مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی
دفتر مطالعات زیربنایی
مسلسل: ۲۰۳۷۵ ■ بهمن ۱۴۰۳

# گزارش نظارتی وضعیت احداث زباله‌سوزها در کشور و مشکلات پیش رو

بسم الله الرحمن الرحيم

**تاریخ انتشار:**
**۱۴۰۳/۱۱/۶**

**شماره مسلسل: ۲۰۳۷۵**
**کد موضوعی: ۲۵۰**

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

**عنوان گزارش:**
گزارش نظارتی وضعیت احداث زباله‌سوزها در کشور و مشکلات پیش رو

**نوع گزارش:** طرح/ لایحه ☐ راهبردی ☐ نظارتی ■

**نام دفتر:**
مطالعات زیربنایی (گروه محیط زیست)

**تهیه و تدوین‌کنندگان:**
هومن غلامپور ارباستان، مسعود رضائی، الهه سلیمانی

**مدیر مطالعه:**
الهه سلیمانی مورچه‌خورتی

**ناظر علمی:**
محمدحسن معادی‌رودسری

**ناظر علمی خارج از مرکز:**
سمیه رفیعی (رئیس فراکسیون محیط زیست مجلس شورای اسلامی)

**اظهارنظر کننده داخل مرکز:**
محمدتقی فیاضی

**اظهارنظرکننده خارج از مرکز:**
نادر مختارانی (عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس)

**همکار:**
علی اکبر رودباری (عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شاهرود)

**ویراستار ادبی:**
زهره عطاردی

**گرافیک و صفحه آرایی:**
آذر مهمان‌نواز نوروزمحله

**واژه‌های کلیدی:**
۱. زباله‌سوز
۲. محیط زیست
۳. تبدیل پسماند به انرژی
٤. پیوست سلامت
۵. برنامه هفتم پیشرفت کشور

**تاریخ شروع مطالعه:**
۱٤۰۳/٤/۱۱

دفتر مطالعات زیربنایی

## فهرست مطالب


چکیده ..... ۶
خلاصه مدیریتی ..... ۷
۱. مقدمه ..... ۹
۲. پیشینه ..... ۱۴
۲-۱. پیشینه پژوهشی ..... ۴۱
۲-۲. پیشینه تقنینی ..... ۱۴
۳. نگاهی به تجربیات جهانی درخصوص توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز ..... ۱۶
۳-۱. چالش‌های احداث نیروگاه زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه ..... ۷۱
۳-۲. ملاحظات احداث نیروگاه زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه ..... ۱۲
۴. بررسی وضعیت موجود نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور و آسیب‌شناسی آن ..... ۲۳
۴-۱. پیشرفت فیزیکی زباله‌سوزهای کشور ..... ۳۲
۴-۲. میزان استحصال انرژی از پسماند در واحدهای فعال زباله‌سوز کشور ..... ۲۴
۴-۳. آسیب‌شناسی وضعیت و نحوه توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور ..... ۵۲
۵. جمع‌بندی و پیشنهادها ..... ۲۷
۶. پیوست ..... ۲۹
منابع و مآخذ ..... ۳۱


## فهرست اشکال


شکل ۱. مقایسه سیاست‌های مدیریت پسماند در اتحادیه اروپا در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۲۲ ..... ۹
شکل ۲. فناوری‌های مختلف تبدیل پسماند به انرژی ..... ۱۰
شکل ۳. ترکیب پسماند در کشورها با درآمدهای مختلف ..... ۱۸
شکل ۴. کیفیت پسماند تولیدی در کشورهای توسعه‌یافته، در حال توسعه و ایران براساس مثلث تانر ..... ۱۹
شکل ۵. چارچوب تصمیم‌گیری درخصوص احداث نیروگاه‌های زباله‌سوز ..... ۲۳


## فهرست جداول


جدول ۱. مزایا و معایب فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی ..... ۱۱
جدول ۲. مزایا و محدودیت‌های نیروگاه‌های زباله‌سوز ..... ۱۳
جدول ۳. پیشینه تقنینی نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور ..... ۱۵
جدول ۴. کشورهای پیشتاز در استفاده از زباله‌سوزها در مدیریت پسماند ..... ۱۶
جدول ۵. هزینه روش‌های مختلف دفع پسماند (دلار بر تن) ..... ۱۹
جدول ۶. برآورد هزینه‌های نیروگاه زباله‌سوز در کشورهای مختلف ..... ۲۰
جدول ۷. ملاحظات ابتدایی احداث نیروگاه زباله‌سوز ..... ۲۲
جدول ۸. مندرجات قرارداد زباله‌سوزهای بهره‌برداری شده و در حال احداث در کشور ..... ۲۴
جدول ۹. میزان برق تزریق شده و بهای پرداختی بابت خرید تضمینی برق دو نیروگاه زباله‌سوز فعال در کشور در طی چند سال اخیر ..... ۲۵
جدول ۱ پیوست. الگوریتم مورد استفاده در امکان‌سنجی استفاده از زباله‌سوزها ..... ۲۹

# گزارش نظارتی وضعیت احداث زباله‌سوزها در کشور و مشکلات پیش رو

## چکیده

زباله‌سوزی یکی از راهکارهای مرسوم تولید ترکیبی حرارت و برق از پسماند است که دو هدف کلی بازیابی انرژی و کاهش حجم پسماند دفنی را دنبال می‌کند. توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه با چالش‌هایی نظیر مطلوبیت پایین کیفیت پسماند، ناپایداری اقتصادی، نگرانی‌های محیط زیستی و بهداشتی، نارضایتی اجتماعی و عدم انطباق با مدیریت یکپارچه پسماند مواجه است. این کشورها به‌منظور غلبه بر چالش‌های نیروگاه‌های زباله‌سوز ملاحظات گوناگونی از جمله ملاحظات اولیه، ملاحظات فنی، فراهم کردن بسترها و مشورت با ذی‌نفعان را مورد توجه قرار می‌دهند. محدودیت‌های موجود در دفن نهایی پسماندهای عادی به‌خصوص در شهرهای شمالی کشور باعث شده است که در طی سالیان اخیر این فناوری مورد توجه سیاستگذاران و تصمیم‌گیران ملی و منطقه‌ای قرار گیرد. در حال حاضر در کشور دو نیروگاه زباله‌سوز در شهرهای تهران و نوشهر درحال بهره‌برداری بوده و دو مجتمع نیروگاهی در شهرهای ساری و رشت در حال ساخت است. بررسی وضعیت موجود نشان می‌دهد که توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور با چالش‌هایی نظیر زیرساخت ناکافی برای سنجش آلاینده‌های خروجی، عدم تطابق ضوابط ملی استقرار نیروگاه‌های زباله‌سوز با ضوابط بین‌المللی و ارزش حرارتی پایین پسماند ورودی مواجه است. در این گزارش به منظور غلبه بر چالش‌های فوق پیشنهادهایی نظیر توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در چارچوب برنامه ملی راهبردی مدیریت پسماندها، بومی‌سازی الگوریتم امکان‌سنجی فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی و مستندسازی تجربیات موفق و ناموفق نیروگاه‌های موجود زباله‌سوز ارائه شده است.

## خلاصه مدیریتی

### بیان / شرح مسئله

زباله‌سوز رایج‌ترین فناوری تبدیل پسماند به انرژی در سطح جهان است که دو هدف کلی بازیابی انرژی و کاهش حجم پسماند دفنی را دنبال می‌کند. با توجه به ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی، زباله‌سوزی را می‌توان یکی از بهترین راه‌حل‌ها برای تولید ترکیبی حرارت و برق از پسماند دانست. محدودیت‌های موجود در دفن نهایی پسماندهای عادی در برخی از شهرهای کشور به‌ویژه شهرهای شمالی از یک‌سو و همچنین مزایای مختلف استفاده از زباله‌سوز در مدیریت پسماندهای عادی از سویی دیگر باعث شده است که در طی سالیان اخیر این فناوری مورد توجه سیاستگذاران و تصمیم‌گیران ملی و منطقه‌ای مدیریت پسماند قرار گیرد. گزارش حاضر ضمن بررسی پیشینه مطالعاتی و تقنینی این موضوع، نگاهی به تجربیات جهانی در خصوص توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز کرده و ملاحظات و چالش‌های احداث نیروگاه زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه را مورد ارزیابی قرار داده است و سپس وضعیت موجود نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور را بررسی و چگونگی توسعه آن را آسیب شناسی کرده است. در پایان نیز پیشنهادهایی به‌منظور مدیریت صحیح توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز با توجه به شرایط کشور ارائه شده است.

### نقطه‌نظرات / یافته‌های کلیدی

- **تجربیات جهانی در خصوص توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز** و همچنین مطالعات پیشین نشان می‌دهد که کشورهای در حال توسعه برای احداث و توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز با چالش‌های ذیل مواجه هستند:

**الف) مطلوبیت پایین کیفیت پسماند:** پسماند شهری در کشورهای در حال توسعه معمولاً درصد بالایی رطوبت و محتوای آلی (قابل تجزیه بیولوژیکی) دارد که به‌معنای ارزش حرارتی پایین آن است.

**ب) ناپایداری اقتصادی:** درمجموع در مقایسه با دیگر گزینه‌های دفع پسماند (دفن در زمین، کمپوست، هضم بی‌هوازی)، زباله‌سوزی به‌طور معنی‌داری نیازمند سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیاتی بالاتری است.

**ج) نگرانی‌های محیط زیستی و بهداشتی:** در کشورهای در حال توسعه، معمولاً استانداردهای انتشار زباله‌سوزی یا وجود ندارد یا کمتر سختگیرانه است و زیرساخت‌های سنجش آلاینده‌ها موجود نیست.

**د) نارضایتی اجتماعی:** نارضایتی عمومی اغلب یک مانع بزرگ برای پروژه‌های زباله‌سوزی است که به‌دلایلی نظیر انتخاب نادرست سایت ممکن است ایجاد شود.

**هـ) عدم انطباق با مدیریت یکپارچه پسماند:** وابسته شدن سیستم‌های مدیریت پسماند به زباله‌سوزها یک نگرانی برای همه کشورهاست و می‌تواند تلاش‌ها برای پیشگیری از تولید پسماند، استفاده مجدد، تفکیک از مبدأ، بازیافت، کمپوست‌سازی و سیستم‌های هضم بی‌هوازی را تضعیف کند.

به‌منظور غلبه بر چالش‌های احداث و بهره‌برداری از نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه باید ملاحظات گوناگونی از جمله ملاحظات اولیه، ملاحظات فنی، فراهم کردن بسترها و مشورت با ذی‌نفع آن مورد توجه قرار گیرد.

- **وضعیت موجود نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور:** در حال حاضر در کشور دو مجتمع نیروگاهی زباله‌سوز در شهرهای تهران و نوشهر هریک به ظرفیت اسمی ۲۰۰ تن در روز با فناوری کاملاً مشابه درحال بهره‌برداری است. یک مجتمع نیروگاهی دیگر به ظرفیت اسمی ۴۵۰ تن در روز نیز در شهر ساری در مرحله نصب بوده، و آخرین زباله‌سوز کشور نیز با ظرفیت ۶۰۰ تن در روز در مرحله اتمام ابنیه در شهر رشت در حال ساخت است. بررسی وضعیت موجود نشان می‌دهد که توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور با چالش‌های ذیل مواجه است:

**الف) زیرساخت ناکافی برای سنجش آلاینده‌های خروجی از زباله‌سوزها:** عدم تکافوی امکانات آزمایشگاهی در کشور سبب شده است تا پیاده‌سازی استانداردهای تدوین شده با چالش مواجه باشد.

**ب) عدم تطابق ضوابط ملی استقرار نیروگاه‌های زباله‌سوز با ضوابط بین‌المللی:** ضوابط داخلی از یک طرف هیچ‌گونه حریم و فاصله‌گذاری با زمین‌های کشاورزی تعیین نکرده ولی در ضوابط بین‌المللی فاصله ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری تعیین شده است. علاوه‌براین، در ضوابط داخلی هیچ‌گونه الزامی برای قرارگیری زباله‌سوزها در مجاورت راه‌های ارتباطی و مهم‌تر از آن مراکز دفن در نظر گرفته نشده است. این درحالی است که نیاز واحدهای زباله‌سوزی به نزدیکی به مراکز دفن برای مدیریت خاکستر تولیدی غیرقابل کتمان است.

**ج) تأمین خوراک متناسب با ظرفیت ورودی و ارزش حرارتی قابل قبول:** یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه ازجمله ایران ارزش حرارتی پایین پسماند بوده که این معضل به‌ویژه خود را در نیروگاه‌هایی نظیر زباله‌سوز نوشهر که از پسماند مخلوط شهری استفاده می‌کند نشان داده است.

## ■ پیشنهاد راهکارهای تقنینی، نظارتی یا سیاستی

به‌منظور غلبه بر چالش‌های فوق و مدیریت صحیح توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شود:

**الف) توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در چارچوب برنامه ملی راهبردی مدیریت پسماندها:** به‌منظور تضمین کمّیت و کیفیت پسماند ورودی به نیروگاه‌های زباله‌سوز در طول عمر استفاده از آنها، باید مدیریت پسماند در کشور براساس برنامه بلندمدت ملی راهبردی مدیریت پسماندها انجام شود تا کمّیت و کیفیت پسماندهای ورودی به نیروگاه‌های زباله‌سوز متأثر از تصمیمات مقطعی نشود.

