

# آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن زباله

از: حسین شکوهمند\*

و مشخصات اطاق احتراق دارد. در بیشتر سیستمهای زباله سوز، حاصل احتراق عمدتاً "از بخار آب دی اکسید کربن، منواکسید کربن، هیدروکربورهای نسوخته، اکسیدهای ازت، اکسید گوگرد و ذرات معلق (دود و خاکستر و...) تشکیل شده و این مواد وقتی وارد هوا شوند مساله آلودگی هوا را بوجود خواهند آورد.

سوزاندن زباله علاوه بر مواد یاد شده در بالا باعث تولید اسید کلریدریک و بنزوپیرین میگردد. غلظت آلایندهها در گازهای خروجی دودکش و نیز مقدار روزنی مواد که به هوا وارد میشود باید مرتباً "اندازه گیری شده و در صورت تجاوز از حد قابل قبول (استانداردها) بمنظور حفظ محیط زیست باید

یکی از روشهای مؤثر دفع مواد زائد، از طریق سوزاندن زباله در زباله سوزها است. سوخت مورد استفاده در زباله سوزها، همان مواد زائد خانگی است که متشکل از مواد مختلفی است که ترکیب فیزیکی و شیمیایی آنها متغیر است. معمولاً "زباله خانگی از باقیمانده مواد غذایی، کاغذ و مقوا، چرم و پارچه، لاستیک، پلاستیک شیشه فلزات و خاکروبه تشکیل شده است، و در حالت کلی ۷۵ درصد از این مواد قابل سوختن است.

حاصل احتراق زباله متنوع بوده و نوع و مقدار آن بستگی به عواملی چند از قبیل جنس شیمیایی، ترکیبات آن، اختلاط سوخت و هوا، نحوه عملکرد دستگاه احتراقی، شکل

\* استادیار دانشکده مپی

محیط شناسی

کنترل گردد. مقدار آلاینده ها همانطوریکه بحث شد بستگی به عوامل متعددی از جمله طرح اولیه زباله سوز ( نحوه اختلاط هوا و زباله، مقدار هوا نسبت بجرم سوخت ورودی، حداکثر درجه حرارت زباله سوز و...) و نحوه رهبری زباله سوز دارد و از اینرو از یک زباله سوز تا زباله سوز دیگر متفاوت میباشد، ولی میتوان گفت که در اثر سوزاندن یک تن زباله بطور متوسط بین ۱۲ تا ۲۰ کیلوگرم ذرات معلق و مجموعاً " ۳ کیلوگرم<sup>[۱]</sup> اکسیدهای ازت و گوگرد تولید و بهوا وارد میشود. در جدول (۱) مقدار متوسط آلاینده ها در یک زباله سوز شهری بدون دستگاه کنترل آلودگی هوا و نیز مجهز به دستگاههای کنترل درج شده است. غلظت آلاینده های گازی در دودکش عبارتند از اکسیدهای ازت بین ۵۰ تا ۱۰۰ جزء در میلیون (PPM) و اکسید گوگرد بین ۵۰ تا ۱۳۰ جزء در میلیون و اسید کلریدریک در حدود ۵۰۰ جزء در میلیون. خاکستر بیشتر از اکسید فلزاتی نظیر آلومینیم، سیلیس، آهن و کلسیم تشکیل شده است. وجود اسید کلریدریک باعث اسیدی شدن گازهای خروجی و بالنتیجه خوردگی میگردد و بطور کلی ۶۰ تا ۶۵ درصد کلر موجود در زباله ورودی به زباله سوز بصورت اسید کلریدریک درمیآید. میتوان گفت که نصف کلر موجود در زباله در مواد پلاستیکی نظیر پلی واینیل کلراید (PVC) یافت میشود. در تجزیه شیمیائی گازهای خروجی دودکش، نشانه ای از کلروپانوسژن (Phosgen)  $(CoCl_2)$  بدست نیامده است. با آنکه مقدار پلاستیک در زباله شهری در حدود ۲ درصد میباشد با این حال بعلت تولید اسید کلریدریک مساله مهمی را بوجود آورده است که بعداً<sup>[۲]</sup> بیشتر توضیح داده میشود.

