

## بررسی ترکیب فیزیکی و میزان تولید زباله شهر همدان از خردادماه سال ۱۳۷۸ تا اردیبهشت ۱۳۷۹

محمدتقی صمدی\*، مرضی مرشدی سیف\*\*

### چکیده:

بی تردید تولید زباله در زندگی روزمره گریز ناپذیر است. این در حالیست که به این مقوله در مقایسه با مطالعات انجام یافته بر روی سایر معضلات زیست محیطی مانند آلودگی هوا و فاضلاب، کمتر پرداخته شده است. نظام مدیریت مواد زائد جامد مبتنی بر عناصر و اجزائی نظیر تولید زباله، نگهداری در محل تولید، جمع آوری، حمل و نقل و دفع می باشد و بدون آگاهی از میزان تولید زباله و نیز اجزای تشکیل دهنده آن امکان انجام برنامه ریزی دقیق و ارائه راهکارهای مناسب جمع آوری و دفع زباله فراهم نخواهد گردید. لذا در این مطالعه میزان زباله و آنالیز فیزیکی آن در فصول مختلف سال (از خرداد ۷۸ تا اردیبهشت ۷۹) مورد اندازه گیری و محاسبه قرار گرفت.

نمونه ها در هر ماه با استفاده از روش نمونه برداری از بار کامیون (Truck-Load sampling) و به طریقه نمونه گیری سهمیه ای تصادفی انتخاب گردیده اند و ضمن توزین بار کامیون های حامل زباله جهت محاسبه مقدار زباله جمع آوری شده، درصد رطوبت، چگالی و درصد وزنی اجزای فیزیکی تشکیل دهنده زباله تعیین گردیده است. نتایج بدست آمده نشانگر تولید متوسط روزانه ۲۵۲/۳۳ تن زباله در سطح شهر همدان با چگالی ۲۰۴/۸۳ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. همچنین متوسط رطوبت زباله تولیدی این شهر معادل ۲۲/۴۶ درصد وزنی محاسبه گردید. میانگین مقادیر اجزای فیزیکی نیز در ماههای پژوهش معادل ۷۷/۷۲٪ مواد فسادپذیر، ۵/۷۵٪ کاغذ، ۵/۴۲٪ پلاستیک، ۳/۱۵٪ پارچه و منسوجات، ۲/۱۱٪ فلزات، ۱/۰۴٪ شیشه و ۴/۹۲٪ سایر مواد بوده است. همچنین بیشترین مقدار تولید زباله در این شهر مربوط به اسفندماه با ۳۲۸ تن و کمترین مقدار نیز مربوط به آذرماه با ۱۹۶ تن بوده است.

در مجموع با استناد به مطالب فوق الذکر، می توان نتیجه گرفت که با اجرای برنامه های مناسب بازیافت از مبدأ تولید و تهیه کود کمپوست، امکان ممانعت از دفن روزانه ۱۸۳ تن مواد زائد فسادپذیر با قابلیت تهیه کود و ۱۴ تن کاغذ، ۱۳ تن پلاستیک و ۵ تن فلزات مختلف که دارای ارزش اقتصادی قابل توجهی می باشند فراهم خواهد گردید.

کلید واژه ها: تجزیه فیزیکی / مواد زائد جامد

### مقدمه:

و تولید قابل توجهی از این مواد در مناطق شهری و صنعتی گردیده و جمع آوری و دفع آن را به معضلی پیچیده و پرهزینه مبدل ساخته است. ولی بخش عمده این مواد

تغییرات بوجود آمده در شیوه زیست و الگوی مصرف در سالهای اخیر موجب افزایش سرانه تولید مواد زائد جامد

