

مدیریت پسماند

فصلنامه آموزشی - پژوهشی | شماره ۱۲ | بهار ۱۳۹۱



- بررسی مدیریت پسماندهای صنعتی صنایع حد فاصل تهران تا کرج در سال ۱۳۸۸
- بررسی امکان بازیافت پسماندهای MDF صنایع مبلمان استان تهران به عنوان ماده اولیه در باز تولید آن
- تألیف خبره لانتسیگ نمایه‌سازی بر پتانسیل تورم - القاضی خاک‌های رسی
- بررسی سامانه مدیریت پسماندهای ساختمانی در ایران و مدل مدیریتی سازگار برای آن (مطالعه موردی شهر مشهد)
- مکانیسمی مخازن ذخیره سازی و مدیریت سامانه جمع آوری پسماند جامد در شهر آراوه
- مسیریابی وسایل نقلیه و تعیین تعداد خودروهای جمع آوری پسماند با استفاده از یک روش فراابتکاری
- مطالعه بین شاخص‌های مختلف بلوغ و کیفیت در فرآیند تولید کمپوست زاکتوری پسماندهای شهری
- مطالعه دو روش اکسایش پیشرفته O_3/UV و $O_3/H_2O_2/UV$ در تصفیه شیرابه زیاده شهری
- اثر مدیریت پسماندهای گدازه بر توان دسترسی فسفر و برخی از شاخص‌های میکروبی خاک
- تعیین پارامترهای رزولواژیک کود کمپوست برای تولید پلت کمپوست توسط اکستروژر تک‌پیچ
- Assessment of Medical Waste Management in Teaching Hospitals of TUMS, I.R.Iran
- Production of Activated Carbon from RDF and Its Use for Dioxin Removal in Waste Incinerators

سال ۱۳۹۱

تولید ملی، حمایت از کار و سرمایه‌ی ایرانی



گزیده‌ای از پیام نوروزی مقام معظم رهبری در سال ۱۳۹۱

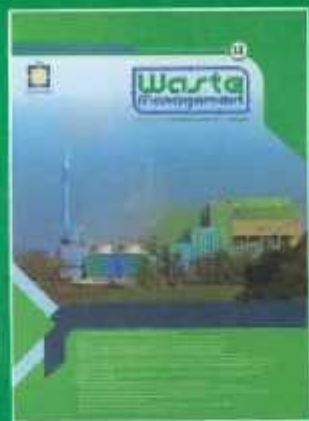
... همه‌ی مسئولین کشور، همه‌ی دست‌اندرکاران عرصه‌ی اقتصادی و همه‌ی مردم عزیزمان را دعوت می‌کنم به این‌که امسال را سال رونق تولید داخلی قرار بدهند. بنابرین شعار امسال، «تولید ملی، حمایت از کار و سرمایه‌ی ایرانی» است. ما باید بتوانیم از کار کارگر ایرانی حمایت کنیم؛ از سرمایه‌ی سرمایه‌دار ایرانی حمایت کنیم؛ و این فقط یا تقویت تولید ملی امکان‌پذیر خواهد شد. سهم دولت در این کار، پشتیبانی از تولیدات داخلی صنعتی و کشاورزی است. سهم سرمایه‌داران و کارگران، تقویت چرخه‌ی تولید و اتقان در کار تولید است و سهم مردم - که به نظر من از همه‌ی اینها مهم‌تر است - مصرف تولیدات داخلی است ...

مدیریت پسماند

فصلنامه آموزشی - پژوهشی | شماره ۱۲ | بهار ۱۳۹۱

مقاله‌ای که بر این شماره فصلنامه مدیریت پسماند به چاپ رسیده است مقالات منتخب برای ارائه به صورت شفاهی در اولین همایش بین‌المللی و ششمین همایش ملی مدیریت پسماند (۲۰ و ۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۱) می‌باشد.

۲	سخن آغاز
۳	استفاده از انرژی های نو در مدیریت شهری سامان سامی گفتگو
	مقالات
۵	سال ۱۳۸۸ محمد امین کریمی
	بررسی امکان بازیافت پسماندهای MDF صنایع سلیمان استان تهران به عنوان ماده اولیه در بازتولید آن سید محمد قیاسی
۱۳	تأثیر خسرده لاستیک فایبرگاتی بر پتانسیل تورم - انقباض خاک‌های رسی محرم اسدزاده
۲۱	بررسی سامانه مدیریت پسماندهای ساختمانی در ایران و مدل مدیریتی سازگار برای آن (مطالعه موردی شهر مشهد) خلیل‌الله کتلمی خیری
۳۱	مکانیابی مخازن ذخیره سازی و مسیریابی سامانه جمع آوری پسماند جامد در شهر آباد ایوب کریمی جاشنی
۴۷	مسیریابی وسایل نقلیه و تعیین تعداد خودروهای جمع آوری پسماند با استفاده از یک روش فرا ابتکاری سید مصطفی قاضی زاده هاشمی
۵۳	مقایسه بین شاخص های مختلف بلوغ و تثبیت در فرآیند تولید کمیوست راکتوری پسماندهای شهری مهدی مختاری
۶۱	مقایسه دو روش اکسایش پیشرفته O_3/UV و $O_3/H_2O_2/UV$ در تصفیه شیرابه زیاله شهری محمود بیگدلی
۶۹	اثر مدیریت پسماند های گیاهی بر توان دسترسی فسفر و برخی از شاخص های میکروبی خاک مریم علیزاده
۷۷	تعیین پارامترهای رئولوژیک گود کمیوست برای تولید پلت کمیوست توسط اکسترودر تک پیچ سی‌اله کشوری سارلی
۸۵	Assessment of Medical Waste Management in Teaching Hospitals of TUMS, I.R.Iran عماد دهقانی فرد
۹۶	Production of Activated Carbon from RDF and Its Use for Dioxin Removal in Waste Incinerators یعقوب حاجی زاده
۱۰۴	اجرای طرح بی خطر سازی پسماندهای پزشکی در شهرستان اسلامشهر داود بیات سرمدی
۱۰۵	ضوابط مکانی محل های دفن پسماند
۱۱۰	گزارش اولین همایش بین المللی و ششمین همایش ملی مدیریت پسماند دبیرخانه همایش مدیریت پسماند
۱۱۳	انتخاب حبیب روح نواز
۱۱۴	پشت و پزیر معرفی کتاب مهندسی پسماندهای جامد (شهری) مسعود احمدی
۱۱۹	



محرران اصلی: اولین همایش بین المللی و ششمین همایش ملی مدیریت پسماند

صاحب امتیاز:	وزارت کشور، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور
مدیر مسئول:	حمیدرضا ازادکنش
زیر نظر:	محمدجواد سجادی نواد
مدیر انتشارات:	حسین رجب صلاحی
محرری طرح:	سازمان مدیریت پسماند شهرداری اسلامشهر
تحریر:	حسین رجب صلاحی، مسعود احمدی، مهدی علیزاده، عباسی جلالی، علی اسفر
همکاران این شماره:	حبیب پور، سامان سامی، حسین مسلوب، مصطفی رستم خانی، حدیثه گرشاسبی، حبیب روح نواز، ابوالفضل کریمیان، سیفعلی رحیم پور، داود بیات سرمدی، ایرج اصغری
مدیر هنری:	حسن حقیقی
عکس پشت جلد:	کارخانه زیاله سوز ایالت Hesse - آلمان
صفحه آرا:	محمد ابرقویی

لغته: سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور
نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، بالاتر از بلوار کشاورز، نبش کوچه میر، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور
کد پستی: ۱۴۱۸۷۳۳۵۱۶
تلفن: ۶۳۹۰۱۲۳۳
تلفن: ۶۳۹۰۱۲۱۲
پست الکترونیکی: wj.journal@yahoo.com
وب گاه: <http://www.wjmo.org.ir>

این شماره فصلنامه با همکاری شهرداری اسلامشهر به چاپ رسید و لازم است از آقایان محمد فرخی سرپرست محترم شهرداری اسلامشهر، داود بیات سرمدی مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند آن شهرداری و همکاران ایشان قدردانی نماییم.

سخن‌ها



فصلنامه مدیریت پسماند یکی از چند نشریه‌ای است که در بی یک نیلز و ضرورت فراگیر در شهر و نه از روی تصادف، از یطن مادر نشریات سازمان شهرداری‌ها، یعنی "ماهنامه شهرداریها" به عرصه‌ی رسانه‌های نوشتاری علمی ایران یا نهاد نمی‌توان پنهان داشت که از همان آغاز بخاطر نمایش تنبهنکی‌های پسماند این نشریه و شیوه‌ی کار آن برای بسیاری ناخوشایند می‌نمود، اما واقعیت آنکه، نمی‌توان تایاکی را در قالب نوشتگانی دل‌تنگیز و زیباریخت و این چیزی جز پرده پوشاندن بر واقعیات تلخ در فرهنگ شهر و شهرنشینی نمی‌تواند باشد. و از صداقت نویسنده‌گی و پژوهش، فرسنگ‌ها فاصله دارد.

استادانی که در این زمینه با نوشتگان خود به این نشریه یاری می‌رسانند، بر این وقوف کامل داشتند که تنها بیان زشتی و نیهنگی آنهم به زبان علمی و جستن راهکارهایی برای برخورد با آن می‌تواند از گسترش رشتی و بلندی‌های محیط طبیعی پیرامون بکاهد که انسان با آگاهانه تنها عامل زایش چرکین آن است. انسان شهرنشین تنها امانتدار این طبیعت برای سپردن آن به آیندگان است. بنابراین هر اندازه به این مشکل بیشتر بپردازد از "شهرنشینی" گامی به سوی مرتبه‌ی عالی "شهروندی" برخوردار داشته.

ناگفته پیداست که گسست در روند انتشار هر نشریه‌ای دستکم برای مخاطبان آن بسیار ناگوار می‌نماید و اگر این گسست در بازه‌ی زمانی بزرگتری رخ دهد، رفته رفته خوانندگان ناامید و چشم برامه آن را به فراموشی می‌سپارند و این فترت ناخواسته برای مدیریت پسماند و گردانندگان آن که پس از شماره یازدهم (پاییز ۱۳۸۷) بدان دچار آمد، بسیار گران بود.

از آنجا که این گسست پس از "چهارمین همایش ملی مدیریت پسماند" در شهر مشهد پیش آمد، اینک بر آن شدیم که در اولین همایش بین‌المللی و ششمین همایش ملی مدیریت پسماند که باز هم در این شهر برگزار خواهد شد، به این فترت پایان دهیم و این همایش زنده را به فال نیک بگیریم. مدیریت پسماند دارای ویژگیهای درخشانی است که از همان آغاز انتشار رخ نموده و توانست یازده فصل را پشت سر گذارده، زیرا مدیریت پسماند

۱. نخستین نشریه اختصاصی در زمینه پسماندها بود که بر عرصه رسانه‌های علمی کشور را از پاییز ۱۳۸۲ پدیدار گردید.

۲. یگانه نشریه فارسی در زمینه پسماند شمرده می‌شود که همچنان نیز این ویژگی را داراست.

۴. و این مدیریت پسماند بود که پیش از تصویب "قانون پسماندها" در کشور، واژه‌ی "پسماند" را بجای "مواد زائد" بکار گرفت و بسیاری از واژگان اختصاصی در این زمینه را بر فرهنگ پویای فارسی علمی افزود و آخر آنکه در چاپخس ۱۱ شماره تولسنه بود خوانندگان بسیاری را به سوی خود بکشاند. امید آنکه دیگر گسستی در روند چاپخس آن پیش نیاید.

استفاده از انرژی‌های نو در مدیریت شهری

سلمان ستایی



بیشتر ممالک جهان به اهمیت و نقش منابع مختلف انرژی، به ویژه انرژی‌های تجدیدپذیر در تأمین نیازهای حال و آینده پی برده و به طور گسترده، در توسعه و بهره‌برداری از این منابع لایزال، تحقیقات وسیع و سرمایه‌گذاری‌های اصولی انجام می‌دهند. دسترسی کشورهای در حال توسعه به انواع منابع جدید انرژی، برای توسعه اقتصادی آنها اهمیت اساسی دارد. با توجه به ذخایر محدود انرژی فسیلی و افزایش سطح مصرف انرژی در جهان، دیگر نمی‌توان به منابع موجود انرژی متکی بود. از این رو، در راستای توسعه پایدار جهانی در برنامه‌ها و سیاست‌های بین‌المللی، به منابع تجدیدپذیر انرژی نقش ویژه‌ای محول شده است.

با توجه به اینگونه گرایش‌های اساسی و فزاینده در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و فن‌آوری‌های مربوطه، در کشورهای صنعتی و در حال توسعه، در کشور ایران نیز لازم است راهبردها و برنامه‌های زیربنایی و اصولی تدوین شود. در کشور ایران استفاده از انرژی‌های نو وارد مرحله تازه‌ای شده و اقدامات مفیدی صورت گرفته است. اما با وجود تمام این تلاش‌ها به نظر می‌رسد هنوز تا رسیدن به وضعیت مطلوب و سرمایه‌گذاری متناسب با پتانسیل موجود، فاصله‌ای چشمگیر وجود دارد.

به همین بهانه و با توجه به اقدامات اخیر سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور در این زمینه، با آقای مهندس تابش فر قائم‌مقام این سازمان به گفتگو نشستیم که خلاصه‌ای از آن را در ادامه می‌خوانید.

وضعیت فعلی شهرداری‌ها در زمینه مصرف انرژی چگونه است؟

بر اساس قانون، مدیریت شهرهای کشور بر عهده شهرداری‌ها است. در حال حاضر حدود ۱۱۷۰ شهرداری مصوب در کشور وجود دارد که بخش عمده‌ای از خدمات رسانی به شهروندان توسط شهرداری‌ها در کشور انجام می‌شود.

با توجه به تنوع خدمات ارائه شده توسط شهرداری‌ها به مردم در حوزه عمرانی، شهرسازی، خدمات شهری، حمل و نقل و غیره مدیریت بخش عمده‌ای از اینها (ساختمان‌های اداری و...)، تأسیسات شهری (مترو، پایانه‌های حمل و نقل، پارک‌ها و فضای سبز، میدان‌های میوه و تره بار، محل دفع و دفن پسماندها و...) در اختیار شهرداری‌ها می‌باشد که با توجه به سابقه بیش از صد سال مدیریت شهری در کشور، بخش عمده‌ای از این فضاها دارای قدمت بالایی بوده و در حال حاضر بخش عمده‌ای از انرژی مصرفی عمومی شهرها مربوط به این فضاها می‌باشد و بالطبع بخشی از درآمد شهرداری‌ها صرف پرداخت هزینه انرژی مصرفی آنها می‌شود. که برای مثال می‌توان به میزان برق مصرفی در انواع پارک‌ها و فضاهای سبز شهری اشاره نمود. در حال حاضر متوسط مصرف روزانه برق در فضاهای سبز شهری حدود سه میلیون کیلووات ساعت می‌باشد که با توجه قیمت‌های فعلی برق، هزینه‌های مصرف برق در فضای سبز کشور روزانه حدود ۱۰ میلیارد ریال و سالانه ۳۶۵ میلیارد ریال (با تعرفه هر کیلووات ساعت ۶۸۰ ریال) خواهد بود که عدد بالایی را به خود اختصاص می‌دهد.

آقای مهندس تابش فر، به نظر جنابعالی ضرورت توجه به استفاده از انرژی‌های نو چیست؟

با توجه به ذخایر محدود انرژی فسیلی و افزایش سطح مصرف انرژی در جهان کنونی، دیگر نمی‌توان به منابع موجود انرژی متکی بود. دورنمایی از اتمام ذخایر فسیلی جهان در طی چند دهه آینده و همچنین موضوع جهانی شدن و به دنبال آن افزایش رقابت بین کشورهای جهان باعث شده است تا بهینه‌سازی مصرف انرژی، بعنوان یک سیاست راهبردی از سوی اقتصاددانان و دولتمردان کشورهای جهان مطرح گردد و با اختصاص بودجه‌هایی که صرف تحقیقات و پژوهش در زمینه جایگزین کردن سوخت‌های فسیلی و انرژی‌های نو می‌شود، هر ساله روش‌های جدیدی برای بهینه‌سازی انرژی در جهان مطرح می‌شود.

در کشور ما نیز، با توجه به نیاز روز افزون به منابع انرژی و کم شدن منابع انرژی فسیلی، ضرورت سالم نگه داشتن محیط زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیت‌های برق رسانی و تأمین سوخت برای نقاط و روستاهای دورافتاده و... استفاده از انرژی‌های نو مانند انرژی باد، انرژی خورشیدی، زیست توده و انرژی‌های داخل زمین می‌تواند جایگاه ویژه‌ای داشته باشد.

با عنایت به اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها و لزوم اصلاح الگوی مصرف و سالمندگی مصرف انرژی، موضوع بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر در سطح کشور از اهمیت دو چندانی برخوردار می‌شود.



همکاری را در قالب تفاهم نامه دوجانبه ساماندهی کرده ایم.

این تفاهم نامه دارای اهداف ذیل می‌باشد:

۱. شناسایی پتانسیل‌های طبیعی موجود در شهرهای کشور و ترغیب و راهمایی شهرداری‌ها به استفاده از انرژی‌های نو با هدف اصلاح الگوی مصرف و استفاده از انرژی بادی، انرژی خورشیدی و بازیابی انرژی از منابع زیست توده (به روش‌های بیوگاز، دفن مهندسی و زیاله سوز) در اماکن تحت مالکیت شهرداری‌ها مانند پارک‌ها و ابنیه شهرداری‌ها
۲. پشتیبانی فنی و ارائه خدمات مشاوره در زمینه جانمایی و انتخاب تأسیسات و بهره‌برداری از انرژی‌های نو

همچنین برای تسریع در اجرای مفاد این تفاهم‌نامه، مبلغ یکصد میلیارد ریال تسهیلات برای کمک به پروژه‌های استحصال انرژی از پسماند شهرداری‌های کشور اختصاص یافته است که به پروژه‌های واجد شرایط با اولویت مشارکت بخش خصوصی پرداخت خواهد شد.

آیا می‌توانید به چند نمونه از پروژه‌های اجرا شده در این زمینه اشاره نمایید؟

از جمله پروژه‌های مهمی که در شهرهای کشور در زمینه استفاده از انرژی‌های نو توسط شهرداری‌ها انجام شده است می‌توان به پروژه استحصال انرژی و تولید برق از محل دفن پسماندها در شهرهای مشهد و شیراز اشاره نمود. در این تأسیسات با استفاده از گاز متان استحصال شده از محل دفن انرژی برق تولید می‌شود که میزان آن در شهر مشهد حدود ۶۰۰ کیلووات ساعت و در شهر شیراز حدود ۱ مگاوات ساعت اشاره کرد. اجرای این پروژه علاوه بر تأثیرات به سزایی که در جلوگیری از آلودگی ناشی از نفوذ شیرابه داخل زمین‌های دفن و همچنین انتشار گاز متان و افزایش گازهای گلخانه‌ای خواهد داشت به عنوان یکی از منابع درآمدی در شهرهای هدف نیز مورد توجه بوده است که با توجه به مطالعاتی که اخیراً سازمان انرژی‌های نو در ۲۷ شهر دیگر کشور انجام داده است، ۲۰ شهر کشور دارای پتانسیل جهت تولید برق از محل‌های دفن پسماند نیز می‌باشند که در آینده نزدیک این پروژه‌ها اجرا خواهد شد.

از فرصتی که در اختیار فصلنامه قرار دادید، متشکریم.

چه پتانسیل‌هایی در حوزه مدیریت شهری در خصوص استفاده از انرژی نو وجود دارد؟

همان‌طور که اشاره شد از منابع تولید انرژی نو می‌توان به باد، خورشید و زیست توده اشاره نمود. با توجه به عرصه‌های بزرگی که در اختیار شهرداری‌ها وجود دارد، امکان استفاده از همه انواع انرژی نو در شهرداری‌ها وجود دارد. برای مثال می‌توان از سلول‌های خورشیدی در ساختمان و تأسیسات مربوط به شهرداری‌ها و از توربین‌های بادی در پارک‌ها و فضای سبز بزرگ استفاده نمود. یکی از پتانسیل‌های مهم موجود در شهرها استفاده از انرژی عظیم نهفته در پسماندهای تولیدی در شهرها می‌باشد. روزانه حدود ۴۹ هزار تن پسماند در شهرها و روستاهای کشور تولید می‌شود که بخشی از پسماندهای تولیدی مانند کاغذ، شیشه و ... امکان بازیافت را داشته و بخش عمده‌ای از آن واجد پتانسیل فراوانی جهت تبدیل به انرژی می‌باشد. برای مثال پتانسیل تولید ۳۷۶ مگاوات ساعت برق از پسماندهای تولیدی در شهرها و روستاهای کشور وجود دارد که با توجه به اینکه وزارت نیرو در حال حاضر هر کیلووات برق تولیدی از این منابع را به میزان ۱۳۳۰ ریال خریداری می‌نماید بهای برق تولیدی از منابع فوق حدود ۱۱ میلیارد ریال در روز خواهد بود. البته باید توجه داشت که تولید این میزان تولید برق نیاز به تأسیسات ویژه‌ای خواهد داشت که ایجاد آن مستلزم صرف هزینه بسیار بالایی خواهد بود که با توجه به اثرات زیست محیطی فراوان ناشی از دفع نامناسب پسماندها (مانند تولید شیرابه و نفوذ آن به آبهای زیرزمینی و همچنین تولید گازهای گلخانه‌ای) لازم است منابع مالی جهت ایجاد این تأسیسات فراهم گردد که در حال حاضر اقدامات گسترده‌ای توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور در حال اجرا می‌باشد و در آینده شاهد ایجاد این تأسیسات با اولویت استان‌های شمالی خواهیم بود.

با توجه به مطالب ارائه شده چه اقدامی در سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و شهرداری‌ها در خصوص استفاده از انرژی‌های نو انجام شده است؟

در حال حاضر ما دو رویکرد را در خصوص مدیریت انرژی در حوزه مدیریت شهری دنبال می‌کنیم:

۱. کاهش مصرف انرژی
 ۲. گرایش به استفاده از انرژی نو به عنوان انرژی پاک
- در رویکرد اول اصلاح الگوی مصرف و استفاده از لوازم و دستگاه‌های با مصرف انرژی کمتر در دستور کار ما قرار دارد برای مثال در توافقی که با وزارت نیرو داشته‌ایم، لامپ کم مصرف بصورت گسترده جهت استفاده در پارک‌های فضای سبز و همچنین ساختمان و تأسیسات شهری در اختیار شهرداری‌ها قرار گرفته است که توانسته تأثیر به سزایی در کاهش مصرف برق و سایر انرژی‌های مصرفی داشته باشد. در رویکرد دوم در چند سال اخیر همکاری‌هایی را با سازمان انرژی‌های نو و وزارت نیرو در این خصوص داشته‌ایم که اخیراً این

بررسی مدیریت پسماندهای صنعتی صنایع حد فاصل تهران تا کرج در سال ۱۳۸۸

چکیده

مدیریت نامناسب پسماندهای صنعتی در سالهای اخیر بحران‌های زیادی را در جوامع بشری بوجود آورده است. هدف از این مطالعه بررسی مدیریت پسماندهای صنعتی صنایع حد فاصل تهران تا کرج در سال ۱۳۸۸ می‌باشد. این تحقیق یک مطالعه توصیفی مقطعی است که براساس انجام بازدیدهای محلی، تکمیل پرسشنامه سازمان حفاظت محیط زیست ایران، تهیه بانک اطلاعاتی و در نهایت تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده، انجام گرفت. این پرسشنامه حاوی ۴۵ سوال درمورد کمیته کیفیت و مدیریت پسماندهای صنعتی می‌باشد. تعداد کل صنایع با پرسنل بالای ۵۰ نفر در منطقه مورد مطالعه ۲۸۳ صنعت بود. نمونه برداری با روش طبقه‌ای-وزنی انجام گردید و تعداد نمونه‌های منتخب ۵۰ عدد بود. کل پسماندهای جامد صنعتی تولیدی در این منطقه ۱۲۲۴۵۱ کیلوگرم در روز بود. از این میان صنایع پلاستیک و شیمیایی بیشترین پسماند خطرناک را تولید می‌کردند. ۴۵/۲۸ درصد از پسماندهای تولیدی توسط بخش خصوصی دفع می‌گردید. گزینه‌های دفن یا ۶۲ درصد و بازیافت با ۱۷ درصد مراتب اول و دوم روش‌های دفع نهایی پسماندهای صنعتی تولیدی را به خود اختصاص می‌دادند. به منظور کاهش تولید پسماند خطرناک در این منطقه، در کوتاه مدت بایستی حداکثر بازیافت و استفاده مجدد از این مواد به عمل آید و در درازمدت بایستی صنایعی با پسماند خطرناک زیاد مانند پلاستیک-شیمیایی و الکترونیک با صنایعی نظیر چوب-سلولزی و کاغذ سازی با پسماند خطرناک کمتر، تعویض شوند.

کلمات کلیدی: مدیریت پسماند، پسماند صنعتی، منطقه تهران تا کرج

مقدمه

در دهه‌های گذشته، محیط زیست دستخوش مخاطرات و بحران‌های زیادی شده است، که این امر حاصل توسعه صنعتی پرشتاب در سطح جهانی بوده است. فشارهای ناشی از این بحرانها در کشورهای صنعتی متجر به وضع قوانین و اجرای استانداردهای زیست محیطی سختگیرانه تر شده اما متأسفانه این مهم در کشورهای در حال توسعه هنوز جایگاه واقعی خود را نیافته است (۱ و ۲). پسماندهای صنعتی همواره به عنوان بخشی از محصولات جانبی تولیدی در فعالیتهای صنعتی مشکل ساز بوده‌اند، با این وجود، مدیریت جامع و منطقی گام اصلی در جهت کمینه‌سازی مخاطرات آنها به شمار می‌آید. وازه پسماند صنعتی به همه پسماندهایی که در طی عملیات صنعتی تولید می‌شوند، اطلاق می‌گردد، این پسماندها معمولاً در قالب پسماندهای معمولی و پسماندهای خطرناک طبقه‌بندی می‌شوند. در حال حاضر منبع اصلی تولید پسماندهای خطرناک در دنیا،

محمد امین گرمی^۱، مهدی فرزادکیما^۱، احمد جنیدی^۲، رامین نسبی زاده^۳، محمود رضا گوهری^۴، پیمان کاسب^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
karami.mohammadamin@yahoo.com

۲. دکترای بهداشت محیط، دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران
mahdilarzacki@gmail.com

۳. دکترای بهداشت محیط دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران
A.jonidi@yahoo.com

۴. دکترای بهداشت محیط دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران
mabizadeh@tums.ac.ir

۵. دکترای آمار زیستی، استادیار گروه آمار و ریاضی دانشگاه علوم پزشکی تهران
mr.ghohansayehli.com

۶. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
kaseh.payman@gmail.com

فعالیت‌های صنعتی می‌باشند (۳). بر اساس تعریف برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد، پسماند خطرناک به پسماندهایی (جامد، مایع یا لجن) غیر از پسماندهای رادیواکتیو، اطلاق می‌شود که به واسطه خصوصیات شیمیایی، سمیت، قابلیت انفجار، خوردگی و یا سایر ویژگی‌ها، مخاطرات بالقوه و بالفعلی را برای سلامتی انسان و محیط در پی دارند (۴). از سابقه این مخاطرات می‌توان به کشف سدها شبکه از پسماندهای سمی در سال ۲۰۰۶ در قطعه ای از یک چمنزار در استانبول ترکیه (۵) و یا آتش سوزی در انبار حاوی پسماندهای شیمیایی در کارخانه بزال سوئیس در سال ۱۹۸۶ اشاره نمود. در کشور ما نیز حوادث مشابهی اتفاق افتاده که از آن جمله می‌توان آتش سوزی و انفجار مخزن حاوی روغن سوخته و تخریب کامل تأسیسات و مرگ حداقل ۵ نفر در سال ۱۳۸۲ را نام برد (۶). امروزه مدیریت کارآمد پسماندهای صنعتی به واسطه مقادیر زیاد پسماندهای تولیدی

و پردازش یک بانک اطلاعاتی جامع و سه روز از وضعیت کمیت و کیفیت پسماند صنعتی تولیدی و تدوین یک استراتژی به همراه تصویب قوانین ملی الزام آور در این زمینه اجتناب ناپذیر است. دستیابی به این مهم نیازمند یک عزم ملی، منطقه ای و بین المللی است و همکاری بین بخشی سازمان‌ها و بخش‌های مسئول در این سطوح را طلب می‌نماید (۳). آنچه مسلم است علیرغم رشد صنایع و به دنبال آن افزایش پسماندهای صنعتی در کشور، اقدامات اساسی در رابطه با مدیریت پسماندهای صنعتی در ایران انجام نشده است. اطلاعات دقیقی از کمیت و کیفیت پسماندهای صنعتی در کشور وجود ندارد. آمارهای موجود در زمینه صنایع و مشخصات عمومی آنها نیز جهت کاربرد در تحقیقات بسیار ناقص است. از طرف دیگر تحقیقاتی که تاکنون در این زمینه انجام شده پراکنده و موردی بوده و به هیچ وجه در قالب یک طرح جامع به شناسایی کمی و کیفی و تحلیل وضع موجود و ارزیابی روند آینده منجر نشده است (۱۵). بر این اساس در راستای تحقق مدیریت جامع پسماندهای صنعتی در کشور باید به‌عنوان اولین گام ضمن منطبق‌بندی صنعتی کشور با حمایت سازمان‌های ذیربط نظیر وزارت صنایع، سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت بهداشت، یک بانک اطلاعاتی از وضعیت موجود تدوین شده و مرتب بروز رسانی گردد. تحقیق حاضر با هدف بررسی مدیریت پسماندهای صنعتی صنایع حد فاصل تهران تا کرج در سال ۱۳۸۸، می‌تواند به عنوان یک مطالعه پایلوت در این خصوص مورد توجه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق یک مطالعه توصیفی مقطعی است که در واحدهای صنعتی در حد فاصل تهران تا کرج یا مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی انجام شد. طول این محدوده تقریباً ۴۵ کیلومتر است. شکل شماره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس سرشماری سال ۱۳۸۶، تعداد واحدهای صنعتی کشور با بیش از ۱۰ نفر پرسنل، ۱۵۸۷۸ واحد می‌باشد و از این تعداد ۴۰۰۰ واحد در استان تهران قرار گرفته‌اند. حدود ۱۱۱۶ واحد صنعتی در حد فاصل تهران تا کرج و در حاشیه جاده قدیم و جاده مخصوص قرار گرفته‌اند که این امر اهمیت این منطقه را از لحاظ تراکم صنعتی و به تبع آن تولید پسماندهای صنعتی آشکار می‌سازد (۱۹ و ۲۰).

