وزارت کشور
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

سری منابع آموزشی شهرداری‌ها
۲۲

سیستم مدیریت دفع و بازیافت مواد زاید جامد شهری

تهیه و تنظیم:
معاونت آموزشی
پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

بسم الله الرحمن الرحیم

سیستم مدیریت دفع و بازیافت مواد زاید جامد شهری

مؤلفان:

حمیدرضا پورخباز، علیرضا پورخباز، سعیده جوانمردی

سری منابع آموزشی شهرداری‌ها

پژوهشکده فرهنگ و هنر

پژوهشکده فرهنگ و هنر

عنوان: سیستم مدیریت دفع و بازیافت مواد زاید جامد شهری

مؤلفان: حمیدرضا پورخباز، علیرضا پورخباز، سعیده جوانمردی

مجری: پژوهشکده فرهنگ و هنر جهاددانشگاهی

کارفرما: شهرداری کرمان- معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

ناشر: معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور- پژوهشکده فرهنگ و هنر جهاددانشگاهی

ویراستار: تهمینه فتح‌اللهی

صفحه آرا: فاطمه سادات شاکری

چاپ اول: تیر ۱۳۸۹

شمارگان: ۱۰/۰۰۰ نسخه

حق چاپ و نشر برای سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور محفوظ است

پیشگفتار

امروزه با رشد سریع شهرنشینی، افزایش سطح درآمد و رفاه جامعه و رشد سریع اقتصادی و اجتماعی، هر روزه بر کمیت مواد زاید جامد شهری تولیدی افزوده شده و بـه عـلاوه تغییـر الگوی مصرف، باعث تغییر در کیفیت این مواد شده است. فعالیت‌های روزمره انسـان، مـواد زایدی را به وجود می‌آورد که اغلب به علت بی‌فایده قلمداد شدن، دور ریخته مـی‌شـوند. در هر صورت بسیاری از این مواد می‌توانند دوباره مورد استفاده قرارگرفته و در صورت استفاده صحیح به منبعی برای تولید صنعتی یا تولید انرژی تبدیل شوند. با توجه به ایـن کـه شـیوه زندگی امروزی به گونه‌ای است که حجم انبوهی از پسماندها تولیـد مـی‌شـود، اغلـب افـراد ضمن حفظ محیط زیست و بهداشت عمومی، خواستار حفظ شیوه کنونی زندگی هستند. به همین دلیل مدیریت پسماندها یکی از مهم‌ترین مشـکلات عصـر اخیـر مـی‌باشـد. صـنایع، شهروندان و قانون‌گذاران به دنبال شیوه‌هایی برای کاهش رشد میزان مواد زاید جامد توسط منازل و مشاغل بوده، استفاده مجدد و دفع مطلوب و مطمئن آن‌ها از نظر زیسـت محیطـی نیز مطرح است. مدیریت مواد زاید جامد فرآیند پیچیده‌ای است، زیـرا اصـول و فرآینـدهای مختلفی را درگیر می‌کند، تمام این اصول باید برای موفقیـت مـدیریت یکپارچـه و تلفیقـی مواد زاید با یکدیگر به صورت ارتباط مثبـت درونـی در تعامـل باشـند. در ایـران نیـز رشـد شهرنشینی، تغییر شیوه زندگی، افزایش هزینه‌های شهرداری‌ها، حمل و نقـل و ترافیـک در شهرهای بزرگ، عدم آگاهی یا مشارکت عمومی ضعیف، مدیریت پسماندها را بیش از پـیش دچار مشکل کرده است.

یکی از مهم‌ترین مسائل در مدیریت مواد زاید جامـد، انتخـاب روش دفـع اسـت کـه در اغلب شهرهای کشـورهای در حـال توسـعه از جملـه ایـران، دفـع نهـایی زبالـه بـه صـورت غیربهداشتی، تلنبار در محیط‌های باز است. این روش مشکلات زیست محیطی فراوانی را به

دنبال دارد. البته افزایش روزافزون تولید مواد زاید، وضعیت دفن نهایی را وخیم‌تر می‌کند. مگر اینکه با برنامه‌ریزی مناسب در جهت کاهش مواد زاید از مبدا تولید و بازیافت آن، از میزان ورود مواد زاید به محل دفن کاسته شود. با توجه به افزایش جمعیت و کاهش زمین قابل دسترس برای دفن مواد زاید در حاشیه اکثر شهرهای ایران و پیامدهای منفی بهداشتی آن و همچنین ترکیب مواد زاید جامد شهری که بالغ بر ۷۰ درصد آن از مواد فسادپذیر و بازیافتی می‌باشد، بهتر است که قبل از انتقال زباله‌ها به سمت محل دفن، ابتدا بخش بازیافتی آن جدا و بازیافت شود تا حجم مواد ورودی به محل دفن و تقاضای زمین برای این منظور کاهش یابد. این کتاب ضمن معرفی اجمالی مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری و روش‌های دفع زباله، بر فن‌آوری‌های بازیافت مواد و انرژی تأکید دارد. در فصل اول کتاب، ضمن معرفی مواد زاید جامد شهری و مشخصه‌های آنها، به تشریح سیستم مهندسی تصفیه و دفع (مدیریت) این مواد، سلسله مراتب و ویژگی‌های آن نیز پرداخته شده است. فصل دوم به روش‌های دفع مواد زاید جامد شهری و عوامل مؤثر بر آن، همچنین نحوه دفع این مواد در ایران اختصاص یافته است. با توجه به اینکه دفن بهداشتی نسبت به دیگر روش‌های دفع، هنوز از اهمیت و مطلوبیت بیشتری برخوردار است، بنابراین سعی گردیده در فصل سوم معیارهای انتخاب، طراحی، عملیات اجرایی و ماشین آلات مکان دفن بهداشتی ارائه گردد. مفاهیم بازیافت، مراحل و عوامل تأثیرگذار بر آن و مسائل بهداشتی و زیست محیطی بازیافت در فصل چهارم بازگو شده است. با توجه به انواع مواد قابل بازیافت در زباله‌های شهری، در فصل پنجم کتاب، استانداردهای کیفی مواد اولیه بازیافت، فرآیند بازیافت، محصولات بازیافتی، اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی – اجتماعی صنایع بازیافتی مورد بررسی قرار گرفته است. امید است مطالب این کتاب برای کارشناسان و پژوهش‌گران مفید واقع شده و زمینه مناسبی را برای تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان و مدیران شهری در خصوص مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری فراهم آورد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ..... أ

فصل اول: مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری ۱

اهداف ۲

مقدمه ۳

۱-۱. انواع مواد زاید جامد شهری ۴

۱-۱-۱. پسماندهای عادی ۴

۱-۱-۲. پسماندهای پزشکی (بیمارستانی) ۴

۱-۱-۳. پسماندهای ویژه ۵

۱-۱-۴. پسماندهای کشاورزی ۵

۱-۱-۵. پسماندهای صنعتی ۵

۱-۲. مشخصه‌های مواد زاید جامد شهری ۶

۱-۳. سیستم مهندسی تصفیه و دفع (مدیریت) مواد زاید جامد شهری در ایران ۷

۱-۳-۱. کاهش در مبدا ۷

۱-۳-۲. تولید ۸

۱-۳-۲-۱. بررسی و تعیین نرخ تولید ۱۱

۱-۳-۲-۲. عوامل مؤثر بر سرعت تولید ۱۲

۱-۳-۳. جابجایی، ذخیره و پروسه زباله شهری در محل تولید ۱۳

۱-۳-۴. جمع‌آوری ۱۴

۱-۳-۴-۱. انواع سیستم‌های جمع‌آوری ۱۶

۱-۳-۴-۲. مسیرهای جمع‌آوری ۱۷

۱-۳-۴-۳. راه‌کارهایی برای تنظیم مسیرهای جمع‌آوری ۱۷

۱-۳-۴-۴. طرح اولیه مسیرهای جمع‌آوری ۱۸

۱-۳-۵. حمل و نقل ۱۹

۱-۳-۵-۱. وسایل و تجهیزات حمل و نقل ۱۹
۱-۳-۶. پردازش و بازیافت ۲۰
۱-۳-۷. دفع ۲۱
۱-۳-۸. مراقبت‌های بعد از دفع ۲۲
۱-۴. سلسله مراتب مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری ۲۲
۱-۴-۱. اجتناب از تولید زباله ۲۳
۱-۴-۲. کاهش تولید زباله ۲۳
۱-۴-۳. تفکیک از مبدا ۲۴
۱-۴-۴. استفاده مجدد ۲۴
۱-۴-۵. بازیافت ۲۴
۱-۴-۶. بازیابی انرژی ۲۵
۱-۴-۷. تصفیه و دفع ۲۵
۱-۵. عناصر پشتیبان در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران ۲۵
۱-۶. ویژگی‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران ۲۶
خلاصه ۲۷
خودآزمایی ۲۸
فصل دوم: دفع (امحاء) مواد زاید جامد شهری ۲۹
اهداف ۳۱
مقدمه ۳۲
۲-۱. نکات و اصول بهداشتی و زیست‌محیطی دفع مواد زاید جامد شهری ۳۳
۲-۱-۱. آلودگی محیط از حشرات، پرندگان و جوندگان ۳۴
۲-۱-۲. آلودگی آب‌های سطحی، زیرزمینی و خاک ۳۴
۲-۱-۳. آلودگی هوا ۳۵
۲-۱-۴. آلودگی بصری ۳۵
۲-۲. نحوه دفع مواد زاید جامد شهری در ایران ۳۶
۲-۳. عوامل مؤثر در نحوه دفع مواد زاید جامد شهری ۳۸

۲-۴. روش‌های دفع مواد زاید جامد شهری ۳۹
۲-۴-۱. تلنبار کردن زباله (دفع سطحی) ۴۰
۲-۴-۲. سوزاندن زباله در فضای باز ۴۱
۲-۴-۳. تهیه خوراک دام و طیور ۴۱
۲-۴-۳-۱. نوع زباله مناسب برای تولید خوراک دام و طیور ۴۲
۲-۴-۴. آسیاب کردن زایدات و پسماندهای مواد غذایی ۴۲
۲-۴-۵. احیای زمین و فروش قراضه‌ها ۴۳
۲-۴-۶. زباله‌سوزی ۴۳
۲-۴-۷. تولید کمپوست ۴۵
۲-۴-۸. دفن بهداشتی ۴۶
خلاصه ۴۸
خودآزمایی ۴۹
فصل سوم: مدیریت عملیات دفن بهداشتی زباله‌های شهری ۴۹
اهداف ۵۱
مقدمه ۵۲
۳-۱. مکان‌یابی دفن بهداشتی ۵۲
۳-۱-۱. عوامل مؤثر در دفن بهداشتی ۵۳
۳-۱-۲. نگاهی به وضعیت کنونی مکان‌های دفن در ایران ۵۶
۳-۱-۳. معیارهای انتخاب محل دفن ۵۷
۳-۱-۴. معیارهای عمومی مکان‌های دفن زباله‌های شهری و غیرخطرناک ۵۹
۳-۲. طراحی محل دفن ۶۴
۳-۳. عملیات اجرایی در محل دفن ۶۶
۳-۴. مراقبت‌های بعد از بستن مکان دفن ۶۷
۳-۵. کنترل کیفیت محیط‌زیست در مکان دفن ۷۰
۳-۶. تجهیزات و ماشین‌آلات مکان دفن ۷۰
خلاصه ۷۳

خودآزمایی ۷۴
فصل چهارم: بازیافت مواد زاید جامد شهری ۷۳
اهداف ۷۶
۴-۱. اهمیت موضوع ۷۷
۴- ۲. مفاهیم و مبانی پردازش و بازیافت ۷۸
۴-۲-۱. تعریف بازیافت ۷۹
۴-۳. مراحل بازیافت ۸۰
۴-۴. برنامه بازیافت و عوامل تأثیرگذار بر آن ۸۱
۴-۴-۱. بازاریابی مواد ۸۱
۴-۴-۲. برنامه جداسازی و تفکیک مواد ۸۲
۴-۴-۳. هزینه و فایده بازیافت ۸۲
۴-۴-۴. آموزش و مشارکت مردمی ۸۲
۴-۴-۵. مقررات و دستورالعمل‌های بازیافت ۸۳
۴-۴-۶. اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی بازیافت ۸۴
۴-۵. مزایای بازیافت مواد زاید جامد ۸۴
۴-۶. مشکلات و موانع اجرای برنامه‌های بازیافت در ایران ۸۵
۴-۷. مسائل ایمنی، بهداشتی و زیست‌محیطی بازیافت مواد ۸۶
۴-۷-۱. اثرات زیست‌محیطی ۸۷
۴-۷-۱-۱. آلودگی آب‌های زیرزمینی ۸۷
۴-۷-۱-۲. انتشار گرد و غبار ۸۷
۴-۷-۱-۳. سر و صدا (آلودگی صوتی) ۸۸
۴-۷-۱-۴. انتشار بو ۸۸
۴-۷-۱-۵. انتشار وسایط نقلیه (ترافیک) ۸۸
۴-۷-۲. سایر انتشارات زیست‌محیطی ۸۹
۴-۷-۳. ایمنی و بهداشت عمومی ۸۹
۴-۸. مواد قابل بازیافت ۸۹

۴-۹. پردازش (فرآوری) و تکنیک‌های آن ۹۰
۴-۱۰. کاهش کمیت زباله ۹۰
۴-۱۰-۱. کاهش در مبدا ۹۱
۴-۱۰-۱-۱. اثرات کاهش در مبدا ۹۲
۴-۱۰-۱-۲. راه‌کارهایی برای کاهش در مبدا ۹۳
۴-۱۰-۱-۳. اهداف کاهش در مبدا ۹۳
۴-۱۰-۲. استفاده مجدد ۹۴
۴-۱۰-۳. بازیافت ۹۴
۴-۱۱. تفکیک از مبدا: اولین قدم در بازیافت ۹۵
۴-۱۱-۱. اهداف مهم تفکیک زباله در مبدا ۹۶
۴-۱۲. مشارکت مردمی در امر تفکیک از مبدا و بازیافت ۹۶
۴-۱۲-۱. اهداف آموزش ۹۷
۴-۱۲-۲. روش‌ها و راه‌کارهای آموزش و اطلاع‌رسانی ۹۸
خلاصه ۹۹
خودآزمایی ۱۰۰
فصل پنجم: بررسی روش‌ها و صنایع بازیافت ۹۹
اهداف ۱۰۳
مقدمه ۱۰۴
۵-۱. تهیه خوراک دام و طیور ۱۰۶
۵-۱-۱. تجهیزات و شرایط عمومی ۱۰۶
۵-۱-۲. مزایا ۱۰۶
۵-۱-۳. معایب ۱۰۷
۵-۲. بازیافت کاغذ ۱۰۷
۵-۳. بازیافت پلاستیک ۱۰۹
۵-۳-۱. پلی‌اتیلن تری فتالات (PETE) ۱۱۱
۵-۴. بازیافت شیشه ۱۱۲

۵-۵. بازیافت لاستیک ۱۱۳
۵-۶. بازیافت فلزات ۱۱۵
۵-۷. بازیافت نخاله‌های ساختمانی ۱۱۷
۵-۷-۱. مدیریت نخاله‌های ساختمانی ۱۱۸
۵-۸. روش‌های بازیافت انرژی از زباله‌های شهری ۱۲۰
۵-۸-۱. پیرولیز ۱۲۱
۵-۸-۲. سوخت حاصل از زباله (RDF) ۱۲۱
۵-۸-۳. بیوگاز (تجزیه بی‌هوازی) ۱۲۲
۵-۸-۴. زباله سوزی ۱۲۲
۵-۸-۴-۱. تجهیزات کارخانه زباله‌سوز شهری ۱۲۴
۵-۹. تولید کمپوست ۱۲۵
۵-۱۰. مسائل زیست محیطی و اقتصادی – اجتماعی طرح های بازیافت ۱۲۸
۵-۱۰-۱. محاسن ۱۳۱
۵-۱۰-۲. معایب ۱۳۱
۵-۱۱. ماشین‌آلات و تجهیزات بازیافت ۱۳۱
۵-۱۲. آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماند ۱۳۵
خلاصه ۱۳۷
خودآزمایی ۱۳۹
فهرست منابع و مراجع ۱۴۱

فهرست جداول و اشکال

عنوان **صفحه**

جدول شماره ۳-۱: ترتیب تقدم گروهی و پدیده‌های ارزیابی مورد استفاده به منظور تمایز بین مکان‌ها ۵۵
جدول شماره ۳-۲: معیارهای استفاده شده در مکان‌یابی دفن ۵۸
جدول شماره ۳-۳: امتیازبندی عمق تا سطح آب‌های زیرزمینی ۶۰
شکل ۵-۱: طرح برچسب روی محصولات ۱۰۵
جدول ۵-۱: انواع معمول پلاستیک با کدهای بازیافت ۱۱۰
شکل شماره ۵-۲: تأسیسات متداول بازیافت مواد ۱۳۴

فصل اول

مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. انواع مواد زاید جامد شهری و خصوصیات آنها

۲. عناصر سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری

۳. عناصر پشتیبان سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری

۴. ویژگی‌های سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری

مقدمه

رشد سریع جمعیت، پیشرفت علوم و تکنولوژی، توسعه صنایع و تمایل انسان به مصرف مواد، ازدیاد مواد زائد جامد شهری را به دنبال داشته، به طوری که تنها در سال ۱۹۷۰ فقط ۲۰۰ میلیون تن زباله روی زمین ریخته شد. افزایش روزافزون مواد زائد و بحران‌های ناشی از آن در اغلب کشورهای جهان به ویژه در کشورهای در حال توسعه از شدت بیشتری برخوردار است و می‌بایست مخارج سنگین نگه‌داری محیط‌زیست را بپردازند (دالوند و همکاران، ۱۳۸۶، غفوری، ۱۳۷۱). در حال حاضر، مشکلات مدیریت مواد زاید جامد شهری، یکی از نگرانی‌های دولت‌مردان در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (Suttibak and Nitivattananon, 2008). بنابراین یکی از چندین جایگزین ممکن و سودمند برای پایداری و ثبات جهان، حذف پسماندهای جامد است که توسط جامعه ماده‌گرای ما تولید شده و در زمین کمیاب ما، دفن می‌شود (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). مدیریت مواد زاید جامد شهری به عنوان یکی از جدی‌ترین مسائل زیست‌محیطی است (Mujibor Rahman et al., 2008). به همان نسبت که پسماند شهری تولید می‌شود، مدیریت آن نیز باید انجام شود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹)، رها نمودن مقادیر زیادی زباله همه‌روزه در بیرون شهر، بدون توجه به سرانجام و پیامد آن، مخاطرات و معایبی را به دنبال خواهد داشت که اهمیت مطالعه پیرامون کاربرد منطقی زباله‌های شهری را ناگزیر می‌سازد (ناظم، ۱۳۸۵). این واقعیت که نظام مدیریت مواد زاید جامد شهری ایران در شرایط نسبتاً بحرانی و به دور از واقعیت مطلوب قرار دارد بر کسی پوشیده نیست (عبدلی، ۱۳۸۵، ناظم، ۱۳۸۵). بنابراین در کنار مسائل و موضوعات گوناگون شهرهای ایران، خطرات زیست‌محیطی ناشی از سوء مدیریت مواد زاید نیز یکی دیگر از مشکلات اساسی

کشور است. این موضوع به ویژه در استان‌های شمالی کشور، سواحل شمال خلیج‌فارس و نیز در مراکز بزرگ جمعیتی، ابعاد پیچیده و گسترده‌ای پیدا کرده است. مشکل مزبور نه تنها قسمت عمده توان مسئولان شهری را متوجه خود نموده، بلکه روند توسعه پایدار و اصول مراکز جمعیتی فوق‌الذکر را نیز به خطر انداخته است (عبدلی، ۱۳۸۰). البته در سال‌های اخیر اقداماتی برای سامان‌دهی وضع مدیریت مواد زاید جامد شهری در سطح ملی توسط وزارت کشور به انجام رسیده و طرح‌های ملی و استانی در این زمینه به اجرا درآمده است (عبدلی، ۱۳۸۵).

۱-۱. انواع مواد زاید جامد شهری

مواد زاید جامد به پنج گروه تقسیم می‌شوند (عبدلی، ۱۳۷۲، غلامعلی فرد، ۱۳۸۵):

۱-۱-۱. پسماندهای عادی

به کلیه پسماندهایی گفته می‌شود که به صورت معمول از فعالیت‌های روزمره انسان‌ها در شهرها، روستاها و خارج از آنها تولید می‌شود، از قبیل زباله‌های خانگی و نخاله‌های ساختمانی. بر اساس تبصره ۴ ماده ۲، لجن‌های حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و تخلیه چاه‌های جذبی فاضلاب خانگی در صورتی که خشک یا کم رطوبت باشند در دسته پسماندهای عادی قرار خواهند گرفت.

۱-۱-۲. پسماندهای پزشکی (بیمارستانی)

به کلیه پسماندهای عفونی و زیان‌آور ناشی از بیمارستان‌ها، مراکز بهداشتی، درمانی، آزمایشگاه‌های تشخیص طبی و سایر مراکز مشابه گفته می‌شود. سایر پسماندهای خطرناک بیمارستانی از شمول این تعریف خارج است.

۱-۱-۳. پسماندهای ویژه

به کلیه پسماندهایی گفته می‌شود که به دلیل بالا بودن حداقل یکی از خواص خطرناک از قبیل سمیت، بیماری‌زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خورندگی و مشابه آن به مراقبت‌های ویژه نیاز داشته باشند. بر اساس تبصره ۱ ماده ۲، پسماندهای پزشکی و نیز بخشی از پسماندهای عادی، صنعتی، کشاورزی که نیاز به مدیریت خاص دارند، جزو پسماندهای ویژه محسوب می‌شوند.

۱-۱-۴. پسماندهای کشاورزی

به پسماندهای ناشی از فعالیت‌های تولیدی در بخش کشاورزی گفته می‌شود از قبیل فضولات، لاشه حیوانات (دام، طیور و آبزیان)، محصولات کشاورزی فاسد یا غیر قابل مصرف.

۱-۱-۵. پسماندهای صنعتی

به کلیه پسماندهای ناشی از فعالیت‌های صنعتی و معدنی و پسماندهای پالایشگاهی صنایع گاز، نفت و پتروشیمی و نیروگاهی و امثال آن گفته می‌شود، از قبیل براده‌ها، سرریزها و لجن های‌صنعتی.

عوامل اقتصادی، بافت شهری، کاربری‌های زمین، عوامل فرهنگی، تراکم واحد در سطح، فصول سال و عادات اجتماعی در کیفیت و کمیت این مواد مؤثر هستند. به همین دلیل طراحی سیستم برنامه‌ریزی و مدیریت زباله‌های شهری از حساسیت و ویژگی‌های خاصی برخوردار است.

۱-۲. مشخصه‌های مواد زاید جامد شهری

زمانی که پسماندهای شهری در محل‌های دفن (خاک چال‌ها) دفن می‌شد نیاز چندانی به آنالیز میزان انبوه پسماندهای تولید شده و احتمالاً توجه به مشکلات پسماندهای ویژه خطرناک در میان نبود، اما اگر جمع‌آوری گاز از محل‌های دفن و استفاده آن در مصارف مفید مدنظر بود، میزان مواد آلی موجود در پسماند مورد اهمیت قرار می‌گرفت. هنگامی که مسئله بازیافت مطرح شد و بازیابی انرژی و مواد از طریق سوزاندن پسماند مورد توجه قرار گرفت، وجود تصویر دقیق‌تری از پسماند ضروری به نظر رسید (انصاری، ۱۳۷۹، پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹).

بنابراین، اولین قدم برای انجام موفقیت‌آمیز یک برنامه مدیریت تلفیقی مواد زاید جامد شهری، آگاهی از کمیت و کیفیت مواد زاید جامد است (Armijo et al., 2008) . به عبارت دیگر، نوع و کیفیت مواد زاید جامد، تعیین‌کننده روش پردازش، بازیافت و دفع نهایی است. در واقع شناخت ترکیبات مواد زاید جامد تولیدی، برای ارزیابی و انتخاب تجهیزات، نوع سیستم مدیریت و برنامه‌های طراحی، ضروری است (عبدلی، ۱۳۷۲)، برخی از ویژگی‌هایی که در پسماند مدنظر قرار می‌گیرند، عبارتند از (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، تسبندی، ۱۳۸۴):

- ترکیب پسماند از طریق اجزای قابل تشخیص موجود در آن (قوطی‌های فلزی، کاغذ و ...)
- میزان رطوبت
- اندازه ذرات
- ترکیب شیمیایی (کربن، هیدروژن، ازت و ...)
- ارزش گرمایی
- چگالی
- خصوصیات مکانیکی
- قابلیت تجزیه زیستی

۱-۳. سیستم مهندسی تصفیه و دفع (مدیریت) مواد زاید جامد شهری در ایران

فعالیت‌های مربوط به کنترل و دفع مواد زاید جامد شهری در دنیا از نقطه آغاز تا مرحله دفع نهایی به هشت بخش عملی تقسیم می‌شود (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵). این تقسیم‌بندی به این دلیل صورت گرفته که هر کدام از این عناصر یک وظیفه مشخصی در سیستم مدیریت مواد زاید را عهده‌دار هستند (عبدلی، ۱۳۷۲). وضعیت این عناصر در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران از نظر کلی بررسی می‌شود. بدیهی است تمامی شهرهای ایران از نظر ایجاد سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد یکسان نیستند و نمی‌توان قاعده کلی و عمومی برای آنها تبیین کرد (تسبندی، ۱۳۸۴، عبدلی، ۱۳۸۵).

۱-۳-۱. کاهش در مبدا

به طراحی، تولید، عرضه و استفاده از محصولات به نحوی که در پایان عمر مفید تولیدات، منجر به کاهش کمیت و سمیت زایدات حاصله شود، کاهش در مبدا می‌گویند (سعادتی،

۱۳۷۳). از این تعریف مشخص می‌شود که کاهش از مبدا از چارچوب متعارف سیستم مدیریت از مواد زاید جامد شهری و از محدوده وظایف شهرداری‌ها بسیار فراتر است و اجرای آن نیاز به عزم ملی و سیاست‌گذاری کلان در سطح دولت، وزارت صنایع، وزارت بازرگانی، سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت اقتصادی و دارایی و وزارت کشور دارد (عبدلی، ۱۳۸۵).

به دلیل مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی که تولید کمتر پسماند دارد، سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا کاهش در مبدا را به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای کم کردن مشکلات آلودگی و دفع پسماند تشخیص داده است. در سال‌های اخیر، کاهش در مبدا که به عنوان منبع پسماند نیز نامیده می‌شود، توجه بیشتری را در ایالات متحده و سراسر جهان به خود جلب کرده است (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). به طوری که اجرای برنامه‌های کاهش از مبدا در کشورهای صنعتی با هدف کاستن از کمیت و کیفیت زایدات مخاطره‌آمیز منجر به بروز نسل جدیدی از فن‌آوری به نام فن‌آوری‌های پاک در دنیا شده است. در ایران هنوز در این زمینه اقداماتی صورت نگرفته و حتی صورت مسئله در شهرداری‌ها و وزارت کشور طرح نشده است (بسیجی، ۱۳۷۶، عبدلی، ۱۳۸۵). هدف برنامه کاهش در مبدا، کاهش مقدار پسماند و میزان سمیت موادی است که باید با جلوگیری از تولید آن در اولین مکان، مدیریت شوند. بنابراین، کاهش در مبدا از سایر اشکال مدیریت پسماند نظیر بازیافت و جمع‌آوری پسماند از حیاط منزل مناسب‌تر است، زیرا به مدیریت پسماند نیاز نداشته یا آسان‌تر شده است (برزگر صفری، ۱۳۸۴، خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۳-۲. تولید

تولید زباله جزء لاینفک زندگی انسان است و به دو طریق کمی و کیفی می‌توان تولید زباله را کنترل کرد (عبدلی، ۱۳۷۲). پایه و اساس برنامه‌ریزی و طراحی سیستم مدیریت مواد

زایـد جامـد شـهری، شـناخت کمیـت و کیفیـت تولیـد اسـت. کمیـت تولیـد در حجـم سرمایه‌گذاری برای ماشین‌آلات، ظروف ذخیره در محل، ایستگاه‌های انتقال، ظرفیـت دفـع، سازمان‌دهی و تشکیلات مناسب مؤثر است. در حالی کـه کیفیـت مـواد بـر نـوع پـردازش، ماشین‌آلات و روش دفع تأثیر می‌گذارد. خوشبختانه، در شهرهای مختلف کشور به خصوص در شهرهای بزرگ و در بعضی استان‌ها مثل اسـتان‌هـای گـیلان، مازنـدران و گلسـتان، در چندین سال اخیر مطالعات خوبی در مورد شناخت کمی و کیفـی زبالـه انجـام شـده اسـت (تسبندی، ۱۳۸۴، عبدلی، ۱۳۸۵).

از آنجا که تولید زباله به سرعت دستخوش تغییر می‌شود، ارائه اطلاعاتی دربـاره تولیـد آنها در محلی معین بی معنی است (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵). منابع تولید زباله برحسـب کیفیت شامل موارد زیر است (عبدلی، ۱۳۷۲):

۱. خانگی

۲. تجاری

۳. صنعتی

۴. بهداشتی- درمانی

۵. مناطق باز

۶. ادارات دولتی

۷. فعالیت‌های ساختمانی

به منظور طبقه‌بندی انـواع زبالـه از روش‌هـای مختلـف اسـتفاده مـی‌شـود. در ایـن‌جـا طبقه‌بندی زباله براساس روش دفع صورت گرفته است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱):

۱. زباله خانگی و شبه‌خانگی

زباله‌هایی که در منازل و آشپزخانه‌های بزرگ تولید شده و قسمت اعظم آن را موادغذایی فاسدشدنی تشکیل می‌دهد. در این زباله‌ها، همچنین وسایل مستعمل، شیشه، پلاستیک، کاغذ و فلزات یافت می‌شود. مناسب‌ترین شیوه برای دفع این مواد، عبارت از استخراج آن‌ها از زباله و استفاده مجدد آنهاست.

۲. زباله‌های صنعتی و تولیدی عادی

۳. زباله‌های صنعتی و تولیدی خطرناک

در ارتباط با زباله‌های صنعتی، باید میان دو نوع زباله تفاوت قایل شد، یکی زباله‌های صنعتی که می‌توان آن‌ها را به همراه زباله خانگی و به روش‌های معمولی دفع کرد و دیگری زباله‌های سمی و خطرناک که باید به طرق خاص جمع‌آوری و دفع شوند. از این‌رو، زباله‌های سمی و خطرناک را هرگز نباید با زباله‌های خانگی و شبه‌خانگی آمیخت و دفع کرد.

۴. زباله‌های عفونی

زباله‌هایی هستند که در مراکز درمانی و بهداشتی تولید می‌شوند و از منابع مهم انتشار بیماری در محیط به شمار می‌آیند. جمع‌آوی و دفع بهداشتی آن‌ها جدا از زباله شهری کاملاً ضروری است.

۱-۳-۲-۱. بررسی و تعیین نرخ تولید

یکی از ساده‌ترین روش‌های دسترسی به کمیت مواد زاید تولیدی، داشتن نرخ تولید مواد است. در ضمن، آگاهی از نرخ تولید مواد، مقایسه بین دو جامعه را نیز امکان‌پذیر می‌سازد. بیان واحد نرخ تولید به منبع تولیدکننده مواد بستگی دارد. اما در شهرهای ایران، بافت شهری و کاربری‌ها طوری است که نمی‌توان یک مرز مشخص بین مناطق مسکونی و تجاری و در بعضی مواقع صنعتی قایل شد. به همین دلیل، برای کل مواد زاید شهری بهتر است که از یک نرخ تولید که همان کیلوگرم بر نفر در هر روز است استفاده شود (عبدلی، ۱۳۷۲، کوهی، ۱۳۸۴). در هر صورت، میزان زباله از طریق توزین آن محاسبه می‌شود و باید در طول سال انجام گیرد، ولی می‌توان به جای توزین مداوم روزانه، روزهای معینی از ماه را به عنوان شاخص انتخاب کرد و عمل توزین زباله را با دقت بیشتری انجام داد (عابدینی، ۱۳۸۲).

در تعیین نرخ تولید زباله، روش‌های متفاوتی به کار می‌رود که هر یک محدودیت‌هایی دارند (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵). اما مناسب‌ترین روش‌ها، به شرح زیر می‌باشند:

۱. آنالیز و شمارش کامیون‌ها: در این روش با شمارش تعداد دفعاتی که کامیون‌ها در یک فاصله زمانی مشخص مثلاً یک روز یا بیشتر وارد محل دفن می‌شوند، همچنین با تعیین وزن زباله در هر کامیون، وزن کل مواد جمع‌آوری شده در واحد زمان به دست می‌آید. با تقسیم وزن کل به جمعیت کل منطقه، تولید سرانه حاصل می‌شود.

۲. آنالیز وزنی – حجمی: در این روش، وزن هر کامیون اندازه‌گیری شده و با جمع کردن وزن خالص زباله، وزن کل مواد جمع‌آوری شده به دست می‌آید. به نظر می‌رسد که در وضعیت فعلی شهرهای ایران، انجام این کار عملی‌تر بوده و از دقت کافی هم برخوردار است (عبدلی، ۱۳۷۲). این روش مشابه روش بالا است. با این تفاوت که توزیع جرمی ترکیب با

استفاده از مقادیر دانسیته متوسط باید به دست آید (کی‌نژاد و ابراهیمی ۱۳۸۵). به طور کلی، برای تهیه آمار سالیانه میزان زباله، با توجه به یکسان نبودن نرخ تولید زباله در طول سال، حداقل انجام یک مرحله توزین در ماه برای طول سال موردنظر کاملاً ضروری است.

۱-۳-۲-۲. عوامل مؤثر بر سرعت تولید

وجود عملیات رهایی از مواد زاید و بازیابی آنها در یک جامعه، بی‌تردید بر مقدار مواد زاید جامد جمع‌آوری شده برای دفع مؤثر خواهد بود. اینکه آیا چنین عملیاتی بر مقدار مواد زاید تولید شده مؤثر است یا خیر، سؤال دیگری است. تا هنگامی که اطلاعات کافی در دست نباشد، نمی‌توان در این خصوص اظهارنظر قطعی نمود. مواد زاید جامد تولید شده، هنگامی به شکل قابل ملاحظه کاهش خواهد یافت که عموم مردم و شرکت‌هایی که فعالیت‌شان در رابطه با مصرف است، بخواهند چنین تغییری (با اراده و تصمیم خود) به منظور حفظ منابع ملی و کاهش فشارهای اقتصادی همراه با کنترل و دفع مواد زاید جامد تحقق پذیرد (فرهادی، ۱۳۷۸، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵).

در هر صورت، میزان تولید سرانه مواد زاید جامد به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. موقعیت جغرافیایی محل (شرایط آب و هوایی) (عبدلی، ۱۳۷۲، فرهادی، ۱۳۷۸، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵)

۲. فصول سال (عبدلی، ۱۳۷۲، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵)

۳. دفعات جمع‌آوری (فرهادی، ۱۳۷۸، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵)

۴. وضعیت اقتصادی مردم (عبدلی، ۱۳۷۲)

۵. استفاده از آسیاب‌های مخصوص مواد زاید آشپزخانه (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵)

۶. کاربری زمین و وضعیت ساختمان‌سازی (عبدلی، ۱۳۷۲)

۷. میزان رهایی از مواد زاید و بازیافت آنها (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵)

۸. آداب، رسوم، فرهنگ و عادات مردم (عبدلی، ۱۳۷۲، فرهادی، ۱۳۷۸، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵)

۹. قانون‌گذاری (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۲)

۱-۳-۳. جابجایی، ذخیره و پروسه زباله شهری در محل تولید

این عنصر از جنبه‌های مختلف زیباشناختی، بهداشت عمومی، اقتصاد و کارآیی سیستم و حفظ محیط زیست مورد توجه قرار می‌گیرد. روش جابجایی، ذخیره و پروسه مواد در محل تولید، به کمیت مواد بستگی دارد (عبدلی، ۱۳۷۲).