\* عضو هیأت علمی گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

\*\* کارشناس بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

درصد وزنی اجزاء پلاستیکی و فلزی نیز به ترتیب دامنه ای بین ۲ تا ۱۱ و ۳ تا ۸ را نشان می دهد(۴). با توجه به وجود مواد با ارزش در ترکیب زباله گاهی از آن به عنوان طلای کثیف (Dirty gold) یاد می شود که متأسفانه با صرف هزینه های بسیار سنگین جمع آوری و غالباً دفن می شوند که می توان با اعمال برنامه ریزی صحیح و فنی مبتنی بر اطلاعات دقیق و قابل اطمینان نسبت به بازیافت مواد مختلف از زباله اقدام نمود. در بسیاری از کشورها به مسئله بازیافت از مبداء (Source Separation) توجه ویژه ای گردیده است زیرا انجام این فعالیتها باعث خواهد گردید تا ضمن تامین سود اقتصادی و کمک به احیاء منابع ملی، کاهش قابل ملاحظه ای نیز در مقادیر زباله جمع آوری و دفع شده حاصل گردد. در برخی کشورهای پیشرفته درصد بازیافت مواد مختلف از زباله های شهری بین ۱۵ تا ۵۰ درصد وزنی کل زباله تولیدی محاسبه گردیده است (۵). شهر همدان نیز مانند سایر شهرهای کشور در سالهای اخیر توسعه قابل توجهی یافته که به تبع آن دامنه خدمات شهری نیز گسترش یافته است و به همین لحاظ نیاز به برنامه ریزی دقیق شهری بر اساس اطلاعات و آمار بدست آمده از روشهای علمی مطالعه بر مواد زائد جامد تولیدی در این شهر کاملاً ضروری به نظر می رسد. این تحقیق به مدت ۱۲ ماه (از خرداد ماه ۱۳۷۸ تا پایان اردیبهشت ماه ۱۳۷۹) و به منظور تعیین ترکیب فیزیکی و میزان تولید زباله شهر همدان انجام یافته است.

### روش کار:

برای انجام این تحقیق از روش نمونه برداری از بار کامیون (Truck-Load Sampling) استفاده گردید (۱،۲). در ابتدا کلیه وسائط نقلیه مورد استفاده در مناطق دوگانه شهرداری همدان و شرکتهای پیمانکاری طرف قرارداد از لحاظ ظرفیت و نوع وسیله نقلیه مورد استفاده اعم از وانت، کامیونت و کامیون مورد شناسایی قرار گرفته و شماره شهربانی کلیه وسائط نقلیه مذکور به تفکیک مناطق شهرداری در دو لیست جداگانه درج و کدبندی گردید. سپس بر اساس نوع و تعداد وسائط نقلیه مورد استفاده در هر منطقه، از مجموع ۱۵ وسیله نقلیه منطقه یک شهرداری همدان یک دستگاه بنز خاور ۱۰ تن و از مجموع ۱۷ وسیله نقلیه منطقه ۲ شهرداری،

مربوط به زباله های خانگی می باشد که عمدتاً شامل پس مانده ها و بقایای مواد غذایی می گردد که قابلیت تخمیر و تبدیل بسیار بالایی داشته و بر اساس یک فرآیند صحیح می توان از این حجم انبوه مواد زائد، کود آلی (Compost) مورد نیاز بخش کشاورزی را تامین نمود(۱،۲).

ترکیب فیزیکی و شیمیایی و نیز مقدار تولید زباله بر حسب فصول مختلف سال، روزهای هفته، مناسبتهای ملی و مذهبی، عادات غذایی، سطح درآمد و عوامل متعدد دیگر دستخوش تغییرات قابل توجهی می گردد(۳،۴). جهت استقرار سیستم مدیریتی مواد زائد جامد به شکل اصولی و فنی در یک منطقه و طراحی و اجرای برنامه های مربوط به نگهداری، جمع آوری، حمل و نقل، دفع نهائی (Disposal) و نیز پروژه های احیاء منابع از قبیل تهیه کود کمپوست، کسب انرژی از زباله، تولید بیوگاز، بازیافت و استفاده مجدد نیاز به تعیین دقیق ویژگی ها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و نیز مقادیر زباله تولیدی در آن منطقه می باشد. تعیین ویژگی زباله شهری به لحاظ تنوع منابع تولید و تنوع اجزاء کار بسیار دشواری می باشد ولی به عنوان پایه و اساس فعالیتهای مدیریت علمی مبتنی بر حفظ محیط زیست و تامین بهداشت عمومی امری ضروری محسوب می گردد. اینگونه فعالیت ها به لحاظ گستردگی و پیچیدگی در کشورهای پیشرفته هزینه هفتگی معادل ۲۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ دلار نیاز دارد (۵).

