مجله محیط شناسی سال دوازدهم شماره ۱۳ ـ ۱۳۶۴

ملاحظاتی در باره عوامل هواشناسی و آلودگی

ترجمه و اقتباس
دکتر ابراهیم جعفرپور *

کلمات کلید: ناپایداری ـ لپس‌ریت ـ فرونشینی ـ هواشناسی ـ آلودگی ـ وارونگی ـ آدیاباتیک ـ دودآلودگی ـ ادیهای حرارتی

مقدمه:

بررسی های هواشناسی به‌ثبوت رسانده است که در آتمسفر کره زمین فرآیندهای آلوده زدایی قوی وموثری‌وجود داردکه از تمرکزهای شدید آلودگی ممانعت بعمل‌می‌آورد. همچنین تجربیات‌علمی مدلل ساخته است که در نواحی نسبتا" پرآشوب هوایی کره‌زمین زمان بقای ذرات دود در حدود ۱ تا ۲ روز بیشتر نیست ودراین میان احتمال دارد که ملکولهای SO_2بیش از ۱۲ ساعت پایداری نداشته‌باشند، البته این امر بدان معنی‌نیست که ذرات آلوده کننده‌آتمسفربه سهولت‌زدوده شده و ازبین می‌روند، از جمله فرآیندهای متنوعی که‌ذرات آلوده کننده راازتروپوسفرمی‌زداید می‌توان از عمل‌باران وبرف در پاک کردن ذرات وگازهای آلوده کننده از آتمسفروانتقال آنها بدرون خاک نام برد واز این مطلب چنین استنباط می‌توان کردکه پایداری آلودگی هوا در مناطق خشک جهان خیلی بیشتر از مناطق مرطوب است، براساس مطالعات گرین‌فیلدیک‌بارندگی یکنواخت باشدت یک میلی متر در ساعت می‌تواند در مدت ۱۵ دقیقه‌تا ۲۸ درصد از ذرات بابعاد10μرا از هوای مسیر پاک کند. این میزان برای ذراتی به‌اندازه 2μ یا کمتر اثر پاک‌کنندگی ضعیفی دارد. سایرآلودگی‌های هوامکن است ازطریق شاخ‌وبرگ‌درختان و چمن‌ها پالایش گردند، ویادرنتیجه عمل تنفس انسان وحیوان از میان بروند. دانشمندان به این نتیجه رسیده‌اند که علاوه براین عوامل‌زداینده بعضی مواد طبیعی ظرفیت بالایی برای جذب مواد آلوده کننده درخود نشان می‌دهند، مثلا" براساس مطالعات ویلسون‌براون [2]

---

* دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده، ادبیات وعلوم انسانی، دانشگاه تهران

1- Greenfield 2- Wilson Brown

سنگ‌آهک های‌ساختمانهائی‌باطول‌عمر بیش‌از ۵۰۰ سال سولفور آتمسفری را بهمان‌سرعت نمونه های تازه از همان سنگ بنا جذب می‌کنند .

اکسیژن‌در هوا با بسیاری ازمواد آلوده کننده ترکیب شده وآنها را به‌اشکالـــی تغییر می‌دهدکه خیلی‌بسرعت زد وده می‌شوند . دراین میان ممکن است اثر روشنایی‌ونور در تولید مواد آلوده کننده از گازها موثر باشد .

تمرکز وگسترش‌آلودگی در هوا :

باید دانست که بطورکلی تمرکزهای هوای آلوده تا حد زیادی به میزان رقت هوای غیرآلوده ارتباط‌دارد واین امری است‌که خود بشرائط‌جوی موجود در زمان و مکان بستگی دارد . بطورپتانسیلی این‌موضوع‌کل " تروپوسفر[1] " راکه لایه‌ای درحدود ۱۰ کیلومتر ضخامت وتقریبا " $10^{18} m^3$ از هوا را در برگرفته شامل می‌گردد ولی میزان واقعی رقـــت هوا در هر زمان بشرایط جوی بستگی دارد چون این شرایط‌است که در درجه پراکندگی وانتشار هوابرذرات‌آلود کننده‌آتمسفری‌از منابع اصلی خود سرنوشت ساز بشمارمی‌رود .