**ب) بومی‌سازی الگوریتم امکان‌سنجی فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی:** پیشنهاد می‌شود وزارت کشور (سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌ها) به‌عنوان مدیریت اجرایی پسماندهای عادی با نظارت سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی اقدام به بومی‌سازی و تدوین الگوریتم امکان‌سنجی استفاده از فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی در کشور کند.

**ج) مستندسازی تجربیات موفق و ناموفق نیروگاه‌های موجود زباله‌سوز:** کلیه دستگاه‌های متولی نظیر سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، سازمان شهرداری و دهیاری‌های وزارت کشور، مجری و بهره‌بردار طرح زباله‌سوزهای فعال و درحال احداث در کشور باید نسبت به مستندسازی تجربیات موفق و ناموفق اقدام کنند.

**د) استفاده از ظرفیت مراکز پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان در احداث، بهره‌برداری و تعمیرات و نگهداری و پایش نیروگاه‌های زباله‌سوز:** معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری با استفاده از ظرفیت مراکز پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان نسبت به امکان‌سنجی انتقال دانش و فناوری ساخت تجهیزات مربوط به نیروگاه‌های زباله‌سوز و همچنین پایش آلاینده‌های خروجی از این نیروگاه‌ها اقدام کند.

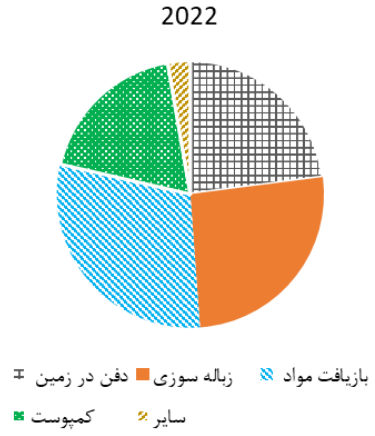
**هـ) اصلاح و پیاده‌سازی قوانین و مقررات مرتبط با زباله‌سوز در کشور:** در راستای اصلاح ساختار تقنینی کشور در زمینه نیروگاه‌های زباله‌سوز ضمن آسیب‌شناسی و ارتقای ضمانت اجرایی بند مرتبط با نیروگاه‌های زباله‌سوز در قوانین بودجه سنواتی، به‌منظور تأمین مالی طرح‌های مدیریت پسماندها و نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور استانداردهای ملی و بومی مرتبط به‌منظور اجباری شدن به دبیرخانه شورای عالی استاندارد ارجاع شود.

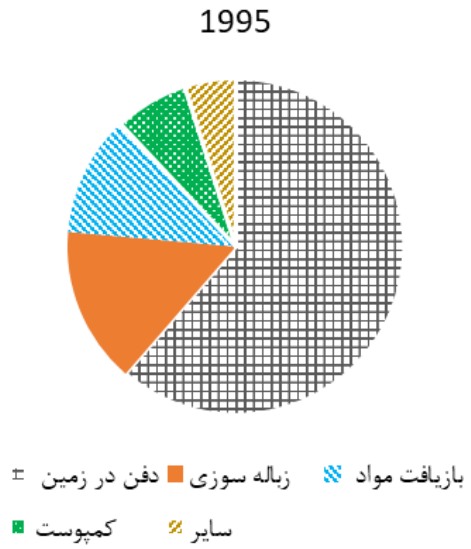
## ۱. مقدمه

بررسی روند شهرنشینی برمبنای سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵-۱۳۳۵ بیانگر رشد شتابان شهرنشینی در کشور است؛ به‌گونه‌ای که سهم جمعیت شهرنشین کشور طی روندی مستمر از ۳۱/۴ درصد در سال ۱۳۳۵ به ۷۴٪ کل جمعیت کشور در سال ۱۳۹۵ رسیده است. آمار ارائه شده از سوی مدیریت اجرایی پسماندهای عادی، نشانگر آن است که به‌رغم اقدامات انجام شده در طی سالیان اخیر، روزانه حدود ۵۴ هزار تن پسماند عادی در کشور تولید می‌شود که شهرنشینان با سهمی نزدیک به ۸۳٪ از پسماند تولیدی، تولیدکننده اصلی پسماند عادی در کشور به‌شمار می‌روند. از آنجاکه سرنوشت ۷۵٪ از پسماندهای عادی تولیدی در کشور دفن در زمین است، با صرف نظر کردن از هزینه‌های درمان ناشی از بروز انواع بیماری‌ها، سالیانه بالغ بر ۴۴۸ هزار میلیارد ریال خسارت زیست‌محیطی به‌واسطه اشغال زمین برای دفن، آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از نفوذ شیرابه، تولید گازهای گلخانه‌ای و عدم استفاده از منابع قابل بازیافت به اقتصاد کشور تحمیل می‌شود [۱].

براساس پیش‌بینی بانک جهانی میزان تولید پسماند در سال ۲۰۵۰ میلادی (۱۴۲۹ شمسی) نسبت به سال ۲۰۱۶ میلادی (۱۳۹۵ شمسی) با افزایشی ۶۸ درصدی همراه بوده و از ۲/۰۲ میلیارد تن به میزان ۳/۴ میلیارد تن در سال خواهد رسید که در همین بازه میزان پسماند در مناطق شهری دو برابر خواهد شد [۲]. هرچند در گذشته متداول‌ترین روش دفع پسماندها دفن در زمین بوده است، اما با رشد فناوری‌های مربوطه و ضرورت بازیابی انرژی، بسیاری از کشورها به روش‌های نوین‌تر مدیریت پسماند روی آورده‌اند. مقایسه نحوه مدیریت پسماند در اتحادیه اروپا در سال ۲۰۲۲ با سال ۱۹۹۵ نشانگر یک چرخش سیاستی از دفن در زمین به سمت فرایندهای تبدیلی نظیر بازیافت مواد، تولید کمپوست و تبدیل پسماند به انرژی است. دفن در زمین در این بازه زمانی از ۶۱٪ به ۲۳٪ کاهش یافته درحالی‌که بازیافت مواد، کمپوست و پسماند به انرژی به‌ترتیب از ۱۲٪، ۷٪ و ۱۵٪ به ۳۰٪، ۱۹٪ و ۲۶٪ افزایش پیدا کرده که سهم بازیافت مواد ۲/۵ برابر، تولید کمپوست ۲/۷ برابر و تبدیل پسماند به انرژی ۱/۷ برابر شده است. بر این اساس، واضح است که مدیریت پسماند در اتحادیه اروپا، سیاست انحراف از دفن را در پیش گرفته و به‌ترتیب تولید کمپوست، ارتقای بازیافت و درنهایت تبدیل پسماند به انرژی را در دستور کار خود قرار داده است [۳].

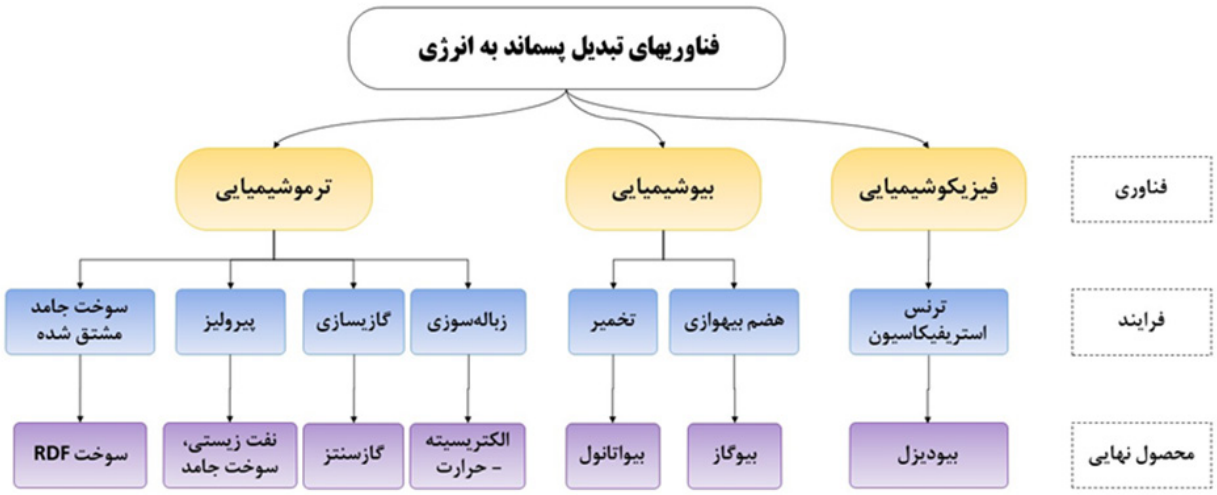
**شکل ۱. مقایسه سیاست‌های مدیریت پسماند در اتحادیه اروپا در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۲۲ [۲]**






فناوری‌های بازیابی انرژی از پسماند در سه دسته کلی روش‌های ترموشیمیایی، بیوشیمیایی و فیزیکوشیمیایی قابل طبقه‌بندی هستند. فناوری‌های بیوشیمیایی فرایندهایی هستند که در آن از عوامل بیولوژیکی یا میکروارگانیسم‌ها برای تبدیل بخش آلی پسماند به سوخت زیستی (گاز یا مایع) استفاده می‌شود که از متداول‌ترین آنها می‌توان به هضم بی‌هوازی اشاره کرد که طی آن بیوگاز تولید می‌شود. محبوب‌ترین فناوری‌های فیزیکوشیمیایی مورد استفاده برای پسماند شهری ترانس استریفیکاسیون است که طی آن بخش چربی ضایعات مواد غذایی، به‌ویژه روغن‌های پخت‌وپز اســـتفاده شده و چربی‌های حیوانی، به بیودیزل تبدیل ترموشیمیایی از جمله زباله‌سوزی، پیرولیز و گازی‌سازی نیز فرایندهایی هستند که در طی آنها در دماهای بالا ساختار مولکولی اولیه پسماند به مولکول‌های کوچکتر با هدف تولید گرما، الکتریسیته و سایر محصولات ارزشمند شکسته می‌شود [۴].

**شکل ۲. فناوری‌های مختلف تبدیل پسماند به انرژی [۳]**



فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی بسته به نوع پسماند ورودی، منابع مالی موجود، فناوری‌های در دسترس و محصول نهایی مورد نیاز می‌توانند در فرایند مدیریت پسماند به‌کار گرفته شوند. در جدول ۱ مزایا و معایب فناوری‌های مختلف تبدیل پسماند به انرژی بررسی شده است.

**جدول ۱. مزایا و معایب فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی [۵]**

| نوع فرایند | فناوری | مزایا | معایب |
|---|---|---|---|
| ترموشیمیایی | زباله‌سوز | ● تقریباً برای اغلب انواع پسماندها قابل استفاده است.<br>● تقریباً ۸۰٪ حجم و ۷۵٪ جرم پسماند کاهش می‌یابد.<br>● فرایند زباله‌سوزی راحت و سریع است. | ● هزینه سرمایه‌گذاری اولیه احداث زباله‌سوز بسیار بالاست.<br>● می‌تواند باعث آلودگی آب‌وهوا شود.<br>● می‌تواند ترکیبات شیمیایی سرطان‌زایی مانند دیوکسین و فوران تولید کند. |
| | پیرولیز | ● باعث تولید مواد شیمیایی سمی نظیر دیوکسین و فوران نمی‌شود.<br>● حجم پسماند را بین ۷۰ تا ۹۰٪ کاهش می‌دهد.<br>● مایع ناشی از پیرولیز و یا سوخت گازی تولیدی می‌تواند پس از پالایش به‌صورت مستقیم مورد استفاده قرار گیرد.<br>● بدون وجود اکسیژن انجام می‌پذیرد.<br>● گازهای دودکش کمتری تولید می‌کند.<br>● در مقایسه با دیگر فناوری‌های ترموشیمیایی آلودگی کمتری ایجاد می‌کند. | ● هزینه اولیه، راهبری و تعمیرات نگهداری این فناوری بسیار بالاست.<br>● ایجاد انسداد و به‌دنبال آن کاهش بازده به‌واسطه ایجاد قطران.<br>● نیاز به افراد بسیار حرفه‌ای در راهبری.<br>● استفاده بسیار نادر از این فناوری در مدیریت پسماند شهری. |
| | گازی‌سازی | ● بازده انرژی بالا<br>● به‌دلیل فشار و حجم پایین گاز سنتز، تمیز کردن آن آسان است.<br>● گاز سنتز تولیدی قابلیت استفاده در سلول‌های سوختی، توربین‌های سیکل ترکیبی و موتورهای پیستونی را دارد. | ● تولید دی اکسین و فوران در میزان اندک<br>● انتشار ترکیباتی نظیر آل‌کیل‌ها (قابلیت از بین بردن توربین در مرور زمان)، هالوژن‌ها (ایجاد باران اسیدی و آسیب به محیط زیست)، فلزات سنگین (ایجاد سرطان) و قطران (تجمع بر روی فیلترهای سرامیکی و سامانه گوگردزدا و افزایش میزان لجن تولیدی). |

| نوع فرایند | فناوری | مزایا | معایب |
|---|---|---|---|
| فناوری‌های بیوشیمیایی | هاضم بی‌هوازی | ● هزینه اولیه و بهره‌برداری نسبتاً پایین<br>● کاهش خطر آلودگی آب و زمین به آلودگی با شیرابه<br>● کارایی بالا برای مدیریت بخش آلی پسماند<br>● در صورت غنی بودن گوارنده قابل استفاده به‌عنوان کود آلی | ● فقط مناسب برای بخش آلی پسماند شهری<br>● احتیاج به زمین بزرگ برای احداث نیروگاه هاضم (در قیاس با سایر روش‌های تبدیل پسماند به انرژی)<br>● هزینه بالا و سختی جابه‌جایی و ذخیره‌سازی بخش آلی پسماند شهری |
| | تخمیر | ● استفاده از پسماند کم‌ارزش<br>● تولید اتانول با کیفیت بالا<br>● عدم استفاده از انرژی برای بهره‌برداری<br>● انجام در شرایط دمایی پایین‌تر نسبت به هضم بی‌هوازی | ● سرعت پایین نسبت به هضم بی‌هوازی<br>● محصول نهایی نیازمند خالص‌سازی با فرایند تقطیر و جداسازی آب<br>● خالص‌سازی اتانول نیازمند صرف انرژی بالایی است.<br>● فرایند نیازمند پایش مستمر است. |
| فناوری‌های فیزیکوشیمیایی | ترنس استریفیکاسیون | ● راندمان بالا در تولید سوخت زیستی<br>● استفاده از پسماند بسیار کم‌ارزش<br>● تولید محصولات با ارزش بالا | ● نیاز به خالص‌سازی مواد اولیه<br>● پایداری پایین سوخت زیستی از نظر اکسیداسیون<br>● دشواری بازیابی کاتالیست‌ها |