- جابجایی زباله در محل تولید: عبارتست از برداشت ظرف یا ظروف حاوی مواد از محل تولید (خانه، مؤسسات صنعتی و تجاری و غیره) و انتقال آن به نقطه‌ای که تیم جمع‌آوری موظف به برداشت و جمع‌آوری آن‌ها می‌باشد. در اکثر منابع تولید از سطل، کیسه و یا چرخ‌دستی، برای این امر استفاده می‌شود. در آپارتمان‌های بلند از سیستم شوتینگ نیز استفاده می‌گردد.

- ذخیره در محل: در اماکن عمومی، مؤسسات دولتی و خصوصی، مناطق صنعتی و مناطق آپارتمان‌نشین که کمیت مواد زاید تولیدی بالا است، معمولاً در نقطه‌ای در اطراف این مکان‌ها ظروف بزرگتری برای ذخیره مواد تعبیه می‌شود (عبدلی، ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۷). عواملی که در ذخیره سازی مواد زاید جامد در محل باید در نظر گرفته شوند عبارتند از: نوع ظرف مصرفی، موقعیت ظرف، خوشایند بودن وضعیت ظاهری در رعایت بهداشت توسط عموم مردم، روش‌های جمع‌آوری مورد استفاده (تسبندی، ۱۳۸۴، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵).

- پردازش در محل تولید: پردازش زباله عبارت است از انجام اعمالی روی مواد زاید جامد به نحوی که در فرم فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی آن‌ها تغییراتی حاصل شود که به روش‌های آسیاب کردن، جداسازی، متراکم کردن، خردکردن، کمپوست خانگی و خمیر کاغذسازی انجام می‌گردد (عبدلی، ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۷).

به طور کلی این عنصر بستگی کامل به فعالیت روابط عمومی و آگاه‌سازی از طرف سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری دارد. در سال‌های اخیر اقداماتی در بعضی از مناطق شهرداری‌های کلان شهرها و شهرهای بزرگ مثل تهران، اصفهان، مشهد، تبریز، شیراز و کرمان در زمینه طراحی ظروف ذخیره متناسب با ماشین آلات جمع آوری انجام شده است. به هر صورت، مکانیزه کردن سیستم جمع‌آوری در شهرها در گرو سامان دادن به این عنصر موظف می‌باشد. علاوه بر این، این عنصر نقش مهمی در حفظ بهداشت شهری دارد، زیرا در اینجاست که زباله برای مدتی بدون صاحب و در معابر رها شده است. به دلایل مختلف از جمله درصد پایین همکاری مردم و نیز عدم رعایت زمان جمع‌آوری توسط تیم‌های جمع‌آوری شهرداری، هنوز اختلالات زیادی در این زمینه‌ها در سیستم مدیریت زباله شهری در شهرهای کشور و حتی در تهران وجود دارد (عبدلی، ۱۳۸۵).

۱-۳-۴. جمع‌آوری

جمع‌آوری مواد زاید جامد عبارت است از برداشتن این مواد از محل تولید (خانه، کارخانه، مؤسسات تجاری و غیره) و بارگیری آنها در وسیله نقلیه (عبدلی، ۱۳۷۲). جمع‌آوری زباله به منظور کاهش آنتروپی (بی نظمی) انجام می‌شود (پورعلاقه بندان و همکاران، ۱۳۸۹). پرهزینه‌ترین و مشکل‌ترین قسمت مدیریت مواد زاید جامد شهری، مسئله جمع‌آوری زباله است (عبدلی، ۱۳۸۵). این عنصر از سیستم برنامه‌ریزی و مدیریت زباله، بخش اعظم بودجه را به خود اختصاص می‌دهد. حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹) و گاه تا ۸۰

درصد (عبدلی، ۱۳۷۲) کل مخارج مدیریت زباله‌ها، مربوط بـه جمـع‌آوری اسـت. بنـابراین، مکانیزه کردن عملیات و استفاده از کارگر کمتر، بسیار سودمند خواهد بود (عبـدلی، ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۴). فرآیند جمع‌آوری زباله را باید به عنوان یک فرآیند چند مرحله‌ای در نظـر گرفت:

مرحله اول: انتقال زباله از محیط خانه به ظرف زباله

مرحله دوم: انتقال زباله از ظرف به ماشین حمل زباله

مرحله سوم: حرکت ماشین حمل از خانه به خانه

مرحله چهارم: مسیریابی حرکت ماشین زباله

مسیریابی حرکت یک ماشین حمل زباله در محدوده کاری خویش، معمـولا مسـیریابی خرد نامیده می‌شود.

مرحله پنجم: ماشین حمل زباله به سمت مکان تخلیه آن

مسیریابی به سمت منطقه تخلیه زباله و تفکیک مناطق جهت جمع‌آوری بهتر زباله آنها، مسیریابی کلان یا منطقه‌بندی کردن نامیده می‌شود (پورعلاقـه‌بنـدان و همکـاران، ۱۳۸۹). موفقیت یک سیستم جمع‌آوری، تا اندازه زیادی به انتخاب تجهیـزات مناسـب بسـتگی دارد (عبدلی، ۱۳۷۲). پس از تعیین تجهیزات و نیروی انسانی لازم، بایـد مسـیرهای جمـع‌آوری طرح‌ریزی شوند. بدین ترتیب نیروی کاری و تجهیزات به نحو مـؤثری مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرند. به طور کلی نقشه مسیرهای جمع‌آوری با استفاده از یک فرآیند احتمال و خطا به دست می‌آید (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵). جمع‌آوری زبالـه در ایـران در مقایسـه بـا سـایر کشورهای در حال توسعه در وضع بسیار مطلوبی قرار دارد. در ایران به طور متوسط بیش از ۹۰ درصد زباله‌های شهری از طریق سیسـتم مـدیریت زبالـه شـهری جمـع‌آوری مـی‌شـود (عبدلی، ۱۳۸۵، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵).

۱-۳-۴-۱. انواع سیستم‌های جمع‌آوری

سیستم‌های جمع‌آوری زباله را می‌توان از جنبه‌های مختلف از قبیل نحوه عملکرد، تجهیزات مورد استفاده و انواع زباله جمع‌آوری شده طبقه‌بندی نمود. سیستم‌های جمع‌آوری بر اساس نحوه عملکرد، در دو مقوله طبقه‌بندی می‌شوند:

۱. سیستم‌های کانتینر متحرک

۲. سیستم‌های کانتینر ثابت (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

در دو دهه اخیر، شهرداری‌ها با کمک مالی و هدایت وزارت کشور، اقدامات ارزنده‌ای در سامان‌دهی و تأمین ماشین آلات جمع‌آوری انجام داده‌اند. در شهرهای کشور از سیستم‌های مختلف ظروف ثابت و متحرک برای جمع‌آوری مواد زاید جامد استفاده می‌شود (عبدلی، ۱۳۸۵، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵).

۱-۳-۴-۲. مسیرهای جمع‌آوری

هنگامی که شرایط کاری و نوع تجهیزات برای هر سرویسی تعیین شده باشد، مسیرهای جمع‌آوری باید طوری مرتب شوند که هم تجهیزات و هم افراد جمع‌آوری کننده به نحو شایسته و مؤثری به کار گرفته شوند. در مجموع، طرح اولیه مسیرهای جمع‌آوری شامل یک سری از تفکرات و تلاش‌هاست. هیچ مجموعه قانونی جهانی وجود ندارد که بتوان آن را برای تمام موقعیت‌ها مورد استفاده قرار داد. بنابراین امروزه مسیریابی وسیله جمع‌آوری به عنوان یک فرایندی که نیاز به عقل سلیم و ابتکار دارد، باقی خواهد ماند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، شکرایی، ۱۳۸۱). برای مناطق کوچک و محصور، مسیریابی کلان به یافتن کوتاه‌ترین و مستقیم‌ترین راه ممکن از انتهای مسیر جمع‌آوری زباله به مکان تخلیه آن خلاصه می‌شود. لیکن برای مناطق شهری و بزرگ‌تر، یافتن بهترین مکان تخلیه زباله و کوتاه‌ترین مسیر رسیدن به آن، از اهمیت خاصی برخوردار می‌شود (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۳-۴-۳. راه‌کارهایی برای تنظیم مسیرهای جمع‌آوری

برخی از رهنمودها و راه‌کارهای ابتکاری که باید هنگام تنظیم مسیرها مورد توجه قرارداد، عبارتند از:

۱. خط‌مشی‌ها و قوانین موجود مربوط به نقاط و تعداد دفعات جمع‌آوری باید شناسایی شود.

۲. سیستم‌های موجود، از قبیل تعداد کارگران و انواع وسایل باید هماهنگ شوند.

۳. تا جایی که ممکن باشد، مسیرها باید به گونه‌ای طراحی شوند کـه نزدیـک خیابـان‌هـای اصلی شروع شده و خاتمه یابند. این کار با استفاده از خیابان‌ها و گذرگاه‌ها، موانع فیزیکـی، توپوگرافی منطقه و مرز مشترک مسیر قابل شناسایی است.

۴. در مناطق ناهموار، مسیرها باید از بالای شیب شروع شوند و همان طور که وسیله نقلیـه پر می‌شود در سرازیری پیش برود.

۵. مسیرها باید به گونه‌ای طراحی شـوند کـه آخـرین کـانتینری کـه در مسـیر جمـع‌آوری می‌شود، نزدیک‌ترین فاصله را با محل دفع داشته باشد.

۶. زباله تولید شده در محل‌های شلوغ و پر ازدحام باید تا حـد امکـان در سـاعات اولیـه روز جمع‌آوری شوند.

۷. منابعی که در آن مقادیر فوق‌العاده زیادی زباله تولید می‌شوند، باید در طی اولین بخـش از روز سرویس‌دهی شوند.

۸. نقاط برداشت پراکنده و جاهایی که مقادیر کمی زباله تولید می‌شـوند، بایـد متناسـب بـا زباله تولیدی برنامه‌ریزی شده و در صورت امکان در طی یک سفر یا یک روز سرویس‌دهـی شوند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، کی‌نژاد و ابراهیمی ۱۳۸۵).

۱-۳-۴-۴. طرح اولیه مسیرهای جمع‌آوری

چهار گام اصلی که در ایجاد مسیرهای جمع‌آوری مؤثرند عبارتند از:

۱. آماده‌سازی نقشه‌های محلی که نشان‌دهنده داده‌ها و اطلاعات مربوط با توجـه بـه منـابع تولید زباله می‌باشند.

۲. تحلیل داده‌ها و در صورت نیاز، آماده‌سازی جداول خلاصه‌ای از اطلاعات

۳. طراحی اولیه مسیرها

۴. ارزیابی مسیرهای اولیه و توسعه مسیرهایی که از جهات مختلف بهینه باشند، از طریق تلاش‌ها و کوشش‌های مکرر و پی در پی.

در بسیاری از شهرها و کشورها، اشکالی از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای شناسایی محل مشترکین به کار می‌رود. علاوه بر این، انواعی از برنامه‌های رایگان دیگر به GIS اضافه شده‌اند تا هم فرآیند جمع‌آوری را بهینه‌سازی کرده و هم سرویس ارائه شده را بهبود بخشند. بسیاری از وسایل جمع‌آوری جدید دارای سیستم‌های خودکار و نصب شده هستند که در بهینه‌سازی بارگیری مفید می‌باشند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵).

۱-۳-۵. حمل و نقل

حمل‌ونقل عبارت است از بارگیری مواد در ایستگاه‌های انتقال و یا انتقال مواد در این ایستگاه‌ها از وسایل نقلیه کوچک‌تر به وسایل نقلیه بزرگ‌تر، حمل مواد به محل‌های دفع نهایی و تخلیه آن در محل‌های دفع نهایی (عبدلی، ۱۳۷۲، مجلسی، ۱۳۷۱). عنصر موظف حمل و نقل، زمانی در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری ضرورت پیدا می کند که فاصله محل دفع از مراکز تولید مواد در شهر فاصله زیاد داشته باشد و لازم باشد که زباله‌های جمع آوری شده از وسایل نقلیه کوچک‌تر به کامیون‌های بزرگ‌تر بارگیری شود. این انتقال در مکانی به نام ایستگاه‌های انتقال صورت می‌گیرد. بنابراین حمل و نقل در شهرهای بزرگ ضروری است (عبدلی، ۱۳۸۵).

۱-۳-۵-۱. وسایل و تجهیزات حمل و نقل

عنصر حمل و نقل شامل وسایل، تجهیزات و ملحقات مورد استفاده مؤثر در انتقال مواد زاید است، که از وسایط نقلیه جمع‌آوری نسبتاً کوچک تا وسایط نقلیه بزرگ‌تر را در برمی‌گیرد (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵). وسایل نقلیه موتوری، راه‌آهن و کشتی، وسایل اصلی برای حمل مواد زاید جامد شهری هستند. متداول‌ترین وسیله حمل مواد در ایران، وسیله نقلیه موتوری است. البته امکان استفاده از راه‌آهن نیز برای حمل مواد در ایران وجود دارد (عبدلی، ۱۳۷۲، مجلسی، ۱۳۷۱). وسایل نقلیه موتوری متداول عبارتند از: کامیون‌های زباله‌کش با دستگاه تراکم سرخود، تریلر، نیمه‌تریلر، کامیون‌های روباز و روبسته و غلتان.

در انتقال مواد زاید جامد در بزرگراه‌ها باید به نکات زیر توجه کرد (عبدلی، ۱۳۷۲، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵):

۱. انتقال مواد با حداقل قیمت و در کمترین زمان ممکن

۲. جلوگیری از ریخت و پاش مواد و شیرابه.

۳. وسایل نقلیه باید برای تردد در بزرگراه‌ها طراحی شوند.

۴. ورودی و خروجی وسایل حمل و نقل به بزرگراه‌ها، نباید باعث ترافیک شده و مزاحمتی در جریان حرکت وسایل نقلیه دیگر ایجاد کند.

۵. ظرفیت وسیله نقلیه باید به گونه‌ای باشد که از حدود مجاز اوزان مقرر در بزرگراه‌ها تجاوز نکند.

۶. روش تخلیه مواد باید ساده و سریع باشد.

۱-۳-۶. پردازش و بازیافت

تکنیک‌های فرآیندی در سیستم‌های کنترل دفع مواد زاید جامد به منظور اصلاح بازده سیستم‌های دفع مواد زاید جامد، بازیابی منابع (مواد قابل استفاده) و آماده‌سازی مواد برای بازیافت مواد تبدیلی و انرژی به کار می‌روند (انصاری، ۱۳۷۹، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵).

هدف از پردازش عبارت از بالا بردن راندمان و کارآیی سیستم مدیریت و بازیافت مواد و انرژی است که تکنیک‌های آن شامل تراکم‌سازی، زباله‌سوزی، خرد کردن، جداسازی مکانیکی و یا دستی و خشک کردن و آبگیری می‌باشد. درصد ترکیبات زباله‌های شهری نشان می‌دهد که مقادیر قابل توجهی مواد ارزشمند و قابل بازیافت مثل کاغذ، پلاستیک، فلزات، شیشه، منسوجات و غیره در آن یافت می‌شود. بدون شک، در حال حاضر، بازیافت مهم‌ترین روش برای تسکین و تخفیف مشکل مواد زاید است (عبدلی، ۱۳۷۲، محمدی، ۱۳۸۲). عواملی که بایستی در ارزیابی تجهیزات فرآیندی در محل در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

قابلیت‌ها (مکانیسم)، کارآیی (قابلیت اطمینان)، خدمات، ایمنی‌کار، سهولت عمل، بازدهی، اثرات زیست محیطی، خطرات برای سلامت انسان، وضعیت ظاهری و هزینه‌های اقتصادی (کی نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵).

۱-۳-۷. دفع

در حال حاضر یکی از مسایل مهم مدیریت اجرایی پسماند، دفع پسماند می‌باشد. یکی از مسائلی که در حال حاضر شهرداری‌های کشور را بیش از سایر مسایل مدیریت مواد زاید جامد به خود مشغول ساخته است، دفع مواد زائد می‌باشد. در گذشته، برای دفع پسماند، جوامع منحصراً وابسته به محل‌های دفن بوده‌اند (غلامعلی فرد، ۱۳۸۵). در طول دهه‌های اخیر، تمایلی برای طرح‌ریزی دفع پسماند با وابستگی کمتر به محل‌های دفن به وجود آمده است. این گرایش‌ها بر پایه اصول توسعه پایدار هستند که نیاز برای کاهش تولید پسماند و افزایش بازیابی مواد را مورد تأکید قرار می‌دهند (Calvo et al., 2007).

به طور کلی سلسله مراتب دفع پسماند عبارت است از (United Nations, 1992):

۱.کاهش پسماند در فرآیند تولید

۲. استفاده مجدد از محصولات برای افزایش کارآیی آنها قبل از ورود به جریان پسماند

۳. بازیابی مواد و انرژی از پسماند (بازیافت، کمپوست و گرما از سوزاندن)

۴. قرار دادن باقی مانده مواد در محل‌های دفن

مرحله چهارم شامل روش‌های زیر می‌باشد:

دفن بهداشتی، زباله‌سوزی، آسیاب کردن تولیدات غذایی، تغذیه دام و طیور، کمپوست، احیای زمین و فروش قراضه‌ها.

۱-۳-۸. مراقبت‌های بعد از دفع

هشتمین عنصر در سیستم مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری، مراقبت‌های بعد از دفع است. دفع مواد زاید جامد به روش‌های مختلف، می‌تواند آثار طولانی مدت در محیط طبیعی و متعاقب آن بر بهداشت جوامع انسانی ایجاد کند. بنابراین مراقبت‌های بعد از دفع یکی از موارد ضروری است که باید بر اساس ضوابط و مقررات ویژه پیگیری شود. در ایران هنوز مراقبت‌های بعد از دفع در دستور کار متولیان مدیریت مواد زاید جامد شهری، محیط زیست و بهداشت قرار نگرفته است (عبدلی، ۱۳۸۵).

۱-۴. سلسله مراتب مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری

در گذشته مدیریت مواد زاید جامد خانگی در کشورهای صنعتی عمدتاً شامل جمع‌آوری، دفع در زمین و زباله سوزی بود و به دفع زباله‌های صنعتی توجه زیادی نمی‌شد (Yu et al., 1996). با گذشت زمان آگاهی‌های زیست‌محیطی به دلیل رشد علوم و فن‌آوری محیط‌زیستی افزایش پیدا کرد و رابطه بین محیط‌زیست و سلامتی مردم

مشخص‌تر شد. از طرف دیگر محدودیت مواد و منابع زمین به دلیل رشد جمعیت و بهره‌برداری‌های بی‌رویه مشخص‌تر شد و دریافتند زباله‌سوزی و دفع در زمین، مشکلات زیادی را به همراه دارند و آثار زیست‌محیطی زیادی بر جای می‌گذارند. به علاوه زباله‌سوزی و دفع در زمین نمی‌توانند مشکلات حجم عظیم زباله تولیدی را مرتفع سازند. در نتیجه مفهوم مدیریت جامع زایدات به تدریج شکل گرفت و مشخص شد که می‌توان از روش‌های دیگری مثل کمپوست هم برای مدیریت مواد زاید جامد، استفاده کرد.

هدف مدیریت پایدار مواد زاید جامد، بازیافت هر چه بیشتر مواد با ارزش زباله از طریق مصرف کمتر انرژی و آثار کمتر زیست‌محیطی است. تولید مواد و انرژی، بالا بردن راندمان سیستم مدیریت مواد زاید، حفظ محیط زیست و توسعه پایدار، همگی از اهداف پردازش و بازیافت‌اند (عبدلی، ۱۳۸۵، ناظم، ۱۳۸۵).

در هر صورت، سلسله مراتب مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری به شرح زیر می‌باشد (عبدلی، ۱۳۸۵، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶، نورد، ۱۳۸۶):

۱-۴-۱. اجتناب از تولید زباله

اجتناب از تولید زباله، بالاترین ارجحیت را دارد. این روش، کم‌هزینه‌ترین روش می‌باشد، که مناسب‌ترین محل برای اجرای آن، در محل تولید زباله است. تولیدکنندگان می‌بایست روش‌های تولید بدون زباله را به کار گیرند که شامل اصلاحات یا تغییرات در فرآیند، قبول فن آوری‌های جدید و یا تعویض مواد اولیه با موادی که می‌توانند از تولید زباله جلوگیری نمایند، می‌باشد. مشتریان نیز با تغییر عادات خرید می‌توانند به این امر کمک نمایند.

۱-۴-۲. کاهش تولید زباله

کاهش تولید زباله، مهم‌ترین گزینه بعد از اجتناب از تولید زباله می‌باشد. راه‌های رسیدن به این هدف شامل طراحی مجدد، بسته‌بندی با مواد اولیه کمتر، حذف بسته‌بندی‌های غیرضروری، اجرای فرآیندهای جدید و جایگزینی محصولاتی با قابلیت استفاده مجدد به جای محصولات یکبار مصرف و استفاده از محصولات با دوام می‌باشد و همچنین لحاظ نمودن چرخه حیات محصول در طراحی اولیه آن به ترتیبی که امکان استفاده مجدد و بازیافت آن وجود داشته باشد. از طرفی مصرف‌کنندگان با رعایت اصول صحیح خرید کردن و به اندازه خرید کردن به کاهش میزان تولید زباله کمک می‌نمایند.

۱-۴-۳. تفکیک از مبدا

روش جداسازی و تفکیک در مبدا، یکی از مهم‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های جداسازی و تفکیک مواد زاید جامد محسوب می‌گردد. یکی از ویژگی‌های این روش، عدم اختلاط و آلودگی مواد زاید و قابل بازیافت با هم و عدم نیاز به صرف هزینه‌های مازاد می‌باشد.

۱-۴-۴. استفاده مجدد

استفاده مجدد عبارتست از استفاده بیش از یک بار از محصولات به شکل اولیه که باعث جلوگیری از مصرف منابع، مواد اولیه، انرژی و همچنین کاهش تولید زباله می‌شود. این روش کمک بسیار قابل ملاحظه‌ای به اقتصاد و صرفه‌جویی در هزینه‌ها نموده و حجم زیادی از زباله‌های دفنی را کاهش می‌دهد.

۱-۴-۵. بازیافت

معمولاً تولید محصولات جدید از مواد بازیافتی به انرژی کمتری نیاز داشته و باعث حفظ محیط‌زیست و همچنین باعث کاهش استفاده از منابع و مواد اولیه نو می‌شود.

۱-۴-۶. بازیابی انرژی

بازیابی انرژی می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد. این گزینه می‌تواند به عنوان آخرین مرحله بهره‌برداری از حداکثر مزایای مواد زاید مطرح باشد که شامل زباله‌سوزها و روش‌های دیگر استحصال انرژی گرمایی نهفته در مواد است.

۱-۴-۷. تصفیه و دفع

این مرحله، آخرین و کم‌اهمیت‌ترین گزینه در سلسله مراتب مدیریت مواد زاید جامد است. زباله باقی‌مانده باید با رعایت مسایل ایمنی، زیست‌محیطی، بهداشتی و مشکلات مربوط به حشرات و جوندگان و همچنین مشکلات اجتماعی، تصفیه و دفن گردد.

۱-۵. عناصر پشتیبان در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران

عناصر و اجزای پشتیبان مدیریت مواد زاید جامد شهری، مجموعه‌ای از فعالیت‌ها را شامل می‌شود که در جهت تحقق اهداف این سیستم باید انجام گیرد. جمع عناصر پشتیبان و عناصر موظف، سیستم مدیریت مواد زاید جامد را تشکیل می‌دهند. بنابراین بدون وجود عناصر پشتیبان، امکان موفقیت سایر عناصر و بالطبع موفقیت سیستم وجود ندارد. این عناصر عبارتند از: سازمان‌دهی و تشکیلات، امور مالی، مدیریت تجهیزات و وسایل، راه‌اندازی، پرسنل، روابط عمومی، فهرست‌برداری، گزارش‌نویسی، محاسبه نرخ خدمات و بودجه‌نویسی، نظم و خطوط راهنما، اداره قراردادها، آموزش و تجهیز نیروی انسانی، انتظامات (عبدلی، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۵). بدین ترتیب، هر سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری باید این عناصر را به صورت مستقل دارا باشد (عبدلی، ۱۳۷۰). در شهرداری‌های ایران، مدیریت مواد زاید جامد شهری یکی از فعالیت‌های معاونت خدمات شهری است و

تشکیلات و سازمان‌دهی جداگانه‌ای برای خود ندارد. فقط در شهرهایی که سازمان بازیافت دارند، تشکیلات جداگانه و سازمان مستقلی برای انجام برخی از امور مدیریت مواد زاید جامد شهری وجود دارد. برای اجرای این سیستم‌ها و ایجاد ارتباط منطقی، بهینه و متعادل بین این عناصر، به منظور رسیدن به اهداف سیستم، به سازمان‌دهی و تشکیلات مناسب نیاز است. عدم وجود عناصر پشتیبان در این سیستم‌ها مشکلات فراوانی را ایجاد کرده و تغییر و تحول در این سیستم‌ها را ناممکن و یا بسیار مشکل ساخته است. وزارت کشور باید در تشکیلات و سازمان‌دهی معاونت خدمات شهری شهرداری‌ها در زمینه ایجاد سیستم مستقل مدیریت مواد زاید جامد شهری مطالعاتی انجام داده و متناسب با نیاز شهرداری‌ها اقدامات لازم را انجام دهد (عبدلی، ۱۳۸۵).

۱-۶. ویژگی‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران

مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران در مقایسه با سایر کشورهای در حال توسعه از وضع بسیار خوبی برخوردار است. بنابراین مقایسه تطبیقی آن با کشورهای در حال توسعه چندان سودمند نخواهد بود. ویژگی‌های مدیریت مواد زاید جامد در ایران را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- سیستم مدیریت مواد زاید در ایران از سابقه طولانی برخوردار نیست.
- سیستم مدیریت مواد زاید جامد در کشور حتی در شهرهای بزرگ و کلان شهرها به معنی امروزی آن (حتی با شش عنصر موظف) وجود ندارد.
- سیستم‌های فعلی مدیریت مواد زاید جامد جواب‌گوی نیازهای شهری در این رابطه نیست و به طراحی جدید نیاز دارند.
- مسئله اصلی مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران پیدا کردن زمین برای دفن است.
- بازیافت به غیر از چند شهر در سایر شهرهای کشور جایگاهی ندارد.

- پردازش در سیستم مدیریت مواد زاید جایگاهی ندارد.
- زباله‌در برخی استان‌ها به عنوان مشکل محلی و منطقه‌ای مطرح شده و با رشد جمعیت و شهرنشینی این مشکل به صورت ملی در خواهد آمد.
- در حال حاضر، قوانین مشخص و جامعی برای این سیستم‌ها در کشور وجود ندارد.
- مسئولیت مدیریت مواد زاید جامد شهری به عهده شهرداری‌هاست و به عنوان یک وظیفه و مشکل شهرداری به آن نگاه می‌شود و نه مشکل ملی.
- ساختار سیستم مدیریت زباله برای کاهش از مبدا، پردازش و بازیافت مناسب نیست.
- برنامه‌های بازیافت در کشور صرفاً بر اساس آنالیز فیزیکی زباله انجام می‌شود، در حالی که وجود مواد فقط حلقه‌ای از زنجیره سیستم بازیافت است.
- کمبود منابع اعتباری برای سیستم مدیریت زباله در کشور وجود دارد.
- درصد مشارکت مردم با شهرداری‌ها در این خصوص بسیار پایین است.
- بازیافت در کشور عمدتاً در دست گروه‌های غیررسمی و دوره‌گردهاست.
- زباله‌های بهداشتی – درمانی و صنعتی همراه با زباله‌های شهری جمع‌آوری و دفن می‌شوند (بسیجی، ۱۳۷۶، عبدلی، ۱۳۸۵).

در هر صورت، ایجاد سیستم مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری در کشور امری ضروری است. در این سیستم، کاهش از مبدا و بازیافت بایستی در رأس برنامه‌ها قرار گیرند و سایر گزینه‌های دفع با توجه به شرایط منطقه‌ای تعیین گردند.

خلاصه

مدیریت مواد زاید جامد شهری به عنوان یکی از جدی‌ترین مسائل زیست‌محیطی است. عناصر موظف سیستم مدیریت مواد زاید شامل کاهش در مبدا، تولید، جابجایی، پروسه و

ذخیره در محل، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، پردازش و بازیافت، دفع و مراقبت‌های بعد از دفع می‌باشد که حدود ۸۰ درصد کل مخارج مدیریت زباله‌ها، مربوط به جمع‌آوری است، که کاهش در مبدا از سایر اشکال مدیریت پسماند نظیر بازیافت و جمع‌آوری پسماند از حیاط منزل مناسب‌تر می‌باشد. اولین قدم برای انجام یک برنامه مدیریت مواد زاید جامد شهری، آگاهی از کمیت و کیفیت مواد زاید جامد است. هدف مدیریت پایدار مواد زاید جامد، بازیافت هر چه بیشتر مواد باارزش زباله از طریق مصرف کمتر انرژی و آثار کمتر زیست‌محیطی است. عناصر و اجزای پشتیبان مدیریت مواد زاید جامد شهری، مجموعه‌ای از فعالیت‌ها را شامل می‌شود که در جهت تحقق اهداف این سیستم باید انجام گیرد. جمع عناصر پشتیبان و عناصر موظف، سیستم مدیریت مواد زاید جامد را تشکیل می‌دهند.

خودآزمایی

۱. ویژگی‌هایی که در پسماند برای انجام برنامه مدیریت مواد زاید جامد شهری مدنظر قرار می‌گیرند، کدامند؟

۲. مناسب‌ترین روش‌های تعیین نرخ تولید زباله را تشریح نمایید؟

۳. میزان تولید سرانه مواد زاید جامد به چه عواملی بستگی دارد؟

۴. گام‌های اصلی مؤثر در تعیین مسیرهای جمع‌آوری چیست؟

۵. به طور کلی سلسله مراتب دفع پسماند کدامند؟

۶. ویژگی‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران را ذکر نمایید؟

فصل دوم

دفع (امحاء) مواد زاید جامد شهری

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. مسائل بهداشتی و زیست محیطی دفع مواد زاید جامد شهری

۲. نحوه دفع مواد مواد زاید جامد شهری در ایران

۳. عوامل مؤثر در چگونگی دفع مواد زاید جامد شهری

۴. روش‌های دفع مواد زاید جامد شهری

مقدمه

هفتمین مرحله از مدیریت مواد زاید جامد شهری، دفع زباله است. دفع، سرنوشت نهایی و اجباری این گونه مواد می‌باشد (عبدلی، ۱۳۷۲، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶). تولید روز افزون مواد زاید و مدیریت دفع بهداشتی آن مشکلی است که اکثر شهرهای بزرگ دنیا با آن مواجه هستند (نوری و مجلسی، ۱۳۷۱). جمع‌آوری و دفع غیراصولی زباله شهری، بیش از آن که یک موضوع زیست‌محیطی باشد، مسئله‌ای بهداشتی است، زیرا از این طریق بیش از هر چیز سلامت و بهداشت جامعه است که به خطر می‌افتد. جمع‌آوری زباله در اکثر شهرها با نواقص آشکاری همراه است، و در شیوه دفع آن نیز عدم رعایت اصول اولیه بهداشتی- فنی بارز است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، عبدلی، ۱۳۷۱، مجلسی، ۱۳۷۱). بنابراین، دفع زباله باید به گونه‌ای صورت گیرد که موجب بروز انواع آلودگی (آب، هوا، خاک و چشم‌انداز) نشود، هر نوع روش دفعی که خصوصیت فوق را داشته باشد، غیربهداشتی است. بنابراین، به منظور درک ضرورت جمع‌آوری و دفع بهداشتی زباله، نخست باید با آثار بهداشتی - زیست‌محیطی ناشی از پخش زباله در محیط آشنا شد (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱).

روش‌های متداول دفع عبارتند از:

۱. دفن بهداشتی

۲. زباله‌سوزی

۳. کمپوست

البته روش‌های دیگری مثل احیای زمین، آسیاب کردن زایدات غذایی و تغذیه دام و طیور برای دفع زباله‌های شهری وجود دارند که به دلیل کاربرد محدود آنها در شرایط

خاص، هنوز عمومیت پیدا نکرده‌اند. کمپوست و زباله‌سوزی علاوه بر اینکه روش‌های دفع زباله‌های شهری به حساب می‌آیند، به منزله روش‌های تولید مواد و انرژی نیز از آنها نام برده می‌شود (عبدلی، ۱۳۸۵).

۲-۱. نکات و اصول بهداشتی و زیست‌محیطی دفع مواد زاید جامد شهری

دفع نهایی زباله در اغلب کشورهای در حال توسعه در واقع به صورت تلنبار در محیط‌های باز است (عبدلی، ۱۳۸۵). وقتی موضوع دفع زباله مطرح می‌شود، مسئله زباله علاوه بر ابعاد بهداشتی، جنبه اکولوژیکی نیز می‌یابد (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱). طبق شواهد عینی اگرچه مسائل زیست محیطی متعددی که ناشی از دفع نامناسب زباله است در این گونه کشورها وجود دارد، لیکن به علل مختلف از جمله فشارهای مالی، کمتر به این مسائل توجه می‌شود. البته سیستم جمع‌آوری نیز با مشکلات مالی مواجه است، ولی آنچه مسلم است، در بیشتر مواقع مشکلات مالی دفع بیش از مرحله جمع‌آوری است. اکثر مردم مایلند برای جمع‌آوری فوری مواد زاید و دور شدن آن از محیط‌زیست‌شان پول بپردازند، ولی به طور کلی مسئله دفع نهایی را مربوط به خود نمی‌دانند و به آن توجهی ندارند. پیش‌بینی می‌شود که وضعیت دفع نهایی زباله که در کشورهای در حال توسعه معمولا به روش تلنبار صورت می‌گیرد، روز به روز وخیم‌تر و با مشکلات بیشتری مواجه شود، زیرا سرعت شهرنشینی و گسترش شهرها از طرفی موجب افزایش تولید زباله می‌گردد و از سوی دیگر، مناطق اطراف شهر که از نظر دفن مواد زاید فاصله مناسبی با اماکن مسکونی دارند، به طور فزاینده‌ای در محاصره خانه‌سازی‌های جدید در می‌آیند. بدین ترتیب، موجبات اعتراض مردم را از نظر بو، گرد و غبار، آلودگی آب، انتشار حشرات و سایر مزاحمت‌های مراکز دفن فراهم می‌سازد. از طرفی هر چه فاصله محل جمع‌آوری و ایستگاه‌های انتقال تا مرکز دفن بیشتر باشد، هزینه حمل و

نقل مواد زاید بیشتر خواهد شد. به همین دلیل، یافتن مکان مناسب برای دفن، روز بـه روز مسئولان را با مشکلات تازه‌ای مواجه می‌سازد. علاوه بر این، باید در مکان‌یابی، کلیـه نکـات زیست‌محیطی و بهداشتی در جهت حفظ محیط‌زیست در نظر گرفته شود. افزایش روزافزون تولید مواد زاید، وضعیت دفن نهایی را وخیم‌تر می‌کند، مگر اینکه با برنامه‌ریزی مناسـب در جهت کاهش مواد زاید از مبدا تولید و بازیافت آن از میزان ورود مواد زایـد بـه محـل دفـن کاسته شود (عبدلی، ۱۳۸۵، Alhumoud, 2005). بدیهی است که پخش هر یک از اشکال زباله در محیط مستلزم انواع خطرات بهداشتی و زیست محیطی است. به همین دلیـل بایـد تسریع در جمع‌آوری زباله از محیط‌های شهری و پرتـراکم را یکـی از ابتـدایی‌تـرین اصـول حفاظت از محیط‌های شهری دانست. در نتیجه دفع غیربهداشتی زبالـه، محـیط زیسـت بـه صورت‌های مختلف در معرض مخاطره قـرار مـی‌گیـرد (اکبرپـور، ۱۳۸۰، انـدرودی، ۱۳۸۰، بهرام سلطانی، ۱۳۷۱).

