Samangan Academic and Research Journal

https://researchsparker.edu.af/index.php/SARJ

DOI: 10.64226/sarj.v3i02.151

E-ISSN: 3105-1715

P-ISSN: 3006-8835



Investigating waste disposal methods

Rahmatullah Karimi[1], Yadullah Mahmodi [*1], Mohammad Bonyadi[1], Essa Sohail[1]

[1] *Department of Forestry and Natural Resources, Faculty of Agriculture,* Daykundi *Univers*

[*] *Corresponding Author: yadullah.mahmodi@dhei.edu.af*

Cite this study: Karimi, R., Mahmodi, Y., Bonyadi, M., & Sohail, E. (2025). Investigating waste disposal methods. *Samangan Scientific and Research Journal, 3*(2), 109–121.

Keywords

Waste, Waste Management, Waste Disposal, Sanitary Landfill, Waste Incineration, Waste Composting.

Review

Received: 2026-02-18
Revised: 2026-05-20
Accepted: 2026-06-04
Published:2026-10-19

Abstract

The assessment of waste disposal methods is considered one of the most critical issues in environmental protection and the achievement of sustainable development, as the final stage of waste disposal plays a significant role in either causing or reducing environmental pollution and public health risks. Population growth, rapid urbanization, industrial expansion, and changing consumption patterns have led to a substantial increase in waste generation. In Afghanistan, the selection of appropriate waste disposal methods faces technical and financial limitations. The purpose of this study is to examine and compare the major municipal waste disposal methods and evaluate their environmental, economic, social, and health impacts. This research was conducted using a descriptive and analytical approach based on reliable national and international scientific sources. The methods investigated include sanitary landfilling, waste incineration, composting, and the role of recycling in reducing the volume of waste requiring final disposal. The evaluation was carried out according to environmental criteria, including water, soil, and air pollution as well as greenhouse gas emissions; economic criteria, including investment and operational costs; and social and health criteria, including impacts on public health and social acceptance. The findings indicate that no single disposal method is universally suitable for all conditions, and the effectiveness of each method depends on local circumstances, technical capacity, and financial resources. Therefore, the informed and integrated selection of disposal methods, together with reducing waste volume before final disposal, can significantly reduce negative environmental and health impacts. This study can provide a valuable scientific foundation for environmental decision-makers and planners in Afghanistan.

مجلهٔ علمی-تحقیقی سمنگان
https://researchsparker.edu.af/index.php/SARJ
DOI: 10.64226/sarj.v3i02.151
E-ISSN: 3105-1715
P-ISSN: 3006-8835



بررسی روش‌های دفع زباله

نامزدپوهنیار رحمت‌الله کریمی[۱]، پوهنیار یدالله محمودی[۲*]، محمد بنیادی[۳]، عیسی سهیل[۴].

[۱] *دیپارتمنت جنگلداری و منابع طبیعی، پوهنحی زراعت، پوهنتون دایکندی*

* نویسندهٔ مسؤول: *yadullah.mahmodi@dhei.edu.af*

مرجع‌دهی: کریمی، ر.، محمودی، ی.، بنیادی، م.، و سهیل، ع. (۲۰۲۵). بررسی روش‌های دفع زباله، *مجلهٔ علمی-تحقیقی سمنگان*، ۳(۲)، ۱۲۱-۱۰۹.

کلمات کلیدی

زباله، مدیریت زباله، دفع زباله، دفن صحی زباله، سوزاندن زباله، کمپوست زباله.

چکیده

بررسی روش‌های دفع زباله‌ها یکی از مسایل حیاتی در حفاظت از محیط زیست و تحقق توسعهٔ پایدار محسوب می‌شود؛ زیرا مرحلهٔ نهایی دفع زباله نقش مهمی در ایجاد یا کاهش آلوده‌گی‌های محیطی و تهدیدات صحی دارد. افزایش نفوس، گسترش شهرنشینی، رشد فعالیت‌های صنعتی و تغییر شیوه‌های مصرف سبب افزایش چشم‌گیر تولید زباله گردیده است. در افغانستان، انتخاب روش مناسب دفع زباله با محدودیت‌های تخنیکی و مالی روبه‌رو است. هدف این تحقیق، بررسی و مقایسهٔ روش‌های اصلی دفع زباله‌های شهری و بررسی پیامدهای محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی و صحی آن‌ها می‌باشد. این مطالعه با روی‌کرد توصیفی و تحلیلی، بر بنیاد منابع علمی معتبر داخلی و بین‌المللی انجام شده است. روش‌های مورد بررسی شامل دفن صحی، سوزاندن، کمپوست‌سازی و نقش بازیافت در کاهش حجم زباله‌های نیازمند دفع نهایی است. ارزیابی بر اساس معیارهای محیط زیستی (آلوده‌گی آب، خاک و هوا و انتشار گازهای گل‌خانه‌یی)، اقتصادی (مصارف سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری)، اجتماعی و صحی (تأثیر بر صحت عامه و پذیرش اجتماعی) صورت گرفته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که هیچ روش دفعی به‌طور مطلق برای تمام شرایط مناسب نیست و کارآمدی هر روش به شرایط محلی، ظرفیت تخنیکی و توان مالی وابسته است. بنابراین، انتخاب آگاهانه و ترکیبی روش‌های دفع، همراه با کاهش حجم زباله پیش از مرحلهٔ دفع نهایی، می‌تواند پیامدهای منفی محیط زیستی و صحی را کاهش دهد. این تحقیق می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای تصمیم‌گیرنده‌گان و برنامه‌ریزان محیط زیست در افغانستان فراهم سازد.

