مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هجدهم ، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، صفحات ۵۰۵ تا ۵۱۸

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی فنی، محیط زیستی و اقتصادی بهره‌گیری از فناوری کمپوستر در مدیریت پسماند شهری: مطالعه موردی تهران، ۱۴۰۲

سارا قبادی[۱،*]، فرهاد خسروانی[۱]، زهره بهمنی[۲،۱]

۱- گروه مطالعات خدمات شهری و محیط زیست، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهرداری تهران، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۲۳

واژگان کلیدی: مدیریت پسماند، کمپوست، پسماندهای آلی، اقتصاد پسماند، توسعه پایدار

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
sara.ghobadi90@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: مدیریت پسماندهای شهری، به‌ویژه در کلان‌شهرهایی مانند تهران که روزانه حدود ۸،۵۰۰ تن پسماند در آن تولید می‌شود، یکی از چالش‌های جدی محیط زیستی و اقتصادی است. سهم مواد آلی فسادپذیر از ترکیب پسماندهای شهری بین ۶۰ تا ۷۰ درصد برآورد می‌شود که نیازمند مدیریت مناسب برای کاهش پیامدهای محیط زیستی است. این پژوهش با هدف ارزیابی امکان‌سنجی فنی، محیط زیستی و اقتصادی فناوری کمپوست‌سازی سریع به‌عنوان روشی نوین در مدیریت پسماندهای آلی تهران انجام شده است.

روش بررسی: در این مطالعه، دستگاه کمپوستر با ظرفیت پردازش روزانه ۱۰۰۰ kg پسماند تر مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی اقتصادی با استفاده از تحلیل هزینه- فایده انجام شد و شاخص‌های مالی از جمله ارزش خالص فعلی، نرخ بازده داخلی، دوره بازگشت سرمایه و شاخص سودآوری محاسبه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که فناوری کمپوست‌سازی سریع دارای ارزش خالص فعلی ۵۶/۶ میلیارد ریال، نرخ بازده داخلی ۲۰/۴۸ درصد و دوره بازگشت سرمایه ۳ سال و ۵ ماه است. همچنین، شاخص سودآوری برابر ۳/۵۲ محاسبه شد که نشان‌دهنده جذابیت اقتصادی این طرح است. این فناوری علاوه بر کاهش حجم پسماند دفنی و آلودگی محیط زیستی، به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تولید کمپوست باکیفیت و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که استفاده از دستگاه کمپوستر با ظرفیت پردازش روزانه ۱۰۰۰ kg پسماند تر در یک مجتمع مسکونی ۲،۰۰۰ نفری در تهران، از نظر اقتصادی و محیط زیستی توجیه‌پذیر است. این فناوری با بازگشت سرمایه کوتاه‌مدت و کاهش قابل‌توجه پسماند دفنی، می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر در مدیریت پسماندهای آلی شهری مورد استفاده قرار گیرد.

Please cite this article as: Ghobadi S, Khosravani F, Bahmani Z. Technical, environmental and economic assessment of composting technology in municipal solid waste management: a case study of Tehran, 2023. Iranian Journal of Health and Environment. 2025;18(3):505-18.

Copyright © 2025 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

مقدمه

مدیریت پسماند، به‌ویژه در کلان‌شهرها، یکی از چالش‌های مهم جوامع بشری است که با رشد سریع شهرنشینی، تغییر الگوهای مصرف و توسعه اقتصادی، ابعاد آن پیچیده‌تر شده است (۱، ۲). تولید پسماند نتیجه‌ای اجتناب‌ناپذیر از فعالیت‌های تولیدی و مصرفی است و با گسترش شهرها و افزایش جمعیت، میزان تولید پسماند به طور چشمگیری افزایش یافته است (۳، ۴). بر اساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۷، میزان تولید سالانه پسماند در جهان حدود ۱/۳ میلیارد تن (معادل ۱/۲ کیلوگرم به ازای هر نفر در روز) برآورد شده است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ به ۳/۴ میلیارد تن در سال افزایش یابد (۵-۷). این افزایش تصاعدی نه‌تنها منابع طبیعی و محیط‌زیست را تحت فشار قرار داده، بلکه مدیریت پسماند را به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های محیط زیستی و اقتصادی جهان تبدیل کرده است (۸). مدیریت ناکارآمد پسماندهای شهری اثرات محیط زیستی مخربی مانند آلودگی خاک، منابع آبی و هوا را به دنبال دارد. روش‌های سنتی مدیریت پسماند نظیر دفن و سوزاندن، به دلیل تولید گازهای گلخانه‌ای، نظیر متان و دی‌اکسید کربن و شیرابه‌های سمی، اثرات نامطلوبی بر سلامت عمومی و محیط‌زیست دارند (۹). بر اساس آمار، به‌طور میانگین ۷۴ درصد از پسماندهای تولیدی کشور دفن می‌شود. این میزان دفن به انتشار سالانه حدود ۶ میلیون تن دی‌اکسید کربن معادل و تولید $1,100\ m^3$ شیرابه منجر می‌شود که مدیریت آن چالشی جدی برای کلان‌شهرهایی نظیر تهران است (۱۰). درشهر تهران، روزانه حدود ۸,۰۰۰ تن پسماند تولید می‌شود که بر اساس آنالیزهای انجام شده، ۶۰ تا ۷۰ درصد این پسماندها را مواد آلی فسادپذیر (پسماندهای تر)، ۲۵ تا ۳۰ درصد آن‌ها را مواد خشک قابل بازیافت و ۵ تا ۱۰ درصد آن‌ها را سایر مواد زائد تشکیل می‌دهند (۱۱، ۱۲). محدودیت های فنی، اقتصادی و فرهنگی مانند نرخ تفکیک از مبداء اندک، منجر به مخلوط شدن پسماندهای تر و خشک در بسیاری از مناطق شده است که این مسئله نه تنها ارزش مواد بازیافتی را از بین می‌برد، بلکه مشکلاتی جدی در فرآیند بازیافت و یا دفن پسماند ایجاد می‌کند (۱۳). جداسازی پسماندها در مبدأ، نه تنها می‌تواند به بهبود بازیافت و دفع بهداشتی آن‌ها کمک کند، بلکه از آلودگی محیط‌زیست و اتلاف سرمایه‌های ملی نیز جلوگیری می‌نماید. این دسته از پسماندها، به دلیل قابلیت بالای تولید گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های ناشی از شیرابه، اهمیت ویژه‌ای در مدیریت پسماند دارند (۱۴-۱۶).