و تنوع بسیار زیاد در ویژگی آنها، چالش عمده ای برای واحدهای صنعتی به شمار می‌آید (۷). در حال حاضر عناصر اصلی مدیریت جامع پسماند شامل تولید، ذخیره سازی، جمع‌آوری و حمل و نقل، پردازش، بی‌خطر سازی، دفع و مراقبت‌های پس از آن می‌باشند (۸).

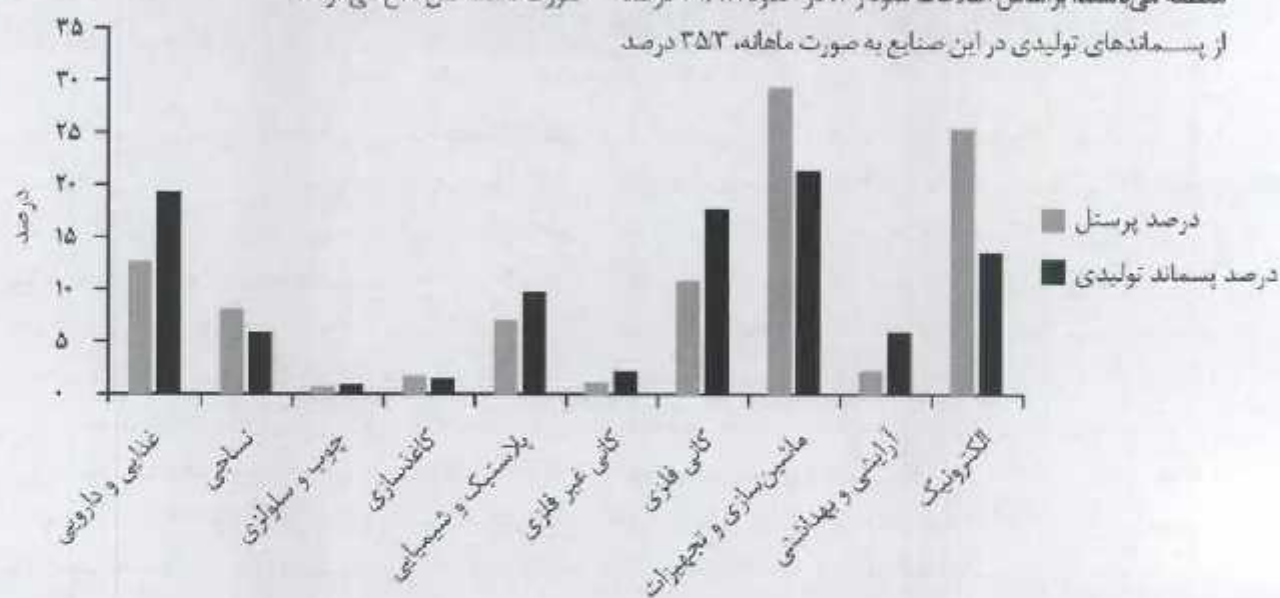
پیشینه مدیریت پسماند صنعتی به تصویب قانون بازیابی و حفاظت از منابع، (RCRA) Resource Conservation and Recovery Act در سال ۱۹۷۶ در ایالات متحده آمریکا باز می‌گردد (۹ و ۱۰). اولین قوانین و مقررات مربوط به کنترل مواد زائد سمی و خطرناک در سال ۱۹۸۰ در کشورهای عضو بازار مشترک اروپا به مرحله اجرا درآمده است (۱۱). امروزه قوانین و مقررات ویژه ای در خصوص کنترل و بی‌خطر سازی پسماندهای صنعتی قبل از دفع در بسیاری از کشورهای صنعتی اجرا شده است. کشورهای پیشرفته نظیر ایالات متحده آمریکا، انگلیس، فرانسه، آلمان، ژاپن و هلند لیست‌های جامعی در قالب بانک‌های اطلاعاتی از مواد فرآیندها، پسماندهای صنعتی و یا پسماندهای خطرناک تولیدی صنایع مختلف منتشر کرده‌اند و توجه به این مسئله در بسیاری از کشورها رو به گسترش می‌باشد. با این وجود مدیریت پسماندهای صنعتی در کشورهای در حال توسعه جایگاه واقعی خود را نیافته است. در بسیاری از این کشورها پسماندهای صنعتی هنوز با پسماندهای معمولی خانگی حمل شده و مخاطرات بهداشتی زیادی را برای کارگران، مردم و محیط زیست ایجاد می‌کند (۱۲).

در زمینه شناسایی و مدیریت پسماندهای صنعتی در ایران مطالعات جامع و کاملی وجود ندارد. از میان تحقیقات پراکنده‌ای که در این خصوص صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: بررسی مدیریت پسماند در شهر صنعتی رشت در سال ۱۳۸۶ توسط منوری و عابدین زاده (۱۳)، بررسی خصوصیات کمی و کیفی پسماندهای صنعتی شهرک صنعتی بوعلی همدان توسط بینوا پور و همکاران در سال ۱۳۸۶ (۱۴)، شناسایی مواد زائد خطرناک در تهران و راه‌های مختلف دفع آن توسط فائزی در سال ۱۳۷۲ (۱۵)، بررسی وضعیت مواد زائد صنعتی در اصفهان توسط نبی‌زاده در سال ۱۳۷۲ (۱۶)، وضعیت تولید و نگهداری پسماندهای صنعتی شهر تهران در سال ۱۳۷۶ توسط عبدلی (۱۷). نتیجه مطالعات انجام شده در کشور نشان می‌دهد که در بیشتر موارد مدیریت پسماندهای صنعتی تولیدی در شهرک‌های صنعتی موجود از وضعیت مناسبی برخوردار نبوده که این مسئله در مورد صنایع منفرد و پراکنده از آشننگی بیشتری برخوردار است (۱۸).

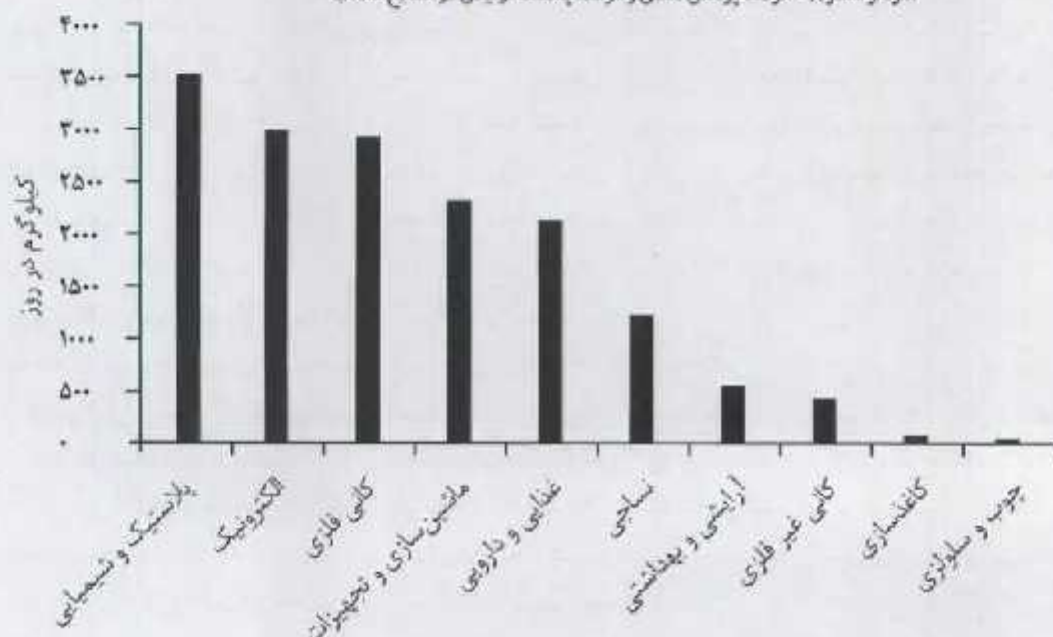
به منظور ایجاد سیستم کنترل ملی پسماندهای صنعتی، تدوین

به صورت هفتگی و ۲۲/۵۳ درصد به صورت روزانه و ۱۰ درصد به صورت نامنظم از واحدهای صنعتی مورد نظر تخلیه می‌شوند. نمودار شماره ۵ نشان می‌دهد که ۴۵/۲۸ درصد از پسماندهای تولیدی توسط بخش خصوصی، ۳۱/۳۷ درصد از پسماندها توسط کارخانه و ۲۲/۳۵ درصد باقیمانده زیر نظر شهرداریها دفع شده‌اند. نمودار شماره ۶ روش‌های دفع نهایی پسماندهای تولید شده را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، حدود ۶۲ درصد از پسماند تولیدی دفن، ۱۷ درصد بازیافت و استفاده مجدد، ۱۰ درصد سوزانده و ۱۱ درصد به صورت نامشخص دفع می‌گردند.

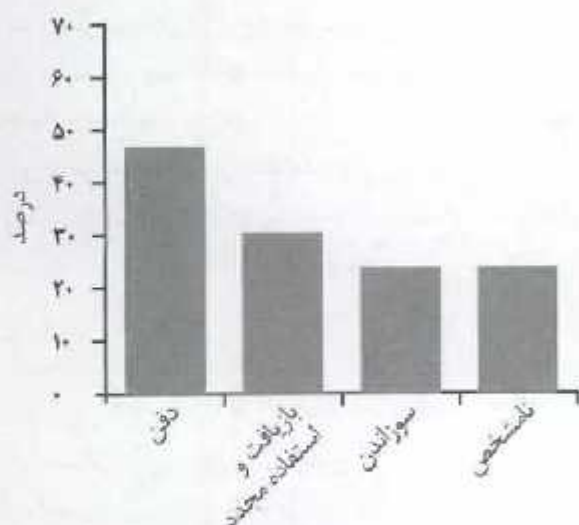
گروه صنایع پلاستیک و شیمیایی بیشترین میزان پسماند خطرناک و گروه صنایع چوب و سلولز و کاغذ سازی کمترین میزان پسماند خطرناک را تولید می‌کنند. نمودار شماره ۳ نشان می‌دهد که استفاده از انبار با ۳۳ درصد و نگهداری پسماندها در فضای باز با ۲۳ درصد به ترتیب، متداولترین روش ذخیره سازی پسماند صنعتی تا زمان دفع از کارخانه می‌باشند. استفاده از کیسه با ۱۶ درصد، مخزن با ۱۴ درصد و بشکه با ۱۲ درصد سایر گزینه‌ها برای ذخیره موقت پسماندهای صنعتی در این منطقه می‌باشند. بر اساس اطلاعات نمودار ۴، در حدود ۳۱/۱۸ درصد از پسماندهای تولیدی در این صنایع به صورت ماهانه، ۳۵/۳ درصد



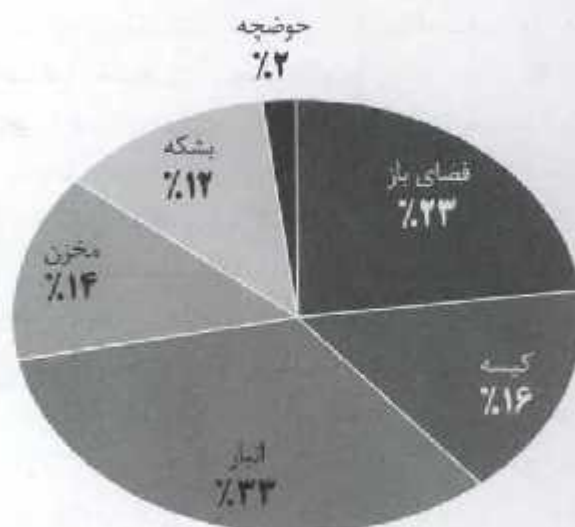
نمودار شماره ۱ - درصد پسماند تولیدی در صنایع منتخب



نمودار شماره ۲ - میزان پسماند خطرناک تولیدی در صنایع منتخب (کیلوگرم در روز)



نمودار شماره ۶- در سدر و شپای دفع نهایی پسماندها از واحدهای صنعتی منتخب

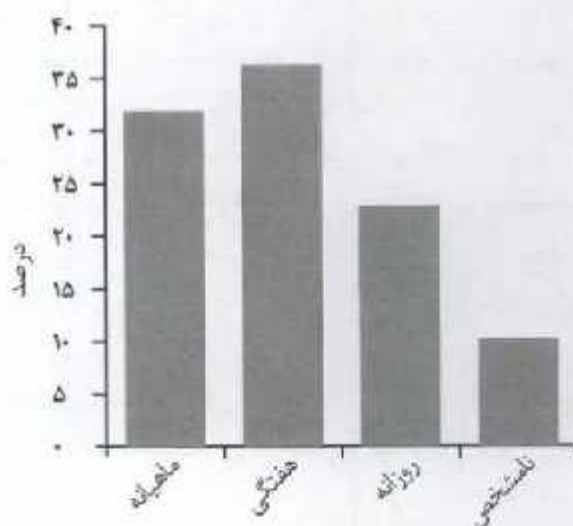


نمودار شماره ۳- درصد روش‌های مختلف نگهداری موقت پسماند در واحدهای صنعتی منتخب

بحث

کل پسماندهای تولیدی در صنایع مختلف ۱۲۳۴۵۱ کیلوگرم در روز بوده و کل پرسنل شاغل در صنایع مختلف ۲۱۱۸۵ نفر می‌باشد. همانطور که نمودار شماره ۱ نشان می‌دهد بیشترین تعداد پرسنل به ترتیب مربوط به گروه صنایع ماشین سازی و تجهیزات با ۶۵۱۹ نفر و صنایع الکترونیک با ۵۵۰۳ نفر بوده و کمترین تعداد پرسنل به ترتیب مربوط به صنایع گروه چوب و سلولزی با ۱۱۴ نفر و کانی غیر فلزی با ۲۰۵ نفر می‌باشند.

نمودار شماره ۲ نشان می‌دهد که صنایعی که بیشترین میزان پسماند خطرناک را تولید می‌کنند به ترتیب صنایع پلاستیک و شیمیایی، صنایع الکترونیک و صنایع کانی فلزی می‌باشند. صنایعی که کمترین میزان پسماند خطرناک را تولید می‌کنند صنایع کاغذسازی و صنایع چوب و سلولزی می‌باشند. میانگین نسبت پسماند خطرناک تولیدی به دست آمده در این تحقیق به کل پسماند صنعتی تولیدی ۱۲ درصد می‌باشد. در حالی که نسبت پسماند خطرناک تولید در صنایع پلاستیک و شیمیایی به کل پسماند خطرناک تولیدی این صنایع ۲۲ درصد بوده است. نسبت پسماند خطرناک تولیدی به کل پسماندهای تولیدی برای کشورهایمانند ترکیه، چین و لیثان به ترتیب ۵/۸، ۱/۱ و ۱/۱ درصد بوده است (۱ و ۵ و ۲۱). همانطور که مشاهده می‌شود پسماندهای صنعتی تولیدی در این کشورها به مراتب کم خطر تر از منطقه مورد مطالعه است. در مطالعاتی که توسط شهریار و همکاران در رابطه با مدیریت پسماندهای صنعتی شهرک صنعتی بیرجند انجام گرفت نسبت پسماند خطرناک تولیدی به کل



نمودار شماره ۴- تناوب تخلیه پسماندها از واحدهای صنعتی منتخب



نمودار شماره ۵- سازمان‌های مسئول حمل و نقل و دفع پسماندها از واحدهای صنعتی منتخب

جامد شهری بدست آورند مطابقت دارد. مطالعات آنها نشان داد که دفن با حدود ۸۴ درصد کاربرد و بازیافت و کمپوست با ۱۶ درصد کاربرد گزینه‌های اول و دوم دفع پسماندهای شهری در کشور می‌باشند (۲۴). مطالعه نسی زاده در ۱۳۷۲ بر روی پسماندهای صنعتی اصفهان نشان داد که بیش از ۸۵ درصد کل مواد زائد بدون بازیافت یا استفاده مجدد به طرق مختلف به محیط دفع می‌گردند (۱۶). در مطالعه دیگری در سال ۸۸ در قوچان مشخص شد که میزان بازیافت پسماندهای صنعتی تنها ۱۶ درصد بوده و ۸۰ درصد پسماند بدون بازیافت به صورت مستقیم دفن می‌شدند (۲۳). این نتایج تا حدود زیادی با نتایج بدست آمده در این تحقیق مشابهت داشته و حاکی از عدم برنامه‌ریزی مسئولین جهت استفاده مجدد از این مواد در اکثر مناطق مورد مطالعه می‌باشد. صنایعی که ناچند زیادی در آن بازیافت صورت می‌گیرد صنایع کالنی فلزی، صنایع غذایی و دارویی، صنایع پلاستیک و شیمیایی و صنایع کاغذ سازی می‌باشند. از آنجا که قسمت عمده پسماندهای صنایع کاغذ سازی، کاغذ و کارتن بوده، پسماندهای این صنعت به کارخانجات تولید کارتن فروخته می‌شود. سوزاندن پسماند که عمدتاً به صورت غیر بهداشتی در فضای باز صورت می‌گیرد یکی دیگر از روش‌های دفع مخاطره آمیز پسماندهای صنعتی در این منطقه است. مطالعات انجام شده در زمینه دفع پسماندهای صنعتی در کشور نیز موید این است که سوزاندن غیر اصولی پسماند بدلیل آسان و ارزان بودن معمولاً مورد توجه مدیران صنعت می‌باشد. این روش به خاطر پخش و انتشار گازهای آلاینده بسیار زیاد نظیر دی‌اکسید کربن، فوران‌ها و هیدروکربن‌های نسوخته در محیط از مخاطرات زیست محیطی بسیار زیاد برخوردار بوده و بایستی به سرعت کنار گذاشته شود (۲۵).

مطالعه مدیریت پسماندهای صنعتی در شهر دارالسلام در سال ۲۰۰۶ توسط یولگیو نشان داد که مشکل عمده دفع غیربهداشتی این پسماندها بوده است. اجزاء خطرناک پسماند صنعتی به طور مناسب جداسازی نشده و حمل جداگانه این پسماندها صورت نمی‌گرفت (۲۶). متأسفانه این موارد در غالب مناطق صنعتی مورد مطالعه (۱۲ و ۱۴ و ۲۲) از جمله این مطالعه، از اهم مشکلات در زمینه مدیریت پسماندهای صنعتی در کشور محسوب می‌گردد.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که مدیریت پسماندهای صنعتی در منطقه مورد مطالعه با مشکلات عمده‌ای روبرو است. این مشکلات با

پسماندهای تولیدی ۲۳ درصد بدست آمده است (۲۲). که این امر نشان دهنده تولید پسماندهای صنعتی پرخطرتر این ناحیه نسبت به منطقه مورد مطالعه است. تفاوت در نسبت پسماند خطرناک تولیدی در این تحقیق در مقایسه با مطالعات فوق را می‌توان به سه جنبه: تفاوت در ماهیت اصلی صنایع استقرار یافته، کمیناسازی پسماندهای صنعتی با توسعه صنایع پاک و استقرار ایزوهای زیست محیطی و نیز افزایش حداکثری بازیافت و استفاده مجدد از پسماندهای تولیدی نسبت داد.

نمودار شماره ۳ نشان می‌دهد که رویکرد عمده نسبت به نگهداری موقت پسماندهای صنعتی تا زمان دفع از واحد صنعتی استفاده از انبار و فضای باز می‌باشد. مطالعه‌ای که در سال ۱۳۸۵ در رشت انجام شد مشخص نمود که ۴۸ درصد از واحدهای صنعتی، پسماندهای تولیدی خود را در انبارهای روباز و ۴۰ درصد از واحدها پسماندهای تولیدی را در انبارهای سرپوشیده نگهداری می‌کنند (۱۲). در مطالعه دیگری که در سال ۸۸ در قوچان انجام شد مشخص شد که ۲۸ درصد از پسماندها در کیسه نگهداری می‌شود و ۶۶ درصد پسماندهای تولیدی تلنبار می‌شوند (۲۳). از دیدگاه صاحبان صنایع انبار کردن و استفاده از فضای باز برای ذخیره موقت پسماند، مقرون به صرفه می‌باشند، اما در این روش امکان سرطوب شدن پسماند، پخش و پراکنده شدن آن در محیط و آلوده شدن منابع آب و خاک از طریق نشت شیوایه‌های آن وجود دارد.

در این بررسی مشخص شد که مسئولیت عمده حمل و نقل و دفع پسماند بر عهده بخش خصوصی است. بخش خصوصی به صورت پیمانکار زیر نظر واحد صنعتی حمل و نقل پسماند را انجام می‌دهد. شهرداری با ۲۳ درصد کمترین نقش را نسبت به سایر بخشها در حمل و نقل و دفع پسماندها دارد. مطالعه‌ای که توسط علیدین زاده در ناحیه صنعتی رشت انجام گرفت نشان داد که عدم کارایی سیستم جمع‌آوری پسماند یکی از نقاط ضعف اصلی در این ناحیه به شمار می‌رود. اکثر واحدهای این ناحیه صنعتی از نحوه جمع‌آوری و حمل و نقل پسماندها رضایت نداشته و با توجه به کمبود وسایل نقلیه جهت حمل و نقل و انتقال پسماند نسبت به مدیریت پسماند (دفتر مرکزی ناحیه صنعتی رشت) معترض بودند (۱۳).

نمودار شماره ۶ نشان داد که دفن پسماندهای صنعتی با ۶۲ درصد و بازیافت و استفاده مجدد با ۱۷ درصد به ترتیب گزینه‌های اول و دوم دفع پسماندهای صنعتی در منطقه را تشکیل می‌دهند. این واقعیت با نتایجی که حسن زاده و همکاران در خصوص پسماندهای

4. Lagrega D. M, Buckingham L. Ph, Evans C. J. Hazardous waste management. United state. 2001.
5. Salihoglu, G. Industrial Hazardous Waste Management in Turkey: Current State of the Field and Primary Challenges. (Accepted Manuscript) Journal of Hazardous Materials. 2009.
6. Mohammad Fam. I. Mergered model designing of health, safety, environment and agronomy system by using information technology. Tehran, Islamic Azad university. 2006-2007.
7. Geng Y, Zhu Q, Haight M. Planning for integrated solid waste management at the industrial Park level: A case of Tianjin, China. Waste Management . 2007; 27: 141-150.
8. Mrayyan B, Hamdi M R. Management approaches to integrated solid waste in industrialized zones in Jordan: A case of Zarqa City. Waste Management. 2006; 25:195-205.
9. <http://www.texassep.org/index.html>.
10. <http://www.epawm.com/main/default.asp?vlql=waste2>
11. Binavapor M. Landfill site selection for Buali, Vian and Lalejin industrial plant of Hamedan province. Ms Thesis of Tehran medical science. 2009-2010.
12. Mato R.R.A.M, Kaseva M.E. Critical review of industrial and medical waste practices in Dar es Salaam City. Resources, Conservation and Recycling. 1999; 25: 271-287.
13. Abedinzade F, Monavari M. study of solid waste management in industrial state of Rasht. Environmental sciences. 2007; 4:101-118.
14. Nori, J, Nabizade, R, Nadafi, K, Farzadkia, M, Omid, Sh, Koliwand, A, Binavapor, M. Quantitative and qualitative investigation of industrial solid waste in industrial plants (case study Boali industrial plant). Environmental science and technology. 2008.
15. Faezi D. Identification of hazardous solid waste in Tehran and different disposal methods of it] dissertation [Tehran: Environmental Health Faculty of Tehran University. 1994.
16. Nabizadeh, R. Qualification of hazardous solid waste in Esfahan]dissertation [Tehran: Environmental Health Faculty of Tehran University. 1994.
17. Abdoli M. Investigation of Tehran industrial waste generation and maintenance. Environmental Sciences. 2002; 18.
18. Monavari M. Environmental impact assessment guidelines for industrial estate, Kosar-culturaturism publication. 2002.
19. Iran statistic center; Census plan of industrial factory presidency bureau international affairs and public communication. Presidency bureau. 2010.

توجه به نزدیکی این منطقه به نواحی مسکونی از حساسیت زیادی برخوردار بوده و بایستی به سرعت اصلاح گردد. از جمله این مسائل می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- نسبت پسماند خطرناک به کل پسماند تولیدی در این منطقه (۱۲ درصد) در مقایسه با میانگین این شاخص در مناطق صنعتی کشورهای ترکیه، لبنان و چین تقریباً ۴/۷ برابر بیشتر است. این امر حاکی از مدیریت ناکارآمد پسماندهای صنعتی در صنایع مستقر در این منطقه است. به منظور کاهش تولید پسماند خطرناک در این منطقه، در کوتاه مدت بایستی حداکثر بازیافت و استفاده مجدد از این مواد بعمل آید و در دراز مدت بایستی صنایعی (با پسماند خطرناک زیاد) مانند پلاستیک-شیمیایی و الکترونیک با صنایعی نظیر چوب-سلولزی و کاغذ سازی (با پسماند خطرناک کمتر)، تعویض شوند.
- نگهداری موقت پسماندهای صنعتی تولیدی در این منطقه عمدتاً در انبار و فضاهای روباز (۵۶ درصد) انجام می گیرد. این امر با توجه به پتانسیل خطر موجود در این نوع ذخیره سازی، بایستی هر چه سریعتر با روش های ذخیره سازی ایمن تر نظیر استفاده از انبارهای سربوشیده و تحت کنترل تعویض شود.
- این مطالعه نشان داد که قسمت عمده ای از پسماندهای صنعتی تولیدی در این منطقه (۶۲ درصد) دفن می شود و تنها ۱۷ درصد از آنها بازیافت می گردد. این امر با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از دفن غیر بهداشتی و نیز جاذبه های بهداشتی و اقتصادی استفاده مجدد از پسماندهای صنعتی باید به سمت بازیافت حداکثری و دفن حداقلی این مواد سوق داده شود.

منابع

1. Fadel M, El, Zeinati M, El-Jisr K, Jamali D. Industrial-waste management in developing countries: The case of Lebanon. Journal of Environmental Management .2001; 61: 281-300.
2. Casares M.L, Ullierte N, Mataran A, Ramos A, Zamorano M. Solid industrial wastes and their management in Asegra (Granada, Spain). Waste Management. 2005; 25: 1075-1082.
3. Al-Qaydi S. Industrial solid waste disposal in Dubai, UAE: A study in economic geography. Cities. 2006; 23: 140-148.

20. Industry and mining organization of Tehran province; Industrial about west of Tehran province. 2010.
21. Duan H, Huang Q, Wang Q, Zhou B, Li J. Hazardous waste generation and management in China: A review. *Journal of Hazardous Materials*. 2008; 158: 221-227.
22. Shahreyari T, Khodadadi M, Dorri H, Azizi E, Karimeian A, Shahraki R. Investigation of collecting, disposal and burying waste at active factories in industrial town of Birjand. Twelfth congress of national environmental health, Tehran. 2010; 392-401.
23. Kazemi M.A, Mohebrad B, Krymany M, Hatami H, Shahab M. Evaluation of Industrial Waste Management in Industrial Site of Quchan in 2009. Proceeding of the 13 th national congress on environmental health. Kerman, 2010; 140-148.
24. MS. Hassanvand, R. Nabizadeh, M. Heidari, Municipal Solid Waste Analysis in Iran. *Iran. J. Health & Environ.*, 2008; 1(1): 9-18.
25. Heidari M. Industrial solid waste management in metropolises.]Ms dissertation[.Tehran: Environment faculty; 2010; 120-129.
26. Mbuligwe E.S, Kaseva E.M. Assessment of industrial solid waste management and resource recovery practices in Tanzania. *Resources, Conservation and Recycling*. 2006; 47: 260-276.

بررسی امکان بازیافت پسماندهای MDF حاصل از صنایع مبلمان استان تهران به عنوان ماده اولیه در تولید مجدد این محصول

چکیده

در این تحقیق امکان بازیافت پسماندهای MDF حاصل از کارگاه های تولید مبلمان استان تهران در تولید مجدد این محصول پانلی مورد بررسی قرار گرفت. نوع پسماندها (MDF) با روکش ملامینه، MDF با روکش اچ پی ال و MDF بدون روکش) و نیز درصد اختلاط الیاف پسماند با الیاف بکر کارخانه صنایع چوب خزر به عنوان عوامل متغیر این تحقیق در نظر گرفته شدند. پس از ساخت نمونه های آزمایشی در شرایط آزمایشگاهی، خواص فیزیکی و مکانیکی آنها مطابق استانداردهای بین المللی ISO و DIN اندازه گیری شدند. با توجه به نتایج می توان به این نکته پی برد که با افزایش میزان میانگین اختلاط سه نوع پسماند بر میزان خواص فیزیکی (میزان واکسیدگی ضخامت و جذب آب) نخته های ساخته شده افزوده می گردد. از لحاظ خواص مکانیکی نیز افزایش میانگین اختلاط سه نوع الیاف پسماند، در سطوح ۴۰ و ۶۰ درصد بر روی خواص مربوطه تأثیر منفی گذاشته است. با توجه به شرایط می توان استفاده از پسماندهای MDF خام و پسماندهای MDF با روکش ملامینه را به عنوان عملی ترین راه بازیافت انواع پسماندهای MDF در نظر گرفت.

واژه های کلیدی: بازیافت، پسماندهای شهری، تخته فیبر یا دانسیته متوسط (MDF)، الیاف MDF پسماند، روکش ملامینه، روکش اچ پی ال، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی

مقدمه

طراحی و ساخت تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) که در اواخر دهه ۱۹۶۰ صورت گرفت یکی از مهمترین تحولات در تولید صفحات فشرده چوبی بود. MDF به دو روش خشک و تر تولید می گردد. MDF های تولید شده در فرآیند تر دارای ضخامتی بین ۶ الی ۱۳ میلیمتر بوده که به عنوان روکوب استفاده می شوند. این در حالی است که ضخامت MDF های حاصل از روش خشک بین ۶ تا ۴۰ میلیمتر بوده و اغلب به عنوان مغزی در صنعت مبلمان با تخته خرده چوب رقابت می کنند. امروزه پانل های MDF جایگاه مهمی را در میان تولیدکنندگان مبلمان اداری و منزل دارا می باشند. این جایگاه با سرمایه گذاری مناسب بخش خصوصی و کاربرد روکش های تزئینی مختلف، نمایان تر گردیده است. با وجودی که مصرف MDF در کشور رو به گسترش است ولی تاکنون هیچ برنامه ریزی اصولی و مناسبی جهت کاهش میزان ضایعات پانل های MDF و یا کاربرد آنها انجام نشده است. قطعات حاصل از فرآیند اندازه گیری، برش زنی، سوراخ زنی و کناره بری در کارخانه تولید پانل های MDF را می توان به عنوان مهمترین منبع تولید ضایعات MDF در کشور در نظر گرفت. بر اساس مطالعات مرکز آمار ایران میزان مصرف MDF در

تولید روزانه بیش از ۷۰۰۰ تن پسماند شهری در کلانشهر تهران و معضلات ناشی از جمع آوری، حمل و نقل، پردازش، بازیافت و دفع آن از مهمترین مسائل مطرح در مدیریت این کلانشهر می باشد. هر چند که بخش عمده ای از این مقدار پسماند شهری به پسماندهای خانگی تعلق دارد ولی با این وجود بخش قابل توجهی (حدود ۱۴ درصد) از پسماندهای جمع آوری شده از سطح شهر تهران به پسماندهای کاغذی، مقوا، سرشاخه ها، چوب و فرآورده های چوبی همچون تخته خرده چوب (نئوپان) و MDF تعلق دارد. در این میان پسماندهای حاصل از تخته خرده چوب و MDF به علت دارا بودن مواد شیمیایی چون اوره فرم آلدهید (UF)، فنل فرم آلدهید (PF)، اکستندرها و مواد سخت کننده (hardeners) از آلودگی های زیست محیطی بیشتری برخوردار می باشند. لذا در این تحقیق سعی بر آن است تا با بازیافت پسماندهای MDF حاصل از کارگاه های مبلمان در استان تهران، علاوه بر استفاده مجدد از این مواد به عنوان ماده اولیه دست دوم در تولید مجدد این فرآورده چوبی پانلی و کاهش فشار بر منابع جنگلی، از میزان آلودگی های زیست محیطی حاصل از دفن و سوزاندن این پسماندها در طبیعت کاسته شود.