۱. مقدمه

زباله‌ها یا مواد زاید یکی از پیامدهای اجتناب‌ناپذیر زنده‌گی معاصر به‌شمار می‌روند که در نتیجهٔ فعالیت‌های روزمرهٔ انسان‌ها به‌وجود آمده و پس از استفاده دور انداخته می‌شوند (بری، ۱۴۰۲). رشد سریع نفوس، توسعهٔ شهرنشینی، گسترش صنایع، تغییر الگوهای مصرف و تحول شیوه‌های زنده‌گی، باعث افزایش چشم‌گیر حجم و تنوع زباله‌ها گردیده است. در صورتی‌که این زباله‌ها به‌گونهٔ اصولی مدیریت، جمع‌آوری و دفع نگردند، می‌توانند منجر به آلوده‌گی آب، خاک، هوا، گسترش بیماری‌ها و تهدید سلامت انسان و محیط زیست شوند (کوهستانی، ۱۳۹۴). از همین‌رو، مدیریت زباله‌های شهری به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی محیط زیستی و صحی در بسیاری از کشورهای جهان، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، مطرح گردیده است. در افغانستان نیز افزایش نفوس شهری، نبود زیرساخت‌های مناسب، کمبود منابع مالی، ضعف برنامه‌ریزی شهری و پایین‌بودن سطح آگاهی عمومی، مشکلات مدیریت زباله‌های شهری را تشدید نموده است (مختارپور، ۱۴۰۰). دفع زباله یکی از مهم‌ترین مراحل مدیریت زباله‌های شهری محسوب می‌شود؛ زیرا هر گونه دفع غیر صحی و غیر معیاری می‌تواند پیامدهای منفی کوتاه‌مدت و درازمدت بر محیط زیست و جامعه برجا بگذارد. آلوده‌گی آب‌های سطحی و زیرزمینی، انتشار گازهای گل‌خانه‌یی، تخریب مناظر شهری، افزایش حشرات و حیوانات ناقل بیماری، بروز بیماری‌های خطرناک، تهدید زنده‌گی آبزیان و تلفات دام و طیور از جملهٔ پیامدهای ناشی از دفع غیر صحی زباله‌ها می‌باشند (یحیی‌زاده، ۱۳۹۹). مطالعات نشان می‌دهد که دفن صحی هنوز هم یکی از رایج‌ترین روش‌های دفع زباله در بسیاری از کشورها است؛ اما در صورت نبود طراحی و مدیریت معیاری، می‌تواند منجر به آلوده‌گی آب‌های زیرزمینی و انتشار گاز میتان گردد (Karimi, ۲۰۲۳). سوزاندن زباله نیز به‌عنوان روشی برای کاهش حجم زباله مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صورتی‌که در کوره‌های معیاری انجام شود، می‌تواند در کاهش حجم زباله مؤثر باشد؛ با این‌حال، هزینه‌های بلند و خطر انتشار گازهای آلوده‌کننده از محدودیت‌های عمدهٔ این روش به‌شمار می‌رود (Bovea et al., ۲۰۱۰). در مقابل، بازیافت و کمپوست‌سازی به‌عنوان روش‌های سازگار با محیط زیست، نقش مهمی در کاهش حجم زباله‌های نیازمند دفع نهایی، حفظ منابع طبیعی و مدیریت پایدار زباله‌ها دارند (Nwodo et al., ۲۰۱۸). تحقیقات نشان می‌دهد که هیچ روش دفع زباله به‌تنهایی بهترین گزینه محسوب نمی‌شود و انتخاب روش مناسب باید بر اساس شرایط محیطی، اقتصادی، اجتماعی و ظرفیت‌های محلی صورت گیرد. از این‌رو، بررسی و مقایسهٔ روش‌های مختلف دفع زباله یکی از ضرورت‌های مهم علمی و عملی در مدیریت زباله‌های شهری به‌شمار می‌رود. زباله‌ها بر اساس نوع، منبع تولید و ویژه‌گی‌های فزیکی و کیمیاوی به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. به‌صورت کلی، زباله‌ها شامل زباله‌های شهری، صنعتی و خطرناک می‌باشند. زباله‌های شهری شامل زایدات غذایی، خاکستر، ضایعات ساختمانی و زباله‌های ویژه‌اند؛ زباله‌های صنعتی شامل فلزها، مواد پلاستیکی و مواد کیمیاوی می‌شوند و زباله‌های خطرناک نیز مواد قابل انفجار، قابل احتراق و سمی را دربر می‌گیرند (کوهستانی، ۱۳۹۴). همچنان زباله‌ها به‌صورت عمومی به پنج دسته زباله‌های عادی، صحی، زراعتی، صنعتی