[۱]، [۳]

پژوهش های علمی که توسط صنایع پلاستیک سازی در

این خصوص بعمل آمده نشان میدهد که با افزایش مقدار پلاستیک

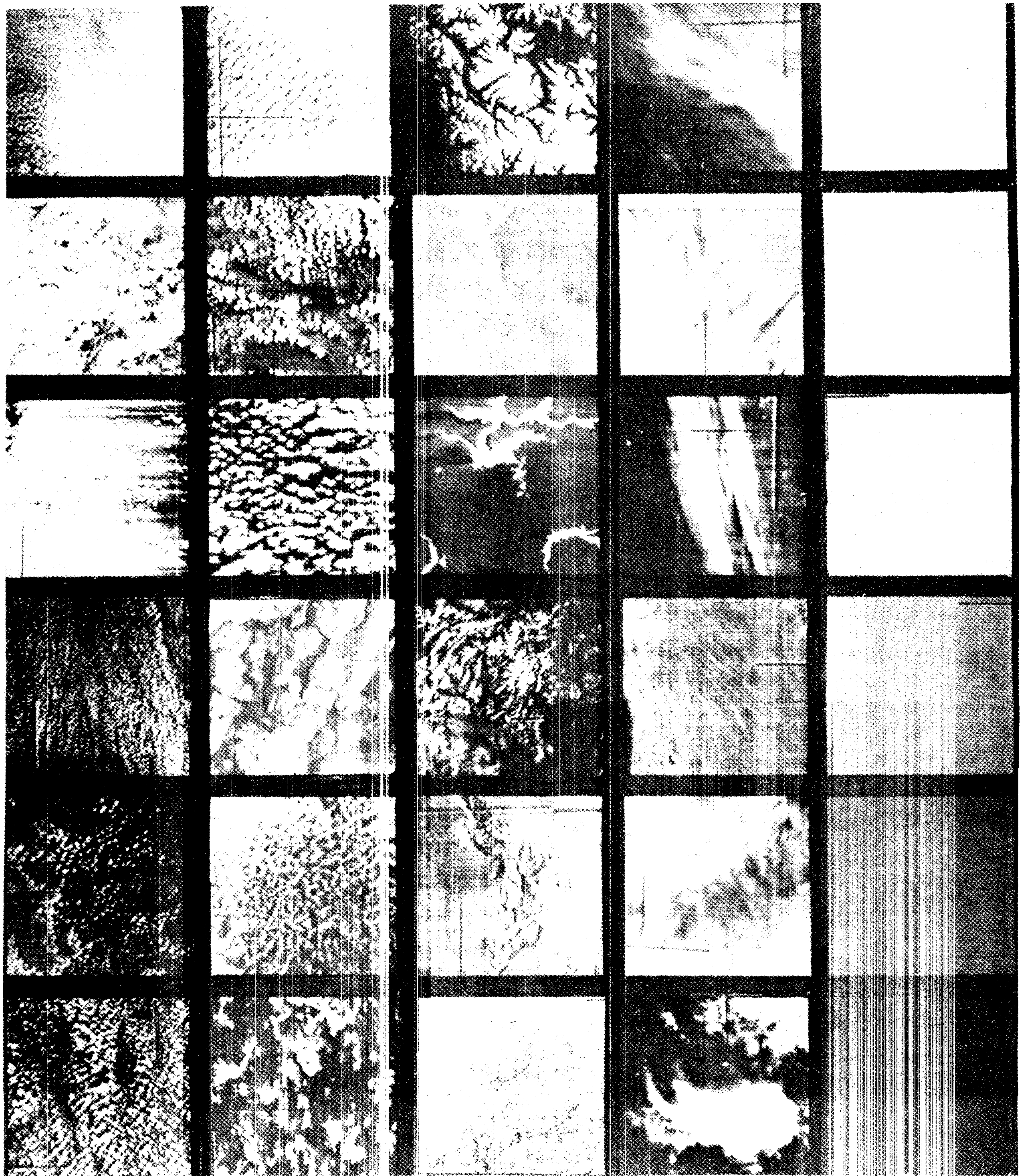
در زباله از ۲ درصد به ۴ درصد، (افزایش PVC) ، مقدار گاز در دودکش به حدود ۲۰۰۰ جزء در میلیون میرسد که البته در این غلظت زیاد، مساله آلودگی هوا واقعاً " بطور جدی مطرح میگردد.