زباله‌سوز، رایج‌ترین فناوری تبدیل پسماند به انرژی در سطح جهان است. همان‌طور که قبلاً نیز بدان اشاره شد دو هدف کلی از فرایند زباله‌سوزی وجود دارد که شامل بازیابی انرژی و کاهش حجم پسماند دفنی فارغ از بازیابی انرژی است. به‌عبارت‌دیگر این فناوری در احتراق کامل اجزای پسماند شهری برای کاهش حجم و تبدیل آن به گرما و انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه‌براین، با توجه به ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی، زباله‌سوزی را می‌توان بهترین راه‌حل برای تولید ترکیبی حرارت و برق (CHP) از پسماند دانست. نیروگاه زباله‌سوز در دمای بالا و در حدود ۸۵۰-۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد کار می‌کند. مؤلفه‌های اصلی زباله‌سوزها شامل سیستم خوراک‌دهی اولیه، محفظه احتراق، سیستم احتراق گاز خروجی، تجهیزات پالایش گاز و سیستم مدیریت پسماندهای تولیدی است. شناخته شده‌ترین انواع زباله‌سوزها شامل زباله‌سوزهای صنعتی و توده‌سوزهاست. مهم‌ترین خروجی زباله‌سوزها شامل حرارت، گاز داغ مشتمل بر دی‌اکسید کربن، نیتروژن، اکسیژن و بخار آب می‌باشد. علاوه‌براین، خاکستر (خاکستر کف و خاکستر بادی) به‌عنوان یک محصول جانبی قلمداد می‌شود؛ چراکه وزنی برابر با ۲۰-۲۵٪ مواد اولیه ورودی را شامل می‌شود. حرارت و گاز داغ تولیدی در فرایند زباله‌سوزی برای تولید بخار با فشار بالا و به‌دنبال آن تولید برق از طریق توربین بخار استفاده می‌شود. پس از آن گاز خروجی به‌منظور رعایت استانداردهای زیست‌محیطی تصفیه و پالایش می‌شود. خاکستر تولیدی نیز یا به‌عنوان ماده اولیه در صنایع سیمان استفاده شده و یا دفن می‌شود [۵]. نیروگاه‌های زباله‌سوزی همانند سایر فناوری‌ها دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند که در جدول ۲ به برخی از مهم‌ترین آنها اشاره شده است.

جدول ۲. مزایا و محدودیت‌های نیروگاه‌های زباله‌سوز [۶]

| مزیت | محدودیت |
|---|---|
| ● کاهش قابل‌توجه حجم و وزن پسماند به میزان ۹۵٪ و ۷۵٪ (به‌ترتیب) | ● هزینه سرمایه‌گذاری بالا (بیشتر از سایر فناوری‌های دفع نهایی پسماند) |
| ● دارا بودن قابلیت مدیریت ایمن پسماند خطرناک | ● هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری بالا (بیشتر از سایر فناوری‌های دفع نهایی پسماند) |
| ● کاهش قابل توجه حجم و وزن پسماند به‌ترتیب میزان ۹۵٪ و ۷۵٪<br>● دارا بودن قابلیت مدیریت ایمن پسماند خطرناک؛<br>● کاهش وابستگی به دفن پسماند در زمین و در نتیجه، صرفه‌جویی در مقدار زمین مورد نیاز | ● هزینه سرمایه گذاری بالاتر از سایر فناوریهای دفع پسماند)؛<br>● هزینه های تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری بالا (بیشتر از سایر فناوری های دفع نهایی پسماند)؛<br>● نیاز به نیروی انسانی متخصص و آموزش‌دیده انتشار آلودگی هوا، پساب و خاکستر. |
| ● فراهم شدن منابع انرژی تجدیدپذیر (گرما و برق) | ● تولید دود (آلودگی هوا)، پساب و خاکستر |
| ● کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای | ● نیاز به تجهیزات پرهزینه کنترل گازها و آلاینده‌های تولیدی |
| ● کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی | ● احتمال انتشار آلاینده‌های سمی (دی اکسین‌ها و فوران‌ها) |
| ● کاهش انتشار بوهای بد در محیط | ● نیاز به روش دفع جایگزین در مواقع اضطراری (هنگام سرویس دوره‌ای یا خرابی‌های موقتی) |
| ● کاهش هزینه‌های حمل پسماندها به سایر نقاط | ● تضاد با الگوی اقتصاد چرخشی و برنامه‌های کاهش تولید پسماند |
| ● امکان استفاده از خاکستر نیروگاه در ترکیب آسفالت جاده‌ها | ● ایجاد وابستگی تکنولوژیکی به شرکت‌ها و کشورهای سازنده |

محدودیت‌های موجود در دفن نهایی پسماندهای عادی در برخی از شهرهای کشور به‌ویژه شهرهای شمالی از یک‌سو و همچنین مزایای مختلف استفاده از زباله‌سوز در مدیریت پسماندهای عادی ازسویی دیگر باعث شده است که در طی سالیان اخیر این فناوری مورد توجه سیاستگذاران و تصمیم‌گیران ملی و منطقه‌ای مدیریت پسماند قرار گیرد. گزارش حاضر ضمن بررسی پیشینه مطالعاتی و تقنینی این موضوع، نگاهی به تجربیات جهانی درخصوص توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز شده و ملاحظات و چالش‌های احداث نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس وضعیت موجود نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور بررسی شده و چگونگی توسعه آن آسیب‌شناسی شده است. در پایان نیز پیشنهادهایی به‌منظور مدیریت صحیح توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز با توجه به شرایط حاکم بر کشور ارائه گردیده است.

## ۲. پیشینه

### ۲-۱. پیشینه پژوهشی

در گزارش‌های تهیه شده در مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی تاکنون به‌صورت مستقیم به بررسی نقش و واکاوی عملکرد زباله‌سوزها در کشور پرداخته نشده است. بااین‌وجود در طی سالیان اخیر و در دو گزارش به زباله‌سوزها به‌عنوان فناوری‌های نوین عرصه مدیریت پسماندها پرداخته شده است. در نخستین گزارش از این دسته گزارش‌ها در سال ۱۴۰۰ با عنوان «تحلیل پیشران‌های آینده مؤثر بر مدیریت پسماند شهری» با شماره مسلسل ۱۸۰۳۵ با بررسی ۴۱۵ عنوان مقاله و انتخاب ۳۵ مقاله منتخب، درنهایت ۲۵ عامل به‌عنوان پیشران‌های اصلی مدیریت پسماند شهری در کشور شناسایی که بعد از استماع نخبگان و اخذ نظرات متخصصان ۹ عامل شناسایی شد که در این بین فناوری‌های نوین در عرصه مدیریت پسماندها ازجمله عوامل تأثیرگذار بر آینده مدیریت پسماند شهری در کشور شناسایی گردید [۷]. در راستای همین گزارش در بهار سال جاری (۱۴۰۳) گزارشی با عنوان «هوشمندسازی مدیریت پسماندهای عادی در کشور» با شماره مسلسل ۱۹۷۲۶ به چاپ رسید. براساس نتایج این گزارش از زباله‌سوزها به‌عنوان یکی از فناوری‌های هوشمندی که می‌تواند در صورت نیاز به‌عنوان یکی از گزینه‌های مدیریت پسماند مورد استفاده قرار گیرد نام برده شده است [۱].

### ۲-۲. پیشینه تقنینی

اسناد بالادستی نشان می‌دهد که تبدیل پسماند به انرژی ازجمله موارد پرتکرار در قوانین مرتبط با مدیریت پسماندها به‌شمار می‌رود (جدول ۳). مطالعه این اسناد و قوانین نشان می‌دهد که موضوعاتی نظیر ضرورت بررسی و ارزیابی زیست‌محیطی طرح‌های تبدیل پسماند به انرژی و تهیه پیوست سلامت، تأمین منابع ارزی و ریالی، خرید تضمینی محصول تولیدی و اعطای مشوق‌هایی نظیر معافیت مالیاتی مورد تأکید قانونگذار قرار گرفته است.

## جدول ۳. پیشینه تقنینی نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور

| ماده قانونی | | مرجع تصویب | تاریخ تصویب | محتوای ماده قانونی |
|---|---|---|---|---|
| سیاست‌های کلی نظام در حوزه سلامت | جزء «۴» بند «۲» | ابلاغی مقام معظم رهبری | ۱۳۹۳/۰۱/۱۸ | تهیه پیوست سلامت برای طرح‌های کلان توسعه‌ای |
| بند «ص» ماده (۳۸) قانون برنامه پنجساله ششم توسعه کشور | | مجلس شورای اسلامی | ۱۳۹۶/۰۱/۱۶ | فراهم کردن منابع ارزی و ریالی لازم جهت تبدیل پسماند به انرژی توسط دولت با همکاری بخش خصوصی و شهرداری‌ها |
| قانون برنامه هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران | بند «الف» ماده (۲۲) | مجلس شورای اسلامی | ۱۴۰۳/۰۴/۱۸ | کلیه طرح(پروژه)های بزرگ جدید و طرح‌های توسعه‌ای بزرگ ... باید قبل از اجرا بر اساس شاخص‌ها، ضوابط و معیارهای زیست‌محیطی که به تصویب شورای عالی حفاظت محیط زیست می‌رسد، توسط سازمان حفاظت محیط زیست مورد ارزیابی اثرات زیست‌محیطی قرار گیرد. |
| | جزء «۲»، بند «چ» ماده (۲۲) | مجلس شورای اسلامی | ۱۴۰۳/۰۳/۰۱ | الزام وزارت نیرو به خرید تضمینی انرژی برق تولیدی از پسماندها |
| تعیین طرح‌ها و پروژه‌های مشمول انجام مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی | | هیئت وزیران | ۱۳۹۰/۰۳/۲۹ | مراکز دفع و دفن انواع پسماندها (زباله‌سوز مرکزی) مشمول ارزیابی زیست‌محیطی هستند. |
| قانون کمک به ساماندهی پسماندهای عادی با مشارکت بخش غیردولتی | ماده (۱) | مجلس شورای اسلامی | ۱۳۹۹/۰۱/۲۰ | تعیین نرخ خرید تضمینی برق حاصل از تأسیسات تبدیل پسماند به انرژی با پیشنهاد وزیران نیرو و کشور و تصویب شورای اقتصاد |
| | ماده (۲) | | | تعیین درصدی از منابع موضوع ماده (۵) قانون حمایت از صنعت برق کشور برای خرید برق تولیدی از تأسیسات تبدیل پسماند به انرژی |
| | ماده (۳) | | | الزام شهرداری‌ها به پرداخت «هزینه ورودی متناسب با میزان پسماند تحویلی» در جهت تأمین منابع مالی لازم جهت سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در تأسیسات تبدیل پسماند به انرژی |
| | ماده (۴) | | | معافیت مالیاتی برای سرمایه‌گذاری در ایجاد و بهره‌برداری از تأسیسات تبدیل پسماند و قراردادهای خرید تضمینی برق از تأسیسات مذکور |
| | ماده (۵) | | | نرخ صفر مالیات مستقیم کلیه فعالیت‌های مرتبط با مدیریت اجرایی پسماند شامل تولید انرژی |
| | ماده (۶) | | | تأمین منابع مالی برای ایجاد تأسیسات منطقه‌ای تبدیل پسماند به مواد و انرژی از طریق الزام تولیدکنندگان و واردکنندگان به پرداخت یک در هزار ارزش مواد اولیه، قطعات و کالاهای قابل بازیافت |
| جزء «۲» بند «ب» تبصره «۱» قانون بودجه سال ۱۴۰۳ (بخش دوم) | | مجلس شورای اسلامی | ۱۴۰۳/۰۳/۱۲ | اعطای مجوز به شهرداری‌های کشور و سازمان‌های وابسته به آنها با تأیید وزارت کشور برای انتشار اوراق مشارکت تا سقف یک‌صدوبیست هزار میلیارد ریال در حوزه‌های مختلف از جمله نیروگاه‌های زباله‌سوز |

| ماده قانونی | مرجع تصویب | تاریخ تصویب | محتوای ماده قانونی |
|---|---|---|---|
| ضوابط و معیارهای محیط زیستی استقرار واحدهای خدماتی | سازمان حفاظت محیط زیست | ۱۳۹۸ | زباله‌سوزهای مرکزی به‌واسطه قرارگیری در زمره واحدهای رده (۵) و زباله‌سوزها و زباله‌سوزها در رده (۳) موضوع ماده (۹) این ضوابط ملزم به استقرار در خارج از حریم مصوب شهرها و محدوده روستاها با رعایت ضوابط استقرار در کاربری‌های تعیین شده مندرج در طرح‌های توسعه و عمران ناحیه‌ای و یا مجموعه شهری هستند. |
| صدور مجوز سرمایه‌گذاری در طرح احداث ۳۰۰۰ مگاوات نیروگاه بادی در مناطق مستعد کشور | شورای اقتصاد | ۱۴۰۲/۰۸/۲۷ | از این ظرفیت تا سقف ۲۰۰ مگاوات می‌تواند به نیروگاه‌های زیست‌توده اختصاص یابد. |
| استانداردهای مرتبط با زباله‌سوز | سازمان ملی استاندارد ایران | ۱۳۹۹-۱۴۰۱ | پنج استاندارد در زمینه زباله‌سوزها با موضوعاتی شامل ویژگی، راهبری، آلاینده‌های خروجی، راه‌اندازی و تصفیه و استفاده مجدد از شیرابه حاصل از سوزاندن پسماند جامد شهری در واحدهای زباله‌سوز تهیه و تدوین شده است. |