و ویژه تقسیم‌بندی شده‌اند (رضویان و همکاران، ۱۳۹۴). منابع تولید زباله‌های شهری نیز متنوع بوده و شامل مناطق مسکونی، مراکز تجاری، ادارات، رستورانت‌ها، هوتل‌ها، مراکز صحی، تفریح‌گاه‌ها، سرک‌ها، شاهراه‌ها و مراکز تصفیهٔ آب می‌گردند. حجم، ترکیب، میزان خطر و سایر ویژه‌گی‌های زباله‌ها با توجه به منبع تولید متفاوت بوده و شناخت این منابع در انتخاب روش مناسب جمع‌آوری، بازیافت و دفع زباله اهمیت اساسی دارد (مختارپور، ۱۴۰۰). جمع‌آوری و انتقال زباله‌ها یکی از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت زباله‌های شهری محسوب می‌شود و بخش عمده‌یی از هزینه‌های مدیریت زباله را به خود اختصاص می‌دهد. این روند از جمع‌آوری زباله در محل تولید آغاز شده و تا انتقال و تخلیهٔ آن در محل نهایی دفع ادامه می‌یابد. استفاده از سیستم‌های مناسب جمع‌آوری و انتقال زباله می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها، جلوگیری از آلوده‌گی محیط زیست و بهبود وضعیت صحی شهرها داشته باشد (مختارپور، ۱۴۰۰). در بسیاری از شهرها، زباله‌ها از طریق کیسه‌های پلاستیکی، بشکه‌های مستعمل، چرخ‌های دستی، موترهای باربری کوچک و کانتینرهای ثابت جمع‌آوری و انتقال داده می‌شوند. با این‌حال، در برخی مناطق، استفاده از روش‌های غیر معیاری و غیر صحی در جمع‌آوری و انتقال زباله، مشکلات محیط زیستی و صحی فراوانی را ایجاد کرده است (عمرانی، ۱۳۸۹). با توجه به افزایش تولید زباله‌های شهری و پیامدهای ناشی از دفع غیر صحی آن، بررسی روش‌های مختلف دفع زباله و ارزیابی مزایا و محدودیت‌های هر روش، اهمیت ویژه‌یی در مدیریت پایدار محیط زیست دارد. بنابراین، هدف این مقاله بررسی و ارزیابی روش‌های مختلف دفع زباله‌های شهری، تحلیل پیامدهای محیط زیستی هر روش و معرفی شیوه‌های مناسب برای مدیریت مؤثر و پایدار زباله‌ها می‌باشد تا زمینهٔ کاهش آلوده‌گی محیط زیست، حفظ منابع طبیعی و ارتقای سلامت عمومی فراهم گردد.

۲. روش تحقیق

این تحقیق از نوع مطالعات مروری و توصیفی می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز از طریق بررسی کتاب‌های دانشگاهی معتبر، مقالات علمی، پایان‌نامه‌ها و اسناد مرتبط با مدیریت و دفع زباله‌های شهری گردآوری گردیده است. داده‌ها پس از جمع‌آوری، با استفاده از روش تحلیل توصیفی بررسی شده و روش‌های مختلف دفع زباله بر اساس معیارهای محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی و صحی با یک‌دیگر مقایسه شده‌اند.

۳. روش‌های دفع زباله

روش‌های معمولی‌ای که تاکنون برای دفع زباله به‌کار گرفته شده‌اند، شامل بازیافت، سوزاندن، دفن صحی و تهیهٔ کمپوست است (تاجیک، ۱۳۹۴). با توجه به موقعیت جغرافیایی، آب‌وهوای منطقه، موجودیت زمین‌های بایر و همچنان نوعیت زباله، به‌کارگیری روش‌های دفع زباله متفاوت می‌باشد. روش‌های سوزاندن، کمپوست و دفن صحی زباله، در صورتی که در ابتدا با اجرای سیستم بازیافت تولید همراه باشند، از اهمیت خاصی برخوردارند.

۳.۱. بازیافت زباله

بازیافت به معنای استفاده از مواد مصرف‌شده برای تولید و ساخت دوبارهٔ همان کالا یا کالای قابل استفادهٔ دیگر است که هدف آن استفادهٔ مجدد از مواد قابل بازیافت و بازگرداندن آن‌ها به چرخهٔ تولید می‌باشد. در این روش، موادی مانند پلاستیک، کاغذ، شیشه، فلزها و برخی مواد دیگر پس از جمع‌آوری و تفکیک، دوباره پروسس شده و به محصولات جدید تبدیل می‌شوند. یافته‌های مطالعات نشان می‌دهد که بازیافت نقش مهمی در کاهش حجم زباله‌های دفنی، صرفه‌جویی در مصرف منابع طبیعی، کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌یی دارد (Alshaikh & Abdelfatah, ۲۰۲۴; Galavote et al., ۲۰۲۵). امروزه روش‌های مختلفی در جهان برای تفکیک و جداسازی اجزای ترکیبی مواد زاید توسعه یافته‌اند. می‌توان از مهم‌ترین آن‌ها تفکیک از مبدأ و تفکیک در مقصد نام برد.