علی‌رغم اقدامات صورت گرفته برای تفکیک پسماند در مبدأ و بازیافت، همچنان حجم زیادی از این پسماندها به مجتمع آرادکوه تهران منتقل و دفن می‌شود (۱۷). تبدیل پسماندهای تر به کمپوست یکی از مؤثرترین روش‌ها برای مدیریت پایدار پسماندهای آلی است. کمپوست‌سازی فرآیندی زیستی و کنترل شده است که در آن، مواد آلی فسادپذیر با استفاده از فعالیت میکروارگانیسم‌ها به مواد آلی پایدار و غنی تبدیل می‌شوند. این فرآیند نه‌تنها به کاهش حجم پسماندهای دفنی کمک می‌کند، بلکه از تولید گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های محیط زیستی جلوگیری می‌کند (۱۸). کمپوست تولیدشده، به‌عنوان کود آلی، نقش مهمی در بهبود کیفیت خاک و افزایش بهره‌وری کشاورزی دارد و جایگزینی پایدار برای کودهای شیمیایی محسوب می‌شود (۱۹). فناوری‌های جدید در حوزه تولید کمپوست، نظیر فناوری کمپوست سریع (Rapid Composting)، گام بلندی در کاهش زمان و افزایش کارایی این فرآیند برداشته‌اند (۷، ۲۰). این فناوری، با استفاده از میکروارگانیسم‌های پیشرفته و آنزیم‌های ویژه، امکان تولید کمپوست از پسماندهای آلی را طی ۲۴ تا ۴۸ h فراهم می‌کند (۲۱، ۲۲). فناوری مذکور علاوه بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، هزینه‌های جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماند را به‌طور قابل‌توجهی کاهش داده و برای مدیریت پسماندهای شهری و خانگی بسیار مناسب است (۲۳). دستگاه‌های کمپوستر سریع در مقیاس صنعتی و خانگی، به‌ویژه برای مدیریت پسماندهای آشپزخانه و سبزیجات، در حال توسعه و استفاده در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته هستند (۲۴، ۲۵). در ایران نیز

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

دستگاه‌های تولید کمپوست سریع توسط چندین شرکت تولید و عرضه شده‌اند. با این وجود، استفاده از این فناوری در سطح گسترده هنوز به‌طور کامل اجرا نشده است. در شهر تهران، با توجه به سهم بالای پسماندهای تر در ترکیب پسماندهای شهری، به‌کارگیری فناوری کمپوست سریع می‌تواند علاوه بر کاهش حجم پسماند دفنی و شیرابه‌های ناشی از آن، سهم مهمی در مدیریت بهینه پسماند ایفا کند.

هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی امکان‌سنجی فنی، محیط زیستی و اقتصادی به‌کارگیری فناوری کمپوست‌سازی سریع در مدیریت پسماندهای آلی شهر تهران است. نتایج این مطالعه می‌تواند در ارائه راهکارهای عملی و علمی برای کاهش اثرات محیط زیستی و بهبود مدیریت پایدار پسماند در تهران مفید باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف ارزیابی امکان‌سنجی فنی، محیط زیستی و اقتصادی به‌کارگیری فناوری کمپوست‌سازی سریع در مدیریت پسماندهای آلی شهری در تهران انجام شد. شهر تهران، با جمعیتی بالغ بر ۸ میلیون نفر، روزانه حدود ۸,۵۰۰ تن پسماند تولید می‌کند که بخش عمده‌ای از آن را مواد آلی فسادپذیر تشکیل می‌دهند. در این پژوهش، عملکرد یک دستگاه از کمپوسترهای مستقر در فرآیند مدیریت پسماند شهر تهران با ظرفیت پردازش روزانه ۱,۰۰۰ kg پسماند تر ارزیابی گردید. این دستگاه با بهره‌گیری از میکروارگانیسم‌های خاص و آنزیم‌های ویژه، فرآیند کمپوست‌سازی را در مدت زمان ۲۴ تا ۴۸ h تکمیل کرده و دارای سیستم‌های کنترل دما، رطوبت و تهویه هوای خودکار است که کیفیت کمپوست تولیدی را بهبود می‌بخشد. برای تحلیل اقتصادی، از روش تحلیل هزینه-فایده استفاده شد و شاخص‌های مالی مانند ارزش خالص فعلی (NPV)، نرخ بازده داخلی (IRR)، دوره بازگشت سرمایه (PBP) و شاخص سودآوری (PI) محاسبه گردید. محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel و در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۱۰ درصد و دوره بهره‌برداری ۱۰ ساله انجام شد.

این پژوهش از نوع کاربردی و در چارچوب پارادایم کمی انجام شده است و از نظر طرح پژوهش، توصیفی- تحلیلی و غیرآزمایشی است که به بررسی امکان‌سنجی فنی، محیط زیستی و اقتصادی استفاده از فناوری کمپوست‌سازی سریع در مدیریت پسماندهای آلی شهری می‌پردازد.

_ *روش تحلیل هزینه- فایده*

تحلیل هزینه- فایده روشی برای ارزیابی مزیت نسبی پروژه‌های سرمایه‌گذاری برحسب تخصیص بهینه و کارآمد منابع است. هدف تحلیل هزینه- فایده بهبود کارایی منابع در جهت رفاه اقتصادی است. به‌عبارت دیگر هدف از ارزیابی، کمک به انتخاب بهترین نوع تصمیم‌گیری برای استفاده بهینه و مطلوب از منابع است (۲۶، ۲۷). تحلیل هزینه- فایده را می‌توان نسبت سودهای تنزیل‌شده به هزینه‌های تنزیل‌شده در یک سرمایه‌گذاری با ارجاع به یک لحظه زمانی معین تعریف کرد. چون زمان حال نقطه زمانی مناسبی برای ارجاع است، تحلیل هزینه- فایده را اغلب برمبنای ارزش فعلی سودها و ارزش فعلی هزینه‌ها محاسبه می‌کنند. این روش تحلیلی کمک می‌کند تا تصمیم مناسب برای ایجاد حداکثر منافع در مقابل حداقل هزینه مشخص شود. در این ارتباط شاخص‌های مالی مورد استفاده به‌منظور بررسی توجیه اقتصادی بکارگیری فناوری کمپوستر در این مطالعه شامل ارزش خالص فعلی (NPV)، بازگشت سرمایه، نرخ بازده داخلی (IRR) و شاخص سودآوری (PI) است (۲۸، ۲۹).

_ *مشخصات دستگاه کمپوستر*

در این مطالعه، از دستگاه کمپوست‌سازی با ظرفیت پردازش روزانه ۱,۰۰۰ kg پسماند تر به‌عنوان بستر عملیاتی برای ارزیابی امکان‌سنجی فنی، محیط زیستی و اقتصادی استفاده شد (جدول ۱). این دستگاه بر پایه فناوری کمپوست‌سازی سریع طراحی شده و برای کاربرد در مقیاس شهری، به‌ویژه در مجتمع‌های مسکونی بزرگ، بهینه‌سازی شده است. عملکرد دستگاه مبتنی بر فرآیند کمپوست‌سازی اسیدول است که از جمله شیوه‌های نوین زیستی- حرارتی در تجزیه پسماندهای

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

آلی به‌شمار می‌رود. مکانیسم عملکرد دستگاه بر ورود مستقیم ضایعات آلی فسادپذیر شامل بقایای غذایی، ضایعات سبزیجات، پوست میوه، تفاله چای، ضایعات پروتئینی حیوانی و سایر مواد آلی قابل‌تجزیه به درون محفظه‌ی اصلی استوار است. سیستم حرارتی دستگاه مجهز به یک ترموستات پیشرفته است که دمای داخلی را به‌صورت پیوسته در بازه ۴۰ تا ۶۵ °C حفظ می‌نماید. این بازه دمایی به‌عنوان محدوده بهینه برای فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی و تسریع در تجزیه بیولوژیکی مواد آلی شناخته می‌شود. در طول فرآیند، pH محصول نهایی در محدوده ۴ تا ۶ تثبیت می‌شود که از ویژگی‌های کلیدی در تضمین کیفیت کمپوست نهایی است.