۲-۱-۱. آلودگی محیط از حشرات، پرندگان و جوندگان

زباله برای زیست و زادوولد حشرات و جوندگان مضر مناسب‌ترین محیط است. بیماری‌هایی چـون سـالک، اسـهال آمیبـی و باسـیلی، حصـبه، وبـا و بسـیاری دیگـر نتیجـه انبارهـای غیربهداشتی زباله می‌باشند. از جمله دیگر موارد بسیار خطرناک، حضـور پرنـدگان و چـرای دام بر روی زباله است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، عبدلی، ۱۳۷۱).

۲-۱-۲. آلودگی آب‌های سطحی، زیرزمینی و خاک

یکی از مهم‌ترین آلودگی‌های ناشی از انباشت غیربهداشتی زباله در محل، نفـوذ شـیرابه آن به داخل خاک و آلودگی خاک و منابع آبی است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، حیـدرزاده، ۱۳۸۰، عبدلی، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۷، مجلسی، ۱۳۷۱، وهاب زاده، ۱۳۸۲). این وضـعیت

در بسیاری از مناطقی که عمق سطح آب‌های زیرزمینی در آن‌جا کم است، معمول و شایع می باشد از جمله استان‌های ساحلی خزر و جنوب کشور.

۲-۱-۳. آلودگی هوا

آلودگی هوای ناشی از انبارهای غیربهداشتی زباله به دو صورت، آلودگی بو و آلودگی دود، به وجود می‌آید. بوی تعفن زباله، حاصل فساد مواد آلی موجود در آن و انتشار گازهای هیدروژن سولفوره و متان است. خودسوزی زباله در ماه‌های گرم و آتش زدن آن به منظور کاهش حجم، باعث متصاعد شدن دود، انواع گازها و بخارات سمی مانند اسید کلریدریک می‌گردد (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، صادقی، ۱۳۸۱، عبدلی، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۷).

۲-۱-۴. آلودگی بصری

وجود انبوه زباله در گوشه و کنار طبیعت، در نزدیک شهرها و حتی در ورودی شهرها باعث آلودگی بصری می‌شود. مجموعه مخاطرات بهداشتی- زیست محیطی یاد شده در بالا لزوم جمع‌آوری و دفع بهداشتی زباله از محیط‌های شهری را نشان می‌دهد. در مورد جمع‌آوری زباله، همواره این اصل حاکم است که زباله باید هر چه سریع‌تر از محیط شهری خارج شود (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱). در این ارتباط، مکانیزه شدن جمع‌آوری زباله به روند جمع‌آوری آن از سطح شهر سرعت بخشیده است. ولی استفاده از وسایل نقلیه موتوری در جمع‌آوری زباله، مستلزم وجود شبکه راه‌های مناسب است. در این زمینه تجربه نشان داده است که حمل‌ونقل زباله در قسمت بافت قدیمی شهرها، به دلیل فقدان راه‌های مناسب دچار اشکال می‌شود (عبدلی، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۷). در مرحله بعدی، مقوله دفع زباله مطرح می‌شود که انتخاب روش مناسب برای دفع بهداشتی زباله، تنها از طریق شناخت و تحلیل

کمی و کیفی زباله شهری امکان‌پذیر است. این تحلیل باید به پرسش‌های زیر پاسخ گوید (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱):

- میزان تولید روزانه زباله (برحسب وزن و حجم)
- میزان سرانه تولید زباله
- مواد اصلی تشکیل‌دهنده زباله
- تغییرات فصلی زباله

دفع زباله طبق هر یک از روش‌ها، نیازمند فضا و زمین مناسب است. از آن‌جا که تولید زباله همواره تابعی از جمعیت و الگوی مصرف است، وسعت زمین موردنظر هماره بستگی به دو عامل اخیر دارد (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، حیدرزاده، ۱۳۸۰، عبدلی، ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۷).

۲-۲. نحوه دفع مواد زاید جامد شهری در ایران

دفع زباله بایستی به نحوی باشد که هیچ خطری جامعه و محیط‌زیست را تهدید نکند. متأسفانه روش‌های موجود در ایران پدید آمدن چنین وضعیتی را تضمین نمی‌کنند (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱). این واقعیت که نظام مدیریت مواد زاید جامد شهری ایران در شرایط نسبتا بحرانی و به دور از وضعیت مطلوب قرار دارد، بر کسی پوشیده نیست (عبدلی، ۱۳۸۵، ناظم، ۱۳۸۵). در شرایط کنونی در ایران حتی ساده‌ترین روش دفع زباله یعنی دفن بهداشتی در بیشتر شهرها انجام نمی‌گیرد (قرانی و همکاران، ۱۳۷۹) و زباله‌های شهری کشور، عمدتا به روش‌های دفن در زمین یا سوزاندن و تلنبار در حاشیه شهرها صورت می‌پذیرد (عبدلی، ۱۳۸۵)، به عبارت دیگر، استفاده از زمین تنها روش دفع زباله‌های شهری است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، عبدلی، ۱۳۸۵).

یکی از تنگناهای زیست‌محیطی کشور ما، دفن غیربهداشتی زباله‌ها است که آلودگی‌های زیست‌محیطی و بهداشتی را در بر دارد (عابدینی، ۱۳۸۲). تا سال ۱۳۷۴، ۸۵ درصد شهرهای کشور برای دفع زباله‌های خود از روش تلنبار زباله در زمین و بعضا همراه با سوزاندن استفاده می‌کردند. ۱۵ درصد بقیه هم زباله‌ها را در ترانشه‌هایی می‌ریختند و بعد از پر شدن ترانشه روی آن را با خاک می‌پوشاندند. اما در حال حاضر، با کمک بی‌دریغ وزارت کشور، روش‌های زباله‌سوزی، دفن بهداشتی، کمپوست و بازیافت، راه‌های دفع زباله در کشور محسوب می‌شود، که تنها در برخی از شهرها دیده می‌شود (عبدلی، ۱۳۸۵، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶). دفع زباله‌های بهداشتی - درمانی کشور نیز یکی از مشکلات زیست‌محیطی مدیریت مواد زاید جامد شهری است. اگرچه بیشتر بیمارستان‌های کشور مجهز به زباله سوزند ولی اغلب این زباله‌سوزها یا کار نمی‌کنند یا به صورت ناقص عمل می‌کنند (عبدلی، ۱۳۸۵). تجزیه فیزیکی مواد زاید جامد در شهرهای ایران نشان می‌دهد که تولید کود آلی و جداسازی کاغذ و پلاستیک می‌تواند در زمره برنامه‌های مدیریت مواد زاید جامد قرار گیرد. به عبارت دیگر از نظر درصد اجزای تشکیل دهنده زباله، تولید کود آلی در صدر برنامه‌ها قرار دارد. هم‌اکنون در بسیاری از شهرها، کاغذهای باطله و پلاستیک‌های بازیافتی خرید و فروش می‌شوند و با توجه به کمبود مواد اولیه کاغذ و پلاستیک، بازاریابی برای محصولات چندان مشکل نیست. البته با توسعه برنامه‌های بازیافت، صنایع بازیافتی باید ایجاد شوند و مورد حمایت قرار گیرند و نیز روش‌های کنونی بازیافت گسترش یافته و از نظر بهداشتی و فنی پیشرفت نمایند (عبدلی، ۱۳۸۰، ناظم، ۱۳۸۵، ناظم و همکاران، ۱۳۸۷). زباله‌های صنعتی در محدوده شهرها نیز که بعضا خطرناک هم هستند، با سایر زباله‌های شهری جمع‌آوری و دفع می‌شود. حتی زباله‌های صنعتی صنایع اطراف شهرها نیز با توافق شهرداری به محل دفن زباله‌های شهری آورده می‌شود (عبدلی، ۱۳۸۵).

۲-۳. عوامل مؤثر در نحوه دفع مواد زاید جامد شهری

انتخاب روش یا روش‌های مناسب برای دفع زباله شهری، از نکات بسیار مهم مدیریت مواد زاید جامد محسوب می‌شود (معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶). در انتخاب روش دفع، بررسی امکانات فنی کشور و منطقه حایز اهمیت است. به عنوان مثال در کشور ایران که سازنده کارخانه‌های تولید کود آلی و دستگاه‌های زباله‌سوز نیست، انتخاب این دو روش باید در اولویت‌های بعدی قرار گیرد. در مقابل، دفن بهداشتی به دلیل نیاز کم به ماشین‌آلات وارداتی در اولویت اول واقع می‌شود. به همین ترتیب از نظر اقتصادی نیز باید روش‌های دفع را مورد بررسی قرار داد.

مخارج دفن بهداشتی به مراتب کمتر از روش‌های زباله‌سوزی و تولید کود آلی می‌باشد. علاوه بر این‌ها، روش دفع باید یک روش مطمئن و قابل اعتماد باشد. از آن جایی که تولید زباله پایان یافتنی نیست، برای دفع آن نمی‌توان به فن‌آوری‌های پیچیده و وارداتی تکیه کرد بلکه باید از روش‌های قابل انعطاف مثل دفن در زمین استفاده نمود. در انتخاب و ارزیابی روش‌های دفع از دیدگاه بهداشتی و رعایت مسائل زیست‌محیطی، عوامل محیطی باید مورد توجه قرار گیرند.

آلودگی‌های ناشی از زباله‌سوزی، مخارج حذف آلاینده‌ها در زباله‌سوزی، فن‌آوری‌های مورد نیاز و قابل اعتماد بودن آنها، رعایت بهداشت در تولید کود آلی، جلوگیری از انتشار آلاینده‌ها به وسیله کود آلی تولید شده و سایر آلاینده‌های ناشی از کارخانه نیز باید مورد ارزیابی قرار گیرند. در رابطه با دفن بهداشتی، عوامل آب و هوایی نقش بسیاری دارند، مثلا در انتخاب محل، معیارها و عوامل زیادی را باید مورد توجه قرار داد. نوع محل دفن و کاربری اراضی اطراف تأثیر مستقیمی در طراحی روش‌های دفن، عملیات و ابزار مورد نیاز خواهد داشت. یک محل دفن خوب، محلی است که در آن مکان‌هایی برای زباله‌سوزی،

تولید کود آلی و حتی تأسیسات جداسازی پیش‌بینی شده باشد. در هر شهری می‌توان از یک یا چند روش دفع زباله استفاده نمود. در هر صورت، مهم‌ترین عوامل مؤثر در نحوه دفع زباله‌های شهری، به دو گروه عمده محیطی و اقتصادی – اجتماعی تقسیم می‌گردند و عبارتند از (اسلامی، ۱۳۷۲، سعیدنیا، ۱۳۸۳، عبدلی، ۱۳۸۰، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶):

۱. ترکیب زباله

۲. میزان زباله و تغییرات فصلی آن

۳. شرایط محیطی (آب و هوا، آب‌های سطحی و زیرزمینی، وجود زمین و غیره)

۴. امکانات و تکنولوژی موجود

۵. مخارج و امکانات اقتصادی

۶. افکار عمومی و میزان همکاری شهروندان

۷. سلامت و بهداشت جامعه

۲-۴. روش‌های دفع مواد زاید جامد شهری

دستیابی به راه حل‌های مدیریتی مواد زاید جامد شهری به چیزی فراتر از وجود برنامه‌ریزان خوب نیازمند است. در صورتی که مسئولان به نکات مهم دیگر توجه نکنند، بهترین راه حل فنی انتخاب شده هم ممکن است با شکست مواجه شود. مدیریت یکپارچه و تلفیقی مواد زاید جامد می‌تواند به عنوان انتخاب و کاربرد شیوه‌ها، تکنولوژی‌ها و برنامه‌های مدیریت مناسب جهت رسیدن به اهداف خاص مدیریت زباله شهری ایجاد شود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، Sudhir et al., 1996). فعالیت‌های طبیعی روزانه اقشار مختلف مردم و مصرف مواد گوناگون، موجب تولید مواد زاید جامد می‌شود. بنابراین اصول بهسازی محیط را در هر

شهر ایجاب می‌کند که زباله‌های تولید شده در حداقل زمان ممکن از منازل و محیط زندگی دور شده و در اسرع وقت به شیوه‌های بهداشتی دفع گردد (عبدلی، ۱۳۸۵). در حال حاضر، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا چهار راه‌کار مدیریتی برای مدیریت یکپارچه و تلفیقی مواد زاید جامد شهری تعیین کرده است: کاهش تولید در مبدا، بازیافت و تبدیل به کمپوست، سوزاندن (تأسیسات تبدیل زباله به انرژی)، دفن در زمین (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، Sudhir et al., 1996). دفع زباله‌های شهری در ایران، عمدتا به شیوه‌های دفع غیر بهداشتی، تلنبار کردن و سوزاندن در فضای باز، صورت می گیرد. انتخاب بهترین روش‌های دفع مواد شهری بسیار مهم است. فاکتورهای زیادی در این انتخاب دخیلند از جمله (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، عمرانی، ۱۳۷۷):

- جنبه‌های تکنیکی و محدودیت‌های هر روش
- شرایط آب‌وهوایی و محلی
- جنبه‌های بهداشت عمومی یا پتانسیل مخاطرات
- جنبه‌های اقتصادی روش
- رضایت‌مندی مردم

۲-۴-۱. تلنبار کردن زباله (دفع سطحی)

از زمانی که مدیریت شهری تصمیم گرفت مواد زاید را از محوطه شهری دور کند، از روش تلنبار کردن استفاده کرد. از این‌رو، این روش قدیمی‌ترین روش برای دفع زباله به شمار می‌رود. از آنجا که گاه سطح زباله را با لایه‌ای از خاک می‌پوشانند به این روش، دفع یا دفن سطحی نیز گفته می‌شود. در این روش هدف آن است که زباله صرفا از محیط شهری دور شود. به همین منظور مکانی در خارج از شهر مشخص می‌شود و زباله‌ها در آنجا تخلیه می‌گردند. پراکندگی زباله در محیط، بوی تعفن ناشی از تجزیه زباله، آتش‌سوزی خود به

خود، آلودگی صوتی، تغذیه حیوانات موذی و اهلی از خصوصیات اجتناب‌ناپذیر این گونه روش دفع غیر بهداشتی است. البته بازیافت غیرقانون و غیربهداشتی، انتشار بیماری‌ها و اعتراض و نارضایتی شهروندان، از دیگر عوارض تلنبار کردن زباله‌ها محسوب می‌شوند (اسلامی، ۱۳۷۲، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶).

۲-۴-۲. سوزاندن زباله در فضای باز

سوزاندن زباله در فضای باز، اغلب به قصد کاهش حجم آن صورت می‌گیرد، این عمل گاه در داخل شهر و گاه در محل تلنبار کردن زباله انجام می‌شود که در هر صورت، موجب آلودگی محیط می‌گردد. بدیهی است که میزان آلودگی، در صورتی که سوزاندن در داخل شهر صورت گیرد، بسیار چشم‌گیرتر خواهد بود. انتشارگازها و بخارهای سمی ناشی از سوختن موادی نظیر پلاستیک، انتشار دوده، پراکندگی خاکستر و بوی ناشی از سوختن زباله، بارزترین جلوه‌های آلودگی در استفاده از این روش است. افزون بر این، در استفاده از روش سوزاندن، امکان گسترش آتش‌سوزی نیز وجود دارد (اسلامی، ۱۳۷۲، مجلسی و نوری، ۱۳۷۱).

۲-۴-۳. تهیه خوراک دام و طیور

استفاده از زباله برای تغذیه دام و طیور در گذشته رواج داشته است. با توجه به رشد سریع جمعیت، نیاز روزافزون به مواد غذایی و به ویژه کمبود منابع کافی برای تامین غذا، امروزه در بسیاری از کشورها، نیز این کار به روش غیرقانونی و غیربهداشتی در اطراف شهرهای بزرگ انجام می‌شود. باقی‌مانده‌های حاصل از کارخانه‌ها و صنایع غذایی و همچنین ضایعات

زراعی و دامی را به عنوان مواد اولیه برای تهیه غذای دام و طیور مورد استفاده قرار می‌دهند (عبدلی، ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۷).

این باقی‌مانده‌ها و ضایعات که اغلب جزء زباله محسوب می‌شوند، در صورتی که تحت فرآیندهای تبدیلی واقع شوند به سادگی و با قیمتی ارزان می‌توانند قسمت قابل توجهی از غذاهای حیوانات را تامین کرده، از یک طرف گوشت، شیر و تخم‌مرغ بیشتری تولید شود و از طرف دیگر امکانات غذایی بیشتری برای پرورش دام و طیور فراهم گردد. بهترین تأثیر این عمل، جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست و یا به کارگیری قسمت اعظم مواد و ضایعاتی است که همواره به صورت زباله در محیط رها می‌شوند و باعث اشاعه انواع عفونت‌ها، بیماری‌ها و هجوم حشرات و حیوانات موذی می‌گردند (عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۸۵).

۲-۴-۳-۱. نوع زباله مناسب برای تولید خوراک دام و طیور

ضایعاتی که به صورت زباله و در حجم زیاد موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی می‌شوند و می‌توان از آنها در خوراک دام و طیور استفاده کرد عبارتند از:

پس‌مانده‌های حاصل از کشتارگاه‌ها، کارخانه ماءالشعیر، میادین میوه و تره‌بار، کارخانه‌های کمپوست و کنسرو.

۲-۴-۴. آسیاب کردن زایدات و پسماندهای مواد غذایی

پسماندهای موادغذایی و آشپزخانه را می‌توان توسط آسیاب کردن و تخلیه آن در سیستم دفع فاضلاب، دفع نمود. از این آسیاب‌ها در رستوران‌ها، سوپرمارکت‌ها، خانه‌ها و ترمینال‌ها می‌توان استفاده کرد. روش کار به این ترتیب است که آشغال و پسماندهای مواد غذایی و آشپزخانه، جدا جمع‌آوری و همراه با آب در آسیاب خرد شده و وارد لوله های فاضلاب

می‌شود. استفاده از آسیاب در آشپزخانه، کامل‌ترین و بهداشتی‌ترین روش دفع مواد فسادپذیر است و تقریبا نیاز به ذخیره را در خانه حذف می‌کند (عبدلی، ۱۳۷۲).

۲-۴-۵. احیای زمین و فروش قراضه‌ها

این روش شامل پروسه‌های مختلفی مانند جداسازی دستی و یا مکانیکی مواد برای یافتن فلزات، شیشه، کاغذ، منسوجات، لباس‌های کهنه و سایر موادی است که می‌تواند فروخته شوند. استخراج روغن از زایدات حیوانی و پرکردن گودال‌ها و زمین‌های غیر قابل استفاده، پر کردن زمین‌ها و معادن متروکه، زمین‌های اطراف کوره‌های آجرپزی، زمین‌های پست و غیره و در نهایت تبدیل آنها به زمین‌های قابل استفاده از مواردی است که در این روش مورد توجه است (عبدلی، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲).

۲-۴-۶. زباله‌سوزی

یکی از مؤثرترین شیوه‌ها برای کاهش خطرات بالقوه زباله و در صورت امکان تبدیل آنها به انرژی قابل استفاده، سوزاندن است (جمشیدی، ۱۳۸۵، خانی و همکاران، ۱۳۸۹). زباله سوزی می‌تواند حجم زباله قبل سوختن را در حد ۸۰ الی ۹۰ درصد کاهش دهد (عابدینی، ۱۳۸۲). زباله‌سوزها معمولا به دو صورت مورد استفاده قرار می‌گیرند: یکی در محل تولید و دیگری در محل جداگانه‌ای که برای این کار در نظر گرفته شده است (عبدلی، ۱۳۷۲). پارامترهای مهم در ارزیابی یک ماده برای استفاده در زباله سوزی، ارزش حرارتی، میزان رطوبت، میزان مواد قابل احتراق و میزان خاکستر موجود می‌باشد (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۳). در مورد مناسب بودن زباله شهری برای سوزاندن، قاعده زیر به عنوان مبنا پیشنهاد می‌شود: رطوبت کمتر از ۵۰ درصد، مواد آلی یا فرار بیش از ۴۰ درصد، خاکستر

کمتر از ۶۰ درصد (عابدینی، ۱۳۸۲) و مواد غیر قابل احتراق کمتر از ۲۵ درصد (عمرانی، ۱۳۷۴). سوزاندن زباله در مقایسه با سایر گزینه‌ها نظیر دفن در زمین، از امتیازات ذیل برخوردار است:

۱. کاهش حجم و وزن زباله (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، جمشیدی، ۱۳۸۵، خانی و همکاران، ۱۳۸۹، صادقی، ۱۳۸۱، عبدلی، ۱۳۷۲).

۲. حذف فوری زباله که در این صورت نیازی به نگه‌داری دراز مدت آن نیست (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۷۲).

۳. سوزاندن زباله در محل نگه‌داری، در این صورت نیازی به حمل زباله به مکانی دورتر نیست (جمشیدی، ۱۳۸۵، خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴. نیاز به حداقل فضا (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، جمشیدی، ۱۳۸۵، خانی و همکاران، ۱۳۸۹، صادقی، ۱۳۸۱، عبدلی، ۱۳۷۲).

۵. کنترل مناسب آلودگی هوای ناشی از زباله‌سوزی و به حداقل رساندن اثرات منفی محیط زیستی آن (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۶. خاکستر به جای مانده از سوزاندن معمولا عاری از هر نوع آلودگی است (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۷. کاهش هزینه عملیات سوزاندن با به کارگیری فن‌آوری‌های بازیابی حرارتی و یا با فروش انرژی حاصل (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۸. نابودی کامل خطرناک‌ترین مواد با به کارگیری فن‌آوری‌های موجود (جمشیدی، ۱۳۸۵، خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

سوزاندن زباله تمام مشکلات مربوط به زباله را حل نمی‌کند. بعضی از نقاط ضعف این روش بدین قرار است:

۱. بالا بودن سرمایه‌گذاری اولیه و مخارج جاری (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، خانی و همکاران، ۱۳۸۹، صادقی، ۱۳۸۱، عبدلی، ۱۳۷۲).

۲. نیاز به محل دفن برای بقایای زباله سوخته (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، صادقی، ۱۳۸۱، عبدلی، ۱۳۷۲).

۳. عدم سوزاندن تمام مواد زباله (نظیر نخاله‌های ساختمانی) (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴. نیاز به سوخت قابل اشتعال برای شروع و در پاره ای از موارد برای حفظ فرآیند زباله سوزی (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۵. مهم‌تر از همه آلودگی هوا (در صورت عدم مراقبت کافی) (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، جمشیدی، ۱۳۸۵، عبدلی، ۱۳۷۲، صادقی، ۱۳۸۱).

بایستی یادآور شد که زباله سوزی در تمام شهرهای ایران بعد از دفن بهداشتی، تولید کودآلی و جداسازی در اولویت چهارم قرار دارد. بنابراین مسئله زباله‌سوزی زمانی مطرح می‌شود که سه روش دیگر برای دفع و بازیافت مواد زاید جامد شهری مورد استفاده قرار گرفته باشند و در صورتی که باز هم مشکل مدیریت دفع مواد زاید جامد وجود داشت در این حالت روش زباله‌سوزی به عنوان آخرین روش مطرح خواهد شد (جمشیدی، ۱۳۸۵، عبدلی، ۱۳۸۰).

۲-۴-۷. تولید کمپوست

تولید کمپوست را به نوعی استفاده مجدد از زباله می‌توان تعبیر کرد (سیاح لاهیجی، ۱۳۷۲). تهیه کمپوست از مواد آلی سابقه بسیار طولانی دارد و با توجه به شرایط جوی هر منطقه و نوع و مقدار زباله‌های تولیدی، روش‌های مختلف برای آن وجود داشته است. کمپوست یک فاز بیولوژیک و تغییر فرم است که توسط میکروارگانیسم های هوازی داخل

توده زباله و تحت شرایط کنترل شده انجام می‌گیرد (سیدحسنی، ۱۳۸۵، عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۸۰). در این‌جا هدف اصلی خارج کردن مواد آلی زباله شهری و تبدیل آن به کمپوست یا کودآلی می‌باشد. با توجه به اینکه بیش از نیمی از مواد زاید جامد شهری در ایران را مواد آلی و قابل بازیافت تشکیل می‌دهد، استفاده از کمپوست به عنوان یک روش دفع مواد زاید بسیار مفید خواهد بود. با توجه به روند فرسایش سریع خاک در ایران، می‌توان از کمپوست تولید شده در امور بهسازی و حفاظت از منابع خاک استفاده کرد.

مزایای این روش عبارتند از:

۱. تولید محصول نهایی با ارزش

۲. نیاز به زمین کم برای احداث کارخانه

معایب این روش عبارتند از:

۱. نیاز به محل دفن

۲. بالا بودن سرمایه‌گذاری اولیه

۳. احتمال وجود مشکل در بازاریابی و فروش کمپوست و در نتیجه بروز مشکل در ذخیره آن

۴. عدم کنترل دقیق عملیات منجر به پراکندگی آلودگی در اراضی کشاورزی شده و مخاطرات بهداشتی به همراه دارد (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، سیاح لاهیجی، ۱۳۷۲، سیدحسنی، ۱۳۸۵، عبدلی، ۱۳۷۲).

۲-۴-۸. دفن بهداشتی

صرف نظر از این که چقدر از مواد زاید جامد شهری مورد استفاده مجدد قرار گرفته یا بازیابی مواد و انرژی صورت می‌گیرد، همیشه باید مقداری از این مواد، به محیط باز گردانده شوند (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). دفن زباله در زمین (Landfilling) واژه‌ای است

که برای توصیف تأسیسات فیزیکی جهت دفع زباله و باقی‌مانده‌های زاید جامد در زمین به کار می‌رود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). دفن بهداشتی زباله عبارت از روش دفع مواد زاید جامد بدون ایجاد مشکلات یا خطرات زیست محیطی و بهداشتی است (عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۹). امروزه این روش به عنوان مهم‌ترین و متداول‌ترین روش‌های کنترل شده دفع شناخته می‌شود (سمیعی فرد، ۱۳۸۷، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶). چرا که این روش در مقایسه با سایر روش‌ها ساده و ارزان‌تر است، ضمن آن که نیاز به تکنولوژی پیچیده و نیروی کار ماهر ندارد (Pichtel, 2005). در هر حال روش دفن، مکمل سایر روش‌ها می‌باشد، زیرا بازیافت، کمپوست یا سوزاندن همه زباله‌های شهری امکان‌پذیر یا اقتصادی نیستند (اسلامی، ۱۳۷۲، حیدرزاده، ۱۳۸۲، مجلسی و نوری، ۱۳۷۱). ابتدا باید مکان دفن انتخاب شده و مورد بررسی‌های لازم قرار گیرد، تا از نظر زیست محیطی و سایر فاکتورهای دیگر مناسب این کار باشد. سپس باید مکان آماده شده و جاده‌های دسترسی، تأسیسات کنترل، زهکش و نقشه‌های حفاری و پرکردن محل آماده شوند، تجهیزات لازم انتخاب و عملیات شروع شود (عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۹، عمرانی، ۱۳۷۷).

علی‌رغم این‌که سال‌ها از عمر دفن بهداشتی زباله‌های شهری می‌گذرد، و روش‌های دیگر دفع مواد، مثل احیای زمین و غیره نیز سال‌هاست که مورد توجه قرار گرفته‌اند، ولی هنوز هم دفن مواد در زمین متداول‌ترین روش دفع زباله‌های شهری در جهان است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۹، عمرانی، ۱۳۷۷، Leao et al., 2004b).

برنامه‌ریزی، طراحی، آماده‌سازی و هدایت صحیح عملیات و رعایت اصول مهندسی و مراقبت‌های دایمی از جمله نکات اصلی و وجه تمایز بین تلنبار کردن زباله و دفن بهداشتی است. عدم رعایت نکات فوق می‌تواند دفن بهداشتی را به تلنبار کردن زباله و یا دفن در

زمین تبدیل کند. آلودگی آب مهم‌ترین خطر زیست محیطی ناشی از دفن بهداشتی است که ممکن است ایجاد شود.

یک محل دفن بهداشتی خوب دارای چندین محاسن است:

۱. اقتصادی است.

۲. به سرمایه‌گذاری اولیه نسبتا کمی نیاز دارد.

۳. ممکن است زمین‌های غیرقابل استفاده را به این وسیله احیا کرد.

۴. تقریبا هیچ‌گونه آلودگی هوا ایجاد نمی‌کند.

۵. بعد از پر شدن محل، می‌توان از زمین آن دوباره استفاده کرد.

۶. در پذیرش مقادیر مختلف مواد زاید، قابلیت انعطاف دارد.

معایب این روش عبارتند از:

۱. نسبت به سایر روش‌ها نیاز به مسافت رفت و برگشت زیادتر و صرف زمان بیشتر است.

۲. نیاز به زمین بیشتری نسبت به سایر روش‌ها دارد.

۳. امکان توقف عملیات در شرایط نامناسب اقلیمی وجود دارد

۴. اگر همواره با استانداردهای بهداشتی انجام نگیرد، به روش غیر بهداشتی تلنبار در فضای باز تبدیل می‌شود.

۵. زمین‌های دفن تکمیل شده پس از مدتی نشست می‌کنند و نیاز به مرمت دارند.

۶. تولید گاز متان و سایر گازهای قابل اشتعال در محل دفن، خطرات آتش‌سوزی را به همراه دارد (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، سعیدنیا، ۱۳۸۳، عبدلی، ۱۳۷۶، کاظمی، ۱۳۷۵، مجلسی، ۱۳۷۱).

خلاصه

تولید روزافزون مواد زاید و مدیریت دفع بهداشتی آن مشکلی است که اکثر شهرهای بزرگ دنیا با آن مواجه هستند. متاسفانه، دفع نهایی زباله در اغلب کشورهای در حال توسعه به صورت تلنبار در محیط‌های باز است. در کشور ما نیز یکی از مسائلی که در حال حاضر شهرداری‌های را بیش از سایر مسایل مدیریت مواد زاید جامد به خود مشغول ساخته است، دفع مواد زاید م باشد. یکی از تنگناهای زیست‌محیطی کشور ما، دفن غیربهداشتی زباله‌ها است که آلودگی‌های زیست‌محیطی و بهداشتی را در بر دارد. به همین دلیل، یافتن مکان مناسب برای دفن، روز به روز مسئولان را با مشکلات تازه‌ای مواجه می‌سازد. بایستی یادآور شد که در انتخاب روش دفع، بررسی امکانات فنی کشور و منطقه حایز اهمیت است. به نظر می‌رسد دفن، هنوز معمول‌ترین روش برای دفع زباله‌ها می‌باشد. امروزه یافتن محل دفن به دلیل رشد و توسعه مناطق شهری و افزایش مخالفت عمومی، مشکل‌تر شده است و به همین دلیل توصیه می‌شود که زمین دفن در جهت رشد و توسعه آتی مناطق مسکونی و شهری قرار نگیرد.

خودآزمایی

۱. مسائل بهداشتی و زیست محیطی که در ارتباط با دفع مواد زاید جامد شهری بروز می‌کنند، را بیان نمایید؟

۲. مهم‌ترین عوامل مؤثر در نحوه دفع زباله‌های شهری کدامند؟

۳. روش‌های دفع بهداشتی و غیر بهداشتی مواد زاید جامد شهری را ذکر کنید؟

۴. مزایا و معایب دفن بهداشتی را بیان نمایید؟

فصل سوم

مدیریت عملیات دفن بهداشتی زباله‌های شهری

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. عوامل مؤثر در دفن بهداشتی
۲. معیارهای انتخاب محل دفن
۳. عملیات اجرایی در محل دفن
۴. مراقبت‌های بعد از بستن مکان دفن
۵. تجهیزات و ماشین‌آلات مکان دفن

مقدمه

دفن مواد زاید جامد در واقع آخرین گزینه دفع درمدیریت مواد زاید جامد می‌باشد (عبدلی، ۱۳۷۲) و نسبت به دیگر روش‌های دفع، هنوز از اهمیت و مطلوبیت بیشتری برخوردار است و تاکنون جایگزین کامل و مناسبی برای آن یافت نشده است، چراکه دیگر روش‌های مرسوم دفع (نظیر انواع کمپوست و زباله‌سوزی) یا فرآیند کند داشته و یا هزینه بالایی را شامل می‌شوند، همچنین به نوعی گزینه نهایی به حساب نمی آیند. درهر صورت، با توجه به جایگاه دفن (خصوصا نوع بهداشتی آن) لزوم انجام مطالعات و تحقیقات لازم در زمینه مکان‌یابی و احداث مکان‌های دفن بیش از پیش احساس می‌شود. در دفن بهداشتی زباله‌های شهری مراحل مختلفی دیده می‌شود، که در زیر به مهمترین عوامل مؤثر در هر مرحله اشاره می‌گردد.

۳-۱. مکان‌یابی دفن بهداشتی

مقدمه

از اوایل قرن بیستم، در شهرهای اروپا و آمریکا، مناطقی برای دفن زباله شهری در نظر گرفته شد. در این دوره بود که دفن بهداشتی و استفاده از ترانشه و پوشش مواد مطرح و مورد توجه قرار گرفت. اگرچه دفن در انتهای سلسله مراتب دفع زباله‌ها قرار دارد و اخیرا روش‌های جدیدی برای دفع زباله‌های شهری ایجاد شده است، ولی به نظر می‌رسد دفن، هنوز معمول‌ترین روش برای دفع زباله‌ها می‌باشد (Leao et al., 2001) و در خیلی از مناطق شهری، بهترین روش دفع زباله‌ها، دفن بهداشتی است. امروزه ایجاد محل دفن به دلیل رشد و توسعه مناطق شهری و افزایش مخالفت عمومی، مشکل‌تر شده است و به همین

دلیل توصیه می‌شود که زمین دفن در جهت رشد و توسعه آتی مناطق مسکونی و شهری قرار نگیرد، بنابراین، یک مکان مناسب دفن بایستی اثرات زیست محیطی کم و پذیرش اجتماعی بالایی داشته باشد (Zyma, 1990). مکان انتخابی برای انجام عملیات دفن بهداشتی باید به گونه‌ای باشد که مخاطرات بهداشتی عمومی و اثرات سوء بر محیط زیست به حداقل برسد و بتوان آن را با حداقل هزینه مورد استفاده قرار داد. بنابراین باید جنبه‌های بهداشتی و ایمنی محیط زیست طبیعی، شرایط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی منطقه مورد بررسی قرارگیرد و از میان گزینه‌های مختلف، بهترین مکان انتخاب گردد (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶، حیدرزاده، ۱۳۷۸).

۳-۱-۱. عوامل مؤثر در دفن بهداشتی

دفن بهداشتی زباله‌های شهری، همانند هر پروژه مهندسی دیگر، به اطلاعات پایه و برنامه‌ریزی دقیق نیازمند است. اعمال مدیریت قوی و سیستماتیک در شروع پروژه، انتخاب محل، مراحل آماده‌سازی و زمان بهره‌برداری، در موفقیت دفن بهداشتی بسیار مؤثر است (عبدلی، ۱۳۷۲). نوع محل دفن و کاربری زمین های اطراف تأثیر مستقیمی در طراحی روش‌های دفن، عملیات و ابزار مورد نیاز خواهد داشت (عبدلی، ۱۳۸۰). آنالیز کمی و کیفی زباله و در نتیجه شناخت ترکیبات زباله و نوع ترکیب مواد (مواد فسادپذیر و فسادناپذیر، قابلیت تراکم‌پذیری مواد، درصد رطوبت، مواد زاید حجیم، مواد زاید ویژه بیمارستانی، مواد زاید صنعتی و غیره) در چگونگی دفن زباله ضروری است (عبدلی، ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۴، کوهی، ۱۳۸۴). در عملیات مکان دفن میزان رطوبت نقش مهمی را در سازگاری ایفا می‌کند و به عنوان یک عامل بسیار مهم می‌باشد، زیرا رطوبت مطلوب برای این که مواد زاید تحت فرآیندهای تخریب زیستی قرار گیرند بین ۵۰ تا ۷۰ درصد است. این فرآیند به

عنوان قانون پایه در مکان‌های دفن محسوب می‌شود. در کشورهای صنعتی مانند انگلستان، مواد زاید خام (تازه) دارای میزان رطوبتی معادل ۲۳ تا ۲۵ درصد می‌باشد، بنابراین برای افزایش شدت تخریب آن، از روش آبیاری استفاده می‌گردد (عبدلی، ۱۳۸۰). تعیین کمیت مواد در تخمین عمر مفید جایگاه و ظرفیت پذیرش روزانه جایگاه لازم است (عبدلی، ۱۳۷۲، عمرانی، ۱۳۷۴). آگاهی از تغییرات کمی و کیفی مواد تولیدی در طول سال نیز در انتخاب و خرید تأسیسات و تجهیزات، ضروری می‌باشد (عبدلی، ۱۳۷۲).