۱. تفکیک در مبدأ: در این روش زایدات قابل بازیافت پس از جداسازی در منزل جهت ذخیره‌سازی به ظروف ویژه که بدین منظور در منازل نصب گردیده‌اند، انتقال می‌یابد و سپس توسط سرویس‌های ویژه و منظم از محل تولید به محل تبدیل انتقال می‌یابد.
۲. تفکیک در مقصد: در این روش زایدات قابل بازیافت پس از ورود به مراکز انتقال و یا دفع توسط روش‌های سنتی و یا نیروی انسانی و یا توسط سیستم‌های میکانیزه از داخل مواد تفکیک و جداسازی می‌گردد. به‌طور کلی هر کارخانهٔ بازیافت و تبدیل مواد زاید جامد از سه قسمت اساسی زیر تشکیل شده است:

۱- قسمت دریافت مواد؛
۲- قسمت جداسازی؛
۳- قسمت آماده‌سازی محصول (کوهستانی، ۱۳۹۷).

۳.۲. سوزاندن

سوختاندن زباله یکی از روش‌های مهم مدیریت زباله است که در آن مواد زاید جامد در کوره‌های مخصوص و تحت شرایط کنترول‌شده و حرارت بلند سوزانده می‌شوند تا حجم و وزن آن‌ها به‌طور قابل ملاحظه کاهش یابد. این روش به‌ویژه برای زباله‌های خطرناک، طبی و بخشی از زباله‌های شهری کاربرد دارد. یافته‌های مطالعات مروری نشان می‌دهد که سوختاندن زباله می‌تواند سبب کاهش چشم‌گیر حجم زباله و در عین حال تولید انرژی حرارتی یا برق گردد. همچنان استفاده از سیستم‌های معیاری کنترول آلوده‌گی در واحدهای زباله‌سوز برای کاهش انتشار گازها و مواد آلاینده نقش اساسی دارد. با این حال، در صورت نبود تجهیزات پیش‌رفتهٔ کنترولی، این روش می‌تواند اثرات منفی جدی بالای محیط زیست و صحت انسان داشته باشد (Rechberger, 2015; Quan et al., 2025 & Brunner). با توجه به ترکیب و کیفیت زباله‌های شهری که ظرفیت بلند بازیافت و تولید کود کمپوست را دارند و همچنان با درنظرداشت موجودیت زمین‌های بایر در اطراف شهرها، مشروط بر این‌که دفن زباله در آن‌ها سبب آلوده‌گی آب‌های زیرزمینی و تخریب محیط

زیست نگردد، سرمایه‌گذاری روی اعمار کارخانه‌های زباله‌سوز برای این نوع زباله‌ها چندان قابل توجیه و توصیه‌شدنی نمی‌باشد. با وجود این، به دلیل خطرات جدی آلوده‌گی‌های بیولوژیکی و میکروبی موجود در زباله‌های طبی (شفاخانه‌یی) که نسبت به سایر زباله‌ها بسیار خطرناک‌ترند، محققان هنوز هم سوزاندن این زباله‌ها را در کوره‌های مخصوص و معیاری، به‌عنوان مؤثرترین و مصون‌ترین روش دفع پیشنهاد می‌کنند (تاجیک، ۱۳۹۴).

۳.۲.۱. فواید سوزاندن زباله

۱. این روش مؤثرترین روش دفع زباله است که در مقایسه با سایر روش‌های دفع زباله به زمین کمتر نیاز دارد. خاکستر باقی‌مانده به علت عاری‌بودن از مواد عضوی و باکتری‌ها از نظر صحی مخاطره‌آمیز نبوده و قابل دفن است.
۲. سوزاندن زباله‌ها در دست‌گاه زباله‌سوز منافع جانبی نظیر استفاده از حرارت ایجاد شده برای گرم‌کردن بویلرها و در نتیجه، تولید انرژی را به‌همراه دارد.

۳.۲.۲. نواقص سوزاندن زباله‌ها

- این روش در مقایسه با سایر روش‌ها به سرمایه‌گذاری و هزینهٔ اولیهٔ بیش‌تر نیاز دارد؛
- این روش ایجاد بو، دود و آلوده‌گی هوا می‌نماید که عموماً مورد اعتراض مردم است؛
- به پرسونل کارآزموده و افراد مجرب برای بهره‌برداری و نگهداری از دست‌گاه‌های زباله‌سوز نیاز است؛
- هزینهٔ نگهداری و تعمیرات در این روش بیش از سایر روش‌های دفع زباله است (Kinnaman, ۱۹۹۶).