تئوری‌انتشارآتمسفری مستلزم مطالعاتی وسیع وپیچیده است وبرای آن‌فرمولهای چندی وضع‌کرده اند ودراین جا کافی است‌بخاطرداشته‌باشیم که بطورکلی انتشاروگسترش موادآلوده کننده و تمرکزآن درامتدادجهت وزش بادرابطه مستقیم با درجه حرارت‌خروج آن موادورابطه معکوس با سرعت بادوگسترش عمودی دارد . اینها عوامل عمده‌ای هستند که انتقال موادآلوده‌کننده را چه‌در جهت افقی وچه عمودی کنترل می‌کنند . در این‌میان نوع منبع آلودگی نیز ممکن است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد .

منابع آغازی آلودگی ممکن است آنی،مانند انفجارات هسته‌ای ویا مداوم نظیر دودکش کارخانجات صنایع سنگین وشیمیائی باشد .که‌در اثر وجود عوامل محلی پراکنده می‌شود و بطوری که حساب کرده‌اند ازدودکش واحدی از یک کارخانه فاصله انتقال مواد پراکنده آلوده کننده ممکن است‌کمتراز ۱۰ کیلومتر در جهت باد باشد در حالیکه آلودگی شهرهای صنعتی درشرایط‌جوی مساعد ممکن‌است تا ۱۰۰ کیلومتر ازمنبع اصلی فاصلـــه بگیرد .

پراکندگی عمودی :

پراکندگی عمودی‌آلودگی درتروپوسفرازنظر گسترش بسیار متغییر است . میانگین ستبرای لایه "تروپوسفری" از ۸ کیلومتر در قطبین تاحدود ۲۰ کیلومتر در مناطق حـــاره

1- Troposphere

تغییر می‌کند .ولی تغییرات بسیار مهم کوتاه مدت درجهت پراکندگی عمودی مربوط به وضع روزانه نیمرخ عمودی هواست . حرکت روببالای بزرگ مقیاس هوا که شامل مواد آلوده کننده باشد ، ممکن است ، نتیجه یک نیروی صعود دهنده روی موانع توپوگرافیک یا عوامل طبیعی باشد . ویا این امر ممکن است در زمان قرار گرفتن یک توده‌ای از هوای گرم روی توده‌ای از هوای سرد در طول یک جبهه گرم بوقوع به پیوندد . ولی عمده ترین و معمولی ترین این حرکات ،حرکات عروجی است که دردرون یک توده ازهوا بوقوع می‌پیوندد

این حقیقت که جوزمین ازلایه‌های زیرین گرم می‌شود بدین معنی است که درخلال روزحباب‌هایی ازهوای گرم شده از لایه سطحی جدا شده وبعلت غلظت کمی که دارد صعود می‌کند .قسمتی ازهوا که تحت این شرایط عروج می‌کند ،تحت تاثیرپدیده "آدیاباتیک[1]" گسترش یافته وگرمای خود را از دست می‌دهد . تا زمانیکه دمای هوا در فوق نقطه اشباع باقی بماند وهیچ قطره آبی متراکم نگردد لپس ریت یا آهنگ کاهش دمادرارتباط باافزایش ارتفاع بعنوان آدیاباتیک خشک[2] (DALR) نامیده می‌شودکه بطورثابت درازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع قطع نظر ازدمای اصلی سطحی یک درجه C کاهش نشان می‌دهد . اگر چنان توده هوایی ازهوای آتمسفر اطرافش سبکترگرمتر باقی بماند ، به صعود خود ادامه خواهد داد ، واین امر فقط زمانی بوقوع می‌پیوندد که "لپس‌ریت" یاآهنگ کاهش دمای محیطی[3] (ELR) بیشتر از "لپس‌ریت" هوای صعودی‌باشد . بطور طبیعی درهنگام روز در نتیجه تشعشع زیادحاصل‌ازتابش‌خورشید لپس ریت محیط مثبت دراغلب نواحی بوجودمی‌آید . در چنین شرایطی استکه حالت فوق آدیاباتیک[4] در سطح زمین باعث می‌شود که مواد آلوده کننده موجودباسرعت بسمت بالا پراکنده‌شودعمق چنین لایه‌هائی از هوای آلوده به‌خصوصیات حرارتی سطح زیرین وهمچنین شدت تشعشع خورشیدی بستگی دارد وبرطبق نظر پک[5] ممکن‌است از ۳ کیلومتر در بیابانها تا ۱۰۰ الی ۲۰۰ متر در نواحی دریاچه‌ای وجنگلی تغییر کند .