سرانه تولید متوسط زباله در شهرهای مختلف کشور بر اساس گزارشات وزارت کشور دامنه ای بین ۰/۵ تا ۱/۶ کیلوگرم داشته و روزانه بیش از ۲۴۰۰۰ تن زباله از طریق واحدهای خدمات شهری و شرکتهای پیمانکاری طرف قرارداد آنها با صرفه هزینه ای معادل ۱۲۰ میلیارد ریال در روز جمع آوری می گردد (۶،۷).

در بررسی های انجام یافته توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا مشخص گردیده که میزان رشد سرانه تولید زباله در دهه ۱۹۹۰ در آن کشور ۱/۳٪ در هر سال بوده که در مجموع می تواند رقم قابل توجهی را شامل گردد(۸). همچنین مطالعات انجام یافته در ۵ کشور (مصر، فنلاند، استرالیا، فرانسه و آمریکا) مشخص می سازد که رطوبت زباله های شهری دامنه ای بین ۱۵ تا ۴۰ درصد وزنی را در کشورهای مذکور دارا بوده و

نتایج بدست آمده به عنوان نتیجه کلی گزارش گردید. لازم به ذکر است که کلیه آنالیزهای فوق الذکر، پس از جمع آوری زباله از سطح شهر و در محل ایستگاه انتقال موقت شهر همدان انجام یافته است.

### نتایج:

تعداد دفعات جمع آوری زباله در شهر همدان شش بار در هفته می باشد که این کار از ساعت ۶ الی ۱۱/۵ و از ساعت ۱۴ تا ۱۸ صورت می گیرد. سیستم جمع آوری زباله در کلیه نقاط شهر از نوع جمع آوری با ظروف ثابت Stationary Containers System (S.C.S) بوده و زباله جمع آوری شده به محل دفنی در ۲۰ کیلومتری جاده تهران که به مساحت ۱۵۷ هکتار در نظر گرفته شده حمل می گردد. وسائل مورد استفاده جهت نگهداری زباله در محل های تولید ۸۰٪ کیسه زباله، ۱۲٪ سطلهای پلاستیکی بدون کیسه، ۵٪ سطل های فلزی و ۳٪ سایر موارد بوده است. وزن کل زباله جمع آوری شده در سطح شهر در ماههای پژوهش و نیز دانسیته و حجم زباله در ماههای مذکور به تفکیک در جدول ۱ درج گردیده است.

جدول (۱): وزن، دانسیته و حجم زباله جمع آوری شده روزانه در شهر همدان

ماه	وزن زباله (تن)	دانسیته (کیلوگرم بر مترمکعب)	حجم (متر مکعب)
خرداد ۷۸	۲۵۳	۱۹۷	۱۲۸۴/۳
تیر	۲۵۵	۱۹۶	۱۳۰۱
مرداد	۲۲۵	۲۲۳	۱۰۰۹
شهریور	۲۶۱	۱۸۵	۱۴۱۰/۸
مهر	۲۸۱	۱۸۸	۱۴۹۴/۷
آبان	۲۴۱	۱۹۱	۱۲۶۱/۸
آذر	۱۹۶	۲۳۰	۸۵۲/۲
دی	۲۴۱	۲۳۶	۱۰۲۱/۲
بهمن	۲۳۰	۱۹۳	۱۱۹۱/۷
اسفند	۳۲۸	۱۹۷	۱۶۶۴/۹
فروردین ۷۹	۲۹۳	۲۱۱	۱۳۸۸/۶
اردیبهشت	۲۲۴	۲۱۱	۱۰۶۱/۶

درصد رطوبت زباله در ماههای پژوهش نیز دامنه ای بین ۱۶ و ۲۶/۵ داشته است. جدول ۲ مقادیر درصد وزنی رطوبت در نمونه های زباله ماههای مختلف را نشان می دهد.