۳.۳. دفن‌کردن

دفن صحی زباله یکی از روش‌های مهم و نسبتاً اقتصادی مدیریت زباله‌های جامد است که در آن زباله‌ها در محل‌های مشخص، مهندسی‌شده و تحت شرایط کنترول‌شده دفن می‌گردند. مطالعات جدید نشان می‌دهد که دفن صحی در صورت مدیریت درست، می‌تواند اثرات منفی محیط زیستی را نسبت به دفن غیر معیاری به‌گونهٔ قابل ملاحظه کاهش دهد؛ اما ضعف در مدیریت و نبود سیستم‌های معیاری همچنان سبب آلوده‌گی خاک، آب و هوا می‌گردد (Wang & Qiao, ۲۰۲۴; Serafini et al., ۲۰۲۵).

در هر منطقه‌یی‌که زمین کافی و مناسب وجود داشته باشد، روش دفن صحی می‌تواند به‌خوبی مورد استفاده قرار گیرد. این روش متداول‌ترین روش دفع زباله در جهان است. دفن صحی زباله شامل چهار مرحلهٔ زیر است:

۱- ریختن زباله در یک وضع کنترول‌شده؛
۲- فشرده‌گی زباله در یک لایهٔ نازک برای کاهش حجم مواد (به ضخامت حدود ۲ متر)؛

۳- پوشاندن مواد با یک لایهٔ خاک به ضخامت حدود ۲۰ سانتی‌متر؛

۴- پوشش لایهٔ نهایی زباله به ضخامت حدود ۶۰ سانتی‌متر با خاک.

دفن صحی زباله یک روش کاملاً قابل قبول و مطمئن برای دفع زباله‌های شهری است و به‌عنوان یک جای‌گزین در مقابل انبارکردن زباله مطرح است. مطالعهٔ آمار نشان می‌دهد که زباله‌های شهری در ۳۰ کیلومتری شهر کابل با هزینهٔ گزاف دفن می‌شود.

۳.۳.۱. فواید دفن‌کردن زباله

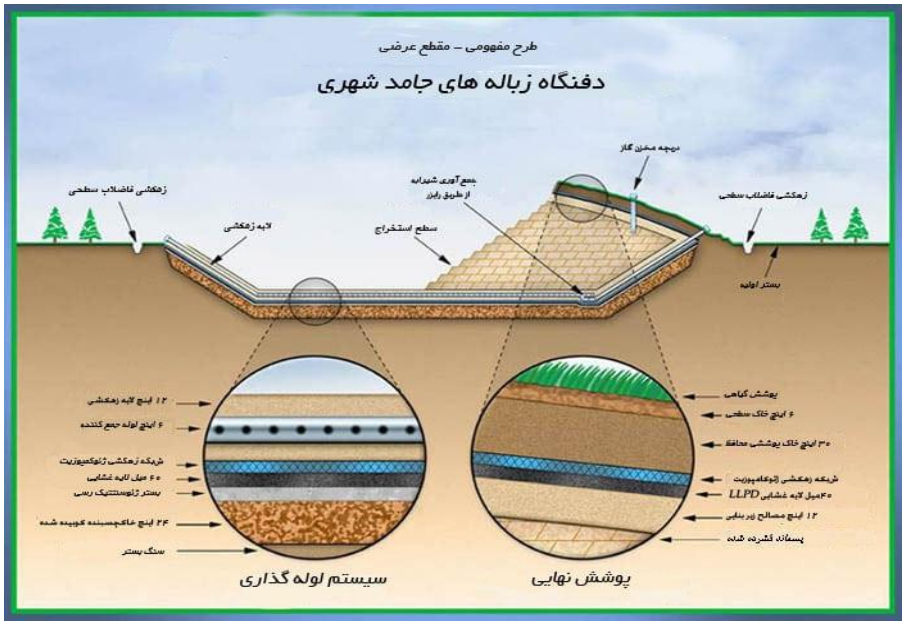
- جلوگیری از انتشار بو و امراض؛
- جلوگیری از دست‌رسی و تماس حشرات، جونده‌گان و حیوانات مضر؛
- عدم تولید دود و گازهای آلوده‌کنندهٔ هوا.

۳.۳.۲. نواقص دفن‌کردن زباله

- باعث ملوث‌شدن آب‌های سطحی در مرور زمان می‌شود؛
- به زمین‌های بایر و غیر قابل استفاده نیاز دارد؛
- از هزینهٔ بالا برخوردار است (تاجیک، ۱۳۹۴).

۳.۳.۳. انتخاب محل دفن زباله

انتخاب زمین مناسب مورد نیاز برای دفن زباله‌های شهری، مهم‌ترین عمل در دفن صحی زباله‌ها محسوب می‌شود. محل دفن صحی زباله باید حداقل برای مدت ۲۵ سال محاسبه شده و در جهت توسعهٔ شهر نباشد. فاکتورهای مهمی که در انتخاب محل دفن صحی زباله باید در نظر گرفته شوند، عبارت‌اند از: توجه به صحت و سلامت عمومی، سطح زمین مورد نیاز، توپوگرافی یا شیب زمین، فاصله از دریا و جاده، قابلیت دست‌رسی به خاک‌پوشش مناسب، قیمت زمین، قابلیت دست‌رسی به محل دفن، فاصلهٔ شهر تا محل دفن، رعایت جهت بادهای تند، زهکشی محل دفن و غیره (کوهستانی، ۱۳۹۴).