همانگونه که گرمای هنگام روز منجر به پیدایش شرایط مساعد برای صعود هوا می‌گردد ، سردشدن سطح زمین بهنگام شب ودرارتباط باآن سرد شدن قشرهوای چسبیده بسطح ، تولید یک وارونگی حرارت می‌کند ، ودر چنین حالتی با افزایش ارتفاع برخلاف

1- Adiabatic
2- Dry adiabatic lapse rate
3- Environmental lapse rate
4- Super adiabatic
5- Pack
6- Inversion

انتظار برمیزان حرارت افزوده می‌شود. بطوریکه در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، این امر بدین معنی است که‌از نظر تئوری در شرایط صعود آدیاباتیکی توده هوا همیشه سردتر از هوای اطراف خودمی‌گردد واحتمال فعالیت موثرعروجی هوا خیلی کم می‌شود. از اینرو، حتی مواد آلوده کننده خروجی‌از یک‌دودکش ویا سایر منابع خیلی گرمتراز هوای سطحی، باچنان‌سرعتی بوسیله هوای اطراف تغییر می‌کند که بعداز چند متر صعود دمای آن تغییر یافته، ودر نتیجه، شناوری خود را بتدریج از دست داده ودر درون یک لایه " وارونگی " بطور محبوس باقی می‌ماند.

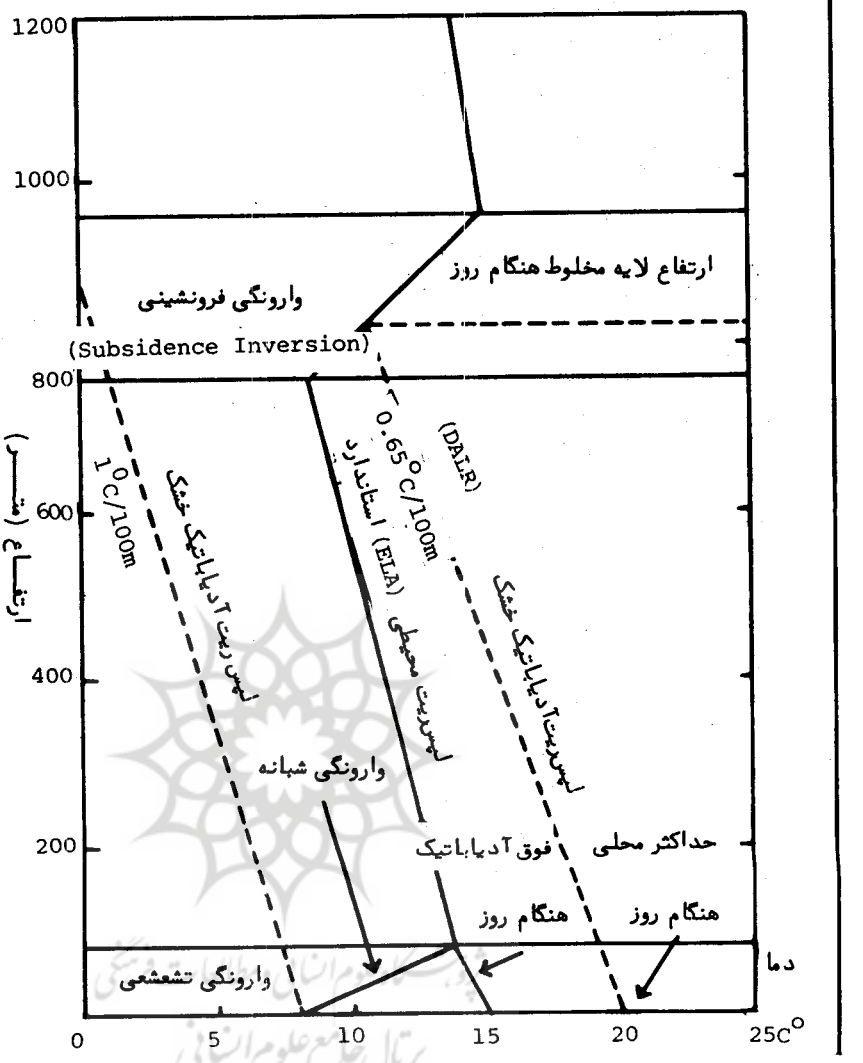
وارونگی‌های تشعشعی یاشبانه زمانیکه آسمانها صاف وامکان تبادل تشعشع موج بلند زیاد است بوجودمی‌آیند. ودراین‌میان شب‌های طولانی با بادهای خفیف از شرایط مساعد ویژه‌ای برخور دارند. تمامی این چنین وارونگی ها کم‌عمق بوده وعمق آنهااغلب کمتر از ۱۰۰ متر است. با اینکه در شرایط بسیار استثنائی ممکن است این عمق‌در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر باشد. شگفت‌انگیزنیست‌که چنین شرایطی موجب تمرکز های فوق‌العاده شدید موادآلوده کننده در هوای مجاور سطح زمین می‌گردد که مخصوصا " در دره‌ها که‌اثر سرد شدن وسکون هوا بیشتر است میزان شدیدتری وجود پیدا می‌کند.