یک دستگاه بنز ۵ تن و یک دستگاه وانت نیسان به صورت نمونه برداری سهمیه ای تصادفی انتخاب گردید. وسائط نقلیه انتخاب شده در ماهها ۱۲ گانه پژوهش پس از بارگیری توزین گردیده و پس از توزین به محل دفن زباله مراجعه نموده و بعد از تخلیه زباله مجدداً در باسکول مورد توزین قرار گرفتند تا با تفاضل مقدار وزنی بدست آمده، مقدار زباله حمل شده توسط آن مورد محاسبه قرار گیرد که با تعمیم اعداد بدست آمده به وسائط نقلیه مشابه، کل زباله جمع آوری شده در آن روز قابل محاسبه خواهد بود.

برای تعیین دانسیته (Density) زباله نیز بار وسائط نقلیه فوق الذکر پس از تخلیه در محل مناسبی به چهار قسمت نسبتاً مساوی تفکیک گردیده و از هر قسمت مقداری زباله در ظرف نیم متر مکعبی خاصی که به همین منظور طراحی و ساخته شده بود ریخته شده و دانسیته نمونه پس از توزین مورد محاسبه قرار گرفت و در نهایت میانگین چهار عدد بدست آمده به عنوان دانسیته کل آن وسیله نقلیه در نظر گرفته شد که با داشتن وزن کل زباله تولیدی و دانسیته، حجم زباله تولیدی قابل محاسبه خواهد بود. این محاسبه در تعیین حجم عملیات خاکبرداری برای دفن زباله و بهینه سازی ناوگان حمل و نقل زباله شهری کاربرد دارد. برای تعیین درصد رطوبت نیز زباله تخلیه شده هر وسیله نقلیه به چهار قسمت تفکیک گردیده و از هر قسمت یک نمونه ۳ کیلوگرمی جدا گردیده و با هم مخلوط شده تا در نهایت یک نمونه ۳ کیلوگرمی به آزمایشگاه ارسال شده و پس از قرار دادن نمونه در آون (oven) ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت با استفاده از فرمول  $100 \times (a-b/a)$  = درصد رطوبت، درصد رطوبت مورد محاسبه قرار گرفت. اندازه گیری درصد رطوبت براساس روال عادی و معمول سیستم جمع آوری زباله این شهر صورت گرفته و از خروج شیرابه در طی حرکت وسیله نقلیه ممانعت به عمل نیامده است. برای تعیین درصد وزنی اجزاء فیزیکی نیز کلیه زباله تخلیه شده در هفت گروه مواد فساد پذیر، کاغذ، پلاستیک، پارچه و منسوجات، فلزات، شیشه و سایر مواد تفکیک گردیده و جداگانه مورد توزین قرار گرفت.

به منظور افزایش دقت کار کلیه آزمایشات فوق الذکر در هر مورد نمونه برداری، ۲ بار انجام یافته و میانگین

جدول ۲: درصد رطوبت زباله شهر در ماههای پژوهش

ماه	درصد وزنی رطوبت
خرداد ۷۸	۲۶
تیر	۲۵
مرداد	۲۶
شهریور	۲۱
مهر	۱۷
آبان	۲۱
آذر	۲۶/۵
دی	۲۴
بهمن	۲۶
اسفند	۲۲
فروردین ۷۹	۱۹
اردیبهشت	۱۶