سید محمد فیاض^۱، سعید مزادی کیا^۲

۱- مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران
Fayaz-m@sbmwm.org

۲- کارشناس ارشد مدیریت پسماند، سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران
s.moradiku@gmail.com

مشابه شرایط خط تولید در نظر گرفته شد. در ادامه این قطعات برش خورده، توسط دستگاه بخارزن در دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۵ دقیقه تیماربخارزنی شده و پس از آن به کمک دستگاه ریقایمر آزمایشگاهی جداسازی و پالایش شدند. الیاف حاصل از این فرآیند ابتدا در هوای آزاد و سپس با استفاده از یک اتو تا رسیدن به رطوبت مطلوب برای ساخت تخته‌ها (۴ درصد) خشک شدند. چسب اوره فرم آذheids مورد نیاز نیز از کارخانه چسب سازان به مقدار لازم تهیه گردید. عوامل متغیر مورد استفاده در این تحقیق به دو گروه نوع پسماندهای MDF و درصد اختلاط پسماندهای MDF با الیاف بکر تقسیم می‌شوند. پسماندهای MDF نیز به دو گروه پسماندهای MDF بدون روکش (MDF خام) و پسماندهای MDF روکش شده (روکش ملامینه و روکش اچ پی ال) تقسیم می‌شوند. چهار سطح اختلاط الیاف پسماند با الیاف بکر MDF عبارتند از:

صفر درصد (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد

برخی از عوامل ثابت در این تحقیق نیز عبارتند از:

میزان چسب مصرفی: ۱۲ درصد بر مبنای وزن خشک الیاف

رطوبت کیک الیاف: ۱۲ درصد بر مبنای وزن خشک الیاف

میزان کاتالیزر: ۲ درصد بر مبنای وزن خشک رزین

فشار پرس: ۳۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع

دما و زمان پرس: به ترتیب ۱۷۵ درجه سانتی گراد و ۵ دقیقه

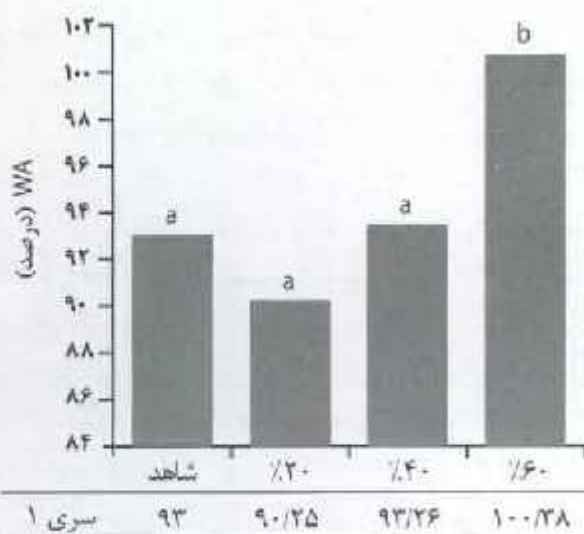
دانسیته و ضخامت تخته‌ها: به ترتیب ۰/۷ گرم بر سانتی متر مکعب و ۱۲ میلیمتر

مواد و روش‌ها

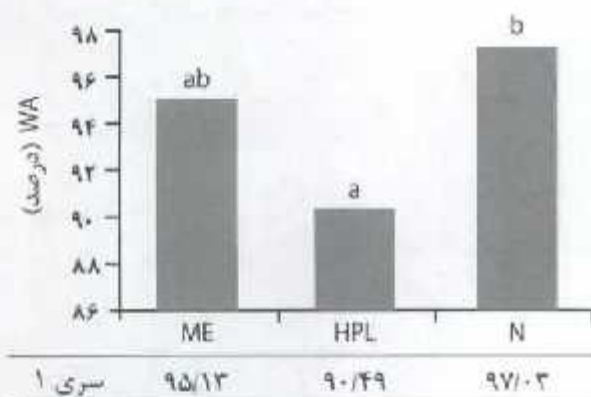
از ترکیب عوامل متغیر و سطوح آنها جمعاً ۱۲ تیمار به دست آمده که از هر تیمار ۳ تخته و در مجموع ۳۶ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. تخته‌های MDF مورد مطالعه در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از یک پرس گرم از نوع Burke-LA ۱۶۰ ساخته شدند و سپس به مدت ۲۰ روز در اتاق متعادل سازی رطوبت (کلیما) قرار گرفتند. برش نمونه‌ها بر اساس استاندارد DIN 68763 برای آزمون‌های خمشی و چسبندگی داخلی و استاندارد ISO 16983 برای آزمون جذب آب و واکنشیدگی ضخامت صورت پذیرفت. در این تحقیق از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد صورت گرفت. اثرات مستقل و متقابل هر یک از عوامل متغیر بر خواص مورد مطالعه در سطح یک و پنج درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

کشور در طی سال‌های ۱۳۸۱ الی ۱۳۸۳ به طور متوسط در حدود ۹۵۲۹۰ مترمکعب بوده است که این مقدار در سال ۱۳۸۸ به حدود ۲۱۵۳۴۷ مترمکعب رسیده است. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌های ارائه شده به ۳۰ شرکت تولید میلمان اداری و منزل در استان تهران مشخص گردید که به طور متوسط در حدود ۸ درصد از MDF مصرفی در این کارخانجات به ضایعات غیر قابل مصرف تبدیل می‌شوند که با توجه به حجم مصرف این فرآورده در سال ۱۳۸۸، ضایعات حاصل حدود ۱۷۲۲۷۰ مترمکعب تخمین زده می‌شود. تحقیقات نشان داده اند که استفاده از ۲۲٪ پسماند روکش‌های ملامینه (بر مبنای وزن خشک چوب) که حاوی ۱۰٪ رزین جامد ملامین می‌باشد. برای ساخت تخته خرده چوب مناسب بوده و مقاومت به جذب آب را افزایش می‌دهد (۶). همچنین نتایج نشان می‌دهند که می‌توان از ضایعات تخته خرده چوب خام و لمینیت شده و پسماندهای MDF به میزان صفر تا ۶۰ درصد در ساخت و تولید تخته خرده چوب (لایه مرکزی) استفاده نمود (۴). از سوی دیگر بر اساس گزارشات موجود استفاده از مقدار زیاد الیاف بازیافتی (بالاتر از ۵۰ درصد) باعث کاهش مقاومت به خمش MDF های تولیدی می‌گردند (۷). حال با توجه به تولید حجم زیادی از پسماندهای MDF در کارخانه‌های تولید MDF و میلمان و کابینت‌سازی کشور و به منظور کاهش فشار بر منابع جنگلی کشور، در این تحقیق امکان استفاده بهینه از ضایعات و پسماندهای MDF در فرآیند تولید آن مورد توجه قرار گرفته است.

مواد اولیه مورد نیاز در انجام این تحقیق به سه گروه عمده و اصلی شامل الیاف بکر MDF، الیاف ام‌دی‌اف‌های پسماند و چسب اوره فرم آذheids تقسیم می‌شوند. الیاف بکر MDF از خط تولید MDF شرکت صنایع چوب خزر تهیه شد. MDF های پسماند نیز از چندین کارخانه تولید میلمان اداری و تولید پروفیل MDF تهیه گردیدند. این ضایعات تنها از تخته‌های ۱۶ میلیمتری بوده و در سه نوع روکش شده با اچ پی ال، روکش شده با کاغذ ملامینه و خام (بدون روکش) قابل تفکیک بودند. این ضایعات به محل آزمایشگاه گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران منتقل شده و سپس توسط اوره گردیده اندازه ۱۶×۲۰×۳۰ میلیمتر برش خوردند. با توجه به تمرکز اصلی این تحقیق بر روی فرآیند تولید پانل های MDF در کارخانه تولید MDF (چوب خزر)، شرایط فرآوری آزمایشگاهی این تحقیق



شکل ۱ - تاثیر مقادیر مختلف الیاف پسماند بر جذب آب پس از ۲ ساعت



شکل ۲ - تاثیر نوع الیاف پسماند بر میزان جذب آب پس از ۲ ساعت

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهند که اثر عوامل متغیر نوع پسماند و نیز درصد اختلاط آنها بر روی جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری معنی‌دار نبوده و از این لحاظ بین تخته‌های ساخته شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد.

واکسیدگی ضخامت

در مورد بیشتر فرآورده‌های چوبی مانند MDF، ثبات ابعاد اهمیت داشته و با آزمون واکسیدگی ضخامت مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (۱). در مکان‌هایی که MDF برای دوره‌های طولانی در معرض رطوبت قرار می‌گیرد واکسیدگی ضخامت بسیار مهم می‌باشد (۱). نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان

نتایج

جهت ارائه نتایج حاصل از این تحقیق از علائم اختصاری مطابق جدول زیر استفاده شده است.

جدول ۱ - علائم اختصاری به کار رفته در نمودارها

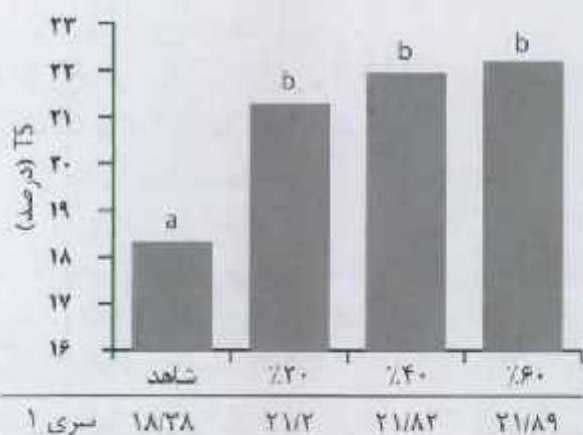
عبارت اصلی	علائم اختصاری
MDF پسماند با روکش ملامینه	ME
MDF پسماند با روکش اچ پی ال	HPL
MDF پسماند خام (بدون روکش)	N
جذب آب	WA
واکسیدگی ضخامت	TS
چسبندگی داخلی	IB

جذب آب

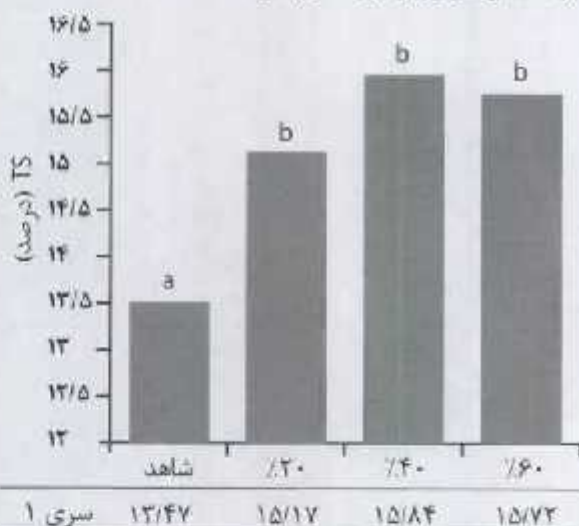
اندازه گیری مقدار جذب آب MDF، به خصوص برای مصرف در مکان‌های مرطوب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (۳). نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهند که تأثیر عامل متغیر نوع پسماند در سطح پنج درصد و تأثیر مقدار اختلاط در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند با توجه به نمودار مقایسه میانگین‌های درصد اختلاط می‌توان به این نتیجه رسید که استفاده از ۶۰ درصد الیاف پسماند باعث افزایش قابل توجه میزان جذب آب نمونه‌های مورد مطالعه شده است (شکل ۱). از سوی دیگر تخته‌های حاصل از مخلوط الیاف بکر و الیاف MDF با روکش اچ پی ال از کمترین میزان جذب آب پس از دو ساعت برخوردار بوده‌اند (شکل ۲). وجود ذرات اچ پی ال (که از قابلیت جذب آب برخوردار نیستند) در میان الیاف چوبی آبدوست را می‌توان به عنوان مهم‌ترین دلیل این امر در نظر گرفت. همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهند که اثر متقابل نوع پسماند و درصد اختلاط بر روی جذب آب پس از ۲ ساعت غوطه‌وری، از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس می توان به این نکته پی برد که تأثیر عامل متغیر نوع پسماند در سطح پنج درصد و تأثیر مقدار اختلاط در سطح یک درصد معنی داری ندارند. با توجه به نمودار مقایسه مقدار اختلاط می توان به این نتیجه رسید که افزایش مقدار باعث بروز افزایش معنی داری نسبت به نمونه های شاهد گشته اند (شکل ۵). در این حالت نیز کمترین مقدار واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری را می توان در تخته های حاصل از اختلاط الیاف بکر با الیاف MDF پسماند با روکش ایچ پی ال مشاهده کرد (شکل ۶). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می دهند که اثر متقابل نوع پسماند و درصد اختلاط بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری از لحاظ آماری تفاوت معنی داری را از خود نشان نمی دهند.

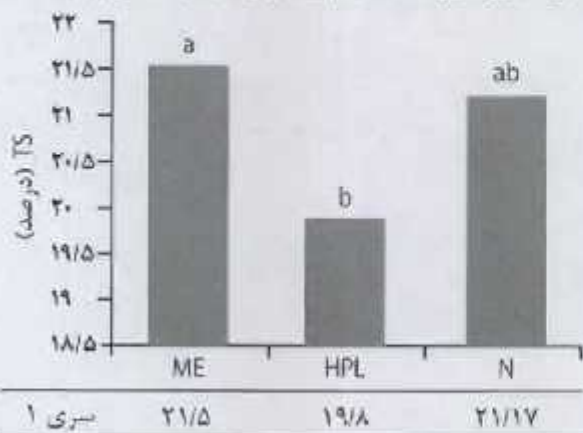
می دهند که تأثیر عامل متغیر نوع پسماند در سطح پنج درصد و تأثیر مقدار اختلاط در سطح یک درصد بر روی واکسیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه وری معنی داری می باشند با توجه به نمودار مقایسه میانگین های درصد اختلاط می توان به این نتیجه رسید که افزایش مقدار الیاف پسماند در هر سه سطح ۴۰، ۲۰ و ۶۰ درصد باعث بروز افزایش معنی داری نسبت به نمونه های شاهد گشته است (شکل ۳). در این میان تخته های حاصل از اختلاط الیاف بکر با الیاف MDF پسماند با روکش ایچ پی ال از کمترین میزان واکسیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه وری برخوردار بوده اند (شکل ۴). عدم آندوستی ذرات ایچ پی ال و بالطبع عدم واکسیدگی این ذرات را می توان به عنوان دلیل این امر در نظر گرفت. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می دهند که اثر متقابل نوع پسماند و درصد اختلاط بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه وری از لحاظ آماری تفاوت معنی داری را از خود نشان نمی دهند.



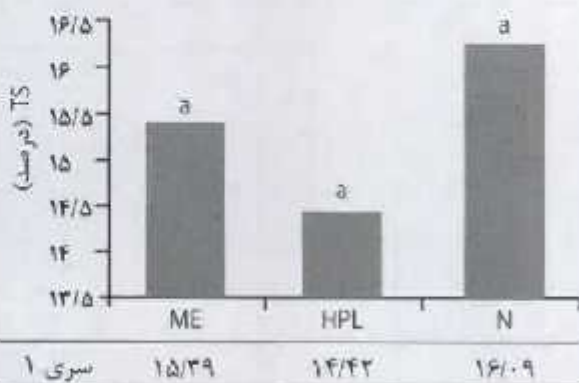
شکل ۵- تأثیر مقادیر مختلف الیاف پسماند بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت



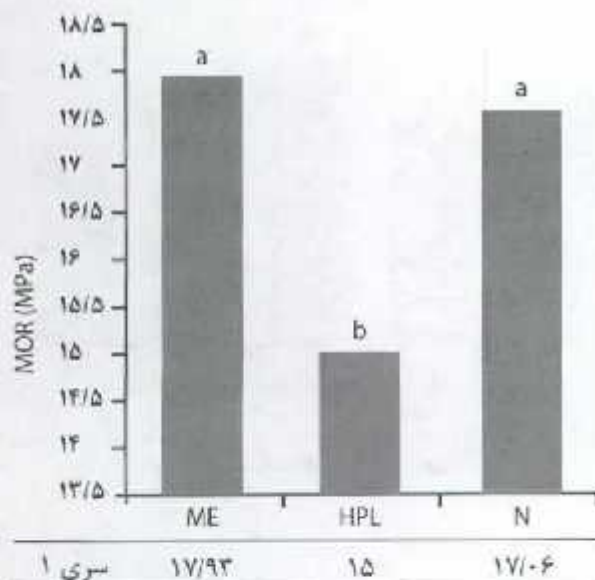
شکل ۳- تأثیر مقادیر مختلف الیاف پسماند بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت



شکل ۶- تأثیر نوع الیاف پسماند بر میزان واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت



شکل ۴- تأثیر نوع الیاف پسماند بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت



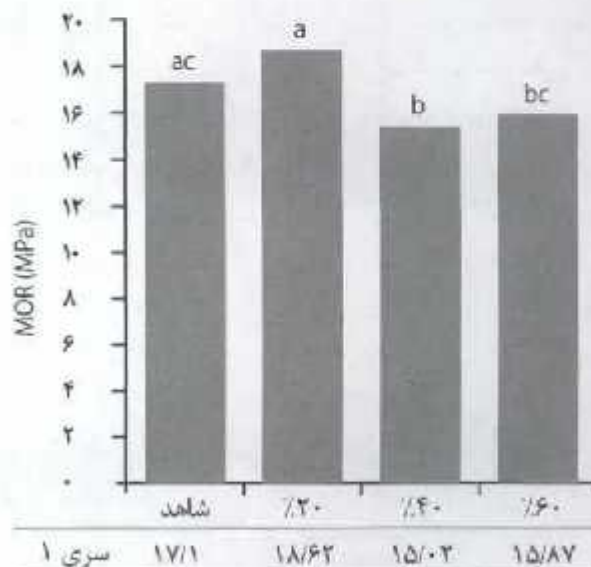
شکل ۸- تغییر نوع الیاف پسماند بر میزان مدول گسیختگی

مدول الاستیسیته^۲

مدول الاستیسیته نشان دهنده توانایی نمونه در بازگشت به شکل اولیه پس از حذف بار اعمال شده در خمش می باشد. این خاصیت از روی بخش خطی منحنی تغییر شکل و بار به دست می آید (۱). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می دهند که تأثیر هر دو عامل متغیر نوع پسماند و درصد اختلاط در سطح پنج درصد معنی دار می باشند. با توجه به نمودار مقایسه میانگین های درصد اختلاط می توان به این نتیجه رسید که افزایش میزان اختلاط الیاف MDF پسماند، تنها در سطح ۴۰ درصد باعث بروز کاهش معنی دار مدول الاستیسیته در تخته های حاصله گردیده است (شکل ۹). در این مورد نیز تخته های حاصل از اختلاط الیاف MDF پسماند با روکش ایچ پی ال از کمترین میزان مدول الاستیسیته برخوردار بوده اند (شکل ۱۰). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می دهند که اثر متقابل نوع پسماند و درصد اختلاط بر مدول الاستیسیته، از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی دار می باشد.

مقاومت به خمش استاتیک (مدول گسیختگی)^۱

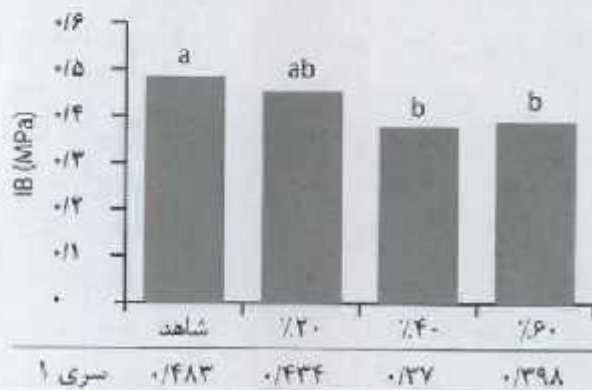
مقاومت به خمش استاتیک از خواص مهم و کاربردی فرآورده های مرکب چوبی مانند MDF می باشد. مدول گسیختگی به طور معمول برای اندازه گیری مقاومت خمشی چندسازه ها به کار می رود (۳). نتایج مربوط به مقاومت خمشی تخته های مورد مطالعه نشان می دهند که تأثیر هر دو عامل متغیر نوع پسماند و درصد اختلاط در سطح یک درصد معنی دار می باشند. افزایش مقدار اختلاط الیاف MDF پسماند، تنها در سطح ۴۰ درصد باعث بروز کاهش معنی دار مقاومت خمشی نسبت به نمونه های شاهد گردیده است (شکل ۷). شایان ذکر است که تخته های حاصل از اختلاط الیاف بکر با الیاف MDF پسماند با روکش ایچ پی ال دارای کمترین میزان مدول گسیختگی بوده اند (شکل ۸). عدم انعطاف پذیری ذرات ایچ پی ال، عدم اتصال مناسب ذرات ایچ پی ال با الیاف چوبی و ناهمگن شدن بافت درونی MDF، به واسطه حضور ذرات ایچ پی ال را می توان به عنوان مهم ترین دلیل این امر در نظر گرفت. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می دهند که اثر متقابل نوع پسماند و درصد اختلاط بر روی مدول گسیختگی از لحاظ آماری معنی دار نمی باشد.



شکل ۷- تغییر مقادیر مختلف الیاف پسماند بر مدول گسیختگی

1. Module of Rupture
2. Module of Elasticity

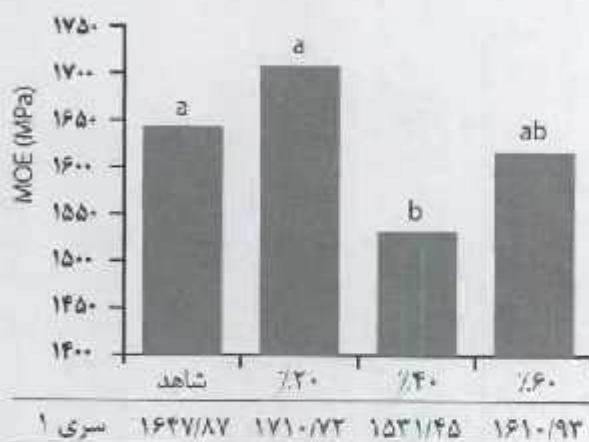
اختلاط الیاف MDF پسماند در دو سطح ۴۰ و ۶۰ درصد باعث بروز کاهش معنی داری در میزان چسبندگی داخلی تخته های حاصل شده اند (شکل ۱۱). نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده این مطلب می باشد که اثر متقابل نوع پسماند و درصد اختلاط بر روی چسبندگی داخلی از لحاظ آماری معنی دار نمی باشد.



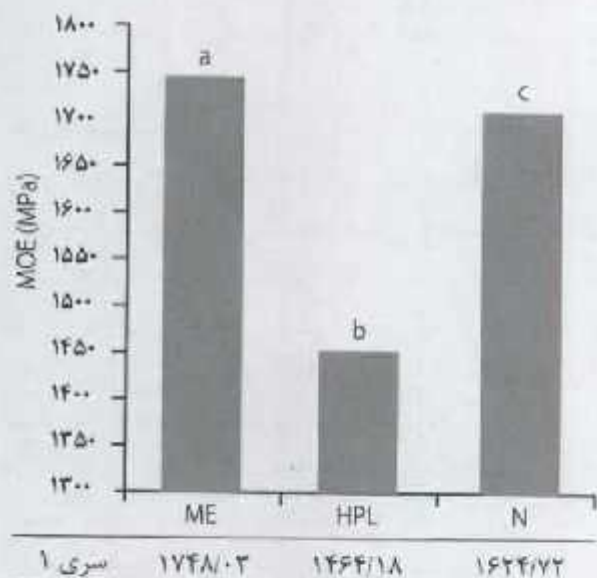
شکل ۱۱ - تاثیر مقادیر مختلف الیاف پسماند بر چسبندگی داخلی

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان می دهند که با افزایش میزان اختلاط سه نوع پسماند، بر میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته های مورد مطالعه افزوده شده است. شایان ذکر است که این افزایش با نتایج به دست آمده از تحقیقات انجام شده توسط همسیم^۱ (۲۰۰۵) همخوانی دارد (۵). انحلال لیگنین سطحی الیاف پسماند در اثر تیمار شدید بخارزنی، افزایش درصد شکستگی الیاف پسماند در اثر بالایش مجدد از دلایل اصلی افزایش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در تخته ها می باشد. لذا با توجه به این امر استفاده از بازآفین جهت کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته های MDF پیشنهاد می گردد. افزایش الیاف MDF پسماند نیز باعث کاهش ویژگی چسبندگی داخلی تخته ها شده است که از دلایل آن می توان به کاهش راندمان چسب زنی به سبب افزایش درصد شکستگی الیاف پسماند در اثر بالایش مجدد و به طبع آن افزایش سطح ویژه الیاف اشاره کرد (۴). دو ویژگی مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته نیز همراه با افزایش الیاف پسماند کاهش می یابند. شایان ذکر است که کاهش این ویژگی ها با نتایج حاصل از تحقیقات زارنکی^۲ (۲۰۰۳) مطابقت دارند (۴).



شکل ۹ - تاثیر مقادیر مختلف الیاف پسماند بر مدول الاستیسیته



شکل ۱۰ - تاثیر نوع الیاف پسماند بر میزان مدول الاستیسیته

چسبندگی داخلی^۱

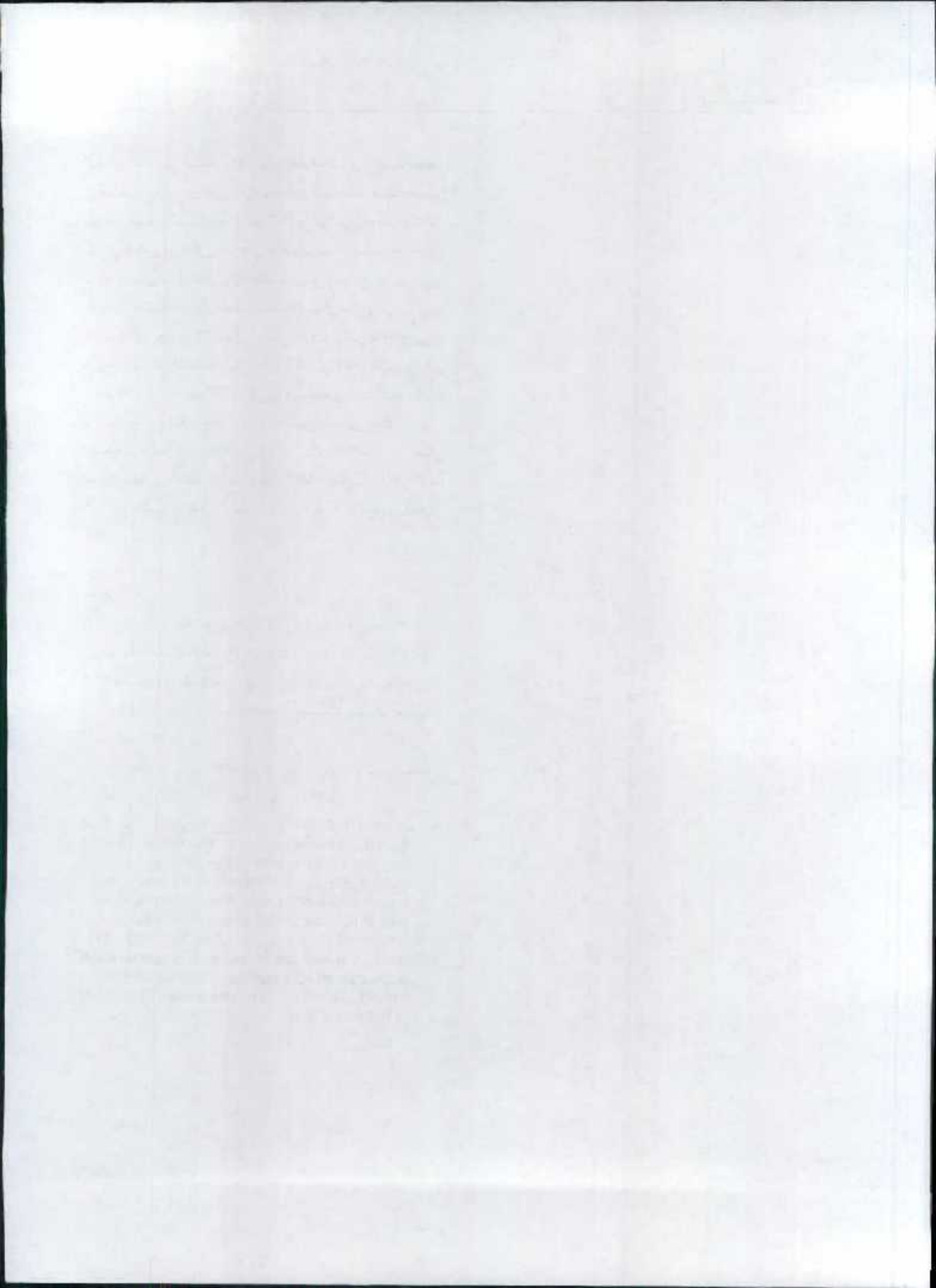
چسبندگی داخلی نشان دهنده کیفیت و قدرت اتصال رزین در لایه های میانی تخته می باشد (۳). در این تحقیق چسبندگی داخلی با استفاده از آزمون مقاومت کشش عمود بر سطح اندازه گیری شده است. با بررسی نتایج حاصل می توان به این نکته پی برد که تأثیر عامل متغیر نوع پسماند بر چسبندگی داخلی معنی دار نبوده است ولی تأثیر درصد اختلاط الیاف پسماند در سطح پنج درصد معنی دار می باشد. بر اساس این نتایج افزایش میزان درصد

1. Internal Bonding
2. Hasim
3. Czarnecki

افزایش شکستگی الیاف پسماند، عدم انعطاف پذیری مناسب قطعات کوچک روکش های آج بی ال موجود در نمونه ها در هنگام خمش و کاهش سطح اتصال مفید بین الیاف را می توان به عنوان دلایل کاهش خواص مکانیکی تخته های حاصل برشمرد. لذا با توجه به این نتایج می توان استفاده از شرایط مختلف پرس و سطوح چسب زنی را به عنوان پیشنهادی برای تحقیقات مشابه بعدی مطرح نمود. با توجه به مشکلات فرآوری MDF های روکش شده با روکش های آج بی ال و روند رو به رشد استفاده از پانل های MDF با روکش ملامینه و تولید حجم بالایی از ضایعات کناره بری در کارخانه های تولید کننده MDF از یک طرف و نتایج حاصل از این تحقیق از سوی دیگر، می توان تخته های حاصل از ۶۰ درصد الیاف پسماند MDF خام را به عنوان بهترین تیمار و استفاده از پسماندهای MDF خام و پسماندهای MDF با روکش ملامینه را به عنوان عملی ترین راه بازیافت انواع پسماندهای MDF در نظر گرفت.