الگوی زمان‌بندی فعالیت دستگاه به‌گونه‌ای طراحی شده است که با هر بار باز و بسته شدن درب، فرآیند فعال‌سازی به مدت ۸ min انجام گرفته و پس از آن دستگاه به مدت ۲۴ min در وضعیت غیرفعال قرار می‌گیرد. در صورت بسته ماندن درب به مدت بیش از ۳۰ h، سیستم به‌صورت خودکار خاموش می‌شود تا از مصرف بی‌رویه انرژی و کاهش طول عمر تجهیزات جلوگیری شود. عامل میکروبی فعال در فرآیند کمپوست‌سازی، باکتری Alicyclobacillus sendaiensis است؛ گونه‌ای هوازی، گرمادوست، اسیددوست، غیرپاتوژن و اندوسپورزا که در محدوده دمایی ۴۰ تا ۶۵ °C و pH بین ۲٫۵ تا ۶٫۵ بیشترین بازده زیستی را داراست (۳۰).

جدول ۱- مشخصات فنی مکان نصب دستگاه کمپوستر خانگی با ظرفیت پردازش ۱۰۰۰ kg/day پسماند آلی

ظرفیت پردازش روزانه پسماند دستگاه کمپوستر		۱۰۰۰ kg
روش فرایند پردازش		روش تجزیه اسیدول کمپوستینگ (دمای زیاد و تجزیه اسیدی از طریق باکتری‌های خاکی)
مکان نصب دستگاه		در فضای باز یا بسته
ابعاد دستگاه	طول	٤،٥٩٠ mm
	عرض	١،٧٩٠ mm
	ارتفاع	٢،٦٠٠ mm
وزن دستگاه		٦،٥٠٠ kg
قدرت برق دستگاه		سه فاز_ ۳۸۰ V
مصرف برق		۲۸ kWh
سیستم بوگیر		روش بوزدایی میکروبی کمپلکس
لوازم جانبی		کیسه‌های باکتری، بالابر

لازم به ذکر است که دستگاه کمپوستر به‌طور استاندارد برای کاربری‌های صنعتی طراحی شده و اتصال برق سه فاز معمولاً برای این نوع دستگاه‌ها ضروری است. در صورت نیاز به استفاده در مجتمع‌های مسکونی، می‌توان با نصب مبدل‌های مناسب، ولتاژ مورد نیاز را تأمین کرد که هزینه‌های مربوط به عایق‌بندی بسته به نوع ساختمان متفاوت خواهد بود.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

یافته ها

_ *کل پسماند خروجی مجتمع به تفکیک*

کل پسماند خروجی متمع، اجزای مختلف آن و میزان کود تولیدی در صورت نصب دستگاه کمپوستر در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- کل پسماند خروجی مجتمع، اجزاء مختلف آن و میزان کود تولیدی در صورت نصب دستگاه کمپوستر

	پسماند خروجی مجتمع مسکونی (kg) *	۳۰ درصد پسماند خشک ارزشمند (kg)	۱۰ درصد زائدات	۶۰ درصد پسماند تر (kg)	کود حاصله (kg) **
روز	۱،۸۰۰	۵۴۰	۱۸۰	۱،۰۸۰	۲۵۰
ماه	۵۴،۰۰۰	۱۶،۴۷۰	۵۴۹۰	۳۲،۹۴۰	۷،۶۲۵
سال	۶۵۷،۰۰۰	۱۹۷،۶۴۰	۶۵۸۸۰	۳۹۵،۲۸۰	۹۱،۵۰۰

* سرانه تولید پسماند در شهر تهران g/day ۹۰۰، در نظر گرفته شده است.

** نسبت کود حاصل از پسماند تر بین ۲۰ تا ۲۵ درصد برآورد می‌گردد.

_ *قیمت فروش کود تولیدی و پسماند خشک مجتمع*

قیمت فروش محصولات تولیدی براساس قیمت‌های قابل رقابت در شرایط فعلی بازار و با افزایش ۱۵ درصد در سال‌های آتی در نظر گرفته شده است (جدول ۳).

جدول ۳- درآمد ناشی از فروش پسماند خشک و کود حاصله

	پسماند خشک (هر kg ۳۰،۰۰۰ ریال)	فروش کود (هر kg ۲۰،۰۰۰ ریال)	جمع کل درآمد به ریال (پسماندخشک+ کود)
روز	۱۶،۲۰۰،۰۰۰	۵،۰۰۰،۰۰۰	۲۱،۲۰۰،۰۰۰
ماه	۴۹۴،۱۰۰،۰۰۰	۱۵۲،۵۰۰،۰۰۰	۶۴۶،۶۰۰،۰۰۰
سال	۵،۹۲۹،۲۰۰،۰۰۰	۱،۸۳۰،۰۰۰،۰۰۰	۷،۷۵۹،۲۰۰،۰۰۰

میزان رشد سالانه فروش محصول در طرح ۱۵ درصد در نظر گرفته شده و با این فرض که قیمت فروش محصول ۱۵ درصد تغییر کند توجیه اقتصادی طرح بررسی شده است.

_ *برآورد هزینه‌های انرژی مصرفی*

هزینه‌های برق مصرفی دستگاه به‌شرح زیر در جدول ۴ محاسبه شده است.

جدول ۴- برآورد هزینه‌های برق مصرفی دستگاه

	متوسط انرژی مصرفی (kWh)	قیمت پایه هر kWh (ریال)*	هزینه کل (ریال)
سال	۱۲۲،۹۷۶	۴،۰۲۰	۴۹۴،۳۶۳،۵۲۰

* تعرفه مناطق عادی، برای متوسط انرژی مصرفی بالای kWh ۶۰۰ در ماه

* میزان رشد سالانه هزینه انرژی مصرفی در طرح ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است و با این فرض که قیمت انرژی مصرفی ۱۰ درصد تغییر کند توجیه اقتصادی طرح بررسی شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

_ *سرمایه‌گذاری مورد نیاز و منابع تأمین آن*

سرمایه‌گذاری مورد نیاز و منابع تأمین آن به‌شرح زیر است:

جدول ۵- هزینه اولیه خرید دستگاه کمپوستر و شیوه پرداخت آن

هزینه خرید و نصب دستگاه کمپوستر با ظرفیت پردازش kg/day ۱۰۰۰ (ریال)	
۲۲،۵۰۰،۰۰۰،۰۰۰	
۲۰ درصد نقد (ریال)	۸۰ درصد تسهیلات با نرخ بهره ۱۰ درصد با شرایط بازپرداخت ۳۰ ماهه و تنفس ٦ ماهه*
٤،۵۰۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۸،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰

* برای خرید دستگاه‌های کمپوستر با هزینه بیش از ۵،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال، توسط صندوق ملی محیط زیست تسهیلات با نرخ بهره ۱۰ درصد تا ۸۰ درصد مبلغ خرید دستگاه، پرداخت می‌شود.