**مأخذ:** نگارندگان.

## ۳. نگاهی به تجربیات جهانی در خصوص توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز

مطالعات مختلف نشانگر آن است که در سطح دنیا تا سال ۲۰۲۱، بیش از ۲۰۰۰ زباله‌سوز احداث شده است که به‌ترتیب کشورهای ژاپن، چین، فرانسه و آلمان با ۱۱۶۲، ۲۹۹، ۱۲۶ و ۱۲۱ نیروگاه زباله‌سوز در صدر قرار دارند [۶]، [۵]. در جدول ۴، درصد زباله‌سوزی نسبت به کل جریان پسماند تولیدی در کشورهای مختلف جهان با یکدیگر مقایسه شده‌اند. اطلاعات مندرج در این جدول بیانگر آن است که هرچند روش زباله‌سوزی در برخی کشورهای پیشرفته به‌عنوان یکی از روش‌های اصلی مدیریت پسماند مورد توجه قرار گرفته، اما در کشورهای در حال توسعه به‌دلایل مختلف این روش کمتر مورد توجه قرار گرفته و همچنان روش دفن پسماند در زمین متداول‌ترین روش مدیریت پسماند تولیدی است.

**جدول ۴. کشورهای پیشتاز در استفاده از زباله‌سوزها در مدیریت پسماند [۸] [۹] [۱۰]**

| رتبه | کشور | درصد زباله‌سوزی به کل جریان پسماند | سطح درآمد | رتبه جهانی در زمینه پیشرفتگی در فناوری |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ژاپن | ۷۹/۸ | سطح درآمدی بالا | ۱ |
| ۲ | سوئد | ۶۰/۱ | سطح درآمدی بالا | ۷ |
| ۳ | سوئیس | ۴۷/۲ | سطح درآمدی بالا | ۱۰ |

| رتبه | کشور | درصد زباله‌سوزی به کل جریان پسماند | سطح درآمد | رتبه جهانی در زمینه پیشرفتگی در فناوری |
|---|---|---|---|---|
| ۴ | فنلاند | ۵۷/۹ | سطح درآمدی بالا | ۱۳ |
| ۵ | نروژ | ۴۶/۴ | سطح درآمدی بالا | ۱۵ |
| ۶ | دانمارک | ۴۵/۲ | سطح درآمدی بالا | ۱۶ |
| ۷ | چین | ۴۵ | سطح درآمدی متوسط رو به بالا | ۹ |
| ۸ | انگلستان | ۴۱ | سطح درآمدی بالا | ۶ |
| ۹ | آلمان | ۳۲/۳ | سطح درآمدی بالا | ۴ |
| ۱۰ | کره جنوبی | ۲۲ | سطح درآمدی بالا | ۳ |

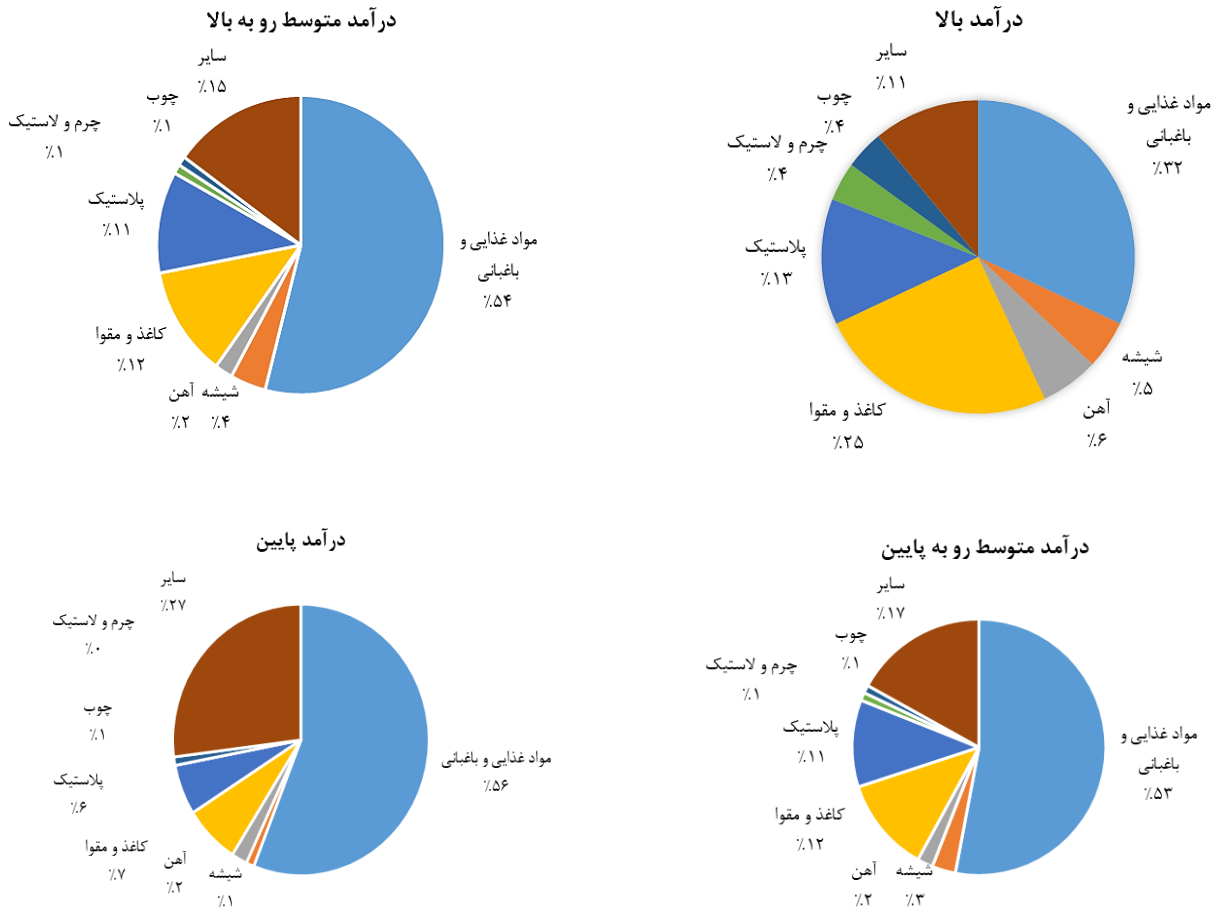
همان گونه که در جدول ۴ قابل مشاهده است کشورهایی که بالاترین درصد جریان پسماند خود را وارد نیروگاه‌های زباله‌سوز می کنند دارای سطح درآمدی بالا بوده و در زمره کشورهای برتر دنیا در زمینه پیشرفتگی فناوری هستند. این موضوع به این دلیل است که احداث نیروگاه‌های زباله سوز نیازمند فناوری‌های پیشرفته و اولیه و صرف هزینه‌ای تعمیرات و نگهداری بالاست. در ادامه این بخش ابتدا چالش‌هایی که کشورهای در حال توسعه در احداث و توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز با آن مواجه هستند بررسی می‌شود، سپس ملاحظات اصلی شامل ملاحظات اولیه، ملاحظات فنی، فراهم کردن بسترها و مشورت با ذی‌نفعان مورد بررسی قرار گرفته و درنهایت یک چارچوب تصمیم گیری درخصوص احداث نیروگاه‌های زباله‌سوز ارائه شده است.

### ۱-۳. چالش‌های احداث نیروگاه زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه

**الف) مطلوبیت پایین کیفیت پسماند:** پسماند شهری در کشورهای در حال توسعه معمولاً درصد بالایی رطوبت و محتوای آلی دارد که به‌معنای ارزش حرارتی پایین آن است. براساس گزارش بانک جهانی [۲]پسماندهای آلی به‌طور متوسط بین ۵۳ تا ۵۶ درصد پسماند شهری در کشورهای با درآمد کم و متوسط پایین را تشکیل می‌دهند که یکی از محدودیت‌های به‌کارگیری زباله‌سوز برای این گونه پسماندهاست. طبق دستورالعمل انجمن بین‌المللی پسماند[1] برای استحصال انرژی از پســماند از طریق زباله‌سوزی در کشورهای کم‌درآمد و متوسط، به سوختی با حداقل میانگین ارزش حرارتی ۷ MJ/kg نیاز و بدون سوخت کمکی هرگز نباید این پارامتر از ۶ MJ/kg کمتر شود [۱۱]. یکی از دلایل کاهش ارزش حرارتی پسماند علاوه‌بر رطوبت بالا، وجود مواد خنثی نظیر نخاله‌های ساختمانی است که یکی از دلایل اصلی شکست عملیاتی چندین نیروگاه زباله‌سوز در هند بوده است [۱۲].

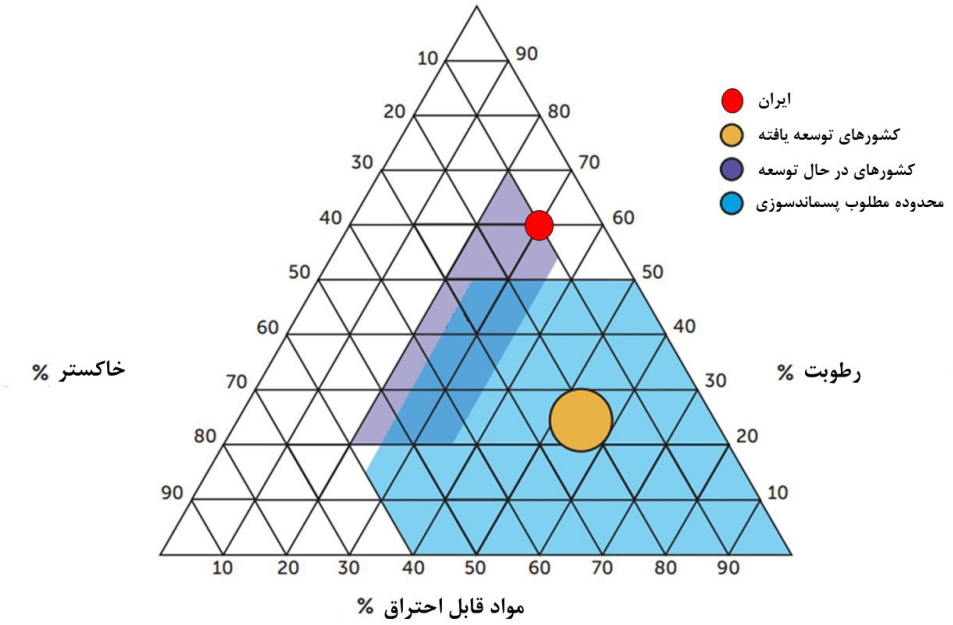
1. International Solid Waste Association

شکل ۳. ترکیب پسماند در کشورها با درآمدهای مختلف [۲]




به‌لحاظ تئوریک یک پسماند زمانی برای ورود به زباله‌سوز مناسب و نیروگاه می‌تواند بدون سوخت کمکی فعالیت کند که رطوبت پسماند کمتر از ۵٪، خاکستر پسماند کمتر از ۶۰٪ و مواد اشتعال‌پذیر بیش از ۲۵٪ باشد [۱۳]. این سه مؤلفه که معمولاً با عنوان مثلث تانر شناخته می‌شوند معیار مهمی در جهت ارزیابی مطلوبیت یک پسماند برای ورود به فرایند زباله‌سوزی است. همان‌گونه که در شکل ۴ مشخص است پسماند تولیدی در کشورهای توسعه‌یافته غالباً در محدوده مطلوب قرار می‌گیرند، اما کشورهای در حال توسعه در ناحیه مرزی مطلوبیت قرار دارند و کشور ایران نیز خارج از محدوده مطلوب قرار گرفته است [۱۴].