منابع

۱. یارسایزوه، داود، مهدی قائری پور و علیرضا کیورانی، ۱۳۸۱. کاغذ و مواد چند سازه از منابع زراعی، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۷۲ ص
۲. حسین زاده، عبدالرحمن، احمد جهان لیبساری و قنبر ابراهیمی، ۱۳۷۱. تکنولوژی تولید تخته فیبر، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۴۶۰ ص
۳. دوست حسینی، کاظم، ۱۳۸۰، فن آوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۴۸ ص
4. Czarniecki, R., 2003. The Use of Recycled Board as the Substitute for articles in the Centre Layer of Particleboard, Wood technology, 6(2):76-84
5. Hasim, R., 2005. Some of Properties of Flame Retardant MDF made from Rubber Wood and Recycled Containers Containing Aluminum Trihydroxid, Biosource Technology, 96(3):1826-1831
6. Pizzi, A., 2004. Recycling Melamine-Impregnated Paper Waste as Board Adhesive, Holz als Roh, 62:419-423
7. Roffael, E., 2003. MDF Board From Recovered OSB, Holz als Roh, 61(2):390-391



تأثیر خرده لاستیک ضایعاتی بر پتانسیل تورم- انقباض خاک‌های رسی

چکیده

دفع لاستیک‌های فرسوده و ضایعاتی همواره یک چالش بزرگ پیش روی کارشناسان محیط زیست و مدیریت پسماند در دهه‌های اخیر بوده است. اخیراً استفاده از خرده لاستیک ضایعاتی و تأثیر آن در بهبود رفتار خاک‌های رسی مورد توجه محققین بوده است. در این مطالعه، برخی خواص ژئوتکنیکی خاک‌های رسی مخلوط با خرده لاستیک بازیافتی حاصل از لاستیک‌های ضایعاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور، بر روی نمونه‌های مختلف خاک رسی حاوی مقادیر وزنی ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ خرده لاستیک، آزمایش‌های تراکم، تحکیم لدنومتری و انقباض انجام شده است. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در اثر افزودن خرده لاستیک تورم آزاد و فشار تورمی خاک‌های رسی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. همچنین نتایج آزمایش‌های انقباض نشان می‌دهد که به موازات افزایش درصد خرده لاستیک، کرنش حجمی انقباضی نمونه‌ها نیز کاهش می‌یابد. در حالت کلی صرف‌نظر از اندازه خرده لاستیک، بیشترین میزان کاهش در پتانسیل تورم و انقباض در نمونه‌های حاوی ۳۰٪ خرده لاستیک مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: خرده لاستیک ضایعاتی، خاک‌های رسی، تورم، انقباض، مدیریت پسماند

محرم اسدزاده^۱، حسین سلطانی جیقه^۲

۱. دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان، گروه عمران، زنجان، ایران
moasadzadeh@gmail.com

۲. دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت معلم آذربایجان، گروه عمران، تبریز، ایران
hsoltani@azaduniv.edu

مقدمه

تشکیل می‌دهد. همچنین حدود ۵۲/۸٪ به عنوان جایگزین سوخت در کوره‌ها، ۱۶/۸٪ در تولید پودر لاستیک و مایقی در مصارف گوناگون مصرف شده‌اند و فقط ۱۲/۶٪ در سطح زمین دیو و انباشت می‌شوند [۲]. در ایران طبق آمار سال ۱۳۸۵ وزارت صنایع و معادن، سرانه تأثیر فرسوده ۳/۶ گیلوگرم به ازای هر نفر در سال می‌باشد که در شرایط ایده آل میزان ۳۵/۶٪ تأیرها به روش‌های روکش مجدد، پودر لاستیک و تولید کائوچوی اصلاح‌شده بازیافت شده و ۶۴/۴٪ در طبیعت دیو می‌شوند [۱].

یک استراتژی کارآمد برای مدیریت لاستیک‌های فرسوده و جلوگیری از دوز ریز و انباشت این مواد، بازیافت و استفاده مجدد در مصارف گوناگون می‌باشد. بازیافت لاستیک‌های فرسوده و استفاده مجدد از این مواد در سراسر جهان در حال گسترش می‌باشد. این امر باعث حفاظت از محیط زیست، منابع طبیعی و سبب کاهش حجم لاستیک‌های دیو شده می‌گردد. همچنین این عمل از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و از نظر اجتماعی نیز مورد استقبال قرار می‌گیرد. برای نخستین بار در سال ۱۹۹۲، لاستیک‌های فرسوده و ضایعاتی به قطعات کوچکتر با ابعاد و اندازه‌های مختلف تبدیل

امروزه توسعه شهرها و افزایش تعداد وسایل نقلیه جدید و همچنین از رده خارج کردن خودروهای فرسوده سبب شده است که لاستیک‌های فرسوده و ضایعاتی به عنوان یکی از آلاینده‌های زیست محیطی و بهداشتی مورد توجه محققین قرار بگیرد. استفاده از لاستیک به عنوان یکی از عناصر مهم زندگی بشر روز به روز در حال افزایش است. لاستیک‌ها از مواد پلیمری تشکیل شده‌اند که به راحتی در طبیعت تجزیه نشده و خطرات جدی برای محیط زیست و سلامت انسان‌ها به همراه دارند. مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی که در مورد انباشته‌های لاستیک‌های فرسوده و ضایعاتی وجود دارند شامل آتش‌سوزی‌های فاجعه‌آمیز، پرورش و تکثیر حشرات و نهایتاً بروز بیماری‌های ویروسی و میکروبی می‌باشد. علاوه بر مخاطرات ذکر شده، انباشته‌های لاستیکی بر زیبایی و چشم‌انداز محیط زندگی و شهری لطمه می‌زنند [۱]. بر اساس آمار سال ۲۰۰۷، در ایالات متحده آمریکا حدود ۴۵۹۵/۷ هزار تن لاستیک فرسوده و ضایعاتی تولید می‌شود که از این مقدار حدود ۵۶۰ هزار تن در پروژه‌های مهندسی عمران مورد استفاده قرار می‌گیرد. این میزان مصرف حدود ۱۳٪ از کل لاستیک‌های فرسوده و ضایعاتی تولیدی را

این نتیجه رسیدند که از مخلوط بتن حاوی پودر لاستیک می‌توان در تولید بلوک‌های سفالی در صنعت ساختمان استفاده نمود. خاک‌های متورم شونده، خاک‌هایی که در اثر تغییرات میزان درصد رطوبت تغییرات حجمی از خود نشان می‌دهند، در بخش‌هایی از سراسر جهان گزارش شده‌اند. این خاک‌ها باعث جابه‌جایی، شکست و تخریب اجزای سازه‌ای می‌شوند. مطالعات زیادی در خصوص روش‌های بهبود و تثبیت خاک‌های متورم‌شونده و کاهش اثرات این خاک‌ها انجام گرفته است. این روش‌ها شامل افزودنی‌های شیمیایی، پیش‌رطوبت، تعویض خاکه کنترل تراکم، کنترل رطوبت، تسلیح خاک با ژئوسنتتیک، پیش‌بارگذاری و روش‌های گرمایی می‌باشد. در سال‌های اخیر افزودنی‌های معدنی و ژئوسنتتیک‌های مختلفی جهت تسلیح، پایداری و بهبود مشخصات خاک‌های رسی معرفی شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تسلیح خاک‌های متورم شونده با خاکستر بادی و الیاف پلی‌پروپیلن باعث افزایش مقاومت فشاری تک‌محوری و کاهش پتانسیل تورم و انقباض می‌شود [۱۹]. کای و همکاران [۲۰] رفتار مقاومتی و تغییر حجمی خاک‌سرس مسلح شده با آهک و الیاف پلی‌پروپیلن را ارزیابی نموده و نشان دادند که افزودن آهک پتانسیل تورم و انقباض خاک‌های رسی را کاهش می‌دهد. هارایتو و همکاران [۲۱] با بررسی تأثیر الیاف پلی‌پروپیلن بر خاک‌های رسی متراکم شده دریافتند که با افزودن الیاف حد انقباض نمونه‌ها افزایش و در مقابل کرنش حجمی انقباضی کاهش می‌یابد. در این مطالعه، ویژگی‌های تراکمی، رفتار تورمی و انقباضی مخلوط‌های رس حاوی مقادیر مختلف خرده لاستیک با انجام آزمایش‌های تراکم، تحکیم اتومتری و انقباض بررسی شده و بر مبنای نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها، اثر درصد و اندازه خرده لاستیک بر تورم آزاد، فشار تورمی و کرنش حجمی انقباضی نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

برنامه آزمایشگاهی

۱. مصالح مورد استفاده

۱-۱. خاک‌رس

در این تحقیق از خاک‌رس منطقه آذرشهر واقع در جنوب غربی استان آذربایجان شرقی استفاده شده است. مصالح خاکی مورد استفاده در این مطالعه از الک شماره ۴۰ (۰/۴۲۵ میلی‌متر) عبور داده شد و آزمایش‌های حدود اتبرگ مطابق استاندارد ASTM D4318-00 بر روی خاک‌رس مورد نظر انجام شد. حد خمیری، حد روانی و شاخص خمیری این خاک به ترتیب ۲۱٪، ۳۳٪ و ۱۲٪ تعیین گردید. همچنین جگالی

شده و مصالح حاصله به صورت تکه‌خرده لاستیک در کاربردهای مهندسی عمران مطرح گردیدند. در فرآیند تولید خرده لاستیک از نایر، سیم‌های فولادی، تاپر توسط میدان مغناطیسی جداسازی می‌شود و الیاف تاپر نیز توسط توری‌ها، شبکه‌ها و هواکش‌ها از خرده لاستیک‌ها جدا می‌شوند. از جمله خواص تکه‌خرده لاستیک‌ها می‌توان به وزن کم، تراکم پذیری بالا، خواص زهکشی مناسب، دوام بلندمدت اشاره نمود. این مواد با قابلیت دسترسی گسترده دارای صرفه اقتصادی برای مصارف گوناگون می‌باشند. تکه‌خرده لاستیک تولید شده از لاستیک‌های فرسوده و ضایعاتی در ساخت جاده‌های موقت، ساخت آسفالت، ساخت بتن، تثبیت باتلاق، سطح زمین بازی، محوطه پارک‌ها و پیاده‌روها، جرخ‌های وسایل حمل و نقل (ارابه‌گاری)، تهیه دوده در رنگ‌سازی، کفپوش و به عنوان مصالح زهکش در سیستم‌های زهکشی استفاده می‌شوند علاوه بر این، خرده لاستیک‌ها در صنایعی مانند قطعه‌سازی خودرو، نفت، تولید تاپر و تیوب و کشتیرانی نیز مصرف می‌شوند. اخیراً در مهندسی ژئوتکنیک از مخلوط مصالح خاکی و خرده لاستیک تاپرها در خاکریزی پشت دیوارهای حائل، راهسازی در جاده‌ها، مدفن‌های بهداشتی و ... استفاده می‌شود.

خرده لاستیک‌های بازیافتی به عنوان مصالح در خاکریزی پشت دیوارهای حائل به طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۳،۴،۵،۶،۷،۸]. همچنین ضایعات لاستیک فرسوده و کهنه به صورت خرده لاستیک بازیافت شده در خاکریزی بزرگراه‌ها و جاده‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۰،۹،۱۷]. در بتن آسفالتی و بتن سیمانی، پودر لاستیک به طور موفقیت‌آمیزی جایگزین مصالح دانهای بوده است. در اثر افزودن پودر لاستیک به آسفالت، مقاومت در برابر ترک خوردگی مخلوط‌های آسفالتی بهبود می‌یابد [۱۱،۱۲]. در ملات یا مخلوط‌های بتنی با افزایش درصد لاستیک، مقاومت فشاری و وزن مخصوص نمونه‌ها کاهش می‌یابد [۱۳،۱۴،۱۵]. هرناندز و بالوانگا [۱۶] گزارش دادند که با افزودن پودر لاستیک مقاومت در برابر حریق در دال‌های بتنی با مقاومت بالا، افزایش می‌یابد. یلماز و دگیرمانچی [۱۷] امکان استفاده از پودر لاستیک، خاکستر بادی و سیمان پرتلند را به عنوان مصالح ساختمانی و بنایی مورد ارزیابی قرار دادند. آنان دریافتند که مخلوط‌های شامل ۱۰٪ سیمان پرتلند، ۷۰-۶۰٪ خاکستر بادی و ۳۰-۲۰٪ پودر لاستیک مقاومت کافی برای مصالح ساختمانی و بنایی را دارند. پینتو و همکاران [۱۸] رفتار مکانیکی پودر لاستیک مخلوط با سیمان پرتلند را بررسی نموده و به

۱۲ و ۲۰) و خرده لاستیک درشت^۱ بین ۲/۳۶ میلی متر تا ۴/۷۵ میلی متر (بین الکهای شماره ۴ و ۸) تقسیم شده بودند. نمونه‌های آزمایشگاهی از اختلاط خاک رس (CL) با مقادیر وزنی ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ خرده لاستیک‌های ریز دانه و درشت دانه تهیه شده بودند. فهرست نمونه‌های مورد آزمایش به همراه برخی مشخصات آنها در جدول (۱) آمده است. لازم به ذکر است جهت عمل آوری و خیساندن یکنواخت نمونه‌ها، در ابتدا مصالح لازم برای هر لایه به صورت خشک با یکدیگر و سپس با آب مخلوط شده و در کسه‌های پلاستیکی به مدت ۲۴ ساعت نگهداری می‌شدند.

جدول (۱) نام و مشخصات نمونه‌های آزمایش شده

ردیف	رس (%)	خرده لاستیک (%)	نام نمونه‌ها	ω_{opt} (%)	γ_{dmax} (KN/m ³)
۱	۰	۰	0% Tire Chip (Clay)	۲۱/۷۵	۱۴/۷۸
۲	۹۰	۱۰	10% Fine Tire Chips	۲۱/۵۰	۱۳/۸۰
۳	۸۰	۲۰	20% Fine Tire Chips	۲۰/۰۰	۱۲/۹۸
۴	۷۰	۳۰	30% Fine Tire Chips	۲۱/۰۰	۱۲/۳۸
۵	۹۰	۱۰	10% Coarse Tire Chips	۲۰/۱۰	۱۴/۴۰
۶	۸۰	۲۰	20% Coarse Tire Chips	۱۸/۹۸	۱۳/۷۸
۷	۷۰	۳۰	30% Coarse Tire Chips	۱۹/۱۰	۱۲/۷۲

۲. آزمایش‌های انجام شده

۲-۱. آزمایش‌های تراکم

پایداری و نشست سازه‌های خاکریز در پروژه‌های قبلی مثل خاکریزی راه‌ها و خاکریز پشت سازه‌های حائل و ... به نحوه تراکم مصالحی که به عنوان خاکریز در آنها استفاده شده‌اند بستگی دارد. اگر مصالح خاکریز در محل واقعی به صورت دیو و تصادفی ریخته شده باشند خاکریز با نشست همراه بوده و در نهایت پایداری کمتری از خود نشان خواهد داد. از اینرو، جهت تعیین درصد رطوبت بهینه و وزن مخصوص خشک حداکثر، آزمایش‌های تراکم به روش پروکتور مطابق با استاندارد ASTM D698-00a، بر روی نمونه‌های مختلف رس - خرده لاستیک و نمونه خاک رس خالص انجام شد. وزن مخصوص خشک حداکثر و درصد رطوبت نمونه‌ها با درصد‌های مختلف خرده لاستیک مطابق جدول (۱) تعیین گردید.

۲-۲. آزمایش‌های تحکیم ادنومتر

برای انجام آزمایش‌های تحکیم ادنومتر (ASTM D2435-03)، نمونه‌ها با درصد رطوبت ۱٪ بیشتر از رطوبت بهینه با دانسیته معادل با ۹۵٪ وزن مخصوص خشک حداکثر در دو لایه داخل حلقه تحکیم، با قطر ۷۵ میلی متر و ارتفاع ۲۰ میلی متر، به طور استاتیکی متراکم شدند. پس از سوار کردن نمونه روی دستگاه تنش ۵ kPa بر نمونه اعمال نموده و نمونه‌ها با آب مقطر اشباع شدند. پس از گذشت حداقل ۲۴ ساعت مقدار تورم نمونه‌ها فرانت شد و در ادامه با اعمال بارهای ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ کیلو پاسکال مرحله بارگذاری انجام شد. هر مرحله بارگذاری به مدت ۲۴ ساعت ادامه و در فواصل زمانی مختلف میزان نشست نمونه‌ها ثبت گردید. بعد از اتمام مراحل بارگذاری، میزان تورم ناشی از بارگذاری از نمونه در دو

1. Fine Tire Chips
2. Coarse Tire Chips

اشباع شد از ظرف محتوی آب خارج شده و به منظور زهکشی و خشک شدن در معرض هوای آزاد، در محیط آزمایشگاه، قرار داده شد. در طی پروسه خشک کردن به طور مکرر وزن و حجم نمونه اندازه گیری می شود. برای اندازه گیری کاهش حجم نمونه در حین خشک شدن میانگین تغییر ابعاد نمونه در چهار نقطه (جمع شدگی ارتفاع و قطر نمونه) با کولیس ورنیه اندازه گیری شد. نتایج اندازه گیری ها برای محاسبه میزان انقباض حجمی نمونه ها بکار می رود. برای محاسبه دقیق تغییرات حجم نمونه ها با تغییر رطوبت، حداقل ۱۰ مجموعه اندازه گیری شامل اندازه گیری ارتفاع و قطر برای درصد رطوبت های مختلف انجام شد. با استفاده از درصد رطوبت نهایی و تغییرات قبلی در وزن نمونه، درصد رطوبت متناظر با تغییر حجم نمونه های مختلف محاسبه شده و نسبت تخلخل متناظر اندازه گیری می شود.

تفسیر نتایج

۱. آزمایش های تراکم

متحنی های تراکم برای نمونه خاک رس خالص و نمونه های مختلف رس و خرده لاستیک در شکل ۲-الف و ب ارائه شده است. از شکل ها ملاحظه می شود که برای هر دو نوع خرده لاستیک، با افزودن خرده لاستیک وزن مخصوص خشک حداکثر کاهش می یابد. با افزایش درصد خرده لاستیک از ۱۰٪ به ۳۰٪، روند کاهش وزن مخصوص خشک حداکثر به علت جایگزینی خرده لاستیک به جای ذرات رس بیشتر می شود. همچنین در اثر ازدیاد درصد خرده لاستیک، درصد رطوبت بهینه نمونه ها نیز کاهش می یابد. ولی در درصد های بالاتر خرده لاستیک، تغییرات اندک و چندان مشهود نمی باشد.

۲. آزمایش های تحکیم اذنومتری

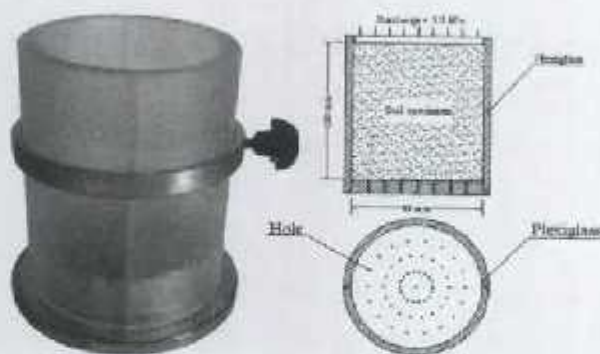
۱-۲. نمودار نسبت تخلخل - تنش تحکیمی

معمولاً نتایج آزمایش های تحکیم اذنومتری به صورت متحنی های نسبت تخلخل در برابر تنش تحکیمی ($e - \log p$) ارائه می شود. شکل ۳-الف و ب متحنی تغییرات نسبت تخلخل در برابر لگاریتم تنش تحکیمی، $e - \log p$ ، برای نمونه خاک رس خالص و نمونه های مخلوط با خرده لاستیک های ریز و درشت را نشان می دهد مشاهده می شود که با افزایش مقدار خرده لاستیک در مخلوط، متحنی های $e - \log p$ به سمت پایین سوق پیدا می کند. صرف نظر از اندازه خرده لاستیک با افزایش درصد خرده لاستیک نسبت تخلخل نمونه ها کاهش می یابد.

مرحله یادداشت گردید. بر اساس اطلاعات بدست آمده، مقادیر تورم آزاد و فشار تورمی برای نمونه خاک رس خالص و نمونه های مسلح شده با مقادیر مختلف خرده لاستیک تعیین شدند. هر آزمایش تحکیم به مدت ۱۰ روز به طول انجامید.

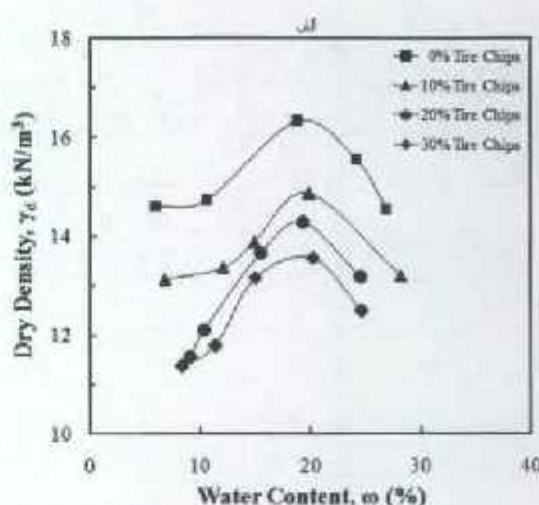
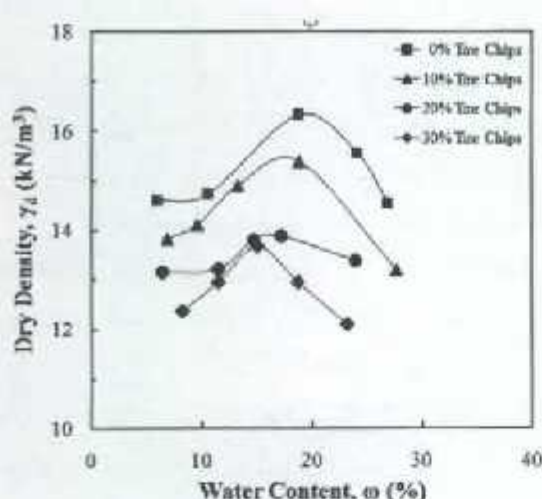
۲-۳. آزمایش های انقباض

برای بررسی ویژگی های تغییر حجمی نمونه ها، آزمایش های انقباض بر روی نمونه ها انجام شد. روش آزمایش مورد استفاده برای تعیین کرنش حجمی انقباضی در این تحقیق، شبیه روش بریاد و همکاران [۲۲] می باشد. نمونه های آزمایش با درصد رطوبت ۱٪ بیشتر از رطوبت بهینه و با دانسیته معادل با ۹۵٪ وزن مخصوص خشک حداکثر درون محفظه پلاکسی گلس به قطر ۹۰ میلی متر و ارتفاع ۱۰۰ میلی متر در چهار لایه به طور استاتیکی با چکش مخصوص متراکم شدند. شمای کلی از محفظه پلاکسی گلس استوانه ای حاوی نمونه خاک در شکل (۱) ارائه می شود. برای جلوگیری از شسته شدن ذرات ریزانه خاک به داخل سوراخ محفظه، در بالا و پایین نمونه خاک کاغذ صافی قرار داده شد. پس از آماده سازی نمونه، برای اشباع کردن آن، نمونه درون یک ظرف پر از آب گذاشته شدند. در طی مرحله اشباع، برای جلوگیری از هر گونه دست خوردگی در نمونه خاک به علت فشار آب، سطح آب در ظرف تا رسیدن به سطح خاک، به تدریج زیاد شده و سر بار ۵ kPa بر روی سطح بالایی نمونه های خاک گذاشته شدند.

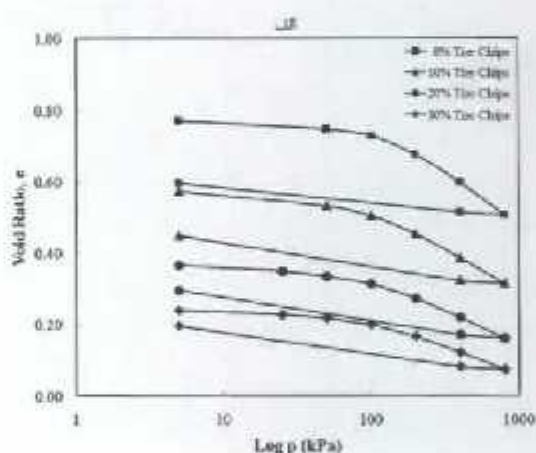
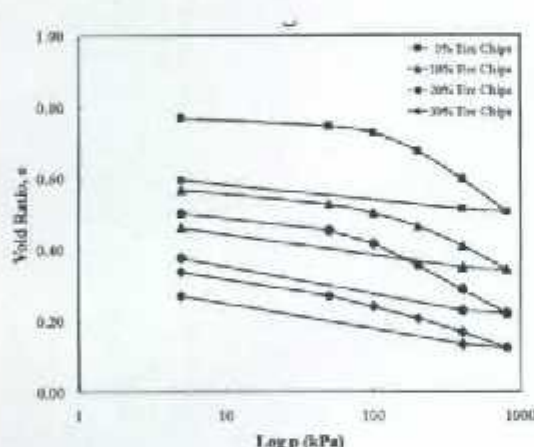


شکل (۱): شماتیک محفظه پلاکسی گلس حاوی نمونه خاک

برای اطمینان از اشباع شدن، نمونه را وزن نموده و با استفاده از روابط وزنی - حجمی، درجه اشباع نمونه اندازه گرفته می شود. وقتی نمونه



شکل (۳): منحنی‌های تراکم نمونه‌های مخلوط با خرده لاستیک: الف) ریز درشت



شکل (۳): تغییرات نسبت تخلخل در برابر تنش برای نمونه‌های مخلوط با خرده لاستیک: الف) ریز درشت

نمونه در اثر جذب آب می‌باشند. در شکل ۴- الف تغییرات تورم آزاد بر حسب درصد خرده لاستیک ارائه گردیده است. مطابق شکل مشاهده می‌شود که در اثر افزودن خرده لاستیک تورم آزاد نمونه‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. علاوه بر این، ملاحظه می‌شود برای هر دو نوع خرده لاستیک ریز و درشت، به موازات افزایش درصد خرده لاستیک، تورم آزاد نمونه‌ها کاهش می‌یابد. بطوریکه روند کاهش در درصد‌های بالاتر بیشتر مشهود می‌باشد. مقادیر کاهش تورم آزاد در نمونه‌های مخلوط با خرده لاستیک درشت نسبت به نمونه‌های مخلوط با خرده لاستیک ریز اندکی بیشتر می‌باشد.

۲-۲. تورم آزاد

تورم آزاد همان تورم نمونه در اثر جذب آب تحت سربار ناچیز (که در این تحقیق ΔkPa انتخاب شد) می‌باشد در آزمایش تحکیم یک بعدی، تورم آزاد درصد تغییر ارتفاع نمونه به ارتفاع اولیه آن در اثر جذب آب است و از رابطه زیر تعیین می‌شود:

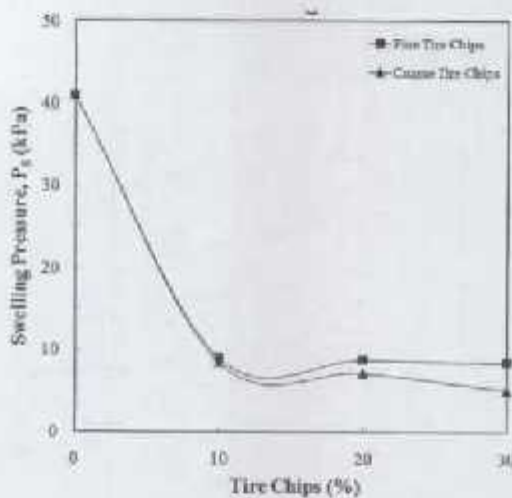
$$\text{Free Swelling (\%)} = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100 \quad (1)$$

که در این رابطه H_0 و ΔH به ترتیب ارتفاع اولیه نمونه و تغییر ارتفاع

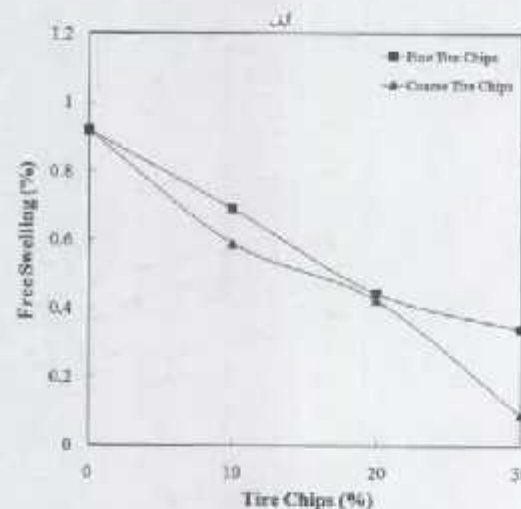
۳-۲. فشار تورمی

تورمی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. مقدار فشار تورمی برای نمونه خاک رس خالص ۴۱ kPa می‌باشد در حالی که برای نمونه‌های مسلح شده با ۱۰٪ خرده لاستیک‌های ریز و درشت مقادیر فشار تورمی به ترتیب به حدود ۹ kPa و ۸/۵ kPa رسیده است. به عبارت دیگر، در اثر ازدیاد خرده لاستیک فشار تورمی به میزان حدود ۷۵٪ کاهش می‌یابد. با افزایش درصد خرده لاستیک از ۱۰٪ به ۳۰٪ تغییرات چندان محسوسی مشاهده نمی‌شود این بدان معناست که میزان کاهش در فشار تورمی با افزایش درصد خرده لاستیک از ۱۰٪ به ۳۰٪ ناچیز است. مخلوط‌های حاوی خرده لاستیک درشت نسبت به مخلوط‌های حاوی خرده لاستیک ریز فشار تورمی کمتری دارند البته میزان این تغییرات اندک مشاهده می‌شود.