_ *هزینه مواد اولیه مصرفی*

مقدار مواد اولیه مصرفی با توجه به مصرف استاندارد و نرخ مواد اولیه مصرفی، مطابق قرارداد با شرکت تأمین‌کننده این مواد به این صورت است. مواد اولیه که همان میکروارگانیسم‌های مورد نیاز برای تکمیل فرایند کمپوست‌سازی است در صورت مصرف استاندارد تا سه سال به‌همراه دستگاه تأمین شده و پس از آن هر سال ۲۰ بسته ۲ لیتری نیاز است که هزینه هر بسته در زمان تدوین این گزارش ۱،۵۰۰،۰۰۰ ریال بوده است. همچنین، برای هر سال ۱۰ درصد نرخ رشد هزینه تعریف شده است.

_ *هزینه تعمیر و نگهداری*

در اولین سال بهره‌برداری برای ماشین‌آلات و تجهیزات معادل ۲ درصد بهای تمام شده آنها و در سال‌های بعد یک درصد افزایش در هر سال در نظر گرفته شده است.

_ *حقوق و دستمزد*

در این پروژه با توجه به اینکه برای پردازش پسماندها به یک دستگاه کمپوستر نیاز است، بنابراین، برای اپراتور دستگاه می‌توان از سرایدار یا نفرات خدماتی مجتمع استفاده کرد.

_ *شاخص‌های اقتصادی طرح*

به‌منظور بررسی توجیه اقتصادی طرح، از شاخص‌های مالی ارزش خالص فعلی (NPV)، بازگشت سرمایه و نرخ بازده داخلی (IRR) استفاده شد.

جدول ۶- اطلاعات اولیه برای محاسبه شاخص‌های مالی طرح

اطلاعات اولیه برای محاسبه شاخص‌های مالی			
مبلغ سرمایه‌گذاری اولیه (ریال)	۲۲،۵۰۰،۰۰۰،۰۰۰	نرخ تنزیل	٪۱۰
مقدار فروش سال اول کود kg	۹۱،۵۰۰	نرخ رشد هزینه	٪۱۰
قیمت سال اول فروش کود	۲۰،۰۰۰	نرخ رشد قیمت	٪۱۵
مقدار فروش پسماند خشک سال اول	۱۹۷،٦٤۰	تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات	٪۲
قیمت سال اول پسماند خشک	۳۰،۰۰۰		
میزان برق مصرفی سالانه (kWh)	۱۲۲،۹۷٦		
هزینه برق مصرفی، هر kWh (ریال)	٤،۰۲۰		

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

جدول ۷- صورت جریانات نقدی پیش‌بینی شده پروژه کمپوست‌سازی در بازه زمانی ده ساله (سال‌های ۱ تا ۵) با جزئیات درآمدها، هزینه‌ها، تسهیلات مالی، و شاخص‌های کلیدی مالی از جمله سود خالص، خالص جریان نقدی تجمعی و خالص ارزش فعلی

محاسبه‌ای / سال‌ها موارد	سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ٤	سال ٥	سال ٦	سال ۷	سال ۸	سال ۹	سال ۱۰
مقادیر فروش کود (kg)	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰	۹۱،۵۰۰
قیمت هر واحد محصول کود (ریال)	۲۰،۰۰۰	۲۳،۰۰۰	۲۶،٤۵۰	۳۰،٤۱۸	۳٤،۹۸۰	۲۲۷،٤۰	٤۶،۲۶۱	۵۳،۲۰۰	۶۱،۱۸۰	۷۰،۳۵۸
درآمد فروش کود (ریال)	۱،۸۳۰،۰۰۰،۰۰۰	۲،۱۰٤،۵۰۰،۰۰۰	۲،٤۲۰،۱۷۵،۰۰۰	۲،۷۸۳،۲۰۱،۲۵۰	۳،۲۰۰،۶۸۱،٤۳۸	۳،۶۸۰،۷۸۳،۶۵۳	٤،۲۳۲،۹۰۱،۲۰۱	٤،۸۶۷،۸۳۶،۳۸۱	۵،۵۹۸،۰۱۱،۳۸	۶،٤۳۷،۷۱۳،۶۱٤
مقادیر فروش پسماند خشک (kg)	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰	۱۹۷،۶٤۰
قیمت پسماند خشک (ریال)	۳۰،۰۰۰	۳٤،۵۰۰	۳۹،۶۷۵	٤۵،۶۲۶	۵۲،٤۷۰	۶۰،۳٤۰	۶۹،۳۹۱	۷۹،۸۰۰	۹۱،۷۷۰	۱۰۵،۵۳۵
درآمد فروش پسماند خشک (ریال)	۵،۹۲۹،۲۰۰،۰۰۰	۶،۸۱۸،۵۸۰،۰۰۰	۷،۸٤۱،۳۶۷،۰۰۰	۹،۰۱۷،۵۲۲،۶٤۰	۱۰،۳۷۰،۱۷۰،۸۰۰	۱۱،۹۲۵،۵۹۷،۶۰۰	۱۳،۷۱٤،٤۳۷،۲٤۰	۱۵،۷۷۱،۶۷۲،۰۰۰	۱۸،۱۳۷،٤۲۲،۸۰۰	۵۰،۸۵۷،۹۳۷،٤۰۰
تسهیلات	۱۸،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-
جمع ورودی‌ها	۲۵،۷۵۹،۲۰۰،۰۰۰	۸،۹۲۳،۰۸۰،۰۰۰	۱۰،۲۶۱،۵٤۲،۰۰۰	۱۱،۸۰۰،۷۲۳،۸۹۰	۱۳،۵۷۰،۸۵۲،۲۳۸	۱۵،۶۰۶،۳۸۱،۲۵۳	۱۷،۹٤۷،۳۳۸،٤٤۱	۲۰،۶۳۹،۵۰۸،۳۸۱	۲۳،۷۳۵،٤۳٤،۶۳۸	۲۷،۲۹۵،۶۵۱،۰۱٤
پرداخت اصل تسهیلات	۳،۶۰۰،۰۰۰،۶۰۰	۷،۱۹۹،۹۹۹،۷۰۰	۷،۱۹۹،۹۹۹،۷۰۰	-	-	-	-	-	-	-
پرداخت فرع تسهیلات	٤۸۳،۶۳۲،۲۹۸	۹۶۷،۲۶٤،۵۹۶	۹۶۷،۲۶٤،۵۹۶	-	-	-	-	-	-	-
هزینه برق مصرفی به ازای هر KW	٤،۰۲۰	٤،٤۲۲	٤،۸۶٤	۵،۳۵۰	۵،۸۸۵	۶،٤۷٤	۵،۸۸۵	۷،۱۲۱	۷،۸۳۳	۸،۶۱۷
هزینه برق مصرفی (ریال)	٤۹٤،۳۶۳،۵۲۰	۵٤۳،۷۹۹،۸۷۲	۵۹۸،۱۵۵،۲۶٤	۶۵۷،۹۲۱،۶۰۰	۷۲۳،۷۱۳،۷۶۰	۷۹۶،۱٤۶،۶۲٤	۸۷۵،۷۱۲،۰۹۶	۹۶۳،۲۷۱،۰۰۸	۱،۰۵۹،۶۸٤،۱۹۲	۱،۱۶۵،۵۶۶،۵۲۸
هزینه تعمیر و نگهداری	٤۵۰،۰۰۰،۰۰۰	٤۵٤،۵۰۰،۰۰۰	٤۵۹،۰٤۵،۰۰۰	٤۶۳،۶۳۵،٤۵۰	٤۶۸،۲۷۱،۸۰۵	٤۷۲،۹۵٤،۵۲۲	٤۷۷،۶۸٤،۰۶۷	٤۸۲،٤۶۰،۹۰۸	٤۸۷،۲۸۵،۵۱۷	٤۹۲،۱۵۸،۳۷۲
هزینه مواد مصرفی	-	-	-	۳۰،۰۰۰،۰۰۰	۳۳،۰۰۰،۰۰۰	۳۶،۳۰۰،۰۰۰	۳۹،۹۳۰،۰۰۰	٤۳،۹۲۳،۰۰۰	٤۸،۳۱۵،۳۰۰	۵۳،۱٤۶،۸۳۰
جمع خروجی‌ها	۵،۰۲۷،۹۹۶،٤۱۸	۹،۱۶۵،۵۶٤،۱۶۸	۹،۲۲٤،٤۶٤،۵۶۰	۱،۱۵۱،۵۵۷،۰۵۰	۱۲۲٤۹۸۵۵۶۵	۱،۳۰۵،٤۰۱،۱٤۶	۱،۳۹۳،۳۲۶،۱۶۳	۱،٤۸۹،۶۵٤،۹۱۶	۱،۵۹۵،۲۸۵،۰۰۹	۱،۷۱۰،۸۷۱،۷۳۰

