامانه از روی شهر عبور نکرده، اینورژن تداوم داشته است. تفاوت اینگونه اینورژن‌ها با اینورژن‌های قبلی این است که شدت اینورژن نسبت به اینورژن‌های کوتاه‌مدت و کم ارتفاع کمتر بوده و گرادیان قائم دما بطئی و کند و پایین‌تر از نرمال می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- انتظاری، علیرضا (۱۳۸۴)، «***مطالعه آماری و سینوپتیکی آلودگی هوای تهران***»، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.

۲- انصافی مقدم، طاهره (۱۳۷۲)، «بررسی آلودگی هوای تهران در رابطه با پایداری و وارونگی دمای جو (اینورژن)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

۲- بیدختی، علی‌اکبر؛ بنی‌هاشم، تاج‌الدین (۱۳۸۳)، «لایه آمیخته شهری و آلودگی هوا»، ***مجله محیط‌شناسی دانشگاه تهران***، شماره ۲۰.

۴- بیگدلی، آتوسا (۱۳۸۰)، «تأثیر اقلیم و آلودگی هوای تهران بر بیماری سکته قلبی»، ***مجله تحقیقات جغرافیایی***.

۵- پروازی، مهناز (۱۳۸۶)، «***ارتباط اینورژن و آلودگی هوای تهران با بیماری‌های قلبی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۵***»، رساله دکتری دانشگاه آزاد، واحد علوم تحقیقات.

۶ـ چراغی، مهرداد (۱۳۸۰). «بررسی و مقایسه کیفیت هوا در شهرهای تهران و اصفهان در سال ۱۳۷۸ و ارائه راهکارهایی جهت بهبود آن»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۷ـ خالدی، شهریار (۱۳۷۷)، «***آب و هوا و محیط زیست***»، انتشارات قومس

۸ـ دیهیم، حمید (۱۳۷۹). «روش‌های اقتصادی مبارزه با آلودگی هوای تهران»، ***مجله تحقیقات اقتصادی***، شماره ۵۶، بهار و تابستان ۷۹.

۹ـ سازمان هواشناسی کشور (www.irimo.ir).

۱۰ـ شرعی‌پور؛ بیدختی (۱۳۸۴). «بررسی آلودگی هوای شهر تهران و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی»، همایش ملی آلودگی هوا.

۱۱ـ شرکت کنترل کیفیت هوای تهران.

۱۲ـ صفرعلی، سمیه (۱۳۸۷)، «***ارتباط اینورژن‌ها در تشدید بیماری‌های ریوی در شهر تهران***»، (رساله کارشناسی ارشد) دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳ـ صفوی، سیدیحیی؛ علیجانی، بهلول (۱۳۸۵)، «بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران»، ***مجله پژوهش‌های جغرافیائی***، شماره۵۸، زمستان.

۱۴- فروهر، فرشاد (۱۳۷۰)، «***آلودگی هوای تهران و راه‌های جلوگیری از آن***»، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران.

۱۵ـ قسامی، طاهره؛ بیدختی، علی‌اکبر؛ صداقت کردار، عبدالله؛ صحراییان، فاطمه (۱۳۸۶)، «بررسی شرایط همدیدی حاکم در چند دوره بحرانی آلودگی هوای شهر تهران»، ***مجله علوم تکنولوژی محیط زیست***.

۱۶- لشکری، حسن؛ هدایت، پریسا (۱۳۸۵)، «تحلیل الگوی سینوپتیکی اینورژن‌های شدید شهر تهران»، ***پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۵۶، تابستان ۱۳۸۵.

۱۷ـ محمدی، حسین مرداد (۱۳۸۱)، «تأثیر عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوای تهران بر بیماری آسم»، ***مجله دانشکده ادبیات علوم انسانی تهران***.

۱۸ـ محسنی، ذات‌الله (۱۳۶۶)، «***تأثیر عوامل جوی بر آلودگی هوای تهران***»، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده ژئوفیزیک تهران.

۱۹ـ ملکوتیان، محمد (۱۳۷۵)، «***آلودگی هوا***»، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

20- Huei Lin, N. Yang Chen, J. (2002), "Use of Pollution Standard Index as the Indicator of Air Quality in Taiwan", Cloud and Aerosol Lab Dept, Atmospheric Sciences, National Central University Chung-Li, Taiwan. P.17.

Archive of SID

www.SID.ir