منحنی‌های نسبت تخلخل در برابر تنش تحکیمی ($e-\log p$) در بخش ۳-۲-۱ برای نمونه خاک‌درس خالص و نمونه‌های مختلف رس-خرده لاستیک ارائه شدند. از آنجایی که تمامی نمونه‌ها در شرایط ۱٪ بیشتر از درصد رطوبت بهینه و دانسیته معادل یا ۹۵٪ وزن مخصوص خشک حداکثر با اندازه و درصدهای مختلف خرده لاستیک مترکیم شده‌اند از اینرو نسبت تخلخل اولیه (e_0) نمونه‌ها متفاوت می‌باشد. فشار تورمی (p_s) مطابق با نسبت تخلخل اولیه (e_0) با استفاده از منحنی‌های $e-\log p$ تعیین گردیدند. شکل ۴-ب تغییرات فشار تورمی در برابر درصد خرده لاستیک را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با افزودن مقدار ۱۰٪ خرده لاستیک ریز و درشت، فشار



شکل (۴) (ب) اثر درصد خرده لاستیک بر الف) تورم آزاد (ب) فشار تورمی



این شکل‌ها مشاهده می‌شود که در تمامی نمونه‌ها، با کاهش درصد رطوبت نمونه‌ها (یا به عبارت دیگر با خشک شدن نمونه‌ها) نسبت تخلخل (e) کم شده و پس از رسیدن درصد رطوبت به مقداری معین، با کاهش رطوبت نسبت تخلخل (e) ثابت می‌ماند یا به عبارت دیگر، نمونه‌ها کاهش حجم نمی‌دهند. همچنین از این شکل‌ها می‌توان دید که در نمونه‌های با اندازه خرده لاستیک مشابه، نرخ کاهش در نسبت تخلخل با افزایش درصد خرده لاستیک در نمونه‌ها کمتر می‌شود.

۳-۲-۲. کرنش حجمی انقباضی

کرنش حجمی ناشی از انقباض در انتهای مرحله خشک شدن در هر

۳. آزمایش‌های انقباض

۳-۱. تغییرات نسبت تخلخل (e) بر حسب w, G_s

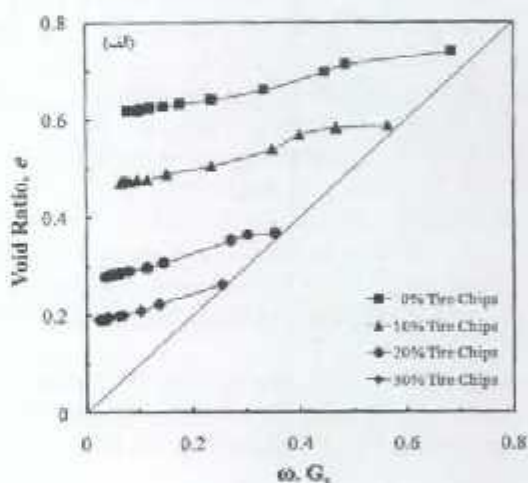
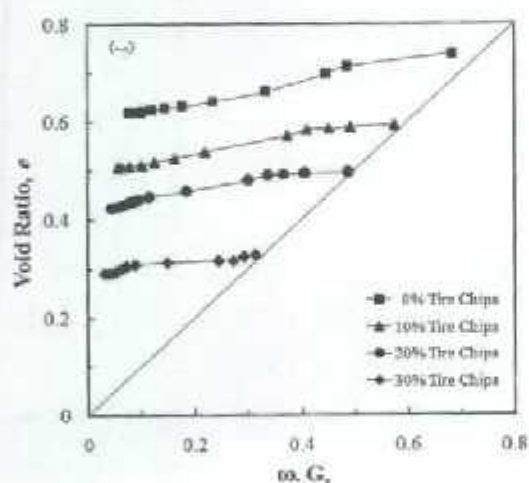
با توجه به اینکه در حین انجام آزمایش‌های انقباض، میزان تغییر حجم نمونه‌ها و کاهش وزن آنها در اثر خشک شدن اندازه‌گیری می‌شد بر اساس داده‌های بدست آمده می‌توان نسبت تخلخل (e) و درصد رطوبت (w) نمونه‌ها را در هر مرحله از اندازه‌گیری تعیین کرده و تغییرات نسبت تخلخل (e) نمونه‌ها را بر حسب w, G_s در طول آزمایش رسم کرد. تغییرات نسبت تخلخل (e) بر حسب w, G_s برای نمونه خاک‌درس خالص و نمونه‌های مخلوط با مقادیر مختلف خرده لاستیک در شکل ۵-الف و ب ارائه شده است. خط رسم شده بر روی این گراف‌ها خط حالت اشباع نمونه‌ها را نشان می‌دهد. از

در شکل ۶-الف و ب تغییرات کرنش حجمی ناشی از انقباض بر حسب درصد خرده لاستیک ارائه شده است. از این شکل‌ها دیده می‌شود که صرف نظر از اندازه خرده لاستیک‌ها، با افزایش درصد خرده لاستیک مقدار انقباض حجمی نمونه‌ها کاهش می‌یابد به طوری‌که در نمونه‌های با مقدار خرده لاستیک ۳۰٪ کمترین مقدار انقباض مشاهده شد و میزان انقباض حجمی نمونه‌های رس خالص از سایر نمونه‌ها بیشتر است. شرایط نمونه‌های خشک شده در انتهای آزمایش نیز موارد فوق را تأیید می‌کنند. در کل می‌توان نتیجه گرفت که افزودن خرده لاستیک به رس خالص کرنش حجمی انقباضی را کاهش می‌دهد. همچنین با توجه به شکل ۶-ب مشاهده می‌شود که مخلوط‌های حاوی خرده لاستیک درشت کرنش حجمی کمتری از خود نشان می‌دهند.

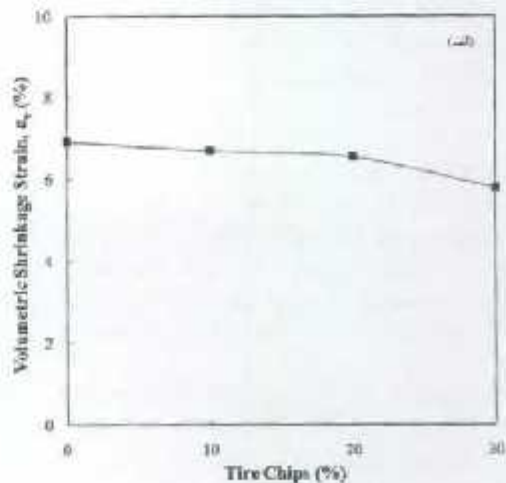
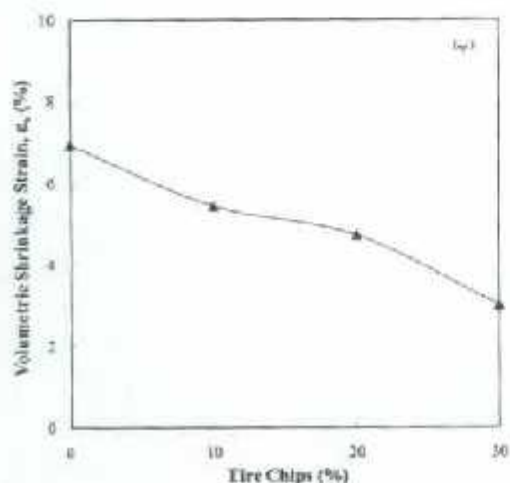
نمونه را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$\varepsilon_v = \left[\frac{V_i - V_f}{V_i} \right] \times 100 \quad (۲)$$

ε_v کرنش حجمی ناشی از انقباض ($\%$)، V_i و V_f نیز به ترتیب حجم‌های اولیه و نهایی نمونه می‌باشند. حجم اولیه نمونه با توجه به اندازه‌گیری اولیه ابعاد (پس از تراکم نمونه درون قالب) از حجم قالب مشخص می‌شود و حجم نهایی هم در طول آزمایش ثبت می‌گردد. کم بودن کرنش حجمی انقباضی را می‌توان از مزایای مصالح مورد استفاده در پوشش مدفن‌های بهداشتی و سایر سازه‌های خاکی تلقی کرد.



شکل (۵): تغییرات نسبت تخلخل (e) بر حسب e_0 (برای نمونه‌های مخلوط با خرده لاستیک الف) و ریز (ب) درشت



شکل (۶): تغییرات کرنش حجمی ناشی از انقباض بر حسب درصد خرده لاستیک الف) ریز (ب) درشت

نتیجه‌گیری

در این مقاله، تأثیر افزودن خرده لاستیک بازیافتی حاصل از لاستیک‌های فرسوده و ضایعاتی به منظور کاهش پتانسیل تورم و انقباض خاک‌های رسی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور آزمایش‌های تراکم، تحکیم انومتری و انقباض بر روی نمونه خاک‌برس خالص و مخلوط‌های خاک‌برس - خرده لاستیک با مقادیر وزنی مختلف و اندازه متفاوت خرده لاستیک انجام شدند. نتایج نشان داد که وزن مخصوص خشک حداکثر و درصد رطوبت بهینه نمونه‌های مخلوط با خرده لاستیک کاهش می‌یابد. علت این امر را می‌توان به وزن کم خرده لاستیک‌ها و عدم جذب آب توسط این مواد نسبت داد. با افزودن خرده لاستیک مقادیر تورم آزاد و فشار تورمی نمونه‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. علاوه بر این، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که کرنش حجمی انقباضی نمونه‌ها نیز با افزودن خرده لاستیک به رس خالص کاهش می‌یابد. پتانسیل تورم و کرنش حجمی انقباضی با افزایش درصد خرده لاستیک در مخلوط کاهش می‌یابد. کاهش پتانسیل تورم و انقباض در نمونه‌های حاوی ۳۰٪ خرده لاستیک دارای بیشترین میزان می‌باشد. نتایج بیانگر آن است که اندازه خرده لاستیک بر مقادیر تورم آزاد، فشار تورمی و کرنش حجمی انقباضی نمونه‌ها تأثیر گذار می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌ها، به موازات افزایش درصد خرده لاستیک در مخلوط، کاهش نسبت تخلخل در نمونه‌ها مشاهده گردید. این مطالعه، با توجه ویژه به مدیریت مواد زائد جامد شهری، امکان استفاده از مخلوط‌های رس و خرده لاستیک را به سبب وزن کم، صرفه اقتصادی و تعدیل پتانسیل تورمی و انقباضی به عنوان مصالح مناسب برای خاکریزی پشت سازه‌های نگهدارنده و پایه پل‌ها معرفی می‌نماید.

منابع

- Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE 123 (4), pp. 295-304, 1997.
- Masad, E., Taha, R., Ho, C. and Papagiannakis, T., "Engineering properties of tire/soil mixtures as a lightweight fill material," *Geo-technical Testing Journal*, ASTM 19 (3), pp. 297-304, 1996.
- Humphrey, D. N. and Manion, W. P., "Properties of tire chips for lightweight fill, grouting, soil improvement, and geosynthetics," *ASCE*, 2, pp. 1344-1355, 1992.
- Cetin, H., Fener, M. and Gunaydin, O., "Geotechnical properties of tire-cohesive clayey soil mixtures as a fill material," *Engineering Geology*, 88 (1-2), pp. 110-120, 2006.
- Lee, J. H., Salgado, R., Bernal, A. and Lovell, C. W., "Shredded tires and rubber-sand as lightweight backfill," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 125, pp. 132-141, 1999.
- Eldin, N. N. and Senouci, A. B., "Use of scrap tires in road construction," *Journal of Construction Engineering and Management*, 118, pp. 561-576, 1992.
- Bosscher, P. J., Edil, T. B. and Kuraoka, S., "Design of highway embankments using tire chips," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 123(4), pp. 295-304, 1997.
- Choubane, B., Sholar, G. A., Musselman, J. A. and Page, G. C., "Ten-year performance evaluation of asphalt-rubber surface mixes," *Transportation Research Record No. 1681*, Transportation Research Board, Washington, DC, pp. 10-18, 1999.
- Cano, J. O. and Charania, E., "The Phoenix experience using asphalt-rubber," *Proceedings of National Seminar on Asphalt-Rubber*, Kansas City, Missouri, 1989.
- Fattuhi, N. I. and Clark, L. A., "Cement-based materials containing shredded truck tyre rubber," *Construction and Building Materials*, 10 (4), pp. 229-236, 1996.
- Fedroff, D., Ahmad, S. and Savas, B. Z., "Mechanical properties of concrete with ground waste tire rubber," *Transportation Research Record No. 1532*, Transportation Research Board, Washington, DC, 1996.
- Goulias, D. G. and Ali, A. H., "Evaluation of rubber-filled concrete and correlation between destructive and non-destructive testing results," *Cement, Concrete and Aggregates*, CCAGDP 20 (1), pp. 140-444, 1998.
- Hernandez-Olivares, F. and Baluenga, G., "Fire performance of recycled rubber filled high-strength concrete," *Cement and Concrete Research*, 34, pp. 109-117, 2004.
- Yilmaz, A. and Degirmenci, N., "Possibility of using waste tire rubber and fly ash with Portland cement as construction materials," *Waste Management*, 29, pp. 1541-1546, 2009.
- رسم‌دیان، ف.، گزارش بازیافت لاستیک، دفتر صنایع غیر فلزی وزارت صنایع و معادن، ۱۳۸۵.
- Rubber Manufacturers Association, "Scrap tire markets in the united states; 9th biennial report," Washington, D.C., http://www.rma.org/scrap_tires, May 2009.
- Tweedie, J. J., Humphrey, D. N. and Sandford, T. C., "Tire shreds as retaining wall backfill, active conditions," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE 124 (11), pp. 1061-1070, 1998.
- Bosscher, P. J., Edil, T. B. and Kuraoka, S., "Design of highway embankments using tire chips," *Journal of*

18. Pinto, C. A., Jose, C. L. V., Vianna, M. M. G. R., Koziectch, V. F. J., Hamassaki, L. T., Wiebeck, H., Buchler, P. M. and Valenzuela Diaz, F. R., "Study on the mechanical performance of composites of rubber powder and cement," *Material science forum trans tech publications*, 418, pp. 720-724, 2003.
19. Punthutaecha, K., Puppala, A. J., Vanapalli, S. K. and Inyang, H., "Volume change behaviours of expansive soils stabilized with recycled ashes and fibers," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 18 (2), pp. 295-306, 2006.
20. Cai, Y., Shi, B., Ng, C. W. W. and Tang, C., "Effect of polypropylene fibre and lime admixture on engineering properties of clayey soil," *Engineering Geology*, 87 (3-4), pp. 230-240, 2006.
21. Harianto, T., Hayashi, S., Du, Y. J. and Suetsugu, D., "Effects of Fiber Additives on the Desiccation Crack Behavior of the Compacted Akaboku Soil as A Material for Landfill Cover Barrier," *Springer science press, Water Air Soil Pollut*, 194, pp. 141-149, 2008.
22. Briaud, J.L., Zhange, X. and Moon, S., "Shrink test-water content method for shrink and swell predictions," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 129(7), pp. 590-600, 2003.

1870

Received of the Treasurer of the
Board of Directors of the
City of New York the sum of
Five Hundred Dollars for
the purchase of the
lot of land situated
at the corner of
Broadway and
Nassau Street
and the same is hereby
acknowledged and
received by the
City of New York
this 1st day of
January 1870

Mayor

بررسی سیستم مدیریت پسماندهای ساختمانی در ایران و ارائه مدل مدیریتی سازگار برای آن (مطالعه موردی شهر مشهد)

چکیده

فعالیت‌های ساختمانی در هر جامعه‌ای امری اجتناب‌ناپذیر بوده و میزان آن رابطه مستقیم با وضعیت اقتصادی و اجتماعی آن جامعه دارد. از جمله این فعالیت‌های ساختمانی می‌توان به فعالیت‌های تخریب، ساخت و ساز و پروژه‌های ساختمانی اشاره نمود. در اثر این فعالیت‌ها دورریزهایی تولید می‌شود که اصطلاحاً خاک و نخاله یا پسماندهای ساختمانی نامیده می‌شوند. مدیریت این دسته از پسماندها به دلیل حجم بالای تولید و پتانسیل آلاینده‌گی جزء لاینفک مدیریت پسماند شهری می‌باشد. با توجه به فرآیند مدیریت پسماند، در کلانشهر مشهد منابع تولید پسماند ساختمانی شامل سه منبع تعمیرات ساختمانی، تخریب بافت فرسوده شهری و پروژه‌های عمرانی و ساختمانی می‌باشد. سیستم ذخیره سازی و جمع‌آوری به صورت مکانیزه بوده و حمل به صورت مستقیم و ایستگاه میانی انجام می‌پذیرد و عملیات بازیافت و دفع نیز به صورت استفاده مجدد در فرآیند دفن پسماند و استفاده مجدد می‌باشد.

در این مقاله سعی شده است با تشریح سیستم موجود مدیریت پسماندهای ساختمانی در شهر مشهد، نتایج اجرایی آن در ابعاد تولید، ذخیره سازی، جمع‌آوری و حمل پسماندهای ساختمانی در یک بازه زمانی ۵ ساله بررسی گردد و نهایتاً با کمک مدل تحلیل استراتژی‌های SWOT برای شناخت اثرات متقابل عوامل مختلف و اثر نقاط قوت و ضعف و فرصت‌ها و تهدیدات اقدام شود. همچنین با استفاده از ماتریس برنامه‌ریزی استراتژیک کمی (QSPM) ضمن کمی نمودن ارزش عوامل، اولویت اجرای استراتژی‌های مطرح در آینده مشخص شده و با کمک ماتریسهای ارزیابی عوامل داخلی و عوامل خارجی (IFE & EFE) میزان اثرگذاری عوامل استخراج و در ماتریس موقعیت و اقدام استراتژیک (SPACE) ضمن تعیین ارزش توان مالی، مزیت رقابتی، حمایت محیط و توان اجرایی، سیاست کلی مدیریت پسماندهای ساختمانی شهر مشهد بصورت اولویت‌گذاری استراتژی‌های تهاجمی در آینده تعیین گردیده است.

واژه‌های کلیدی: پسماند ساختمانی، جمع‌آوری و حمل، سیستم مکانیزه، استراتژی مدیریت پسماندهای ساختمانی، شهر مشهد

مقدمه

بعنوان یکی از انواع پسماند شهری، لزوم مدیریت صحیح اینگونه از پسماندها در کلیه مراحل تولید، ذخیره موقت، جمع‌آوری و حمل و بازیافت و دفع، امروزه به عنوان یکی از مسائل قابل توجه در مدیریت شهرها (به ویژه کلانشهرها)، مطرح گردیده است. تجمل‌گرایی و مدرنیته از یکسو و افزایش ارزش افزوده زمین و مسکن در شهرهای بزرگ و تمرکز سرمایه‌گذاری در این بخش منجر به رشد تصاعدی در تخریب بافت قدیمی در این شهرها و جایگزینی ساختمان‌های

با توجه به توسعه روز افزون فضاهای شهری، یکی از پیامدهای آن تولید انبوه پسماندهای ناشی از فعالیت‌های ساختمانی می‌باشد؛ که نیازمند برنامه‌ریزی منسجم مبتنی بر اصول مدیریتی و مهندسی برای ساماندهی اینگونه از پسماندها بوده و لزوم طراحی و تعیین استراتژی و خط مشی صحیح و علمی برای اداره امور خدماتی کلانشهرها در این خصوص کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. از سویی با توجه به حجم بالای تولید پسماندهای ساختمانی و پتانسیل آلاینده‌گی آنها،

خلیل ا. کاظمی خیبری^۱، رشید صحابی^۲

۱. معاون خدمات شهری شهرداری مشهد

۲. مدیرکل دفتر امور شهری و شوراهای استانداری خراسان رضوی

جدید شده و نهایتاً تولیدی انبوهی از پسماندهای ساختمانی را بدنیال داشته است. بطوری که طبق یک آمار برآوردی بطور متوسط سالانه حدود ۴۰ میلیون تن پسماند ساختمانی ساختمانی در ایران تولید و به روش‌های مختلف که غالباً غیراصولی بوده در محیط زیست رها می‌شود. مدیریت نامناسب جمع‌آوری، حمل و نقل، دفع ضایعات ساختمانی و تخلیه غیر مجاز و غیر اصولی آنها در مکان‌هایی مثل حاشیه شهرها (به‌خصوص در ورودی و خروجی)، بستر رودخانه‌های خشک، سیل‌ها، کنال‌ها و نمودال‌ها و حتی زمین‌های کشاورزی باعث بر هم زدن نظم اکولوژیک بسترهای طبیعی، افزایش خطر سیلاب، لغزش، تخریب مراتع طبیعی، صدمه به محیط زیست (آلودگی آب، خاک، هوا)، آلودگی منظر شهری، افزایش جمعیت حیوانات و حشرات موذی و شیوع بیماری می‌گردد.

بطور کلی به زائادات حاصل از تخریب ساختمان، تغییر اماکن مسکونی، تجاری، صنعتی و یا سایر فعالیت‌های ساختمان‌سازی، نخاله‌های ساختمانی گفته می‌شود [۱]. همچنین پسماند ناشی از تخریب عبارت است از پسماند تولیدی ناشی از تخریب ساختمان‌ها، جاده‌ها، خیابان‌ها، پیاده روها، پل‌ها و سایر سازه‌ها. البته غالباً ترکیب پسماندهای تخریب شبیه پسماندهای ساخت می‌باشد این پسماند معمولاً شامل آسفالت، بتن، گچ، آهک، آجر، شیشه و ... است [۲]. امروزه در جهان فشار شدیدی در صنعت ساخت و ساز به منظور کاهش هزینه و بهبود کیفیت محیط زیست وجود دارد. در ایالات متحد آمریکا آژانس حفاظت محیط زیست نقش عمده‌ای در مسئله مدیریت ضایعات ساختمانی دارد. این آژانس از طریق ارتباط با عوامل کلیدی در صنعت ساخت و ساز، تغییر و تخریب ساختمان سعی در اجرای بهتر عملیات، کاهش و بازیافت پسماندهای ساختمانی و نیز بدست آوردن اطلاعات دقیق از میزان و ویژگی‌های ضایعات ساختمانی دارد. [۹] ضایعات ساختمانی از نظر وزن، حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد ترکیب پسماندهای شهری در کشور کویت را شامل شده و ترکیب آن از نظر فیزیکی شامل ۳۰ درصد بتن، ۳۰ درصد آجر، ۲۵ درصد شن و ماسه، ۸ درصد چوب و ۲ درصد سایر مواد می‌باشد در کویت، با توجه به مشکلات زیست محیطی بالقوه جنبه‌های مردمی و مسایل اقتصادی دفع ضایعات ساختمانی، بر کاهش و بازیافت پسماندهای ساختمانی تمرکز دارند [۱۰]. در سه شهر بزرگ ریودوژانیرو، ساوپالو و سالوادور واقع در برزیل، متوسط پسماندهای ساختمانی تولید شده به ازای هر نفر در روز ۰/۴۹ کیلوگرم برآورد می‌شود که این میزان حدود ۳۱ درصد کل پسماند خانگی جمع‌آوری شده است. این در حالی است

که در برخی از کشورهای اروپایی مانند دانمارک، آلمان و هلند بیش از ۸۰٪ ضایعات ساختمانی تولید شده بازیافت می‌شوند و در کشورهای فنلاند، ایرلند و ایتالیا بین ۳۰٪ تا ۵۰٪ خاک و نخاله حاصل از ساخت و ساز بازیافت می‌گردد. [۹]

عدم مدیریت صحیح پسماندهای ساختمانی مشکلات بهداشتی و زیست محیطی بسیاری ایجاد می‌نماید که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱. تخلیه این پسماندها در معابر و گذرگاههای سطح شهر، آلودگی منظر و مشکلات بهداشتی را به دنبال دارد.
۲. تخلیه پسماندهای ساختمانی در حاشیه راهها، جاده‌ها و بزرگراه‌ها ضمن آلودگی محیط زیست منجر به سد معبر و به دنبال آن بوجود آمدن حوادث احتمالی می‌گردد که باعث وارد آمدن خسارات جانی و مالی به شهروندان خواهد شد.
۳. پسماندهای ساختمانی محل زندگی جوندگان موذی و حشراتی مانند پشه خاکی می‌باشد که عامل بیماری سالک است.
۴. وجود این پسماندها در اراضی کشاورزی باعث از بین رفتن حاصلخیزی و مرغوبیت خاک و زمین‌های مزروعی می‌گردد.
۵. تخلیه این پسماندها در حریم کنال‌ها و رودخانه‌ها به مرور زمان باعث مسدود شدن مسیر آب گردیده که به هنگام بارندگی موجب جاری شدن سیلاب می‌گردد و خسارت‌های جبران ناپذیری را به دنبال خواهد داشت. [۳]

بررسی‌ها نشان می‌دهد توجه به مدیریت اصولی و سالم‌اندھی ضایعات ساختمانی در سطح کشور محدود به چند سال اخیر است و تا قبل از آن به دلیل وجود زمین‌های وسیع جهت تخلیه و دیپو ضایعات ساختمانی، کمبود قوانین در رابطه با مدیریت پسماندهای ساختمانی و کم توجهی به حفظ محیط زیست، مسئله مدیریت ضایعات ساختمانی چندان مورد توجه واقع نشده است. [۴]

جایگاه مدیریت پسماندهای ساختمانی در مدیریت پسماند شهری با عنایت به قانون مدیریت پسماند مشخص می‌گردد که پسماندهای ساختمانی در گروه پسماندهای عادی طبقه‌بندی می‌گردد و براساس قانون در حوزه وظایف شهرداری‌ها می‌باشند اما از سویی دیگر در تعریف پسماندهای ویژه، بخشی از پسماندهای عادی، صنعتی، کشاورزی که نیاز به مدیریت خاص دارند جزء پسماندهای ویژه محسوب می‌شوند [۵] و همچنین با توجه به پتانسیل آلودگی این پسماندها برای خاک و بهداشت عمومی و با توجه به حجم

مشارکت عمومی و بکارگیری بخش خصوصی در کلیه فعالیت‌ها از طریق حمایت‌های گسترده از این بخش و ایجاد انگیزه‌های لازم و فرهنگ‌سازی و آگاه‌سازی و آموزش گسترده عمومی در کلیه جنبه‌های مدیریت پسماند با تاکید بر قشر هدف در هر دسته از پسماندها می‌باشد. [۲]



نمودار ۱ - فرآیند مدیریت پسماند

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این تحقیق، با مطالعه کتابخانه‌ای، اطلاعات مربوط به کمیت پسماندهای ساختمانی با بررسی آمار، مستندات و گزارشات موجود استخراج گردید. همچنین با انجام بازدید میدانی، نحوه اجرای عملیات ذخیره‌سازی، جمع‌آوری و حمل این دسته از پسماندها مورد بررسی قرار گرفت. از سوی دیگر روش مطالعه برای رسیدن به تعیین استراتژی مدیریت پسماندهای ساختمانی در زمینه مدیریت پسماندهای ساختمانی شهر مشهد براساس مطالعات انجام گرفته، روش تجزیه و تحلیل استراتژی‌ها و انتخاب گزینه برتر (جدول SWOT و ماتریس QSPM) انتخاب گردید. همچنین به منظور تعیین سیاست کلی مدیریت خدمات شهری مشهد در خصوص این گروه از پسماندها پس از مشخص نمودن عوامل خارجی و داخلی اثر گذار توسط ماتریس ارزیابی موقعیت و اقدام استراتژیک (SPACE) مشخص گردید.

۱. روش انجام مطالعه

به منظور انجام تجربه تحلیل داده‌ها بدست آمده و رسیدن به استراتژی‌های آینده از روش‌های تجزیه تحلیل استراتژی‌های SWOT برای شناخت اثرات متقابل عوامل و برای شناخت گزینه استراتژی برتر از مدل QSPM بهره گرفته شد. همچنین برای شناخت و ارزیابی عوامل خارجی و داخلی از ماتریس‌های EFE و IFE و ماتریس ارزیابی موقعیت و اقدام استراتژیک (SPACE) استفاده شده است.