دوره هجدهم/ شماره سوم/ پاییز ۱۴۰۴
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

_ *شاخص‌های اقتصادی طرح*

شاخص‌های مالی مورد استفاده به‌منظور بررسی توجیه اقتصادی این طرح شامل، ارزش خالص فعلی (NPV)، بازگشت سرمایه، نرخ بازده داخلی (IRR) و شاخص سودآوری (PI) است (جدول ۸).

جدول ۸- شاخص‌های کلیدی مالی و ارزیابی اقتصادی طرح شامل دوره بازگشت سرمایه (بر اساس ارزش فعلی)، نرخ بازده داخلی (IRR)، خالص ارزش فعلی(NPV) و شاخص سودآوری

شاخص‌های اقتصادی طرح	مقدار
دوره بازگشت سرمایه براساس ارزش فعلی_ سال	۳ سال و ۵ ماه
نرخ بازده داخلی (IRR)_ درصد	٤٨/٢٠ درصد
خالص ارزش فعلی (NPV)_ ریال	٥٦،٦١٩،١٨٥،٢١٠
شاخص سودآوری (Profitability Index)	۳/۵۲

همان‌طور که جدول ۸ نشان می‌دهد، در این طرح توجیهی، شاخص سودآوری، یعنی عواید حاصل از این سرمایه‌گذاری، به‌ازای هر یک ریال سرمایه‌گذاری، معادل ۳/۵۲ ریال است. همچنین، دوره بازگشت سرمایه و به‌عبارتی، زمان لازم برای جبران هزینه‌های سرمایه‌گذاری سه سال و پنج ماه محاسبه شد. مثبت بودن شاخص ارزش خالص فعلی نیز نشان داد که پروژه سودده بوده و سرمایه‌گذار می‌تواند با بررسی سایر فاکتورها از جمله ریسک پروژه در آن سرمایه‌گذاری کند. نرخ بازده داخلی نیز شاخص دیگری بود که برای ارزیابی این طرح توجیهی استفاده و مقدار آن ۴۸/۲۰ درصد محاسبه شد که این عدد معادل نرخ سودی است که سرمایه‌گذار می‌تواند با سرمایه‌گذاری در این پروژه به‌دست آورد. در مجموع محاسبه شاخص‌های مالی نشان داد که این طرح سودده بوده و از توجیه اقتصادی و مالی مناسبی برخوردار است، لذا بر این اساس این پروژه ارزش سرمایه‌گذاری دارد.

_ *برآورد هزینه‌های اقتصادی_ اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از عدم مدیریت بهینه پسماندها*

در حال حاضر، با توجه به مشکلات موجود در اقتصاد کلان کشور، هزینه‌های مدیریت پسماند اعم از جمع‌آوری، حمل، پردازش و دفع افزایش یافته است. بهای خدمات مدیریت پسماند عادی برای هر یک کیلوگرم پسماند در شهر تهران طبق مصوبه «چگونگی محاسبه و اخذ بهای خدمات مدیریت پسماند» در سال ۱۴۰۰، مبلغ ۲،۴۳۲ ریال (۱،۶۵۰ ریال جمع‌آوری و حمل، ۷۸۲ ریال دفع) محاسبه شده است. از طرفی، این هزینه‌ها در شرایطی انجام می‌شود که بخش زیادی از پسماندهای شهر تهران بدون پردازش دفع می‌شوند و در حال حاضر نیز روش دفع پسماند در تهران، دفن در زمین است و مطالعات نشان داده است که دفن پسماند در محل دفن کهریزک فاقد معیارهای اساسی لازم برای دفن بهداشتی پسماند است و تولید گازهای گلخانه‌ای و شیرابه حاصل از این دفن غیراصولی نیز به‌عنوان آلاینده‌های هوا، خاک و آب، هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی فراوانی را به دولت و شهروندان تحمیل می‌کند. با نگاهی به آمار منتشرشده در خصوص میانگین پسماند مخلوط تولیدی در شهر تهران (۶،۱۷۳ تن در روز) و با احتساب تولید حدود L ۸۰ شیرابه به‌ازای هر تن پسماند مخلوط و هزینه امحای آن در شهر تهران، که حدود ۷۰۰ ریال به‌ازای امحای هر لیتر شیرابه برآورد شده است می‌تـوان به بخشـی از ایـن هزینه‌ها پی برد (۱۷).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

بحث

بررسی درآمدهای حاصل از فروش کود تولیدی و پسماند خشک در جدول ۳ نشان می‌دهد که با قیمت‌های فعلی بازار و فرض رشد سالانه ۱۵ درصدی در قیمت فروش محصولات، این طرح ظرفیت قابل توجهی برای تولید درآمد دارد. جمع کل درآمد روزانه ۲۱,۲۰۰,۰۰۰ریال، ماهانه ۴۶,۶۰۰,۰۰۰ ریال و سالانه ۷۵۹,۲۰۰,۰۰۰, ریال است. این ارقام نشان‌دهنده سودآوری پایدار و رقابت‌پذیری اقتصادی طرح در بازار است. این نکته تأکید می‌کند که توجه به بازار هدف برای پسماند خشک می‌تواند بازده اقتصادی طرح را بهبود بخشد (۲۹). در جدول ۴، هزینه‌های انرژی مصرفی دستگاه کمپوستر به تفصیل محاسبه شده است. هزینه برق مصرفی سالانه دستگاه برابر با ۴۹۴,۳۶۳,۵۲۰ ریال است که با در نظر گرفتن رشد سالانه ۱۰ درصدی هزینه‌های انرژی، تأثیرات آن بر توجیه اقتصادی پروژه بررسی شده است. به‌رغم هزینه‌های جاری نسبتاً بالا، صرفه‌جویی در دفع پسماند و ارزش افزوده حاصل از محصولات تولیدی این هزینه را توجیه می‌کند. جدول ۵ نیز به سرمایه‌گذاری اولیه مورد نیاز برای خرید و نصب دستگاه کمپوستر پرداخته است. با هزینه اولیه ۲۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال و امکان تأمین ۸۰ درصد این مبلغ از طریق تسهیلات با نرخ بهره ۱۰ درصد و شرایط بازپرداخت ۳۰ ماهه و تنفس ۶ ماهه، این طرح از نظر تأمین مالی نیز جذابیت دارد. این نوع تسهیلات از سوی صندوق ملی محیط زیست، امکان‌پذیری اجرای طرح برای متقاضیان را افزایش داده و شرایط را برای استفاده گسترده‌تر از این فناوری فراهم می‌کند. تحلیل شاخص‌های مالی مرتبط با طرح تولید کود و پسماند خشک نشان‌دهنده جذابیت اقتصادی و توجیه‌پذیری مالی این پروژه در بازه زمانی ۱۰ ساله است. بر اساس محاسبات، ارزش خالص فعلی (NPV) معادل ۵۶,۶۱۹,۱۸۵,۲۱۰ ریال است که نشان‌دهنده ایجاد سود اقتصادی قابل‌توجه پس از کسر هزینه‌های اولیه و عملیاتی است. این شاخص تأیید می‌کند که طرح در طی دوره مورد بررسی، ارزش اقتصادی افزوده‌ای برای سرمایه‌گذاران ایجاد می‌کند و توانسته است پایداری مالی خود را به اثبات برساند. نرخ بازده داخلی (IRR) برابر با ۲۰/۴۸ درصد، بازدهی اقتصادی پروژه را فراتر از نرخ تنزیل ۱۰ درصدی نشان می‌دهد. این نرخ بازدهی، جذابیت طرح برای سرمایه‌گذاری را در مقایسه با سایر فرصت‌های موجود به‌وضوح نمایان می‌کند. همچنین، شاخص سودآوری (PI) معادل ۳/۵۲ نشان می‌دهد که طرح به ازای هر واحد هزینه سرمایه‌گذاری، بیش از سه برابر سود تولید خواهد کرد. این شاخص یکی از معیارهای کلیدی برای ارزیابی بهره‌وری و پایداری اقتصادی پروژه به شمار می‌آید. علاوه بر این، دوره بازگشت سرمایه بر مبنای ارزش فعلی برابر با ۳ سال و ۵ ماه محاسبه شده است که نشان‌دهنده بازگشت سریع سرمایه و کاهش ریسک مالی پروژه است. این ویژگی، پروژه را به گزینه‌ای مناسب برای سرمایه‌گذاران با افق کوتاه‌مدت یا میان‌مدت تبدیل می‌کند. افزایش پیش‌بینی‌شده ۱۵ درصدی در قیمت محصولات تولیدی و رشد ۱۰ درصدی در هزینه‌های عملیاتی در طول دوره، بر اساس تحلیل حساسیت، بیانگر انعطاف‌پذیری مالی پروژه در مواجهه با تغییرات احتمالی بازار است. درآمدهای سالانه از فروش کود و پسماند خشک به‌طور قابل‌توجهی در طول دوره رشد می‌یابد، به طوری که در سال دهم جریان نقدی تجمعی به ۱۴۲,۲۵۰,۶۰۵,۱۳۱ ریال می‌رسد. این رشد پایدار ناشی از مدیریت کارآمد منابع، سیاست‌های قیمت‌گذاری رقابتی و بهره‌برداری بهینه از ظرفیت تولید است. در پژوهش Zhou و همکاران (۲۰۲۰)، دستگاه کمپوست خانگی طراحی شد که با هزینه‌ای معادل ۰/۰۳۳دلار به ازای هر کیلوگرم پسماند غذایی، فرآیند تبدیل پسماند به کمپوست را انجام می‌دهد. هزینه برق مصرفی دستگاه ۰/۰۲۸ دلار و هزینه میکروارگانیسم‌های مورد نیاز ۰/۰۰۵ دلار به ازای هر کیلوگرم پسماند است. این دستگاه با حذف هزینه‌های حمل‌ونقل و جداسازی پسماند، تولید کمپوستی باکیفیت را ممکن می‌سازد که به قیمت ۰/۱۴ دلار به ازای هر کیلوگرم قابل فروش است. به طور کلی، سود خالص سالانه این سیستم حدود ۸۹ دلار برآورد شده است و علاوه بر کاهش هزینه‌های مدیریت پسماند،

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

به تولید خاک باکیفیت و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی کمک می‌کند (۳۱). به‌منظور برآورد خسارت‌های اجتماعی و اقتصادی و محیط زیستی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز بانک جهانی قیمت کربن را بر مبنای ارزش (tCO_2e) (تن معادل دی‌اکسید کربن) ارزیابی کرده است. با توجه به اینکه هر گاز گلخانه‌ای پتانسیل گرمایشی متفاوتی دارد، بنابراین معادل دی‌اکسید کربن سنج‌های است که از سوی هیئت بین دولتی سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا (IPCC) به منظور مقایسه انتشار گازهای گلخانه‌ای مختلف براساس قابلیت گرمایش جهانی آنها تعیین گردید. بر این اساس، مقدار انتشار یک گاز گلخانه‌ای براساس معادل دی اکسید کربن را می‌توان از حاصل‌ضرب مقدار آن گاز در قابلیت گرمایش جهانی آن به‌دست آورد. در این ارتباط، گزارش کمیسیون عالی قیمت کربن، همسو با اهداف توافق پاریس ـ ذیل چارچوب پیمان‌نامه سازمان ملل در تغییر اقلیم (UNFCCC) در رابطه با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ایـ محدوده قیمت کربن را حداقل ۴۰ تا ۸۰ دلار آمریکا به‌ازای هر تن معادل دی‌اکسید کربن تا سال ۲۰۲۰ و ۵۰ تا ۱۰۰ دلار آمریکا به‌ازای هر تن معادل دی‌اکسید کربن تا سال ۲۰۳۰ محاسبه کرده است که با توجه به حجم گازهای گلخانه‌ای تولید و منتشر شده در ازای عدم مدیریت بهینه پسماند این هزینه‌ها به محیط زیست، مردم و دولت‌ها تحمیل می‌شود. از طرفی، هزینه‌های ترافیک شهری، آلودگی هوا، کاهش کیفیت پسماند خشک و آسیب‌های وارد شده به سلامت انسان نیز بسیار زیاد و نامشخص است. Sulewski و همکاران (۲۰۲۱) برنامه‌ای به نام "کمپوستر برای همه" را در لهستان اجرا کردند. این برنامه توانست هزینه‌های مدیریت پسماند را تا ۳/۳۶ میلیون زلوتی (۷۴۷ هزار یورو) کاهش دهد و انتشار ۴۱/۵ هزار کیلوگرم دی‌اکسیدکربن را کاهش دهد. با تخفیف ۳۰ درصدی، بازگشت سرمایه در ۳/۹ سال محقق شد، اما تخفیف‌های بالای ۴۰ درصد سودآوری را کاهش داد. این مطالعه نشان داد که کمپوست خانگی با حمایت مالی و آگاهی‌رسانی می‌تواند ابزاری مؤثر برای کاهش هزینه‌ها و ترویج اقتصاد چرخشی باشد (۳۱). Abasalizade و همکاران در پژوهشی به ارزیابی عملکرد دستگاه کمپوستر در تبدیل پسماندهای تر به کمپوست پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که این دستگاه طی h ۲۴ پسماندهای تر را به کمپوستی با کیفیت بالا، فاقد فلزات سنگین و عوامل بیماری‌زا (سالمونلا و کلی‌فرم‌های مدفوعی) تبدیل می‌کند. کمپوست تولیدی مطابق با استانداردهای ملی از نظر ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی بوده و می‌تواند سبب ارتقای حاصلخیزی خاک شود. با وجود مزایای اقتصادی و محیط زیستی طرح، محدودیت‌هایی مانند وابستگی به قیمت‌های بازار، نوسانات هزینه‌های انرژی و نیاز به آموزش کاربران برای بهره‌برداری بهینه از دستگاه کمپوستر خانگی می‌تواند بر پایداری مالی و عملیاتی پروژه تأثیرگذار باشد. این پژوهش استفاده از این دستگاه را به‌عنوان راهکاری پایدار و کارآمد در مدیریت پسماند و کاهش آلودگی محیط زیستی توصیه می‌کند (۳۰).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از دستگاه کمپوستر با ظرفیت پردازش روزانه kg ۱۰۰۰ پسماند تر در یک مجتمع مسکونی ۲۰۰۰ نفری در شهر تهران از منظر اقتصادی و محیط زیستی کاملاً توجیه‌پذیر است. تحلیل صورت جریان‌های نقدی و پیش‌بینی آن برای یک دوره ۱۰ ساله، همراه با محاسبه شاخص‌های مالی نظیر ارزش خالص فعلی (NPV)، نرخ بازده داخلی (IRR) و دوره بازگشت سرمایه، بیانگر سوددهی قابل‌توجه و بازگشت سرمایه در یک بازه زمانی کوتاه است. این نتایج تأکید می‌کنند که پروژه از ظرفیت بالایی برای ایجاد ارزش اقتصادی و بازدهی سرمایه‌گذاری برخوردار است. از جنبه محیط زیستی، این فناوری نقش کلیدی در کاهش حجم پسماندهای دفنی، بازیافت پسماندهای آلی و کاهش آلودگی‌های محیطی ایفا می‌کند. علاوه بر این، اجرای این پروژه به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، حفاظت از منابع طبیعی و جلوگیری از آلودگی خاک و آب کمک می‌کند. این دستاوردها

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

در راستای اهداف پایداری محیط زیستی و توسعه پایدار شهری قرار دارند. از نظر اجتماعی و اقتصادی، پروژه کمپوست‌سازی مزایای متعددی از جمله ایجاد فرصت‌های شغلی جدید، کاهش هزینه‌های مدیریت پسماند شهری و افزایش بهره‌وری اقتصادی در سطح کلان ارائه می‌دهد. همچنین، کاهش وابستگی به روش‌های غیرپایدار دفن و سوزاندن پسماند و ایجاد بستر مناسب برای استفاده بهینه از منابع ملی، به افزایش کارایی اقتصادی کشور کمک شایانی می‌کند. به‌طور کلی، نرخ بازده داخلی مناسب، دوره بازگشت سرمایه کوتاه و مزایای گسترده محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی، ضرورت توسعه و گسترش فناوری کمپوست‌سازی را به‌عنوان یکی از راهکارهای کلیدی مدیریت پسماند نشان می‌دهد. این فناوری نه‌تنها به کاهش بار محیط زیستی ناشی از مدیریت نامناسب پسماند کمک می‌کند، بلکه به تحقق اهداف توسعه پایدار و تقویت اقتصاد سبز کشور نیز یاری می‌رساند. بنابراین، توصیه می‌شود سیاست‌گذاران و سرمایه‌گذاران، گسترش این فناوری را به‌عنوان بخشی از برنامه‌های کلان مدیریت پسماند و توسعه پایدار در اولویت قرار دهند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران به‌سبب همکاری‌های علمی ارزشمند و نقش مؤثر در هماهنگی‌های اجرایی این مطالعه، صمیمانه قدردانی می‌شود.

References

1. Ayilara MS, Olanrewaju OS, Babalola OO, Odeyemi O. Waste management through composting: Challenges and potentials. Sustainability. 2020;12(11):4456.
2. Buccino N, Uyehara K, Weber J. Santa Clara community garden composter device [dissertation]. Santa Clara, California: Santa Clara University; 2021.
3. Agegnehu G, Bass AM, Nelson PN, Muirhead B, Wright G, Bird MI. Biochar and biochar-compost as soil amendments: Effects on peanut yield, soil properties and greenhouse gas emissions in tropical North Queensland, Australia. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2015;213:72-85.
4. Wang J, Ren K, Zhang L. Design and testing of a small-scale composting facility for sheep manure utilizing aeration and thermal treatment. Agriculture. 2024;14(11):2070.
5. Basnayake B, Visvanathan C. Solid waste management in Sri Lanka. In: Pariatamby A, Tanaka M, editors. Municipal solid waste management in Asia and the Pacific Islands: Challenges and strategic solutions. Singapore: Springer; 2014. p. 299-316.
6. Moya D, Aldas C, Jaramillo D, Jativa E, Kaparaju P. Waste-to-energy technologies: an opportunity of energy recovery from Municipal Solid Waste, using Quito-Ecuador as case study. Energy Procedia. 2017;134:327-36.
7. Yin J, Xie M, Yu X, Feng H, Wang M, Zhang Y, et al. A review of the definition, influencing factors, and mechanisms of rapid composting of organic waste. Environmental Pollution. 2024;342:123125.
8. Bahcelioglu E, Bugdaycı ES, Dogan NB, Simsek N, Kaya SO, Alp E. Integrated solid waste management

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

strategy of a large campus: A comprehensive study on METU campus, Turkey. Journal of Cleaner Production. 2020;265:121715.

9. Chhabra V, Bhattacharya S, Shastri Y. Pyrolysis of mixed municipal solid waste: Characterisation, interaction effect and kinetic modelling using the thermogravimetric approach. Waste Management. 2019;90:152-67.
10. Pasalari H, Farzadkia M, Gholami M, Emamjomeh MM. Management of landfill leachate in Iran: valorization, characteristics, and environmental approaches. Environmental Chemistry Letters. 2019;17:335-48.
11. Jamialahmadi N, Hashemi M, Jalili Ghazizade M. Assessment of the current municipal solid waste management system in Tehran, Iran: challenges and opportunities for sustainable development. Journal of Material Cycles and Waste Management. 2022;24(5):2054-67.
12. Zaman B, Hardyanti N, Ramadan BS. An innovative thermal composter to accelerate food waste decomposition at the household level. Bioresource Technology Reports. 2022;19:101203.
13. Saghi MH, Nadimi H, Eslami A, Alavi Bakhtiarvand SN, Oghazyan A, Setoudeh S, et al. Characteristics and pollution indices of leachates from municipal solid waste landfills in Iranian metropolises and their implications for MSW management. Scientific Reports. 2024;14(1):27285.
14. Rupani PF, Maleki Delarestaghi RM, Abbaspour M, Rupani MM, El Mesery HS, Shao W. Current status and future perspectives of solid waste management in Iran: a critical overview of Iranian metropolitan cities. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26:32777-89.
15. Murshid N, Yaser AZ, Lamaming J, Rajin M, Saalah S, Taliban M. Feasibility study of pilot scale vegetable waste composting project for Kundasang community's waste management program. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 2024;13(3):132427.
16. Zazouli M, Dehghan S, Mohammadi A, Fendereski A, Dehbandi R, 2023. Investigating the amount of heavy metals in compost produced in the compost industries of Mazandaran province. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;16(4):731-46 (in Persian).
17. Hssanabadi M, Hassanvand M, Khanizadeh M, Faridi S, Mokammel A, Esfahani Malekian B, et al. Investigating methods of estimating and measuring methane emissions in municipal solid waste landfills: a systematic review. Iranian Journal of Health and Environment.17(3):595-630 (in Persian).
18. Salamatu K. A study of factors influencing development of unofficial waste disposal sites in developing countries: A case study of Minna, Nigeria [dissertation]. Preston: University of Central Lancashire; 2020.
19. Zurbrugg C, Gfrerer M, Ashadi H, Brenner W, Kuper D. Determinants of sustainability in solid waste management–The Gianyar waste recovery project in Indonesia. Waste Management. 2012;32(11):2126-33.
20. Ofei Quartey MNL, Appiah Effah E, Akodwaa Boadi K, Ampaw B, Taylor TS, Millogo ZEN. Enhancing the economic potential of organic waste by co-composting using ratio modelling toward a circular economy. Journal of Material Cycles and Waste Management. 2023;25(3):1560-80.
21. Raut M, William SP, Bhattacharyya J, Chakrabarti

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

T, Devotta S. Microbial dynamics and enzyme activities during rapid composting of municipal solid waste–a compost maturity analysis perspective. Bioresource Technology. 2008;99(14):6512-19.

22. Gibson M, Nathani S, Walter T. Automated composter final report. British Columbia: British Columbia Institute of Technology; 2019 [cited 2025 October 22]. Available from: https://repository.lib.bcit.ca/islandora/automated-composter-final-report.
23. Kumar S, Negi S, Mandpe A, Singh RV, Hussain A. Rapid composting techniques in Indian context and utilization of black soldier fly for enhanced decomposition of biodegradable wastes-A comprehensive review. Journal of Environmental Management. 2018;227:189-99.
24. Pergola M, Piccolo A, Palese A, Ingrao C, Di Meo V, Celano G. A combined assessment of the energy, economic and environmental issues associated with on-farm manure composting processes: Two case studies in South of Italy. Journal of Cleaner Production. 2018;172:3969-81.
25. Sefeedpari P, Vellinga T, Rafiee S, Sharifi M, Shine P, Pishgar Komleh SH. Technical, environmental and cost-benefit assessment of manure management chain: A case study of large scale dairy farming. Journal of Cleaner Production. 2019;233:857-68.
26. Weerahewa J, Kodithuwakku SS, Ariyawardana A. The fertilizer subsidy program in Sri Lanka. Ithaca, New York: Cornell University; 2010 [cited 2025 October]. Available from: https://ecommons.cornell.edu/items/a7c68cf3-e398-4efd-8a5f-53450b75244d.
27. Zulkepli N, Muis Z, Mahmood N, Hashim H, Ho W. Cost benefit analysis of composting and anaerobic digestion in a community: A review. Chemical Engineering Transactions. 2017;56:1777-82.
28. Beattie A. Cost-benefit analysis of food-waste composting program at UMM. Scholarly Horizons: University of Minnesota, Morris Undergraduate Journal. 2014;1(1):1-14.
29. Sabki MH, Lee CT, Bong CP, Klemes JJ. A review on the economic feasibility of composting for organic waste management in Asian countries. Chemical Engineering Transactions. 2018;70:49-54.
30. Abasalizadeh H, Fathi Gerdelidani A, Khalaj S, Jalili Aramesh S. Evaluation of environmental performance of the Starclean composter machine in converting the wet wastes into compost. Journal of Environmental Science and Technology. 2017;25(4):43 - 53 (in Persian).
31. Zhou X, Yang J, Xu S, Wang J, Zhou Q, Li Y, et al. Rapid in-situ composting of household food waste. Process Safety and Environmental Protection. 2020;141:259-66.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Technical, environmental and economic assessment of composting technology in municipal solid waste management: a case study of Tehran, 2023

Sara Ghobadi[1,*], Farhad Khosravani[1], Zohreh Bahmani[1,2]

1- Researcher, Green Space and Waste Studies Group, Tehran Urban Research and Planning Center, Tehran, Iran
2- Center for Solid Waste Research (CSWR), Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 06 August 2025
Revised: 28 October 2025
Accepted: 03 November 2025
Published: 14 December 2025

Keywords: Waste management, Compost, Organic waste, Waste management economics, Sustainable development

***Corresponding Author:**
sara.ghobadi90@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: Managing municipal solid waste in megacities like Tehran, which generates approximately 8,500 tons of waste daily, presents significant environmental and economic challenges. Notably, biodegradable organic materials constitute an estimated 60–70% of this waste, necessitating effective management strategies to mitigate environmental impacts. This study aims to evaluate the technical feasibility, environmental benefits, and economic viability of implementing rapid composting technology as an innovative approach to managing Tehran's organic waste.

Materials and Methods: A composting system with a daily processing capacity of 1,000 kilograms of organic waste was analyzed. Economic evaluation employed cost-benefit analysis, calculating financial indicators such as Net Present Value, Internal Rate of Return, Payback Period, and Profitability Index.

Results: The rapid composting technology demonstrated an NPV of 56.6 billion Iranian Rials, an IRR of 20.48%, and a PBP of 3 years and 5 months. The PI was calculated at 3.52, indicating strong economic attractiveness. Environmentally, this technology contributes to reducing landfill volume, lowering greenhouse gas emissions, producing high-quality compost, and decreasing reliance on chemical fertilizers.

Conclusion: Implementing rapid composting technology for processing 1,000 kilograms of organic waste daily in a residential complex of 2,000 inhabitants in Tehran is both economically and environmentally justifiable. This approach offers a practical and sustainable solution for urban organic waste management.

Please cite this article as: Ghobadi S, Khosravani F, Bahmani Z. Technical, environmental and economic assessment of composting technology in municipal solid waste management: a case study of Tehran, 2023. Iranian Journal of Health and Environment. 2025;18(3):505-18.

Copyright © 2025 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-27]