علاوه برواروونگی‌های اساسی سطحی حاصل‌ازتشعشع شبانه، نشست هوا[1] " ویا وارونگی های سطح بالا ممکن‌است در تروپوسفرمیانی بوقوع به پیوند (شکل۱). به‌عقیده اسکورر[2] چنان وارونگی‌هاممکن‌است بوسیله تشعشع سطح فوقانی یک لایه ابربوجود آید ویا نشست هوا در درون یک آنتی‌سیکلون نیمه دائمی در بین حدود ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر در فوق سطح زمین سبب تشکیل‌آن گردد. در خلال فرود آمدن، هوا فشرده شده و بطور آدیاباتیکی گرم می‌شود، وازاینروتولیدیک‌لایه وارونگی‌تقریبا "ضخیم می‌کندوچنین حالاتی بیشتر در ارتباط با مراکز فشار زیاد نیمه دائمی که در نواحی دور از ساحل قاره ها قرار گرفته اند مشاهده می‌گردند.

هم وارونگی های سطحی وهم سطوح بالا اغلب تواما " در سیستم های پرفشار پیدامی‌شوند. زیرا در هوای آنتی‌سیکلونی‌اغلب هواباز، سرعت باد کم وشرایط مساعد برای تشعشع شدید از سطح زمین‌فراهم‌است‌واین امر سبب توسعه وبوجودآمدن‌نشست آرام هوامی‌گرددکه نتیجتا " منجر به‌ایجاد وارونگی های فرونشینی می‌گردد.

1- Subsidences

2- Scorer



شکل ۱:

اثرپروفیل عمودی دماو وجود شرایط وارونگی از اختلاط ـ آتمسفری . بیرون از لایه‌های وارونگی، لپس ریت محیطی عبارت از آتمسفر استاندارد بین المللی، بادمای سطـــوح دریای $15^{\circ}c$ و لپس ریت‌همسان ۰/۶۵ درجه برای‌هر ۱۰۰ متر می‌باشد .