شکل ۴. کیفیت پسماند تولیدی در کشورهای توسعه‌یافته، در حال توسعه و ایران براساس مثلث تانر [۱۴]




**ب) ناپایداری اقتصادی:** هزینه‌های احداث زباله‌سوز شـــامل دو بخش مخارج سرمایه‌ای و بهره‌برداری می‌شـــود. مخارج سرمایه‌ای به هزینه‌های مربوط به برنامه‌ریزی و توســـعه پروژه از جمله مکان‌یابی، مطالعات امکان‌سنجی، مجوز، مشـــاوره، طراحی، زمین، تجهیزات و ساخت‌وساز اشاره دارد. درحالی‌که مخارج عملیاتی شامل هزینه‌های نیروی کار، سوخت، انرژی، نگهداری و تعمیرات، پایش و کنترل انتشار، روابط عمومی، مدیریت، دفع ایمن پسماندها و واکنش به اختلالات عملکردی است. همان‌گونه که در جدول ۵ مشخص شده درمجموع در مقایسه با دیگر گزینه‌های دفع پسماند (دفن در زمین، کمپوست، هضم بی‌هوازی)، زباله‌سوزی به‌طور معنی‌داری نیازمند سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیاتی بالاتری است. البته این هزینه‌ها در کشورهای توسعه‌یافته به‌دلایلی نظیر هزینه بالاتر نیروی کار و الزامات سختگیرانه‌تر درخصوص انتشار آلاینده‌ها به‌طور قابل‌توجهی بالاتر است [۱۵].

جدول ۵. هزینه روش‌های مختلف دفع پسماند (دلار بر تن) [۱۵]

| طبقه‌بندی کشورها / فرایند | کشورهای با درآمد پایین | کشورهای با درآمد متوسط رو به پایین | کشورهای با درآمد متوسط رو به بالا | کشورهای با درآمد بالا |
|---|---|---|---|---|
| دفن بهداشتی | ۳۰–۱۰ | ۴۰–۱۵ | ۶۵–۲۵ | ۱۰۰–۴۰ |
| کمپوست | ۳۰–۵ | ۴۰–۱۰ | ۷۵–۲۰ | ۹۰–۳۵ |
| زباله‌سوزی | – | ۱۰۰–۴۰ | ۱۵۰–۶۰ | ۲۰۰–۷۰ |
| هضم بی‌هوازی | – | ۸۰–۲۰ | ۱۰۰–۵۰ | ۱۵۰–۶۵ |

جدول ۶ نیز مخارج عملیاتی و سرمایه‌ای را برای نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه ارائه کرده است. مخارج عملیاتی به‌طور کامل به طول عمر نیروگاه بستگی دارد و برای یک نیروگاه با طول عمر تخمینی ۴۰ سال، حدود ۸۵ درصد از کل هزینه‌های آن مربوط به هزینه‌های عملیاتی است، درحالی‌که در کشورهای در حال توسعه مخارج عملیاتی حدود ۵۰ درصد از هزینه کل نیروگاه را تشکیل می‌دهد. درمجموع در کلیه کشورها موفقیت طرح‌های زباله‌سوزی به‌دلیل مخارج بالای عملیاتی نیازمند تأمین مالی مستمر است که برای کشورهای در حال توسعه هزینه‌ای بالغ بر ۴۰ تا ۸۰ یورو بر تن پسماند است. برای تأمین این هزینه‌ها می‌توان از درآمدهای دریافتی از شهروندان و گیت‌فی کارخانه و منابع خارجی نظیر یارانه‌های دولتی، کمک‌های صندوق‌های بین‌المللی و سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی استفاده کرد [۱۴].

جدول ۶. برآورد هزینه‌های نیروگاه زباله‌سوز در کشورهای مختلف [۱۶]

| کشور | سرمایه‌گذاری اولیه | مخارج سرمایه‌ای | مخارج عملیاتی | کل مخارج | درآمد حاصله از فروش انرژی | تأمین مالی لازم |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | میلیون یورو | یورو بر تن | | | | |
| توسعه‌یافته | ۱۸۵-۱۳۵ | ۱۱۵-۸۰ | ۱۸۰ | ۲۹۵-۲۶۰ | ۶۰ (گرما و برق)<br>۲۷ (برق) | ۲۳۵-۲۰۰ |
| در حال توسعه | ۷۵-۳۰ | ۵۵-۲۲ | ۳۵-۲۰ | ۹۰-۴۲ | ۱۰-۲ (برق) | ۸۰-۴۰ |

طی سالیان اخیر به‌دلیل هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری برخی کشورهای با درآمد پایین به خرید و توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز با استانداردهای فنی ابتدایی رو آورده‌اند. در این نیروگاه‌های ارزان‌قیمت ممکن است برخی سیستم‌های پشتیبانی فنی مانند پمپ‌ها، لوله‌کشی، سیستم‌های کنترل الکترونیکی، کوره دوم و سیستم‌های فیلتر گاز دودکش حذف شده باشد یا از فولاد با کیفیت پایین‌تر برای اجزای کوره استفاده شده باشد. این رویکرد موجب می‌شود که احتمال خرابی و اختلال نیروگاه بالا رفته و درنتیجه مخارج عملیاتی افزایش یابد و طول عمر کاهش یافته و اثرات زیست‌محیطی و سلامت انسانی گسترش یابد [۱۶].

**ج) نگرانی‌های محیط زیستی و بهداشتی:** اثرات بهداشتی و زیست‌محیطی یکی از دغدغه‌های عمومی زباله‌سوزی در جهان است. نیروگاه‌های زباله‌سوز که از دهه ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ در کشورهایی مانند ژاپن و ایالات متحده ساخته شده‌اند باعث آلودگی هوا به‌دلیل انتشار دیوکسین و فوران شدند. برای حذف دیوکسین ضروری است دمای زباله‌سوزها به بیش از ۸۵۰ درجه سانتی گراد با زمان‌ماند حداقل ۲ ثانیه برسد و غلظت گاز اکسیژن گاز دودکش حداقل ۶ درصد حجمی باشد. برای جلوگیری از تشکیل دیوکسین و فوران نیز گاز خروجی باید به سرعت خنک شود [۱۷]. همچنین به‌منظور اطمینان از حداقل اثرات زیست‌محیطی و سلامتی، نیروگاه‌های زباله‌سوز باید استانداردهای انتشار را به‌طور دقیق رعایت کنند. بااین‌حال، در کشورهای در حال توسعه، معمولاً استانداردهای انتشار زباله‌سوزی یا وجود ندارد یا سختگیری کمتری دارند. به‌عنوان مثال، در چین و هند، اگرچه استانداردهای انتشار ملی برای زباله‌سوزی در دسترس است، انتشار بیش از حد دیوکسین در هر دو کشور ثبت شده است. البته راهبری و نگهداری ضعیف در کارخانه‌های کشورهای توسعه‌یافته منجر به انتشار

دیوکسین بالاتر نیز گردیده است.

**د) نارضایتی اجتماعی:** نارضایتی عمومی اغلب یک مانع بزرگ برای پروژه‌های زباله‌سوزی است که به‌دلایلی نظیر جانمایی سایت و ... ممکن است ایجاد شود. حتی اگر نیروگاه مربوطه کلیه استانداردهای لازم محیط زیستی و بهداشتی را هم داشته باشد همواره شهروندان مجاور نگرانی‌هایی از این بابت خواهند داشت. در این راستا، هنگام مکان‌یابی برای این گونه نیروگاه‌ها باید معیارهای کلیدی مورد توجه قرار گیرد. به طورمثال برای مدیریت خاکستر تولیدی، زباله‌سوز باید در مجاورت یک مکان دفن بهداشتی که نسبت به نقطه تولید زائدات کمترین فاصله را دارا می‌باشد قرار گیرد.

**هـ) عدم انطباق با مدیریت یکپارچه پسماند:** یکی از مسائلی که احداث نیروگاه‌های زباله‌سوز به‌همراه دارد آن است که این گونه نیروگاه‌ها برای فعالیت نیازمند مقدار ثابت پسماند در بازه زمانی طولانی هستند. وابسته شدن سیستم‌های مدیریت پسماند به زباله‌سوزها یک نگرانی برای همه کشورهاست و می‌تواند تلاش‌ها برای پیشگیری از تولید پسماند، استفاده مجدد، تفکیک از مبدأ، بازیافت، کمپوست‌سازی و سیستم‌های هضم بی‌هوازی را تضعیف کنند. با توجه به اینکه نیروگاه‌های زباله‌سوز وابسته به حجم مشخص ورودی پسماند هستند؛ شرکت‌هایی که آنها را مدیریت می‌کنند اغلب تلاش می‌نمایند دولت‌ها را مجبور به تولید حجم بالایی از پسماند یا پرداخت جریمه‌های سنگین از طریق قراردادهای مربوطه کنند. برای جلوگیری از این شرایط ضروری است کشورها با آینده‌نگری کمّیت و کیفیت پسماندهای تولیدی خود را در یک افق بلندمدت پیش‌بینی نمایند و بر این اساس یک برنامه بلندمدت برای مدیریت پسماند پایدار با اولویت پیشگیری از تولید پسماند، تفکیک از مبدأ، استفاده مجدد، بازیافت، کمپوست‌سازی و سیستم‌های بازیابی انرژی تدوین کنند. علاوه‌براین کشورها باید از قراردادهای طولانی مدت نیروگاه‌های زباله‌سوز که حجم بالایی از پسماند تولیدی را برای ورودی نیروگاه محبوس می‌کند پرهیز کنند.

## ۲-۳. ملاحظات احداث نیروگاه زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه

اجرای نیروگاه‌های زباله‌سوز دربرگیرنده مراحل مختلفی شامل برنامه‌ریزی، آماده‌سازی و ساخت تا بهره‌برداری و از کار افتادن است. براساس تجربیات پیشین این حوزه در احداث نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه باید ملاحظاتی مورد توجه قرار گیرد. درمجموع به‌ترتیب ملاحظات اولیه، ملاحظات فنی، فراهم کردن بسترها و مشورت با ذی‌نفعان را مطابق شکل ۵ می‌توان جزء ملاحظات اصلی احداث نیروگاه زباله‌سوز در کشورهای در حال توسعه دانست.

**الف) ملاحظات ابتدایی:** شناسایی صحیح کمّی و کیفی پسماند اولین گام مهم در ملاحظات اولیه است. در این راستا باید ترکیب پسماند، ارزش حرارتی، کمّیت تولید، پوشش جمع‌آوری، نرخ بازیافت و نرخ دفع مشخص گردد. علاوه بر این، عواملی که ممکن است بر کمّیت و کیفیت پسماند در آینده تأثیر بگذارند مثل صنعت گردشگری یا بلایای طبیعی نیز باید ارزیابی شوند. مرحله بعدی نیز ارزیابی عملکرد کلی مدیریت پسماند شهری با استفاده از داده‌های به دست آمده از شاخص‌های مربوطه مطابق جدول ۷ می‌باشد [۱۸].

جدول ۷. ملاحظات ابتدایی احداث نیروگاه زباله‌سوز [۱۹]

| ویژگی‌های پسماند | وضعیت مدیریت پسماند |
|---|---|
| پسماند فاقد مواد معدنی و خطرناک باشد. | جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماند به‌طور منظم انجام شود. |
| میانگین ارزش حرارتی پسماند باید حداقل ۷ MJ/kg باشد و هرگز کمتر از ۶ MJ/kg نباشد. | پسماند شهری در محل‌های دفن پسماند به‌خوبی کنترل شده دفع می‌شود. |
| مقدار سالیانه پسماند کمتر از ۱۰۰,۰۰۰ تن نباشد (ترجیحاً ۳۰۰,۰۰۰ تا ۵۰۰,۰۰۰ سالیانه). | سیستم محاسبه و اخذ بهای خدمات پسماند وجود داشته باشد و شهروندان آن را پرداخت می‌کنند. |
| | بستر قانونی تولید انرژی از پسماند وجود داشته باشد. |
| | اقدامات کاهش تولید پسماند در حال اجرا باشد. |
| | تفکیک از مبدأ پسماندهای خشک و تر انجام شود. |
| | سیستم‌های مناسب بازیافت و کمپوست (یا هضم بی‌هوازی) اجرا شده باشد. |
| | نرخ بازیافت و کمپوست (یا هضم بی‌هوازی) مطلوب باشد. |

**ب) ملاحظات فنی:** اگر ملاحظات اولیه فوق برآورده شود، شهرداری می‌تواند به ملاحظات فنی یا زیرساختی تبدیل پسماند به انرژی بپردازد. در این مرحله زیرساخت‌ها و شرایط شهر یا شهرداری باید به دقت در نظر گرفته شوند. به طور مثال در این مرحله در دسترس بودن محل دفن پسماند کنترل شده در مجاورت نیروگاه زباله‌سوز به‌منظور دفن خاکستر تولیدی، وجود سیستم جمع‌آوری و حمل کارآمد برای انتقال پسماند به نیروگاه و گزینه‌های اقتصادی برای مدیریت خاکستر باید مورد ارزیابی قرار بگیرد.

علاوه‌براین پیش از احداث یک نیروگاه زباله‌سوز باید کلیه فناوری‌های مدیریت پسماند با توجه به وضعیت کمّی‌وکیفی پسماند مقایسه شوند. طبعاً در کشورهای در حال توسعه که بخش آلی پسماند بالاست فناوری‌های دیگری نظیر کمپوست و هضم بی‌هوازی می‌توانند اثربخش‌تر باشند. شهرها یا شهرداری‌ها باید با کارشناسان یا بخش خصوصی مشورت کنند تا ارزیابی همه فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی بالقوه را براساس عملکرد کلی مدیریت زباله و شرایط محلی انجام دهند. از طرفی استفاده از زباله‌سوز نباید موجب شود که مدیریت یکپارچه پسماند با نگاه به هرم ارجحیت پسماند دچار انحراف شود.