بالای تولید آن در شهرها می‌توان آن را در گروه پسماندهای ویژه کم‌خطر بر مقدار طبقه‌بندی نمود. باید این موضوع را در نظر داشت که امروزه با پیشرفت روزافزون تکنولوژی و ورود مصالح ساختمانی جدید در ساخت و سازها، بتدریج بسیاری مواد شیمیایی و خطرناک نیز وارد پسماندهای ساختمانی شده و مسلماً بخشی از این دسته از پسماندها بعنوان جزء ویژه پسماند عادی محسوب خواهند شد که نیازمند توجه و مدیریت خاص دارند. [۴] همچنین براساس ماده ۷ قانون مدیریت پسماند، مدیریت اجرایی کلیه پسماندها غیر از صنعتی و ویژه در شهرها و روستاها و حریم آنها به عهده شهرداری‌ها و دهیاری‌ها و در خارج از حوزه و وظایف شهرداری‌ها و دهیاری‌ها به عهده بخشداری‌ها می‌باشد. مدیریت اجرایی پسماندهای صنعتی و ویژه به عهده تولیدکننده و در صورت تبدیل آن به پسماند عادی به عهده شهرداری‌ها، دهیاری‌ها و بخشداری‌ها خواهد بود. از سوی دیگر تبصره همین ماده قانونی ذکر شده است که مدیریت‌های اجرایی می‌توانند تمام یا بخشی از عملیات مربوط به جمع‌آوری، جداسازی و دفع پسماندها را به اشخاص حقیقی و حقوقی واگذار نمایند. [۵] همچنین در ماده ۹ آئین نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها، کلیه اشخاص حقیقی و حقوقی که مبادرت به انجام فعالیت‌های عمرانی و ساختمانی در سطح شهر (محدوده و حریم) می‌نمایند، باید مقررات و شیوه‌نامه‌های مربوط به جداسازی، ذخیره و انتقال خاک و نخاله‌های ساختمانی و مواد زائد را رعایت نمایند. [۶]

براساس الگوی سیستماتیک مدیریت پسماند (نمودار ۱)، نهایتاً سیستمی در برنامه‌ریزی و اجرا در ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و بهداشتی موفق خواهد بود که دارای سه شرط زیر باشد:

۱. همزمان در کلیه عناصر مذکور برنامه‌ریزی بهینه و پیش‌بینی‌های لازم را با مد نظر قرار دادن پارامترهای تأثیر گذار عمومی و خاص (شرایط محلی) نموده باشد.
 ۲. تأثیر گذاری متقابل این المان‌ها بر یکدیگر را مد نظر قرار داده باشد.
 ۳. اولویت اجرایی و تقدم و تأخر الزامی طرح‌های اجرایی در هر یک از مراحل را بخوبی درک و رعایت کرده باشد. [۲]
- سیاست‌های کلان و محورهای برنامه‌ریزی فعالیت‌ها در حوزه هر یک از فرآیندهای مدیریت پسماند شامل بهره‌گیری از تکنولوژی و دانش روز جهانی در مقوله مدیریت پسماند با تاکید بر بومی‌سازی حسب شرایط فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و اقلیمی منطقه، جلب

• مدل مدیریتی SWOT

SWOT یک ابزار برنامه‌ریزی، برای تشخیص عوامل اصلی و موثر بر رقابت‌پذیری و ادامه حیات یک روش اجرایی می‌باشد. تحلیل SWOT قبل از تدوین استراتژی انجام می‌شود. این تحلیل شامل اثرات کنونی (نقاط قوت و ضعف) و اثرات توسعه در آینده (فرصت‌ها و تهدیدها) در هر بخش است. این ماتریس ابزار مهمی برای مقایسه اطلاعات است با مقایسه اطلاعات می‌توان ۴ نوع استراتژی را ارائه نمود: استراتژی‌های SO، استراتژی‌های WO، استراتژی‌های ST و استراتژی‌های WT. در اجرای استراتژی‌های SO سازمان می‌کوشد با استفاده از نقاط قوت داخلی، از فرصت‌های خارجی بهره‌برداری نماید. هدف استراتژی‌های WO این است که سازمان با بهره‌برداری از فرصت‌های موجود در محیط خارج بکوشد نقاط ضعف داخلی را بهبود بخشد. در اجرای استراتژی‌های ST با استفاده از نقاط قوت، اثرات ناشی از تهدیدات را در محیط خارج کاهش یا آن‌ها را از بین ببرد. [۷]

• ماتریس برنامه‌ریزی استراتژیک کمی (QSPM)

یکی از تکنیک‌ها و ابزارهای بسیار مهم در ارزیابی گزینه‌های استراتژیک و مشخص نمودن جذابیت نسبی استراتژی‌ها که در مرحله تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد، ماتریس برنامه‌ریزی استراتژیک کمی (QSPM) می‌باشد. این تکنیک مشخص می‌نماید که کدامیک از گزینه‌های استراتژیک انتخاب شده امکان‌پذیر می‌باشد و در واقع این استراتژی‌ها را اولویت‌بندی می‌نماید [۸]. در این ارزیابی اگر یک استراتژی توان مواجهه با شرایط درونی و بیرونی سیستم را نداشته باشد، باید از فهرست استراتژی‌های قابل اولویت‌بندی خارج شود. [۸] تشکیل این ماتریس در طی پنج گام به شرح زیر انجام می‌گیرد:

گام اول: فرصت‌ها و تهدیدات خارجی و قوت‌ها و ضعف‌های داخلی طرح را در ستون راست QSPM فهرست می‌نماییم (اطلاعات استخراج شده از ماتریس عوامل داخلی و خارجی)

گام دوم: رتبه‌بندی عوامل درونی و خارجی در ستون دوم یا سنجایی بین ۱ تا ۴ انجام می‌پذیرد که با طرح این سؤال که عامل داخلی یا خارجی چه تأثیری بر طرح دارد رتبه‌بندی به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود. اگر اثر پذیرش فرصت یا قوت، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد باشد، رتبه داده شده به ترتیب ۱، ۲، ۳ و ۴ خواهد بود. همچنین اگر اثرپذیری ضعف و تهدید، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد باشد، رتبه داده شده به ترتیب ۴، ۳، ۲ و ۱ خواهد بود.

گام سوم: با در نظر گرفتن مراحل تلفیق و ترکیب، استراتژی‌های شدنی و قابل اجرا را در نظر گرفته و آنها را در ردیف بالایی ماتریس QSPM می‌نویسیم که برای هر استراتژی یک وزن و یک امتیاز در نظر می‌گیریم که بصورت مقادیر عددی زیر تعریف می‌شود.

گام چهارم: به هر عامل یک ضریب وزنی (وزن) بین صفر (بی‌اهمیت) تا یک (بسیار مهم) اختصاص داده می‌شود. وزن هر استراتژی با در نظر گرفتن همزمان عوامل داخلی یا خارجی بصورت خاص و طرح سؤال زیر حاصل می‌شود.

«آیا این عامل در انتخاب استراتژی مذکور اثر می‌گذارد؟» در صورتیکه پاسخ به سؤال داده شده بی‌ارتباط باشد امتیاز در نظر گرفته شده (وزن) صفر تلقی می‌گردد. در این صورت جمع ضرایب وزنی اختصاص داده شده باید مساوی یک شود.

گام پنجم: همچنین برای هر استراتژی یک امتیاز بدست می‌آید که این کار با ضرب رتبه هر عامل در وزن آن استراتژی، حاصل می‌شود. در انتها جمع امتیازات هر استراتژی را محاسبه می‌گردد. با امتیازات کسب‌شده، استراتژی‌ها از حداکثر به حداقل طبقه‌بندی شده و مجموع امتیازات بدست آمده نشان می‌دهد که کدام استراتژی از بیشترین جذابیت برخوردار است. نمره‌های بالا بیانگر جذابیت بیشتر استراتژی‌ها است. از مزیت‌های این ماتریس این است که می‌تواند به صورت همزمان مجموعه‌ای از استراتژی‌های مدیریتی را بررسی نماید و در این مورد محدودیت خاصی وجود ندارد. اما این ماتریس دارای نقاط ضعف هم می‌باشد از جمله اینکه همیشه به قضاوت‌های شهودی و مفروضات سنجیده نیاز است و برای تأمین نمره‌های جذابیت، باید از نظر قضاوت، از فراسط لازم برخوردار بود و دیگر اینکه شایستگی آن براساس اطلاعاتی قرار دارد که از پیش تعیین شده است. [۸]

• ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE)

پس از بررسی عوامل داخلی، مهمترین عوامل فهرست می‌شوند. تعداد این عوامل باید بین ۱۰ تا ۲۰ باشد. این عوامل باید در برگیرنده مهمترین نقاط قوت و ضعف باشند. تهیه این ماتریس شامل مراحل ذیل است:

۱. نقاط قوت و سپس نقاط ضعف نوشته می‌شوند.
۲. به این عوامل ضریب داده می‌شود. از صفر (اهمیت ندارد) تا ۱ (بسیار مهم است) ضریب داده شده به هر عامل بیانگر اهمیت نسبی آن در موفقیت است. صرف نظر از اینکه آیا عامل مورد

- نظر به عنوان یک نقطه قوت و ضعف داخلی سازمان به حساب آید، باید به عاملی که دارای بیشتری اثر در عملکرد سازمان است، بالاتری ضریب را داد. مجموع این ضریبها باید برابر با ۱ شود.
۳. به هر یک از این عاملها نمره ۱ تا ۴ داده می‌شود. نمره ۱ بیانگر ضعف اساسی، نمره ۲ ضعف کم، نمره ۳ بیانگر نقطه قوت و نمره ۴ نشان دهنده قوت بسیار بالای عامل مورد بحث می‌باشد. نمره‌ها بر اساس فعالیت و ضریبها (که در مرحله دوم داده شدند) بر اساس وضعیت سازمان قرار دارند.
۴. برای تعیین نمره نهایی هر عامل، ضریب هر عامل در نمره آن ضرب می‌شود.
۵. مجموع نمره‌های نهایی هر عامل محاسبه و نمره نهایی سازمان مشخص می‌شوند. [۷]
- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی (EFE)
- پس از بررسی عوامل خارجی، عوامل شناخته شده، فهرست می‌شوند. بین ۱۰ تا ۲۰ عامل که دربرگیرنده عوامل باشد که موجب فرصت می‌گردد و یا سازمان را مورد تهدید قرار می‌دهد، معین می‌گردد.
۱. نخست عواملی که موجب فرصت و موقعیت می‌شوند و سپس آنها که سازمان را تهدید می‌کنند، معین می‌شوند.
۲. به این عوامل وزن یا ضریب داده می‌شود. این ضریبها از صفر (بی‌اهمیت) تا ۱ (بسیار مهم) می‌باشند. ضریب نشان دهنده اهمیت نسبی یک عامل (از نظر موفق بودن سازمان در صنعت مربوطه) می‌باشد. اغلب به عواملی که موجب فرصت یا موقعیت می‌شوند ضریب بیشتری (در مقایسه با عوامل تهدیدکننده) داده می‌شود (ولی اگر عوامل تهدیدکننده هم شدید باشند باید به آنها ضریب بالایی داد) مجموع این ضریبها باید عدد ۱ شود.
۳. به هر یک از عواملی که موجب موقعیت می‌شوند رتبه یک تا چهار داده و این عدد بیانگر میزان اثربخشی کنونی در نشان دادن واکنش نسبت به عامل مزبور است. عدد چهار به معنی این است که واکنش بسیار عالی بوده است. عدد سه یعنی واکنش از حد متوسط بالاتر و عدد دو یعنی واکنش در حد متوسط و عدد یک به این معناست که واکنش ضعیف می‌باشد. این رتبه‌ها بر حسب اثربخشی استراتژی‌های سازمان تعیین می‌شود. رتبه‌ها در محدوده سازمان و ضریبها (که در مرحله دو تعیین شدند) با توجه به صنعت تعیین می‌شوند.
۴. ضریب هر عامل را در رتبه مربوطه ضرب نموده تا نمره نهایی بدست آید.
۵. مجموع این نمره‌های متعلق به هر یک از متغیرها را بدست آورده تا بتوان مجموع نمره‌های سازمان را تعیین کرد.
- در ماتریس ارزیابی عوامل داخلی اگر نمره نهایی از ۲/۵ (میانگین ۱ و ۴) بیشتر باشد، به ترتیب نقاط قوت از نقاط ضعف بیشتر است و اگر جمع نمره‌های نهایی از ۲/۵ کمتر باشد، نقاط قوت از نقاط ضعف، کمتر است. این مراحل برای ماتریس ارزیابی عوامل خارجی نیز تکرار می‌شود. [۷]
- ماتریس ارزیابی موقعیت و اقدام استراتژیک (SPACE)
۱. متغیرهایی که معرف موارد زیر باشند، انتخاب می‌شوند:
- توان مالی (FS)
 - مزیت رقابتی (CA)
 - حمایت محیط (ES)
 - توان اجرایی (IS)
۲. به این متغیرها از ۱+ (بدترین) تا ۶- (بهترین) نمره داده و دو بازوی FS و IS تشکیل می‌شوند. دو بازوی ES و CA برای هر یک از متغیرها تشکیل و از ۱- (بهترین) تا ۶- (بدترین) نمره داده می‌شوند.
۳. مقادیر هر یک از متغیرهای موجود بر بازوی هر یک از این محورها یا هم جمع و سپس بر تعداد متغیرها تقسیم تا نمره میانگین ES, CA, IS, FS به دست آید.
۴. بر روی محورهای ماتریس ارزیابی موقعیت و اقدام استراتژیک، میانگین نمره‌های ES, CA, IS, FS قرار داده می‌شوند.
۵. نمره‌های موجود بر روی محور X ها را جمع و نقطه متعلق به محور X ها مشخص می‌شوند و نمره‌های موجود بر روی محور Y ها هم جمع و نقطه مربوط به این محور تعیین می‌شود. این دو نقطه به هم وصل می‌شود.
۶. از مبدا مختصات به این نقطه وصل می‌شود. این خط نشان دهنده نوع استراتژی است که توصیه می‌گردد و می‌تواند به صورت تهاجمی رقابتی، تدافعی یا محافظه کارانه باشد. [۷]
- هنگامی که یک بردار در خانه تهاجمی ماتریس قرار دارد سازمان در بهترین وضع ممکن است و می‌تواند با استفاده از توانائی‌ها یا نقاط قوت داخلی اقدام بهره برداری از فرصت‌های خارجی، برطرف کردن نقاط ضعف داخلی، پرهیز از تهدیدات خارجی نماید. اگر بردار در

در روز گرده، تولید کنندگان عمده پسماندهای عمرانی و ساختمانی و به کلیه اشخاص حقیقی و حقوقی که فعالیتشان بطور دائم یا موقت منجر به تولید برابر یا کمتر از ۵۰ متر مکعب پسماند عمرانی و ساختمانی در روز گرده، تولید کنندگان جزء پسماندهای عمرانی گفته می شود. [۹]

با توجه به فرآیند مدیریت پسماند که در نمودار ۱ آورده شده، فرآیندهای مدیریت پسماندهای ساختمانی شهر مشهد به صورت زیر می باشد:

۱-۲. تولید

منابع تولید پسماندهای ساختمانی در شهر مشهد شامل تعمیرات ساختمان، ساخت و سازها و پروژه های عمران شهری می باشند. همچنین مجموع تولید پسماندهای ساختمانی شهر مشهد از نظر کمیت روزانه در حدود ۹۰۰۰ تن بوده و با توجه به آنالیزهای انجام شده قسمت اعظم این مواد را خاک های موجود در پسماندهای ساختمانی تشکیل می دهند. آنالیز نمونه های برداشت شده حاکی از آن است که پس از ریز دانه ها، آجر و ملات بتن بیشترین حجم مواد تشکیل دهنده این پسماندها را تشکیل می دهند. جدول شماره ۱ میزان تولید پسماند ساختمانی تولید شده در شهر مشهد به تفکیک انواع آن را در خلال ۵ سال گذشته را نشان می دهد. [۴]

خانه محافظه کارانه قرار گیرد. بدین معنی است که سازمان باید شایستگی های خود را حفظ نماید و خود را در معرض خطرهای بزرگ قرار ندهد. اگر بردار در خانه تدافعی قرار گیرد بدین معنی است که باید نقاط ضعف داخلی اصلاحی و از تهدیدات خارجی پرهیز شود. [۷]

۲. بررسی وضعیت مدیریت پسماندهای ساختمانی شهر مشهد

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی، به عنوان یکی از کلاشهرهای کشور و دومین کلاشهر مذهبی جهان از موقعیت خاصی برخوردار است. شهر مشهد دارای وسعتی حدود ۲۳۲ کیلومتر مربع می باشد و از نظر تقسیمات شهری دارای ۱۲ منطقه شهرداری با جمعیت حدود ۲/۵ میلیون نفر سالانه پذیرای ۱۵ میلیون زائر و گردشگر نیز می باشد. [۱۳]

سیستم مدیریت پسماندهای ساختمانی در شهر مشهد برای دو بخش اصلی تولید پسماند شامل تولید پسماند ساختمانی در مقیاس وسیع مانند گود برداری، تخریب ساختمانی و پروژه های عمرانی و ساختمانی و تولید این پسماندها در مقیاس خرد مانند تعمیرات ساختمانی و یا تعمیرات تأسیسات شهری تعریف شده است. بنا بر تعاریف به کلیه اشخاص حقیقی و حقوقی که فعالیتشان بطور دائم و یا موقت منجر به تولید بیش از ۵۰ متر مکعب پسماند ساختمانی

جدول شماره ۱- میزان کل و درآمد حمل مکانیزه پسماند ساختمانی حمل شده به مراکز دفع مجاز (سال های ۸۹-۱۳۸۵) بر اساس به تن

ردیف	سال	میزان خاک و نخاله حمل شده به مراکز دفع	خاک و نخاله حمل شده به سیستم مکانیزه	میزان خاک مرغوب ارسالی جهت فضای سبز	مجموع خاک و نخاله جمع آوری شده در شهر مشهد	متوسط روزانه خاک و نخاله تولید شده در کل شهر مشهد	درصد حمل با سیستم مکانیزه به مراکز دفع
۱	۱۳۸۵	۱۳۵۹۷۵۰	۹۱۹۶۰	۸۸۶۵۸۰	۲۳۳۸۲۹۰	۶۴۰۶	۷
۲	۱۳۸۶	۱۳۷۷۵۵۰	۱۰۶۹۶۵	۹۲۴۳۲۴	۲۴۰۸۸۴۹	۶۵۹۹	۸
۳	۱۳۸۷	۱۴۴۱۳۰۰	۱۸۱۹۴۵	۱۰۹۸۷۳۰	۲۷۲۱۹۷۵	۷۴۵۷	۱۳
۴	۱۳۸۸	۱۵۹۳۹۰۰	۲۹۷۱۲۵	۹۰۲۸۰۰	۲۷۹۳۸۲۵	۷۶۵۴	۱۹
۵	۱۳۸۹	۲۱۴۴۶۰۰	۵۷۶۱۰۰	۵۹۵۹۹۵	۳۳۱۶۶۹۵	۹۰۷۶	۲۷

نخاله ساختمانی و مخلوط تقسیم شده اند [۹] در جدول شماره ۲ متوسط توزیع نوع پسماندهای ساختمانی از لحاظ فیزیکی نشان داده شده است. مشاهده می گردد که خاک ریز دانه بیشترین حجم

بر اساس تقسیم بندی انجام شده در اداره خاک و زائدات ساختمانی سازمان مدیریت پسماند مشهد نوع پسماندهای ساختمانی جمع آوری شده از سطح شهر به چهار گروه خاک ریز دانه، خاک درشت دانه،

۲-۴. انتقال

جهت فاز انتقال در شهر مشهد انتقال پسماندهای ساختمانی به دو روش مستقیم و ایستگاه میانی صورت می‌گیرد. با توجه به فاصله مراکز تخلیه پسماندهای ساختمانی از شهر و به منظور کاهش هزینه‌های انتقال، یک ایستگاه انتقال مکانیزه طراحی و اجرا گردیده است تا مخازن اسکپ در سیم تریلرها تخلیه شده و توسط سیم تریلر به مرکز دفن جهت استفاده به عنوان خاک پوششی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین پسماندهای با حجم زیاد نیز مستقیماً به محل‌های تخلیه مجاز منتقل می‌گردند. [۳]



تصویر ۲- ایستگاه میانی تخلیه مخازن اسکپ

۲-۵. پردازش و بازیافت

با توجه به بررسی‌های بعمل آمده، عمده فعالیت انجام پذیرفته در این بخش، شامل مدیریت پسماندهای تولیدی از منابع و استفاده از آنها در محل‌های مورد نیاز است که در واقع استفاده مجدد می‌باشد و عملیات بازیافت روی پسماندهای ساختمانی صورت نمی‌گیرد. این استفاده مجدد شامل مدیریت خاک‌های مناسب جهت فضای سبز، استفاده از نخاله‌ها در زیر سازی پروژه‌های شهری و اصلاح ساختار مسیل‌های شهری و استفاده از خاک برای پوشش پسماندهای شهری دفنی در مراکز دفن می‌باشد.

۲-۶. دفع

دفع پسماندهای ساختمانی در شهر مشهد به دو شکل صورت می‌پذیرد اول انتقال خاک به محل‌های مجاز تخلیه که به این منظور در حال حاضر سه گود شناسایی و جهت تخلیه آماده‌سازی شده‌اند و دوم انتقال به مرکز دفن و استفاده جهت پوشش زباله.

پسماندهای ساختمانی را شامل شده و بعد از آن خاک درشت دانه و در آخر نخاله ساختمانی و مخلوط قرار دارند. در جدول شماره ۲ آنالیز فیزیکی پسماندهای ساختمانی شهر مشهد به نمایش در آمده است. [۴]

جدول شماره ۲- انواع مصالح در پسماندهای ساختمانی مشهد در دوره پنج ساله

نوع خاک	ریز دانه	درشت دانه	نخاله ساختمانی	مخلوط
درصد	۴۹	۲۴/۳	۱۱/۵	۱۵/۲

جدول شماره ۳- آنالیز فیزیکی پسماندهای ساختمانی مشهد

نوع مصالح	خاک	آجر	کچ	سیمان و بتن کاشی موزائیک	آسفالت و قیرگونی	مواد متفرقه (چوب و پلاستیک)
درصد	۴۵/۲	۱۸/۴	۹/۸	۱۶/۳	۷/۳	۳

۲-۲. ذخیره سازی

سیستم ذخیره سازی موقت پسماندهای ساختمانی در شهر مشهد در بخش پسماندهای حاصل از تعمیرات ساختمان‌ها و ساخت و سازهای خرد در قالب طرح مکانیزه و زیر نظر اداره ساماندهی خاک و زایدات ساختمانی سازمان مدیریت پسماند صورت می‌گیرد. در این روش از مخازن اسکپ و خودروهایی با توانایی جابجایی این مخازن استفاده می‌شود. (تصویر ۱) در زمینه تخریب و پروژه‌های ساختمانی، عملیات سه صورت جمع‌آوری و انتقال به محل دفع می‌باشد و عملیات ذخیره‌سازی صورت نمی‌پذیرد.



تصویر ۱- مخازن اسکپ جهت ذخیره سازی

۲-۳. جمع‌آوری

در بخش عملیات جمع‌آوری پسماندهای ساختمانی، پسماندهای ذخیره شده در اسکپ‌ها، توسط خودروهای مخصوص و با روکش مناسب روی اسکپ (جهت جلوگیری از ریزش در طول مسیر حمل) جمع‌آوری می‌گردد. ضایعات ساختمانی در مقیاس وسیع مانند گود برداری، تخریب ساختمانی و فعالیت‌های عمرانی در سطح شهر مشهد توسط خودروهای نیسان، خاور، ده تن، ده چرخ و تریلی کمپرسی جمع‌آوری و حمل می‌شوند.

۷-۲. پایش

جهت پایش پس از دفع که در مراکز دفن عموماً شامل کنترل شیرابه و گاز مرکز دفن و کنترل آلودگی های بهداشتی می باشد، این بخش توسط اداره دفن بهداشتی در مرکز دفن و در گودها توسط ناظران اداره ساماندهی خاک و پسماندهای عمرانی صورت می پذیرد. با توجه به اینکه در گودها فقط تخلیه خاک و پسماندهای ساختمانی صورت می گیرد کنترل گاز مرکز دفن و شیرابه مد نظر نمی باشد و فقط مباحث بهداشتی و کنترل ارتفاع تخلیه خاک و مقاومت توده به منظور کاهش سوانح مد نظر است.

پیش بینی سیستم مدون و الزامات قانونی یا انگیزشی برای اجرای فرآیندها

به منظور مدیریت پسماندهای ساختمانی، در سال ۱۳۷۸ اداره ساماندهی خاک و ضایعات ساختمانی در مجموعه سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد تشکیل گردیده است که با کمک نیروهای ثابت و ناظران شهری به صورت گشت های منظم ساختار حاضر را مدیریت می نمایند.

به منظور اجرایی شدن ماده ۹ آیین نامه اجرایی مدیریت پسماند سازمان مدیریت پسماند مشهد دستور العمل و شیوه نامه اجرایی در خصوص پیمانکاران خاکبرداری و خودروهای حمل خاک و نخاله تدوین نموده است که بر اساس آن کلیه دستگاه های اجرایی، سازمان ها و نهادهای دارای ماشین آلات سنگین و نیمه سنگین (مانند لودر، بیل مکانیکی، کامیوسی و تراکتور بیل دار و ...) ملزم به عضویت در اداره ساماندهی خاک و ضایعات ساختمانی بوده و کلیه اشخاص حقیقی و حقوقی که مبادرت به انجام هر نوع فعالیت ساختمانی و عمرانی در سطح شهر مشهد می نمایند باید پیش از شروع فعالیت، مجوزهای مربوطه را از آن اداره دریافت کنند. همچنین پیمانکاران موظفند در ارائه خدمات خود در زمینه حمل پسماندهای عمرانی، ساختمانی و مواد زائد از خودروهای مجاز حمل بهره گیری نمایند و به منظور بررسی روند اجرایی عملیات بارگیری و حمل پسماندهای عمرانی و ساختمانی و همچنین آگاهی از صحت و سقم آن، پیمانکاران، کامیون داران و رانندگان موظفند پس از پایان مراحل انجام کار، برگ مسر را به همراه قبوض تخلیه برای صدور مجوزهای بعدی به اداره ساماندهی خاک و ضایعات ساختمانی تحویل دهند.

در دستور العمل اجرایی تخریب بناهای ساختمانی، پیمانکاران باید به

منظور جلوگیری از پخش شدن پسماندها و آلودگی محیط، با نصب افسانک آب و مرطوب کردن پسماندها در محل بارگیری خودرو از انتشار گرد و غبار به محیط اطراف جلوگیری بعمل آورند و همچنین کلیه رانندگان خودروهای مجاز موظفند برای جلوگیری از خطرات احتمالی به هنگام ریزش بار در مرحله انتقال، پس از پایان عملیات بارگیری نسبت به پوشش کامل قسمت بار خود اقدام نمایند. [۹]

به منظور نظارت بر نحوه ساماندهی ضایعات عمرانی، گشت اداره ساماندهی خاک و ضایعات ساختمانی، عوامل پلیس ساختمان، عوامل اداره خدمات شهری و سد معبر مناطق به کنترل و بررسی و همچنین مطابقت مجوزهای صادره از سوی اداره در خصوص خودروهای حمل کننده پسماند و پروژه های در حال انجام در محدوده و حریم شهر می پردازند تا از تخلیاتی همچون تخلیه در محلهای غیر مجاز، عرصه های منابع طبیعی و محیط زیست جلوگیری شود. ضمن آنکه در صورت مواجهه با متخلفین بر حسب نوع و میزان تخلف از صدور مجوز در دوره های زمانی سه روز تا یک ماه خودداری شده و در صورت لزوم فرد متخلف به عنوان آلوده کننده محط زیست به مراجع قضایی معرفی می شود. شایان ذکر است در صورت نداشتن تخلف و رعایت دستورالعمل های وضع شده افراد از تسهیلاتی چون معافیت هزینه کارت تردد (در یک دوره زمانی مشخص)، تخلیه رایگان در محل دفن مجاز برخوردار خواهند شد.

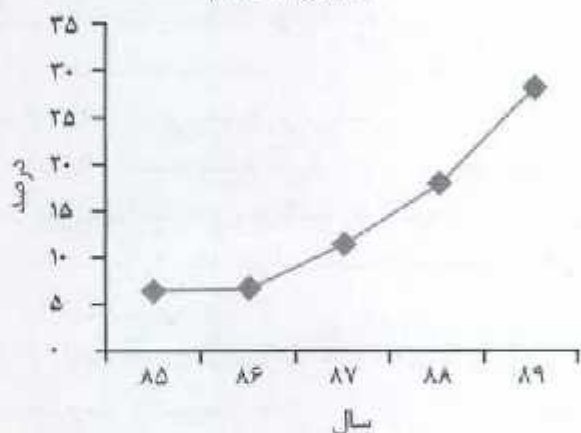
در سطح شهر مشهد برخی از شهروندان به دلیل وجود محدودیت های مکانی و ... ضایعات ساختمانی خود را در خارج از محدوده اختصاصی ملک خود انباشت می کردند، همچنین در این دوره به منظور جمع آوری و حمل خاک و ضایعات ساختمانی حاصل از تعمیرات و تغییرات جزئی داخل ساختمان ها تا قبل از بارگیری سیستم مکانیزه و تصویب آیین نامه اجرایی ساماندهی خاک و نخاله های ساختمانی عمدتاً از خودروهای کوچک مانند نیسان و خاور کامیوسی استفاده می شد که اکثر خودروهای کوچک ناوگان حمل ضایعات ساختمانی فرسوده بودند و بارگیری آنها نیز به روش سنتی و به وسیله نیروی کارگری صورت می گرفت.

پس از بررسی روش های مختلف ساماندهی پسماندهای ساختمانی، به منظور حفظ بهداشت محیط زیست شهری، جلوگیری از آلودگی منظر و پیشگیری از بروز مشکلاتی مانند ایجاد مانع در تردد خودروها، پراکندگی ضایعات ساختمانی در سطح معابر عمومی و ... سازمان مدیریت پسماند مشهد، در سال ۱۳۸۲ اقدام به راه اندازی سیستم جمع آوری خاک و نخاله به روش مکانیزه نمود، که با توجه به شرایط

تجهیز خودروها به سیستم مذکور، مکانیزم تضمین حداقل فعالیت در ابتدای آغاز طرح توسط شهرداری به اجرا درآمده به گونه‌ای که در هر روز حداقل فعالیت (به میزان ۳ تا ۵ سرویس) که جوابگوی هزینه‌های خودرو باشد تضمین می‌شده است. (در حال حاضر با توسعه طرح این تضمین منتفی شده و فعالیت به نقطه سوددهی و رقابتی نیز رسیده است)

نمودار ۲ با استناد به اطلاعات ارائه شده در جدول یک میزان توسعه طرح مکانیزه در ۵ سال گذشته را نشان می‌دهد.

نمودار شماره ۴ - درصد حمل مکانیزه پسماند ساختمانی به محل‌های دفع مجاز (سال‌های ۸۹-۱۳۸۵)



در جدول شماره ۴ تعداد عوامل فعال در بخش سیستم مکانیزه جمع‌آوری و حمل خاک و نخاله طی سالهای ۸۹-۱۳۸۵ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سال ۱۳۸۹ تعداد ۱۳۴ پیمانکار در زمینه جمع‌آوری و حمل مکانیزه خاک و ضایعات ساختمانی با تعداد ۱۶۵۰ باکس (مخزن) مخصوص مشغول به فعالیت بودند که در مجموع ۵۷۶۱۰۰۰ تن ضایعات ساختمانی (عمدتاً مربوط به تولید کنندگان جزء) از سطح شهر جمع‌آوری شده است.

جدول شماره ۴ - تعداد پیمانکاران و مخازن مورد استفاده در سیستم مکانیزه جمع‌آوری و حمل خاک و ضایعات (۸۹-۱۳۸۵)

ردیف	سال	تعداد پیمانکاران	تعداد مخازن (باکس‌ها)
۱	۱۳۸۵	۱۷	۱۷۰
۲	۱۳۸۶	۲۶	۳۱۲
۳	۱۳۸۷	۴۰	۵۰۰
۴	۱۳۸۸	۸۰	۱۰۰۰
۵	۱۳۸۹	۱۳۴	۱۶۵۰

کلاشهر مذهبی مشهد مقدس و پس از کسب نتایج رضایت بخش در دوره آزمایشی، این سیستم به عنوان گزینه مناسب انتخاب گردید. از مزایای اجرای این طرح می‌توان موارد ذیل را نام برد:

- رعایت بهداشت و نظافت معابر عمومی
 - با اجرای این طرح میزان خاک و نخاله تولیدی قابل محاسبه بوده و در نتیجه برنامه‌ریزی‌های با دسترسی به اطلاعات صحیح صورت می‌گیرد.
 - جلوگیری از سد معبر ناشی از تخلیه خاک و نخاله در حواشی معابر و گذرگاهها
 - رعایت نکات ایمنی و جلوگیری از حوادث احتمالی ناشی از برخورد وسایل نقلیه با خاک و نخاله‌های تخلیه شده در معابر که بعضاً مدت‌ها در محل باقی می‌ماند.
 - تسریع در کار یا توجه به قدرت مانور بالای جایجائی ظروف
 - صرفه جویی در نیروی کارگری و سایر مزایای اقتصادی
- روش انجام کار در این سیستم بدین صورت است که شهروندان قبل از انجام هر گونه تعمیرات جزئی و یا عملیات تخریب، ضمن تماس تلفنی با اداره ساماندهی ضایعات ساختمانی درخواست باکس (مخازن مخصوص) می‌نمایند.