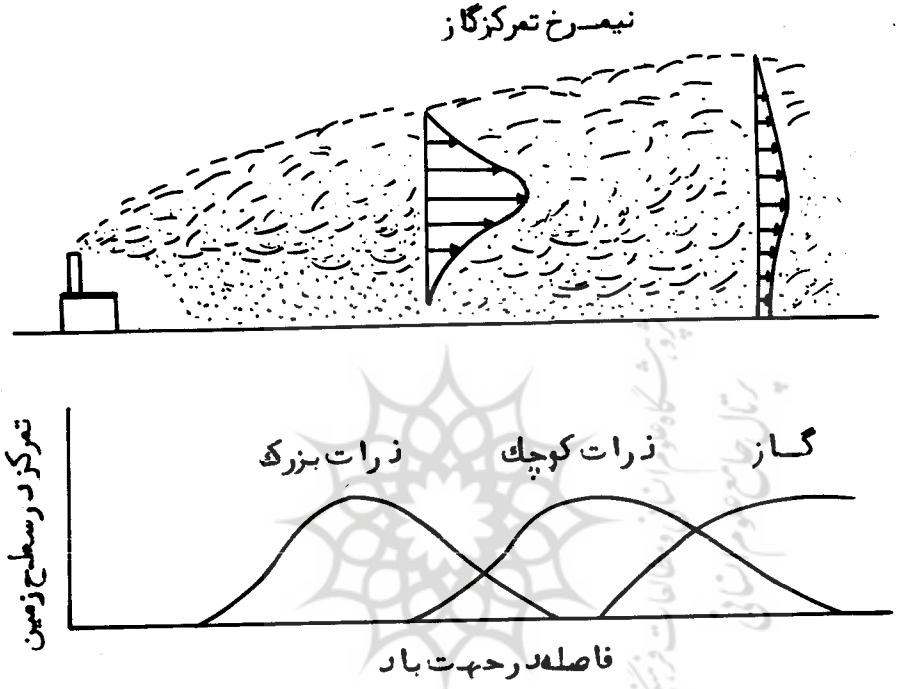
پراکندگی افقی :

در جهت افقی ممکن‌است‌مواد آلوده کننده ، در لایه های پایین آتمسفر بوسیله سیستم های‌بادهای‌جهانی‌بفواصل قابل ملاحظه‌ای پراکنده‌گردند . از اینرو تمرکز آلودگی منتشر شده ازیک منبع آلوده کننده مداوم بطورمعکوس متناسب باشدت بادمی‌باشد حرکت افقی مواد آلوده کننده در نتیجه وزش باد برای سالیان متمادی مورد مطالعه قرار گرفته و درسالهای اخیر از اثر ذرات موجود در مواد دفع آفات ونیز ذرات تشعشعی در ایـــن مطالعات استفاده کرده‌اند .

شرایط چیره‌باد راهمواره‌در موقعیت های سینوپتیکی وتیپ‌های هوا مورد مطالعه قرار داده ونتایج جالبی بدست آورده‌اندمثلا "کاهش در میزان‌زمستانی SO_2در رتردام هلند درخلال شش سال متوالی مورد بررسی قرار گرفته است . ونتیجه حاصل بر این امر حکایت دارد که کاهش میزان SO_2 تنها مربوط به بهسازی فرآیند های صنعتی نبوده ، بلکه تاحدودی مربوط به‌تیپ گردش عمومی آتمسفر دراین فصل بوده که سبب پراکندگـی زیاد گاز منتشره گردیده است .