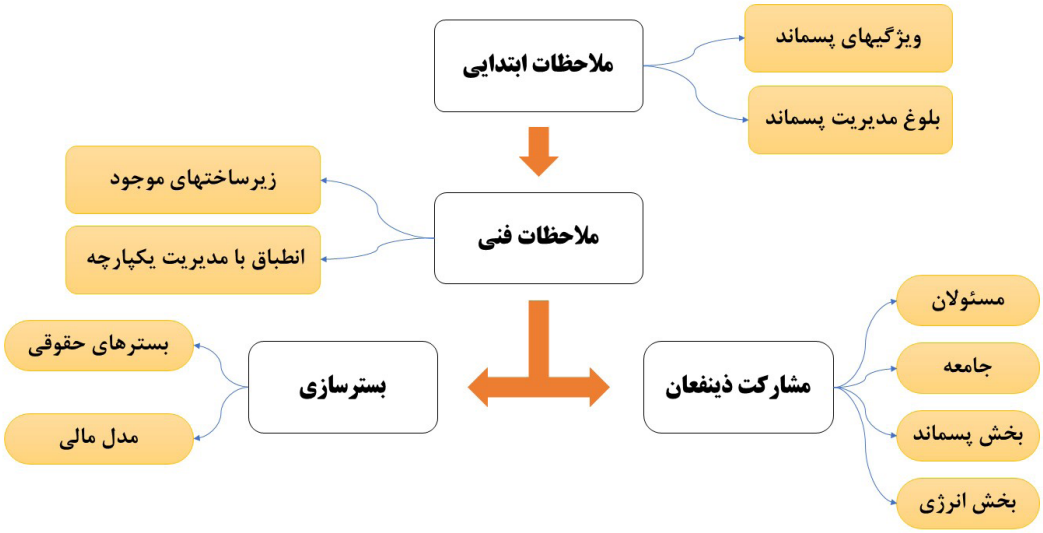
**ج) فراهم کردن بسترهای لازم:** یک چارچوب قانونی جامع قبل از اجرای فناوری‌های زباله‌سوزی باید وجود داشته باشد. در این راستا، استانداردهای ملی انتشار مربوط به گازهای دودکش نیروگاه تا حد امکان باید با استانداردهای جهانی مطابقت داشته باشد. از طرفی از آنجاکه

حداقل طول عمر یک نیروگاه زباله‌سوز ۲۰ سال است ضروری است جایگاه احداث و راهبری نیروگاه‌های زباله‌سوز در استراتژی ملی مدیریت پسماند تبیین شود.

یک مدل مالی برای چرخه عمر نیروگاه زباله‌سوز که شـــامل مراحل برنامه‌ریزی، راه‌اندازی، عملیات و انحلال است، برای اتخاذ تصمیمات مالی ضروری است. این مدل باید تمام هزینه‌ها و درآمدهای احتمالی، علاوه‌بر پیش‌تصفیه پسماند و هزینه‌های حمل‌ونقل را تجزیه‌وتحلیل کند. با توجه به هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری برای نیروگاه‌های زباله‌سوز، منابع مالی بلندمدت برای عملیات پایدار کارخانه ضروری است. هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه می‌تواند از طریق یارانه‌های دولتی، صندوق‌های بین‌المللی، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی از طریق مشارکت عمومی-خصوصی و مشوق‌های مالیاتی-مالی تأمین شود. هزینه‌های عملیاتی طولانی‌مدت نیز می‌تواند تا حدی از طریق هزینه‌های مستقیم مدیریت پسماند دریافتی از شهروندان، هزینه ورودی و فروش برق و محصولات جانبی تأمین شود.

**د) مشورت با ذی‌نفعان:** اقبال ذی‌نفعان برای اجرای نیروگاه زباله‌سوز بسیار مهم است. ذی‌نفعان این حوزه معمولاً شامل متولیان دولتی، جامعه (شهروندان، سمن‌ها و ...)، بخش پسماند (صنعت بازیافت، تولیدکنندگان پسماند، جمع‌آوری‌کنندگان پسماند و ...) و بخش انرژی (تولیدکنندگان برق، شرکت‌های توزیع برق، مصرف‌کنندگان برق) است. درچنین پروژه‌هایی باید انتظار مخالفت شهروندان محلی و سمن‌های محیط زیستی را به‌دلیل اثرات بالقوه بهداشتی و زیست‌محیطی داشت. در این شرایط شهرداری‌ها باید با انجام مطالعات دقیق مردم را نسبت به اثرات زیست‌محیطی و هزینه فایده طرح آگاه کنند و گفتگوهای لازم را با شهروندان در جهت توجیه آنها داشته باشند.

شکل ۵. چارچوب تصمیم‌گیری در خصوص احداث نیروگاه‌های زباله‌سوز [۱۹]




## ۴. بررسی وضعیت موجود نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور و آسیب‌شناسی آن

### ۴-۱. پیشرفت فیزیکی زباله‌سوزهای کشور

در حال حاضر دو مجتمع نیروگاهی زباله‌سوز در شهرهای تهران و نوشهر هریک به ظرفیت ۲۰۰ تن در روز با فناوری کاملاً مشابه درحال کار است. زباله‌سوز تهران در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۳ افتتاح شد. اگرچه زباله‌سوز نوشهر در آذرماه سال ۱۳۹۹ افتتاح شد، اما گزارش‌ها نشان می‌دهد تزریق برق تولیدی توسط این نیروگاه به شبکه برق کشور از ماه‌های انتهایی سال ۱۴۰۰ انجام گرفته است. یک مجتمع نیروگاهی دیگر به

ظرفیت ۴۵۰ تن در روز نیز در شهر ساری در مرحله نصب است و آخرین زباله‌سوز کشور نیز با ظرفیت ۶۰۰ تن در روز در مرحله اتمام ابنیه در شهر رشت در حال ساخت می‌باشد. لازم به توضیح است که همه این زباله‌سوزها از طرح یکسان کوره‌های عمودی دوار با فناوری گازی‌سازی برخوردار هستند. اطلاعات مربوط به زباله‌سوزهای مذکور در جدول ۸ ارائه شده است.

**جدول ۸. مندرجات قرارداد زباله‌سوزهای بهره‌برداری شده و در حال احداث در کشور [۲۰]**

| شهر/ تاریخ قرارداد | ظرفیت (تن/ روز) | قیمت تجهیزات (دلار) | وضعیت | سهم در مشارکت | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | مجری | شهرداری | دولت |
| تهران ۱۳۹۰/۰۳/۲۹ | ۲۰۰ دو خط ۱۰۰ تنی | ۱۱,۶۳۲,۰۰۰ | در حال بهره‌برداری | ٪۳۳ | ٪۶۷ + ٪۱۰۰ ابنیه | صفر |
| نوشهر ۱۳۹۰/۰۴/۳۰ | ۲۰۰ دو خط ۱۰۰ تنی | ۱۳,۹۲۲,۰۶۲ | در حال بهره‌برداری | صفر | ٪۴۰ | ٪۶۰ |
| ساری ۱۳۹۱/۰۵/۱۴ | ۴۵۰ ۳ خط ۱۵۰ تنی | ۳۰,۸۲۹,۸۷۳ | در مراحل نهایی احداث و نزدیک به بهره‌برداری | ٪۴۰ تجهیزات | ٪۱۰۰ ابنیه | ٪۶۰ تجهیزات |
| رشت ۱۳۹۲/۰۳/۱۳ | ۶۰۰ ۴ خط ۱۵۰ تنی | ۴۰,۰۳۰,۲۷۳ | در مرحله ساخت ابنیه | ٪۴۰ | صفر | ٪۶۰+ ٪۱۰۰ ابنیه |

همان‌طور که در جدول فوق قابل مشاهده است، در حدفاصل ۲ سال (۷۱۴ روز) قرارداد ساخت ۴ زباله‌سوز با مجموع ظرفیت ۱۴۵۰ تن در روز در سه استان تهران، گیلان و مازندران منعقد شد. در این میان زباله‌سوز تهران به‌رغم عدم دریافت کمک دولتی با مدت زمان احداث نزدیک به ۲ سال و ۸ ماه در بین کلیه زباله‌سوزهای کشور با اختلاف قابل ملاحظه‌ای رکورددار بوده و به‌عنوان یک نمونه موفق مدیریت شهری مطرح است. نکته حائز اهمیت دیگر در خصوص جدول ۸، موضوع زباله‌سوز رشت است که با وجود صرف هزینه، درخواست‌های مردمی مبنی بر توقف دفن پسماند در سراوان، تأکیدات مقامات ملی و استانی و همچنین مصوبات متعدد کارگروه ملی مدیریت پسماندها بعد از گذشت ۱۱ سال و ۶ ماه هنوز با افتتاح فاصله قابل ملاحظه‌ای دارد.

## ۲-۴. میزان استحصال انرژی از پسماند در واحدهای فعال زباله‌سوز کشور

با توجه به اینکه حداقل سه سال از بهره‌برداری دو واحد زباله‌سوز در کشور گذشته است در این بخش با توجه به استعلام انجام شده از سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی کشور (ساتبا) اقدام به تعیین میزان برق تولیدی تزریق شده به شبکه‌های توزیع و انتقال برق کشور

و همچنین بهای پرداخت شده بابت خریدار این میزان برق تولیدی شد که اطلاعات مربوطه در جدول ۹ ارائه شده است. همان گونه که در جدول قابل مشاهده است، تفاوت در کیفیت پسماند ورودی، تعمیرات دوره‌ای، اورهال خطوط در کنار عواملی نظیر قطع برق در برخی اوقات سال‌های اخیر سبب شده است تا تولید برق در نیروگاه‌های فعال زباله‌سوز در کشور با نوسان همراه باشد.

**جدول ۹. میزان برق تزریق شده و بهای پرداختی بابت خرید تضمینی برق دو نیروگاه زباله‌سوز فعال در کشور در طی چند سال اخیر [۲۱]**

| ردیف | نیروگاه | کمینه میزان تولید خالص در سال (کیلووات ساعت) | بیشینه میزان تولید خالص در سال (کیلووات ساعت) | مجموع تولید خالص (کیلووات ساعت) | میزان صورت حساب ارسالی به مالی (ریال) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | زباله‌سوز تهران | ۱,۲۱۸,۸۴۰ | ۶,۴۲۲,۸۲۶ | ۱۱,۳۲۱,۷۵۷ | ۴۴۲,۰۹۹,۴۰۴,۵۳۳ |
| ۲ | زباله‌سوز نوشهر | ۳,۳۱۰,۴۳۳ | ۵,۷۵۴,۷۸۳ | ۹,۲۰۲,۵۸۲ | ۲۷۳,۷۱۷,۳۰۸,۵۱۹ |
| جمع کل | | | | ۲۰,۵۲۴,۳۳۹ | ۷۱۶,۹۶۸,۷۹۴,۳۳۷ |

براساس داده‌های موجود در طی چند سال گذشته به‌واسطه تولید برق در دو نیروگاه زباله‌سوز تهران و نوشهر و تزریق آن به شبکه توزیع و انتقال، درمجموع ۲۰/۵ میلیون کیلووات ساعت برق تولید شده و رقمی قریب به ۷۱۷ میلیارد ریال در طی سه سال برای خرید آن نیز پرداخت شده است. همان گونه که پیشتر نیز به آن اشاره شد، ظرفیت اسمی هر دو نیروگاه فعال در کشور ۳ مگاوات است، اما با توجه به اینکه سوخت نیروگاه‌های زباله‌سوز به‌دلیل ترکیب ناهمگون دارای نوسان ارزش حرارتی است، در حالت ایده‌آل می‌توان برای زباله‌سوزهای فعال در کشور ظرفیتی بین ۲/۴-۲/۶ مگاوات متصور بود. علاوه‌براین، فعالیت زباله‌سوزها در ۳۳۰-۳۰۰ روز از سال (به‌دلیل تعمیرات، قطع برق، خاموشی‌های خودخواسته و ...) و مصرف بخشی از برق تولیدی در داخل نیروگاه (قریب به ۲۰ درصد) سبب شده است تا برق تزریقی به شبکه در این نیروگاه‌ها به نسبت ظرفیت اسمی پایین‌تر باشد. استعلام انجام شده از سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی نشان می‌دهد که در سال ۱۴۰۳، ظرفیت برق تجدیدپذیر کشور ۱۲۸۸/۴۸ مگاوات بوده که از این میزان سهم زیست‌توده ۲۲/۱۳ مگاوات (۱/۷۲ درصد) برآورد شده است. نیروگاه‌های زباله‌سوز که در دسته برق تجدیدپذیر زیست‌توده طبقه‌بندی می‌شوند با احتساب برق اسمی زباله‌سوزهای تهران و نوشهر برابر با قریب به ۲۷٪ از کل انرژی زیست‌توده و ۰/۴۶ درصد از کل انرژی تجدیدپذیر کشور را به خود اختصاص داده است. با توجه به ظرفیت کل برق تولیدی در کشور که برابر با ۹۳,۷۹۸ مگاوات است که این میزان در صورت دستیابی به کل ظرفیت اسمی در نظر گرفته شده برای نیروگاه‌های زباله‌سوز فعال در کشور برابر با ۰/۰۰۶۴ درصد از ظرفیت برق کشور را تشکیل می‌دهد.