بررسی اقتصادی، کمی و کیفی مواد زاید تولیدی، زیبا شناختی و مقبولیت عمومی، توپوگرافی، وضعیت اقلیمی، زمین‌شناسی و خاک، ارزیابی هیدرولوژی زمین دفن، بررسی فاصله محل جمع‌آوری تا مرکز دفن (فاصله حمل) و نحوه دسترسی به جاده‌های اصلی، بررسی زمین از نظر دسترسی به آب، برق و تسهیلات تصفیه فاضلاب و در نهایت بررسی موقعیت زمین از جهت استفاده کنونی و آتی، از مهم‌ترین مواردی است که در گزینش مکان‌های دفن مؤثر می‌باشند (حیدرزاده، ۱۳۸۰، عبدلی، ۱۳۷۱، عمرانی، ۱۳۷۷، مجلسی، ۱۳۷۱).

همانند کلیه اقدامات زیست محیطی، انتخاب و طراحی مکان‌های دفن بهداشتی زباله‌ها نیز با اهداف زیر صورت می‌گیرد:

۱. به حداقل رساندن خطر برای سلامت عموم در محل
۲. به حداقل رساندن تأثیرات منفی محل مورد نظر بر محیط زیست
۳. محل مورد نظر بالاترین سطح خدمات را برای کاربران از نظر تجهیزات و تسهیلات فراهم آورد.
۴. محل مورد نظر حداقل هزینه را برای کاربران دارا باشد (Mc Bean et al., 1995).

البته همواره باید در نظر داشت که بسیار غیر محتمل است که محل تعیین شده تمام نگرانی‌های موجود را مرتفع سازد. بنابراین در انتخاب مکان مناسب، سعی بر آن است که

گزینه بهینه به نحوی که کمترین تأثیرات نامطلوب را به دنبال داشته باشد معین گردد. در این حالت باید یک محل در مقایسه با مکان‌های دیگر مشخصات بهتری داشته باشد. برای این منظور لازم است که از ابزاری ویژه جهت تشخیص پر اهمیت‌ترین آثار، به منظور هدفمند نمودن فرآیند مکان‌یابی، استفاده شود، یعنی صفات و خصوصیات مورد نظر از طریق بکارگیری روش‌های خاص اولویت‌بندی گردند (جدول ۳-۱).

درهر صورت، با توجه به جایگاه دفن (خصوصا نوع بهداشتی آن) لزوم انجام مطالعات و تحقیقات لازم در زمینه مکان‌یابی و احداث مکان‌های دفن بیش از پیش احساس می‌شود. در این میان مرحله مکان‌یابی از مهم‌ترین مراحل است چرا که یک مکان‌یابی مناسب می‌تواند بسیاری از مشکلات قابل پیش بینی در یک محل دفن را به شکل قابل توجهی مرتفع سازد؛ این مشکلات نه تنها جنبه‌های زیست محیطی و اجتماعی بلکه جنبه اقتصادی آن را شامل می‌شود. بدین لحاظ شناخت و دسته‌بندی معیارها و محدودیت‌های مکان‌یابی محل دفن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود.

جدول شماره ۳-۱: ترتیب تقدم گروهی و پدیده‌های ارزیابی مورد استفاده به منظور تمایز بین مکان‌ها

ردیف	گروه متقدم	درصد اهمیت*	پدیده‌های مورد ارزیابی
۱	ایمنی و سلامت عمومی	۳۳/۴	هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، خدمات ایمنی ترافیک و بهره‌برداری
۲	محیط زیست طبیعی	۲۰/۴	بیوفیزیکی، کشاورزی
۳	محیط زیست اجتماعی	۱۵/۵	تأثیر بر اجتماعات، تأسیسات جمعی، بو، گرد و غبار، سر و صدا، تأثیرات بصری و هماهنگی کاربری زمین
۴	محیط زیست فرهنگی	۱۵/۴	پدیده‌های تاریخی، باستان‌شناسی
۵	هزینه‌های اقتصادی	۱۵/۳	پول (ریال ، دلار وغیره)

*درصدهای ذکر شده بر اساس جمع‌آوری نظرات متخصصان تهیه شده است.

منبع: McBean et al., 1995

۳-۱-۲. نگاهی به وضعیت کنونی مکان‌های دفن در ایران

توجه به این نکته بسیار حایز اهمیت است که مبحث مکان‌یابی محل دفن بیش از این که یک مقوله مرتبط با مسایل محلی باشد، امری منطقه‌ای است. یعنی تصور این مطلب که هر شهر لزوما باید دارای یک محل دفن مختص به خود باشد، تصوری نادرست است، چرا که در بسیاری از مواقع لازم است که با توجه به شرایط اقلیمی و به خصوص هزینه‌های بالای اجرای یک طرح دفن بهداشتی (شامل حمل و نقل، آماده سازی، راهبری و غیره)، چند شهر مجاور که دارای شرایطی مشابه یکدیگر می‌باشند، از یک مکان دفن مشترک استفاده نمایند. این موضوع به ویژه در مناطقی نظیر استان‌های شمالی کشور (حاشیه‌دریای‌خزر) بسیار شایان توجه است. لیکن وجود نگرش محلی به مسأله فوق از سوی شهرداری‌ها باعث شده است که اکثر شهرداری‌های کشور به دنبال مکانی مستقل برای دفن زباله‌های خود باشند. از طرف دیگر به علت نبود توان تخصصی و علمی لازم و یا عدم توجه کافی به تبعات سوء زیست محیطی و بهداشتی، مکان‌یابی محل دفن به درستی انجام نمی‌شود، بنابراین طبیعی است که در این گونه شهرها در انتظار ایجاد مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی و یا تنش‌های اجتماعی باشیم، همان‌گونه که بسیاری از مکان‌های دفن (به عبارت صحیح‌تر مکان تخلیه) فعلی در شمال کشور (در شهرهایی نظیر بابل، آمل، ساری، رامسر و ...) به علل متعددی نظیر مجاورت با رودخانه‌ها، مراکز جمعیتی و جاده‌ها و یا قرار گرفتن در معرض بادهای غالب، فاقد شرایط لازم و مناسب می‌باشند. علاوه بر این موارد، عوامل دیگری مانند فاصله زیاد تا جاده‌های دسترسی (محل دفن شهر دوگنبدان) و بستر

زمین‌شناسی نامناسب (برخی از مکان‌های دفن شهرهای استان یزد) باعث نامناسب بودن مکان‌های منتخب می‌باشند. در هر حال با توجه به کوشش‌های وزارت کشور در سال‌های اخیر در زمینه دفن بهداشتی و اختصاص اعتبارات ویژه به این امر، امید می‌رود که به تدریج شاهد ارتقای کیفی دفن مواد زاید جامد در سطح کشور باشیم. در این خصوص از جمله اقدامات مناسبی که تاکنون انجام شده است می‌توان به منطقه‌ای کردن مکان‌های دفن در استان گلستان اشاره نمود (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶، حیدرزاده، ۱۳۸۲، سعیدنیا، ۱۳۸۳، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶). به طور خلاصه می‌توان گفت، فن‌آوری‌های دفن بهداشتی همگی برای شرایط ایران قابل انطباق‌اند. تنها محدودیت اجرای طرح‌های دفن بهداشتی در استان‌های ساحلی دریای خزر و خلیج فارس، مکان‌یابی (یافتن مکان مناسب) است.

۳-۱-۳. معیارهای انتخاب محل دفن

مکان‌یابی دفن مواد زاید، فرآیند مشکل، پیچیده و طولانی است که مستلزم ارزیابی معیارهای بسیار متفاوتی می‌باشد (Allanach, 1992). بنابراین بسیاری از فاکتورها و معیارهای مکان‌یابی بایستی به دقت سازمان دهی و آنالیز شود (Chang et al., 2007). پس از بررسی عوامل مؤثر در مکان‌یابی دفن، ارائه معیارهای کمی مقوله‌ای است که به لحاظ کاربردی دارای اهمیت بیشتری می‌باشد. در مورد این معیارها، استاندارد تعریف شده و ثابت و اتفاق نظر کاملی وجود ندارد و منابع مختلف مقادیر متفاوتی را در این خصوص ارائه نموده‌اند (حیدرزاده، ۱۳۸۰).

به عنوان مثال، لوبر (۱۹۹۵) و سایرین، مهم‌ترین معیارهای استفاده شده در فرآیند مکان‌یابی دفن را به صورت جدول (۳-۲) مشخص کرده‌اند. از این رو، با توجه به دسته‌بندی

کلی عوامل مؤثر در مکان‌یابی محل دفن، با رجوع بـه مطالعـات انجـام شـده و نیـز پـس از تصحیح و تطبیق معیارها با شرایط کشور و اعمال نظر توسط متخصصین، عوامل مذکور بـه شکل جزئی‌تر و بعضا به شکل کمی در آمده‌اند، که می‌توان به عنوان یک دستورالعمل اولیه و تخمینی مناسب از آن پیروی کرد. در این قسمت لیست تقریبا جامعی از کلیه معیارهـای دخیل در مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد آورده شده است.

جدول شماره ۳-۲: معیارهای استفاده شده در مکان‌یابی دفن

معیار	توصیف
فاصله از منابع آبی	برای محافظت منابع آب سطحی، محل های دفن نبایـد در نـواحی نزدیک به منابع آبی اختصاص یابند (فاصله بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ متـر در نظر گرفته می‌شود).
فاصله از سطح آب زیرزمینی	به دلیل حفاظت از منابع آب زیرزمینی، محل‌هـای دفـن نبایـد در مناطقی که سـطح آب زیرزمینـی بـالا مـی‌باشـد اختصـاص یابنـد (حداقل فاصله ۱ تا ۲ متر در نظر گرفته می‌شود).
نوع خاک	به دلیل حفاظت از خاک و منابع آبـی، محـل‌هـای دفـن نبایـد در مناطق دارای خاک‌های با نفوذپذیری بالا در نظر گرفته شوند زیرا که تراوش شیرابه باعث آلودگی می‌شود.
فاصله از نواحی شهری	به دلیل حفظ بهداشت محیط و جلوگیری از مسائلی نظیر بو گرد و غبار، محل‌های دفن نبایـد در نزدیـک منـاطق مسـکونی در نظـر گرفته شوند (فاصله‌های ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر معمولاً در نظر گرفتـه می‌شود). همچنین به دلیل افزایش هزینه حمل و نقل، محل های دفن نباید از مناطق مسکونی خیلی دور باشند.
فاصله از فرودگاه‌ها	محل‌های دفن به دلیـل داشـتن مـواد آلـی، جاذبـه زیـادی بـرای پرندگان دارند و به همین دلیل محل‌هـای دفـن نبایـد در اطـراف فرودگاه‌ها درنظر گرفته شوند (معمولا فاصـله ۲۰۰۰ متـر در نظـر گرفته می‌شود).
پارک ها و مناطق حفاظت شده	محل‌هـای دفـن نبایـد در پـارک‌هـا و منـاطق حفاظـت شـده در نظرگرفته شوند.
پستی و بلندی	شیب زیاد باعـث حرکـت شـیرابه و آلـودگی خـاک و منـابع آبـی می‌گردد. شیب حداکثر ۲۰ درصد معمولاً در نظر گرفته می‌شود.
موجودیت یا نزدیکی به مواد	در محل های دفن بهداشتی، پسماندها هر روزه توسط موادی مثـل

پوشاننده	شن پوشانده می‌شوند . وجود مواد پوشاننده در محل دفن و یا نزدیکی آن پیشنهاد می‌گردد.
فاصله از جاده‌ها	به منظور سهولت حمل و نقل مواد زاید، محل‌های دفن نباید از جاده‌ها فاصله زیادی داشته باشند.همچنین به منظور جلوگیری از مشکلات دید و ... باید حداقل دارای فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متر از جاده ها باشند.

(Lane and Mc Donald, 1983; Canter, 1991; Lober, 1995; Siddiqui et al., 1996 and Themistoklis et al., 2005)

۳-۱-۴. معیارهای عمومی مکان‌های دفن زباله‌های شهری و غیرخطرناک

۱. محدوده شعاع انواع تأثیر محل دفن بر محیط اطراف حداقل ۱۵ تا ۵۰ متر در نظر گرفته شود (Siddiqui et al., 1996; www.landfilldev.com).

۲. حداقل فاصله از آب‌های سطحی بین ۶۰ تا ۳۰۰ متر (بدو، ۱۳۷۹، حیدرزاده، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۰، www.EPA.gov/landfillsiting1.htmDoerhoefer and Siebeit, 1998; Stout, 1997); ;www.landfilldev.comwww.Environ-Reg.com; www.greycounty.on.ca/; برخی منابع فاصله بیش از ۶۰۰ متر را بسیار مطلوب (Chen and Kao, 1998) و برخی دیگر فاصله مطلوب از بدنه دائمی آب‌های سطحی و رودخانه‌های غیر شرب را ۸۰۰ متر و از منابع تغذیه عمومی آب‌های سطحی ۱۶۰۰ متر دانسته‌اند (Siddiqui et al., 1996) (آب‌های سطحی شامل دریاچه‌ها، دریاها، رودخانه‌ها و نهرها می‌باشد).

۳. حداقل فاصله از چاه منبع آب ۳۰۰ تا ۳۶۵ متر (بدو، ۱۳۷۹، حیدرزاده، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۰، www.EPA.gov/landfillsiting1.htm1997; Stout,) www.landfilldev.com; البته در برخی موارد حداقل فاصله از چاه‌های دارای آب‌دهی بیش از ۱۰۰ gpm را برابر ۳۵۰ متر و کمتر از ۱۰۰ gpm برابر ۱۲۰ متر برآورد گردیده

است) (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶، Doerhoefer and Siebeit, 1998).

۴. فاصله کف محل دفن تا سطح آب زیرزمینی کمتر از ۱/۵ تا ۳ متر بسیار بد و بیش از ۳۰ متر بسیار خوب می‌باشد (جدول۳-۳) (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶، بدو، ۱۳۷۹، حیدرزاده، ۱۳۷۸، Doerhoefer and Siebeit,1998).

۵. وجود هرگونه لایه نفوذپذیر در سطح بالای آب زیرزمینی غیر مناسب خواهد بود.

۶. در زیر پایین‌ترین سلول محل دفن، حداقل ۲ متر لایه کم نفوذپذیر خاک باشد (Stout, 1997).

۷. حداقل فاصله از تالاب‌های مهم ۱۷۰ تا ۵۰۰ متر (Doerhoefer and Siebeit, 1998) و در برخی موارد صرفا قرار داشتن محل دفن در خارج از محدوده تالاب‌ها کفایت می‌نماید (Siddiqui et al., 1996).

جدول شماره ۳-۳: امتیازبندی عمق تا سطح آب‌های زیرزمینی

محدوده عمق	میزان مرغوبیت
۰ -۱/۵	بسیار بد
۱/۵ -۴/۶	بد
۴/۶ -۹/۱	نسبتا بد
۹/۱ -۱۵/۲	متوسط
۱۵/۲ -۲۲/۹	خوب
۲۲/۹ -۳۰/۵	بسیار خوب
بیش از ۳۰/۵	عالی

منبع: بدو، ۱۳۷۹

۸. خارج از نواحی سیل‌گیر (دشت‌های سیلابی) با دوره تناوب ۱۰۰ ساله باشد (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶، بدو، ۱۳۷۹، شریعتمداری، ۱۳۷۹، Siddiqui et al., 1996; Stout, 1997). برخی محققین صرفاً خارج بودن محل دفن را از محدوده‌های سیل‌گیر کافی دانسته و برخی دوره بازگشت ۲۰۰ ساله را مهم می‌دانند (حیدرزاده، ۱۳۷۸).

۹. به طور کلی دشت‌های سیلابی به علت احتمال خطر آب‌های سطحی نباید به عنوان محل دفن انتخاب گردند (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶).

۱۰. خواص زمین‌شناسی منطقه مورد نظر از نکات اساسی در انتخاب صحیح محل دفن مناسب می‌باشد:

الف) بستر آهکی و یا صخره‌های ترک‌دار و اغلب گودال‌های شنی و ریگی برای دفن بهداشتی مناسب نمی‌باشند، زیرا شیرابه زباله به راحتی از بستر آهکی و یا صخره‌های ترک‌دار عبور می‌نمایند.

ب) مناطق باتلاقی مناسب نمی‌باشند، مگر اینکه کاملا خشکانده شوند.

پ) چاله‌های رسی مناسب می‌باشند (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶).

۱۱. مناطق مرتفع و مسطح بسیار مناسب هستند، به شرط آنکه لایه‌ای از مواد غیر قابل نفوذ مانند رس در بالای سطح آب زیرزمینی وجود داشته باشد.

۱۲. باید توجه داشت که حتی‌الامکان محل دفن خارج از اراضی کشاورزی قرار گیرد (حیدرزاده، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۰، Siddiqui et al., 1996) و در صورت نبود گزینه دیگر، اراضی کشاورزی می‌توانند مورد بررسی قرار گیرند (معیار نیمه محدود کننده) ، همچنین محل دفن باید خارج از مناطق جنگلی و باغات قرار گیرد (بدو، ۱۳۷۹).

۱۳. مواد پوششی می‌بایست به اندازه کافی در نزدیک محل دفن وجود داشته باشد.

۱۴. حداقل فاصله از پارک‌های منطقه‌ای و طبیعی و تفرجگاه‌ها ۳۰۰ تا ۳۵۰ متر می‌باشد (حیدرزاده، ۱۳۷۸، ;www.EPA.gov/landfillsiting1.htmStout, 1997).

۱۵. حداقل فاصله از اراضی مهم از لحاظ اکولوژیکی (از نظر حیات وحش و گونه‌های در معرض خطر انقراض)، ۵۰۰ تا ۱۶۰۰ متر (www.greycounty.on.ca/(Siddiqui et al., 1996; برخی صرفاً قرار گرفتن در خارج از محدوده این نواحی را کافی دانسته‌اند (Siebeit, 1998; (Doerhoefer and www.Environ-Reg.com).

۱۶. حداقل فاصله از مکان‌های ثبت شده تاریخی و باستان‌شناسی ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر (بدو، ۱۳۷۹، www.Environ-Reg.com) و یا صرفا خارج از محدوده این نواحی باشد (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶، حیدرزاده، ۱۳۷۸، Doerhoefer and Siebeit, 1998).

۱۷. حداقل فاصله لازم از گسل‌ها ۶۱ تا ۱۰۰ متر است (بدو، ۱۳۷۹، حیدرزاده، ۱۳۸۰، شریعتمداری، ۱۳۷۹، Doerhoefer and Siebeit, 1998; Kao and Lin, 1996).

۱۸. حداقل فاصله از اراضی ناپایدار (اعم از فرونشستگی‌ها، زمین‌های رانشی، طاق‌های نمکی و معادن) ۱۰۰ متر (www.landfilldev.com). در برخی موارد صرفاً قرار نداشتن در محدوده این گونه اراضی کفایت می‌نماید (شریعتمداری، ۱۳۷۹، Doerhoefer and Siebeit, 1998).

۱۹. محل ورود به مکان‌های دفن می‌بایست نسبت به مکان‌های مسکونی پوشیده باشد تا از مناظر زشت جلوگیری شود. حفاظ‌های طبیعی چون درختچه‌ها و درخت ها یا پستی بلندی در این خصوص بسیار مناسب می‌باشد (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶).

۲۰. حداقل فاصله از مراکز جمعیتی نظیر مدارس، بیمارستان ها، کلیساها، زندان‌ها، مراکز درمانی و به طور کلی مکان‌هایی که بیش از ۱۰ خانوار سکنه دارند، ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر (حیدرزاده، ۱۳۸۰، Siddiqui et al., 1996). در برخی موارد حداقل فاصله ۱۰۰ تا ۱۷۰ متر (بدو، ۱۳۷۹، Doerhoefer and Siebeit, 1998; Stout, 1997) و حتی ۱۰۰۰ متر (www.greycounty.on.ca/) نیز عنوان شده است.

۲۱. ایجاد محل دفن در نزدیکی مناطق مسکونی به هیچ‌وجه قابل قبول نیست. بنابراین، توصیه می‌شود که در حد امکان سعی شود که زمین دفن دور از مناطق شهری و صنعتی انتخاب شود و در جهت توسعه و رشد آتی مراکز صنعتی و مسکونی قرار نگیرد (عبدلی، ۱۳۷۲). به این دلیل، مناطق مسکونی و حاشیه یک کیلومتری آنها برای محل دفن نامناسب هستند و میزان مطلوبیت محل، از یک کیلومتر تا ده کیلومتر افزایش می‌یابد (غلامعلی فرد، ۱۳۸۵، Eastman, 2001).

۲۲. حداقل فاصله از فرودگاه‌های محلی (موتور پیستونی و ملخ‌دار) ۱/۵ کیلومتر و از فرودگاه‌های دارای موتور توربوجت (فرودگاه بین‌المللی) ۳ تا ۴ کیلومتر (بدو، ۱۳۷۹، پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، شریعتمداری، ۱۳۷۹، Doerhoefer and Siebeit, 1998; Siddiqui et al., 1996; Stout, 1997) و در برخی موارد حداقل فاصله تا فرودگاه ۸ کیلومتر بیان شده است (Siddiqui et al., 1996).

۲۳. حداقل فاصله از خطوط انتقال نیرو، خطوط لوله، راه‌آهن، چاه های نفت و گاز ۱۰۰ متر می‌باشد(Doerhoefer and Siebeit, 1998) .

۲۴. معمولاً فاصله تا مرکز تولید زباله بیش از ۳۵ کیلومتر از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود، مگر در شرایطی که از ایستگاه‌های انتقال استفاده شود و البته مقادیر

پیشنهاد شده متفاوت است (اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۸۶، بدو، ۱۳۷۹).

۲۵. هنگام انتخاب محل دفن، مکان‌هایی باید انتخاب گردد که از طریق بزرگراه‌ها قابل دسترسی باشند. مکان‌های نزدیک یا مجاور به خطوط راه‌آهن نیز مناسبند. در هر حال حداقل فاصله از جاده‌ها ۸۰ متر و حداکثر ۱۰۰۰ متر باید باشد (بدو، ۱۳۷۹، حیدرزاده، ۱۳۷۸،1996;Doerhoefer and Siebeit, 1998; Kao and Lin, Stout, 1997).

۲۶. حداقل شیب محل دفن محدوده‌ای از ۳ تا ۴۰ درصد را دارا می‌باشد. لیکن شیب کمتر از ۱۵درصد معمولا بهترین انتخاب است (حیدرزاده، ۱۳۷۸، Kao and Lin, 1996). دلیل اهمیت شیب، امکان جاری شدن شیرابه هنگام بارندگی و نیز هزینه تسطیح زمین در برخی شیب‌های نامناسب است.

۲۷. باید توجه داشت که جهت باد غالب به گونه‌ای نباید باشد که بو، مواد و آشغال‌های سبک به سمت مناطق مسکونی منتقل شود. بنابراین، درصورت امکان جهت انتخاب محل دفن از زمین‌های مناسب‌تری از نقطه نظر بادگیری بایستی استفاده نمود (پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۶، عبدلی، ۱۳۷۲، غلامعلی فرد، ۱۳۸۵).

۲۸. به لحاظ مخارج فراوان در خصوص وسایل مورد احتیاج و سرمایه‌گذاری، مکان انتخاب باید طول عمر زیادی داشته باشد، به عبارت دیگر مکان دفن باید گنجایش مواد زاید را برای مدت طولانی (حداقل دوره طراحی ۱۵ تا ۲۰ سال) داشته باشد (بدو، ۱۳۷۹، حیدرزاده، ۱۳۸۰، Siddiqui et al., 1996).

۳-۲. طراحی محل دفن

محل‌های دفن، پروژه‌های مهندسی هستند که نیازمند ترکیب خاصی از مهارت‌های فنی و دقت در روابط اجتماعی هستند که البته مورد دوم، اهمیت بیشتری دارد. در طراحی برای

دفن زباله‌های شهری، باید آینده‌نگری زیادی به خرج داد. یک جدول زمانی ۱۰ ساله، طراحی کوتاه مدتی محسوب می‌شود. ۳۰ سال به نظر زمان مناسبی می‌رسد، زیرا پیش‌بینی میزان تولید زباله و تکنولوژی‌های جدید دفع زباله در ۳۰ سال بعد، مشکل به نظر می‌رسد (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). پس از انتخاب جایگاه مناسب برای دفن بهداشتی، باید محل انتخاب شده برای پذیرش زباله آماده شود. طراحی (آماده‌سازی) محل دفن عبارت است از اجرای کارهایی بر روی زمین انتخابی به نحوی که انجام عملیات دفن بهداشتی در آن، در سراسر سال امکان‌پذیر شود. شکست و یا موفقیت عملیات دفن بهداشتی به چگونگی آماده‌سازی محل بستگی کامل دارد.

وسعت عملیات و چگونگی آماده‌سازی، به طبیعت محل، موقعیت آن، حجم عملیات بهره‌برداری، و البته به بودجه قابل دسترسی بستگی دارد (عبدلی، ۱۳۷۲و ۱۳۷۹، عمرانی، ۱۳۷۷). اولین قدم در طراحی یک محل دفن جدید، بنا نهادن زیر ساخت‌های لازم برای مکان دفن است (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله نکات مهمی که باید در طراحی یک مکان دفن رعایت شود، موارد زیر است (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۷۲، کوهی، ۱۳۸۴، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶):

- نمودار کلی مکان دفن شامل تهیه نقشه و منطقه‌بندی آن (مناطق دفن انواع مواد زاید، جاده های دسترسی، موقعیت تأسیسات و تجهیزات و غیره)
- نوع مواد زاید جامد دفنی
- رفع موانع موجود در منطقه دفن مثلاً درختان
- نیاز به یک ایستگاه انتقال مناسب
- تخمین ظرفیت مکان دفن
- بهسازی جاده‌های ارتباطی به جایگاه و احداث جاده‌های داخلی

- طراحی و احداث سلول‌های دفن
- ارزیابی زمین شناسی و هیدرولوژی سایت مورد نظر
- انتخاب تجهیزات و تأسیسات کنترل گازهای مکان دفن
- انتخاب تجهیزات و تأسیسات مدیریت شیرابه
- انتخاب پوشش مکان دفن
- زهکشی جایگاه
- مدیریت آب‌های سطحی
- ملاحظات مربوط به زیبایی مکان دفن
- حصارکشی پیرامون سایت برای ممانعت از ورود افراد مزاحم و حیوانات و همچنین برای جلوگیری از پخش زباله‌های سبک در منطقه
- گسترش طرح عملیاتی مکان دفن
- تعیین تجهیزات و وسایل مورد نیاز (شامل: محل مناسب برای اقامت کارگران و نگهبانی و کنترل، انبار، پارکینگ، تأسیسات آتش‌نشانی، آب و برق و تلفن، باسکول، تجهیزات جداسازی و خدمات رسانی، تجهیزات جهت شست و شوی وسایل و ماشین‌ها)
- نظارت بر محیط زیست
- تشریک مساعی مردم
- آموزش مجریان مکان دفن
- مراقبت‌های مربوط به بستن و بعد از بستن مکان دفن

۳-۳. عملیات اجرایی در محل دفن

بعد از انتخاب محل مناسب دفن و آماده‌سازی آن، می‌توان عملیات اجرایی دفن زباله را شروع نمود. عواملی که در عملیات اجرایی دفن زباله مورد ملاحظه قرار گیرند، عبارتند از

(پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۷۲، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶):

- تخلیه زباله در محل دفن به صورت کنترل شده
- پخش و فشرده‌سازی زباله در یک لایه نازک، برای کاهش حجم زباله (به ضخامت حدود ۲ متر)
- پوشاندن محل دفن با یک لایه خاک (به ضخامت حدود ۲۰ سانتی‌متر)
- پایش کیفیت هوا در مکان دفن
- کنترل آب‌های زیرزمینی در مکان دفن
- کنترل گرد و خاک در مکان دفن

۳-۴. مراقبت‌های بعد از بستن مکان دفن

بستن مکان دفن و مراقبت‌های بعد از بستن اصطلاحاتی هستند که برای تشریح آن چه که برای یک مکان دفن تکمیل شده (که در آینده اتفاق می‌افتد) به کار می‌روند. مهم‌ترین عنصر در نگه‌داری درازمدت از یک مکان دفن تکمیل شده، وجود یک «طرح بستن» می‌باشد که در آن تمام جزئیات مربوط به بستن مشخص و معین شده باشد. طرح بستن باید شامل طراحی پوشش مکان دفن و منظره مکان کامل باشد. همچنین بستن باید شامل طرح‌های درازمدت برای کنترل سیلاب‌های سطحی، کنترل فرسایش، جمع‌آوری و تصفیه گازها و شیرابه و کنترل زیست‌محیطی باشد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). توجه ویژه به محل‌های دفن تا بعد از ۳۰ سال از تعطیلی آنها ضروری می‌باشد (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). مراقبت‌های بعد از بستن شامل موارد زیر است (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، خانی و همکاران، ۱۳۸۹):

- بازرسی‌های مرتب از سایت کامل شده
- جلوگیری از بروز عیب و اطمینان از تأثیر پوشش نهایی
- نگهداری و حفظ زیرساخت‌ها
- کارکرد صحیح و مناسب سیستم جمع‌آوری شیرابه
- نظارت بر کیفیت آب‌های زیرزمینی
- نظارت بر نشت گاز محل دفن

قبل از آغاز بهره‌برداری از محل دفن قدیمی، یک گزارش کامل مراقبت پس از تعطیلی باید تهیه و ارائه شود. گزارش باید شامل اطمینان از وجود بودجه کافی برای تأمین هزینه‌های تعطیلی، مراقبت بعد از تعطیلی و اقدامات اصلاحی در صورت انتشار آلودگی باشد. بعد از تعطیلی محل دفن، می‌توان از زمین آن برای مقاصد مختلف استفاده کرد. با شناخت کامل از خصوصیات و مشخصات مواد دفن شده، می‌توان پروژه‌هایی را جهت استفاده‌های آتی از زمین محل دفن ارائه نمود. در بررسی ساختار جایگاه باید به تجزیه موادآلی، نشست زمین، ظرفیت فشار قابل تحمل زمین، گاز تولیدی و شیرابه تولیدی توجه شود (عبدلی، ۱۳۷۲، Leao et al., 2004a). برای ساخت‌وساز در محل‌های دفن تکمیل شده بایستی یکسری قوانین و استانداردهایی وضع شود (حیدرزاده، ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹، عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۹، Siddiqui et al., 1996).

در طول فاز طراحی باید استفاده نهایی محل دفن را در نظر داشت تا شکل محل دفن برای استفاده نهایی آن مناسب طراحی شود. استفاده نهایی می‌تواند شامل یکی از موارد زیر باشد:

- زمین گلف
- پارک‌های جنگلی
- پارک‌های تفریحی

- پیست اسکی و سورتمه‌سواری
- پارکینگ خودرو
- ساختمان‌سازی
- اراضی کشاورزی

استفاده مجدد از سایت یک محل دفن به دلیل شیرابه و گاز تولیدی و امکان نشست آن کار پیچیده‌ای است. نشست کردن محل دفن می‌تواند موجب آسیب رساندن به سازه‌های روی آن و تأسیسات کنترل گاز و شیرابه شود. معمولاً نشست، بلافاصله پس از تعطیلی محل دفن (۱ تا ۱۲ ماه) به دلیل خروج ناگهانی مایعات و گازهای درون محل دفن اتفاق می‌افتد. پس از طی دور نشست اولیه، نشست آرام‌تری در ۱۵ تا ۲۰ سال بعد به نام نشست ثانویه اتفاق می‌افتد که ناشی از خزش زمین و تجزیه زباله است. این نشست طولانی‌مدت می‌تواند به اندازه ۳۰ درصد عمق زباله باشد. میزان و مقدار نشست به دلیل ناهمگونی و فرآیند پیچیده تجزیه زباله قابل پیش‌بینی نیست. در طراحی سازه‌هایی مانند راه‌ها، پارکینگ‌ها و ساختمان‌هایی که بر روی پی ضعیف بنا می‌شوند، باید نشست محل دفن را در نظر گرفت.

پس از گذشت مدت زمان لازم جهت تجزیه بخش عمده مواد دفن شده در یک محل دفن، می‌توان محل‌های دفن قدیمی را حفر کرد، بخش تجزیه‌ناپذیر را جدا کرد و خاک و خاکه مواد آلی را به عنوان ماده پوششی برای محل‌های دفنی فعلی استفاده نمود. این یک روش منطقی برای جوامعی است که در پی محل‌های دفنی جدید هستند (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹).

در هر صورت، با در نظر گرفتن مشکلات فوق و مجاورت این محل‌ها با شهرها، شاید یکی از مهم‌ترین کاربردهای جایگاه دفن، ایجاد فضای سبز و یا زراعت باشد.

۳-۵. کنترل کیفیت محیط‌زیست در مکان دفن

کنترل محیط‌زیست در مکان‌های دفن (حین عملیات و بعد از تعطیلی) انجام می‌شود تا اطمینان حاصل شود که هیچ نوع آلاینده بهداشت عمومی و محیط‌زیست، اطراف مکان دفن زباله را به خطر نمی‌اندازد. کنترل‌های مورد نیاز را می‌توان به سه گروه تقسیم نمود:

- کنترل منطقه غیراشباع برای گازها و مایعات

تا هر گونه نشتی شیرابه از ته یک مکان دفن ردیابی شود، همچنین برای ردیابی حرکت جانبی گازها در مکان دفن ضرورت دارد.

- کنترل آب‌های زیرزمینی و سطحی

برای تشخیص هرگونه تغییری در کیفیت آب که می‌تواند به دلیل فرار شیرابه و گازهای مکان دفن اتفاق افتاده باشد، ضرورت دارد.

- پایش کیفیت هوا

پایش کیفیت هوا در مکان‌های دفن شامل این موارد است (خانی و همکاران، ۱۳۸۹):

۱. پایش کیفیت هوای مکان دفن و پیرامون آن

۲. پایش گازهای استخراجی از مکان دفن

۳. پایش گازهای خروجی از تأسیسات تصفیه یا پردازش گازها

۳-۶. تجهیزات و ماشین‌آلات مکان دفن

انتخاب تجهیزات مناسب و کافی، یک فاکتور کلیدی مهم در انجام کارآیی عملیات می‌باشد. برای بررسی تجهزات و ماشین‌آلات مورد استفاده در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران، باید عوامل مؤثر در این بررسی را شناسایی کرد. به طور کلی، عوامل

مؤثر در انتخاب و کاربرد ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده در این سیستم عبارتند از (کوهی، ۱۳۸۴، عبدلی، ۱۳۸۵):

۱. شرایط آب و هوایی و زیست محیطی

۲. خواص فیزیکی و شیمیایی زباله

۳. امکانات تکنولوژیکی

۴. امکانات اقتصادی

۵. مسائل فرهنگی

۶. استقرار شهری

تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بهترین و مناسب‌ترین ماشین‌آلات برای مکان دفن به عوامل زیادی بستگی دارد (عبدلی، ۱۳۸۰). نوع، اندازه و میزان تجهیزات لازم بستگی به اندازه مکان دفن، روش بهره‌برداری (خانی و همکاران، ۱۳۸۹)، حجم و ترکیب مواد و خواص زمین‌شناسی (عبدلی، ۱۳۷۲) دارد. ماشین آلات موردنیاز در محل‌های دفن بهداشتی عبارتند از:

۱. ماشین آلات برای حمل‌ونقل مواد زاید و مواد پوششی در محل دفن.