شکل ۱: دفن صحی زباله (منبع: احمدی، ۴/۱/۱۴۰۰).

۳.۴. کمپوست یا کودسازی

کمپوست عبارت است از تجزیهٔ کنترول‌شدهٔ مواد عضوی در حرارت و رطوبت مناسب به‌وسیلهٔ باکتری‌ها، قارچ‌ها و سایر مایکروارگانیزم‌های هوازی و غیر هوازی (کوهستانی، ۱۳۹۷). تهیهٔ بیوکمپوست از زباله‌ها در مقایسه با سایر روش‌های دفع زباله به‌خصوص سوزاندن ارزان‌تر و اقتصادی‌تر است؛ به‌طوری‌که در حوالی شهرها با سرمایه‌گذاری کمی می‌توان کود مناسبی جهت توسعهٔ فضای سبز شهری و یا به‌منظور فروش تهیه نمود. تحقیقات جدید نشان می‌دهد که کمپوست‌سازی در کاهش انتقال زباله به محل‌های دفن، کاهش آلوده‌گی محیط زیست و کاهش استفاده از کودهای کیمیاوی نقش مؤثر دارد. با این حال، کنترول مناسب دما، رطوبت، تهویه و زمان تخمیر برای تولید کمپوست باکیفیت، از عوامل مهم در موفقیت این روش به‌شمار می‌رود (Meilander & Caporaso, ۲۰۲۴).

۳.۴.۱. انواع کمپوست

۱- کمپوست سرد: کمپوست سرد ساده‌ترین روش در تجزیهٔ مواد عضوی می‌باشد. در این روش توده‌های مادهٔ عضوی در یک وضع مناسب روی هم انباشته شده و برای مدت‌زمان ۶-۱۲ ماه به حال خود رها می‌گردد. در این روش عمل تجزیه توسط طبیعت انجام می‌شود.

۲- کمپوست گرم: سریع‌ترین روش در تهیهٔ کمپوست روش کمپوست گرم است. در این روش با فعال‌نگه‌داشتن جمعیت میکروبی در تودهٔ مادهٔ عضوی کمپوست پس از ۱۴-۲۰ روز آماده می‌گردد.

۳- کمپوست به روش توده‌ای: در این روش، مواد قابل کمپوست پس از طی چند مرحله، از قبیل جداسازی، آسیاب و جز آن، بر روی سطح زمین به‌صورت توده‌های طویل با عرض ۲/۴ تا ۶/۳ متر و ارتفاع ۱/۸ تا ۲/۱ متر ریخته می‌شوند.

۳.۴.۲. فواید کمپوست

کمپوست یک سلسله فواید دارد که عبارت‌اند از: خاک را غنی کرده و به حفظ رطوبت و جلوگیری از بیماری‌ها و آفات گیاهی کمک می‌کند، نیاز به کود کیمیاوی را کاهش می‌دهد، باکتریا و قارچ‌های مفید تجزیه‌کنندهٔ خاک را تولید می‌کند، انتشار میتان و کاربن از محل‌های دفن زباله را کاهش می‌دهد، رطوبت بیش‌تر برای گیاهان فراهم می‌کند و از فرسایش خاک جلوگیری می‌کند (Mansor, ۲۰۲۱).

جدول ۱: بازارهای کمپوست، موارد استفاده و محدودیت‌ها (حبیبی، ۱۴۰۳).

بخش بازار	کاربرد	اندازهٔ احتمالی بازار	محدودیت‌های اولیه
زراعت	مرطوب‌سازی خاک، اصلاح کود، جلوگیری از فرسایش خاک، توسعهٔ زمین‌های حاشیه‌یی و مالچ‌پاشی بعد از بذر	این بازار با توجه به وسعت عملیات زراعتی بسیار بزرگ است	آلوده‌گی‌های احتمالی کمپوست، هزینهٔ حمل کمپوست و تحویل آن به مصرف‌کننده‌گان و هزینهٔ تجهیزات استفادهٔ عمده برای مصرف‌کننده‌گان
جنگل‌کاری	مرطوب‌سازی خاک و مالچ‌پاشی زمین‌های جنگلی	این بازار با توجه به وسعت زمین‌هایی‌که زیر سطح جنگل‌کاری می‌رویند می‌تواند بسیار بزرگ باشد	هزینهٔ حمل با توجه به فاصله و هزینهٔ استفاده از تجهیزات کمپوست
تولید چمن	مخلوط‌کردن کمپوست با خاک برای کاهش میزان مورد نیاز کود کیمیاوی	این بازار با توجه به نیاز مناطق شهری و فضاهای ورزشی به چمن تعیین می‌شود	هزینهٔ حمل با توجه به فاصله و هزینهٔ استفاده از تجهیزات کمپوست
استفادهٔ خانه‌گی	اصلاح خاک برای غنی‌سازی سطح گیاه یک‌لایه جهت استفاده برای چمن	این بازار با توجه به نوع سکونت‌گاه‌ها در شهر و در مناطق تعیین می‌شود	تجهیزات مورد نیاز پس از پردازش، تضمین کنترول کیفیت و سطح آلوده‌گی‌های کود بسیار پایین باشد
محصولات گل‌خانه‌یی	اصلاح لایهٔ رویین خاک برای مناطقی‌که به شکل متناوب برداشت دارد برای خاک گیاهان گل‌خانه‌یی	این بازار نسبتاً محدود است	آزمایش‌های مداوم و کامل برای تضمین کیفیت کود کمپوست و عرضهٔ مداوم و بدون وقفهٔ کمپوست برای جواب‌گویی به نیاز بازار در تمام فصول
خاک سطحی	مخلوط‌کردن کمپوست با خاک میانی برای استفاده در چمن‌کاری، درخت‌کاری و درخت‌چه‌کاری	این بازار نسبتاً محدود است	عرضهٔ مداوم و بدون وقفهٔ کمپوست برای جواب‌گویی به نیاز بازار در تمام فصول

منظره‌سازی	اصلاح خاک برای چمن‌کاری و مالچ‌پاشی	این بازار نسبتاً محدود است	اطمینان از این‌که کمپوست عاری از هرگونه آلوده‌گی است، احتمال وجود آلوده‌گی‌های فزیکی و عرضهٔ مداوم و بدون وقفهٔ کمپوست برای جواب‌گویی به نیاز بازار در تمام فصول
پوشش مراکز دفن و احیای زمین‌های معادن	اصلاح لایهٔ رویین خاک	این بازار نسبتاً محدود است	هزینهٔ حمل‌ونقل

(حبیبی، ۱۴۰۳).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

زباله‌ها یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط زیستی و صحی در جوامع امروزی به‌شمار می‌روند که در نتیجهٔ رشد نفوس، توسعهٔ شهرنشینی، تغییر الگوهای مصرف و افزایش فعالیت‌های انسانی به‌وجود می‌آیند. این زباله‌ها شامل انواع زایدات خانه‌گی، تجاری، صنعتی و ساختمانی بوده و در صورت عدم مدیریت صحیح، می‌توانند تهدیدات جدی برای محیط زیست و سلامت عمومی ایجاد کنند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که روش‌های مختلف دفع زباله، از جمله دفن صحی، سوزاندن، کمپوست‌سازی و بازیافت، هر کدام دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود می‌باشند و انتخاب روش مناسب باید با توجه به شرایط محیطی، اقتصادی و امکانات موجود صورت گیرد. دفن صحی، در صورت مدیریت معیاری، یکی از رایج‌ترین روش‌های دفع زباله محسوب می‌شود؛ اما عدم رعایت اصول تخنیکی در آن می‌تواند سبب آلوده‌گی آب‌های زیرزمینی و انتشار گازهای گل‌خانه‌یی گردد. همچنان، سوزاندن زباله اگرچه در کاهش حجم زباله مؤثر است، اما هزینه‌های بلند و خطر آلوده‌گی هوا از محدودیت‌های اساسی آن به‌شمار می‌رود. در مقابل، بازیافت و کمپوست‌سازی به‌عنوان روش‌های سازگار با محیط زیست، نقش مهم و مؤثری در کاهش حجم زباله‌ها، حفظ منابع طبیعی و تحقق مدیریت پایدار زباله‌های شهری ایفا می‌کنند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت فراهم‌بودن امکانات، زیرساخت‌ها و شرایط لازم، بازیافت و کمپوست‌سازی از مناسب‌ترین و مؤثرترین روش‌های مدیریت و دفع زباله به‌شمار می‌روند؛ زیرا این روش‌ها افزون بر کاهش آلوده‌گی‌های محیط زیستی، در استفادهٔ مجدد از منابع و کاهش فشار بر محل‌های دفن زباله نیز نقش قابل ملاحظه‌یی دارند.

نتایج این تحقیق همچنان نشان می‌دهد که جمع‌آوری منظم و اصولی زباله‌ها نقش اساسی در موفقیت سیستم مدیریت زباله‌های شهری دارد. استفاده از روش‌های مناسب جمع‌آوری، تفکیک زباله از مبدأ و انتقال معیاری آن می‌تواند میزان آلوده‌گی محیط زیست و تهدیدات صحی را به‌گونهٔ قابل ملاحظه کاهش دهد. از سوی دیگر، مدیریت نادرست زباله‌ها باعث آلوده‌گی آب، خاک، هوا، افزایش حشرات و حیوانات ناقل بیماری، انتشار گازهای مضر و کاهش کیفیت زنده‌گی شهروندان می‌گردد. بنابراین، برای کاهش مشکلات ناشی از

زباله‌های شهری و بهبود وضعیت محیط زیست، لازم است اقدامات مؤثری از سوی نهادهای مسؤول و شهروندان صورت گیرد. افزایش آگاهی عمومی دربارۀ خطرات صحی و محیط زیستی زباله‌ها، ترویج فرهنگ بازیافت و استفادۀ مجدد از مواد زاید، کاهش استفاده از مواد پلاستیکی، افزایش تعداد سطل‌های زباله در مناطق شهری، ایجاد و توسعۀ کارخانه‌های بازیافت و تقویت ظرفیت شهرداری‌ها در بخش جمع‌آوری و انتقال زباله‌ها، از جمله راهکارهای مهم برای مدیریت مؤثر و پایدار زباله‌ها به‌شمار می‌روند. در نهایت، تحقق مدیریت پایدار زباله‌ها نیازمند همکاری مشترک دولت، شهرداری‌ها و شهروندان بوده و می‌تواند نقش مهمی در حفاظت از محیط زیست، کاهش آلوده‌گی و ارتقای سلامت عمومی جامعه ایفا نماید.

۵. منابع

بری، شاه‌محمود. (۱۴۰۲). حفاظت محیط زیست. مطبعهٔ رحیمی، صص. ۹۱–۹۲.

کوهستانی، نثاراحمد. (۱۳۹۴). حفاظت محیط زیست. انتشارات قرطبه، صص. ۶۵-۶۹.

مختارپور، رجب‌علی. (۱۴۰۰). مدیریت پس‌مانده‌های شهری. انتشارات مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری و روستایی، صص. ۳۱–۳۲ و ۴۹–۵۰.

یحیی‌زاده، جعفر. (۱۳۹۹). مدیریت زباله‌های شهری. انتشارات مؤسسهٔ خیریهٔ نیکوکاران، ص. ۲.

عمرانی، قاسم‌علی. (۱۳۸۹). مدیریت زباله‌های شهری. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، صص۳۱۵-۳۱۶.

کوهستانی، نثاراحمد. (۱۳۹۷). اساسات ایکولوجی. انتشارات قرطبه، صص. ۱۶۱–۱۶۳.

رضویان، فاطمه، بهنوش خوش‌منش و صبا ایزدیار. (۱۳۹۴). مشارکت مردم در طرح تفکیک زباله‌ها از مبدأ.

روشن، احمدی. (۱۴۰۰/۱/۴). دفن بهداشتی زباله. انتشارات دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، صص۳۱-۳۲.

تاجیک، زهره. (۱۳۹۴). بازیافت زباله. پایان‌نامهٔ مقطع لیسانس، صص۳-۵.

حبیبی، امیر. (۱۴۰۳). طرح‌های صنایع بازیافت، صص۵-۷.

Alshaikh, R., & Abdelfatah, A. (2024). Optimization techniques in municipal solid waste management: A systematic review. *Sustainability*, *16*(15), 6585.https://doi.org/10.3390/su16156585

Bovea, M. D., Ibáñez-Forés, V., Gallardo, A., & Colomer-Mendoza, F. J. (2010). Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. *Waste management*, *30*(11), 2383-2395.

Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2015). *Waste to energy – Key element for sustainable waste management*. Waste Management, 37, 3–12. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.02.003

Galavote, T., Chaves, G. D. L. D., Yamane, L. H., & Siman, R. R. (2025). Municipal solid waste management instruments that influence the use of the refuse as fuel in developing countries: A critical review. *Waste Management & Research*, *43*(2), 160-180. https://doi.org/10.1177/0734242X241231402

Karimi, N. (2023). Assessing global waste management: alternatives to landfilling in different waste streams—a scoping review. *Sustainability*, *15*(18), 13290. https://doi.org/10.3390/su151813290

Kinnaman, T. C. (1996). Garbage, Recycling, and Illicit Burning or Dumping. Proceedings of the Eighty-Eighth Annual Conference on Taxation, National Tax Journal.

Mansor Sharif. (2021). Types and solutions of waste disposal (pp. 22–23).

Meilander, J., & Caporaso, J. G. (2024). The microbiome science of composting and human excrement composting: a review. *arXiv preprint arXiv:2409.07376*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.07376

Nwodo, J. C., Taziwa, R. T., Ugwuishiwu, B. O., & Meyer, E. L. (2018). *Composting and recycling of municipal solid waste as a measure towards effective waste management in Nigeria*. *Transylvanian Review, 26*(33).

Quan, C., Ravelomanantsoa, V. S., Olazar, L., Santamaria, L., Lopez, G., Liu, L., & Gao, N. (2025). Thermochemical conversion of waste into energy: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 1–26.

Serafini, L. F., Praça, P. J. G. M., González-Andrés, F., & Gonçalves, A. (2025). Life cycle approach as a tool for assessing municipal biowaste treatment units: A systematic review. *Waste Management & Research*, *43*(10), 1509-1524.

Wang, J., & Qiao, Z. (2024). A comprehensive review of landfill leachate treatment technologies. *Frontiers in Environmental Science*, *12*, 1439128.

© Author(s) 2025. This work is distributed under https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/