### ۳-۴. آسیب‌شناسی وضعیت و نحوه توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور

**الف) زیرساخت ناکافی برای سنجش آلاینده‌های خروجی از زباله‌سوزها:** در طی سالیان اخیر اقدامات بسیار زیادی به‌منظور تدوین استانداردهای مختلف برای نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور انجام شده است. به‌رغم اقدامات مذکور، عدم تکافوی امکانات آزمایشگاهی در کشور سبب شده است تا پیاده‌سازی استانداردهای تدوین شده با چالش روبه‌رو شود. به‌عنوان‌مثال، همان گونه که پیشتر نیز به آن اشاره شد

یکی از آلاینده‌های قابل‌توجه که در مقادیر اندک نیز می‌تواند زمینه‌ساز بروز انواع سرطان را برای ساکنان اطراف نیروگاه‌های زباله‌سوز فراهم آورد ترکیبات پلی کلرینه دی بنزو دی اکسین‌ها و دی بنزو فوران‌ها (PCDD/Fs) هستند. در بخش سوم استاندارد ۲۲۸۲۷ ایران که در سال ۱۴۰۰ و با موضوع آلاینده‌های خروجی تأسیسات زباله‌سوز تهیه و انتشار یافته به روش‌های اندازه‌گیری و همچنین مقادیر مجاز آلاینده‌های خروجی از این تأسیسات اشاره شده است. در بند «۶-۲-۱۲» این استاندارد تأکید شده است که باید انتشار ترکیبات PCDD/Fsها به‌صورت دوره‌ای پایش و کنترل شوند و مقادیر مجازی با درجه‌بندی ۱ و ۲ نیز برای آن در نظر گرفته شده است. این در حالی است که به دلیل عدم وجود امکانات کافی در کشور در این خصوص این استاندارد عملاً قابلیت اجرایی شدن را ندارد.

**ب) عدم تطابق ضوابط ملی استقرار نیروگاه‌های زباله‌سوز با ضوابط بین‌المللی:** در پاییز و زمستان سال ۱۴۰۱ پژوهشی در مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران با عنوان «الزامات جانمایی تأسیسات پردازش و دفع پسماند شهری (مروری بر تجارب جهانی)» انجام شد. در این گزارش که مجری آن پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی بوده است به بررسی الزامات و ضوابط استقرار واحدهای خدماتی مصوب سال ۱۳۹۸ سازمان حفاظت محیط زیست و مقایسه آن با نمونه‌های بین‌المللی پرداخته شده است. این مطالعه نشان می‌دهد که ضوابط مصوب استقرار داخلی و با ضوابط بین‌المللی سه تفاوت عمده دارند.

اول، در ضوابط داخلی هیچ‌گونه حریم و فاصله‌گذاری با زمین‌های کشاورزی تعیین نشده، درحالی‌که در ضوابط بین‌المللی فاصله ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری تعیین شده است.

دوم، در ضوابط بین‌المللی معیار سکونتگاه‌های انسانی مدنظر بوده است، اما در ضوابط داخلی واحدهای زباله‌سوز باید خارج از محدوده (مرز) شهر یا روستا باشند، اما می‌توانند داخل حریم شهر استقرار یابند. این بدان‌معناست که به‌واسطه خارج بودن از مرز شهرها هزینه نقل‌وانتقال پسماند به این مراکز افزایش می‌یابد و علاوه‌براین رعایت شعاع استقرار زباله‌سوز از مرز شهر به‌جای سکونتگاه‌های انسانی می‌تواند سبب بروز نارضایتی اجتماعی ساکنان شهرهای دیگر شود.

سوم، در ضوابط داخلی هیچ‌گونه الزامی برای قرارگیری زباله‌سوزها در مجاورت راه‌های ارتباطی و مهم‌تر از آن مراکز دفن در نظر گرفته نشده است. این درحالی است که نیاز واحدهای زباله‌سوزی به نزدیکی به مراکز دفن برای مدیریت خاکستر تولیدی غیرقابل کتمان است.

**ج) چالش در تأمین مستمر آب مصرفی:** یکی از محدودیت‌های نیروگاه‌های زباله‌سوز مصرف قابل‌توجه آب در فرایند است. براساس اطلاعات ارائه شده توسط پیمانکار احداث و بهره‌بردار زباله‌سوزهای فعال در کشور، در حال حاضر در نیروگاه زباله‌سوز تهران به‌ازای هر تن پسماند ورودی در روز حدود ۲/۵ مترمکعب آب شیرین استفاده می‌شود که به‌معنای مصرف ۵۰۰ مترمکعبی در این نیروگاه در طی روزهای فعالیت است. در نیروگاه زباله‌سوز نوشهر نیز روزانه ۶۰۰ متر مکعب در روز (**میزان آب شرب بیش از ۳۶۰۰ نفر شهروند**)[1] به‌منظور فعالیت روزانه واحد زباله‌سوز باید تأمین شود. این میزان آب عمدتاً صرف خنک‌سازی سیستم‌ها، شست‌وشوی گازهای خروجی و سایر مصارف عملیاتی می‌شود. عواملی نظیر نوع پسماند ورودی، فناوری زباله‌سوز و ظرفیت آن در میزان مصرف آب تأثیرگذارند. بر این اساس، توجه به تأمین مستمر آب مورد نیاز برای استفاده در نیروگاه‌های زباله‌سوزها و همچنین بهره‌گیری از فناوری‌های مناسب با میزان آب مورد نیاز کمتر می‌تواند به حل این چالش کمک نماید.

**د) تأمین خوراک متناسب با ظرفیت ورودی و ارزش حرارتی قابل قبول:** همان‌گونه که در شکل ۴ در بخش تجربیات جهانی نیز نشان داده شد یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه ازجمله ایران ارزش حرارتی پایین پسماند است. این معضل به‌ویژه خود را در نیروگاه‌هایی نظیر زباله‌سوز نوشهر که از پسماند مخلوط شهری استفاده می‌کند نشان می‌دهد. براساس اطلاعات موجود یکی از معضلات این نیروگاه پسماند ورودی با ارزش حرارتی پایین (LHV) حدود ۵-۳/۵ مگاژول بر کیلوگرم است که در روزهای بارانی شکل جدی‌تری به‌خود می‌گیرد. درمقابل در نیروگاه زباله‌سوز تهران که پسماند ورودی از نوع ریجکت پسماند شهری است، ارزش حرارتی مطلوب‌تر (تقریباً ۸/۵ مگاژول بر

۱. براساس سالنامه آماری صنعت آب و فاضلاب کشور در سال ۱۴۰۲ سرانه مصرف هر شهروند ایرانی در روز ۱۶۶ لیتر عنوان شده است.

کیلوگرم) بوده است. متأسفانه در دو نیروگاه در حال احداث ساری و رشـــت نیز برنامه‌ریزی برای استفاده از پسماند مخلوط شهری صورت گرفته است، لذا ارزش حرارتی پسماند ورودی از جمله چالش‌های اصلی این دو نیروگاه خواهد بود. ازسویی دیگر در صورت نبود برنامه جامع یکپارچه مدیریت پسماندها که منطبق‌بر اصول زیست‌محیطی مدیریت پسماندها و براساس مطالعات آینده‌پژوهی به‌صورت بلندمدت تدوین شده باشد، می‌تواند به‌واسطه تغییر در جریان پسماند تولیدی و یا انحراف پسماندهای دارای ارزش حرارتی به سایر روش‌های مدیریت پسماند نظیر بازیافت، سبب ایجاد چالش جدی در تأمین خوراک نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور شود.

**هـ) بومی‌سازی ناکافی در چرخه احداث، تعمیر و نگهداری تأسیسات نیروگاه‌های زباله‌سوز:** استفاده از دانش روز و فناوری‌های بعضاً پیچیده در ساخت نیروگاه و تأسیسات مورد استفاده در زباله‌سوزهای شهری سبب شده است که پس از گذشت نزدیک به یک دهه از راه‌اندازی اولین زباله‌سوز کشور تاکنون امکان احداث اولین زباله‌سوز تمام‌ایرانی در کشور فراهم نشده و بعضاً تأمین قطعات به‌منظور تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های موجود نیز مستلزم ارتباط با کشور تولیدکننده باشـــد. بر این اساس، نوسانات قیمت ارز و تأثیر تحریم‌های ظالمانه علیه جمهوری اسلامی ایران باعث شده است تا فعالیت مستمر نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور در مقاطعی با خلل روبه‌رو شده و سبب ایجاد ناپایداری مالی طرح برای سرمایه‌گذار و بهره‌بردار شود.

## ۵. جمع‌بندی و پیشنهادها

زباله‌سوز رایج‌ترین فناوری تبدیل پسماند به انرژی در سطح جهان است که به‌طور کلی دو هدف کلی بازیابی انرژی و کاهش حجم پسماند دفنی را دنبال می‌کند. طی سالیان اخیر با رشد فناوری‌های مربوطه و ضرورت بازیابی از انرژی و منابع محدود جهانی، بسیاری از کشورها به‌مرور از دفن در زمین فاصله گرفته و به سمت روش‌های نوین‌تر مدیریت پسماند حرکت کرده‌اند. هرچند روش زباله‌سوزی در برخی کشورهای پیشرفته به‌عنوان یکی از روش‌های اصلی مدیریت پسماند مورد توجه قرار گرفته است، اما در کشورهای در حال توسعه به‌دلایل مختلف این روش کمتر مورد توجه بوده است. در این میان ایران ۱/۳٪ از پسماند عادی تولیدی خود را در زباله‌سوز مدیریت می‌کند که از این حیث بالاتر از کشورهای ترکیه، مکزیک، نیوزیلند، شیلی و کلمبیاست. مطالعه تجربیات جهانی درخصوص کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که این کشورها برای توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز با چالش‌هایی نظیر مطلوبیت پایین کیفیت پسماند (به‌ویژه رطوبت و ارزش حرارتی)، ناپایداری اقتصادی، نگرانی‌های محیط زیستی و بهداشـــتی، نارضایتی اجتماعی و عدم انطباق با مدیریت یکپارچه پسماند مواجه هستند. تجربیات کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که در احداث و توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوزی باید ملاحظاتی نظیر ملاحظات اولیه، ملاحظات فنی، فراهم کردن بسترها و مشورت با ذی‌نفعان مورد توجه قرار گیرد.

در حال حاضر دو مجتمع نیروگاهی زباله‌سوز در شهرهای تهران و نوشهر هریک به ظرفیت ۲۰۰ تن در روز با فناوری کاملاً مشابه درحال کار است. یک مجتمع نیروگاهی دیگر به ظرفیت ۴۵۰ تن در روز نیز در شهر ساری در مرحله نصب است و آخرین زباله‌سوز کشور نیز با ظرفیت ۶۰۰ تن در روز در مرحله اتمام ابنیه در شهر رشت در حال ساخت می‌باشد. نیروگاه‌های زباله‌سوز که در دسته برق تجدیدپذیر زیست‌توده طبقه‌بندی می‌شوند با احتساب برق اسمی زباله‌سوزهای تهران و نوشـــهر قریب به ۲۷٪ از کل انرژی زیست‌توده و ۰/۴۶ درصد از کل انرژی تجدیدپذیر کشور را به خود اختصاص داده است. با توجه به ظرفیت کل برق تولیدی در کشـــور که برابر با ۹۳,۷۹۸ مگاوات است، حتی در صورت دستیابی به کل ظرفیت اسمی در نظر گرفته شده برای نیروگاه‌های زباله‌سوز فعال در کشور این میزان تنها ۰/۰۰۶۴ درصد از ظرفیت برق کشور را تشکیل می‌دهد. بررسی وضعیت موجود نشان می‌دهد که توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور با چالش‌هایی نظیر زیرساخت

ناکافی برای سنجش آلاینده‌های خروجی از زباله‌سوزها، ضوابط اســـتقرار ناکافی نیروگاه‌های زباله‌سوز، تأمین مستمر آب مصرفی و ارزش حرارتی پایین پسماند مواجه هستند. براین اساس، به‌منظور غلبه بر چالش‌های فوق و مدیریت صحیح توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شود:

**۱. توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز در چارچوب برنامه ملی راهبردی مدیریت پسماندها:** به‌منظور تضمین کمّیت و کیفیت پسماند ورودی به نیروگاه‌های زباله‌سوز در طول عمر استفاده از آنها، باید مدیریت پسماند در کشور براساس برنامه بلندمدت ملی راهبردی مدیریت پسماندها انجام شود تا کمّیت و کیفیت پسماندهای ورودی به نیروگاه‌های زباله‌سوز متأثر از تصمیمات مقطعی نشود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود:

**الف)** به‌منظور کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، افزایش ارزش حرارتی و کاهش انتشارات نیروگاه‌های زباله‌سوز به محیط زیست، وزارت کشور با هماهنگی سازمان حفاظت محیط زیست نسبت به جمع‌آوری پسماندهای عادی به‌صورت تفکیک شده اقدام نماید (موضوع ماده (۹) قانون مدیریت پسماندها مصوب سال ۱۳۸۳ و ماده (۴) آیین‌نامه اجرایی آن مصوب سال ۱۳۸۴).

**ب)** در راستای تعیین ظرفیت مناسب برای طراحی زباله‌سوزها در کشـــور و همچنین تضمین طولانی‌مدت تأمین خوراک ورودی به این تأسیسات و اجرایی‌سازی جزء «۱» بند «چ» ماده (۲۲) قانون برنامه هفتم پیشرفت کشور، سازمان حفاظت محیط زیست با همکاری مدیریت اجرایی پسماندهای مختلف (موضوع ماده (۷) قانون مدیریت پســـماندها) ضمن تعیین وضعیت موجود عناصر موظف هشت‌گانه مدیریت پسماند در کشور، با بررسی نمونه‌های موفق بین‌المللی و براساس اسناد بالادستی موجود و انجام مطالعات آینده‌پژوهی نسبت به تدوین و ابلاغ برنامه بلندمدت ملی راهبردی مدیریت پسماند اقدام نماید.