۲. ماشین‌آلات و تجهیزات کندن و بلند کردن خاک.

۳. ماشین‌آلات و تجهیزات پشتیبانی کننده (عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۹).

در هر صورت جابجایی، تخلیه و فشرده‌سازی زباله و پوشاندن محل دفن، نیازمند انواع ماشین‌های سنگین مثل انواع تراکتور، لودر (چرخ‌دار و زنجیردار)، فشرده‌ساز، دراگ لاین‌ها، ماشین حفاری، جرثقیل و لجن روب مکانیکی و انواع تجهیزات کمکی مانند گریدر، بیل مکانیکی، ماشین آب‌پاش و وسایل سرویس‌دهنده است (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹،

خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۷۲، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵). مهم‌ترین وسیله متداول در یک محل دفن، بولدوزر است.

در محل‌های دفن کوچک، بولدوزر تنها وسیله‌ای است که یافت می‌شود و می‌تواند تمام کارهای لازم مثل حفاری، پخش مواد، پوشش مواد و تراکم را انجام دهد. برای حمل مواد پوششی از فاصله بیش از ۱۰۰ متری از سینه کار، می‌توان از یک اسکریپر استفاده کرد. معمولا در عملیات بزرگ، یک بولدوزر با اسکریپر با هم کار می‌کنند. از دراگ لاین در جاهایی که باید مواد پوششی زیادی در شیب تند حمل شود و یا مواد پوششی از زیرآب تهیه شود، استفاده می‌شود. بدیهی است که در هر جایگاهی، علاوه بر تجهیزات و ماشین آلات موردنیاز برای انجام عملیات دفن، به تجهیزات اضافی دیگر مثل ریپر برای کندن مواد پوششی، غلتک برای ساخت جاده، آتش‌نشانی و غیره نیاز است (عبدلی، ۱۳۷۲).

خلاصه

دفن بهداشتی یعنی تخلیه، پخش در زمین، متراکم‌سازی و پوشاندن سریع زایدات با مواد پوششی، نظیر خاک است، تا با این روش از آلودگی‌های زیست محیطی و مخاطرات بهداشتی جلوگیری شود. مکان انتخابی برای انجام عملیات دفن بهداشتی باید به گونه‌ای باشد که مخاطرات بهداشتی عمومی و اثرات سوء بر محیط زیست به حداقل برسد و بتوان آن را با حداقل هزینه مورد استفاده قرار داد. بررسی اقتصادی، کمی و کیفی مواد زاید تولیدی، زیبا شناختی و مقبولیت عمومی، توپوگرافی، وضعیت اقلیمی، زمین‌شناسی و خاک، ارزیابی هیدرولوژی زمین دفن، بررسی فاصله محل جمع‌آوری تا مرکز دفن (فاصله حمل) و نحوه دسترسی به جاده‌های اصلی، بررسی زمین از نظر دسترسی به آب، برق و تسهیلات تصفیه فاضلاب و در نهایت بررسی موقعیت زمین از جهت استفاده کنونی و آتی، از مهم‌ترین مواردی است که در گزینش مکان‌های دفن مؤثر می‌باشند. پس از بررسی عوامل مؤثر در مکان‌یابی دفن، ارائه معیارهای کمی مقوله‌ای است که به لحاظ کاربردی دارای اهمیت بیشتری می‌باشد. در مورد این معیارها اتفاق نظر کاملی وجود ندارد و منابع مختلف مقادیر متفاوتی را در این خصوص ارائه نموده‌اند. پس از انتخاب جایگاه مناسب برای دفن بهداشتی، باید محل انتخاب شده برای پذیرش زباله آماده شود. اولین قدم در طراحی یک محل دفن جدید، بنا نهادن زیر ساخت‌های لازم برای مکان دفن است. انتخاب تجهیزات مناسب و کافی، یک فاکتور کلیدی مهم در انجام کارآیی عملیات دفن می‌باشد. مهم‌ترین وسیله متداول در یک محل دفن، بولدوزر است.

خودآزمایی

۱. معیارهای استفاده شده در مکان‌یابی دفن بهداشتی زباله‌های شهری کدامند؟

۲. معیار مراکز جمعیتی در انتخاب مکان دفن بهداشتی زباله چه تأثیری دارد؟

۳. شیب های مناسب برای مکان دفن بهداشتی زباله چیست؟

۴. نکات مهم در طراحی یک مکان دفن بهداشتی زباله را ذکر کنید؟

۵. عواملی که در عملیات اجرایی دفن زباله مورد ملاحظه قرار گیرند، را ذکر نمایید؟

۶. طرح بستن مکان دفن را توضیح دهید؟

۷. کنترل محیط‌زیست در مکان‌های دفن شامل چه مواردی می‌باشد؟

۸. ماشین‌آلات موردنیاز در محل‌های دفن بهداشتی را ذکر نمایید؟

فصل چهارم

بازیافت مواد زاید جامد شهری

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. مفاهیم و مبانی پردازش و بازیافت

۲. مزایای بازیافت و عوامل تأثیرگذار بر آن

۳. نکات زیست محیطی و بهداشتی بازیافت

۴. راه‌های کاهش کمیت زباله

۵. نقش مشارکت مردمی در اجرای برنامه بازیافت

۴-۱. اهمیت موضوع

آلودگی‌های بی‌حد و اندازه کره زمین و بسیاری از ناملایمات زیست‌محیطی اخیر جوامع، صرفا بخشی از مشکلات است که بر زندگی ما تحمیل شده است (عمرانی، ۱۳۷۴). از جمله این بحران‌ها می‌توان افزایش زباله‌های شهری را نام برد (عرب حلوایی، ۱۳۷۴، محمدی، ۱۳۸۲). انسان امروز بیش از هر زمان دیگری زباله تولید می‌کند. مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و اجرایی مختلفی که از مواد زاید تولید شده در مناطق شهری حاصل می‌شود بیشتر مربوط به دفع آنها می‌باشد، چرا که از طرفی مکان‌های قابل دسترسی برای دفع زباله‌های شهری به سرعت در حال کاهش است و از سوی دیگر دفع زباله‌ها ارتباط مستقیم با بهداشت عمومی، آلودگی آب، خاک و هوا و همچنین افزایش گرمایش جهانی در اثر تولید گاز متان در مراکز دفن بهداشتی دارد (محمدی، ۱۳۸۲، ناظم، ۱۳۸۵، Suttibak and Nitivattananon, 2008). در حال حاضر افزایش جمعیت و افزایش میزان مواد زاید جامد سبب ایجاد مشکلات زیادی برای دفن مواد زاید شهری در ایران شده است. با توجه به اینکه ۷۰ درصد از این مواد در ایران از بخش فسادپذیر تشکیل شده و بخش بالایی نیز از آن نیز شامل شیشه، پلاستیک، کاغذ، مقوا و فلزات است که قابلیت بازیافت شدن دارد، بهتر است که قبل از سوق دادن زباله به سمت محل دفن ابتدا بخش فسادپذیر و قابل بازیافت آن را جدا کرد. این امر سبب می‌شود حجم موادی که وارد محل دفن می‌شوند کاهش یافته و در نتیجه عمر محل دفن افزایش و از فشار وارده بر این مناطق جهت دفن کاسته شود. همچنین کاهش حجم زباله باعث صرفه‌جویی در مواد اولیه و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیست می‌شود. به عنوان مثال، در اثر بازیافت کاغذ تا ۷۴ درصد در آلودگی هوا و ۲۵ درصد در آلودگی آب می‌شود (شاه‌علی، ۱۳۸۰، محمدی، ۱۳۸۲، ناظم و همکاران ۱۳۸۷).

هدف مدیریت پایدار مواد زاید جامد، بازیافت هر چه بیشتر مواد با ارزش از طریق مصرف کمتر انرژی و آثار کمتر زیست‌محیطی است (انصاری، ۱۳۷۹، عبدلی، ۱۳۸۵، عرب حلوایی، ۱۳۷۴).

۴- ۲. مفاهیم و مبانی پردازش و بازیافت

در سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری، همواره پردازش و بازیافت در کنار هم مطرح می‌شوند (عبدلی، ۱۳۸۵). پردازش و بازیافت، ششمین عنصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری است. پردازش و بازیافت هم می‌تواند در محدوده تمام عناصر موظف دیگر قرار گیرد و هم به صورت مستقلی در سیستم مدیریت مواد زاید جامد عمل کند و اصولاً در یک سیستم کارا و موفق بهتر است که پردازش و بازیافت از ابتدا تا انتهای سیستم در جریان باشد (انصاری، ۱۳۷۹، عبدلی، ۱۳۸۵، محمدی، ۱۳۸۲).

امروزه، هدف اصلی سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد، پردازش و بازیافت است. این عنصر اهداف زیر را دنبال می‌کند (سمیعی فرد، ۱۳۸۷، عبدلی، ۱۳۸۵):

- تولید مواد و انرژی
- بالا بردن راندمان سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری
- حفظ محیط‌زیست و توسعه پایدار
- کاهش جریان زباله به طرف محل دفن
- اشتغال‌زایی (معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶)

بنابراین، پردازش و بازیافت فقط به تولید مواد و انرژی محدود نمی‌شود، بلکه به صورت زنجیری متشکل از حلقه‌های متعدد است، که عبارتند از (عبدلی، ۱۳۸۰):

- کاهش در مبدا
- جداسازی در مبدا

- پردازش در محل تولید
- پردازش و بازیافت در ایستگاه‌های انتقال
- پردازش و بازیافت در محل‌های دفع
- صنایع بازیافتی و تبدیل مواد
- بازاریابی برای فروش و مصرف مواد و محصولات بازیافتی
- ایجاد موارد مصرف جدید برای محصولات بازیافتی
- حمل و نقل مواد بازیافتی
- استاندارد تولید و مصرف محصولات و مواد بازیافتی
- ایجاد مکانیسم‌های نظارتی بر تولید و مصرف مواد و محصولات بازیافتی

۴-۲-۱. تعریف بازیافت

به طور کلی، بازیافت به عملی گفته می‌شود که طی آن مواد زاید در اثر عملیات و مراحل مختلف به محصول جدید تبدیل شده و به مصرف برسد، به عبارت دیگر بازگشت مواد زاید به چرخه تولید و مصرف را بازیافت می‌گویند (عابدینی، ۱۳۸۲، عمرانی، ۱۳۷۴، محمدی، ۱۳۸۲).

اگرچه بازیافت شیوه جدیدی نیست، ولی بازیافت زباله‌های شهری هر روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، زیرا مردم، صاحبان صنایع و دولت با مشکلات روزافزون زباله سروکار دارند. روش بازیافت و بازیابی مواد زاید جامد می‌تواند به عنوان سیستم مدیریت پایدار و مؤثر مواد زاید در اکثر شهرهای در حال رشد کشورهای کمتر توسعه یافته باشد (Kaseva et al., 2002). اقتصادی‌ترین و بهداشتی‌ترین روش بازیافت زباله‌های شهری، جداسازی زباله در محل تولید زباله‌هاست. این کار علاوه‌براین که به تجهیزات و امکانات

ویژه‌ای نیاز دارد، به فرهنگ‌سازی و جلب مشارکت مردم نیز نیاز دارد (عبدلی، ۱۳۸۵). در کشورهای صنعتی تفکیک از مبدا و بازیافت به عنوان دو محور اصلی و جزء الویت‌های هر سیستم مدرن مدیریت مواد زاید جامد است (Herbert, 2001). در هر حال، بازیافت زباله فقط جداسازی و جمع‌آوری مواد بعد از مصرف نیست، این‌ها اولین قدم بازیافت‌اند. مواد جمع‌آوری شده باید دوباره پردازش شده یا در پروسه‌های صنعتی، به محصولات دیگر تبدیل شوند و سپس به مصرف برسند. بنابراین زمانی که مواد و محصولات دوباره مورد استفاده قرار گرفتند، چرخه بازیافت کامل شده است. از طرفی بازیافت، بخش اصلی و زیربنایی هر طرح جامع مدیریت زایدات است، اما به تنهایی نمی‌تواند مشکل مدیریت مواد زاید جامد جامعه را حل کند، ولی می‌تواند از ورود مقادیر قابل توجهی از زایدات به محل‌های دفن و تأسیسات زباله‌سوزی جلوگیری کند (انصاری، ۱۳۷۹، عبدلی، ۱۳۸۵).

۴-۳. مراحل بازیافت

همان‌طور که اشاره گردید، بازیافت فرآیندی است که طی آن مواد، جمع‌آوری و جدا شده و به منزله مواد خام برای تولید محصولات جدید به کار گرفته می‌شوند (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴، وزارت کشور، ۱۳۸۲). بنابراین، بازیافت معمولاً چهار مرحله دارد (پناهی، ۱۳۸۰، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴، مجلسی، ۱۳۷۱):

نخست: جمع‌آوری موادی که قابل بازیافت‌اند، مانند شیشه، فلز، کاغذ، پلاستیک و مواد غذایی.

دوم: جداسازی این مواد در ظروف مختلف.

سوم: فرآیندهایی که این مواد را دوباره قابل استفاده می‌سازند، مانند خمیر کردن کاغذ یا نایلون و تبدیل دوباره آن به کاغذ و نایلون.

چهارم: بازاریابی، خرید و فروش و استفاده از کالایی که از مواد بازیافتی ساخته شده است.

۴-۴. برنامه بازیافت و عوامل تأثیرگذار بر آن

برای ایجاد و توسعه برنامه‌های بازیافت، روش معینی وجود ندارد. تاکنون روش‌های موفقیت‌آمیز متفاوتی برای ایجاد برنامه‌های بازیافت تجربه شده است. برنامه‌های بازیافت محلی باید بر اساس و منطبق با نیاز مردم محلی طراحی و ایجاد شود (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸). در مجموع، اعتقاد بر آن است که هر چه برای عموم مردم، شرکت در برنامه بازیافت آسان‌تر باشد، میزان تبدیل یا میزان بازیافت بیشتر خواهد بود (خانی و همکاران ۱۳۸۹). در ارزیابی برنامه‌های مدیریت بازیافت مواد زاید جامد شهری باید مسائل اقتصادی، فنی و زیست محیطی را مورد توجه قرار داد. مهم‌ترین عامل در ارزیابی برنامه‌های بازیافت، آگاهی از کمیت و کیفیت مواد زاید و درصد ترکیبات آن می‌باشد، که در بالا بردن بازدهی نظام و انتخاب ابزار و دستگاه‌ها و استفاده بهینه از آنها متناسب با کیفیت مواد، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. به طور کلی، برنامه‌های بازیافت مواد عبارتند از:

جداسازی مواد با ارزش از زباله، زباله‌سوزی و تولید انرژی، تولید کود آلی (کمپوست) و تهیه خوراک دام و طیور (بسیجی، ۱۳۷۶، عبدلی، ۱۳۸۰، عمرانی، ۱۳۷۴). از جمله عوامل و عناصر تأثیرگذار بر این برنامه‌ها، به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

۴-۴-۱. بازاریابی مواد

اولین قدم برای ایجاد برنامه بازیافت زباله، آگاهی از بازار مواد است. بازیافت بدون وجود بازار برای فروش مواد بازیافتی بی‌معنی است (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). تعیین بازار،

عقد قراردادهای مطمئن و بلندمدت با مصرف‌کنندگان مواد بازیافتی، بخش‌هایی از این کار بسیار مهم است. برنامه‌های بازیافت باید از انعطاف کافی برخوردار باشند تا بتوانند نوسانات بازار و عدم قطعیت‌هایی را که در خروجی مواد وجود دارد، جذب کنند. بنابراین شناخت و تجزیه و تحلیل بازار جزء فعالیت‌های طراحی و مستمر برنامه‌های بازیافت به حساب می‌آید. باید توجه داشت که موفق‌ترین برنامه‌های بازیافت می‌تواند از نوسانات بازار متأثر شود (عبدلی، ۱۳۸۵).

۴-۴-۲. برنامه جداسازی و تفکیک مواد

هر گونه تصمیم‌گیری درباره برنامه جداسازی مواد باید مبتنی بر آنالیز زباله و شناخت درصد مواد موجود در زباله باشد، زیرا که بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد زاید در تدوین استراتژی و انتخاب روش‌های بازیافت مؤثر است (سعیدنیا، ۱۳۸۳، عبدلی، ۱۳۸۵). می‌توان انتظار داشت که میزان تفکیک در مبدأ موردنیاز، اثر مستقیمی بر میزان مشارکت و میزان تبدیل داشته باشد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴-۴-۳. هزینه و فایده بازیافت

تولید مواد بازیافتی بایستی بتواند بخشی از هزینه‌های مربوط به برنامه بازیافت را جبران کند (عبدلی، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶). البته ایجاد صنایع بازیافتی نه تنها منبع ایجاد درآمد برای شهر است، بلکه فرصت‌های شغلی نیز ایجاد می‌کند (انصاری، ۱۳۷۹، عبدلی، ۱۳۸۵،عرب حلوایی، ۱۳۷۴، عمرانی، ۱۳۷۴).

۴-۴-۴. آموزش و مشارکت مردمی

مهم‌ترین عامل موفقیت برنامه بازیافت زباله‌های شهری، مشارکت عمومی است. طراحی خوب یک برنامه آموزش عمومی و تشریک مساعی می‌تواند درصد مشارکت مردم را در فعالیت‌های مختلف برنامه‌های بازیافت افزایش دهد و تضمین کند. برای این کار باید همکاری مردم با سیستم را تا حد امکان ساده و راحت کرد، مردم باید به اهمیت بازیافت واقف شوند، مشکلات مدیریت زباله را بدانند و نیز چگونگی همکاری‌شان با برنامه‌های بازیافت مشخص شود (عبدلی، ۱۳۸۵، نورد، ۱۳۸۶، Suttibak and Nitivattananon, 2008). نوع روش جمع‌آوری، روش تفکیک و طبقه‌بندی مواد در انتخاب شیوه بازیافت و همچنین در طراحی، تبلیغات و جلب مشارکت عمومی و توفیق برنامه‌های بازیافت بسیار مؤثر است (عبدلی، ۱۳۸۰، Armijo et al., 2003). تفکیک در مبدأ به همکاری و مشارکت زیاد و مستمر ساکنین محل نیاز دارد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). برای همکاری در بازیافت، یکی از عوامل ایجاد انگیزه در بین تولیدکنندگان زباله، سهیم نمودن آنها در سود حاصل از بازیافت است. در این زمینه می‌توان به ازای مواد بازیافتی که از شهروندان دریافت می‌شود، مواد و کالاهایی را به آنها تحویل داد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶).

۴-۴-۵. مقررات و دستورالعمل‌های بازیافت

حمایت دولت و قانون از برنامه‌های بازیافت ضروری است، بنابراین در شروع برنامه‌های بازیافت باید از مکانیزم‌های حمایتی دولت و قوانین مربوط آگاهی کامل پیدا کرد، در هر صورت، مقامات محلی باید نقش وکیل مدافع را برای برنامه‌های بازیافت بازی کنند و در اجرای برنامه‌های بازیافت بسیار فعال بوده و به طور مرتب در جریان پیشرفت برنامه‌ها قرار گیرند. در ایران هنوز قوانین، آیین‌نامه، ضوابط و مقررات مشخصی در این مورد وضع نشده

است، از جمله قانون جداسازی اجباری، قانون ممنوعیت دفع مواد قابل بازیافت، دستور ممنوعیت جداسازی زباله توسط افراد غیررسمی و غیره (عبدلی، ۱۳۸۵).

۴-۴-۶. اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی بازیافت

رعایت بهداشت محیط و حفظ محیط‌زیست، هم از نظر فردی، و هم از نظر جامعه نقش تعیین‌کننده‌ای در اتخاذ سیاست‌های بازیافت دارد (عبدلی، ۱۳۸۰).

بازیافت از نظر زیست‌محیطی و بهداشتی بدون خطر نیست. ساخت فضای مناسب برای ذخیره مواد، علاوه بر هزینه، ممکن است مشکلات زیست‌محیطی، بهداشتی و زیباشناختی ایجاد کند. همچنین پردازش مجدد محصولات و مواد چند بار مصرف آثار زیست‌محیطی به دنبال دارد. برای مثال، جوهرزدایی از کاغذهای باطله، مثالی از پتانسیل آلایندگی بازیافت است.

۴-۵. مزایای بازیافت مواد زاید جامد

بازیافت برنامه‌ای است که از نظر هزینه مقرون به صرفه است و نسبت به دفن یا سوزاندن زباله هزینه کمتری را به شهرداری‌ها تحمیل می‌کند و در صرفه‌جویی انرژی و حفظ محیط‌زیست نقش عمده‌ای به عهده دارد. با افزایش هزینه دفن زباله به علت محدودیت‌های فضایی و مقررات زیست‌محیطی و کاهش بودجه شهرها، به سبب هزینه سنگین زباله‌سوز و فن‌آوری‌های کنترل آلودگی هوا، تمایل به بازیافت بدون چون و چرا در آینده افزایش پیدا خواهد کرد. در هر صورت، فرآیند بازیافت نه تنها محیط‌زیست را از خطر آلودگی نجات

می‌دهد، بلکه منافع اقتصادی متعددی نیز دارد (انصاری، ۱۳۷۹، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴، محمدی، ۱۳۸۲،Kaseva et al., 2002):

۱. بازیافت مواد با کاهش حجم مواد دفعی، فشار وارده بر مناطق و فضاهای شهری جهت استفاده برای دفن مواد زاید را کمتر کرده، بنابراین پتانسیل زمین برای پذیرش مواد زاید افزایش می‌یابد.

۲. بازیافت ارزش مواد زاید را بالا برده و فرصت‌های شغلی جدیدی را ایجاد می‌کند.

۳. با بازیافت زباله، نیاز به استخراج مواد خام کمتر شده و منابع طبیعی جهت استفاده نسل‌های آینده حفظ می‌گردد.

۴. با اجرای برنامه‌های بازیافت و کاهش حجم زباله، هزینه جمع‌آوری، حمل و نقل و دفن کاهش می‌یابد.

۵. بازیافت زباله، حجم زباله‌های ورودی به محیط‌زیست را کاهش داده، که این خود در کاهش آلودگی‌ها و بیماری‌ها و بنابراین افزایش بهداشت عمومی مؤثر است.

۶. بازیافت مواد موجب می‌شود که نیاز به واردات مواد خام به کشور کمتر شود و در نتیجه، وابستگی اقتصادی کاهش و تولید ملی افزایش پیدا کند.

۷. بازیافت زباله، کاهش مصارف آب و انرژی را به دنبال دارد.

۴-۶. مشکلات و موانع اجرای برنامه‌های بازیافت در ایران

علی‌رغم همه مزیت‌هایی که بازیافت دارد، یکسری موانع وجود دارد که اجرای برنامه‌های بازیافت مواد را به تعویق انداخته و یا به طور کلی از اجرای آنها جلوگیری می‌کند. این مسائل و مشکلات به شرح زیر می‌باشد:

۱. پایین بودن سطح آگاهی عمومی در مورد بازیافت مواد زاید

۲. عدم وجود فن‌آوری روز تبدیل مواد و بالا بودن هزینه سرمایه‌گذاری جهت انتقال فن‌آوری در این زمینه

۳. عدم وجود تسهیلات برای سرمایه‌گذاری شرکت‌های خارجی در زمینه بازیافت و تبدیل مواد

۴. پایین بودن هزینه تهیه مواد اولیه در مقایسه با مواد بازیافتی

۵. عدم موفقیت در جلب مشارکت عمومی در امر بازیافت از مبدأ (معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶، نورد، ۱۳۸۶)

۶. عدم وجود بازار مناسب برای مواد بازیافتی (بسیجی، ۱۳۷۶، پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹)

۷. مکان مواد زاید: هزینه‌های انتقال زباله ممکن است باعث عدم موفقیت طرح‌های بازیافت باشد. محصولات تولید شده از این مواد نیز، باید به بازار حمل شوند، اگر فاصله زیاد باشد هزینه‌های انتقال، مانع از موفقیت این گونه طرح‌ها می‌شود (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹).

۴-۷. مسائل ایمنی، بهداشتی و زیست‌محیطی بازیافت مواد

بسیاری بر این باورند که در بین گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند، تنها گزینه بازیافت که شامل جمع‌آوری و پردازش مواد قابل بازیافت است، از نظر زیست‌محیطی بی‌خطر است. گرچه داده‌های فنی و تکنیکی بسیار کمی وجود دارد که از این فرضیه حمایت کند ولی اثرات زیست‌محیطی در مراحل مختلف حمل و نقل، تفکیک مواد قابل بازیافت و فرمولاسیون مجدد مواد قابل بازیافت به محصولات جدید وجود دارند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵).

۴-۷-۱. اثرات زیست‌محیطی

اثرات زیست‌محیطی حاصل از بازیابی مواد بر آب‌های زیرزمینی، گرد و غبار، سر و صدا، بو و هوا به شرح زیر می‌باشد:

۴-۷-۱-۱. آلودگی آب‌های زیرزمینی

ذخایر آب زیرزمینی عمدتا تحت‌تأثیر بازیابی قرار نمی‌گیرند. به طور معمول تأسیسات بازیافت مواد برای برنامه‌های تفکیک زباله روی یک سکوی بتونی ساخته می‌شوند که از نشت هر گونه آلاینده زباله به داخل خاک جلوگیری می‌کند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). با این حال، در برخی از روش‌های بازیافت این گونه آلودگی‌ها به چشم می‌خورد. برای مثال، جوهرهای رنگی استفاده شده در مجلات و روزنامه‌ها ممکن است حاوی مواد زاید خطرناک و فلزات سنگین مثل سرب و کادمیوم باشد. بعد از جوهرزدایی، این مواد در لجن فاضلاب متمرکز خواهند شد و در نهایت بعد از دفع به آب‌های زیرزمینی سرایت می‌کنند (عبدلی، ۱۳۸۵، کرامتی، ۱۳۷۳).

۴-۷-۱-۲. انتشار گرد و غبار

دو منبع باعث انتشار گرد و غبار از برنامه‌های بازیابی می‌شوند:

۱. عملیات جمع‌آوری

۲. تأسیسات مربوط به پردازش

انتشار گرد و غبار در مسیرهای جمع‌آوری جزئی است و عملیات بهره‌برداری معمولاً در داخل یک ساختمان انجام می‌گیرد. پردازش زباله جامد منجر به پخش گرد و غبار بیشتری

می‌شود. مقدار قابل توجهی گرد و غبار از انداختن کاغذ و پلاستیک از کانتینرها، عملیات تخلیه زباله، ذخیره‌سازی و فعالیت‌های بارگیری انتشار می‌یابد. در صورتی که توجه کافی به جمع‌آوری کاغذ و پلاستیک‌های ریخته شده در اطراف کارخانه بازیافت مواد نشود، شرایط به هم ریخته و آزاردهنده‌ای ایجاد خواهد شد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵).

۴-۷-۱-۳. سر و صدا (آلودگی صوتی)

سر و صدا حاصل دو منبع می‌باشد:

۱. وسایل نقلیه جمع‌آوری

۲. ماشین‌آلات

وسایل نقلیه معمولاً دارای دستگاه‌های بارگیری هستند که به طور قابل ملاحظه‌ای کم سر و صداتر از کامیون‌های حمل زباله شهری می‌باشند. سر و صدای ماشین‌آلات پردازش با محدود کردن عملیات به داخل ساختمان‌ها تا حدود زیادی کاهش می‌یابد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴-۷-۱-۴. انتشار بو

محل‌های تخلیه زباله‌ها را بایستی طوری طراحی کرد که مشکل بو مرتفع گردد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عمرانی، ۱۳۷۴، کوهی، ۱۳۸۴).

۴-۷-۱-۵. انتشار وسایط نقلیه (ترافیک)

ترافیک ناشی از اجرای برنامه‌های بازیافت و رفت و آمد کامیون‌های جمع‌آوری و حمل و نقل مواد بازیافتی، یکی دیگر از آثار زیست‌محیطی این برنامه‌هاست (عبدلی، ۱۳۸۵). کل آلودگی هوا به مسافت برده شده هر تن از زباله جمع‌آوری شده بستگی دارد. اما این امر با توقف و شروع مکرر، به ویژه در آب و هوای سرد بدتر می‌شود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴-۷-۲. سایر انتشارات زیست‌محیطی

منبع دیگر آلودگی، انرژی مصرفی است که برای به کار انداختن دستگاه‌های کارخانه بازیافت مواد لازم و ضروری است. این آلودگی در محل تولید انرژی یعنی جایی که زغال‌سنگ، راکتورهای هسته‌ای یا گاز طبیعی به کار برده و محصولات پسماند ایجاد می‌شوند، رخ می‌دهد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴-۷-۳. ایمنی و بهداشت عمومی

دو نوع اصلی مسائل ایمنی و بهداشت عمومی در طراحی کارخانه بازیافت دخیل هستند، سلامت و ایمنی کارگران کارخانه و عامه مردم.

در ارتباط با کارگران مسائلی همچون لباس فرم، محافظ چشم و بینی، دستکش‌های مقاوم، کفش‌های ایمنی، تهویه هوا، آموزش و غیره و در ارتباط با عامه مردم، ممانعت از دسترسی آنها به مکان‌های بازیافت بایستی در نظر گرفته شود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴-۸. مواد قابل بازیافت

برای مدیریت و طراحی سیستم بازیافت مواد و انتخاب و تهیه تجهیزات موردنظر، نیاز به آگاهی از ترکیبات مواد زاید جامد ضروری است (عبدلی، ۱۳۷۶). در زباله‌های شهری مواد

قابل بازیافت اصلی عبارتند از: پلاستیک، کاغذ، فلزات، شیشه، مواد آلی (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی ۱۳۷۴، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵).

۴-۹. پردازش (فرآوری) و تکنیک‌های آن

پردازش (فرآوری) عبارت است از انجام عملیات مشخص روی مواد زاید جامد برای تهیه مواد و انرژی از آن. پردازش و بازیافت به صورت عنصر موظف در کنار سایر عناصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری وجود دارد. در ضمن، پردازش و بازیافت از ابتدا تا انتهای سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری به صورت یک امر جاری و مداوم در جریان است (عبدلی، ۱۳۸۵). انتخاب نوع پردازش به اهداف سیستم و روش‌های دفع نهایی مواد بستگی دارد (عبدلی، ۱۳۷۲). به هر حال، هدف از پردازش بالا بردن راندمان و کارآیی سیستم و بازیافت مواد و انرژی است. تکنیک‌های فرآوری مهم و اصلی در این سیستم‌ها عبارتند از (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۸۵، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵):

۱. کاهش مکانیکی حجم (فشرده‌سازی)

۲. کاهش شیمیایی حجم در اثر حرارت (زباله‌سوزی)

۳. کاهش مکانیکی اندازه (خرد کردن، خمیر کردن و گرانوله کردن)

۴. تفکیک مواد (جداسازی مکانیکی و یا دستی)

۵. خشک کردن و آبگیری

۴-۱۰. کاهش کمیت زباله

افزایش جمعیت، مهاجرت به شهرهای بزرگ، تمرکز جمعیت در شهرها، بالا رفتن مداوم سطح زندگی، افزایش مصرف شهروندان و تولید فرآورده‌های مصرفی، انبوه زباله را به دنبال داشته، به طوری که امروزه تولید زباله را می‌توان یکی از معضلات مهم جوامع بشری تلقی کرد (عبدلی، ۱۳۸۵).

این موضوع کارشناسان را به تفکر در مورد راه‌حل‌های علمی و اقتصادی تازه‌ای جهت رفع معضل مواد زاید واداشت. کاهش زباله یا به حداقل رساندن زباله عبارتست از فرآیند یا فعالیتی که از تولید زباله جلوگیری کند یا میزان تولید زباله را کاهش دهد که به طور معمول در چارچوب محدودیت‌های اقتصادی – اجتماعی صورت می‌گیرد (عابدینی، ۱۳۸۲). در هر صورت، راه‌حل‌های ممکن برای کاهش مواد خام مصرفی و تولید زباله کمتر، عبارتند از (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عابدینی، ۱۳۸۲):

- کاهش در مبدا (Reducing)
- استفاده مجدد (Reusing)
- بازیافت (Recycling)

این همان راهبرد 3R می‌باشد، که دقیقا بر اساس مفهوم توسعه پایدار در مدیریت مواد زاید جامد شکل گرفته است (عبدلی، ۱۳۸۵).

۴-۱۰-۱. کاهش در مبدا

هرگاه مؤسسه یا مصرف‌کننده‌ای کاری انجام دهد که کمیت یا سمیت زباله تقلیل می‌یابد، در واقع در برنامه کاهش تولید زباله در مبدا شرکت کرده است (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). کاهش از مبدا عبارتست از اتخاذ سیاست‌ها و روش‌هایی همچون طراحی، ساخت و استفاده از محصولات به نحوی که سبب کاهش کمیت و سمیت زایدات تولیدی بعد از عمر مفید

محصول در مبدا تولید شود (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵). کاهش از مبدا، ابزار مدیریت زایدات نیست، ولی می‌تواند اثر مثبتی روی سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد داشته باشد (EPA, 1989). هدف برنامه کاهش در مبدا، کم کردن مقدار زباله و میزان سمیت موادی است که باید با جلوگیری از تولید آن در اولین مکان مدیریت شوند. بنابراین، کاهش در مبدا از سایر اشکال مدیریت زباله نظیر بازیافت و جمع‌آوری زباله از حیاط منازل مناسب‌تر است، زیرا به مدیریت زباله نیاز نداشته یا آسان‌تر شده است (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، سعادتی، ۱۳۷۳).

۴-۱۰-۱-۱. اثرات کاهش در مبدا

مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی گوناگونی برای کاهش در مبدا وجود دارند که عمدتا کاهش در آلودگی وکم شدن هزینه‌های مدیریت مواد زاید و دفع آن می‌باشد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹،Yang,1995).

با توجه به هزینه‌های حمل و نقل، بسته‌بندی و مدیریتی و اداری بازیافت، تصفیه و دفع زباله، این روش اقتصادی‌ترین روش کاهش زباله است (Bagchi, 2004 ; Pichtel, 2005).

تقلیل در بسته‌بندی اضافی و منابع کمتر زباله در مبدا، توسعه اقتصادی صنایع، تعمیرات و استفاده مجدد، نیاز کمتر به ظرفیت محل دفن از جمله مزایای اقتصادی کاهش زباله در مبدا است.

با کاهش تولید زباله و سمیت آن، منافع زیادی عاید محیط‌زیست می‌شود، قبل از هر چیز منابع طبیعی کمتری استفاده شده، انرژی کمتری صرف شده و آلودگی حاصل از پردازش و بازپردازش مواد کاهش یافته و مقدار مواد ارسالی به محل‌های دفن و تأسیسات زباله‌سوزی مواد تنزل پیدا می‌کند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، سعادتی، ۱۳۷۳).