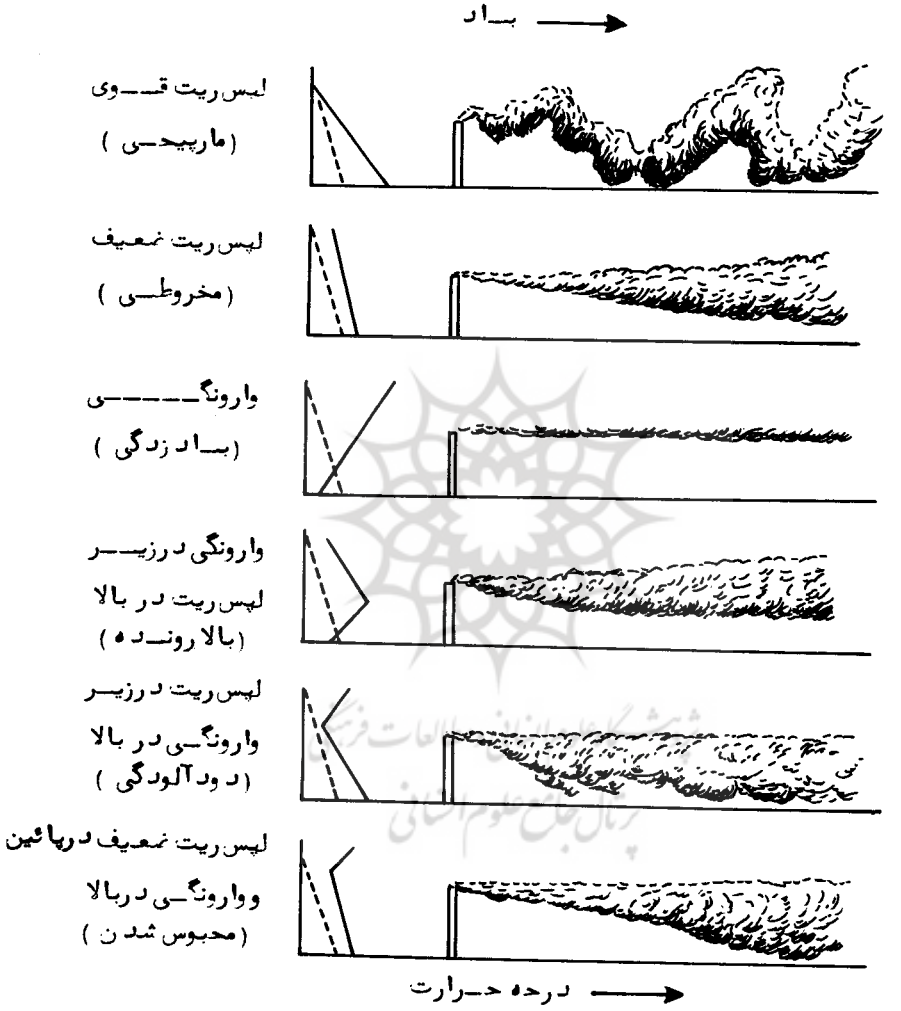
در سالهای اخیر توجه زیادی روی خواص دودکش های انفرادی بعمل آمده ودر این‌مورد فرمول‌های‌زیادی‌درارتباط دودکش‌ها باآلودگی وشرایط‌هوا پیشنهاد گردیده و گسترش یافته‌است از این مطالعات چنین استنباط می‌گرددکه بالاترین‌تمرکز های آلودگی از یک دودکش واحددر سطح زمین‌حتی‌تحت‌شرایط ناپایدار ، معمولا " در فاصله ای معادل ۲۰ برابر ارتفاع دودکش‌درجهت امتدادباد می‌باشد . تئوری های انتشار گاز نشان‌می‌دهد که چنان تمرکزهایی‌باعکس مجذور ارتفاع تاج دودکاهش می‌یابد . شکل ۲ نوع مراحـــل تقلیل یا تمرکزآلودگی‌در سطح زمین‌ازیک‌دودکش منفرد رانشان می‌دهد . بخوبی‌مشاهده می‌گردد که تمرکزگازها در محور مخروط دود خیلی زیاد است ودر حواشی ولبه‌ها کاهـش می‌یابد واز اینروست‌که تمرکزهای خیلی‌زیاددرسطح‌زمین‌در فواصل کمی دورتر از دودکش مشاهده می‌گردد . ازطرف دیگرذرات ریزیکه دارای شدت نشست آزاد بزرگتری می‌باشند ، دارای بیشترین تمرکز در سطح زمین نزدیکتر به‌دودکش می‌باشند .