**۲. بومی‌سازی الگوریتم امکان‌سنجی فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی:** مطالعه اسناد و نمونه‌های بین‌المللی و مقایسه با شرایط موجود در کشور نشان می‌دهد که امکان‌سنجی احداث و بهره‌برداری از فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی به‌ویژه زباله‌سوزها ساختارمند نبوده و با خلأ ضوابط قانونی روبه‌رو اســـت. به‌منظور رفع این چالش پیشنهاد می‌شود تا وزارت کشور (ســـازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌ها) به‌عنوان مدیریت اجرایی پسماندهای عادی با نظارت سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی با همکاری کلیه ذی‌نفعان از جمله وزارت نیرو و سرمایه‌گذاران و مجریان بخش غیردولتی، مراکز پژوهشی، معاونت علمی و فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری اقدام به بومی‌سازی و یا تدوین الگوریتم امکان‌سنجی اســـتفاده از فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی در کشور نماید. در پیوست ۱ نمونه‌ای از الگوریتم مورد استفاده در امکان‌سنجی استفاده از زباله‌سوزها ارائه شده است.

**۳. مستندسازی تجربیات موفق و ناموفق نیروگاه‌های موجود زباله‌سوز:** بررسی‌های انجام گرفته در پژوهش حاضر گویای این واقعیت است که معضلات و چالش‌های به‌وجود آمده در مسیر احداث و بهره‌برداری از نیروگاه‌های زباله‌سوز فعال در کشور غالباً دارای موارد مشابه است. لذا پیشنهاد می‌شود کلیه دستگاه‌های متولی نظیر سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، سازمان شهرداری و دهیاری‌های وزارت کشور، سازمان برنامه و بودجه، وزارت نیرو، مجری و بهره‌بردار طرح زباله‌سوزهای فعال و درحال احداث در کشور نسبت به مستندسازی تجربیات موفق و ناموفق اقدام نمایند.

**۴. استفاده از ظرفیت مراکز پژوهشـــی و شـــرکت‌های دانش‌بنیان در احداث، بهره‌برداری و تعمیرات و نگهداری و پایش نیروگاه‌های زباله‌سوز:** با وجود گذشت قریب به یک دهه از ورود اولین زباله‌سوز به کشور، هنوز انتقال دانش و فناوری ساخت تأسیسات و تجهیزات این نیروگاه‌ها به‌طور کامل به کشور صورت نگرفته است. این امر سبب شده است تا به‌واسطه تحریم‌های ظالمانه و نوسانات قیمت ارز در مواقعی ورود تجهیزات به‌منظور احداث نیروگاه‌های جدید و یا تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های موجود با چالش روبه‌رو شود. علاوه‌براین، عدم وجود تجهیزات لازم جهت پایش آلاینده‌هایی نظیر دی اکسین و فوران در کشور، در عمل امکان پیاده‌سازی استانداردهای موجود برای زباله‌سوزها را غیرممکن ساخته است. لذا پیشنهاد می‌شود معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری با استفاده از ظرفیت مراکز پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان نسبت به امکان‌سنجی انتقال دانش و فناوری ساخت تجهیزات مربوط به نیروگاه‌های زباله‌سوز و

همچنین پایش آلاینده‌های خروجی از این نیروگاه‌ها اقدام نماید.

**۵. اصلاح و پیاده‌سازی قوانین و مقررات مرتبط با زباله‌سوز در کشور:** همان‌گونه که در متن گزارش نیز مورد اشاره قرار گرفت؛ قوانین اعم از دائمی، برنامه‌ای و سنواتی، ضوابط و همچنین استانداردهای زیادی در خصوص زباله‌سوزها در کشور وجود دارد. در راستای اصلاح ساختار تقنینی کشور در زمینه نیروگاه‌های زباله‌سوز پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شود:

**الف)** آسیب‌شناسی و پیشنهاد رفع ایراد از قوانین بودجه‌ای که به‌رغم قرارگیری در بودجه سنواتی طی ۵ سال گذشته منجر به سرمایه‌گذاری مشترک در زمینه مدیریت پسماند و احداث نیروگاه‌های زباله‌سوز در کشور نشده است در دستور کار سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشور قرار گیرد.

**ب)** نظر به تهیه، تدوین و ابلاغ استانداردهای ملی و بومی شماره ۱-۲۲۸۲۷، ۲-۲۲۸۲۷، ۳-۲۲۸۲۷، ۴-۲۲۸۲۷ و ۵-۲۲۸۲۷ با موضوعات ۱. ویژگی‌های تأسیسات زباله‌سوز، ۲. راهبری تأسیسات زباله‌سوز، ۳. آلاینده‌های خروجی از تأسیسات زباله‌سوز، ۴. راه‌اندازی تأسیسات زباله‌سوز و ۵. الزامات فنی این تأسیسات حدفاصل سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱، ضرورت دارد پس از فراهم کردن الزامات اجرای این استانداردها توسط سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی برای طی کردن فرایند اداری و تبدیل شدن به استاندارد اجباری به دبیرخانه شورای عالی استاندارد ارجاع شود.

**ج)** مطالعه تطبیقی انجام گرفته توسط مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران گویای عدم تطابق ضوابط و معیارهای محیط زیستی استقرار واحدهای خدماتی با نمونه‌های بین‌المللی دارد. لذا پیشنهاد می‌شود ضوابط مذکور در خصوص نیروگاه‌های زباله‌سوز توسط سازمان حفاظت محیط زیست مورد بازبینی قرار گیرد.

**د)** در اجرای بند «الف» ماده (۲۲) قانون برنامه هفتم پیشرفت کشور، سازمان محیط زیست نسبت به ارزیابی زیست‌محیطی احداث طرح‌های زباله‌سوز در کشور براساس شاخص‌ها، ضوابط و معیارهای زیست‌محیطی که به تصویب شورای عالی محیط زیست می‌رسد پیش از اجرای این نیروگاه‌ها اقدام نماید.

## ۶. پیوست

**جدول ۱ پیوست. الگوریتم مورد استفاده در امکان‌سنجی استفاده از زباله‌سوزها**

| | |
|---|---|
| **ویژگی‌های کمّی و کیفی پسماند** | |
| آیا کیفیت و کمّیت پسماند الزامات نیروگاه زباله‌سوزی را برآورده می‌کند؟ | □ |
| آیا تغییرات فصلی پسماند و جریان پسماند فرامرزی بر پیش‌بینی پسماند در آینده تأثیر می‌گذارد؟ | □ |
| آیا پسماند شهری در مبدأ (در بخش خانگی و تجاری) تفکیک و طبقه‌بندی شده است؟ | □ |
| چند درصد از پسماندهای ارسالی برای دفع، قابل بازیافت یا کمپوست هستند؟ | □ |
| آیا مواد قابل بازیافت و آلی به‌طور جداگانه جمع‌آوری شده و به مراکز بازیافت و کمپوست فرستاده می‌شوند؟ | □ |
| **زیرساخت** | |
| آیا جمع‌آوری و حمل‌ونقل منظم پسماند وجود دارد؟ | □ |

| | |
|---|---|
| آیا یک محل دفن زباله کنترل شده برای دفع ایمن خاکستر زباله‌سوز موجود است؟ | ☐ |
| **جنبه‌های زیست‌محیطی** | |
| آیا استانداردهای ملی انتشار زباله‌سوزی از استانداردهای بین‌المللی پیروی می‌کند؟ | ☐ |
| آیا راهبردهای جبرانی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی موجود است؟ | ☐ |
| آیا ظرفیت لازم برای نظارت منظم انتشار گازهای گلخانه‌ای، از جمله آلاینده‌های آلی پایدار وجود دارد؟ | ☐ |
| خطرات بهداشت حرفه‌ای برای کارگران چیست و چگونه می‌توان آنها را در عملیات روزمره و در صورت بروز حوادث جدی کاهش داد؟ | ☐ |
| **جنبه‌های اقتصادی** | |
| آیا انرژی تولید شده برای کاربران محلی قابل دسترسی است و/ یا برای فروش در بازار موجود است؟ | ☐ |
| آیا بازاری برای محصولات جانبی زباله‌سوز وجود دارد؟ | ☐ |
| آیا منابع مالی بلندمدت تأمین شده است؟ | ☐ |
| آیا دسترسی به ارز خارجی وجود دارد؟ | ☐ |
| **جنبه‌های حقوقی** | |
| آیا یک چارچوب قانونی جامع برای همه فناوری‌های پسماند به انرژی برنامه‌ریزی شده وجود دارد؟ | ☐ |
| آیا برای نیروگاه زباله‌سوز یک طرح اورهال یا مقررات اورهال وجود دارد؟ | ☐ |
| **جنبه‌های اجتماعی** | |
| آیا می‌توان شرایط کار بازیافت‌های غیررسمی را بهبود بخشید؟ | ☐ |
| آیا راهبردهای جبرانی برای کاهش اثرات اجتماعی موجود است؟ | ☐ |
| آیا همه ذی‌نفعان مربوطه مورد توجه و مشورت قرار می‌گیرند؟ | ☐ |
| **ارزیابی ریسک** | |
| آیا مخاطراتی نظیر سیلاب وجود دارد و در صورت غرق شدن کارخانه چه اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی در پی خواهد داشت؟ | ☐ |
| آیا مخاطراتی نظیر طوفان وجود دارد و اگر نیروگاه توسط طوفان آسیب ببیند، چه اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی در پی خواهد داشت؟ | ☐ |
| آیا مخاطراتی نظیر زلزله وجود دارد و اگر نیروگاه توسط زلزله آسیب ببیند، چه اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی در پی خواهد داشت؟ | ☐ |

| | |
|---|---|
| ارتفاع سایت چقدر است، و اگر سایت تحت تأثیر بالا آمدن سطح دریا قرار گیرد، چه اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی در پی خواهد داشت؟ | □ |
| **گزینه‌های جایگزین** | |
| آیا فناوری‌های جایگزین زباله‌سوزی وجود دارد که با شرایط محلی مناسب‌تر باشد؟ | □ |
| با توجه به ارزیابی چرخه حیات (از جمله انتشار $CO_2$ بیوژنیک)، آیا نیروگاه زباله‌سوز گزینه خوبی است؟ | □ |
| آیا راهی برای بهبود نرخ بازیافت و کمپوست وجود دارد؟ | □ |
| آیا سیاست‌های کاهش تولید پسماند در مبدأ وجود دارد؟ | □ |

## منابع و مآخذ


[1] Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development;. © Washington, DC: World Bank.

[2] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste statistics

[3] Lee, S. Y., Alam, M. T., Han, G. H., Choi, D. H., & Park, S. W. (2020). Gasification applicability of Korean municipal waste derived solid fuel: A comparative study. Processes, 8(11), 1375.

[4] Farooq A, Haputta P, Silalertruksa T and Gheewala SH (2021) A Framework for the Selection of Suitable Waste to Energy Technologies for a Sustainable Municipal Solid Waste Management System. Front. Sustain.

[۵] تولید انرژی از پسماند: فناوری‌ها و اجرای پروژه‌ها (نیروگاه زباله‌سوز)/ نویسندگان مارک جی‌روگوف، فرانکویس اسکریو؛ مترجمان علی‌اکبر رودباری... [و دیگران]. تهران: آوای قلم، ۱۴۰۰.

[۶] رضائی، مسعود. غلامپور ارباستان، هومن. تحلیل پیشران‌های آینده مؤثر بر مدیریت پسماند شهری (۱۸۰۳۵). ماهنامه گزارش‌های کارشناسی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۰. ۲۹(۱۰).

[۷] غلامپور ارباستان، هومن. رضائی، مسعود. هوشمندسازی مدیریت پسماندهای عادی در کشور (۱۹۷۲۶). ماهنامه گزارش‌های کارشناسی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۳. ۳۲(۲).

[8] https://sensoneo.com/global-waste-index/.

[9] Ding, Y., Zhao, J., Liu, J. W., Zhou, J., Cheng, L., Zhao, J., ... & Hu, Z. T. (2021). A review of China's. municipal solid waste (MSW) and comparison with international regions: Management and technologies in treatment and resource utilization. Journal of cleaner production, 293, 126144.

[10] https://www.datapandas.org/ranking/most-technologically-advanced-countries#:~:text=Japan%20is%20the%20most%20technologically,top%20three%20globally)%2C%20respectively.

[11] Kamuk, B., & Haukohl, J. (2013). ISWA Guidelines: Waste to energy in low and middle income countries. Vienna,Austria.

[12] Planning Commission, India (2014). Report of the Task Force on Waste to Energy (Volume I).

[13] World Bank (2000). Municipal Solid Waste Incineration. A Decision Maker's Guide.
[14] UNEP (2019). Waste-to-Energy: Considerations for Informed Decision-Making.
[15] United Nations Environment Programme (2015). Global Waste Management Outlook.
[16] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2017). Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management: A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries.
[17] European Commission (2018). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration
[18] ISWA White Book on Energy-from-Waste (EfW) Technologies, 2023.
[19] GIZ 2017. Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management - A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries.
[۲۰] سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشور، ۱۴۰۳.
[۲۱] دفتر زیست‌توده، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری کشور، وزارت نیرو، ۱۴۰۳.

گزیده سیاستی

مدیریت پایدار پسماندهای عادی به روش زباله‌سوزی، مستلزم تدوین برنامه ملی راهبردی مدیریت پسماند، مستندسازی تجربیات، بومی‌سازی دانش و فناوری و اصلاح و اجرایی‌سازی قوانین مرتبط است.


مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاســـداران، روبروی پـــارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۵۸۵۵-۱۵۸۷۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وب‌سایت: rc.majles.ir