۴-۱۰-۱-۲. راه‌کارهایی برای کاهش در مبدا

شیوه‌های متعددی برای کاهش زباله در مبدا تولید وجود دارد که اصلی‌ترین آنها عبارتند از (پورعلاقه‌بندان وهمکاران، ۱۳۸۹، خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵):

۱. طراحی مجدد محصولات یا بسته‌بندی‌ها برای کاهش دادن مقدار یا سمیت مواد به کار رفته، جانشین‌سازی مواد سبک وزن یا قابل استفاده مجدد کردن آنها

۲. استفاده مجدد از مواد موجود، محصولات یا بسته‌بندی‌ها

۳. طراحی مجدد محصولات به منظور افزایش طول عمر آن‌ها، قابلیت استفاده به دفعات و قابلیت تعمیر مجدد

۴. کاهش مقدار یک محصول یا بسته‌بندی به کار رفته

۵- اصلاح الگوهای مصرف

۶- مدیریت پسماندهای آلی از طریق کمپوست کردن در محل یا روش‌های دیگر برای دفع

۴-۱۰-۱-۳. اهداف کاهش در مبدا

شیوه‌های کاهش در مبدا بر اساس کاهش منابع تولید مواد زاید و عملیات استفاده مجدد بنا شده است. این عملیات سمیت مواد زاید و حجم آن را کاهش می‌دهد. اهداف کاهش در مبدا عبارتست از (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، سعادتی، ۱۳۷۳، عبدلی، ۱۳۸۵):

۱. کاهش حجم مواد زاید

۲. کاهش زمان تولید

۳. کاهش مصرف انرژی

۴. استفاده بهینه و مناسب از منابع طبیعی

۵. کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و دفع در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری

۶. کمک به بهسازی محیط‌زیست و جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی

۷. کمک به سلامت و بهداشت عمومی

متأسفانه در حال حاضر، در زمینه کاهش در مبدا موانع متعددی وجود دارد، از جمله این موانع به محدودکننده‌های اقتصادی، فنی، اطلاعاتی و قوانین و مقررات می‌توان اشاره نمود. در حقیقت کاهش از مبدا باید بخشی از برنامه‌های مدیریت جامع زباله باشد و جهت اجرایی کردن برنامه‌های کاهش، از اقداماتی چون آموزش و تحقیقات، تشویق و تنبیه مالی و ضوابط و مقررات استفاده شود (عبدلی، ۱۳۸۵، عرب حلوایی، ۱۳۷۴).

۴-۱۰-۲. استفاده مجدد

استفاده مجدد، یک برنامه جامع در میان مردم است (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹)، و به مفهوم استفاده از یک محصول بیش از یک بار در یک عملکرد یا استفاده از آن در عملکردی متفاوت با عملکرد اولیه است. این روش عمر مفید مواد اولیه استفاده شده را افزایش داده و از حجم زباله‌ای که می‌بایست تصفیه یا دفع شود، می‌کاهد. از سوی دیگر شامل منافع زیست‌محیطی دیگری مانند صرفه‌جویی در انرژی، حمل و نقل و مواد اولیه در طی فرآیند تولید می‌شود (عابدینی، ۱۳۸۲، Herbert, 2001). اگرچه استفاده مجدد، منافع زیست‌محیطی فراوانی در بردارد، اما بایستی اثرات نامطلوب این عمل را نیز در نظر گرفت. به عنوان مثال، شستن شیشه‌های شیر اثرات نامطلوبی مانند آلودگی در اثر حمل و نقل شیشه‌های شیر، هزینه حمل و نقل، مصرف آب و مواد ضدعفونی‌کننده قابل توجه برای شست‌وشوی شیشه‌ها را دارا ست.

۴-۱۰-۳. بازیافت

بازیافت فرآیندی است که طی آن جمع‌آوری، جداسازی، تمیز کردن و فرآوری مواد زاید جامد برای تولید یک محصول قابل عرضه به بازار صورت می‌گیرد. بازیافت معمولا دارای چهار مرحله است (انصاری، ۱۳۷۹، بسیجی، ۱۳۷۶، عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵):

- جمع‌آوری مواد قابل بازیافت
- جداسازی این مواد
- فرآوری (پردازش) مواد جهت استفاده مجدد
- بازاریابی کالاهای تولیدی

از امتیازات بازیافت می‌توان، استفاده کمتر از ماده اولیه، مصرف کمتر انرژی و کاهش انتشار آلودگی‌ها را نام برد.

۴-۱۱. تفکیک از مبدا: اولین قدم در بازیافت

اولین قدم در بازیافت زباله، جداسازی آن برحسب نوع و جنس مواد زاید است (عبدلی، ۱۳۸۵). تفکیک از مبدا عبارتست از جداسازی مواد قابل بازیافت توسط تولیدکننده یا فرد جمع‌آورنده در نقطه تولید زباله (خانی و همکاران ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵، عرب حلوایی، ۱۳۷۴). تفکیک از مبدا یکی از روش‌های حجم و وزن زباله در مبدا تولید می‌باشد (Herbert, 2001). با جداسازی و تفکیک مواد از مبدا تولید، علاوه بر اینکه سرمایه‌های ملی تلف نمی‌شود، بهداشت جامعه نیز رعایت می‌گردد. بازیافت و تفکیک زباله‌های شهری توسط افراد سودجو و به طور غیر قانونی، لطمه بزرگی به بهداشت و سلامت شهروندان وارد می‌آورد و علاوه بر آلوده کردن معابر عمومی، در نهایت به اشکال دیگر، بهداشت و تندرستی مردم را به خطر می‌اندازد. برنامه‌های تفکیک زباله شامل تفکیک زباله‌های تر، خشک و دفنی می‌شود (عبدلی، ۱۳۸۵):

- زباله‌های تر و پس‌مانده‌های قابل کود شدن شامل باقی‌مانده مواد غذایی، سبزی‌ها و میوه‌ها و مواد زاید ناشی از فعالیت‌های باغبانی مثل برگ درختان.

- زباله‌های خشک با ارزش شامل انواع پلاستیک، کاغذ، مقوا، انواع فلزات، منسوجات و نان خشک.

- زباله‌های دفنی شامل داروهای فاسد شدنی، نوارهای بهداشتی، پوشک بچه، پس‌مانده‌های پانسمان و تزریقات، قوطی خالی سموم، اشیای برنده، فیلم عکاسی، لامپ سوخته، ملامین، چینی، لوله‌های خمیردندان و غیره. این گونه مواد به علت داشتن عوامل بیماری زا و انواع سموم، قابل کود شدن یا بازیافت نیستند.

۴-۱۱-۱. اهداف مهم تفکیک زباله در مبدا

جداسازی زباله‌های تر، خشک و دفنی علاوه بر فواید اقتصادی، منافع زیست‌محیطی فراوانی به دنبال دارد. از اهداف مهم تفکیک زباله در مبدا می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (سمیعی‌فرد، ۱۳۸۷، عبدلی، ۱۳۸۵، عرب حلوایی، ۱۳۷۴):

۱. کاهش حجم و وزن زباله در محل تولید

۲. افزایش ظرفیت مراکز دفن زباله

۳. حفظ محیط‌زیست و بهداشت عمومی

۴. جداسازی مواد بازیافتی و کمک به بازیافت مواد

۵. ایجاد انگیزه برای مشارکت مردمی در برنامه‌های زیست‌محیطی

۴-۱۲. مشارکت مردمی در امر تفکیک از مبدا و بازیافت

در دنیای امروزی دیگر بحث در اینکه آیا مردم خود باید تصمیم‌گیرنده برای خودشان باشند یا دیگران برایشان برنامه‌ریزی کنند جایی ندارد. امروزه ثابت گردیده که استفاده از نیروهای مردمی و محلی در اجرای طرح‌ها علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه کسب اطلاعات و اجرا و نظارت بهتر طرح، باعث ایجاد صحیح‌ترین، کامل‌ترین و پایدارترین برنامه‌ها خواهد گردید (عابدینی، ۱۳۸۲). بنابراین، مهم‌ترین عامل موفقیت یک برنامه بازیافت و همچنین تفکیک از مبدا زباله به عنوان اولین قدم در این برنامه، مشارکت عمومی است. طراحی خوب یک برنامه آموزش عمومی و تشریک مساعی می‌تواند درصد مشارکت مردم را در فعالیت‌های مختلف برنامه‌های بازیافت افزایش دهد و تضمین کند (علوی، ۱۳۸۷، نورد، ۱۳۸۶). برای جلب اعتماد و همکاری مردم باید زمینه‌های اعتمادسازی به شیوه‌های مختلف فراهم شود. بنابراین، نقش روابط عمومی شهرداری‌ها، رسانه‌های جمعی در آموزش و آگاه‌سازی مردم بسیار مؤثر است. از طرف دیگر حذف موانع باز دارنده مشارکت مردم از دیگر وظایف روابط عمومی است که باید به تناسب هر محله با آن برخورد شود، زیرا که برنامه‌های بازیافت و تفکیک از مبدا ممکن است از محله‌ای به محله دیگر متفاوت باشد. مخاطبان این آموزش، مصرف‌کنندگان، تجار و کسبه، صنایع، ادارات محلی و سایر مؤسسات مثل مدارس هستند. بنابراین، ایجاد ارتباط صحیح و علمی با مردم از ضروریات قطعی و مسلم اجرای این برنامه‌ها است (سمیعی‌فرد، ۱۳۸۷، عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵).

۴-۱۲-۱. اهداف آموزش

عدم آگاهی مردم از تعهدات اجتماعی و شهرنشینی خصوصا در امور بهداشت و حفظ محیط‌زیست و تصور غلط از مدیریت زباله، موجب می‌شود در اجرای برنامه‌های مدیریت مواد زاید جامد که به نحوی با مردم در ارتباط‌اند، مسائل فرهنگی، اجتماعی و سطح آگاهی

آنها ملحوظ شود (عبدلی، ۱۳۸۵). بنابراین آموزش مردم در این خصوص اهداف زیر را به دنبال خواهد داشت (سمیعی‌فرد، ۱۳۸۷):

۱. ارتقاء آگاهی‌های عمومی در خصوص سیستم مدیریت مواد زاید جامد و بازیافت مواد

۲. تغییر الگوی مصرف جامعه

۳. ترغیب در جهت کاهش تولید زباله

۴. اجرای برنامه تفکیک زباله‌های تر، خشک و دفنی

۵. بهبود شرایط محیط‌زیست شهر و شرایط بهداشت عمومی

۴-۱۲-۲. روش‌ها و راه‌کارهای آموزش و اطلاع‌رسانی

جهت جلب و ترغیب مردم به امر بازیافت و تفکیک از مبدا روش‌های متفاوتی وجود دارند که عبارتند از (سمیعی‌فرد، ۱۳۸۷، علوی، ۱۳۸۷، Alhumoud, 2005; Martin et al., 2006):

۱. وسایل ارتباط جمعی نظیر صدا و سیما و مطبوعات

۲. تهیه بروشور، تراکت‌های تبلیغاتی، پوستر و ماکت

۳. آموزش چهره به چهره

۴. آموزش در مدارس، مساجد، تشکل‌های مردمی (NGOها) و سایر نهادهای آموزشی و فرهنگی

۵. استفاده از روش‌های تشویقی از جمله خرید مواد بازیافتی تفکیک شده از مردم

۶. برگزاری سمینارها و دوره‌های آموزشی

۷. کسب نظرات و پیشنهادهای مردمی

۸. ایجاد نمایشگاه‌هایی در این خصوص

۹. در اختیار گذاشتن سطل‌های زباله با رنگ‌های مختلف به صورت رایگان

خلاصه

در حال حاضر افزایش جمعیت و افزایش میزان مواد زاید جامد سبب ایجاد مشکلات زیادی برای دفن مواد زاید شهری در ایران شده است. با توجه به اینکه ۷۰ درصد از این مواد در ایران از بخش فسادپذیر تشکیل شده و بخش بالایی نیز از آن نیز قابلیت بازیافت شدن دارد، بهتر است که قبل از سوق دادن زباله به سمت محل دفن ابتدا بخش فساد پذیر و قابل بازیافت آن را جدا کرد. هدف مدیریت پایدار مواد زاید جامد، بازیافت هر چه بیشتر مواد با ارزش از طریق مصرف کمتر انرژی و آثار کمتر زیست‌محیطی است. در ارزیابی برنامه‌های مدیریت بازیافت مواد زاید جامد شهری باید مسائل اقتصادی، فنی و زیست محیطی را مورد توجه قرار داد. مهمترین عامل در ارزیابی برنامه‌های بازیافت، آگاهی از کمیت و کیفیت مواد زاید و درصد ترکیبات آن می‌باشد. بازیافت برنامه‌ای است که از نظر هزینه مقرون به صرفه است و نسبت به دفن یا سوزاندن زباله هزینه کمتری را به شهرداری‌ها تحمیل می‌کند. اثرات زیست‌محیطی حاصل از بازیابی مواد شامل آلودگی آب‌های زیرزمینی، انتشار گرد و غبار، ایجاد سر و صدا، انتشار بو و آلودگی هوا است، همچنین سلامت و ایمنی کارگران کارخانه و عامه مردم، مسائل ایمنی و بهداشت عمومی در بازیافت مواد می باشد. امروزه تولید زباله را می‌توان یکی از معضلات مهم جوامع بشری تلقی کرد، بنابراین، راه‌حل‌های ممکن که جهت کاهش تولید زباله به کار می‌رود عبارتند از: کاهش در مبدا، استفاده مجدد و بازیافت. اولین قدم در بازیافت زباله، جداسازی آن برحسب نوع و جنس مواد زاید

است، که مهمترین عامل موفقیت یک برنامه بازیافت و همچنین تفکیک از مبدا زباله، مشارکت عمومی است.

خودآزمایی

۱. بازیافت را تعریف کرده و مزایای آن را ذکر نمایید؟

۲. عوامل و عناصر تأثیرگذار بر برنامه‌های بازیافت را شرح دهید؟

۳. راه‌های کاهش کمیت زباله کدامند؟

۴. اهداف مهم تفکیک زباله در مبدا را بیان نمایید؟

۵. مهم‌ترین عامل موفقیت یک برنامه بازیافت را شرح دهید؟

۶. جهت جلب و ترغیب مردم به امر بازیافت و تفکیک از مبدا از چه روش‌های می‌توان کمک گرفت؟

فصل پنجم

بررسی روش‌ها و صنایع بازیافت

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. استانداردهای کیفی مواد اولیه بازیافت

۲. روش‌های بازیافت مواد از زباله‌های شهری

۳. روش‌های بازیافت انرژی از زباله‌های شهری

۴. محصولات بازیافتی

۵. مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی – اجتماعی طرح‌های بازیافت

۶. ماشین‌آلات و تجهیزات بازیافت

۷. قانون مدیریت پسماند

مقدمه

پردازش و بازیافت یکی از ارکان اصلی سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری است (سمیعی‌فرد، ۱۳۸۷). درصد ترکیبات مواد زاید جامد شهری، نشان می‌دهد که مقادیر قابل توجهی مواد ارزشمند و قابل بازیافت مثل کاغذ، پلاستیک، شیشه، فلزات و غیره در آن یافت می‌شود. بنابراین با بازیافت مواد نه تنها مواد ارزشمندی به دست می‌آید، بلکه از حجم و وزن مواد که باید جمع‌آوری و دفع شوند نیز کاسته می‌شود. بدون شک، در حال حاضر بازیافت مهم‌ترین روش برای کاهش مشکل مواد زاید جامد است (عبدلی، ۱۳۷۲). برنامه‌ها و روش‌های بازیافت شامل جداسازی مواد و بازیافت آن، زباله‌سوزی و تولید انرژی، تولید کود آلی (کمپوست) و تهیه خوراک دام و طیور می‌شود. در هر یک از این برنامه‌ها خواص فیزیکی و شیمیایی مواد، انتخاب روش کار و نوع فن‌آوری از اهمیت بسیاری زیادی برخوردارند. در واقع، مهم‌ترین عامل در ارزیابی روش‌های بازیافت، آگاهی از کمیت و کیفیت مواد زاید و درصد ترکیبات آنها (بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی) می‌باشد (عبدلی، ۱۳۸۰، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸). مواد اولیه صنایع بازیافتی عموما کیفیت یکنواختی ندارند. دلیل این امر گستردگی منبع تولید زباله، روش‌های جمع‌آوری و شرایط متفاوت بهره‌برداری است (Tchobanoglous et al., 2002). در این فصل، استانداردهای کیفی مواد اولیه، فرآیند بازیافت، محصولات، اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی - اجتماعی بازیافت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

همان طور که قبلاً اشاره گردید، در سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری همواره پردازش و بازیافت در کنار هم مطرح می‌شود. پردازش در واقع آماده کردن زباله و مواد قابل بازیافت برای بالا بردن راندمان بازیافت و استفاده بهتر از آنها می‌باشد. بنابراین، با توجه به

عدم کیفیت یکنواخت مواد اولیه در فرآیندهای بازیافت، بایستی از پردازش مواد قبل از فرآیند استفاده کرد. در حقیقت کارخانه‌های بازیافت یعنی مجموعه‌ای از فن‌آوری‌های پردازش مواد مثل خردکن‌ها، آسیاب‌ها، غربال‌ها، جداکننده‌های مغناطیسی، سیستم‌های طبقه‌بندی هوایی و عدل سازها (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴). با این توصیف، یکی از عملکردهای اصلی پیش‌فرآیندهای انجام شده بر روی مواد بازیافتی، یکنواخت‌سازی خصوصیات مواد است، مثلاً خرد کردن شیشه‌ها، اختلاط کاغذها در مخزن به همراه رطوبت و ریز کردن چوب. تعیین کیفیت مناسب مواد ورودی و پیش‌بینی محصولات، تنها پس از طراحی کامل فرآیند و بررسی شرایط اولیه ضایعات، شرایط اقلیمی و بازار موجود، ممکن خواهد بود (عابدینی، ۱۳۸۲). علامت بازیافت که به طور معمول در ایالات متحده آمریکا به کار می‌رود، دارای طرح ظریفی است. سه پیکان که به دنبال یکدیگر در یک مثلث قرار گرفته‌اند، به این معنی است که محصول از مواد بازیافت شده تولید شده، یا این که مواد این محصول قابل بازیافت است (شکل۵-۱) (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵).

۱. قابل بازیافت ۲. بازیافت شده ۳. بازیافت شده

شکل ۵-۱: طرح برچسب روی محصولات

منبع: عبدلی، ۱۳۸۵

۱. بعد از مصرف قابل بازیافت است.

۲. محصول حاضر به صورت عمده از مواد بازیافت شده تهیه شده است.

۳. بازیافت شده.

۵-۱. تهیه خوراک دام و طیور

با توجه به رشد سریع جمعیت، نیاز روزافزون به مواد غذایی و به ویژه کمبود منابع کافی برای تأمین غذا، امروزه در بسیاری از کشورها، باقی‌مانده‌های حاصل از صنایع غذایی و همچنین ضایعات زراعی و دامی، تحت فرآیندهای تبدیلی و بهداشتی قرار گرفته و برای تهیه غذای دام و طیور مورد استفاده قرار می‌گیرند. بهترین تأثیر این عمل، جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست و یا به کارگیری بخش اعظم مواد و ضایعاتی است که همواره به صورت زباله در محیط رها می‌شوند و باعث اشاعه انواع عفونت‌ها، بیماری‌ها و هجوم حشرات و حیوانات موذی می گردند (عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۸۵).

۵-۱-۱. تجهیزات و شرایط عمومی

وسیله جمع‌آوری و حمل و نقل ضایعات صنایع غذایی و پس‌مانده‌های زراعی و دامی، باید از هر نظر بهداشتی و کاملا بسته باشد تا از آلودگی جاده‌ها جلوگیری شده و هر چه زودتر این مواد به کارگاه‌های تبدیلی منتقل گردند. کارگاه‌های تبدیل این گونه ضایعات معمولا شامل یک دیگ خشک‌کن و نیز آسیاب و مخلوط کن برای خرد کردن و اختلاط با سایر اقلام غذایی است. بهتر است کارگاه‌های تبدیل در کنار کارخانه‌های تولیدکننده این پسماندها احداث شوند تا از مصرف هزینه‌های مربوط به حمل و نقل زباله‌ها جلوگیری به عمل آید.

۵-۱-۲. مزایا

۱. ضایعات تبدیل به مواد با ارزش شده و به عنوان منبع درآمد در می‌آیند.

۲. کمک به تغذیه دام و طیور و صرفه‌جویی در هزینه‌های خوراک

۳. جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست و بهداشت عمومی

۵-۱-۳. معایب

۱. درصورت عدم رعایت بهداشت در کلیه مراحل مدیریت این مواد، امکان به خطر افتادن بهداشت و سلامت جامعه است.

۲. عدم مدیریت صحیح در هر یک از مراحل تهیه، کیفیت مواد تولیدی را پایین می‌آورد.

۳. انجام آزمایش‌های مشکل و پیچیده و دائمی

۴. عدم اطمینان از فروش محصولات در بازار

۵-۲. بازیافت کاغذ

کیفیت مواد اولیه موردنیاز در فرآیندهای بازیافت از جنبه‌های فنی، بهداشتی و زیست‌محیطی بسیار حایز اهمیت است. کیفیت مواد اولیه به طور مستقیم روی محصولات بازیافتی اثر می‌گذارد. مهم‌ترین مسئله در کیفیت مواد اولیه فرآیندهای بازیافت، عدم آلوده شدن مواد با سایر اجزا و مواد متشکله زباله است. کاغذ و مقوا نوع و کیفیت متفاوت دارند (عبدلی، ۱۳۸۵). در صنعت بازیافت کاغذ، کیفیت محصول تولیدی با کیفیت ماده اولیه ارتباط مستقیم دارد. هر چقدر کیفیت ماده اولیه بالاتر باشد، کیفیت محصول نهایی نیز بالاتر بوده و فرآیند بازیافت پیچیدگی کمتری دارد (عابدینی، ۱۳۸۲). آلودگی کاغذ با مواد فسادپذیر زباله، کیفیت آن را پایین آورده و پاکیزه نمودن آنها، هزینه‌بر است و موجب افزایش قیمت محصولات بازیافتی می‌شود، همچنین از نظر زیست‌محیطی و بهداشت هم مخاطراتی را به همراه خواهد داشت. بنابراین جداسازی از مبدا بهترین راه‌حل برای رفع این

مشکلات است. به طور کلی کیفیت مواد اولیه کاغذهای بازیافتی، بستگی بـه نـوع محصـول نهایی از پروسه بازیافت دارد. در ایران کاغذهای بازیافتی از زباله هنوز درجه‌بندی نشده‌انـد، زیرا از این کاغذها در تولید مواد و محصولات با کیفیت پایین مثل شانه تخم‌مـرغ و کـارتن استفاده می‌شود و کیفیت کاغذ بازیافتی تعیین‌کننده نیست، فقط عدم آغشته بـودن کاغـذ بازیافتی به سایر اجزای زباله مطرح است. فـن‌آوری و فرآینـد تولیـد کاغـذ و مقـوا از مـواد بازیافتی زباله را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

گروه اول: پردازش مواد مثل جدا کردن، خرد کردن و جوهرزدایی

گروه دوم: شامل تولید کاغذ

برای جداسازی الیاف کاغذ از یکدیگر، از سه روش مکانیکی، شیمیایی و روش مکـانیکی – شیمیایی استفاده می‌شود. در روش مکانیکی، در خرد کردن کاغذ، الیاف را جدا می‌کنند. در روش شیمیایی، با کمک حلال، جداسازی الیاف انجام می‌گیرد. روش سـوم مخلـوطی از دو روش مکانیکی و شیمیایی است.

بعد از تهیه خمیر کاغذ که از فرآیند بالا تولید می‌شود، مرحله دوم یعنی تولید کاغذ در کارخانه شروع می‌شود. به مرحله اول، صنعت خمیر کاغذ و بـه مرحلـه دوم، صـنعت تولیـد کاغذ می‌گویند. که در تولید کاغذ مراحل پخش مخلوط خام کاغذ، شـکل‌دهـی مـاده خـام، تراکم، خشک کردن و تنظیم ضخامت و بسته‌بندی انجام می‌شود. بعـد از هـر بـار بازیافـت، الیاف کاغذ کمتر و کوتاه‌تر شده و در نتیجه محصولات نهایی از استحکام کمتری برخـوردار می‌گردند (عبدلی ۱۳۸۵، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸). محصولات بـه دسـت آمـده از کاغذهای بازیافتی شامل کاغذ جدید، عـایق‌کـاری، محـل خـواب حیوانـات، کاغـذدیـواری، بسته‌بندی و مواد پرکننده، بسته‌های قالبی (مانند شانه تخم‌مـرغ)، جعبـه حبوبـات، جعبـه کفش و غیره می‌باشد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که بازیافت کاغذ بین ۷۴-۲۳ درصد کاهش انرژی، ۷۴ درصد کاهش آلودگی هوا، ۳۵ درصد کاهش آلودگی آب و ۵۸ درصد کاهش مصرف آب را به همراه دارد. ممانعت از ورود کاغذ به محل دفن توسط بازیافت، مانع از سوختن آن و در نتیجه مانع آلودگی هوا می‌گردد. همچنین حفاظت از منابع اولیه صنعت کاغذسازی که چوب درختان خاصی می‌باشد، در کنترل آلودگی هوا مؤثر است. در فرآیند بازیافت کاغذ، آب استفاده شده در رقیق‌سازی، در مرحله تغلیظ دوباره به چرخه باز می‌گردد و این امر با توجه به اضافه کردن مواد شیمیایی در حین چرخه بازیافت، سبب کاهش مصرف آب و کاهش آلودگی آن می‌گردد. البته در سیستم‌های بازیافت کاغذ، لجن با مواد سمی بسیار زیاد و در حجم بالا تولید می‌شود که یک اثر منفی زیست‌محیطی به حساب می‌آید (دالوند و همکاران، ۱۳۸۶، طراوتی، ۱۳۷۷، عابدینی، ۱۳۸۲، عمرانی ۱۳۷۴، محمدی، ۱۳۸۲).

در کشورهای پیشرفته به علت وجود حجم بالای کاغذ مستعمل، بازیافت کاغذ امری بسیار سودآور و اقتصادی است. بازیافت کاغذ و مقوا ضمن اینکه باعث کاهش هزینه در سیستم‌های مدیریت و جمع‌آوری زباله می‌شود، صرفه‌جویی در تأمین محل‌های دفن و هزینه‌های پرسنلی را نیز به دنبال دارد. جداسازی کاغذ، مردم را به رعایت یک عادت پسندیده در جلوگیری از اسراف و تبذیر ملزم می‌کند و در برنامه‌های مدیریت زباله با شهرداری‌ها، هماهنگی‌های لازم را بوجود می‌آورد، همچنین به عرضه محصولات فرهنگی (کاغذ به عنوان یک محصول فرهنگی) در جامعه کمک می‌کند. البته بازیافت کاغذ و مقوا به صورت مؤثر و کامل نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالایی دارد (دالوند و همکاران، ۱۳۸۶، عابدینی، ۱۳۸۲، عمرانی، ۱۳۷۴، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸).

۵-۳. بازیافت پلاستیک

عنصر پلاستیک شامل انواع گسترده‌ای از رزین‌ها و پلیمرها با مشخصات و استفاده کاملا متفاوت، می‌شود. پلاستیک‌ها می‌توانند بر اساس درجه و رنگ جداسازی شوند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). اما اکثر مردم قادر نیستند انواع پلاستیک‌ها را از همدیگر تشخیص دهند. به همین منظور، صنعت پلاستیک برای تشخیص نوع پلاستیک، از سیستم کدگذاری در داخل سه پیکان مثلثی برای پلاستیک‌ها استفاده می‌کند (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵). تقریباً ۸۰ درصد پلاستیک‌ها را ترموپلاستیک‌ها تشکیل می‌دهند که می‌توان برای ساخت محصولات جدید، دوباره آنها را ذوب کرد و در قالب ریخت. ۲۰ درصد بقیه، پلاستیک‌های ترموپلاست هستند که در اثر گرم شدن تجزیه می‌شوند و بازیافت آنها بسیار مشکل است. هنگام کار با پلاستیک‌ها، باید نوع پلاستیک را تشخیص داد. برای این کار از سیستم کدبندی (کدهای بازیافت) استفاده می‌شود، که این کدها در پایین بسته‌بندی‌ها وجود دارد. در این سیستم شش نوع پلاستیک متداول در محصولات روزمره، مشخص شده‌اند. جدول شماره (۵-۱) انواع معمول پلاستیک‌ها را بر اساس کدهای شناسایی نشان می‌دهد. این علائم، برای شناسایی نوع پلاستیک است و نه قابلیت بازیافت آن، گونه‌های ۱ و ۲، معمولا بازیافت می‌شوند، گونه ۴ کمتر بازیافت می‌گردد. سایر گونه‌ها، عموما بازیافت نمی‌شوند، مگر در برنامه‌های آزمایشی کوچک. این هفت گروه، انواع مورد تأکید در بازیافت‌اند (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵).

جدول ۵-۱: انواع معمول پلاستیک با کدهای بازیافت

عدد کد	نام شیمیایی	نام اختصاری	مورد استفاده
۱	پلی اتیلن تری فتالات	PET	بطری‌های نوشیدنی نرم (نوشابه خانواده)، آب معدنی، برخی بسته بندی‌های ضد آب
۲	پلی اتیلن با دانسیته بالا	HDPE	پاکت‌های شیر، بطری‌های روغن، پاک‌کننده‌ها، اسباب‌بازی ها، جعبه های پلاستیکی
۳	پلی وینیل کلراید	PVC	بسته بندی مواد غذایی، بطری روغن نباتی، بسته بندی هوای باد کرده (بلستر)، پوشش سیم های برق، لوله‌های پولیکا

۴	پلی اتیلن با دانسیته پایین	LDPE	جعبه‌های پلاستیک، کیسه زباله،کیسه‌های خوار و بار فروشی، پوشش و روکش لباس
۵	پلی پروپیلن	PP	ظروف یخچال، پوشش باطری های اتومبیل، درب بطری ها، برخی قالب‌ها، برخی از پوشش‌های مواد غذایی، برخی کیف ها
۶	پلی استایرن	PS	بسته‌های محافظ، بسته‌های گوشت، ظروف یکبار مصرف
۷	پلاستیک مخلوط	Other	نیمکت، پالت، ضربه‌گیر

منبع: پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵

۵-۳-۱. پلی اتیلن تری فتالات (PETE)

در بین پلاستیک‌ها، تنها پلی‌اتیلن تری فتالات (PET) و پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE) قابل بازیافت هستند. PET بازیافتی، مصارف زیادی دارد و دارای بازار خوبی است. بیشترین کاربرد آن در صنعت نساجی می‌باشد. تقریبا بیش از ۹۰ درصد بطری‌های ساخته شده از PET، قابلیت بازیافت با راندمان بالا دارند. به طور کلی قابل بازیافت بودن این ظروف تنها دلیلی نیست که آنها را از نظر زیست محیطی متمایز می‌سازد، بلکه آنها وزن بسیار کمی دارند، با کاهش حجم ظروف PET می‌توان فضای کمتری را در هنگام حمل و نقل اشغال کرد. به دلیل وزن کم این محصولات، در هنگام حمل و نقل، بنزین کمتری مصرف شده و در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌گردد (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸). ممنوعیت استفاده از پلاستیک برای بهبود عملیات دفع، کاری را از پیش نمی‌برد، زیرا این مواد هم اکنون به شکل فزاینده و به وفور در سایر مواد وجود دارند، بنابراین توجه به مصرف و برنامه‌ریزی صحیح برای عملیات دفع مواد پلاستیکی باید همگام با تولید این مواد مدنظر قرار گیرد (عمرانی، ۱۳۷۴). محصولاتی که در ایران از پلاستیک‌های ضایعاتی تولید می‌شوند، در مقایسه با محصولات مشابه خارجی کیفیت بسیار پایین‌تری دارند. علت این مسئله را می‌توان در نحوه جمع‌آوری پس‌ماندها و نیز در مکانیسم

بازیافت آنها دانست (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵). فرآینـد بازیافـت پلاسـتیک از زبالـه دارای مراحل جداسازی، شست و شو، آسیاب، آبگیری و خشک کردن و بسته‌بندی می‌باشد (عبـدلی، ۱۳۸۵، عمرانـی، ۱۳۷۴، عمرانـی و علـوی نخجـوانی، ۱۳۸۸، Mancini et al., 2010).

پلاستیک‌ها از مواد اولیه نفتی ساخته می‌شوند، بنابراین بازیافـت آنهـا بـه جلـوگیری از اتلاف منابع طبیعی کشور کمک می‌کند. همچنین استفاده مجدد از پلاستیک صرفه‌جـویی بسیاری به لحاظ انرژی و منابع مالی به دنبال دارد. حفاظت محیط‌زیست و بهداشت عمومی نیز از دیگر اثرات مثبت این فرآیند است. ناسازگاری و ناهمگونی مواد، تغییرات کیفی مـواد، انتقال عوامل بیماری‌زا به محصولات جدید از محصولات قدیم و محیط کـار، امکـان وجـود برخی از مواد غیرپلاستیکی و ایجاد بیماری‌های شغلی از پیامدهای منفی بازیافت پلاستیک می‌باشد (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴، ; Avila and Duarte, 2003 Guo and Merrington, 1996).

۵-۴. بازیافت شیشه

علاوه بر کمبود مواد خام اولیه که برای بازیافت شیشه خود دلیل موجهی است، اسـتفاده از شیشه‌های دست دوم (خرده شیشه) نیز از نظر اقتصادی بسیار مقرون بـه صـرفه مـی‌باشـد (عمرانی، ۱۳۷۴). شیشه می‌تواند بر اساس رنگ (روشن، قهوه‌ای و سبز) و بـدون هـر گونـه آلودگی جداسازی شود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین ظروف شیشه‌های دهان گشاد و حاوی چاشنی‌ها، شیشه‌های ماءالشعیر، نوشابه یا آب معدنی می‌تواننـد بازیافـت شـوند. امـا شیشه شکسته پنجره، شیشه شکسته جلـوی اتومبیـل، ظـروف پیـرکس، لامـپ روشـنایی، شیشه‌های آزمایشگاهی یا طبـی، آینـه، ظـروف سـرامیکی و چینـی، کریسـتال یـا شیشـه

تلویزیون غیرقابل بازیافت هستند (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸).

شیشه مورد استفاده برای بازیافت باید عاری از هرگونه ماده زاید مثل سرامیک، برچسب، درب‌های قوطی فلزی و غیره باشد. مراحل کلی بازیافت شیشه از زباله‌های شهری شامل جداسازی بر اساس رنگ، شست و شو، جدا کردن برچسب و درب، آسیاب، سرند، ارسال به کارخانه، شکل‌دهی و پوشش اکسید سرب می‌باشد (عبدلی، ۱۳۸۵). محصولات نهایی حاصل از این فرآیند، ظروف جدید، فیلتراسیون آب، شن‌شویی، آسفالت و مخلوط متراکم، انواع پرکننده‌ها و عایق‌کاری می‌باشد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که با روش‌های فعلی بازیافت شیشه، بین ۴۰-۳۲ درصد صرفه‌جویی انرژی، ۲ درصد کاهش در آلودگی هوا، ۸۰ درصد کاهش در حجم سنگ معدن و ۵۰ درصد کاهش در مصرف آب به وجود می‌آید. علاوه بر این، حفظ منبع اصلی ساخت شیشه (کربنات کلسیم) را نیز داریم. البته در مرحله شست و شوی شیشه، مقداری فاضلاب تولید می‌گردد که به عنوان یک اثر نامطلوب شناخته می‌شود. از اثرات اقتصادی – اجتماعی بازیافت شیشه به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

- این فرآیند قیمت مصرف را کاهش می‌دهد.
- ایجاد اشتغال‌زایی
- افزایش آگاهی عمومی از مشکلات زباله
- البته شیشه‌ها به علت داشتن وظیفه نگه‌داری و حمل مواد غذایی، با بهداشت عمومی ارتباط تنگاتنگی دارند (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸).

۵-۵. بازیافت لاستیک

افزایش روزافزون اتومبیل و سایر وسایط نقلیه جاده‌ای در دهه‌های اخیر در دنیا و در کشور ما، منجر به ایجاد حجم عظیمی از لاستیک‌های فرسوده و مستعمل و مشکلات مربوط به آنها گردیده است (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴). لاستیک‌ها به دلیل اندازه، شکل و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی‌شان مشکلاتی در رابطه با دفع دارند. دفن لاستیک‌ها به طور کلی به فضای دفن بسیار بزرگی نیاز دارد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸). بنابراین بررسی پتانسیل بازیافت لاستیک‌ها از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی ضروری است. یکی از روش‌های بازیافت لاستیک، روکش مجدد است. روش دیگر بازیافت لاستیک‌ها، خرد کردن آن، جداسازی ذرات و استفاده از لاستیک‌های خرد شده به همراه مواد اصلی در کوره‌های ذوب و در نهایت تولید لاستیک‌های جدید است (عبدلی، ۱۳۸۵). از لاستیک‌های خرد شده می‌توان به عنوان ماده اولیه در کف‌سازی زمین‌های ورزشی، پارکینگ اتومبیل‌ها، عایق‌سازی زیر جاده، تثبیت شیب، دیواره‌های خاک‌ریز، سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه در محل دفن، سنگ‌چین جاده، روکش آسفالت خیابان‌ها، تولید موکت، تولید ریل‌های لاستیکی، مالچ، بازیافت انرژی و غیره استفاده نمود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴).

بازیافت لاستیک دارای تأثیرات زیست‌محیطی فراوانی است از جمله (خانی و همکاران ۱۳۸۹، عابدینی، ۱۳۸۵، عبدلی، ۱۳۷۲):

- کاهش مصرف مواد خام اولیه
- کاهش فضای موردنیاز برای دفن
- کاهش مصرف انرژی
- بهسازی محیط‌زیست و کاهش آلودگی‌های آن

لاستیک‌های مستعمل چنانچه دوباره روکش شوند دارای ارزش اقتصادی بالایی می‌باشند. همین طور استفاده از لاستیک مستعمل و فرسوده خرد شده به عنوان سوخت،

کمک قابل توجهی در کاهش هزینه‌های تولید انرژی دارد. کاهش هزینه‌ها، اشتغال‌زایی و بالا رفتن سطح رفاه عمومی از اثرات دیگر اقتصادی – اجتماعی بازیافت لاستیک‌های فرسوده است. البته این گونه لاستیک‌ها یکسری مشکلاتی نیز به دنبال دارند از جمله لاستیک‌های تولید شده از مواد بازیافتی کیفیت خوبی ندارد و شکنندگی آن بیشتر است و از طرف دیگر دفن آنها با سایر زباله‌ها مشکلات زیادی را در محل دفن ایجاد می‌کند (عبدلی، ۱۳۸۵). آب بارانی که در یک لاستیک جمع‌آوری می‌شود، محیط پرورش ایده‌آلی را برای عده زیادی از ناقلین بیماری مثل پشه‌ها فراهم می‌کند. خطر دیگری که ناشی از انباشته شدن لاستیک‌های فرسوده می‌باشد، احتمال آتش گرفتن زیاد آن‌هاست. انتشار آلاینده‌ها به هوا ناشی از سوختن لاستیک‌ها، نسبت به سایر منابع احتراق کنترل شده سمی‌تر هستند و بوی حاصل از آتش‌سوزی آنها نیز بر سلامت انسان تأثیر منفی می‌گذارد و خاکستر حاصل نیز می‌تواند خاک و آب‌های سطحی را آلوده کند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۵-۶. بازیافت فلزات

مواد فلزی غالباً جدا از مواد زاید جامد شهری جمع‌آوری و بازیافت می‌شوند، اما به طور عمومی بیشترین نرخ بازیافت مواد زاید جامد را به خود اختصاص می‌دهند (عبدلی، ۱۳۷۳). فلزات برای بازاریابی به دو بخش فلزات آهنی (آهن، استیلی، حلبی) و فلزت غیرآهنی (آلومینیوم، مس، برنج) تقسیم و جداسازی می‌شوند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

درصد فلزات آهنی در زباله‌های شهری به مراتب بیشتر از درصد فلزات غیرآهنی است. در بازیافت فلز مسئله اصلی استفاده مجدد از آن‌هاست. از این مواد به عنوان ماده خام اولیه در فرآیند ذوب مجدد کارخانه‌های تولید فلز هم استفاده می‌شود. منابع اصلی فلزات در

مناطق مسکونی، قوطی‌های کنسرو و سایر بسته‌بندی‌های فلزی است. این قوطی‌ها معمولا دارای پوشش ضد زنگ از جنس قلع یا بعضا سرب می‌باشند. حذف سرب و یا قلع از این قوطی‌ها قبل از ورود به کوره‌های ذوب، هزینه‌بر است و معمولا با الکترولیز انجام می‌شود. به همین دلیل بازیافت‌کنندگان و خریداران فلز از خرید این قوطی‌ها خودداری می‌کنند (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی و علوی نخجوانی، ۱۳۸۸). استیل از بسیاری از منابع شامل اتومبیل‌ها، لوازم گالوانیزه، قوطی‌ها و اجزاء ساختمان بعد از حذف و جداسازی مغناطیسی آلودگی‌ها و ناخالصی‌ها، بازیابی و مجدد ساخته و تبدیل به همان مواد اولیه می‌شود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

ارزش فلزات غیرآهنی در مقایسه با سایر مواد بازیافتی در زباله‌های شهری بسیار بالاست. تنها فلز غیرآهنی که در زباله‌های خانگی فراوان‌تر است، آلومینیوم حاصل از مواد بسته‌بندی و فویل‌های آلومینیومی می‌باشد (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴)، و بعد از آن مس و سرب است (عابدینی، ۱۳۸۲).

در فرآیند بازیافت فلزات مراحل: جداسازی فلزات برحسب نوع از زباله‌های شهری به روش‌های دستی، مغناطیسی، شناورسازی و جریان ادی (برای آلومینیوم)، شست‌وشو، الکترولیز، فشرده‌سازی و عدل‌سازی، ذخیره و حمل به کارخانه‌های ذوب، تهیه آلیاژ و ارسال به صنایع فلزی دیده می‌شود (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که بازیافت فولاد با ۷۴-۴۷ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ۸۵ درصد کاهش آلودگی هوا، ۷۶ درصد کاهش آلودگی آب، ۹۷ درصد کاهش زایدات سنگ معدن و ۴۰ درصد کاهش مصرف آب همراه است. همین طور بازیافت آلومینیم، ۹۷-۹۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ۹۵ درصد کاهش آلودگی هوا، ۹۷ درصد کاهش آلودگی آب و کاهش چشم‌گیری در میزان سنگ معدن مصرفی را به دنبال دارد. دمای ذوب آهن و فولاد در حالت بازیافت بسیار کمتر از آن برای مواد اولیه است که باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ منابع

سوختی با ارزش می‌شود. همین طور در فرآیند بازیافت آلومینیوم و همچنین فولاد در کوره‌های الکتریکی و ذوب گاز متصاعد شده قابل توجهی وجود ندارد.

علاوه بر مسائل زیست محیطی مطرح شده برای بازیافت فلزات، بررسی مسائل اجتماعی – اقتصادی نیز نشان می‌دهد که فلزات محصولاتی هستند که سریع‌ترین بازگشت سرمایه و پرسودترین فرآیندهای بازیافت را دارند. مثلاً بازیافت آلومینیوم، با توجه به محدودیت منابع و هزینه بر بودن فرآیند استخراج، دارای سود اقتصادی بالایی می‌باشد. البته نکته قابل تعمق در مورد بازیافت فلزات این است که مخارج جمع‌آوری و پالایش مواد جداسازی شده از زباله بیشترین هزینه‌ها را تشکیل داده و اصل اقتصادی بودن بازیافت را مورد سؤال قرار می‌دهد (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴، Martin et al., 1995; US EPA, 1989).

۵-۷. بازیافت نخاله‌های ساختمانی

پسماندهای ناشی از فعالیت‌های ساخت‌وساز، تخریب و نوسازی، پروژه‌های آسفالت‌کاری مجدد جاده، تعمیر پل‌ها و پاکسازی محل و سوانح طبیعی (گردباد، طوفان، زمین لرزه) و غیرطبیعی، در واقع منابع نخاله‌های ساختمانی هستند که این نخاله‌ها معمولاً شامل حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد بتون، آسفالت، آجر و ریگ‌ها، ۲۰ تا ۳۰ درصد چوب و محصولات مربوطه و ۲۰ تا ۳۰ درصد پسماندهای متفرقه (فلزات، گچ، شیشه، پنبه نسوز، اجزای لوله‌کشی و الکتریکی می‌باشند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). نخاله‌های ساختمانی معمولا کم خطرترین انواع زباله هستند و دفع آنها به سهولت و به طور معمول جدا از سایر مواد زاید جامد شهری صورت می‌گیرد. از سوی دیگر طبیعت متفاوت بارگیری و حمل و نقل آنها، قیمت کم مواد بازیافتی و فراوانی مصالح طبیعی باعث شده تا فن‌آوری‌های بازیافت نخاله‌های ساختمانی

گسترش چندانی نیابد و تنها در نقاط خاص استفاده شود (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۷۹، هاشمی، ۱۳۸۵). با این حال، طی ۱۰ سال گذشته، در بازیابی نخاله‌های ساختمانی پیشرفت‌های چشم‌گیری حاصل شده است (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۵-۷-۱. مدیریت نخاله‌های ساختمانی

چهار روش جهت مدیریت نخاله‌های ساختمانی وجود دارد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹):

۱. کاهش در مبدا: افزایش هزینه‌های مربوط به دفع نخاله‌های ساختمانی از طریق دفن، انگیزه‌ای برای کاهش دادن مقدار این زباله‌ها به وجود می‌آورد.

۲. استفاده مجدد

۳. دفن

۴. بازیافت: فرصت‌های بازیابی و استفاده مجدد مربوط به نخاله‌های ساختمانی، به بازار و نیز به توانایی لازم جهت پردازش زباله جامد در یک ظرف یا مواد مجزا بستگی دارد.

فرآیندهای مورد استفاده در بازیافت نخاله‌های ساختمانی به شرح زیر هستند (عابدینی، ۱۳۸۲، هاشمی، ۱۳۸۵):

۱. بازیافت جزء به جزء در هنگام عملیات تخریب: این روش به لحاظ طبیعت شبیه به روش تفکیک از مبدأ می‌باشد.

۲. بازیافت بتون مسلح و بتون آسفالتی: این فرآیند گردوغبار زیادی تولید می‌کند و می‌بایستی در طراحی آن سیستم‌های مهارکننده را در نظر گرفت و یا اینکه اثر آن را بر محیط اطراف مطالعه نمود.

۳. بازیافت در جای آسفالت: تراشیدن آسفالت موجود، بازیافت و پخش آن در محل.

امروزه دیدگاه‌های زیست محیطی نخاله‌های ساختمانی در تمام دنیا مورد توجه بسیار قرار گرفته‌اند (عبدلی، ۱۳۸۵). کلیدی‌ترین اصل بازیافت نخاله‌های ساختمانی، حمل و نقل

مواد اولیه با جرم حجمی بالا و در مسافت‌های نسبتا طولانی است. بازیافت این مواد باعث جلوگیری از اثرات نامطلوب اقتصادی و زیست محیطی حمل و نقل وسیع نخاله‌ها می‌شود (عابدینی، ۱۳۸۲، هاشمی، ۱۳۸۵). بازیابی نخاله‌های ساختمانی می‌تواند احتیاج به انرژی و منابع طبیعی و نیز مقدار زمین مورد نیاز برای استخراج منابع و احتیاج به زمین برای دفن بهداشتی را کاهش دهد. البته، اثر نامطلوب زیست محیطی بازیافت نخاله‌های ساختمانی، آلودگی هوا می‌باشد. به عنوان مثال ذرات ناشی از خرد شدن قطعات بتون، در هوا منتشر شده و آلودگی هوا را باعث می‌شود (عابدینی ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵).

در خصوص اثرات و مسائل اقتصادی – اجتماعی بازیافت این مواد، به نکات زیر می‌توان اشاره نمود.

نخاله‌های ساختمانی به دلیل حجم و وزن بالا، فضای زیادی برای دفن و تلنبار، نیاز داشته و هزینه‌های حمل و نقل گرانی را به اجتماع تحمیل می‌کنند، اما منابع اولیه آنها غالباً مواد ارزان قیمت می‌باشد، به همین دلیل در بازیافت نخاله‌های ساختمانی بیشتر دو مورد نخست را مدنظر قرار می‌دهند.

- حمل و نقل نخاله‌های ساختمانی به خصوص در مراکز بزرگ جمعیتی با توجه به ارزش سوخت‌های فسیلی و کار لازم جهت بارگیری و تخلیه، فرآیندی پر هزینه محسوب می‌شود، که این هزینه‌ها با بازیافت یا استفاده مجدد از مصالح و نخاله‌های ساختمانی کاهش می‌یابند.

- در صورتی که فرآیند بازیافت بتواند در حجم گسترده، هزینه‌های حمل و نقل را در کارهای ساختمانی کاهش دهد و محصولات با ارزش افزوده مناسبی تولید کند، می‌تواند در قیمت مسکن و تسهیل انجام پروژه‌های عمرانی نقش بسزایی ایفا نماید.

- بازیافت آسفالت که هم اکنون فرآیندی متداول و مورد علاقه در سطح دنیاست، علاوه بر اثرات مثبت زیست محیطی، قیمت تمام شده کمتری داشته و به علت سرعت اجرای بالا، محیط‌های شهری را دچار کم‌ترین معضل ترافیکی می‌نماید (عابدینی، ۱۳۸۲).

۵-۸. روش‌های بازیافت انرژی از زباله‌های شهری

رشد فزاینده مواد زاید جامد شهری تولیدی از فعالیت‌های بشر، نیاز به استفاده و به کارگیری روش‌های علمی برای دفع ایمن زباله‌ها را ایجاد کرده است. از آنجا که نیاز آشکاری برای کاهش تولید زباله‌ها و تلاش برای بازیافت و استفاده مجدد از آنها وجود دارد، فن‌آوری‌های استحصال انرژی از زباله‌ها می‌تواند نقش مهمی در کاهش مشکلات در کنار بازیافت انرژی ذاتی آنها داشته باشد. این فن‌آوری‌ها کاهش مهمی در کل مقادیر زباله ایجاد کرده و موجب دفع بهداشتی بهتری در شرایط کنترل و رعایت استانداردهای کنترل آلودگی می‌شوند. زباله‌های شهری از مواد آلی و غیرآلی تشکیل شده‌اند، بنابراین اکثر مواد موجود در آنها (بخش آلی زباله‌ها) با پردازش‌های مناسب و فن‌آوری مربوط، قابلیت بازیافت انرژی دارند (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵). در هر صورت، بازیابی انرژی مزیت‌های زیر را به دنبال دارد:

۱. کاهش ۹۰ درصدی حجم زباله

۲. کاهش تقاضای زمین دفن

۳. کاهش در آلودگی‌های محیط زیست و حفظ بهداشت عمومی

از جمله فن‌آوری‌های بازیافت انرژی از زباله‌های شهری به موارد زیر می‌توان اشاره نمود (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴، محمدی، ۱۳۸۲):

۱. پیرولیز

۲. تولید سوخت‌های حاصل از زباله (RDF) (Refuse Derived Fuel)

۳. تولید بیوگاز

۴. تولید انرژی به روش زباله‌سوزی

روش‌های اول، دوم و چهارم روش‌های ترموشیمیایی بوده که برای زباله‌های با درصد رطوبت پایین مناسب است، در حالی که روش بیوشیمیایی (بیوگاز) در مورد زباله‌های با درصد بالای مواد آلی قابل تجزیه و درصد رطوبت بالا بهتر است. در هر صورت، عوامل مهم در انتخاب روش‌های مختلف بازیافت انرژی از زباله‌های شهری شامل: کیمت زباله، اندازه مواد، چگالی، رطوبت، مواد فرار، کربن ثابت، کل مواد خنثی و ارزش حرارتی می‌باشد (پورعلاقه بندان و همکاران، ۱۳۸۹، خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵).

۵-۸-۱. پیرولیز

تغییر شیمیایی مواد آلی زباله در اثر حرارت، فرآیند تقطیر تخریبی و یا سوختن بدون حضور اکسیژن، پیرولیز نام دارد. محصول آن شامل مواد جامد (کربن)، مایع (اتیلن) و گاز (متان) است. که تمام آنها، سوخت مراحل بعدی می‌باشند. در این روش، مقدار محدودی اکسیژن به صورت اکسیژن خالص یا هوا وارد سیستم می‌شود و نتیجه آن، تولید حرارت کافی در اثر اکسیداسیون برای تولید یک سیستم خود اتکا می‌باشد (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عمرانی، ۱۳۷۴). البته، در دمای بالایی که پیرولیز صورت می‌گیرد فلزات سمی شامل کادمیوم، سرب، جیوه و گازهای اسیدی منتشر می‌شود (عبدلی، ۱۳۸۵).

۵-۸-۲. سوخت حاصل از زباله (RDF)

در این روش، زباله جامد قبل از ورود به مرحله احتراق، فرآوری می‌شود تا اقلام غیرقابل احتراق آن جدا شده و اندازه ذرات قابل احتراق کاهش داده شود تا سوختی یکنواخت‌تر و با ارزش حرارتی بالاتر حاصل شود. مزیت کارخانجات RDF سوز، یکنواخت بودن ارزش حرارتی سوخت آن است، که باعث می‌شود میزان هوای مورد نیاز برای عملیات احتراق کاهش یابد و همچنین آلودگی هوا کم گردد (پورعلاقه‌بندان، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴).

۵-۸-۳. بیوگاز (تجزیه بی‌هوازی)

تجزیه یا هضم بی‌هوازی عبارت است از تجزیه مواد فسادپذیر زباله توسط عمل باکتری‌ها در غیاب اکسیژن، حاصل این کار، گازی است که ترکیبی از متان و دی‌اکسیدکربن می‌باشد، این روش تجزیه، به نام بیوگاز شناخته می‌شود (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵). این روش شامل سه مرحله است (کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵):

۱. آماده‌سازی مواد آلی زباله

۲. افزایش رطوبت و مواد معدنی، به هم زدن، حرارت دادن، تنظیم PH و هضم بی‌هوازی

۳. جمع‌آوری و ذخیره‌سازی

شرایط مطلوب برای انجام بیوگاز شامل رطوبت بیش از ۵۰ درصد، مواد آلی یا فرار بیش از ۴۰ درصد و نسبت کربن به ازت بین ۲۵ و ۳۰ مواد اولیه مورد نیاز می‌باشد (عبدلی، ۱۳۸۵).

۵-۸-۴. زباله‌سوزی

زباله‌سوزی برای دو منظور می‌تواند در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری مورد استفاده قرار گیرد، به عنوان گزینه مناسبی برای دفع و به عنوان تبدیل زباله به انرژی (عبدلی،

۱۳۸۵). یکی از مؤثرترین شیوه‌ها برای کاهش خطرات بالقوه زباله و در صورت امکان تبدیل آنها به انرژی قابل استفاده، سوزاندن زباله است (جمشیدی، ۱۳۸۵، خانی و همکاران، ۱۳۸۹). مهم‌ترین مزیت زباله‌سوز در مقایسه با روش‌های موجود دیگر دفع، کاهش بیش از اندازه حجم زباله است (عبدلی، ۱۳۸۵)، مزایای دیگر آن شامل حذف فوری زباله و کاهش زمان نگه‌داری آن، کاهش آلودگی‌های محیط زیست، کاهش تقاضای زمین محل دفن و فروش انرژی حاصل از آن می‌باشد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴). به هر حال زباله‌سوزها اغلب به عنوان راه‌حلی برای کمبود محل‌های دفن شهری در نظر گرفته می‌شوند تا وسیله‌ای برای بازیافت مؤثر انرژی از جریان زباله‌ها (جمشیدی، ۱۳۸۵، عبدلی، ۱۳۸۵). هزینهٔ بالای سرمایه‌گذاری برای خرید زباله‌سوز، همواره بزرگ‌ترین مانع برای استفاده از این فن‌آوری در کشور ما بوده است، و در مقایسه با سایر روش‌های دفع، گران‌ترین روش دفع در دنیا به شمار می‌رود (جمشیدی، ۱۳۸۵، خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴).

زباله‌سوزهای مخصوص زباله از جمله مشکل‌ترین نوع زباله‌سوزها از نظر طراحی و به کارگیری محسوب می‌شوند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). ارزش حرارتی مواد، اندازه مواد، تراکم مواد، درصد رطوبت، ترکیب شیمیایی، مقدار مواد باقی‌مانده بعد از سوختن، مقدار خاکستر حاصل از سوختن و درجه اشتعال، به صورت مستقیم در انتخاب و طراحی زباله‌سوز نقش دارند (عبدلی، ۱۳۸۰). مواد اولیه مورد نیاز برای دریافت انرژی از زباله‌های شهری به روش زباله‌سوزی باید دارای خواص کیفی زیر باشند (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۷):

- رطوبت پایین حداکثر ۴۵ درصد
- کربن ثابت کمتر از ۳۵ درصد
- مواد خنثی کمتر از ۳۵ درصد
- مواد آلی یا فرار بیش از ۴۰ درصد

- ارزش حرارتی بالا، حداقل ۱۲۰۰ کیلو کالری بر کیلوگرم

۵-۸-۴-۱. تجهیزات کارخانه زباله‌سوز شهری

طرح‌ها و سیستم‌های فنی کارخانه‌های زباله‌سوز با توجه به امکانات فنی و فن‌آوری متفاوت بوده ولی در اصول دارای روش‌های خاص و منحصر به فرد است (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عابدینی، ۱۳۸۲، عمرانی، ۱۳۷۴). در هر صورت، تجهیزات کلی یک کارخانه زباله‌سوز عبارتند از:

- توزین
- مخزن نگه‌داری یا انبار
- جرثقیل
- قیف تغذیه
- نقاله
- مواد سوختی کمکی
- کوره
- دیگ بخار حرارتی
- الکتروفیلتر
- سیکلون گردوغبار
- ونتیلاتورها
- دودکش
- توربین بخار
- ژنراتور
- مخزن ذخیره آب گرم
- تجهیزات تصفیه فاضلاب (دفع فلزات سنگین)

بارزترین اثر منفی زیست محیطی زباله‌سوزی، که غالباً عامل حاکم بر امکان‌سنجی فرآیند است، انتشار گازهای آلاینده هوا می‌باشد. به طور معمول، انرژی و سرمایه قابل توجهی برای کنترل آلودگی هوا و فاضلاب و پایین آوردن میزان آلاینده‌ها تا حد مجاز مصرف می‌شود. البته تولید انرژی حرارتی که غالباً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد، کمکی در جهت حفظ منابع سوختی است.

از لحاظ اقتصادی، خرید تجهیزات زباله سوزی بسیار گران بوده و هزینه‌بر است، اما چنانچه فرآیند تفکیک زباله قبل از زباله سوزی انجام گیرد و تنها مواد اولیه مناسب وارد زباله شود، این روش می‌تواند به عنوان یک روش اقتصادی و زیست محیطی مثبت تلقی گردد (جمشیدی، ۱۳۸۵، عابدینی، ۱۳۸۲).

در هر صورت تولید انرژی از زباله‌های شهری به دلیل پایین بودن ارزش حرارتی مواد و بالا بودن درصد رطوبت آن‌ها برای شهرهای کشور توصیه نمی‌شود. علاوه بر این‌ها عدم طراحی زباله‌سوزهای وارداتی براساس کیفیت مواد زاید جامد شهری درکشور و هزینه‌های زیاد خرید و نگه‌داری زباله‌سوزهای شهری عوامل دیگری است که استفاده از زباله‌سوزها را برای تولید انرژی از زباله‌سوزهای شهری ایران با مشکلات متعدد فنی، راهبردی، اقتصادی و زیست محیطی مواجه می‌کند (عبدلی، ۱۳۸۰).

۵-۹. تولید کمپوست

بخش قابل توجهی از زباله‌های شهری را در همه کشورهای جهان مواد فسادپذیر تشکیل می‌دهد که به دلیل رطوبت بالا و تولید شیرابه، مشکلات فراوانی از لحاظ زیست محیطی و بهداشتی در محل‌های دفن ایجاد می‌کند (سیدحسنی، ۱۳۸۵، عابدینی، ۱۳۸۲). به همین دلیل، تولید کمپوست یکی از موارد مطرح در استراتژی مدیریت مواد زاید شهری می‌باشد که می‌تواند برای پسماند مخلوط شهری و یا تفکیک شده اعمال گردد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹).

کمپوست‌سازی عبارتست از تجزیه بیولوژیکی مواد آلی قابل تجزیه موجود در زباله‌های شهری، تحت شرایط هوازی و کنترل شده، به طوری که مواد کمپوست شده به اندازه کافی تثبیت شده و از نظر ذخیره‌سازی، جابه‌جایی و مصرف در خاک ایمن باشد (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴). پس کمپوست کردن یکی از روش‌های بازیافت مواد و انرژی از زباله‌های فسادپذیر شهری و نیز یکی از روش‌های دفع زباله است. کمپوست خوب باید به رنگ قهوه‌ای و قسمت اعظم آن از مواد هوموسی تشکیل شده باشد (سیدحسنی، ۱۳۸۵، عبدلی، ۱۳۸۵). محدوده میزان مواد مغذی کمپوست

(ارزش کودی کمپوست) شامل ازت ۱/۶-۰/۴ درصد، فسفر ۰/۴-۰/۱ درصد و پتاسیم ۰/۶-۰/۲ درصد است (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). این کمپوست به عنوان اصلاح کننده خاک، در کشاورزی کاربرد فراوانی دارد (عبدلی، ۱۳۷۲ و ۱۳۸۵). منابع اولیه مناسب برای تولید کمپوست عبارتند از: فضولات انسانی، فضولات دامی، زایدات کشتارگاه‌ها، لجن فاضلاب، مواد زاید صنایع غذایی، زباله‌های خانگی، رستوران‌ها و فروشگاه‌های مواد غذایی (عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴). مواد اولیه مورد استفاده جهت تولید کمپوست بایستی دارای خواص کیفی زیر باشند (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵):

۱. زباله عاری از مواد غیرقابل کمپوست شدن باشد.

۲. نسبت کربن به ازت مواد بین ۳۵ تا ۵۰

۳. PH بین ۵ تا ۸/۵

۴- زباله عاری از مواد سمی و خطرناک باشد.

۵- رطوبت توده زباله حدود ۵۰ درصد

۶- مواد آلی زباله حداقل معادل ۵ درصد کل وزن زباله باشد.

۷- اندازه ذرات زباله ۷-۳ سانتی‌متر

۸- عناصری ضروری برای عمل تخمیر مثل منگنز، گوگرد و فسفر به مقدار کافی در تودهٔ زباله وجود داشته باشد.

یک مشکل اساسی در کمپوست، رطوبت مواد است. اگر مخلوط، بیش از اندازه خشک باشد، میکرو ارگانیسم‌ها می‌میرند و فرآیند متوقف می‌شود. اگر رطوبت بیش از حد باشد، هوادهی را مشکل می‌سازد و فرآیند، بی‌هوازی می‌شود (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). چهار مرحلهٔ اصلی تهیه کمپوست عبارتند از (خانی و همکاران، ۱۳۸۹):

۱. آماده‌سازی

۲. تجزیه

۳. پردازش نهایی

۴. بازاریابی

کمپوست یک فرآیند قدمت‌دار و کاملاً درک شده است، اما مشکلات و محاسنی نیز به دنبال دارد.

مزایای بازیافت به روش کمپوست عبارتند از (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی ۱۳۷۲ و ۱۳۸۵):

۱. نیاز به زمین کم برای احداث کارخانه

۲. کاهش تقاضای زمین محل دفن

۳. تولید کود گیاهی، در نتیجه سوددهی بالا.

۴. جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مواد فسادپذیر و شیرابه آنها

همچنین مشکلات جدی در کاربرد آن برای فرآوری پسماند جامد شهری عبارتند از (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی ۱۳۷۲ و ۱۳۸۵):

۱. کمبود بازار برای محصولات نهایی

۲. سرمایه‌گذاری اولیه بسیار بالا

۳. کاهش حجم زباله دفنی

۴. فاکتورهای زیست محیطی واحدهای کمپوست به خصوص بوی آنها

اولین مشکل، جدی‌ترین آنهاست (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). کمپوست باید براساس کیفیت آن، با قیمتی مناسب به فروش برسد (عبدلی، ۱۳۸۵، ناظم، ۱۳۸۵).

کمپوست با مصرف شدن به صورت کود، در مصرف کودهای شیمیایی ازته و فسفاته، که باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شوند، صرفه‌جویی می‌کند، البته در ساخت کمپوست

نسبت به فرآیند تولید کودهای مشابه، انرژی بیشتری مصرف می‌شود. سرمایه‌گذاری بالای احداث کارخانه کمپوست و هزینه بالای نگه‌داری تجهیزات آن از عوامل منفی اقتصادی این روش می‌باشد (سیدحسنی، ۱۳۸۵، عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵).

مراحل تولید و روند عملیاتی کارخانه‌های کمپوست به صورت زیر می‌باشد (طالب، ۱۳۷۱، عبدلی، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵):

۱. دریافت زباله
۲. غربال کردن و تفکیک زباله‌های غیرقابل کمپوست
۳. خرد کردن
۴. جداسازی
۵. تنظیم رطوبت و نسبت کربن به ازت
۶. هاضم و هوادهی
۷. مانع شدن
۸. انتقال کمپوست تازه به انبارهای ذخیره
۹. تکمیل تخمیر و ارتقاء محصول
۱۰. آماده‌سازی محصول

۵-۱۰. مسائل زیست محیطی و اقتصادی – اجتماعی طرح های بازیافت

بسیاری بر این باورند که در بین گزینه‌های مختلف مدیریت زباله، تنها گزینه بازیافت که شامل جمع‌آوری و پردازش مواد قابل بازیافت است، از نظر زیست محیطی بی‌خطر می‌باشد. گرچه داده‌های فنی و تکنیکی بسیار کمی وجود دارد که از این فرضیه حمایت کند، ولی اثرات زیست محیطی در مراحل مختلف، حمل و نقل، تفکیک مواد قابل بازیافت از مواد زاید جامد شهری و فرمولاسیون مجدد مواد قابل بازیافت به محصولات جدید، وجود دارند(خانی

و همکاران، ۱۳۸۹) و عامل مهمی در امکان‌سنجی طرح‌های بازیافتی می‌باشند (عابدینی ، ۱۳۸۲).

اثرات زیست محیطی حاصل از بازیابی مواد شامل آلودگی آب‌های زیرزمینی، انتشار گردوغبار، آلودگی صوتی، اثرات ناقلین، انتشار بو و آلودگی هوا حاصل از وسایط نقلیه می‌باشد (بسیجی، ۱۳۷۶، خانی و همکاران، ۱۳۸۹). به عنوان مثال جوهرزدایی از کاغذهای باطله، جراحات کارگران ناشی از مواد زاید تیز و برنده، ترافیک کامیون‌های جمع‌آوری و حمل و نقل نمونه‌ای از پیامدهای منفی زیست محیطی بازیافت می‌باشند (عبدلی، ۱۳۸۵، کرامتی، ۱۳۷۳). البته بازیافت خود اثرات مثبتی نیز به دنبال دارد. اولین اثر بازیافت که در ابتدا به چشم می‌خورد حفظ منابع است. به عنوان مثال بازیافت کاغذ و فلزات مانع مصرف مواد اولیه (چوب و سنگ معدن) می‌گردد. صرفه‌جویی در مصرف انرژی و آب، کاهش آلودگی آب و هوا نیز در برخی فرآیندهای بازیافتی از دیگر اثرات مثبت زیست محیطی بازیافت می‌باشد (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴). بازیافت باید همانند هر صنعت دیگری، اقتصادی باشد. بنابراین، بازیافت فقط به معنی جمع‌آوری مواد برای استفاده مجدد نیست، بلکه ایجاد وتوسعهٔ بازار برای فروش مواد بازیافتی نیز هست (عبدلی، ۱۳۷۲). اثرات اقتصادی بازیافت مواد زاید جامد شهری را می‌بایست در چارچوب توسعه پایدار و در دراز مدت مورد توجه قرار داد. بسیاری از فرآیندهای بازیافت با بررسی‌های اولیه و بدون در نظر گرفتن اثرات طولانی مدت، گزینه‌های ممکن به لحاظ اقتصادی نیستند ولی بررسی آسیب‌های اقتصادی ناشی از صدمات زیست محیطی و هزینه‌های بازیابی محیط آسیب دیده، اغلب این فرآیندها را به لحاظ اقتصادی امکان‌پذیر می‌سازد (عابدینی، ۱۳۸۲، ناظم، ۱۳۸۵). در برخی موارد، انتخاب روش بازیافت می‌تواند شدیدا تحت تأثیر جمعیتی قرار داشته باشد که باید به آن‌ها خدماتی ارائه شود. اگر مواد قابل بازیافت تولید شده توسط یک

شهر کوچک به حد کافی نباشد، یا گروه بزرگی از شهرها نتوانند مواد قابل بازیافت‌شان را برای پردازش ادغام کنند، ایجاد یک وسیله پردازش مرکزی بسیارگران خواهد بود. شهرهای بزرگ یا مناطق دارای زباله به صورت حوزه‌ای، گزینه‌های بیشتری برای انجام بازیافت دارند، اما این بدان معنی نیست که آن‌ها از نظر هزینه، مزیت چشم‌گیری بر جمعیت‌های کمتر دارند. هزینه‌های جمع‌آوری، پردازش یا فشرده‌سازی و درآمدهای خالص از روشی به روش دیگر متفاوت بوده اما هزینه‌های خالص تخمینی بازیافت نسبتا نزدیک به هم هستند. جمع‌آوری جداگانه مواد قابل بازیافت به طور اجتناب‌ناپذیری گران‌تر و پر هزینه‌تر از جمع آوری آن‌ها با بقیه مواد زاید است. جمع‌آوری مواد قابل بازیافت تفکیک نشده به صورت یک گروه برای تفکیک بعدی و پردازش در یک وسیله مرکزی، هزینه‌های جمع‌آوری را تا سطح متوسطی کاهش می‌دهد. در هر حال، این صرفه‌جویی با هزینه ساخت و اجرای یک کارخانه بازیافت جبران می‌شود (خانی و همکاران، ۱۳۸۹). صنایع بازیافتی که از محصولات ارزان‌تر بازیافتی به عنوان ماده اولیه استفاده می‌کنند به طور بالقوه سودآورتر بوده و در اشتغال‌زایی مؤثرند. تولید و استفاده از محصولات بازیافتی در مجموع باعث کاهش قیمت محصولات نهایی شده و هزینه استفاده از منابع طبیعی توسط اجتماع را کاهش می‌دهد. فرآیندهای بازیافتی غالباً نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجهی نسبت به نرخ بازگشت سرمایه دارند. این بدان معنی است که نرخ بازگشت سرمایه نسبت به صنایع مشابه کندتر است. از طرف دیگر به علت طبیعت فرآیندهای بازیافت، میزان استهلاک ماشین‌آلات و نیروی انسانی در این گونه طرح‌ها بالاست، تا جایی که هزینه‌های نگه‌داری اثر ویژه‌ای در امکان‌سنجی اقتصادی این طرح‌ها پیدا می‌کنند (عابدینی، ۱۳۸۲). با توجه به اینکه برنامه‌های بازیافت محلی باید براساس و منطبق با نیاز مردم محلی طراحی و ایجاد شود، از این رو اولین قدم در موفقیت این برنامه‌ها، مشارکت مردمی خواهد بود (عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵). با

توجه به نکات بالا، مزایا و معایب کلی در عملیات بازیافت به شرح زیر می‌باشد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عابدینی، ۱۳۸۲، عبدلی، ۱۳۸۵، عمرانی، ۱۳۷۴):

۵-۱۰-۱. محاسن

۱. اشتغال‌زایی
۲. ایجاد درآمد
۳. صرفه‌جویی در هزینه‌های جمع‌آوری و دفع زباله
۴. کاهش تقاضای زمین محل دفن
۵. کاهش حجم و وزن زباله
۶. تشویق مردم به همکاری و مشارکت
۷. جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی
۸. افزایش بهداشت عمومی
۹. صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی

۵-۱۰-۲. معایب

۱. عدم ثبات قیمت محصولات بازیافتی
۲. استاندارد نبودن محصولات در مقایسه با موارد مشابه
۳. وجود آلاینده‌های زیست محیطی در برخی از طرح‌های بازیافتی
۴. در خطر بودن سلامتی کارگران

۵-۱۱. ماشین‌آلات و تجهیزات بازیافت

تقریبا در تمام سطوح مهندسی، طراحی فرآیند برای تولید محصول، براساس فرضیات منطقی و مبتنی بر شناخت مواد اولیه انجام می‌گیرد. این شناخت باعث حصول اطمینان برای تحلیل واحدهای کاری و رسیدن به کمال مطلوب در طراحی فرآیند می‌شود، ولی متأسفانه در پردازش (فرآوری) زباله‌های شهری، نمی‌توان از وجود اطلاعات دقیق اولیه سود برد (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹). در سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری همواره پردازش و بازیافت در کنار هم مطرح می‌شوند. در اینجا پردازش یعنی آماده کردن زباله و مواد قابل بازیافت برای بالا بردن راندمان بازیافت و استفاده بهتر از آنهاست (عبدلی، ۱۳۸۵). بنابراین کارخانجات بازیافت در فرآیند پردازش زباله شهری باید قادر باشند که تمام اقسام زباله را پذیرا باشند. فرآوری برخی از انواع زباله ساده می‌باشد ولی گاهی اوقات موادی در دورریز یافت می‌شوند که فرآوری آن مواد، سخت و خطرناک است. در نتیجه در پردازش زباله، فاکتورهای ایمنی زیادی را بایستی در نظر گرفت و طراحی باید بر مبنای شرایط فوق‌العاده و سخت صورت گیرد. این الزامات، اکثرا منجر به بالا بردن ضریب اطمینان در طراحی و کارآیی تجهیزات می‌گردد تا بتوان انواع مواد اولیه را پذیرا بود (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹).

تأسیسات و تجهیزات بازیافت مواد، تأسیساتی هستند که مواد قابل بازیافت را دریافت و پردازش می‌کنند و به بازار ارائه می‌دهند. مهم‌ترین مزیت این تأسیسات، امکان پردازش مواد به صورت یکنواخت و منطبق با خواست خریدار است (عبدلی، ۱۳۸۵). تأسیسات بازیافت، وابستگی شدیدی به تمایل مشتریان خود برای خرید مواد، تولیدات و یا انرژی حاصل از بازیافت دارند (پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹).

انتخاب تأسیسات و تجهیزات فیزیکی برای کارخانه بازیافت مواد، شاید دشوارترین جنبه اجرایی آن باشد. عواملی که باید در ارزیابی تجهیزات پردازش مورد توجه قرار داده شود عبارتند از (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵):

- قابل اعتماد بودن و انعطاف‌پذیری در تأسیسات و تجهیزات قابل دسترس
- ارائه خدمات بالاتر از امکانات مورد نیاز کارکنان محلی
- سهولت و اقتصادی بودن عمل
- کارآیی تجهیزات
- اثرات زیست محیطی و بهداشتی دستگاه‌ها

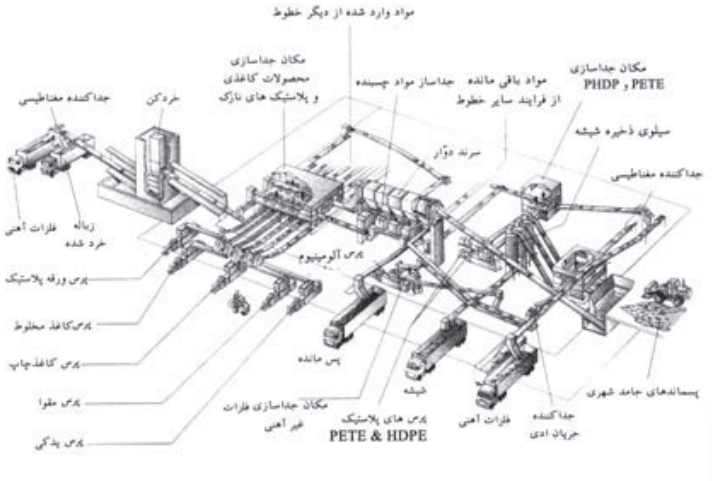
از آن‌جا که بدست آوردن اطلاعات معنی‌دار در این عوامل، در حال حاضر، دشوار است، پیشنهاد می‌شود جهت کسب اطلاعات دست اول در زمینه شرایط حفظ و نگه‌داری و عملکرد، از تأسیسات واقعی بازدید کنید.

واحد عملیاتی اصلی و تجهیزات به کار گرفته شده در پردازش مواد در کارخانه بازیافت، شامل موارد زیر می‌باشد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹):

- تأسیسات مرتب‌سازی (دستی و مغناطیسی)
- تجهیزات و امکانات حمل و نقل مواد
- تجهیزات مربوط به کاهش اندازه
- تجهیزات مربوط به تفکیک اجزا
- تجهیزات مربوط به متراکم‌سازی
- دستگاه‌های سنجش وزن
- تجهیزات قابل حرکت
- تأسیسات ذخیره‌سازی

از جمله وسایل و امکانات مورد نیاز در تکنیک‌های بالا عبارتند از (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عبدلی، ۱۳۸۵، کی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۵):

لودر بیل جلو، آسیاب‌ها، خردکن‌ها، برش دهنده‌ها، غربال‌ها، سرندها، نقاله‌ها، فیلترها، سانتریفوژها، جدا کننده‌ها، کانتینرهای ذخیره‌سازی، عدل بندها، یدک کش‌های مخصوص انتقال، لیفتراک و غیره.



شکل شماره ۵-۲: تأسیسات متداول بازیافت مواد

منبع: پورعلاقه‌بندان و همکاران، ۱۳۸۹

در اکثر موارد، واحدهای عملیاتی و تجهیزات به کار رفته در کارخانه بازیافت مشابه یکدیگر هستند. در هر صورت، راه‌اندازی و توسعهٔ موفق یک کارخانه بازیافت به این نکته نیاز دارد که توجه کافی به برنامه‌ریزی و طراحی مراحل مختلف کار از دو دیدگاه مهندسی و زیست محیطی مبذول شود.

بنابراین، اقدامات لازم جهت راه‌اندازی صنایع بازیافتی به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد (خانی و همکاران، ۱۳۸۹، عابدینی، ۱۳۸۲):

۱. ایجاد دستگاه بازیافت مواد در هر محل توسط شهرداری و با همکاری سایر ارگان‌ها.

۲. استفاده از تجربیات کشورهای دیگر در امر بازیافت.

۳. فرهنگ‌سازی و تبلیغات در زمینه‌های تفکیک از مبدأ و بازیافت.

۴. اعتمادسازی و آگاه ساختن مردم از مزیت‌های روش بازیافت نسبت به سایر روش‌های دفع زباله.

۵. برگزاری مناقصه و جذب بخش‌های خصوصی جهت راه‌اندازی صنایع بازیافتی و استفاده از کمک سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی در این زمینه.

۶. توجه به بخش آسیب‌پذیر جامعه و صدمات وارده به این بخش در صورت راه‌اندازی صنایع بازیافتی.

۵-۱۲. آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماند

فعالیت‌ها و اقدامات انجام شده در زمینه مدیریت مواد زائد جامد در هر کشور، انعکاسی از قوانین، آیین‌نامه‌ها و ضوابط مصوب در آن کشور است. قانون زمانی به اجرا درخواهد آمد که علاوه بر مقبولیت و مشروعیت، از پشتوانه سازمانی و تشکیلاتی مناسب برخوردار باشد. بندهایی از قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست به آلودگی آب، خاک و هوا مربوط بوده و می‌تواند در رابطه با آلودگی‌های ناشی از مواد زاید شهری و خطرناک باشد. طبق بندهای ۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۲۰، ۲۱، ۲۳ و ۲۶ ماده ۵۵ قانون شهرداری، مدیریت مواد زاید جامد شهری به عهدهٔ شهرداری‌ها است (عبدلی، ۱۳۷۱). در ارتباط با قانون مدیریت پسماند، آیین‌نامهٔ اجرایی مصوب ۱۳۸۳/۵/۵ وجود دارد که به موارد زیر اشاره می‌کند (سازمان بازیافت و تبدیل مواد، ۱۳۸۵، علوی، ۱۳۸۷، معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۶):

ماده ۴: مدیریت‌های اجرایی پسماندهای عادی باید طرح جامع و تفصیلی مدیریت پسماند را به گونه‌ای تهیه کنند که در مراکز استان‌ها و هم‌چنین شهرهای با جمعیت بیش

از یک میلیون نفر تا پایان سال ۱۳۹۰ و در سایر شهرها و روستاها تا پایان سال ۱۳۹۲، همه پسماندهای عادی را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری نمایند. در ضمن طبق تبصره ۳ این ماده وزارت کشور به عنوان تأمین کننده هزینه‌های مربوط به آموزش عمومی و جلب مشارکت عمومی در امر بازیافت می‌باشد.

ماده ۶: وزارت کشور موظف است، محل دفع پسماندهای عادی را براساس ضوابط زیست محیطی و با هماهنگی سازمان و وزارت جهاد کشاورزی تعیین نماید.

در ضمن، طبق این ماده، سازمان صدا و سیما و سایر رسانه‌هایی که نقش اطلاع‌رسانی دارند و همچنین دستگاه‌های آموزشی و فرهنگی موظفند جهت اطلاع‌رسانی و آموزش با سازمان‌های مربوط همکاری نمایند.

مادۀ ۱۲: تولیدکنندگان و واردکنندگان اقلامی همچون مواد پلیمری (از قبیل پلاستیک‌ها، PET و لاستیک)، کالاهای شیشه‌ای و کریستالی، اشیاء ساخته شده از فلزات ساده و آلیاژی، اشیاء ساخته شده از چوب، نئوپان، کاغذ و مقوا، انواع روغن‌های روانکار، لوازم برقی و الکترونیکی، انواع مصالح ساختمانی از نوع کانی‌های غیرفلزی، باید پسماند حاصل از کالاهای خود را بازیافت نمایند.

مادۀ ۱۷: واحدهای بازیافت که با ضوابط زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست تطابق داشته باشند، از حداکثر تسهیلاتی که برای احداث و ادامه فعالیت واحدهای صنعتی در نظر گرفته می‌شود، برخوردار خواهند بود.

مادۀ ۲۳: سازمان حفاظت محیط زیست باید ضوابط زیست محیطی محل‌های دفع و دفن پسماندها، اعم از ویژه یا عادی را تعیین و به دستگاه‌های ذی‌ربط اعلام نمایند.

ماده ۲۸: مدیریت اجرایی پسماند باید از خدمات کارشناسان و متخصصان واجد شرایط (به طور ترجیحی بهداشت محیط و محیط زیست) استفاده نمایند.

ماده ۲۹: مراجع مسئول قانون مدیریت پسماندها، به منظور کنترل انتشار آلودگی‌های ناشی از انتقال زباله و پسماندها به منابع آبی، به ویژه منابع تأمین کنندهٔ آب شرب، از دفع پسماندهای موجود در آبراهه‌ها، منابع آبی و مخازن پشت سدها جلوگیری نمایند.

ماده ۳۰: سوزاندن پسماند در محیط آزاد یا در پسماندسوزهای غیراستاندارد و مغایر با ضوابط و شیوه‌نامه‌های مربوط، ممنوع است.

خلاصه

درصد ترکیبات مواد زاید جامد شهری، نشان می‌دهد که مقادیر قابل توجهی مواد ارزشمند و قابل بازیافت مثل کاغذ، پلاستیک، شیشه، فلزات و غیره در آن یافت می‌شود. بنابراین با اجرای بازیافت، مواد ارزشمندی به دست می‌آید. برنامه‌ها و روش‌های بازیافت شامل جداسازی مواد و بازیافت آن، زباله‌سوزی و تولید انرژی، تولید کود آلی (کمپوست) و تهیه خوراک دام و طیور می‌شود. کیفیت مواد اولیه موردنیاز در فرآیندهای بازیافت از جنبه‌های فنی، بهداشتی و زیست‌محیطی بسیار حایز اهمیت است. در صنعت بازیافت کاغذ، کیفیت محصول تولیدی با کیفیت ماده اولیه ارتباط مستقیم دارد. هر چقدر کیفیت ماده اولیه بالاتر باشد، کیفیت محصول نهایی نیز بالاتر بوده و فرآیند بازیافت پیچیدگی کمتری دارد. فن آوری و فرآیند تولید کاغذ و مقوا از مواد بازیافتی زباله شامل پردازش مواد مثل جدا کردن، خرد کردن و جوهرزدایی، و تولید کاغذ است. تقریباً ۸۰ درصد پلاستیک‌ها را ترموپلاستیک ها تشکیل می‌دهند که می‌توان برای ساخت محصولات جدید، دوباره آنها را ذوب کرد و در قالب ریخت. در بین پلاستیک‌ها، تنها پلی‌اتیلن تری‌فتالات (PET) و پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE) قابل بازیافت هستند. بررسی‌ها نشان می‌دهدکه با روش‌های فعلی بازیافت شیشه، بین ۴۰-۳۲ درصد صرفه‌جویی انرژی،۲ درصد کاهش در آلودگی هوا، ۸۰ درصد کاهش در

حجم سنگ معدن و ۵۰ درصد کاهش در مصرف آب به وجود می‌آید. دفن لاستیک‌ها به طور کلی به فضای دفن بسیار بزرگی نیاز دارد، بنابراین بررسی پتانسیل بازیافت لاستیک‌ها از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی ضروری است. فلزات محصولاتی هستند که سریع‌ترین بازگشت سرمایه و پرسودترین فرآیندهای بازیافت را دارند. نخاله‌های ساختمانی معمولا کم خطرترین انواع زباله هستند و دفع آنها به سهولت و به طور معمول جدا از سایر مواد زاید جامد شهری صورت می‌گیرد. زباله‌های شهری از مواد آلی و غیرآلی تشکیل شده‌اند، بنابراین اکثر مواد موجود در آنها (بخش آلی زباله‌ها) با پردازش‌های مناسب و فن‌آوری مربوط، قابلیت بازیافت انرژی دارند. یکی از مؤثرترین شیوه‌ها برای کاهش خطرات بالقوه زباله و در صورت امکان تبدیل آنها به انرژی قابل استفاده، سوزاندن زباله است. ارزش حرارتی مواد، اندازه مواد، تراکم مواد، درصد رطوبت، ترکیب شیمیایی، مقدار مواد باقی مانده بعد از سوختن، مقدار خاکستر حاصل از سوختن و درجهٔ اشتعال، به صورت مستقیم در انتخاب و طراحی زباله‌سوز نقش دارند. کمپوست کردن یکی از روش‌های بازیافت مواد و انرژی از زباله‌های فسادپذیر شهری و نیز یکی از روش های دفع زباله است. محدوده میزان مواد مغذی کمپوست (ارزش کودی کمپوست) شامل ازت ۱/۶-۰/۴ درصد، فسفر ۰/۴-۰/۱ درصد و پتاسیم ۰/۶-۰/۲ درصد است. کمپوست با مصرف شدن به صورت کود، در مصرف کودهای شیمیایی ازته و فسفاته، که باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شوند، صرفه‌جویی می‌کند. به طور کلی، صنایع بازیافتی که از محصولات ارزان‌تر بازیافتی به عنوان ماده اولیه استفاده می‌کنند به طور بالقوه سودآورتر بوده و در اشتغال‌زایی مؤثرند. انتخاب تأسیسات و تجهیزات فیزیکی برای کارخانه بازیافت مواد، شاید دشوارترین جنبه اجرایی آن باشد.

خودآزمایی

۱. فرآیند تولید کاغذ و مقوا از مواد بازیافتی زباله را ذکر کنید؟

۲. اثرات زیست محیطی طرح بازیافت کاغذ را بیان نمایید؟

۳. انواع معمول پلاستیک با کدهای بازیافت و موارد استفاده آنها را بیان کنید؟

۴. بالاترین نرخ بازیافت را کدام پلاستیک‌ها دارند؟

۵. اثرات اقتصادی – اجتماعی بازیافت شیشه را ذکر نمایید؟

۶. بازیافت لاستیک چه تأثیرات زیست‌محیطی را به دنبال دارد؟

۷. اثرات زیست‌محیطی بازیافت آلومینیم را شرح دهید؟

۸. روش های مدیریت نخاله‌های ساختمانی را نام ببرید؟

۹. فن‌آوری‌های بازیافت انرژی از زباله‌های شهری کدامند؟

۱۰. مزایای زباله‌سوز در مقایسه با روش‌های موجود دیگر دفع چیست؟

۱۱. خواص کیفی مواد اولیه مورد نیاز برای دریافت انرژی از زباله‌های شهری به روش زباله‌سوزی را ذکر کنید؟

۱۲. مراحل تولید و روند عملیاتی کارخانه‌های کمپوست چیست؟

۱۳. محاسن و معایب بازیافت مواد و انرژی را ذکر نمایید؟

۱۴. واحد عملیاتی اصلی و تجهیزات به کار گرفته شده در پردازش مواد در کارخانه بازیافت، شامل چه مواردی می باشد؟

فهرست منابع و مراجع

۱- اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی، *مکان‌یابی دفع پسماندهای ویژه استان خراسان جنوبی*، ۱۳۸۶.

۲- اسلامی، محمد، *مدیریت مواد زاید جامد شهری*، تهران، وزارت کشور، ۱۳۷۲.

۳- اکبرپور، سهراب، *بررسی اجمالی مدیریت مواد زاید جامد شهرستان بابل*، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه جامع علمی کاربردی، ۱۳۸۰.

۴- اندرودی، مهرداد، *اصول و روش های مدیریت زیست محیطی*، تهران، نشر کنگره، ۱۳۸۰.

۵- انصاری، مونا، *بازیافت مواد زاید جامد شهری، تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۷۹.*

۶- برزگر صفری، زهرا، *ضوابط و استانداردهای مدیریت پسماندهای بهداشتی درمانی برای کلان‌شهرها (مطالعه موردی: شهر تهران)*، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.

۷- بسیجی، معصومه، *بررسی وضع موجود مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران و طراحی الگوی منطقه ای دفع و بازیافت*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.

۸- بهرام سلطانی، کامبیز، *مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی: محیط زیست*، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، ۱۳۷۱.

۹- بدو، کاظم، *مجموعه مقالات همایش دفن مهندسی- بهداشتی مواد زاید جامد شهری*، "مکان یابی و انتخاب محل دفن زباله"، تهران، جهاد دانشگاهی دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۷۹.

۱۰- پناهی، فرهاد، *اثرات اقتصادی بازیافت*، تهران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۸۰.

۱۱- پوراحمد، احمد، حبیبی، کیومرث، زهرایی، سجاد محمد و نظری عدلی، سعید، *مجله محیط شناسی*، "استفاده از الگوریتم‌های فازی و GIS برای مکان‌یابی تجهیزات شهری (مطالعهٔ موردی: محل دفن زبالهٔ شهر بابلسر)"، ش۴۲، تهران، دانشگاه تهران، ۴۲-۳۱، ۱۳۸۶.

۱۲- پورعلاقه‌بندان، حمیدرضا، شهسواری، علی، حمصی‌زاده، علی و سامی، ساسان، *مهندسی پسماندهای جامد (شهری)*، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۹.

۱۳- تسبندی، مصطفی، *سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهرهای توریستی (مطالعه موردی: شهر مشهد)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.

۱۴- جمشیدی، مژده، *امکان‌سنجی کاربرد زباله سوزی در از بین بردن زباله‌های شهری (مطالعه موردی: شهر تهران)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.

۱۵- حیدرزاده، نیما، *مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از GIS*، سمینار کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۸.

۱۶- حیدرزاده، نیما، *مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از GIS برای شهر تهران*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.

۱۷- حیدرزاده، نیما، *معیارهای مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری*، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۲.

۱۸- خانی، محمدرضا، پورعطایی، خسرو مهدی، خانی، روح الله محمود، ملتی، مژده و خلیلی، اشرف، *راهنمای کاربردی مدیریت پسماند*، ج۱، تهران، انتشارات سازمان شهرداری ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۹.

۱۹- خانی، محمدرضا، پورعطایی، خسرو مهدی، خانی، روح الله محمود، ملتی، مژده و خلیلی، اشرف، *راهنمای کاربردی مدیریت پسماند*، ج۲، تهران، انتشارات سازمان شهرداری ها و دهیاری‌های کشور، .۱۳۸۹

۲۰- دالوند، آرش، فرزادکیا، مهدی، پورعلاقه‌بندان، حمیدرضا و عرفان‌منش، مجید، *مجموعه مقالات دهمین همایش ملی بهداشت محیط*، "بررسی وضعیت بازیافت کاغذ ومقوا از زباله‌های شهر اصفهان وارزیابی جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی آن"، ۱۳۸۶.

۲۱- سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، *قانون مدیریت پسماندها*، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، .۱۳۸۵

۲۲- سعادتی، مجید، *بررسی پتانسیل اثرات کاهش از مبدا بر روی سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری (مطالعه موردی: سبزی های مصرفی شهر تهران)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۷۳.

۲۳- سعیدنیا، احمد، *کتاب سبز شهرداری: مواد زاید جامد شهری*، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۳.

۲۴- سمیعی فرد، رضا، *مدیریت مواد زاید جامد روستایی در استان بوشهر*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.

۲۵- سیاح لاهیجی، هنگامه، *کمپوست (تبدیل زباله های شهری و خانگی به کود آلی)*، تهران، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تهران، .۱۳۷۲

۲۶- سیدحسنی، منصوره، *معیارهای طراحی و ویژگی‌های تولید کمپوست در مناطق کویری (مطالعه موردی: شهر یزد)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.

۲۷- شاه علی، عباسعلی، *خلاصه‌ای از اهمیت و مزایای تأسیس، راه‌اندازی و استفاده از صنایع بازیافتی در مدیریت مواد زاید جامد شهری*، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۸۰.

۲۸- شریعتمداری، نادر، *مجموعه مقالات همایش دفن مهندسی- بهداشتی مواد زاید جامد شهری*، "مراحل طراحی و اجرای مدفن بهداشتی مواد زاید"، جهاد دانشگاهی دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۷۹.

۲۹- شکرایی، علی، *مکان‌یابی مواد زاید جامد شهرساری*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۱.

۳۰- صادقی، اردشیر، *ارزیابی مدیریت مهندسی جمع‌آوری و دفع زباله‌های بیمارستانی مشهد*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران- محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۱.

۳۱- طالب، ناصر، *مجموعه مقالات اولین سمینار بازیافت و تبدیل مواد*، "بررسی عوامل و فاکتورهای اساسی در احداث کارخانجات کمپوست"، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۵۶-۱۳۲، ۱۳۷۱.

۳۲- طراوتی، حمید، *جهان در آستانه سال ۲۰۰۰*، تهران، انتشارات آروین، ۱۳۷۷.

۳۳- عابدینی، علی رضا، *بررسی پتانسیل بازیافت در استان زنجان (مطالعه موردی: شهرستان زنجان)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.

۳۴- عبدلی، محمدعلی، *مدیریت مواد زاید جامد*، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۷۰.

۳۵- عبدلی، محمدعلی، *طرح جامع زباله استان گیلان*، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، ۱۳۷۱.

۳۶- عبدلی، محمدعلی، *مجموعه مقالات اولین سمینار بازیافت و تبدیل مواد*، "ضرورت تهیه و تدوین قوانین و ضوابط و آیین‌نامه‌های مدیریت مواد زاید جامد در جمهوری اسلامی ایران"، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۸۶-۷۳، ۱۳۷۱.

۳۷- عبدلی، محمدعلی، *سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری و روش های کنترل آن*، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۷۲.

۳۸- عبدلی، محمدعلی، *طرح جامع زباله استان مازندران*، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، ۱۳۷۳.

۳۹- عبدلی، محمدعلی، *طرح جامع بازیافت و دفع مواد زاید جامد کشور*، ج۱، تهران، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهری وزارت کشور، ۱۳۷۶.

۴۰- عبدلی، محمدعلی، *مدیریت دفع و بازیافت مواد زاید جامد شهری در جهان*، ج۱، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۷۹.

۴۱- عبدلی، محمدعلی، *مدیریت دفع و بازیافت مواد زاید جامد شهری در ایران*، ج۲، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۷۹.

۴۲- عبدلی، محمدعلی، *بازیافت و دفع مواد زاید جامد شهری: تدوین شیوه‌های مناسب دفن بهداشتی و تهیه کمپوست (کود آلی)*، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۰.

۴۳- عبدلی، محمدعلی، *بازیافت مواد زاید جامد شهری*، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.

۴۴- عرب حلوایی، مهرداد، *طرح بازیافت و تفکیک در مبدا*، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۷۴.

۴۵- علوی، نادعلی، *گزارش مدیریتی پروژه سنتز مطالعات توجیه فنی و اقتصادی بازیافت زباله‌های شهری*، تهران، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۷.

۴۶- عمرانی، قاسمعلی، *مواد زاید جامد (زباله سوزها، بازیافت مواد و روش‌های جمع‌آوری و دفع مواد سمی و خطرناک)*، ج۲، تهران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۷۴..

۴۷- عمرانی، قاسمعلی، *مواد زاید جامد (مدیریت، جمع‌آوری و حمل و نقل، دفن بهداشتی و تهیه کمپوست)*، ج۱، تهران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، .۱۳۷۷

۴۸- عمرانی، قاسمعلی و علوی نخجوانی، نغمه، *مواد زاید جامد (۲): بازیافت*، تهران، انتشارات اندیشه رفیع، ۱۳۸۸.

۴۹- غفوری، احمد، *مجموعه مقالات اولین سمینار بازیافت و تبدیل مواد*، "مدیریت و سازمان تحقیقات و تکنولوژی بازیافت و تبدیل مواد"، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۹۵-۸۷، ۱۳۷۱.

۵۰- غلامعلی فرد، مهدی، *ارائه مدل مکانی - زمانی ارزیابی عرضه و تقاضای زمین برای محل‌های دفن مواد زاید جامد با استفاده از مدل‌سازی توسعه شهری در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر گرگان)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، .۱۳۸۵

۵۱- فرهادی، علی، *بررسی روش‌های دفع زباله خانگی و امکان بازیافت آنها در شهر کرج*، پایان‌نامه کارشناسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.

۵۲- قرآنی، احمد، بهرامی، قاسم و عرفان منش، مجید، *بازیافت مواد آلی زباله شهری (کمپوست)*، اصفهان، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری اصفهان، .۱۳۷۹

۵۳- کاظمی، میرابوطالب، *دفع بهداشتی و بازیابی مواد زاید جامد*، مشهد، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۱۳۷۵.

۵۴- کرامتی، علی، *جوهرزدایی و سفیدسازی کاغذهای روزنامه و مجله باطله*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۳.

۵۵- کوهی، سارا، *مکان‌یابی محل دفن زباله شهر قرچک*، پایان نامه کارشناسی ارشد برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.

۵۶- کی نژاد، محمدعلی و ابراهیمی، سیروس، *مهندسی محیط زیست*، ج۲، تبریز، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۸۵.

۵۷- مجلسی، منیره، *مدیریت مواد زاید جامد*، ج۲، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۷۱.

۵۸- مجلسی، منیره و نوری، جعفر، *مکان‌یابی و مدیریت محل دفن بهداشتی*، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۷۱.

۵۹- محمدی، صمد، *امکان‌سنجی بازیافت زباله‌های شهری در بابل*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۲.

۶۰- معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، *راهنمای جامع مدیریت شهری*، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۶.

۶۱- ناظم، فرناز، *ارزیابی الویت‌های بازیافت و پتانسیل تولید کمپوست از مواد زاید جامد شهری شهرضا*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۵.

۶۲- ناظم، فرناز، عبدلی، محمدعلی، ریاحی بختیاری، علی رضا و مساح، احمدرضا، *مجله منابع طبیعی ایران*، "ارزیابی الویت ها و پتانسیل بازیافت از پسماندهای شهری شهرضا"، ش۴، ۹۴۱-۹۳۳، ۱۳۸۷.

۶۳- نورد، الهام، *ارائه راه‌کارهای مدیریتی طرح تفکیک از مبدا زباله با تأکید بر آموزش و مشارکت مردمی (مطالعه موردی: منطقه ۲۲ شهرداری تهران)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۶.

۶۴- نوری، جعفر و مجلسی، منیره، *مجموعه مقالات اولین سمینار بازیافت و تبدیل مواد*، "مکان‌یابی مواد زاید جامد شهری"، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۵۵-۳۷، ۱۳۷۱.

۶۵- وزارت کشور، *مطالعات توجیه فنی و اقتصادی بازیافت زباله‌های شهری منطقه ساحلی جنوبی*، ۱۳۸۲.

۶۶- وهاب زاده، عبدالحسین، *شناخت محیط زیست*، تهران، انتشارات موزه طبیعت و حیات وحش ایران، ۱۳۸۲.

67- **Alhumoud, J.M.**, "Municipal solid waste recycling in the Gulf Co-operation Council states", Resources, *Conservation and Recycling*, 45, 142–158, 2005.

68-**Allanach, W.C.**, "Regional landfill planning and siting", *Public Works Journal*, 48–50, 1992.

69- **Armijo, C., Ojeda-Benítez, S., and Ramírez-Barreto, M.E.**, "Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study", *Resources, Conservation and Recycling*, 39, 283–296, 2003.

70- **Armijo, C., Ojeda-Benítez, S., and Ramírez-Barreto, M.E.**, "Solid waste characterization and recycling potential for a university campus", *Waste Management*, 28, 521–526, 2008.

71- **Avila, A.F., and Duarte, M.V.**, "A mechanical analysis on recycled PET/HDPE composites", *Polymer Degradation and Stability Journal*, 80, 373–382, 2003.

72- **Bagchi, A**., *Design of Land Fills and Integrated Solid Waste Management,* John Wiley & Sons, INC., New York, 2004.

73- **Calvo, F., Moreno, B., Ramos, A., and Zamorano, M.**, "Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(1), 98-115, 2007.

74- **Canter, L.W.**, "Environmental impact assessment for hazardous waste landfills", *Journal of Urban Planning and Development*, 117 (2), 59-76, 1991.

75- **Chang, N.-B., Parvathinathan G., and Breeden J.B.**, "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region", *Journal of Environmental Management*, 5 (4), 1-15, 2007.

76- **Chen, W.-Y., and Kao, J.-J.**, "Fuzzy Markov Process using landfill siting", proceedings of the air and waste management association's annual meeting and exhibition, 1998.

77- **Doerhoefer, G., and Siebeit, H.**, "Search for Landfill Sites-requirments and implementation in Lower Saxony, Germany", *Environmental Geology*, 35 (1): 55-65, 1998.

78- **Eastman, R.J.**, *Idrisi32, Release2, Tutorial*, Clark University, USA, 2001.

79- **EPA**, *Decision- Makers Guide to Solid Waste Management*, EPA/ 530- SE- 89- 072, 1989.

80- **Guo, H.F., and Merrington, A.**, "Effects of compatibilisers and additives on recycled thermoplastics", *Proceedings of the 3rd Annual Recycling Conference*, SPE Recycling Division, 1996.

81- **Herbert, F.L.**, *Recycling Handbook*, McGraw- Hill, Washington D.C., 2001.

82- **Kao, J.-J., Lin, H.-Y.**, "Multifactor spatial analysis for landfill siting", *Journal of Environmental Engineering*, 10 (122), 902-908, 1996.

83- **Kaseva, M.E., Mbuligwe, S.E., and Kassenga, G.**, "Recycling inorganic domestic solid wastes: results from a pilot study in Dar es Salaam City, Tanzania", *Resource Conservation and Recycling*, 35, 243–257, 2002.

84- **Lane, W.N., and Mc Donald, R.R.**, "Land suitability analysis: landfill siting", *Journal of Urban Planning and Development*, 109 (1), 50-61, 1983.

85- **Leao, S., Bishop, I., and Evans, D.**, "Assessing the demand of solid waste disposal in urban region by urban dynamics modeling in a GIS environment", *Resources, Conservation and Recycling*, 33, 289-313, 2001.

86- **Leao, S., Bishop, I., and Evans, D.**, "Simulating urban growth in a developing nation's region using a CA-based model", *Journal of Urban Planning and Development*, 130 (3), 145-158, 2004a.

87- **Leao, S., Bishop, I., and Evans, D.**, "Spatial-Temporal model for demand and allocation of waste landfills in growing urban region", *Computers, Environment and Urban Systems*, 28, 353-385, 2004b.

88- **Lober, D.J.**, "Resolving the siting impasse: modelling social and environmental locational criteria with a geographic information system", *Journal of American Planning Association*, 61(4), 482-495, 1995.

89- **Mancini, S.D., Schwartzman, J.A.S., Nogueira, A.R., Kagohara, D.A., and Zanin, M.**, "Additional steps in mechanical recycling of PET", *Journal of Cleaner Production,* 18, 92–100, 2010.

90- **Martin, J.H., Collins, A.R., and Diener, R.G.**, "Sampling protocol for Composting, *Recycling and Reuse of MSW*, 1995.

91- **Martin, M., Williams, I.D., and Clark, M.**, "Social, cultural and structural influence on household waste recycling: a case study", *Resource Conservation and Recycling*, 48, 357–95, 2006.

92- **McBean, E.A., Roveis, F.A., and Farquhar, G.J.**, *Solid waste landfill engineering and design*, Printic Hall, PTB, 1995.

93- **Mujibor Rahman, Md., Sultana K.R., and Ahasanul Hoque, Md.**, "Suitable sites for urban solid waste disposal using GIS approach in Khulna city, Bangladesh", *Proc. Pakistan Acad. Sci.*, 45(1), 11-22, 2008.

94- **Pichtel, J.**, *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous and Industrial*, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2005.

95- **Siddiqui, M.Z., Everett, J.W., and Vieux, B.E.**, "Landfill sitting using geographic information systems: a demonstration", *Journal of Environmental Engineering*, 122 (6), 515-523, 1996.

96- **Stout, D.**, "Siting a regional landfill in southwest Missouri", *Missouri University environmental research*, 1997.

97**- Sudhir, S., Muraleedharan, V.R., and Srinivasan, G.**, "Integrated solid waste management in urban India: a critical operational research framework", *Socio-Economic Planning Science*, 30(3), 163–181, 1996.

98- **Suttibak, S., and Nitivattananon, V.**, "Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs", *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 53, 45–56, 2008.

99- **Tchobanoglous, G., and Kreith, F.**, *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw-Hill, New York, 2002.

100- **Themistoklis, D.K., Dimitrois, P.K., and Constantinos, P.H.**, "Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology", *Waste Management*, 25, 818-832, 2005.

101- **United Nations**, *United Nations Conference on Environment & Development*, Rio de Janerio, Brazil, 3 to 14 June 1992, AGENDA 21, 338 PP, 1992. Available at:

http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda_UNCED.pdf

102- **US-EPA**, *Recycling Works*, EPA-530-SW-89-014, Office of Solid Waste, Washington D.C., 1989.

103- **www.Environ-Reg.com/**, landfill criteria.htm, "table of landfill siting criteria", 1998.

104- **www.EPA.gov/landfillsiting1.htm**, "Ohio EPA landfill siting criteria evisions issues of concern", 1999.

105- **www.greycounty.on.ca/**, "Grey- owen sound waste management master plan", 1997.

106- **www.landfilldev.com/**, "Landfill development for the south peace", 1998.

107- **Yang, G.C.**, "Urban waste recycling in Taiwan", *Resource Conservation and Recycling*, 13, 15-26, 1995.

108- **Yu, P.-H., Leu, H.-G., and Lin, S.H.**, "Analysis of a municipal recyclable material recycling program", *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 17, 47-56, 1996.

109- **Zyma, R.**, "Siting considerations for resource recovery facilities", 1990.

وزارت کشور

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

استانداری مازندران

معاونت امور عمرانی

دفتر امور شهری و شوراها

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

تهران ـ بلوار کشاورز

ابتدای خیابان نادری

پلاک ۱۷

تلفن : ۸۸۹۸۶۳۹۸

نمابر: ۸۸۹۷۷۹۱۸

www.imo.org.ir

ISBN:978-964-8466-73-7

قیمت : ۳۳۰۰۰ ریال