**بحث:**

با توجه به اینکه به طور متوسط ۷۷/۶٪ کل زباله تولیدی شهر همدان را مواد فسادپذیر تشکیل می دهد که بیش از ۹۰٪ آن قابل تجزیه بیولوژیکی می باشد، استفاده از سیستم های تولید کود آلی می تواند به عنوان روش مناسبی جهت دفع مواد زائد جامد شهری مورد توجه قرار گیرد تا ضمن کاهش مشکلات و معضلات بهداشتی دفن زباله، از محل فروش کود تولیدی درآمدی نیز عاید شهرداری شود. لازم به ذکر است که روزانه به طور متوسط ۱۸۳ تن مواد زائد مناسب جهت تهیه کود آلی با صرف هزینه های گزاف دفن می گردد. با مقایسه نتایج بدست آمده از تحقیق مشابهی که در شهر یزد انجام یافته مشاهده می شود که میانگین سالانه درصد مواد فسادپذیر (پسمانده مواد غذایی) در زباله شهر همدان بسیار بیشتر از مقدار ماده مذکور در زباله شهر یزد به عنوان یک شهر کویری می باشد. (به ترتیب ۷۷/۶٪ و ۴۸/۴٪ برای همدان و یزد) (۹). همچنین مقایسه درصد مذکور با میانگین کشوری آن (۶۲/۶۴٪) نیز مؤید مطلب فوق الذکر در خصوص لزوم تهیه کود آلی از زباله شهر همدان می باشد (۴). البته درصد رطوبت زباله همدان اندکی کمتر از حد مطلوب جهت تولید کود کمپوست می باشد که می توان با اعمال تدابیر مناسب این مشکل را برطرف ساخت. کاغذ نیز یکی از اجزای ارزش زباله محسوب می گردد که قابلیت بازیافت داشته و استفاده مجدد از آن می تواند موجب احیاء جنگلها و کاهش تخریب منابع طبیعی شود. درصد وزنی کاغذ پس از مواد فسادپذیر، بیشترین مقدار را در زباله همدان به خود اختصاص می دهد که در صورت ارائه طرح فنی و بهداشتی مناسب برای بازیافت ثانویه (Secondary recycling)، می توان روزانه از دفن بیش از ۱۴ تن کاغذ جلوگیری به عمل آورد. متوسط سالانه وزنی کاغذ در زباله های شهر یزد ۵/۵۷٪ را به خود اختصاص می دهد که با متوسط سالانه کاغذ در زباله های شهر همدان (۵/۷۵٪) مطابقت دارد (۹). میانگین سالانه کشوری کاغذ نیز ۱۰/۹۲٪ محاسبه گردیده و بیشترین مقدار مربوط به استان سیستان و بلوچستان با ۱۶/۶۷٪ و کمترین مقدار مربوط به استان کردستان با ۶٪ گزارش شده است (۴). فعلاً روزنامه های باطله، مجلات، کارتن و مقوای موجود در زباله های

درصد وزنی اجزاء فیزیکی موجود در زباله جمع آوری شده در شهر همدان نیز دامنه نسبتاً گسترده ای داشته و از حداقل ۱/۰۴ درصد برای شیشه تا ۷۷/۷۲ درصد برای مواد فساد پذیر را به صورت میانگین شامل می گردد. همچنین درصد وزنی اجزاء فیزیکی در ماههای مختلف پژوهش نیز دارای تغییراتی بوده که در جدول ۳ درج گردیده است. بر اساس میانگین سالانه تولید زباله شهر همدان و میانگین سالانه اجزاء فیزیکی می توان برآورد کرد که به طور متوسط در هر روز ۲/۶ تن شیشه، ۱۳/۷ تن پلاستیک، ۵/۳ تن انواع فلزات و ۱۴/۵ تن کاغذ و کارتن جمع آوری و دفن گردیده است.

جدول ۳: درصد وزنی اجزاء فیزیکی موجود در زباله جمع آوری شده شهر همدان

ماه	نوع ماده	مواد فساد پذیر*	کاغذ	پلاستیک	پارچه و منسوجات	فلزات	شیشه	سایر موارد**
خرداد ۷۸	۷۶	۵/۲	۶/۵	۱/۸	۲	۱/۵	۷	
تیر	۷۰/۵	۵	۷/۲	۰/۵	۰/۵	۰/۸	۱۵/۵	
مرداد	۸۰/۵	۴/۳	۳/۵	۴/۵	۱	۰/۲	۶	
شهریور	۷۸	۶	۴/۳	۳/۵	۱/۷	۴	۲/۵	
مهر	۶۸/۵	۹/۵	۶	۵/۳	۳	۰/۵	۷/۲	
آبان	۸۰	۳/۴	۵	۲/۳	۳/۴	۰	۶	
آذر	۸۳/۵	۵	۳/۵	۴	۱/۲	۱/۵	۱/۳	
دی	۷۵/۶	۱۰	۴	۴/۲	۴	۰/۷	۱/۵	
بهمن	۸۵	۳/۴	۶	۲/۳	۱	۰/۵	۲	
اسفند	۷۴	۸/۲	۷	۴/۵	۳	۱/۳	۲	
فروردین ۷۹	۸۰	۵	۴	۴	۲/۵	۰/۵	۴	
اردیبهشت	۸۱	۴	۸	۱	۲	۱	۴	

\* منظور از مواد فسادپذیر، کلیه ضایعات گیاهی و غذایی می باشد که در تهیه کود کمپوست کاربرد دارد.