برای اینکه بتوان مساله آلودگی هوای ناشی از سوزاندن زباله را با سایر منابع آلودگی هوای شهر تهران مقایسه کرد، با فرض سوزاندن ۲۵۰۰ تن زباله در روز و استفاده از ارقام جدول (۱) مقدار آلاینده ها که روزانه به هوای شهر وارد میشود محاسبه و همراه با سایر منابع در جدول (۲) آمده است.

همانطوریکه در این جدول دیده میشود، از سایر آلودگی های هوا جمعا " روزانه ۳۸/۵ تن ذرات معلق (دود و خاکستر) به هوا اضافه میگردد و در صورت سوزاندن تمام زباله شهری در زباله سوزهای مجهز به دستگاه غبار گیرنده، مقدار ذرات معلق به ۵۷/۵ تن در روز میرسد که افزایش ۵۰ درصد را نشان میدهد. از آنجائیکه ذرات معلق از نقطه نظر بهداشتی بدترین نوع آلاینده در هوای شهر تهران محسوب میگردد بخوبی دیده میشود که سوزاندن زباله بدون در نظر گرفتن جوانب مساله آلودگی هوا اقدام عجولانه ای محسوب میگردد. ذرات معلق که به همراه گازها از دودکش خارج میشوند بیشتر شامل خاکستر، غبار، دود و گاهی اوقات کاغذ و سایر مواد نیمه سوخته میباشد. اندازه این ذرات از ۵ تا ۱۲۰ میکرون میباشد و همانطوریکه قبلاً " بحث شد از نقطه نظر جنس شیمیائی، این ذرات بیشتر متشکل از مواد معدنی مانند اکسید فلزات مختلف میباشد.

علاوه بر مساله آلودگی هوا در راهبری زباله سوزها برای خنک کردن ضایعات جامد نیمه سوخته شده از آب استفاده مرکز هماهنگی مطالعات محیط زیست







میشود که دفع آن باعث آلودگی منابع آب میگردد. مقدار آب مصرفی متفاوت بوده و از ۴ تا ۸ متر مکعب بازاء هر تن زباله تخمین زده میشود.

البته با استفاده از مدارهای بسته میتوان مقدار آب مصرفی را تا حد ۸۰ درصد کاهش داد. در اغلب زباله سوزها، آب مصرفی و آلوده شده وارد فاضلاب شهری میشود. مقدار ذرات معلق تولید شده در اثر سوزاندن زباله ها بدو عامل بستگی دارد:

الف: جنس فیزیکی و شیمیائی زباله و ترکیبات آن.

ب: طرح اولیه زباله سوز و نحوه راهبری آن.

بهر حال با توجه به اینکه عوامل فوق متغیر بوده و کنترل آن دارای محدودیت است، برای جلوگیری از آلودگی هوا معمولاً "رسم براینست که آلاینده ها را پس از ایجاد در اطاق احتراق در مسیر خروجی، توسط دستگاهها جذب و یا جمع آوری گردد تا از وارد شدن آنها به هوا جلوگیری شود. برای کنترل ذرات معلق روشهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است که انتخاب روش بستگی به قطر ذرات و جنس آنها دارد. برای ذرات درشت و بزرگتر از ۵۰ میکرون از اطاق ته نشینی که طرز کار آن رسوب ذرات در اثر قوه ثقل آنها است استفاده میشود. بازده جمع آوری ذرات برای این دستگاه کم و حدود ۴۰ درصد میباشد. برای کنترل ذرات بین ۵ تا ۳۵ میکرون از سیکلونها و یا دستگاههای شستشو استفاده میشود.

یک سیکلون تشکیل شده است از یک قسمت فوقانی استوانه ای و یک قسمت تحتانی مخروطی شکل که هوای کثیف شامل ذرات معلق بطور مماسی و یا محوری وارد آن میشود و در اثر حرکت پیچی هوا، ذرات تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز از هوا جدا و به قسمت تحتانی مخروطی شکل استفاده و سپس

جمع آوری میگردد. بازده در این نوع دستگاهها بین ۷۰ تا ۸۰ درصد میباشد. در دستگاههای شستشو آب بداخل گازهای خروجی از کوره پاشیده میشود و بدینوسیله ذرات از گاز جدا میشود. بازده این نوع دستگاههای کنترل تا ۹۵ درصد میرسد. برای ذرات بسیار ریز و در حدود یک میکرون، از روش رسوب بطریقه الکترواستاتیک استفاده میشود که در این نوع دستگاهها ذرات پس از باردار شدن در صفحات با بار مخالف جذب و سپس جمع آوری میشوند. بازده جمع آوری ذرات بطریق رسوب الکتریکی بسیار زیاد و بیش از ۹۹ درصد میباشد. البته علاوه بر قطر ذرات و جنس آنها، انتخاب دستگاه بعوامل اقتصادی و فنی دیگری بستگی دارد. دستگاه رسوب الکتریکی و شستشو از سیکلونها و اطاق های ته نشینی بمراتب گرانتر میباشد و راهبری آن مستلزم مخارج بیشتری میباشد. اغلب زباله سوزها در کشور های صنعتی برای حفاظت محیط زیست و مراعات استانداردهای موجود در مورد غلظت مجاز ذرات معلق در دودکش مجهز به دستگاههای رسوب الکترواستاتیکی میباشد.

در مورد آلاینده های گازی مانند اکسیدهای ازت و گوگرد بطور خلاصه باید بیان کرد که چون مقدار تولید شده در اطاق احتراق بازاء هر تن زباله کمتر از مقدار تولید شده بازاء هر تن سوخت فسیلی میباشد، از اینرو مساله آلودگی هوا در این خصوص جدی نمیشود. مقدار گوگرد در زباله شهری آلودگی دارد ولی کمتر از ۱ درصد جرمی است، در حالیکه در نفت کوره وی یا گازوئیل مقدار آن ممکنست تا ۲ درصد برسد. در ضمن قسمت اعظم گوگرد همراه با خاکستر قابل جمع آوری در دستگاههای کنترل ذرات معلق است و مقدار کمتری از آن بصورت گاز از دودکش به هوا وارد میگردد. البته در کشورهای صنعتی مقدار مرکز هماهنگی مطالعات محیط زیست

مجاز این آلاینده ها در دودکش و نیز در هوای شهر تعیین شده است که اصطلاحاً آنها را استاندارد آلودگی هوامینامیم. متأسفانه در ایران بدلیل عدم توجه کامل به حفظ محیط زیست، بجز در مورد وسایل نقلیه، هنوز چنین استانداردهائی تهیه نشده است.

بطور خلاصه علاوه بر ذرات معلق، آلاینده های ناشی از سوزاندن پلاستیکها بطور جدی محیط زیست را تهدید میکند. اهمیت مسأله پلاستیکها روز بروز با افزایش مواد مصرفی پلاستیکی، در زباله شهری بیشتر مشهود است. مقدار مواد پلاستیکی فعلاً در شهرهای اروپائی بین ۲ تا ۴ درصد کل زباله است. در توکیو بر روی زباله جمع آوری شده از ۲۳ منطقه شهر مطالعاتی در مورد گازهای خروجی از زباله سوزها و نیز مطالعاتی درباره آلودگی آب مصرفی در زباله سوزها انجام گرفته است.<sup>[۵]</sup> نتایج این مطالعات نشان میدهد که فاضلاب زباله سوزها محتوی  $Ca$  به میزانی است که از حد مجاز  $5/09$  متجاوز است. در نیروگاه زباله سوز ادوگاوا Edogawa این مقدار  $5/59$  و برای نیروگاه ستایاگا Setagaya  $38/0$  و برای نیروگاه چیتسوز Chitose  $21/0$  بوده است. مقدار سرب موجود در فاضلاب نیروگاه زباله سوز کیتا Kita  $34/1$  PPM است که از حد مقدار استاندارد یعنی ۱ بیشتر است.

در مورد گازهای خروجی مطالعات انجام شده نتایج زیر را بهمراه داشته است:

ذرات گرد و غبار  $gr/m^3$  :  $0/12 - 0/06$

اکسیدهای گوگرد  $SO_x$  PPM  $34 - 10$

اکسیدهای ازت  $NO_x$  PPM  $207 - 114$

برای اسید کلریدریک HCl، اطلاعات کاملی برای

تمامی زباله سوزها داده نشده است ولی در یک مورد آزمایش در

محیط شناسی

ماه فوریه ۱۹۷۳ برای نیروگاه چیتسوز مقدار HCl بطور متوسط  $820$  PPM بوده است. بطوریکه ملاحظه میشود وجود فلزات سنگین در آب مصرفی زباله سوز مربوط به وجود فلزات مختلف در زباله، است و همچنین مقادیر زیادی از گازهای خطرناک از قبیل HCl عمدتاً "مربوط به مقدار پلاستیک موجود در آنست".<sup>[۵]</sup>

هرچند وجود پلاستیک ارزش حرارتی زباله را افزایش میدهد، لیکن باید توجه داشت که افزایش پلاستیک باعث ایجاد درجه حرارتهای بالا در داخل کوره زباله سوز از یک سو و از سوی دیگر باعث افزایش مقدار  $NO_x$  خواهد گردید. لازم بتذکر است که برای کاهش جدی مقدار  $NO_x$  لازم است که دمای احتراق در داخل زباله سوز بین  $750 - 900$  درجه سانتیگراد باقی بماند.

از اینرو در ژاپن در سال ۱۹۷۰ پیشنهاد گردید که زباله بصورت جدا شده جمع آوری گردد، بدین ترتیب که مقادیر قابل سوخت زباله و قسمتهای غیر قابل سوخت و یا نامناسب برای سوزاندن (فلزات - لاستیک و پلاستیک) بطور جداگانه جمع آوری گردد. مقدار کل پلاستیک جدا شده از زباله معمولی در سال ۱۹۷۳ به  $5/2$  درصد و در سال ۱۹۷۴ به  $4/5$  درصدوزنی کل زباله رسیده است.

تأثیر جدا سازی:

جدا ساختن قسمتهای نامناسب زباله اثرات زیر را خواهد داشت:

الف: کاهش مقدار پلاستیک در زباله مصرفی زباله

سوز باعث کاهش PVC است که به میزان ۲۰ تا ۲۵ درصد در پلاستیک موجود است. بعلاوه جداسازی پلاستیک کمک مؤثری به کنترل HCl هم خواهد نمود. اندازه گیریها در ژاپن در



سال ۱۹۷۴ نشان میدهد که وقتی زباله سوزها با زباله مناسب و قابل سوخت کار کنند مقدار  $HCl$  به  $477$  PPM کاهش خواهد یافت .

ب: خوردگی قطعات مختلف بستر احتراق ناشی از کم خواهد شد .

ج: از بسته شدن و بند آمدن منفذهای نفوذ هوا در بستر احتراق جلوگیری خواهد شد .

اثرات کاهش مقدار پلاستیک در زباله:

کاهش مقدار پلاستیک در زباله، ارزش حرارتی زباله را کاسته و در حدی معادل  $(5600 - 4700) KJ/Kg$  که معادل  $(1124 - 1339) KCal/Kg$  نگه خواهد داشت. این نتایج مربوط به زباله شهرتوکيو است. بدین ترتیب ملاحظه شده است که دمای احتراق در داخل کوره در حد مناسبی نگهداشته شده است و از سوی دیگر تولید  $NO_x$  کاهش یافته است .