مسیر واقعی‌یک تل دود به‌عوامل مختلفی مربوط می‌باشد که از آنجمله می‌توان‌از سرعت بیرون ریزی‌ودمای ماده منتشر شونده نام برد . اما این‌امر عمدتا " تحت تاثیـــر نیمرخ های عمودی دما و باد می‌باشد . در شکل ۳ شش نوع از وضع تل دود نشان داده می‌شوند که عبارتند از :



شکل ۲ــ نمودار مقایسه ای از تمرکزهای گازها و ذرات تل دود در سرعت معینی از باد

(از Strom)



شکل ۳ـ انواع نمونه‌ای از وضعیت تل دود تحت شرایط متفاوت پایداری آتمسفری.
(از Hewson, Bierly.)

---------- لیس ریت آدیاباتیک خشک

———— لیس ریت موجود

مارپیچی [1]: این شرایط فقط درخلال ساعات روز بظهور می‌رسد، بعبارت دیگرزمانیکه‌شرایط فوق‌آدیاباتیک‌وبادهای‌خفیف" ادیهای‌حراتی[2] "قوی بوجودمی‌آورند، تمرکزهای سطح بالااز مواد منتشره سبب پیدایش پیچ‌خوردن تل‌دود می‌گردند. یکی‌دیگر از شرایط محدودکننده هواشناسی "دودآلودی[3]"می‌باشدکه برای دوه کوتاهی بعداز طلوع آفتاب رخ می‌دهد و در این حال‌تشعشع خورشیدی یک لایه هوای ناپایدار را در نزدیکی سطح زمین بوجودمی‌آورد که بعداز مدتی به‌ارتفاعی می‌رسد که‌باتل دود تحت شرایط وارونگی شبانه ترکیب شده وجنبه‌هایی از مواد منتشره آلوده را بسطح می‌آورد. در هر زمانی که‌مواد منتشره از دودکش بوسیله وارونگی‌هایی به سطح بالا پیوند دخالت محبوس شدن "تل دود[4]" بظهورمی‌رسد. پراکندگی متداول تر از دودکش‌های مرتفع می‌توانـــد باشکال" مخروطی[5] "وبالا رونده[6]"و"بادزدگی[7]" بظهور رسد. نوع مخروطی ممکن‌است در زمانی بروز کند .که لپس ریت‌های ضعیف باعث می‌شود که ذرات آلودگی هر قدر از دهانه دودکش دور ترشوندپراکنده‌ترشده‌بشکل‌مخروطه‌در آیند. از اینرو پدیده تمرکزهای نسبتا" نزدیک بسطح زمین حالتی‌شبیه‌بادزدگی‌رابوجودمی‌آورد که‌اساسا" صورت‌شبانه‌ای است که‌علت پیدایش‌آن وارونگی تشعشعی می‌باشد. در اینصورت دوده ظریفی در ارتفاع دودکش بآرامی در جهت بادکشیده، می‌شود. سرانجام نوع بالا رونده یک شرایط‌ویژه مساعدی برای پراکندگی تل‌دوداست، وممکن‌است در هر زمانی غیراز میانه های روز بوقوع پیوندد دراین حالات‌دهانه‌دودکش ازوارونگی سطحی کم‌عمق بالاتر قرار می‌گیرد وقرار گرفتن یک وضع ناثبات بالای‌لایه ثابت ناشی‌از وارونگی باعث می‌شود که توده دودی که از دودکش خارج می‌شود بسمت بالا پراکنده شود.

پرتال جامع علوم انسانی

1- Looping
2- Thermal eddies
3- Fumigation
4- Plume trapping
5- Coning
6- Lofting
7- Fanning

REFERENCES

Battan, L.J. (1984). Foundamentals of Meteorology, 2 th ed. Englewoodcliffs, N.J.:Prentice-Hall

Gritchfield,H.J. (1983). General Climatology, 4th ed. Englewoodcliffs,N.J.: Prentice-Hall.

Keith, S. (1975). Applied Climatology, London:Mc Graw-Hill.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی