مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰ . بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023
۹۵-۱۰۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش نهایی : ۱۴۰۲/۰۲/۱۹

# مقایسه عملکرد تأسیسات تصفیه مکانیکی بیولوژیکی پسماندهای شهری در ایران و اروپا

**رضا نقوی***: دکتری مهندسی مواد زائد جامد، دانشگاه تهران، دانشکده محیطزیست، تهران، ایران.

**سیدمهدی حسینی:** کارشناسی ارشد مهندسی محیطزیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیطزیست، تهران، ایران.

**چکیده**

تصفیه مکانیکی بیولوژیکی یک روش مدیریت پسماند است که در خیلی از کشورهای جهان توسعه‌یافته است که ترکیبی از جداسازی مواد قابل بازیافت (فلزات، کاغذ، پلاستیک، شیشه)، تولید کمپوست / هضم پسماندهای سبز/ ضایعات مواد غذایی و در برخی موارد تولید مواد سوختی است.

کشورهای مختلف از رویکردهای متفاوتی برای بازیابی مواد و انرژی از پسماندهای جامد شهری مخلوط استفاده می‌کنند. این مراکز با توجه به ترکیب مواد اولیه، شرایط عملیاتی، هزینه سرمایه‌گذاری، ثبات مالی و اثرات زیست‌محیطی متفاوت هستند. محصول کمپوست اکثر تأسیسات با استانداردهای کشاورزی مطابقت نداشته و بنابراین به عنوان خروجی شبه کمپوست طبقه‌بندی شده و به عنوان پوشش روزانه در محل‌های دفن زباله استفاده می‌شوند. بهترین روش کمپوست‌سازی استفاده از پسماندهای تفکیک شده در مبدأ و موادآلی (فضای سبز و سایر زباله‌های سبز) و تولید کمپوست قابل‌فروش و استفاده می‌باشند. مراکز تصفیه مکانیکی بیولوژیکی که در آن‌ها بازیابی مواد سوختی انجام نمی‌شود، نرخ انحراف دفن زباله و همچنین هزینه‌های سرمایه و عملیات کمتری است. در این بررسی به این نتیجه رسیدیم که یک کارخانه تصفیه مکانیکی بیولوژیکی باید دارای یک خط پوشش بسیار کارآمد جداسازی و بازیابی مواد باشد. همچنین علاوه بر محصولات بازیافتی، باید جریانی برای بازیابی مواد سوختی برای ارسال به نیروگاه یا کارخانه سیمان در آن وجود داشته باشد که در نتیجه باعث افزایش درآمد و انحراف از دفن و به حداکثر رساندن صرفه‌جویی در گازهای گلخانه‌ای شود.

**واژگان کلیدی:** تصفیه مکانیکی بیولوژیکی، مدیریت پسماند، کمپوست، کارخانه جداسازی پسماند، تبدیل پسماند به انرژی، تفکیک پسماند، آنالیز جریان مواد.

**Comparison of the performance of biological mechanical treatment facilities of urban waste in Iran and Europe**

**Abstract**

Biological mechanical treatment is a waste management method that has been developed in many countries of the world, which combines the separation of recyclable materials (metals, paper, plastic, glass), composting/digestion of green waste/food waste and in some cases production It is fuel.

Different countries use different approaches to recover materials and energy from mixed municipal solid waste. These plants are different according to the composition of raw materials, operating conditions, investment cost, financial stability and environmental effects. Compost products of most facilities examined did not with agricultural standards and therefore are not classified as compost - like output and are used as daily cover in landfills. The best method of composting is the use of waste separated in the source and organic materials (green space and other green waste) and the production of compost that can be sold and used. Biological mechanical treatment plants in which recovery of fuel materials is not performed, landfill diversion rate as well as capital and operation costs are lower. In this study, we came to the conclusion that a biological mechanical treatment plant must have a very efficient coating line for material separation and recovery. Also, in addition to recycled products, there should be a stream for recovering fuel materials to be sent to the power plant or cement factory, which will increase income and divert from burial and maximize greenhouse gas savings.

**Keywords**:biological mechanical treatment, Waste Management, compost, waste separation plant, waste in energy, segregation of waste, Material flow analysis.

* نویسنده مسؤول naghavi99@gmail.com

[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

## مقدمه

یکی از معضلات و مشکلات اساسی شهرهای امروز، موضوع پسماند و مدیریت صحیح و اصولی آن است. پسماند، محصول اجتناب‌ناپذیر زندگی روزمره انسان و تولید انواع آن‌ها در کمیت و کیفیت‌های مختلف یکی از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی عصر حاضر می‌باشد. افزایش جمعیت، توسعه، فعالیت‌های بشر و کمبود منابع، لزوم تجهیز مدیریت پسماند را به ابزار روزآمد آشکار می‌سازد. (نقوی، ۱۴۰۰، ۷۹)

تفکیک بهینه اجزا پسماند اولین اقدام برای برخورداری از بهترین روش‌های دفع پسماند است. چرا که در پسماندهای شهری، ترکیبات مختلفی وجود دارد که هر یک خصوصیات متفاوتی داشته و روش منحصربه‌فردی را برای دفع طلب می‌کند. جداسازی اجزای فسادپذیر و مواد با ارزش بازیافتی، اصلی‌ترین عملیاتی هستند که در طراحی سیستم‌های مدیریت پسماند منظور می‌شوند.

در جریان پسماندهای شهری، ترکیباتی وجود دارد که در زمان مصرف برای تولیدکننده زائد تلقی شده ولی می‌توان مجدد از آن‌ها استفاده نمود یا با تغییراتی مجدد در چرخه مصرف قرار گیرند؛ بنابراین نیاز است تا تجهیزات و روش‌هایی بکار گرفته شود تا این مواد از جریان پسماند جدا شوند. این مواد باارزش بازیافتی می‌تواند انواع بطری نوشیدنی‌ها، ظروف مواد بهداشتی، ضایعات الکترونیکی و کیسه‌های نایلونی باشد.

در ایران نیز پسماند شهری معضلی است که هم کلانشهرها و هم شهرها و آبادی‌های کم وسعت را درگیر خود نموده است. در کلانشهرها و مراکز استان‌ها به دلیل جمعیت متمرکز، گسترش کالبد شهری و هزینه‌بر بودن خدمات شهری مدیریت پسماند مشکل است. هرچند این مسائل در آبادی‌های کوچک‌تر دیده نمی‌شود اما با توجه به عدم وجود زیرساخت‌های کافی همچنان مدیریت پسماند به‌خوبی صورت نمی‌پذیرد. اگر تمامی موارد فوق را کنار بگذاریم، مهم‌ترین مشکل مدیریت پسماند کشور عدم وجود زیرساخت‌های لازم برای اجرای تفکیک در مبدأ و همچنین عدم مشارکت مردم در طرح‌ها و برنامه‌های مدیریت پسماند است. دفع مخلوط پسماندهای شهری، ضمن افزایش هزینه‌ها موجب کاهش راندمان فرایندهای تصفیه می‌شود و صدمات جدی به محیط‌زیست وارد می‌کند. (نقوی، ۱۳۹۸، ۵۷)

به کارخانجاتی که اقدام به جداسازی پسماندهای آلی و قابل بازیافت از جریان مخلوط پسماند می‌کنند در اصطلاح "کارخانه کثیف جداسازی مواد[1] یا کارخانه تصفیه مکانیکی و بیولوژیکی[2]" گفته می‌شود. مهم‌ترین تفاوت کارخانه کثیف با تمیز در ورودی و خروجی‌های سیستم است. همواره در مراکز کثیف به دلیل ورود پسماندهای آلی، فرایندهای دفع موادآلی مانند کمپوست‌سازی، هضم بی‌هوازی و غیره تعبیه می‌شود (ممکن است موادآلی جداسازی شده برای دفع به محل دیگری نیز منتقل گردند). (ورانکن، ۲۰۱۷، ۵۷-۴۰)

در مراکز جداسازی پسماندهای مخلوط، به دلایل بالابودن رطوبت و چگالی حجمی، چسبیدن موادآلی به مواد باارزش قابل بازیافت و مختلف بودن ماهیت مواد تشکیل‌دهنده پسماند، روش‌های جداسازی با مراکز جداسازی پسماندهای خشک متفاوت است. موارد فوق علل به‌کارگیری روش‌های ساده و ابتدایی در کارخانجات کثیف جداسازی مواد هستند. این روش‌ها به‌طور عمده شامل جداسازی براساس ابعاد (سرند کردن) و خاصیت مغناطیسی است. روش‌های دیگری مانند جداسازی مکانیکی براساس تشخیص نوری و جداسازی با جریان هوا به دلیل رطوبت بالای جریان و چسبندگی موادآلی، دشوار و در بعضی مواقع غیرممکن است.

در ایران جریان ورودی به کارخانه‌جات جداسازی پسماند به‌طور عمده از نوع مخلوط (زباله تر و خشک) است. البته در شهرهای بزرگ که تفکیک از مبدأ انجام می‌شود، کارخانه‌جات جداسازی پسماندهای خشک در ظرفیت‌های پایین فعال هستند. این مراکز پسماندهای خشک جمع‌آوری شده از درب منازل را به دسته‌های مواد شیشه‌ای، کاغذی، فلزات آهنی و غیرآهنی، انواع پلاستیک‌جات و سایر مواد بارزش بازیافتی تقسیم‌بندی می‌کنند. همان‌گونه که گفته شد استفاده از تکنولوژی‌های جدیدتر مانند تشخیص نوری در کارخانه‌های کثیف جداسازی راندمان پایینی دارد که در حال حاضر در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است. همچنین در کارخانه‌های جداسازی پسماندهای خشک نیز به دلایل بالابودن هزینه‌های اولیه و نگهداری و پیچیدگی تکنولوژی‌های نوین این روش‌های بکار گرفته نشده‌اند.

## ۱- روش تحقیق

در این مطالعه با بررسی ورودی و خروجی کارخانه‌جات کثیف بازیابی مواد بازیافتی داخل کشور، راندمان جداسازی و شرایط فعالیت آن‌ها با نمونه‌های مشابه بین‌المللی مقایسه گردیده است. تهران و مشهد دو شهر پرجمعیت ایران هستند که سالانه حدود ۱,۹۰۰,۰۰ و ۹۰۰,۰۰ تن پسماند شهری تولید می‌کنند. به همین علت یک کارخانه در تهران ($P_t$) و یک کارخانه در مشهد ($P_m$) برای بررسی انتخاب شدند. همچنین براساس مطالعات دیگر، شش کارخانه که از تکنولوژی روز دنیا برای جداسازی پسماندهای مخلوط شهری بهره می‌برند، مورد بررسی قرار می‌گیرند ($P_1$ تا $P_6$). این مراکز در اسپانیا، یونان و قبرس واقع شده‌اند. (بورتسالاس، ۲۰۲۲، ۹۱-۷۹)

$P_t$ در ۱۲ کیلومتری جنوب شهر ری در منطقه کهریزک قرار دارد و روزانه ۱۰۰۰ تن پسماند شهر تهران در این کارخانه پذیرفته می‌شود. جریان ورودی در انتها به سه دسته مواد باارزش

1. Dirty MRF (Materials Recovery Facility)
2. Mechanical and Biological treatment plant

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰ . بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

بازیافتی، ضایعات کم‌ارزش یا فاقد ارزش و پسماندهای آلی فسادپذیر تقسیم می‌گردد. مواد با ارزش برای بازیابی به صنایع بازیافتی فروخته می‌شود. ضایعات برای دفع نهایی به مرکز دفن منتقل شده و موادآلی نیز به روش کمپوست شدن تصفیه می‌شوند؛ اما در حال حاضر فرایند کمپوست شدن ناقص بوده و محصول نهایی به دلیل عدم کیفیت مطلوب فاقد ارزش بوده و دفن می‌شود.

$P_m$ در حاشیه شهر مشهد واقع شده و روزانه ظرفیت پذیرش ۵۰۰ تن پسماند را دارد. سیستم جداسازی مشابه $P_t$ بوده و جریان را به سه دسته یاد شده تفکیک می‌نماید. مواد باارزش فروش رفته و مواد فاقد ارزش از جمله موادآلی نیز دفن می‌شوند.

ظرفیت کل کارخانه $P_1$ ۵۰ تن پسماند مخلوط شهری در روز است. این تأسیسات مواد قابل بازیافت و سوخت مشتق از زباله[1] (RDF)را تولید می‌کند که شامل کاغذ و پلاستیک بازیافت نشده (NRPP)[2]است که در تولید سیمان استفاده می‌شود. باقی مواد دفن می‌شوند.

$P_2$ روزانه ۲۰۰ تن پسماند مخلوط شهری و ۳۰ تن پسماند سبز تفکیک شده در مبدأ دریافت می‌کند. این کارخانه مواد قابل بازیافت را بازیابی نموده و پسماندهای سبز و بخش فسادپذیر پسماند مخلوط را به صورت هوازی به روش درون مخزنی – in) (vessel به کمپوست تبدیل می‌نماید. تولید کمپوست ۶ تا ۷ هفته، به همراه ۲ تا ۳ هفته مرحله بالغ‌سازی به طول می‌انجامد. ضایعات فرآیند دفن می‌شوند.

تأسیسات $P_3$ روزانه حدود ۴۰۰ تن پسماند مخلوط را پردازش می‌کند. این کارخانه علاوه بر مواد قابل بازیافت، خروجی مشابه کمپوست[3] (CLO) را که به عنوان پوشش روزانه در محل‌های دفن زباله استفاده می‌شود و سوخت مشتق از پسماند را که از کاغذ و پلاستیک غیرقابل بازیافت بدست می‌آید و در تولید سیمان استفاده می‌شود را تولید می‌کند. تولید کمپوست هوازی به مدت ۱۲ روز به روش درون مخزنی است و پس از آن برای تکمیل فرایند، هوادهی به روش ویندرو به مدت یک هفته انجام می‌شود. ضایعات فرآیند نیز دفن می‌شوند.

مرکز $P_4$ روزانه ۵۰۰ تن پسماند مخلوط شهری را دریافت می‌کند. خروجی‌های این کارخانه همانند $P_3$ بوده با این تفاوت که تولید کمپوست هوازی به مدت ۱۲ روز به روش درون مخزنی است. ضایعات فرآیند دفن می‌شوند.

مرکز $P_5$ روزانه حدود ۶۵۰ تن پسماند مخلوط شهری را پردازش می‌کند و شامل یک کارخانه پردازش مکانیکی بیولوژیکی[4] (MBT)، یک مرکز هضم بی‌هوازی[5] (AD)و یک زباله‌سوز برای تبدیل زباله به انرژی است. محصولات این مجموعه مواد قابل بازیافت، خروجی مشابه کمپوست مورد استفاده به عنوان پوشش روزانه در محل‌های دفن پسماند و انرژی الکتریکی حاصل از احتراق سوخت مشتق از زباله در کارخانه تولید انرژی از پسماند[6] (WTE) (۶۰۰۰۰ مگاوات ساعت در سال) و هضم بی‌هوازی ۳۰۴۰۰ تن موادآلی (۴۸۰۰ مگاوات ساعت در سال) تولید می‌کند. این سیستم همچنین روزانه ۲۰۰ تن موادآلی را به صورت هوازی پردازش می‌کند. بخش آلی کمپوست شده از جداسازی مکانیکی موادآلی از پسماند مخلوط تولید می‌شود. ضایعات فرآیند در کارخانه تولید انرژی سوزانده می‌شود.

$P_6$ مرکزی است که روزانه ۱۰۰۰ تن پسماند مخلوط و ۱۰۰ تن پسماند فضای سبز تفکیک شده در مبدأ را دریافت می‌کند. این مرکز مواد قابل بازیافت و کودهایی را تولید می‌کند که برای گیاهان دارای محصول خوراکی استفاده می‌شود و عمدتاً از پسماندهای سبز تفکیک شده در مبدأ تولید می‌شوند. ضایعات فرآیند نیز دفن می‌شوند.

به جهت مقایسه کارخانه‌های ذکر شده، اطلاعات زیر در هر مورد بررسی می‌شوند:

- ورودی و خروجی کارخانه
- فرایندهای جداسازی
- روش تصفیه پسماندهای آلی
- روش تصفیه ضایعات کارخانه

## ۲- نتایج

### ۲-۱- کارخانه $P_1$

این کارخانه با ظرفیت سالیانه پذیرش ۱۶۵۰۰ تن پسماند مخلوط، در بین مرکزهای مورد بررسی کوچک‌ترین کارخانه است. تأسیسات و تجهیزات جداسازی شامل کیسه پاره‌کن، سرنددوار، تشخیص و جداسازی نوری، مگنت و ادی‌کارنت و جداسازی دستی می‌شود. هیچ‌گونه فرایند تصفیه بیولوژیکی برای دفع پسماندهای آلی وجود ندارد و این مواد پس از جداسازی از جریان ورودی، برای دفع نهایی به مرکز دفن منتقل می‌شوند. حدود ۴۴٪ از جریان ورودی را پسماندهای آلی تشکیل می‌دهد. مواد قابل بازیافت از قبیل کاغذ و کارتن، انواع پلاستیک (PP،LDPE،HDPE،PET)، فلزات آهنی و غیرآهنی و شیشه با استفاده از فرایندهای ذکر شده، تفکیک گردیده و به فروش می‌رسد. در جدول ۱ جریان جرمی ورودی و خروجی کارخانه نشان داده شده است.

به دلیل عدم به‌کارگیری از روش‌های تصفیه بیولوژیکی تمامی موادآلی مستقیم دفن می‌شوند که میزان کل مواد دفن شده در این کارخانه به نسبت ورودی آن زیاد است. سالانه ۷۳۰۰ تن دفن پسماند می‌گردد که حدود ۴۴٪ از جریان ورودی را شامل می‌شود. با این حال نکته مثبت این کارخانه استفاده از ضایعات کاغذ، کارتن و پلاستیک‌جات غیرقابل بازیافت برای تولید سوخت مشتق از پسماند و استفاده در کارخانه تولید سیمان است. همین

1. Refuse Derived Fuel
2. non - recycled paper and plastics
3. Compost like output
4. Mechanical Biological Treatment
5. anaerobic digestion
6. waste-to-energy

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰ . بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

موضوع علاوه بر کاهش دفن باعث بازیافت انرژی و جلوگیری از مصرف سوخت‌های فسیلی می‌گردد.

**جدول ۱- جریان جرمی کارخانه P1**

| ترکیبات ورودی | ورودی (تن در سال) | درصد از جریان ورودی | فرایند | ترکیبات خروجی | خروجی (تن در سال) | درصد از جریان خروجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل جریان ورودی | ۱۶,۵۰۰ | - | - | کل جریان خروجی | ۱۶,۵۰۰ | - |
| موادآلی | ۷,۳۰۰ | ٪۴۴,۲ | کیسه پاره‌کن، سرند دوار | ضایعات دفن شده | ۶,۱۰۰ | ٪۳۷,۰ |
| | | | | هدر رفت سیستم (شیرابه، بخار ترکیبات فرار) | ۱,۸۳۰ | ٪۱۱,۱ |
| کاغذ و کارتن گیاهی | ۴۶۰ | ٪۲,۸ | سرند و جداسازی دستی | کاغذ و کارتن گیاهی | ۳۵۰ | ٪۲,۱ |
| کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۱,۱۲۰ | ٪۶,۸ | | کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۵۷۰ | ٪۳,۵ |
| | | | | تولید RDF از کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت | ۶۶۰ | ٪۴,۰ |
| PET | ۸۶۰ | ٪۵,۲ | کیسه پاره‌کن، سرند، جداسازی دستی و تشخیص و جداسازی نوری | PET شفاف | ۴۵۰ | ٪۲,۷ |
| HDPE | ۵۲۰ | ٪۳,۲ | | PET رنگی | ۲۶۰ | ٪۱,۶ |
| کیسه نایلونی مخلوط (رنگی و شفاف) | ۱,۷۰۰ | ٪۱۰,۳ | | HDPE شفاف | ۲۷۰ | ٪۱,۶ |
| PP | ۹۲۰ | ٪۵,۶ | | HDPE مخلوط | ۱۵۰ | ٪۰,۹ |
| PVC | ۷۰ | ٪۰,۴ | | کیسه نایلونی مخلوط | ۹۹۰ | ٪۶,۰ |
| PS و E-PS | ۴۳۰ | ٪۲,۶ | | PP شفاف | ۲۹۰ | ٪۱,۸ |
| سایر پلاستیک‌جات | ۳۱۰ | ٪۱,۹ | | PP مخلوط | ۲۰۰ | ٪۱,۲ |
| | | | | تولید RDF از پلاستیک‌جات غیرقابل بازیافت | ۲,۳۳۰ | ٪۱۴,۱ |
| فلزات آهنی | ۵۰۰ | ٪۳,۰ | جداسازی دستی، جداسازی با مگنت و سرند | فلزات آهنی | ۴۲۰ | ٪۲,۵ |
| فلزات غیرآهنی | ۱۱۰ | ٪۰,۷ | جداسازی دستی، جداسازی با ادی‌کارنت و سرند | فلزات غیرآهنی | ۹۰ | ٪۰,۵ |
| شیشه | ۱,۶۰۰ | ٪۹,۷ | سرند | شیشه مخلوط | ۳۴۰ | ٪۲,۱ |
| سایر مواد | ۶۰۰ | ٪۳,۶ | ضایعات کارخانه | دفن مواد غیرقابل بازیافت یا کم‌ارزش | ۱,۲۰۰ | ٪۷,۳ |

### ۲-۲- کارخانه $P_2$

کل جریان ورودی به این مرکز ۷۶۰۰۰ تن در سال بوده که میزان موادآلی در جریان پسماند کم و حدود ۲۸٪ است. همچنین با توجه به وجود تأسیسات کمپوست‌سازی و برای دستیابی به کیفیت قابل‌قبول، سالانه حدود ۱۱۰۰۰ تن ضایعات باغی به این مرکز ارسال می‌شود. بدین ترتیب این کارخانه سالانه توانایی تصفیه ۳۲۰۰۰ تن پسماند آلی را دارد. تولید کمپوست به روش درون محفظه‌ای انجام می‌شود و برای بهبود فرایند نیز فاز بالغ‌سازی در فضای باز به همراه هم زدن توده ادامه پیدا می‌کند. ۶ تا ۷ هفته مرحله درون محفظه‌ای و ۳ تا ۴ هفته هم فاز بالغ‌سازی طول می‌کشد.

تأسیسات جداسازی و تفکیک مواد با ارزش بازیافتی همانند کارخانه $P_1$ است؛ اما در این مرکز برخلاف $P_1$، ضایعات کاغذ، کارتن و انواع پلاستیک غیرقابل بازیافت به مرکز دفن منتقل می‌شوند. به همین دلیل با وجود استفاده از روش تولید کمپوست برای جلوگیری از دفن مستقیم موادآلی، همچنان میزان دفن ضایعات کارخانه بالا بوده و حدود ۴۲٪ است. همچنین در این کارخانه شیشه جداسازی نشده و دفن می‌شوند. جریان جرمی این کارخانه در جدول ۲ نشان داده شده است.

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰ . بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

**جدول ۲- جریان جرمی کارخانه P2**

| ترکیبات ورودی | ورودی (تن در سال) | درصد از جریان ورودی | فرایند | ترکیبات خروجی | خروجی (تن در سال) | درصد از جریان خروجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل جریان ورودی | ۷۶,۰۰۰ | - | – | کل جریان خروجی | ۷۶,۰۰۰ | - |
| موادآلی | ۲۱,۱۲۵ | ٪۲۷,۸ | کیسه پاره‌کن، سرند دوار و کمپوست‌سازی | ضایعات دفن شده | ۸,۴۰۰ | ٪۱۱,۱ |
| | | | | کمپوست | ۱۲,۰۰۰ | ٪۱۵,۸ |
| | | | | خروجی‌های سیستم کمپوست‌سازی (بخارآب و دی‌اکسید کربن) | ۱۲,۱۰۰ | ٪۱۵,۹ |
| ضایعات باغی | ۱۱,۳۷۵ | ٪۱۵,۰ | | | | |
| کاغذ و کارتن گیاهی | ۵,۵۰۰ | ٪۷,۲ | سرند و جداسازی دستی | کاغذ و کارتن گیاهی | ۴,۱۲۰ | ٪۵,۴ |
| کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۶,۳۰۰ | ٪۸,۳ | | کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۳,۶۰۰ | ٪۴,۷ |
| | | | | دفن کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت | ۴,۰۸۰ | ٪۵,۴ |
| PET | ۲,۴۰۰ | ٪۳,۲ | کیسه پاره‌کن، سرند، جداسازی دستی و تشخیص و جداسازی نوری | PET شفاف | ۱,۱۶۰ | ٪۱,۵ |
| HDPE | ۲,۹۷۰ | ٪۳,۹ | | PET رنگی | ۹۰۰ | ٪۱,۲ |
| کیسه نایلونی مخلوط (رنگی و شفاف) | ۵,۷۰۰ | ٪۷,۵ | | HDPE شفاف | ۱,۶۲۰ | ٪۲,۱ |
| PP | ۳,۰۶۰ | ٪۴,۰ | | HDPE مخلوط | ۸۶۰ | ٪۱,۱ |
| PVC | ۴۵۰ | ٪۰,۶ | | کیسه نایلونی مخلوط | ۳,۷۸۰ | ٪۵,۰ |
| PS و E-PS | ۲,۱۰۰ | ٪۲,۸ | | PP شفاف | ۷۳۰ | ٪۱,۰ |
| سایر پلاستیک‌جات | ۱,۹۵۰ | ٪۲,۶ | | PP مخلوط | ۸۸۰ | ٪۱,۲ |
| | | | | دفن پلاستیک‌جات غیرقابل بازیافت | ۸,۷۰۰ | ٪۱۱,۴ |
| فلزات آهنی | ۱,۸۹۰ | ٪۲,۵ | جداسازی دستی، جداسازی با مگنت و سرند | فلزات آهنی | ۱,۷۰۰ | ٪۲,۲ |
| فلزات غیرآهنی | ۶۳۰ | ٪۰,۸ | جداسازی دستی، جداسازی با ادی‌کارنت و سرند | فلزات غیرآهنی | ۵۲۰ | ٪۰,۷ |
| شیشه | ۲,۰۰۰ | ٪۲,۶ | سرند | شیشه مخلوط | ۰ | ٪۰,۰ |
| سایر مواد | ۸,۵۵۰ | ٪۱۱,۳ | ضایعات کارخانه | دفن مواد غیرقابل بازیافت یا کم‌ارزش | ۱۰,۸۵۰ | ٪۱۴,۳ |

### ۲-۳- کارخانه P3

کارخانه جداسازی و دفع پسماندهای مختلط شهری $P_3$ در سال ۱۵۰۰۰۰ تن پذیرش دارد که سهم موادآلی حدود ۴۷٪ است. این مرکز با استفاده از سیستم تولید کمپوست، سالانه ۳۹۰۰۰ محصول شبه کمپوست تولید می‌کند که به دلیل عدم کیفیت قابل‌قبول، مناسب عرضه به بازار مصرف نبوده و صرفاً به عنوان پوشش روزانه مرکز دفن استفاده می‌شود. فرایند تصفیه موادآلی به مدت ۱۲ روز در داخل محفظه و یک هفته در محوطه باز انجام می‌شود. هرچند روش تصفیه موادآلی این مرکز مشابه $P_2$ است اما در کل به دلیل عدم استفاده از مواد اولیه نامناسب (بخش آلی پسماند مخلوط شهری) و مدت زمان کم فرایند، کیفیت محصول نهایی برای استفاده در کشت محصولات خوراکی و غیرخوراکی کافی نیست. لذا از آن برای پوشش روزانه مرکز دفن استفاده می‌شود. استفاده از کمپوست فعال در پوشش مرکز دفن به کاهش اثر گلخانه‌ای ترکیبات خروجی مرکز دفن کمک می‌کند. یکی از گازهای گلخانه‌ای مهم در بیوگاز، متان بوده که اثر آن حدود ۲۰ برابر بیشتر از دی‌اکسیدکربن است. میکروارگانیسم‌های کمپوست با تبدیل متان به دی‌اکسیدکربن، موجب کاهش اثر گلخانه‌ای مرکز دفن می‌شود.

پس از بازیابی مواد باارزش بازیافتی با استفاده از تجهیزات و امکاناتی از قبیل کیسه پاره‌کن، سرنددوار، تشخیص و جداسازی نوری، مگنت و ادی‌کارنت و جداسازی دستی این مواد به فروش می‌رسند. ضایعات کاغذ، کارتن و انواع پلاستیک غیرقابل بازیافت برای



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

تولید انرژی به RDF تبدیل شده و سپس در کارخانه تولید سیمان استفاده می‌شود. حدود ۲۳۰۰۰ تن در سال نیز ضایعات غیرقابل مصرف نیز دفن می‌گردند. جریان جرمی این کارخانه در جدول ۳ نشان داده شده است. (نیمچیک، ۲۰۲۲)

**جدول ۳- جریان جرمی کارخانه P3**

| ترکیبات ورودی | ورودی (تن در سال) | درصد از جریان ورودی | فرایند | ترکیبات خروجی | خروجی (تن در سال) | درصد از جریان خروجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل جریان ورودی | ۱۵۰,۰۰۰ | - | - | کل جریان خروجی | ۱۵۰,۰۰۰ | - |
| موادآلی | ۷۰,۳۶۰ | ٪۴۶,۹ | کیسه پاره‌کن، سرند دوار و کمپوست‌سازی | ضایعات دفن شده | ۱۲,۹۰۰ | ٪۸,۶ |
| | | | | سایر مواد (بخارآب و کربن دی‌اکسید) | ۱۲,۹۷۰ | ٪۸,۶ |
| | | | | پوشش روزانه مرکز دفن با محصول شبه کمپوست | ۳۹,۰۰۰ | ٪۲۶,۰ |
| کاغذ و کارتن گیاهی | ۴,۲۰۰ | ٪۲,۸ | سرند و جداسازی دستی | کاغذ و کارتن گیاهی | ۳,۰۰۰ | ٪۲,۰ |
| کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۲۴,۰۰۰ | ٪۱۶,۰ | | کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۱۵,۱۰۰ | ٪۱۰,۱ |
| | | | | تبدیل کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت به RDF | ۱۲,۷۳۰ | ٪۸,۵ |
| PET | ۴,۱۰۰ | ٪۲,۷ | کیسه پاره‌کن، سرند، جداسازی دستی و تشخیص و جداسازی نوری | PET شفاف | ۱,۹۰۰ | ٪۱,۳ |
| HDPE | ۲,۱۰۰ | ٪۱,۴ | | PET رنگی | ۱,۳۷۰ | ٪۰,۹ |
| کیسه نایلونی مخلوط (رنگی و شفاف) | ۱۰,۶۰۰ | ٪۷,۱ | | HDPE شفاف | ۱,۰۰۰ | ٪۰,۷ |
| PP | ۲,۷۰۰ | ٪۱,۸ | | HDPE مخلوط | ۷۰۰ | ٪۰,۵ |
| PVC | ۵۲۰ | ٪۰,۳ | | کیسه نایلونی مخلوط | ۶,۵۰۰ | ٪۴,۳ |
| PS و E-PS | ۱,۴۴۰ | ٪۱,۰ | | PP شفاف | ۵۰۰ | ٪۰,۳ |
| سایر پلاستیک‌جات | ۱,۱۸۰ | ٪۰,۸ | | PP مخلوط | ۸۰۰ | ٪۰,۵ |
| | | | | تبدیل پلاستیک‌جات غیرقابل بازیافت به RDF | ۱۲,۷۳۰ | ٪۸,۵ |
| فلزات آهنی | ۳,۳۰۰ | ٪۲,۲ | جداسازی دستی، جداسازی با مگنت و سرند | فلزات آهنی | ۲,۷۵۰ | ٪۱,۸ |
| فلزات غیرآهنی | ۲,۶۵۰ | ٪۱,۸ | جداسازی دستی، جداسازی با ادی‌کارنت و سرند | فلزات غیرآهنی | ۲,۰۷۰ | ٪۱,۴ |
| شیشه | ۵,۴۰۰ | ٪۳,۶ | سرند | شیشه مخلوط | ۶۲۰ | ٪۰,۴ |
| سایر مواد | ۱۷,۴۵۰ | ٪۱۱,۶ | خروجی کارخانه | دفن مواد غیرقابل بازیافت یا کم‌ارزش | ۲۳,۳۶۰ | ٪۱۵,۶ |

### ۲-۴- کارخانه $P_4$

ظرفیت این کارخانه ۱۸۵۰۰۰ تن در سال است. میزان موادآلی فقط ۳۲٪ از جریان ورودی را تشکیل می‌دهد که پایین‌ترین میزان در بین کارخانه‌های مورد بررسی است. برای تصفیه پسماندهای آلی از کمپوست‌سازی در درون محفظه استفاده می‌شود که ۱۲ روز به طول می‌انجامد. کیفیت پایین مواد ورودی و عدم‌کفایت فرایند موجب تولید محصولی کم‌ارزش شده که برای پوشش روزانه مرکز دفن بکار گرفته می‌شود.

در سایر بخش‌ها این کارخانه همانند $P_3$ عمل کرده و مواد باارزش بازیافتی را پس از استحصال به فروش رسانده و مواد کم‌ارزش

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰ . بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

یا غیرقابل بازیافت کاغذی، کارتنی و پلاستیکی را به RDF تبدیل می‌نماید. از RDF برای تولید سیمان استفاده می‌شود. ضایعات کارخانه نیز دفن می‌گردد. جریان جرمی $P_4$ در جدول ۴ نشان داده شده است.

**جدول ٤- جریان جرمی کارخانه P4**

| ترکیبات ورودی | ورودی (تن در سال) | درصد از جریان ورودی | فرایند | ترکیبات خروجی | خروجی (تن در سال) | درصد از جریان خروجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل جریان ورودی | ۱۸۵,۰۰۰ | - | - | کل جریان خروجی | ۱۸۵,۰۰۰ | - |
| موادآلی | ۵۹,۶۸۰ | ٪۳۲,۳ | کیسه پاره‌کن، سرند دوار و کمپوست‌سازی | ضایعات دفن شده | ۹,۶۸۰ | ٪۵,۲ |
| | | | | سایر مواد (بخارآب و کربن دی‌اکسید) | ۲۶,۴۶۰ | ٪۱۴,۳ |
| | | | | پوشش روزانه مرکز دفن با محصول شبه کمپوست | ۲۲,۹۰۰ | ٪۱۲,۴ |
| کاغذ و کارتن گیاهی | ۷,۰۰۰ | ٪۳,۸ | سرند و جداسازی دستی | کاغذ و کارتن گیاهی | ۵,۱۰۰ | ٪۲,۸ |
| کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۵۷,۱۰۰ | ٪۳۰,۹ | | کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۱۳,۹۰۰ | ٪۷,۵ |
| | | | | تبدیل کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت به RDF | ۴۵,۱۰۰ | ٪۲۴,۴ |
| PET | ۵,۹۸۰ | ٪۳,۲ | کیسه پاره‌کن، سرند، جداسازی دستی و تشخیص و جداسازی نوری | PET شفاف | ۱,۶۸۰ | ٪۰,۹ |
| HDPE | ۳,۹۰۰ | ٪۲,۱ | | PET رنگی | ۱,۰۴۰ | ٪۰,۶ |
| کیسه نایلونی مخلوط (رنگی و شفاف) | ۹,۵۰۰ | ٪۵,۱ | | HDPE شفاف | ۸۷۰ | ٪۰,۵ |
| PP | ۴,۸۰۰ | ٪۲,۶ | | HDPE مخلوط | ۶۵۰ | ٪۰,۴ |
| PVC | ۱,۰۳۰ | ٪۰,۶ | | کیسه نایلونی مخلوط | ۲,۴۰۰ | ٪۱,۳ |
| PS و E-PS | ۴,۵۹۰ | ٪۲,۵ | | PP شفاف | ۵۱۰ | ٪۰,۳ |
| سایر پلاستیک‌جات | ۴,۲۰۰ | ٪۲,۳ | | PP مخلوط | ۶۹۰ | ٪۰,۴ |
| | | | | تبدیل پلاستیک‌جات غیرقابل بازیافت به RDF | ۲۶,۸۰۰ | ٪۱۴,۵ |
| فلزات آهنی | ۲,۶۰۰ | ٪۱,۴ | جداسازی دستی، جداسازی با مگنت و سرند | فلزات آهنی | ۲,۳۰۰ | ٪۱,۲ |
| فلزات غیرآهنی | ۱,۷۲۰ | ٪۰,۹ | جداسازی دستی، جداسازی با ادی‌کارنت و سرند | فلزات غیرآهنی | ۱,۳۷۰ | ٪۰,۷ |
| شیشه | ۵,۶۰۰ | ٪۳,۰ | سرند | شیشه مخلوط | ۰ | ٪۰,۰ |
| سایر مواد | ۱۷,۳۰۰ | ٪۹,۴ | خروجی کارخانه | دفن مواد غیرقابل بازیافت یا کم‌ارزش | ۲۳,۵۵۰ | ٪۱۲,۷ |

### ۲-۵- کارخانه P5

مجموع پسماند ورودی به کارخانه $P_5$ ۲۵۰۰۰۰ تن در سال است. از این مقدار حدود ۱۲٪ برای تولید بیوگاز به هاضم هوازی ارسال شده و حدود ۳۰٪ نیز به سایت تولید کمپوست منتقل می‌شود. کمپوست هوازی به روش static piles به مدت ۳ تا ۴ هفته همراه با یک سیستم تثبیت هوازی (turning system) انجام می‌شود. هضم بی‌هوازی به روش فرآیند "مرطوب" بوده و شامل پیش تصفیه حذف شن و سنگریزه است. هضم بی‌هوازی در شرایط مزوفیلیک (۳۵-۳۸ C°) صورت می‌پذیرد.

در این مرکز نیز به دلیل کیفیت پایین کمپوست، از محصول نهایی برای پوشش مرکز دفن استفاده می‌شود. هاضم بی‌هوازی ظرفیت



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

تولید سالیانه MWh ۴۸۰۰ را دارد.

محصولات جداسازی و پردازش مکانیکی این کارخانه شامل مواد بازیافتی و تولید RDF از کاغذ و کارتن است. همچنین RDF، مواد پلاستیکی غیرقابل بازیافت و سایر ضایعات در کارخانه زباله‌سوز به انرژی تبدیل شده و سالانه MWh ۶۰۰۰۰ برق تولید می‌کند. جریان جرمی در جدول ۵ ارائه شده است.

**جدول ۵- جریان جرمی کارخانه P5**

| ترکیبات ورودی | ورودی (تن در سال) | درصد از جریان ورودی | فرایند | ترکیبات خروجی | خروجی (تن در سال) | درصد از جریان خروجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل جریان ورودی | ۲۵۰,۰۰۰ | - | – | کل جریان خروجی | ۲۵۰,۰۰۰ | - |
| موادآلی منتقل شده به هاضم بی‌هوازی | ۳۰,۴۰۰ | ٪۱۲,۲ | کیسه پاره‌کن، سرند دوار و هضم بی‌هوازی | ضایعات دفن شده | ۱۲,۴۰۰ | ٪۵,۰ |
| | | | | بیوگاز (۴۸۰۰ MWh) و خروجی‌های سیستم بی‌هوازی | ۱۱,۸۰۰ | ٪۴,۷ |
| | | | | موادآلی منتقل شده به کارخانه تولید انرژی | ۶,۲۰۰ | ٪۲,۵ |
| تثبیت‌سازی بیولوژیکی موادآلی | ۷۵,۵۰۰ | ٪۳۰,۲ | کیسه‌پاره‌کن، سرند و کمپوست‌سازی | ضایعات منتقل شده به کارخانه تولید انرژی | ۱۸,۵۰۰ | ٪۷,۴ |
| | | | | پوشش روزانه مرکز دفن | ۲۱,۵۰۰ | ٪۸,۶ |
| | | | | خروجی‌های سیستم کمپوست‌سازی (بخارآب و کربن دی‌اکسید) | ۳۵,۵۰۰ | ٪۱۴,۲ |
| کاغذ و کارتن گیاهی | ۹,۹۶۰ | ٪۴,۰ | سرند و جداسازی دستی | کاغذ و کارتن گیاهی | ۶,۶۵۰ | ٪۲,۷ |
| کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۶۲,۰۰۰ | ٪۲۴,۸ | | کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۱۵,۷۶۰ | ٪۶,۳ |
| | | | | تبدیل کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت به RDF | ۴۹,۵۵۰ | ٪۱۹,۸ |
| PET | ۵,۱۰۰ | ٪۲,۰ | کیسه پاره‌کن، سرند، جداسازی دستی و تشخیص و جداسازی نوری | PET شفاف | ۱,۸۰۰ | ٪۰,۷ |
| HDPE | ۴,۳۰۰ | ٪۱,۷ | | PET رنگی | ۴۸۰ | ٪۰,۲ |
| کیسه نایلونی مخلوط (رنگی و شفاف) | ۶,۷۰۰ | ٪۲,۷ | | HDPE شفاف | ۱,۰۰۰ | ٪۰,۴ |
| PP | ۵,۹۰۰ | ٪۲,۴ | | HDPE مخلوط | ۴۶۰ | ٪۰,۲ |
| PVC | ۱,۰۴۰ | ٪۰,۴ | | کیسه نایلونی مخلوط | ۱,۴۰۰ | ٪۰,۶ |
| PS و E-PS | ۵,۳۰۰ | ٪۲,۱ | | PP شفاف | ۷۶۰ | ٪۰,۳ |
| | | | | PP مخلوط | ۹۴۰ | ٪۰,۴ |
| سایر پلاستیک‌جات | ۴,۹۰۰ | ٪۲,۰ | | انتقال پلاستیک‌جات غیرقابل بازیافت به کارخانه تولید انرژی | ۲۶,۴۰۰ | ٪۱۰,۶ |
| فلزات آهنی | ۳,۸۰۰ | ٪۱,۵ | جداسازی دستی، جداسازی با مگنت و سرند | فلزات آهنی | ۳,۴۰۰ | ٪۱,۴ |
| فلزات غیرآهنی | ۱,۴۵۰ | ٪۰,۶ | جداسازی دستی، جداسازی با ادی‌کارنت و سرند | فلزات غیرآهنی | ۱,۲۰۰ | ٪۰,۵ |
| شیشه | ۱۰,۶۵۰ | ٪۴,۳ | سرند | شیشه مخلوط | ۱,۳۵۰ | ٪۰,۵ |
| سایر مواد | ۲۳,۰۰۰ | ٪۹,۲ | خروجی کارخانه | انتقال مواد غیرقابل بازیافت یا کم‌ارزش به کارخانه تولید انرژی | ۳۲,۹۵۰ | ٪۱۳,۲ |

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰ . بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

### ۲-٦- کارخانه P6

این مرکز ظرفیت پذیرش سالانه ۳۵۰۰۰۰ تن پسماند را دارد که حدود ۱۰٪ آن ضایعات باغی بوده و مابقی پسماند مخلوط شهری است. همچنین حدود ۴۰٪ از جریان ورودی از بخش آلی پسماند شهری تشکیل شده است (در مجموع ۵۰٪ از ظرفیت ورودی را موادآلی تشکیل می‌دهد). از کمپوست‌سازی برای تصفیه موادآلی استفاده می‌شود. عمده مواد ورودی برای فرایند تولید کمپوست شاخ و برگ درختان است. کمپوست هوازی در توده‌های ثابت (static piles) با هوادهی در ۲۵ تونل کمپوست به مدت ۳ تا ۴ هفته انجام می‌پذیرد و به دنبال آن دوران بلوغ مواد تولید شده با سیستم هوادهی (با برگرداندن) انجام می‌شود. با این شرایط محصول نهایی کیفیت مناسبی برای استفاده در کشت مواد خوراکی دارد.

با وجود اینکه این مرکز فرایند مناسبی برای جداسازی مواد بازیافتی و دفع موادآلی دارد اما ضایعات کارخانه دفن می‌شوند و هیچ‌گونه فرایند تبدیل به انرژی وجود ندارد. جریان جرمی در جدول ۶ ارائه شده است.

**جدول ٦- جریان جرمی کارخانه P6**

| ترکیبات ورودی | ورودی (تن در سال) | درصد از جریان ورودی | فرایند | ترکیبات خروجی | خروجی (تن در سال) | درصد از جریان خروجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل جریان ورودی | ۳۵۰,۰۰۰ | - | - | کل جریان خروجی | ۳۵۰,۰۰۰ | - |
| موادآلی | ۱٤۱,۰۰۰ | ٪٤۰,۳ | کیسه پاره‌کن، سرند دوار و کمپوست‌سازی | ضایعات دفن شده | ۸٦,۰۰۰ | ٪۲٤,٦ |
| | | | | کمپوست | ۳۳,۰۰۰ | ٪۹,٤ |
| | | | | خروجی‌های سیستم کمپوست‌سازی (بخارآب و دی‌اکسید کربن) | ۵۷,۰۰۰ | ٪۱٦,۳ |
| ضایعات باغی | ۳۵,۰۰۰ | ٪۱۰,۰ | | | | |
| کاغذ و کارتن گیاهی | ۱۸,۰۰۰ | ٪۵,۱ | سرند و جداسازی دستی | کاغذ و کارتن گیاهی | ۱۲,۷۰۰ | ٪۳,٦ |
| کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۵۵,۰۰۰ | ٪۱۵,۷ | | کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۲۹,۷۰۰ | ٪۸,۵ |
| | | | | دفن کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت | ۳۰,٦۰۰ | ٪۸,۷ |
| PET | ۱۱,۵۰۰ | ٪۳,۳ | کیسه پاره‌کن، سرند، جداسازی دستی و تشخیص و جداسازی نوری | PET شفاف | ٤,۸۷۰ | ٪۱,٤ |
| HDPE | ۹,٦۰۰ | ٪۲,۷ | | PET رنگی | ٤,٤٦۰ | ٪۱,۳ |
| کیسه نایلونی مخلوط (رنگی و شفاف) | ۲۰,۰۰۰ | ٪۵,۷ | | HDPE شفاف | ۵,۷۳۰ | ٪۱,٦ |
| PP | ۳,٦۰۰ | ٪۱,۰ | | HDPE مخلوط | ۲,۲٤۰ | ٪۰,٦ |
| PVC | ۱,۹۰۰ | ٪۰,۵ | | کیسه نایلونی مخلوط | ۱۲,٤۰۰ | ٪۳,۵ |
| PS و E-PS | ۵,۸۰۰ | ٪۱,۷ | | PP شفاف | ۱,۳۰۰ | ٪۰,٤ |
| سایر پلاستیک‌جات | ۵,۵۰۰ | ٪۱,٦ | | PP مخلوط | ٦۳۰ | ٪۰,۲ |
| | | | | دفن پلاستیک‌جات غیرقابل بازیافت | ۲٦,۲۷۰ | ٪۷,۵ |
| فلزات آهنی | ۵,۸۰۰ | ٪۱,۷ | جداسازی دستی، جداسازی با مگنت و سرند | فلزات آهنی | ۵,۲۰۰ | ٪۱,۵ |
| فلزات غیرآهنی | ۱,۹۰۰ | ٪۰,۵ | جداسازی دستی، جداسازی با ادی‌کارنت و سرند | فلزات غیرآهنی | ۱,۵۳۰ | ٪۰,٤ |
| شیشه | ۳,٤۰۰ | ٪۱,۰ | سرند | شیشه مخلوط | ۵۰۰ | ٪۰,۱ |
| سایر مواد | ۳۲,۰۰۰ | ٪۹,۱ | خروجی کارخانه | دفن مواد غیرقابل بازیافت یا کم‌ارزش | ۳۵,۸۷۰ | ٪۱۰,۲ |



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

### ۲-۷- کارخانه Pt

در تهران روزانه حدود ۵۰۰۰ تن پسماند شهری تولید می‌شود که برای دفع نهایی به مجتمع آرادکوه منتقل می‌شوند. در این مجتمع ۸ کارخانه جداسازی و پردازش پسماند وجود دارد. یکی از آن‌ها با ظرفیت روزانه ۱۰۰۰ تن در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. به‌طور متوسط ۶۳٪ از جریان ورودی را موادآلی تشکیل می‌دهد. موادآلی جداسازی شده برای تصفیه بیولوژیکی به سایت تولید کمپوست منتقل می‌شود. متأسفانه به دلایل ظرفیت پایین سایت تولید کمپوست، استهلاک دستگاه‌های همزن، عدم نظارت دقیق و فرایند ناقص بیولوژیکی، کمپوست نهایی کیفیت بسیار نازلی دارد. لذا تمامی موادآلی پس از گذشت حدود ۳۰ روز در سایت هوادهی، دفن می‌شوند.

در ایران تجهیزات جداسازی اقلام بازیافتی به‌طور عمده شامل سرند دوار و مگنت است و اصل جداسازی توسط کارگران به صورت دستی انجام می‌شود. کاغذ، کارتن، PET، HDPE، PP، کیسه نایلونی، فلزات آهنی، فلزات غیر آهنی و شیشه اقلامی هستند که جداسازی می‌شوند. در گذشته گونی‌های پلاستیکی هم تفکیک می‌شد که در حال حاضر به دلیل قیمت پایین، صرفه اقتصادی ندارد. در مجتمع آرادکوه یک نیروگاه زباله‌سوز با ظرفیت ۲۰۰ تن در روز وجود دارد که از ضایعات کارخانه‌های موجود به عنوان ماده اولیه استفاده می‌کند، اما ضایعات کارخانه Pt برای دفع نهایی مستقیم دفن می‌شوند. جریان جرمی در جدول ۷ نشان داده شده است.

**جدول ۷- جریان جرمی کارخانه Pt**

| ترکیبات ورودی | ورودی (تن در سال) | درصد از جریان ورودی | فرایند | ترکیبات خروجی | خروجی (تن در سال) | درصد از جریان خروجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل جریان ورودی | ۳۶۵,۰۰۰ | - | – | کل جریان خروجی | ۳۶۵,۰۰۰ | - |
| موادآلی | ۲۲۹,۴۰۳ | ٪۶۲,۸۵ | سرند دوار و کمپوست‌سازی | دفن محصول شبه کمپوست | ۲۰۴,۱۶۸ | ٪۵۵,۹۴ |
| | | | | سایر مواد (شیرابه، بخارآب و کربن دی‌اکسید) | ۲۵,۲۳۴ | ٪۶,۹۱ |
| کاغذ و کارتن گیاهی | ۶,۲۵۲ | ٪۱,۷۱ | جداسازی دستی | کارتن | ۹۶۰ | ٪۰,۲۶ |
| کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۲,۰۲۸ | ٪۰,۵۶ | | کاغذ | ۰ | ٪۰,۰۰ |
| | | | | دفن کاغذ و کارتن | ۷,۳۲۰ | ٪۲,۰۱ |
| PET | ۱,۴۹۷ | ٪۰,۴۱ | جداسازی دستی | PET مخلوط | ۷۶۷ | ٪۰,۲۱ |
| HDPE | ۴,۱۹۸ | ٪۱,۱۵ | | | | |
| کیسه نایلونی مخلوط (رنگی و شفاف) | ۳۵,۲۹۶ | ٪۹,۶۷ | | HDPE مخلوط | ۲,۶۴۴ | ٪۰,۷۲ |
| PP | ۲,۷۴۱ | ٪۰,۷۵ | | | | |
| PVC | ۸۵۰ | ٪۰,۲۳ | | کیسه نایلونی مخلوط | ۹,۴۹۲ | ٪۲,۶۰ |
| PS و E-PS | ۵۷۷ | ٪۰,۱۶ | | PP مخلوط | ۱,۱۲۴ | ٪۰,۳۱ |
| سایر پلاستیک‌جات | ۴,۴۵۳ | ٪۱,۲۲ | | دفن پلاستیک‌جات | ۳۵,۵۸۴ | ٪۹,۷۵ |
| فلزات آهنی | ۱,۳۱۸ | ٪۰,۳۶ | جداسازی دستی، جداسازی با مگنت | فلزات آهنی | ۱,۰۶۱ | ٪۰,۲۹ |
| فلزات غیرآهنی | ۷۶۷ | ٪۰,۲۱ | جداسازی دستی | فلزات غیرآهنی | ۵۸۳ | ٪۰,۱۶ |
| شیشه | ۹,۷۴۶ | ٪۲,۶۷ | جداسازی دستی | شیشه مخلوط | ۱,۲۶۰ | ٪۰,۳۵ |
| سایر مواد غیرقابل بازیافت (ضایعات بهداشتی، منسوجات، ضایعات ساختمانی و غیره) | ۶۵,۸۷۷ | ٪۱۸,۰۵ | – | دفن سایر مواد | ۷۴,۸۰۳ | ٪۲۰,۴۹ |

### ۲-۸- کارخانه Pm

این کارخانه در ۴۰ کیلومتری مشهد قرار گرفته و دومین کارخانه بازیافتی است که در مشهد به بهره‌برداری می‌رسد. اولین کارخانه با ظرفیت ۵۰۰ تن پسماند مخلوط شهری در حاشیه شهر واقع شده است و دارای سیستم تولید کمپوست می‌باشد؛ اما کارخانه $P_m$ بدون فرایند دفع تصفیه پسماندهای آلی بوده و این مواد مستقیم دفن می‌شوند. میزان موادآلی ورودی به کارخانه $P_m$ بسیار بالا بوده و حدود ۷۱٪ از جریان ورودی را شامل می‌شود. متوسط میزان موادآلی در شهر مشهد پایین‌تر از این مقدار است اما به دلیل انتقال

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰. بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

پسماند مناطق با سطح رفاهی و اقتصادی پایین به این کارخانه، از میزان مواد با ارزش بازیافتی کاسته شده و مقدار موادآلی افزایش پیدا کرده است. یکی دیگر از نکات قابل تأمل، پایین بودن مقدار کاغذ و کارتن در جریان ورودی نسبت به سایر کارخانه‌ها و شهرها است. یکی از علل این موضوع، متفاوت بودن فرهنگ ایرانی‌ها در مقایسه با سایر کشورها است. همچنین اگر بین مشهد و تهران هم مقایسه‌ای انجام شود، متوجه خواهیم شد که مقدار کاغذ و کارتن در کارخانه مشهد کمتر از تهران است. علت این امر، عملکرد خوب شهرداری مشهد در جمع‌آوری کاغذ و کارتن در مبدأ تولید است.

همان‌طور که اشاره شد، در کارخانه $P_m$ مقدار کاغذ و کارتن در جریان ورودی کم است، جداسازی و فروش این مواد صرفه اقتصادی ندارد. جداسازی شیشه هم به علت پایین بودن قیمت خرید و دور بودن صنایع مصرف‌کننده نیز توجیه مالی کمی دارد. به غیر از موارد فوق مابقی اقلام بازیافتی از جمله فلزات آهنی و غیرآهنی، PET، HDPE، PP و کیسه نایلونی به صورت دستی و مکانیکی تفکیک می‌شوند.

مکانیزم‌های جداسازی اقلام بازیافتی بسیار ساده‌تر از کارخانه‌های $P_1$ تا $P_6$ بوده و به سرندهای دوار و مگنت خلاصه می‌شود. در این کارخانه از کیسه پاره‌کن به علت ورود برخی نخاله‌های ساختمانی و ضایعات کارگاه‌های نساجی مورد استفاده قرار نگرفته است، چرا که این موارد موجب آسیب به تیغه‌های کیسه پاره‌کن یا ایجاد اختلال در عملکرد آن می‌شود. برای باز شدن کیسه‌های زباله تیغه‌هایی داخل سرند دوار تعبیه شده است. ادی‌کارنت و تشخیص نوری هم به دلایل متعددی از جمله هزینه احداث بالا، تکنولوژی پیچیده‌تر و عدم توجیه اقتصادی (کم بودن اقلام بازیافتی و پایین بودن هزینه جداسازی دستی) مورد استفاده قرار نگرفته است.

ضایعات کارخانه به همراه موادآلی به مرکز دفن منتقل می‌شوند. جریان جرمی در جدول ۸ نشان داده شده است.

**جدول ۸- جریان جرمی کارخانه Pm**

| ترکیبات ورودی | ورودی (تن در سال) | درصد از جریان ورودی | فرایند | ترکیبات خروجی | مقدار خروجی (تن در سال) | درصد از جریان خروجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل جریان ورودی | ۱۸۲,۵۰۰ | - | – | کل جریان خروجی | ۱۸۲,۵۰۰ | - |
| موادآلی | ۱۲۹,۹۴۰ | ٪۷۱,۲۰ | سرند دوار | ضایعات دفن شده | ۱۲۹,۹۳۰ | ٪۷۱,۱۹ |
| | | | | شیرابه | ۱۰ | ٪۰,۰۱ |
| کاغذ و کارتن گیاهی | ۱,۰۲۳ | ٪۰,۵۶ | جداسازی دستی | کاغذ و کارتن گیاهی | ۰ | ٪۰,۰۰ |
| کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۳۶۵ | ٪۰,۲۰ | | کاغذ و کارتن غیرگیاهی | ۰ | ٪۰,۰۰ |
| | | | | دفن کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت | ۱,۳۸۸ | ٪۰,۷۶ |
| PET | ۱,۰۹۵ | ٪۰,۶۰ | جداسازی دستی | PET مخلوط | ۳۵۰ | ٪۰,۱۹ |
| HDPE | ۱,۸۶۲ | ٪۱,۰۲ | | HDPE مخلوط | ۱,۲۶۶ | ٪۰,۶۹ |
| کیسه نایلونی مخلوط (رنگی و شفاف) | ۱۰,۵۸۵ | ٪۵,۸۰ | | کیسه نایلونی مخلوط | ۲,۲۲۳ | ٪۱,۲۲ |
| PP | ۵۸۴ | ٪۰,۳۲ | | PP شفاف | ۲۱۶ | ٪۰,۱۲ |
| PVC | ۲۵۲ | ٪۰,۱۴ | | دفن پلاستیک‌جات | ۱۳,۱۳۳ | ٪۷,۲۰ |
| PS و E-PS | ۴۷۵ | ٪۰,۲۶ | | | | |
| سایر پلاستیک‌جات | ۲,۳۳۶ | ٪۱,۲۸ | | | | |
| فلزات آهنی | ۴۳۸ | ٪۰,۲۴ | جداسازی دستی و جداسازی با مگنت | فلزات آهنی | ۳۸۵ | ٪۰,۲۱ |
| فلزات غیرآهنی | ۳۲۹ | ٪۰,۱۸ | جداسازی دستی | فلزات غیرآهنی | ۲۶۰ | ٪۰,۱۴ |
| شیشه | ۵۸۰ | ٪۰,۳۲ | جداسازی دستی | شیشه مخلوط | ۰ | ٪۰,۰۰ |
| سایر مواد (منسوجات، ضایعات بهداشتی، لاستیک، پسماندهای حجیم و غیره) | ۳۲,۶۳۸ | ٪۱۷,۸۸ | خروجی کارخانه | دفن ضایعات | ۳۳,۳۳۹ | ٪۱۸,۲۷ |



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

### ۲-۹- بررسی راندمان فرایند تولید انرژی

از بین ۸ کارخانه مورد بررسی، ۴ مورد بازیافت انرژی هم دارند. جدول ۹ اطلاعات مربوط به راندمان فرایند تولید انرژی کارخانه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. کارخانه‌های $P_1$، $P_3$ و $P_4$ از ضایعات پلاستیک، کاغذ و کارتن، RDF تولید می‌نمایند. سپس با سوزاندن آن در کارخانه سیمان سوخت لازم کوره‌ها را تأمین می‌کنند.

کارخانه $P_5$ از سوزاندن RDF های تولید شده از ضایعات کارخانه در نیروگاه، سالانه ۶۰۰۰۰ MWh برق تولید می‌کند. همچنین این مرکز با برخورداری از سیستم هاضم بی‌هوازی قادر به دفع نهایی موادآلی و تولید برق به میزان سالانه ۴۸۰۰ MWh است.

**جدول ۹- راندمان تولید انرژی**

| کارخانه | راندمان فرایند تولید انرژی | | |
|---|---|---|---|
| | روش تصفیه | فرایند تصفیه | محصولات |
| Pt | – | – | |
| Pm | – | – | |
| P۱ | تولید RDF | تولید RDF از پلاستیک، کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت | مصرف RDF در کارخانه تولید سیمان |
| P۲ | – | – | – |
| P۳ | تولید RDF | تولید RDF از پلاستیک، کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت | مصرف RDF در کارخانه تولید سیمان |
| P۴ | تولید RDF | تولید RDF از پلاستیک، کاغذ و کارتن غیرقابل بازیافت | مصرف RDF در کارخانه تولید سیمان |
| P۵ | تولید RDF و هضم بی‌هوازی | تولید RDF و سوزاندن بیوگاز | ۶۰۰۰۰ MWh/year از سوزاندن RDF و ۴۸۰۰ MWh/year از سوزاندن بیوگاز |
| P۶ | – | – | – |

میزان موادآلی در کارخانه‌های دارای سیستم بازیابی انرژی کمتر از ۴۵٪ است. این در حالی است که در کارخانه‌های مشهد و تهران این مقدار به ۷۵٪ هم می‌رسد. این مسئله موجب افزایش رطوبت در پسماند و کاهش راندمان فرایندهای حرارتی می‌شود. لذا در ایران به‌کارگیری سیستم‌های تولید انرژی باید با بررسی دقیق و طراحی مناسبی برای کاهش رطوبت پسماند صورت پذیرد.

### ۲-۱۰- بررسی راندمان تصفیه بیولوژیکی

کارخانه‌های $P_m$ و $P_1$ تنها مراکزی هستند که تصفیه بیولوژیکی ندارند و موادآلی یا در اصطلاح خروجی زیرسرندی کارخانه را مستقیم دفن می‌کنند. کارخانه‌های $P_t$، $P_2$، $P_3$ و $P_4$ نیز علیرغم داشتن سیستم تولید کمپوست، کیفیت محصول نهایی مناسب مصرف در زمین‌های کشاورزی نبوده و به غیر از کارخانه تهران که خروجی سیستم کمپوستینگ را دفن می‌کنند، سه کارخانه دیگر از آن برای پوشش روزانه مرکز دفن استفاده می‌کنند.

براساس جدیدترین دستورالعمل‌های محیط‌زیستی اتحادیه اروپا، استفاده از کمپوست حاصل از بخش آلی پسماند مخلوط شهری در زمین‌های کشاورزی ممنوع است. این ممنوعیت به دلیل وجود ناخالصی‌هایی مانند پلاستیک، سنگ، شیشه و سایر مواد خارجی و همچنین عدم بلوغ و ناپایداری و احتمال آلودگی به فلزات سنگین وضع شده است. (اتحادیه اروپا، ۲۰۱۹، ۱۱۴-۱ و اتحادیه اروپا، ۲۰۱۹، ۱۹-۱)

به نظر می‌رسد به همین دلیل است که کارخانه‌های $P_3$ و $P_4$ با وجود در اختیار داشتن زیرساخت کافی برای تولید کمپوست، به دلیل قوانین موجود، محصول خود را برای پوشش روزانه مرکز دفن استفاده می‌کنند. چون امکان عرضه محصول را در بازار مصرف ندارند.

از طرفی کارخانه‌های $P_2$ و $P_6$ به دلیل اختلاط مواد اولیه با موادآلی خالص و بهره‌گیری از روش‌های نوین تولید کمپوست، محصول نهایی با کیفیت‌تری دارند که با معیارها و استانداردهای اتحادیه اروپا مطابقت می‌کند. در جدول ۱۰ راندمان تصفیه بیولوژیکی کارخانه‌های مختلف با هم مقایسه شده‌اند.

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰. بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

**جدول ۱۰- بررسی راندمان تصفیه بیولوژیکی**

| کارخانه | راندمان فرایند بیولوژیکی | | | |
|---|---|---|---|---|
| | روش تصفیه | فرایند تصفیه | محصولات | بررسی محصولات نهایی |
| Pt | دفن غیرمستقیم | نگهداری توده‌های آلی به مدت ۳۰ روز و کاهش رطوبت به کمتر از ۵۰٪ | موادآلی تثبیت نشده | محصول نهایی فاقد کیفیت لازم بوده و دفن می‌شود. |
| Pm | دفن مستقیم | دفن مستقیم پسماندهای زیرسرندی | – | عدم تصفیه بیولوژیکی و دفن مستقیم موادآلی |
| P۱ | دفن مستقیم | دفن مستقیم پسماندهای زیرسرندی | – | عدم تصفیه بیولوژیکی و دفن مستقیم موادآلی |
| P۲ | تولید کمپوست به روش درون محفظه‌ای | افزودن شاخه و برگ درختان، نگهداری در محفظه به مدت ۶ تا ۷ هفته، بالغ‌سازی در ۳ هفته، خالص‌سازی کمپوست | شبه کمپوست | به دلیل اختلاط بخش آلی پسماندهای مخلوط با پسماندهای آلی تفکیک شده از مبدأ، کمپوست از کیفیت بهتری برخوردار بوده و به عنوان بهبوددهنده خاک قابل مصرف است. |
| P۳ | تولید کمپوست به روش درون محفظه‌ای | نگهداری در محفظه به مدت ۱۲ روز، نگهداری در محوطه باز و هوادهی با زیر و رو کردن در مدت یک هفته | شبه کمپوست | کیفیت محصول نهایی مناسب مصرف نبوده و به عنوان پوشش روزانه مرکز دفن استفاده می‌شود. |
| P۴ | تولید کمپوست به روش درون محفظه‌ای | نگهداری در محفظه به مدت ۷ هفته، خالص‌سازی | شبه کمپوست | کیفیت محصول نهایی مناسب مصرف نبوده و به عنوان پوشش روزانه مرکز دفن استفاده می‌شود. هرچند کیفیت محصول نهایی به دلیل بهبود فرایند بیولوژیکی بهتر از کارخانه P۳ است. |
| P۵ | تولید کمپوست به روش توده ثابت و هضم بی‌هوازی | هوادهی توده‌های ثابت به مدت ۴ هفته، سپس زیر و رو کردن و هضم بی‌هوازی موادآلی | موادآلی کم رطوبت | کیفیت محصول نهایی مناسب نیست و از کمپوست حاصل شده در کارخانه تبدیل به انرژی استفاده می‌شود. |
| P۶ | تولید کمپوست به روش توده ثابت | افزودن ضایعات باغی، هوادهی توده‌های ثابت به مدت ۴ هفته، بالغ‌سازی به همراه زیر و رو کردن، خالص‌سازی کمپوست | کمپوست | به دلیل اختلاط بخش آلی پسماندهای مخلوط با پسماندهای آلی تفکیک شده از مبدأ و انجام بهتر فرایند کمپوست از کیفیت بهتری برخوردار بوده و به عنوان بهبوددهنده خاک گیاهان خوراکی هم قابل مصرف است. |

## ۲-۱۱- بررسی راندمان فرایند بازیافت

یکی از عوامل مهم در تعیین راندمان بازیافت مواد در کارخانه‌های تفکیک، ارزش‌گذاری مواد بازیافتی است. به‌طور مثال در ایران فلزات آهنی و غیرآهنی بالاترین قیمت را دارند. پس از آن بطری‌های PET بیشترین ارزش را دارد. پایین‌ترین ارزش‌گذاری مربوط به شیشه و کیسه‌های نایلونی می‌شود؛ بنابراین طبیعی است که بیشترین تمرکز و راندمان جداسازی مربوط به فلزات و PET باشد. در کشورهای اروپایی اما ارزش مواد بازیافتی با ایران متفاوت است. فلزات غیرآهنی بیشترین و بعد از آن به ترتیب HDPE، کیسه‌های نایلونی، PET و فلزات آهنی بالاترین ارزش را دارند. (بورتسالاس، ۲۰۲۲، ۹۱-۷۹)

در کشورهای اروپایی همانند ایران، شیشه پایین‌ترین قیمت فروش را دارد.

مسئله بعدی، میزان مواد بازیافتی در جریان پسماند است. بدین معنی که کیسه‌های نایلونی ارزش پایین‌تری دارند اما چون حدود ۱۰٪ از جریان پسماند را شامل می‌شود، پتانسیل درآمدزایی خوبی دارند. به همین دلیل در ایران، راهبران کارخانه‌های تفکیک اهتمام زیادی به جداسازی کیسه‌های نایلونی می‌کنند.

نکته قابل‌توجه در تفکیک مواد بازیافتی، وضعیت بازار فروش و ظرفیت تقاضای صنایع بازیافتی است. به‌طور مثال در مشهد صنایع بازیافتی برای تبدیل و استفاده از شیشه وجود ندارد و فاصله زیاد از کارخانه تا مقصد فروش موجب افزایش هزینه حمل می‌شود. به همین دلیل در کارخانه $P_m$ جداسازی شیشه صورت نمی‌پذیرد. وجود قوانین و دستورالعمل‌های بهداشتی و زیست‌محیطی نیز تأثیر بسزایی بر بازار دارد. به عنوان نمونه اعمال قوانین برای جلوگیری از استفاده مواد بازیافتی در بعضی محصولات، موجب کاهش تقاضا برای مواد بازیافتی می‌شود. همچنین اعمال قوانین سخت‌گیرانه کیفیت کمپوست، می‌تواند منجر به افزایش راندمان جداسازی شیشه، برای بهبود خلوص کمپوست گردد.



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

عامل پایانی در میزان راندمان جداسازی، وجود سایر فرایندهای دفع است. به‌طور مثال اگر فرایندهای سوزاندن ضایعات موجود باشد، حساسیت کمتری برای جداسازی وجود دارد. چرا که درآمد قابل‌توجهی از تولید برق کسب خواهد شد؛ اما اگر ضایعات دفن شوند، به دلیل هزینه‌بر بودن عملیات دفن، جداسازی با دقت بیشتری انجام می‌شود تا از حجم مواد دفن شده کاسته شود.

همان‌طور که در جدول ۱۱ نشان داده شده است، راندمان کارخانه‌های ایرانی در مقایسه با سایر کارخانه‌ها در زمینه جداسازی فلزات مشابه است. چرا که جداسازی فلزات آهنی با مگنت صورت می‌گیرد و تنها موردی است که به صورت مکانیکی جدا می‌شود. فلزات غیرآهنی هم به دلیل ارزش بالایی که در ایران دارد، جداسازی دستی آن با دقت انجام می‌شود، لذا راندمان جداسازی آن رضایت‌بخش است.

بالا بودن میزان رطوبت در جریان پسماندهای ایران موجب کاهش ارزش کاغذ و کارتن شده و به همین دلیل راندمان جداسازی آن کمتر است. در مشهد به دلیل کم بودن مقدار کاغذ و کارتن، هیچ‌گونه جداسازی انجام نمی‌شود.

یکی از مشکلات اصلی کارخانه‌های ایران که موجب کاهش راندمان جداسازی می‌شود، عدم استفاده از کیسه پاره‌کن در ابتدای کارخانه است. این مشکل را در پایین بودن میزان راندمان جداسازی انواع پلاستیک در ایران در مقایسه با سایر کارخانه‌های مورد بررسی می‌توان دید.

شیشه هم براساس گفته‌های فوق، پایین‌ترین راندمان را دارد. علت دیگر پایین بودن راندمان شیشه، خرد شدن آن در حین فرایندهای مکانیکی است که جداسازی آن را سخت می‌نماید.

کارخانه $P_2$ و $P_6$ به دلیل عدم به‌کارگیری فرایندهای حرارتی برای دفع ضایعات کارخانه، مجبور به دفن ضایعات است. همان‌گونه که قبل‌تر اشاره شد، برای افزایش درآمدها و کاهش هزینه‌های دفن، راندمان جداسازی بهبود پیدا کرده است.

**جدول ۱۱- بررسی راندمان جداسازی مواد بازیافتی**

| کارخانه | راندمان جداسازی مواد بازیافتی | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کاغذ و کارتن | PET | HDPE | کیسه نایلونی | PP | فلزات آهنی | فلزات غیرآهنی | شیشه | میانگین |
| Pt | ۱۲٪ | ۵۱٪ | ۶۳٪ | ۲۷٪ | ۴۱٪ | ۸۱٪ | ۷۶٪ | ۱۳٪ | ۴۵٪ |
| Pm | ۰٪ | ۳۲٪ | ۶۸٪ | ۲۱٪ | ۳۷٪ | ۸۸٪ | ۷۹٪ | ۰٪ | ۴۱٪ |
| P1 | ۵۸٪ | ۸۳٪ | ۸۱٪ | ۵۸٪ | ۵۳٪ | ۸۴٪ | ۸۲٪ | ۲۱٪ | ۶۵٪ |
| P2 | ۶۵٪ | ۸۶٪ | ۸۴٪ | ۶۶٪ | ۵۳٪ | ۹۰٪ | ۸۳٪ | ۰٪ | ۶۶٪ |
| P3 | ۶۴٪ | ۸۰٪ | ۸۱٪ | ۶۱٪ | ۴۸٪ | ۸۳٪ | ۷۸٪ | ۱۱٪ | ۶۳٪ |
| P4 | ۳۰٪ | ۴۵٪ | ۳۹٪ | ۲۵٪ | ۲۵٪ | ۸۸٪ | ۸۰٪ | ۰٪ | ۴۲٪ |
| P5 | ۳۱٪ | ۴۵٪ | ۳۴٪ | ۲۱٪ | ۲۹٪ | ۸۹٪ | ۸۳٪ | ۱۳٪ | ۴۳٪ |
| P6 | ۵۸٪ | ۸۱٪ | ۸۳٪ | ۶۲٪ | ۵۴٪ | ۹۰٪ | ۸۱٪ | ۱۵٪ | ۶۵٪ |
| میانگین | ۴۰٪ | ۶۳٪ | ۶۷٪ | ۴۳٪ | ۴۲٪ | ۸۷٪ | ۸۰٪ | ۹٪ | - |

## ۲-۱۲- بررسی میزان دفن

کارخانه‌های داخلی، به دلیل راندمان پایین جداسازی، دفن موادآلی و عدم استفاده از فرایندهای حرارتی بیشترین میزان دفن پسماند را دارند. در بین کارخانه‌های مورد بررسی، $P_5$ به دلیل استفاده از هاضم بی‌هوازی و نیروگاه زباله‌سوز پایین‌ترین میزان دفن را دارد که بسیار عملکرد مطلوبی قلمداد می‌شود. میزان دفن برای هر کارخانه در جدول ۱۲ نشان داده شده است.

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۰ . بهار ۱۴۰۲
Urban managment
No.70 Spring 2023



[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]

جدول ۱۲- بررسی میزان دفن

| کارخانه | کل میزان دفن |
|---|---|
| Pt | ٪۸۸ |
| Pm | ٪۹۷ |
| P۱ | ٪۴۴ |
| P۲ | ٪۴۲ |
| P۳ | ٪۵۰ |
| P۴ | ٪۳۰ |
| P۵ | ٪۱۴ |
| P۶ | ٪۵۱ |

## ۳- بحث و نتیجه‌گیری

در ایران کارخانه‌های جداسازی مواد بازیافتی راندمان پایینی دارند. عوامل مختلفی مانند پایین بودن ارزش مواد بازیافتی، بالا بودن مقدار موادآلی و عدم استفاده از فرایندهای مکانیکی تأثیر بسزایی در پایین بودن راندمان کارخانه‌ها دارد. در بین مواد بازیافتی، بهترین نرخ بازیابی مربوط به فلزات است، چون صرفه مالی بسیار بالاتری نسبت به سایر مواد دارد.

بنابر ابلاغ دستورالعمل جدید اتحادیه اروپا مبنی بر عدم استفاده از کمپوست حاصل از بخش آلی پسماندهای مخلوط شهری در زمین‌های کشاورزی، کارخانه‌هایی که فقط از موادآلی پسماند مخلوط استفاده می‌کنند، کمپوست خود را برای پوشش مرکز دفن بکار می‌گیرند. در تهران هم سایت تولید کمپوست نواقص متعددی دارد که امکان تولید محصول با کیفیت موجود نیست. همچنین اگر دستورالعمل اتحادیه اروپا را هم مدنظر قرار دهیم، برای دستیابی به کمپوست مرغوب نیاز است تا مواد اولیه با ضایعات خالص (ضایعات سبز یا پسماند میادین میوه و تره‌بار) مخلوط شوند.

بررسی کارخانه‌های این مطالعه نشان داد که بهترین روش دفع پسماندهای آلی، استفاده از هاضم بی‌هوازی است. چون هم ضایعات بسیار کمتری برجا می‌گذارد و هم محصولات آن با کیفیت و قابل عرضه به بازار مصرف است.

## منابع


۱. آشنایی با تأسیسات پردازش مکانیکی پسماند؛ رضا نقوی، سعید مرادی کیا، هومن غلامپور ارباستان؛ فصلنامه مدیریت پسماندها، پیاپی ۱۹ (بهار ۱۴۰۰)

۲. بررسی مدیریت پسماندهای جهان و چشم‌انداز آن تا سال ۲۰۵۰ میلادی؛ رضا نقوی، سعید مرادی کیا؛ فصلنامه مدیریت پسماندها، پیاپی ۱۷ (بهار ۱۳۹۸)

3. Vrancken, C., Longhurst, P.J., Wagland, S.T., 2017. Critical review of real-time methods for solid waste characterisation: Informing material recovery and fuel production. Waste Manage. 61, 40–57.

4. A.C. (Thanos) Bourtsalas, Nickolas J. Themelis., 2022. Materials and energy recovery at six European MBT plants. Waste Management . 79-91

5. Niemczyk M, Berenjkar P, Sparling R, Lozecznik S, Yuan Q. Optimized design of a compost layer in a landfill biocover for CH4 oxidation. Process Safety and Environmental Protection. 2022 Apr 1;160:354-61.

6. EU, 2019a, Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003 (OJ L 170, 25.6.2019, pp. 1–114).

7. EU, 2019b, Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment (OJ L 155, 12.6.2019, pp. 1-19).




[ Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-28 ]