تأثیر جدا سازی در آلودگی آب مصرفی دستگاه زباله سوز:

از آنجا که کیفیت آب خروجی از زباله سوزها معمولاً ثابت نیست از اینرو اثرات جداسازی زباله در این مورد مستقیماً قابل مشاهده نیست ولی با جداسازی آزمایش نشان میدهد که رویهمرفته میزان فلزات سنگین نظیر کادمیم و روی به  $\frac{1}{10}$  و میزان Pb به  $\frac{1}{5}$  مقدار استاندارد کاهش مییابد .

سرب جمع آوری زباله جدا شده و دفن بهداشتی آن و نیز سوزاندن زباله جدا شده کمک مؤثری به مدیریت جمع آوری زباله خواهد نمود زیرا هدف اصلی از سوزاندن زباله دفع آن است بدون اینکه محیط زیست را در حد خطرناکی آلوده سازد .

در بحث فوق تأکید بر روی وضعیت زباله و نتایج اندازه گیریهای مربوطه و نیز میزان آلودگی ناشی از آن در ژاپن بوده است ، این مطلب با توجه به کیفیت مشابه زباله در تهران و توکیو بویژه از نظر درصد مواد غذایی بالا قابل توجه است .

میتوان چنین نتیجه گرفت که قبل از سوزاندن زباله لازم است به امر جمع آوری و در صورت امکان به بررسی مسئله جداسازی آن در منازل توجه کامل مبذول گردد . اگرچه سازندگان زباله سوزهای شهری فعلاً " سعی دارند که مسئله خطرات ناشی از سوزاندن زباله را کم اهمیت جلوه دهند لیکن حقیقت مسلم اینستکه خطرات ناشی از آلاینده های حاصله از سوزاندن زباله باید بدقت مورد مطالعه قرار گیرد .

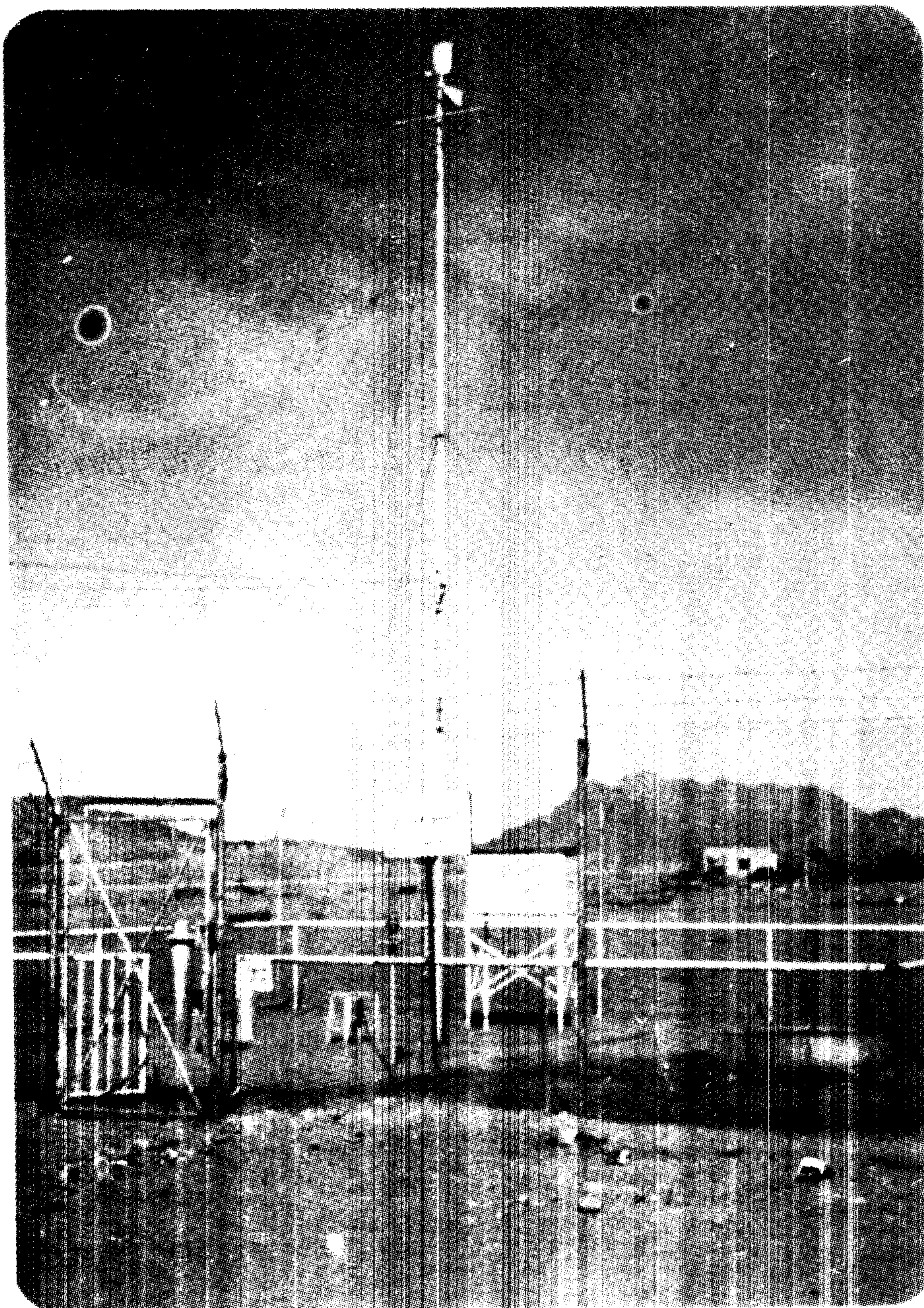
جدول (۱) - مقدار آلاینده ها در زباله سوز شهری ، بر حسب کیلوگرم بر آزاء هر تن زباله آلاینده ها

ذرات معلق	اکسید گوگرد	اکسیدهای ازت	هیدروکربوهای نسوخته	منواکسید کربن	
۱۵	۱/۲۵	۱/۵	۰/۷۵	۱۷/۵	زباله سوز بدون دستگاه کنترل مجهز به دستگاه کنترل برای ذرات معلق
۷	۱/۲۵	۱/۵	۰/۷۵	۱۷/۵	

جدول (۲) - مقدار آلاینده ها از منابع مختلف آلودگی در شهر تهران بر حسب تن در روز

ذرات معلق	اکسید گوگرد	اکسیدهای ازت	هیدروکربورهای نسوخته	منواکسید کربن	منبع آلودگی
۱۳/۵	۷	۳۰	۲۶۰	۲۷۰۰	وسایل نقلیه بنزینی
۲/۵	۲۴	۶۵	۶/۵	۴۰	وسایل نقلیه دیزلی
۲۲/۵	۲۵۰	۶۸	۳/۵	۷	صنایع و منابع خانگی و تجاری
۱۹	۳/۵	۳/۶	۱/۸	۴۳	سوزاندن زباله
۵۷	۲۸۴/۵	۱۶۶/۶	۲۷۱/۸	۲۷۹۰	جمع





منظره عمومی ایستگاه کلیما تولوژی چغارت  
وابسته به ذوب آهن ایران واقع در ۱۲۵ کیلومتری شرق یزد

مرکز هماهنگی مطالعات محیط زیست

#### References:

- 1: H. Chokouhm and, M.S. Massoudi, Z. Nejat, A. Ostad hosseini, J. Shayegan, "An Investigation on Tehran Municipal Solid East with the view of Electricity Generation, Reg. J. Energy, Heat, Mass Transfer, Vol 2 No4, 1980.
- 2: Kaiser, E.R. and A.A. Carotti, "A report to the Society of the Platic in dustry (SPi) June 1971.
- 3: E. Boettner et al. (J. of Poly mer Science, 13, 1969).
- 4: Baum & Parker "Solid waste Disposal, Vol 1. ann arbor Science Publishers, 1973.
- 5: M. Shiga, Paper Presented in "First Conference on Concersion of Refuse to Energy. PP 61-67. (Nov 1975).



کتابخانه مرکز هماهنگی  
مطالعات محیط زیست