سپس با هماهنگی واحد طرح مکانیزه، باکس‌ها توسط پیمانکاران به محل مورد نیاز منتقل و به طریق نصب می‌شود که سد معبر نداشته باشد. در نهایت پس از پر شدن ظروف و اعلام شهروندان، باکس‌ها توسط خودروهایی که مجهز به سیستم جک‌های هیدرولیکی می‌باشند از محل برداشته و جهت تخلیه به محل‌های مجاز هدایت می‌شوند.

عوامل مؤثر در سیستم مکانیزه جمع‌آوری و حمل پسماندهای ساختمانی شامل: تولید کننده نخاله، محل تولید نخاله، استقبال تولید کننده نخاله جهت جمع‌آوری، سیستم حمل نخاله، عامل جمع‌آوری و حمل نخاله، شهرداری منطقه، مخزن‌های اسکپ و محل‌های تخلیه نخاله می‌باشند لذا به منظور بستر سازی توسعه موفق فعالیت این طرح در کل شهر، لازم بوده که پیش‌بینی‌های لازم در جهت بهینه‌سازی هر یک از عوامل در راستای توسعه مذکور صورت پذیرد. لذا به تدریج با پیش‌بینی الزامات قانونی، شهروندان ملزم به استفاده از این سیستم گردیده‌اند و در صورت انباشت نخاله ساختمانی بدون باکس در معبر مشمول جرائم خواهند گردید. از تردد خودروهای سنتی حمل نخاله در سطح شهر جلوگیری می‌گردد و به منظور ایجاد انگیزه سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در

بحث و نتیجه گیری

- جمع بندی ماتریس QSPM دلالت بر اولویت بندی استراتژی های اجرایی خواهد داشت. توضیح اینکه استراتژی های مدیریتی انتخاب شده به جهت اجرا باید از اولویت بندی خاصی برخوردار باشند و مدیران امر باید از اهمیت استراتژی های انتخاب شده و میزان اثرگذاری آن بر پروژه جهت اجرا آگاه باشند. مسلماً چنانچه اولویت بندی استراتژی ها انجام نگردد و این نوع استراتژی ها بر اساس یک روش نامناسب اجرا گردد اثرات نامطلوبی بر پروژه و محیط زیست خواهد داشت. براین اساس با اجرای روش QSPM مدیران زمان بندی و اجرای استراتژی های مدیریتی اتخاذ شده را براساس الگوی پیشنهادی پیگیری خواهند نمود. با توجه به بررسی وضع موجود مدیریت پسماندهای ساختمانی در شهر مشهد و نظرات کارشناسی استراتژی ها پیشنهادی به شرح زیر می باشد.
1. تشویق و توسعه سرمایه گذاری بخش خصوصی در زمینه جمع آوری، حمل و نقل، بازیافت و دفع پسماندهای ساختمانی
 2. تخریب اصولی ساختمان های تحت نظارت مهندسیین ناظر و کارشناسان شهرداری
 3. ایجاد ایستگاه های میانی برای ذخیره موقت زائدات ساختمانی جمع شده در یهته مورد نظر
4. اجرای پروژه آموزش و فرهنگ سازی در جهت بهینه سازی طرح
 5. توسعه روش سیستماتیک برای جمع آوری، حمل و دفع پسماندهای ساختمانی در سطح شهر مشهد
 6. تعیین، طراحی و ارزیابی گودها برای دفع پسماند ساختمانی براساس استانداردهای موجود
 7. تعیین مقدار حجم پسماند ساختمانی حاصله از عملیات ساختمانی هنگام اخذ پروانه جهت کاهش زائدات
 8. الزام شهرداری به صدور مجوز تخریب برای دستیابی به اطلاعات بیشتر و تهیه پایگاه داده مناسب
 9. ایجاد سیستم رایانه ای یکپارچه جهت مدیریت پسماندهای ساختمانی شهر مشهد
 10. استفاده از فن آوری های نوین در کارگاه های بازیافت پسماندهای ساختمانی
 11. داشتن طرح HSE (ایمنی، بهداشت و محیط زیست) برای توسعه طرح

جدول شماره ۶ - نقاط قوت و ضعف فرصت ها و تهدیدات اجرای سیستم مدیریت پسماندهای ساختمانی شهر مشهد

نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصت ها	تهدیدها
<ul style="list-style-type: none"> - کمک در طرح های پارکها، راه سازی، محوطه سازی، تسطیح و ... - جلوگیری از آلودگی های محیط زیست - حفظ زیبایی منظر شهری - استحصال شن و ماسه از زائدات ساختمانی - جلوگیری از حوادث و اتفاقات غیر مترقبه که به علت ذخیره شدن زائدات در معابر روی می دهند - جلوگیری از مخلوط شدن زائدات ساختمانی با دیگر پسماندها - جلوگیری از تحمیل هزینه های مضاعف به سیستم خدمات شهری - ایجاد درآمد از بازیافت زائدات ساختمانی 	<ul style="list-style-type: none"> - عدم وجود سیستم متناسب در زمینه دفع و بازیافت جمع آوری و حمل پسماند ساختمانی - عدم تناسب تجهیزات و امکانات مراکز دفن با حجم زائدات تولیدی - بعد مسافت مراکز دفن از محل تولید - عدم وجود تسهیلات در زمینه سرمایه گذاری - عدم شناخت کمیت و کیفیت زائدات ساختمانی با توجه به منابع تولید - عدم وجود برنامه مدون در خصوص جمع آوری آمار و اطلاعات تولید قبل از ایجاد اداره - عدم وجود فن آوری مطلوب در تبدیل مواد و بالا بردن هزینه سرمایه گذاری جهت انتقال تکنولوژی برای بازیافت - عدم آموزش کافی به شهروندان 	<ul style="list-style-type: none"> - استقبال مناطق شهری از طرح - ایجاد اشتغال - صرفه جویی در کلیه امور عملیاتی - کمک به اقتصاد شهری 	<ul style="list-style-type: none"> - عدم کنترل سلامتی کارگران این حرفه - کمبود نیروی کارگر - مستعمل بودن اکثر ماشین آلات در - بخش خصوصی - تهدید بهداشت عمومی جامعه

۴. ایجاد ایستگاه های میانی برای ذخیره موقت زائدات ساختمانی جمع شده در پهنه مورد نظر
 ۵. توسعه روش سیستماتیک برای جمع‌آوری، حمل و دفع پسماندهای ساختمانی در سطح شهر مشهد
 ۶. ایجاد سیستم رایانه ای بکپارچه جهت مدیریت پسماندهای ساختمانی شهر مشهد
 ۷. تشویق و توسعه سرمایه گذاری بخش خصوصی در زمینه جمع‌آوری، حمل و نقل، بازیافت و دفع پسماندهای ساختمانی
 ۸. الزام شهرداری به صدور مجوز تخریب برای دستیابی به اطلاعات بیشتر و تهیه پایگاه داده مناسب
 ۹. تخریب اصولی ساختمان‌ها تحت نظارت مهندسين ناظر و کارشناسان شهرداری
 ۱۰. تعیین مقدار حجم پسماند ساختمانی حاصله از عملیات ساختمانی هنگام اخذ پروانه جهت کاهش زائدات
 ۱۱. دانشن طرح HSE (ایمنی، بهداشت و محیط زیست) برای توسعه طرح
۱. اجرای پروژه آموزش و فرهنگ سازی در جهت بهینه سازی سیستم
۲. استفاده از فن آوری های نوین و ایجاد کارگاه های بازیافت پسماندهای ساختمانی
۳. تعیین، طراحی و ارزیابی گودها برای دفع پسماند ساختمانی براساس استانداردهای موجود

جدول ۷- ماتریس اثرات متقابل مزایا و معایب فرصت‌ها و تهدیدهای عملیات طرح بر اساس مدل مدیریت (SWOT)

فرصت‌ها		تهدیدات			عوامل بیرونی	
کمک به اقتصاد شهری	سرفه جویی در کلیه امور عملیاتی	ایجاد اشتغال	تهدید بهداشت عمومی جامعه	مسئول بودن اکثر مسئولین	الات در بخش خصوصی	کسود نیروی کارگر
		عدم کنترل سلامتی کارگران این حرفه			عوامل درونی	
نقاط قوت						
						کمک در طرح های پارک ها، راه سازی، محوطه سازی، تسطیح
						جلوگیری از آلودگی های محیط زیست
						حفظ زیبایی منظر شهری
						استحصال شن و ماسه از زائدات ساختمانی
						جلوگیری از حوادث و اتفاقات غیر مترقبه که به علت ذخیره شدن زائدات در معابر روی می دهد.
						جلوگیری از مخلوط شدن زائدات ساختمانی با دیگر پسماندها
						جلوگیری از تحمیل هزینه های مضاعف به سیستم خدمات شهری
						ایجاد درآمد از بازیافت زائدات ساختمانی

عوامل بیرونی		تجهیزات		فرآیندها	
عوامل درونی		کمبود نیرو کارگر	تأمین ناپایدار عمومی جامعه	ایجاد اشتغال	کمک به اقتصاد شهری
		عدم کنترل سلاخی کارگران این حرفه	استعمال بودن اکثر ماشین آلات در بخش خصوصی	استفمال مناطق شهری از طرح	معرفه خوبی در کلیه امور عملیاتی
نقاط ضعف					
					عدم تناسب تجهیزات و امکانات مراکز دفن یا حجم زائدات تولیدی
					بعد مسافت مراکز دفن از محل تولید
					عدم وجود تسهیلات در زمینه سرمایه گذاری
					عدم وجود برنامه مدون در خصوص جمع آوری امار و اطلاعات تولید قبل از ایجاد اداره
					عدم وجود فن آوری مطلوب در تبدیل مواد و بالا بردن هزینه سرمایه گذاری جهت انتقال تکنولوژی برای بازیافت
					عدم آموزش کافی به شهروندان

جدول شماره ۸- جمع بندی استراتژی‌ها (OSPM)



جدول شماره ۸-۸ - وضع بندی استراتژیها (OSPM)

S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	S64	S65	S66	S67	S68	S69	S70	S71	S72	S73	S74	S75	S76	S77	S78	S79	S80	S81	S82	S83	S84	S85	S86	S87	S88	S89	S90	S91	S92	S93	S94	S95	S96	S97	S98	S99	S100	S101	S102	S103	S104	S105	S106	S107	S108	S109	S110	S111	S112	S113	S114	S115	S116	S117	S118	S119	S120	S121	S122	S123	S124	S125	S126	S127	S128	S129	S130	S131	S132	S133	S134	S135	S136	S137	S138	S139	S140	S141	S142	S143	S144	S145	S146	S147	S148	S149	S150	S151	S152	S153	S154	S155	S156	S157	S158	S159	S160	S161	S162	S163	S164	S165	S166	S167	S168	S169	S170	S171	S172	S173	S174	S175	S176	S177	S178	S179	S180	S181	S182	S183	S184	S185	S186	S187	S188	S189	S190	S191	S192	S193	S194	S195	S196	S197	S198	S199	S200	S201	S202	S203	S204	S205	S206	S207	S208	S209	S210	S211	S212	S213	S214	S215	S216	S217	S218	S219	S220	S221	S222	S223	S224	S225	S226	S227	S228	S229	S230	S231	S232	S233	S234	S235	S236	S237	S238	S239	S240	S241	S242	S243	S244	S245	S246	S247	S248	S249	S250	S251	S252	S253	S254	S255	S256	S257	S258	S259	S260	S261	S262	S263	S264	S265	S266	S267	S268	S269	S270	S271	S272	S273	S274	S275	S276	S277	S278	S279	S280	S281	S282	S283	S284	S285	S286	S287	S288	S289	S290	S291	S292	S293	S294	S295	S296	S297	S298	S299	S300	S301	S302	S303	S304	S305	S306	S307	S308	S309	S310	S311	S312	S313	S314	S315	S316	S317	S318	S319	S320	S321	S322	S323	S324	S325	S326	S327	S328	S329	S330	S331	S332	S333	S334	S335	S336	S337	S338	S339	S340	S341	S342	S343	S344	S345	S346	S347	S348	S349	S350	S351	S352	S353	S354	S355	S356	S357	S358	S359	S360	S361	S362	S363	S364	S365	S366	S367	S368	S369	S370	S371	S372	S373	S374	S375	S376	S377	S378	S379	S380	S381	S382	S383	S384	S385	S386	S387	S388	S389	S390	S391	S392	S393	S394	S395	S396	S397	S398	S399	S400	S401	S402	S403	S404	S405	S406	S407	S408	S409	S410	S411	S412	S413	S414	S415	S416	S417	S418	S419	S420	S421	S422	S423	S424	S425	S426	S427	S428	S429	S430	S431	S432	S433	S434	S435	S436	S437	S438	S439	S440	S441	S442	S443	S444	S445	S446	S447	S448	S449	S450	S451	S452	S453	S454	S455	S456	S457	S458	S459	S460	S461	S462	S463	S464	S465	S466	S467	S468	S469	S470	S471	S472	S473	S474	S475	S476	S477	S478	S479	S480	S481	S482	S483	S484	S485	S486	S487	S488	S489	S490	S491	S492	S493	S494	S495	S496	S497	S498	S499	S500	S501	S502	S503	S504	S505	S506	S507	S508	S509	S510	S511	S512	S513	S514	S515	S516	S517	S518	S519	S520	S521	S522	S523	S524	S525	S526	S527	S528	S529	S530	S531	S532	S533	S534	S535	S536	S537	S538	S539	S540	S541	S542	S543	S544	S545	S546	S547	S548	S549	S550	S551	S552	S553	S554	S555	S556	S557	S558	S559	S560	S561	S562	S563	S564	S565	S566	S567	S568	S569	S570	S571	S572	S573	S574	S575	S576	S577	S578	S579	S580	S581	S582	S583	S584	S585	S586	S587	S588	S589	S590	S591	S592	S593	S594	S595	S596	S597	S598	S599	S600	S601	S602	S603	S604	S605	S606	S607	S608	S609	S610	S611	S612	S613	S614	S615	S616	S617	S618	S619	S620	S621	S622	S623	S624	S625	S626	S627	S628	S629	S630	S631	S632	S633	S634	S635	S636	S637	S638	S639	S640	S641	S642	S643	S644	S645	S646	S647	S648	S649	S650	S651	S652	S653	S654	S655	S656	S657	S658	S659	S660	S661	S662	S663	S664	S665	S666	S667	S668	S669	S670	S671	S672	S673	S674	S675	S676	S677	S678	S679	S680	S681	S682	S683	S684	S685	S686	S687	S688	S689	S690	S691	S692	S693	S694	S695	S696	S697	S698	S699	S700	S701	S702	S703	S704	S705	S706	S707	S708	S709	S710	S711	S712	S713	S714	S715	S716	S717	S718	S719	S720	S721	S722	S723	S724	S725	S726	S727	S728	S729	S730	S731	S732	S733	S734	S735	S736	S737	S738	S739	S740	S741	S742	S743	S744	S745	S746	S747	S748	S749	S750	S751	S752	S753	S754	S755	S756	S757	S758	S759	S760	S761	S762	S763	S764	S765	S766	S767	S768	S769	S770	S771	S772	S773	S774	S775	S776	S777	S778	S779	S780	S781	S782	S783	S784	S785	S786	S787	S788	S789	S790	S791	S792	S793	S794	S795	S796	S797	S798	S799	S800	S801	S802	S803	S804	S805	S806	S807	S808	S809	S810	S811	S812	S813	S814	S815	S816	S817	S818	S819	S820	S821	S822	S823	S824	S825	S826	S827	S828	S829	S830	S831	S832	S833	S834	S835	S836	S837	S838	S839	S840	S841	S842	S843	S844	S845	S846	S847	S848	S849	S850	S851	S852	S853	S854	S855	S856	S857	S858	S859	S860	S861	S862	S863	S864	S865	S866	S867	S868	S869	S870	S871	S872	S873	S874	S875	S876	S877	S878	S879	S880	S881	S882	S883	S884	S885	S886	S887	S888	S889	S890	S891	S892	S893	S894	S895	S896	S897	S898	S899	S900	S901	S902	S903	S904	S905	S906	S907	S908	S909	S910	S911	S912	S913	S914	S915	S916	S917	S918	S919	S920	S921	S922	S923	S924	S925	S926	S927	S928	S929	S930	S931	S932	S933	S934	S935	S936	S937	S938	S939	S940	S941	S942	S943	S944	S945	S946	S947	S948	S949	S950	S951	S952	S953	S954	S955	S956	S957	S958
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

«تاریخ ارزیابی عوامل داخلی IFE در طرح»			
عنوان	وزن	نمره اثر گذاری	نمره نهایی
نقاط قوت			
کمک در طرح های پارک ها، راه سازی، محوطه سازی، تسطیح	۰.۱	۴	۰.۴
جلوگیری از آلودگی های محیط زیست	۰.۱	۴	۰.۴
حفظ زیبایی منظر شهری	۰.۰۸	۴	۰.۳۲
استحصال شن و ماسه از زائدات ساختمانی	۰.۰۶	۳	۰.۱۸
جلوگیری از حوادث و اتفاقات غیر مترقبه که به علت ذخیره شدن زائدات در معابر روی می دهد.	۰.۰۸	۳	۰.۲۴
جلوگیری از تحمیل هزینه های مضاعف به سیستم خدمات شهری	۰.۱	۳	۰.۳
ایجاد درآمد از بازیافت زائدات ساختمانی	۰.۰۸	۴	۰.۳۲
نقاط ضعف			
عدم تناسب تجهیزات و امکانات مراکز دفن با حجم زائدات تولیدی	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
بعد مسافت مراکز دفن از محل تولید	۰.۱	۱	۰.۱
عدم وجود تسهیلات در زمینه سرمایه گذاری	۰.۰۳	۲	۰.۰۶
عدم وجود برنامه مدون در خصوص جمع آوری آمار و اطلاعات تولید قبل از ایجاد اداره	۰.۰۳	۲	۰.۰۶
عدم وجود فن آوری مطلوب در تبدیل مواد و بالا بردن هزینه سرمایه گذاری جهت انتقال تکنولوژی برای بازیافت	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
عدم آموزش کافی به شهروندان	۰.۰۸	۱	۰.۰۸
امتیازات	۱		۲.۸۶
«تاریخ ارزیابی عوامل خارجی EFE در طرح»			
عنوان	وزن	نمره اثر گذاری	نمره نهایی
فرصت			
استقبال مناطق شهری از طرح	۰.۲۵	۴	۱
ایجاد اشتغال	۰.۲۵	۴	۱
صرفه جویی در کلیه امور عملیاتی	۰.۱۱	۳	۰.۳۳
کمک به اقتصاد شهری	۰.۱	۳	۰.۳
تهدیدات			
عدم کنترل سلامتی کارگران این حرفه	۰.۰۸	۲	۰.۱۶
کمبود نیروی کارگر	۰.۰۶	۲	۰.۱۲
مستعمل بودن اکثر ماشین آلات در بخش خصوصی	۰.۰۶	۳	۰.۱۲
تهدید بهداشت عمومی جامعه	۰.۰۹	۴	۰.۳۶
امتیازات	۱		۳.۳۹

امتیازات ماتریس ارزیابی موقعیت طرح								
امتیاز	توان مالی FS	امتیاز	مزیت رقابتی IS	امتیاز	حمایت محیط ES	امتیاز	توان اجرایی CA	امتیاز
-2	جنوگیری از تحمل هزینه‌ها	4	استحصال شن و مله	3	ایجاد اشتغال	-3	عدم وجود برنامه	-2
-1	ایجاد درآمد	3	بعد مسافت محل دفن	1	ارتقاء سطح بهداشت	-1	عدم شناخت کمیت	-1
-3	عدم وجود تسهیلات سرمایه گذاری	3	استقبال مناطق شهری	5	جنوگیری از آلودگی	-2	عدم تناسب تجهیزات	-3
-2	عدم وجود فن آوری اقتصادی	2	کمک در طرح‌ها	3	حفظ زیبایی	-2	عدم دستور العمل	-2
-2	صرفه جویی در امور عملیاتی مربوطه	3	میلگین	3	مشارکت عمومی	-2	میلگین	-2
	کمک به اقتصاد	3			میلگین	-2		
	میلگین	3						

مصنوعی یا نخاله‌های ساختمانی و مصالح خاکبرداری در

مشهد، سازمان بازیافت و تبدیل مواد مشهد، ۱۳۸۵.

۵. قانون مدیریت پسماند، ۱۳۸۳

۶. آئین نامه اجرائی قانون مدیریت پسماندها، ۱۳۸۴

۷. اعرابی، محمد و یارسائیان، علی، ۱۳۷۹. مدیریت استراتژیک،

دفتر پژوهش‌های فرهنگی

۸. خلیلی، سهراب، ۱۳۷۷. برنامه‌ریزی و مدیریت استراتژیک،

انتشارات یادواره کتاب

۹. دستور العمل اجرائی تخریب بناهای ساختمانی، ستاد ساماندهی

ضایعات ساختمانی، سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد،

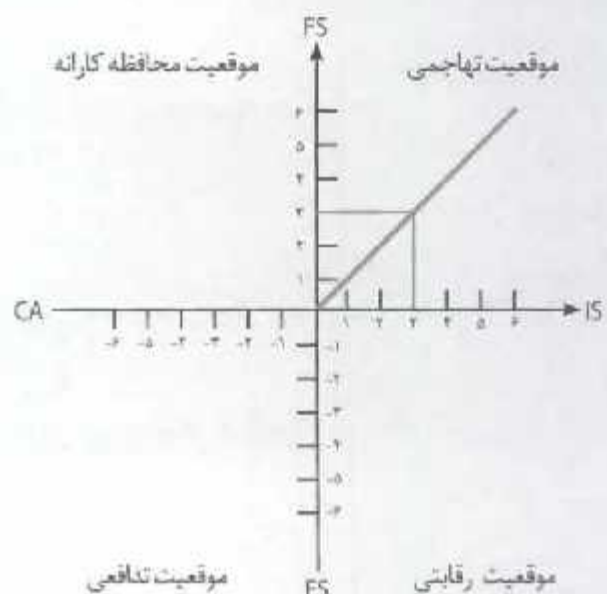
۱۳۸۸.

10. Nunes KRA, Mahier CF, Valle R, Neves C., 2007, Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities, Waste Management 27 (2007) 1531-1540, journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman

11. Kartam, Nabil et al, 2004, Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. (www.sciencedirect.com)

12. WSP Environmental Limited, 2009, Collection Techniques for Construction, Demolition and Excavation Wastes, project code MRF 107-Final Report, www.wrap.org.uk

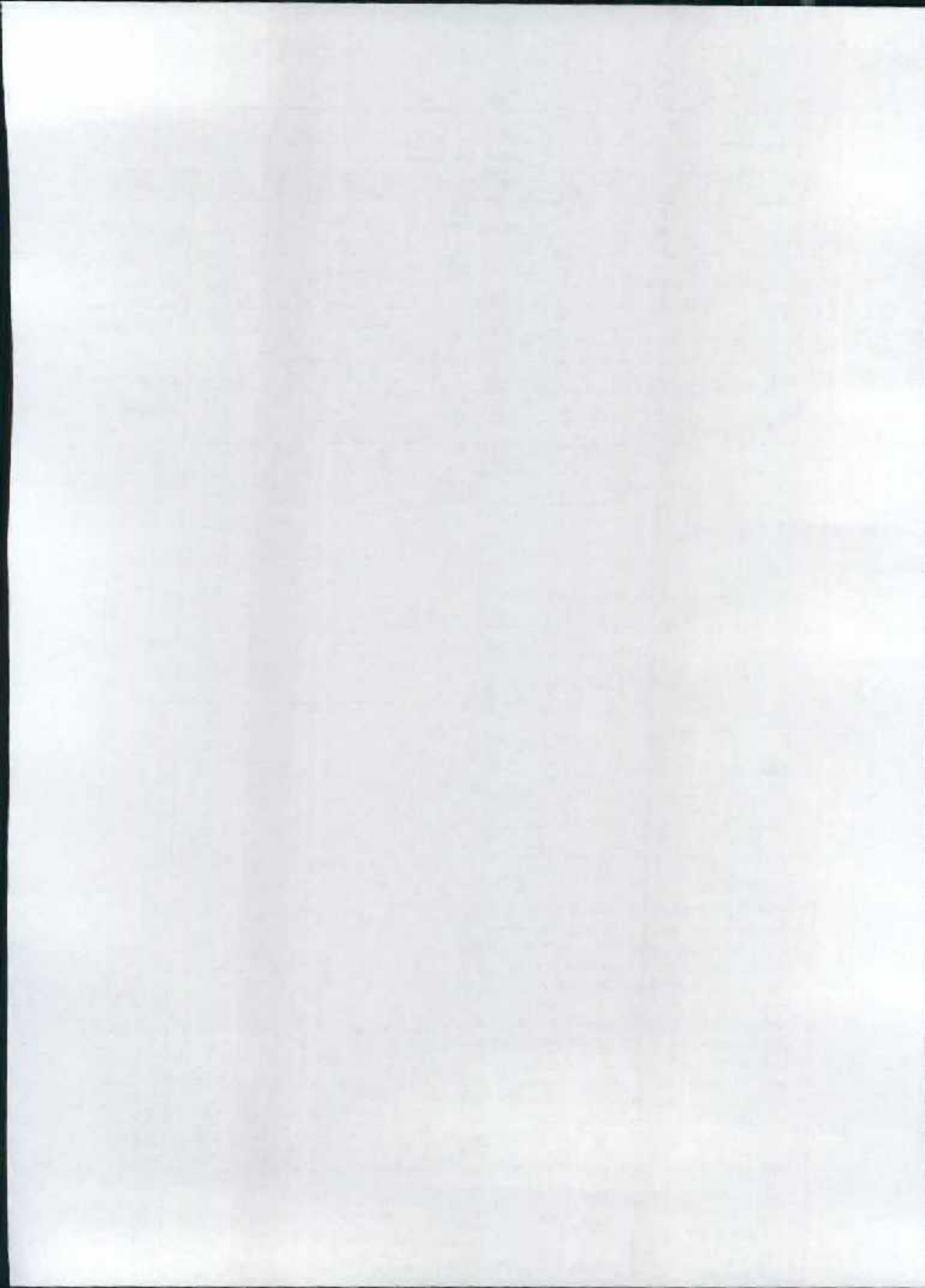
13. www.urbanindia.nic.in/publicinfo/swm/chap4.pdf



نمودار ۳- ارزیابی موقعیت و اقدام استراتژیک

منابع

۱. اعرابی، قاسمعلی، مواد زائد جامد، انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، ۱۳۷۷.
۲. چوپانگلوس جورج، مدیریت جامع پسماند (اصول مهندسی و مسائل مدیریتی)، مترجمان: جعفرزاده حقیقی فرد و همکاران. نعمت اله، انتشارات خاتیران، چاپ دوم، ۱۳۸۸.
۳. گزارش مطالعات طرح جامع مدیریت پسماند مشهد، سازمان بازیافت و تبدیل مواد مشهد، ۱۳۸۶.
۴. حافظی مقدس، ناصر، مطالعات امکان پذیری احداث تبه



مکانیابی مخازن ذخیره سازی و مسیریابی سیستم جمع آوری پسماند جامد شهر آبادیه با رویکرد تفکیک از مبدأ به کمک نرم افزار ArcGIS

چکیده

جمع آوری و حمل و نقل پسماندها به دلیل اینکه عمده هزینه شهرداری‌ها را در مدیریت پسماند به خود اختصاص می‌دهد، همواره به عنوان دغدغه اصلی مسئولین مربوطه می‌باشد. از آنجا که یک سیستم مهندسی جهت بهینه سازی این امر در اکثر نقاط کشور مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، لذا ضرورت طراحی سیستم بهینه جمع آوری پسماند با بهره گیری از روش‌های اصولی و علمی بیش از پیش احساس می‌گردد.

در این مطالعه که بر روی سیستم ذخیره سازی و جمع آوری پسماند جامد شهر آبادیه انجام گرفته با انجام یاردها و بررسی‌های میدانی، مصاحبه با مسئولین امر و افراد مرتبط در قالب پرسشنامه و تحلیل اطلاعات و آمار جمع آوری شده در محیط نرم افزاری ArcGIS، ابتدا به مکانیابی مخازن مناسب ذخیره سازی با رویکرد تفکیک پسماندها در مبدأ پرداخته شده، سپس مسیریابی جمع آوری پسماند بر اساس ارزش دهی به پارامترهایی نظیر کوتاهی مسیر، ترافیک و ... صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی سیستم جمع آوری، ArcGIS، مکانیابی مخازن، تفکیک در مبدأ

ابوب کریم جشنی^۱، حمید امیری^۲، محمد سنوسپهر^۳، موشی مجرد^۴

^۱ استادیار بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست دانشگاه شیراز، akarimj@shirazu.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران محیط زیست دانشگاه شیراز hamidb4amini@gmail.com
mo.annadbi@gmail.com

^۳ کارشناس ارشد طرح جامع مدیریت پسماند شهری و روستایی استان فارس m_minousepeh@yahoo.com

مقدمه

بهره برداری وجود دارد که شدت آلاینده‌ها و مخاطرات زیست محیطی را افزایش می‌دهد.

لذا برای مسئولان مرتبط با مدیریت پسماند بحث بهینه سازی سیستم جمع آوری پسماند اهمیت ویژه ای دارد و این اهمیت در پارامترهای سیستم جمع آوری از قبیل تعداد بهینه سطل‌ها، مکانیابی بهینه آنها، اثرات زیست محیطی ناشی از سرریز کردن سطل‌ها، مصرف سوخت بالا و قیمت انرژی زیاد، نرخ بازیافت و جداسازی پسماند در مبدأ اهمیت اساسی دارد، لذا در سالهای اخیر مدل‌های زیادی جهت بهینه کردن مکان‌های سطل‌های زباله و مسیرهای جمع آوری پسماند ارائه گردیده است. مطالعات صورت گرفته از وضعیت موجود جمع آوری و حمل و نقل پسماندهای جامد در شهرهای استان فارس نشان می‌دهد که مکانیابی مخازن ذخیره سازی موقت پسماند و مسیرهای جمع آوری این مخازن بیشتر به صورت تجربی و سلیقه‌ای و به دور از محاسبات مهندسی می‌باشد، لذا ضرورت طراحی سیستم بهینه جمع آوری پسماند با بهره گیری از روش‌های اصولی و علمی بیش

افزایش میزان جمعیت و رشد سریع اقتصاد و صنعت و بالا رفتن استانداردهای زندگی موجب افزایش تولید پسماند در جوامع مختلف گردیده است و همچنین مدیریت جمع آوری پسماند غیر صحیح پسماند در جوامع پیشرفته و در حال توسعه موجب به خطر افتادن زندگی ساکنان و همچنین محیط زیست گردیده است. طبق تعریف جوبانو گلاس، عنصر جمع آوری پسماند، نه تنها شامل جمع آوری یا برداشتن پسماندهای جامد و مواد قابل بازیافت از منابع مختلف تولید می‌باشد، بلکه شامل حمل این مواد به مکان‌هایی می‌شود که وسایل نقلیه مربوط به جمع آوری باید در آنجا تخلیه گردد. از آنجا که جمع آوری پسماند جامد ۷۰ درصد هزینه‌های جاری مدیریت پسماند را به خود اختصاص می‌دهد، همچنین قسمت عمده‌ای از این هزینه‌ها صرف خرید سوخت می‌شود، لذا مصرف سوخت زیاد علاوه بر تأثیر هزینه خود می‌تواند باعث ایجاد مخاطراتی از قبیل افزایش آلودگی هوا و افزایش گازهای گلخانه‌ای مانند CO₂ و NO_x شود. همچنین در سیستم جمع آوری پسماند مشکلات فراوانی در

شهر مورد مطالعه [۱]

آباد شهری است در استان فارس و مرکز شهرستان آباد. شهرستان آباد در شمالی ترین نقطه استان فارس قرار دارد. از شمال و غرب به استان اصفهان و شهرستان اقلید، از جنوب به صفاسهر و اقلید و از شرق به استان یزد متصل است. این شهرستان در فاصله ۲۷۰ کیلومتری شمال شیراز، ۲۰۰ کیلومتری جنوب اصفهان، ۱۹۰ کیلومتری جنوب غربی یزد و ۵۲۸ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرد قرار دارد. وسعت جغرافیایی آباد ۶۰۵۲ کیلومتر مربع است که حدود ۱۱ درصد کل مساحت استان را به خود اختصاص داده است (شکل شماره (۱)).