\*\* منظور از سایر مواد، اجزای دیگر زباله غیر از اجزاء گزارش شده در ستونهای جدول (۳) می باشد و برخی مواد فساد پذیر مانند آشغال گوشت که در تهیه کود کاربرد ندارد نیز جزء این بخش محسوب گردیده است.

می گردد ولی با توجه به وضعیت دفن غیر بهداشتی و غیر فنی زباله در این شهر، لزوم بیش از پیش به این مسئله کاملاً محسوس می باشد.

#### منابع :

1. Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. Integrated solid waste management. NewYork: McGraw-Hill, 1993: 69-73.
2. Kreith F. Handbook of solid waste management. NewYork: McGraw-Hill , 1997:3.1-3.20.
3. عمرانی قاسمعلی. مواد زائد جامد. ج ۱. تهران : دانشگاه آزاد اسلامی ، ۱۳۷۳ : ۸۷-۷۰.
4. Vesilind PA. Environmental engineering. Boston: McGraw-Hill , 1997:385-394.
5. Diaz FL, Savage G, Eggerth L. Composting and recycling municipal solid waste. Florida: Lewis, 1993: 44- 55.
6. عبدلی محمدعلی. مدیریت دفع و بازیافت مواد زائد جامد شهری در ایران. تهران : سازمان شهرداریهای کشور ، ۱۳۷۹ : ۳۴-۲۶.
7. عبدلی محمدعلی. بازیافت و دفع مواد زائد جامد شهری و تدوین شیوه های مناسب دفن بهداشتی و تهیه کود کمپوست. تهران : سازمان شهرداریهای کشور ، ۱۳۸۰ : ۹۴-۸۳.
8. Glynn H, Heinke G. Environmental science and engineering. New Jersey : Practice-Hall , 1996:572-577.
9. رحمانی حمیدرضا ، الیاسی بروجنی حمید. آنالیز فیزیکی زباله شهر یزد. فصلنامه علمی محیط زیست. شماره ۳۱ . ۱۳۸۰ : ۶۳-۵۷.

همدان توسط افراد غیر مسئول، بازیافت و به صورت غیر بهداشتی مورد استفاده مجدد قرار می گیرد که لزوم هماهنگی ارگانهای ذیربط از قبیل مراکز بهداشتی، دادگستری، شهرداری و سازمان حفاظت محیط زیست جهت نظارت بر این امر ضروری به نظر می رسد. پلاستیک و فلزات نیز از اجزای قابل بازیافت زباله به حساب می آید که مجموعاً به طور متوسط سالانه، ۷/۳٪ وزنی زباله شهر همدان را تشکیل می دهد. این رقم در مورد زباله یزد ۷/۷۸٪ گزارش شده که از این بابت نیز تقریباً با زباله همدان مشابهت دارد (۹). رقم مذکور برای کل زباله های جمع آوری شده کشور ۱۴/۱۶٪ اعلام گردیده (۴) که مقایسه آن با مقدار بدست آمده برای زباله شهر همدان نشانگر درصد نسبتاً اندک اجزای فلزی و پلاستیکی در زباله این شهر می باشد. این بخش از زباله نیز توسط برخی افراد به صورت غیر قانونی جداسازی گردیده و از طریق بعضی مغازه های ویژه خرید و فروش مواد بازیافتی به فروش می رسد و به این ترتیب نحوه استفاده مجدد از آن غیر قابل کنترل می باشد. لازم به ذکر است که عامل اصلی افزایش مقدار اجزای پلاستیکی در زباله شهری در سال های اخیر، الزام به استفاده از ظروف یکبار مصرف در تهیه و توزیع مواد غذایی و افزایش کاربرد کیسه های پلاستیکی مخصوص زباله و فریزر میباشد که به لحاظ عدم امکان تجزیه در طبیعت، در حال تبدیل به یک معضل پیچیده زیست محیطی است. سایر اجزای زباله شهر همدان ارزش کودی و بازیافتی مناسب نداشته و تنها راه حل برای دفع مناسب آن در وضعیت فعلی، روش دفن بهداشتی (Sanitary Landfilling) پیشنهاد