از پیش احساس می گردد. لذا در این مقاله که جهت بهینه سازی سیستم جمع آوری پسماند در شهر آباد است بر سه مرحله کلی تقسیم شده است:

۱. تفکیک پسماند در مبدأ به ۴ دسته: مواد فسادپذیر، کاغذ و مقوا، شیشه ها و فلزات، و سایر پسماندها
۲. محاسبه حجم هر کدام از سطول ها با توجه به فاکتورهایی از قبیل فاصله بهینه سطول ها، تراکم جمعیت، دانسیته پسماند و ...
۳. یافتن بهینه ترین مسیر جهت جمع آوری پسماند با توجه به فاکتورهایی از قبیل کوتاهی مسیر، تراکم مسیر، حجم ماشین ها



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر آباد

ویژگی های جمعیت، مساحت و پسماند شهر آباد به شرح جداول زیر است (جدول شماره (۱)، (۲) و (۳)).

جدول شماره ۱: ویژگی های جمعیتی شهر آباد

جمعیت سال								توخ رشد ۶۵-۸۵	شهر
۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۵		
پیش بینی	پیش بینی	پیش بینی	پیش بینی	پیش بینی	پیش بینی	پیش بینی	رسمی		
۶۳۹۷۵	۶۳۰۳۱	۶۲۱۰۲	۶۱۱۸۶	۶۰۲۸۴	۵۹۳۹۵	۵۸۵۲۷	۵۵۱۴۳	۱/۵۰	

جدول شماره ۲: ویژگی های مساحتی شهر آباد

نام شهرداری	نوع بافت	مساحت (هکتار)
آباد	جدید	۱۶۷۹
	قدیم	۷۰

- سرانه خانگی ۵۹۴ گرم نگر در روز
- سرانه شهری ۸۴۰ گرم نگر در روز تناژ در روز ۴۹/۸۹۲
- چگالی در مبدأ ۱۸۵ کیلوگرم بر متر مکعب
- چگالی حین حمل ۲۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب

جدول شماره ۳۰ اجزا تشکیل دهنده پسماند شهر آباد

ردیف	اجزاء پسماند	بیشینه	کمینه	میانگین
۱	مواد فساد پذیر	۷۳/۳۰	۶۸/۹۵	۷۰/۵۷
۲	کاغذ و مقوا	۶/۰۱	۴/۶۵	۵/۵
۳	شیشه و فلزات	۲/۱۶	۱/۸۶	۱/۹۵
۴	سایر	۱۸/۵۳	۲۴/۵۴	۲۱/۹۸

روش انجام کار

برای مسیریابی و مکانیابی پسماند، از نرم افزار ArcGIS استفاده شده است. این نرم افزار یک ابزار قدرتمند در آنالیز مکانی می باشد. اساس کار در این مقاله بر سه گام استوار بوده است. (۱) محاسبه حجم سطل ها با رویکرد تفکیک در مبدأ، (۲) مکانیابی صحیح سطل ها با در نظر گرفتن ۲ فاکتور جمعیت و فاصله (۳) یافتن بهینه ترین مسیر جهت جمع آوری [۳].

۱. محاسبه حجم سطل ها با رویکرد تفکیک در مبدأ همانطور که می دانیم محاسبه درست و مهندسی حجم پسماند در هر ناحیه مانع از ایجاد مخاطراتی از قبیل سرریز کردن سطل ها در برخی نواحی و یا خالی ماندن در بعضی نواحی دیگر می شود. لذا یک سیستم بهینه باید با در نظر گرفتن فاکتورهای مربوط به جمعیت و میزان تولید پسماند و آنالیز خصوصیات فیزیکی پسماند از قبیل وزن مخصوص جهت محاسبه حجم مورد نیاز هر سطل استفاده کند [۴]. جهت محاسبه حجم سطل ها از فرمول زیر استفاده شده است (فرمول شماره (۱)):

$$\text{فرمول شماره ۱: } \frac{P \times GR \times C \times D}{D} = \text{سطل ها حجم}$$

P جمعیت تحت تأثیر هر سطل

GR: نرخ پسماند جمع آوری شده (Kg/day.Inhabit)

C: ضریب موثر دوره جمع آوری

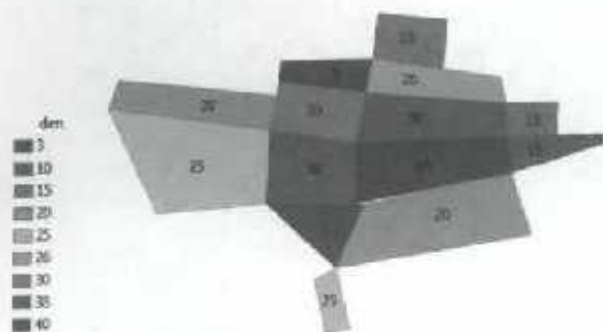
D: دانسیته پسماند (Kg/m³)

D: ضریب اطمینان

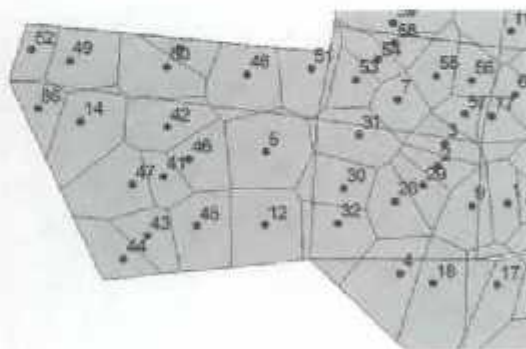
در فرمول بالا از ضریب C استفاده شده است که این ضریب به دوره جمع آوری پسماند بستگی دارد برای دوره جمع آوری ۷، ۶ و ۳ روزه به ترتیب (۱ و ۱/۴ و ۲/۳) لحاظ می شود و همانطور که مشخص است با افزایش دوره جمع آوری، این ضریب کاهش می یابد [۲].

همچنین جهت اطمینان از جلوگیری از سرریز شدن پسماند از ضریب اطمینان ۱/۱۵ استفاده شده است. همچنین در رویکرد تفکیک در مبدأ ما پسماند را به ۴ دسته مواد فسادپذیر، کاغذ و مقوا، شیشه ها، فلزات و سایر پسماندها تقسیم کرده ایم و برای ۲ دسته مواد فسادپذیر و سایر پسماندها به ترتیب دانسیته ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب لحاظ گردیده شده است. همچنین با توجه به اطلاعات پسماند شهر آباد نرخ تولید پسماند برای مواد فساد پذیر و سایر پسماندها به ترتیب اعداد ۵۹۰ و ۲۱۰ گرم به ازای هر نفر در روز لحاظ گردیده شده است.

برای محاسبه جمعیت از نقشه های تراکمی شهر استفاده شده است (شکل شماره (۲))، و سپس با توجه به تراکم و فرمول شماره ۱ و فرض کردن سطل هایی با حجم ۶۶۰ لیتر برای پسماند فساد پذیر و ۳۴۰ لیتری برای سایر پسماندها، تعداد سطل ها برای هر ناحیه به تفکیک نوع پسماند (فسادپذیر، سایر اجزا) محاسبه شده است (شکل شماره (۳)). این نکته قابل ذکر است که جهت محاسبه پسماند کاغذ، مقوا و شیشه ای از فرمول شماره ۱ استفاده نشده است و چون جمعیت شهر ما بین ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ نفر بوده است به ازای هر ۴۰۰ نفر یک سطل را قرار داده ایم [۳].



شکل ۲- نقشه تراکمی شهر آباد



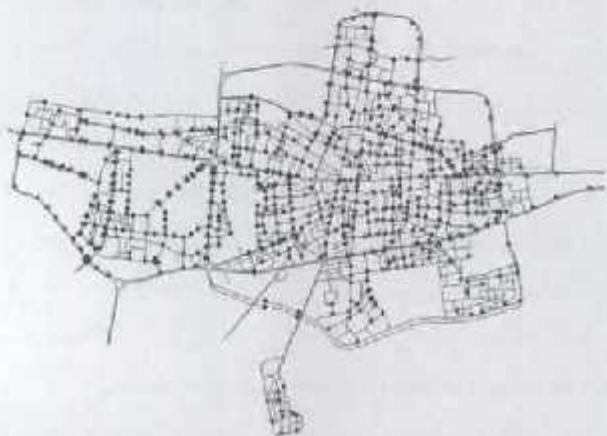
شکل ۳- تعداد سطل های مورد نیاز

۲. مکانیابی صحیح سطل‌ها

پس از بدست آوردن تعداد سطل‌های لازم برای هر ناحیه براساس جمعیت و چگالی پسماند اقدام به جانمایی سطل‌ها در مکان‌های مشخص براساس ضوابط موجود در جدول شماره (۴) عمل می‌کنیم.

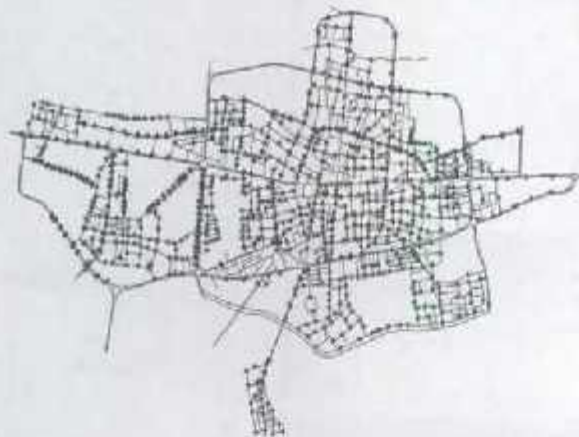
جدول ۴: فواصل قرار دادن سطل‌ها در مسیرهای مختلف

نوع پسماند		پارامتر	
کاغذ و پلاستیک و سایر پسماند	مواد فسادپذیر		
۲۰۰	۵۰	مرکز شهر	فواصل مخازن ذخیره سازی (m)
۶۰۰	۲۰۰	خیابان‌های اصلی	
-	۴۰۰	خیابان‌های فرعی	
۲۴۰	۶۶۰	ظرفیت مخازن (lit)	



شکل ۶- مکان‌های پیشنهادی برای جانمایی سطل‌های سایر پسماندها

براساس ضوابط فوق، جانمایی مشابه اشکال شماره (۴) و (۵) و (۶) زیر برای سطل‌های پسماند فسادپذیر، کاغذ و مقوا، پلاستیک و سایر پسماند بدست آمده است. لازم به ذکر است که در مکانیابی انجام شده در مکان‌های مشکل‌زا از لحاظ ترافیکی سطلی قرار داده نشده است.

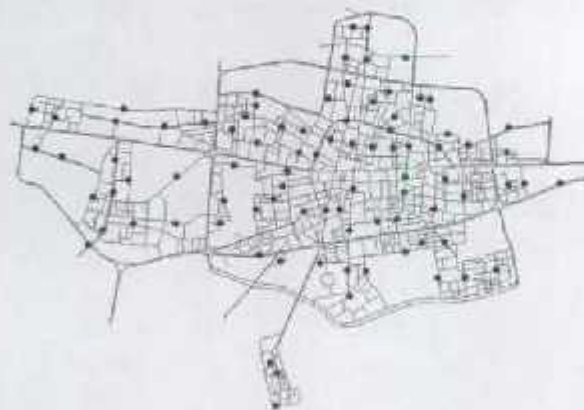


شکل ۷- مکان‌های پیشنهادی برای جانمایی سطل‌های پسماند فسادپذیر

۳. یافتن بهینه‌ترین مسیر جهت جمع‌آوری

در این روش مسیریابی براساس کوتاهترین مسیر و توسط Network Analyst که یک Extension بسیار قدرتمند از نرم‌افزار ArcGIS در آنالیز مکانی و مسیریابی است استفاده شده است [۵]. این نرم‌افزار به کاربر این اجازه را می‌دهد که با ایجاد یک شبکه راه‌ها یک مدل واقع‌گرایانه پویا را ایجاد کند که شامل اعمال محدودیت جرحش، محدودیت و ضوابط سرعت حرکت و وسیله نقلیه در مسیرها، حجم ماشین‌ها، محدودیت ارتفاع و شرایط ترافیکی در زمان‌های مختلف روز، می‌باشد [۶].

برای جمع‌آوری پسماند فسادپذیر، برنامه دو روز یکبار و برای پسماندهای کاغذ و شیشه برنامه هفته‌ای یکبار و سایر پسماندها برنامه سه روز یکبار پیشنهاد شده است و این دوره‌های جمع‌آوری در محاسبه حجم سطل‌ها نیز لحاظ شده است. در شکل شماره (۷)



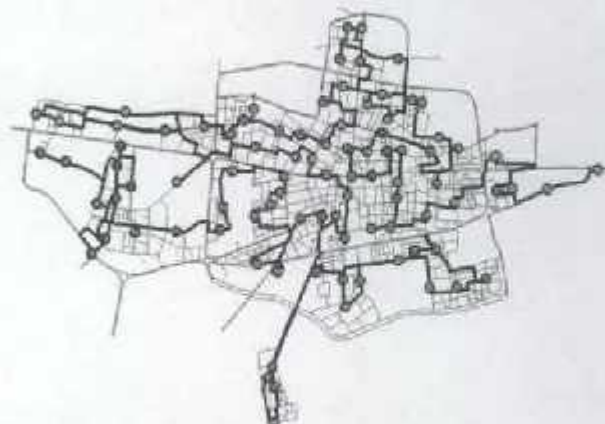
شکل ۸- مکان‌های پیشنهادی برای جانمایی سطل‌های پسماند کاغذ و شیشه

و تنها براساس تجربه مسئولین خدمات شهری این امر انجام پذیرفته، توصیه می‌شود که در این شهر و سایر شهرهایی که با این معضل مواجه اند، مدیریت پسماندها با محوریت تفکیک در مبدأ انجام گیرد و جانیابی مخازن مناسب ذخیره سازی پسماندها به کمک نرم افزار ArcGIS و در فواصل مناسب انجام شود تا از بروز مشکلاتی نظیر مخلوط شدن پسماندها، سرریز کردن مخازن و مسائل و معضلات زیست‌محیطی و بهداشتی جلوگیری شود. همچنین با بهینه کردن مسیرهای جمع‌آوری مخازن ذخیره‌سازی و در اختیار قرار دادن نقشه‌های فوق به افراد مرتبط (ناظر و راننده)، در هزینه‌هایی مانند سوخت و نیروی انسانی صرفه جویی به عمل آید.

منابع

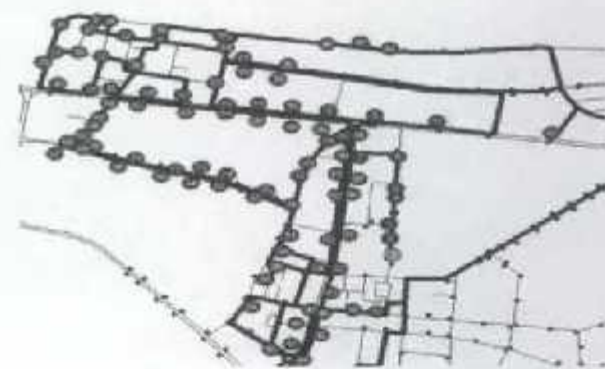
1. طالب بیدختی، ناصر، کریمی جشنی، ایوب، " طرح جامع مدیریت پسماندهای شهری و روستایی استان فارس"، ۱۳۹۰.
2. Alvaro A, Palacios MV. Recogida ordinaria de residuos sólidos urbanos. I (municipal waste collection. Part I). Revista Residuos 2000;56:24-37.
3. Zamorano, M. and Molero, E., "A planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection", A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). (2009)
4. Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos. Club Español de Residuos (ISR-CER). Economic and environmental analysis of waste packaging selective collection; 2003.
5. ESRI, GIS and Mapping Software Support Group. "Arc GIS Network Analyst: Routing, Closest Facility and Service Area Analysis". (2006)
6. Karadimas, N. and Kokokathi, M., "Municipal waste collection of large items optimized with Arc GIS Network Analyst". (2007)

نمونه‌ای از مسیریابی انجام شده برای پسماند کاغذ و پلاستیک را می‌توان مشاهده کرد.



شکل ۷- مسیریابی انجام شده برای جمع‌آوری پسماند کاغذ و پلاستیک

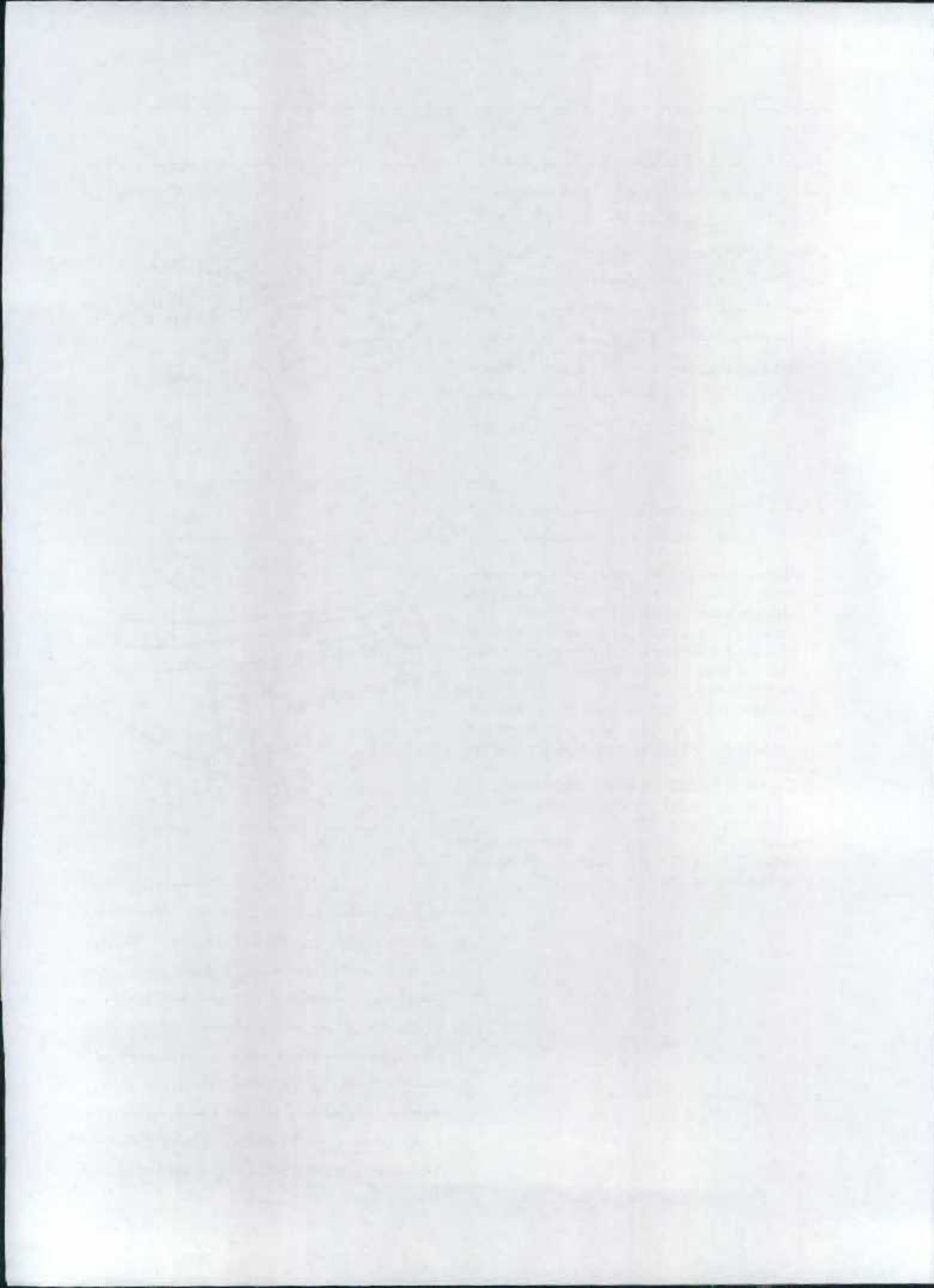
در شکل شماره (۸) نمونه‌ای از مسیریابی انجام شده برای پسماند کاغذ و پلاستیک را می‌توان مشاهده کرد.



شکل ۸- مسیریابی انجام شده برای جمع‌آوری پسماند فسادپذیر

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به مقایسه مسیرهای جمع‌آوری، مشاهده می‌شود که نرم‌افزار ArcGIS توانایی ویژه‌ای در مکانیابی و بهینه‌سازی مسیرهای جمع‌آوری، مخازن ذخیره‌سازی پسماند دارد و با مشخص‌سازی مسیر بهینه از لحاظ کوتاهی مسیر، ترافیک و ضوابط مسیریابی باعث کاهش مصرف سوخت و هزینه‌های نیروی انسانی می‌شود. علاوه بر این از قابلیت‌های بسیار خوب این نرم‌افزار می‌توان به انعطاف‌پذیری بالای آن در برابر تغییر پارامترهای طراحی اشاره کرد. از آنجا که در وضعیت موجود مدیریت پسماند شهر آباده، پسماندها به صورت مخلوط ذخیره‌سازی و جمع‌آوری می‌شوند و همچنین مکانیابی مخازن و مسیریابی جمع‌آوری آنها به شکل اصولی و مهندسی صورت نگرفته



مسیریابی وسایط نقلیه و تعیین تعداد خودروهای جمع‌آوری پسماند با استفاده از یک روش فرا ابتکاری

چکیده

در این مقاله، یک مدل برنامه‌ریزی خطی - عدد صحیح از مسأله مسیریابی وسایط نقلیه حمل برگشتی با پنجره زمانی و ظرفیت پسماند^۱ (CVRPBTW) ارائه می‌شود. در این مدل یک ناوگان ثابت غیر یکتواخت با تعداد ثابتی از هر نوع ماشین با هزینه و ظرفیت‌های متفاوت برای هر یک در اختیار قرار دارد. هدف کلی کمینه کردن هزینه ناوگان، کل مسافت سفرها و یا مدت زمان آن است. مدل پیشنهادی قادر است مسیریابی با حداقل تعداد وسیله نقلیه، حداقل ظرفیت بیکار و حداقل زمان به کارگیری آنها، برای سرویس‌دهی به کل مشتریان (گره‌ها) ایجاد نماید. برای حل مدل ارائه شده، یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر بازیخت شبیه‌سازی شده^۲ (HSA) پیشنهاد می‌شود که جواب‌های خوبی در مدت زمان مناسب ایجاد می‌کند. تعدادی از مسائل آزمایشی در ابعاد کوچک و بزرگ حل و سپس نتایج محاسباتی آن ارائه می‌شود. در خاتمه عملکرد الگوریتم پیشنهادی در صنعت جمع‌آوری پسماند در یک ناحیه پایلوت از شهر تهران مورد بررسی قرار می‌گیرد. واژه‌های کلیدی: مسیریابی، وسیله نقلیه، حمل برگشتی، پنجره زمانی، مدیریت پسماند، بازیخت شبیه‌سازی شده

سید مصطفی قاضی‌زاده هاشمی

کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و کنترل عملکرد
سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران -
کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع
msf_hashemi@yahoo.com

مقدمه

با توجه به اینکه شهرداری تهران برای هر ناحیه و با توجه به آنالیز آن، نسبت به عقد قرارداد با پیمانکار مکانیزه اقدام می‌نماید، لزوم بازیگری در آنالیز امکانات و ماشین‌های مکانیزه آن ناحیه، احساس می‌شود. این مقاله توسعه مدل ریاضی پژوهش انجام گرفته توسط قاضی‌زاده هاشمی [۲] است.

شرح مسأله تحقیق

مقدمه‌ای بر مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی و ظرفیت (CVRPBTW)

مسأله CVRPBTW [۲] نوعی از مسائل VRP می‌باشد که متفاوت با نوع کلاسیک مسأله مسیریابی [۴] است. مسأله CVRPBTW یکی از مسائل مشهور و سخت NP-hard هستند که به نوعی زیر مجموعه‌ای از مسائل CVRP به حساب می‌آیند. مسائل CVRP شامل پیدا کردن مجموعه‌ای از سفرها با کمترین هزینه که از یک ایستگاه متداول شروع شده و به آن ایستگاه ختم خواهد شد در حالی که هر گره مربوط به یک سفر می‌باشد و مجموع تقاضاهای مشتریان

نیاز به تغییر و تحول از عمده ترین نیازهای قطری انسان می‌باشد و در طول تاریخ همراه با رشد فکری و فرهنگی و ارتقای سطح علمی و اجتماعی بشری، این نیاز به تغییر و تحول نیز افزایش می‌یافت و تمدن امروز جهان مدیون و مرهون این احساس نیاز انسان به تغییرات است و همین گرایش طبیعی انسان به تغییر و تکامل منشاء تحولات اجتماعی، فرهنگی و سیاسی و ... می‌شود و چه بسا این گرایش خود را در عرصه‌های خدماتی و عمومی همچون شهرداری‌ها و موضوعی چون مدیریت پسماند^۳ [۱] نشان دهد. با توجه به اجتناب ناپذیر بودن تولید زباله یا ضایعات توسط انسان در هر زمان، توجه به کنترل و ساماندهی آن وظیفه ای ملی و با اهمیت است. در این خصوص باید در وهله اول به آموزش، فرهنگ‌سازی در جهت کاهش و تفکیک پسماندها و در کنار آن چگونگی جمع‌آوری حجم عظیم و پراکنده زباله و در مرحله بعد به مسئله بازیافت آن توجه نمود. بنابراین برنامه‌ریزی صحیح جهت بکارگیری اصولی منابع، می‌تواند از ایجاد هزینه‌های اضافی جلوگیری نماید و موجب بالا رفتن اثربخشی و در نهایت بهره‌وری مدیریت پسماند گردد. حال

1. Capacitated Vehicle Routing problem with Backhauls and time window

2. Hybrid simulated annealing

3. Waste Management

نیاید از زمان کل در دسترس تجاوز کند). ۲. تعداد مخازن هر پست ناحیه- منطقه (تعداد گره در شبکه راه) موجود و ظرفیت هر یک مشخص است. ۳. میانگین زمان سرویس برای هر گره (مشری) مشخص است. ۴. ظرفیت هر نوع از وسایل نقلیه مشخص و ثابت است و هزینه برای هر نوع مقداری ثابت است. ۵. مسیرهای مجاز (زیرمجموعه ای از مسیرهای شبکه راه ها) موجود است. ۶. تعداد ماشین‌های در دسترس مشخص است. ۷. فواصل گره‌ها و محل تخلیه زباله (ایستگاه) مشخص می‌باشد. ۸. هر گره فقط توسط یک ماشین سرویس دهی می‌شود. ۹. هر ماشین شروع و پایان مسیرش از یک ایستگاه است. ۱۰. مجموع تقاضا برای هر ماشین نباید از ظرفیتش تجاوز کند. ۱۱. سرعت برای وسایل نقلیه مقداری ثابت است. ۱۲. هزینه هر واحد زمانی کارکرد (اجاره) از هر نوع ماشین مشخص است. ۱۳. میانگین زمان جهت تخلیه در ایستگاه و حداکثر نمودن ظرفیت خالی جهت سرویس مجدد، مشخص می‌باشد. ۱۴. ناوگان غیر یکنواخت بوده و ۳ نوع ماشین کوچک (سبک) و بزرگ (سنگین) و متوسط (تیمه سنگین) در ناوگان مستقر هستند که هزینه برای هر نوع ثابت است. ۱۵. در طول زمان در دسترس، کلیه مخازن می‌بایست تخلیه شوند.

مدل نمادین، پارامترها و متغیرهای تصمیم‌گیری مسئله

پارامترهای مدل مسئله به صورت زیر است:

V : تعداد ماشین‌های در دسترس

N : تعداد گره

V_j : هزینه هر واحد ظرفیت ماشین j

C_j : ظرفیت ماشین j

l_j : طول کمان (i, j) و $l_j > 0$

$l_{ij} = 0$ و $l_{ij} > 0$

s_j : سرعت متوسط ماشین

λ : زمان متوسط برای سرویس در هر مخزن (گره)

d_j : ظرفیت مخزن (گره) و $d_j = 0$ یا $d_j > 0$

P_j : هزینه هر واحد زمانی کارکرد (اجاره) از هر نوع ماشین j

$f(s)$: حداقل تعداد ماشین‌های مورد نیاز برای مجموعه S

K : زیرمجموعه اختیاری از V

متغیرهای تصمیم مدل به شرح زیر است:

$x_{ij}^k = 1$ در صورتی که کمان $(i, j) \in A$ ، به وسیله ماشین k طی شود و در غیر این صورت برابر با صفر است.

ملاقات‌شده در هر سفر نباید از ظرفیت ماشین تجاوز کند و در نتیجه هزینه مسیرها بستگی به نوع و ظرفیت وسایل نقلیه در دسترس دارد، که می‌تواند وابسته و یا مستقل از طول مسیر باشد [۵]. هدف کلی در اینگونه مسائل، پیدا کردن کمترین تعداد سفر با توجه به هزینه ناوگان و هدف ثانویه اغلب پیدا کردن کوتاهترین مسیر طی شده برای کل سفرها و یا کوتاهترین زمان سفر می‌باشد. در مسائل CVRPTW، سرویس برای هر مشتری باید در بازه زمانی مشخص شده صورت گیرد.

مسئله مسیریابی ماشین‌های جمع‌آوری مخازن زباله و تعیین تعداد ماشین آلات

با شناخت دقیق مسئله مورد نظر یعنی مسیریابی ماشین‌های جمع‌آوری مخازن مکانیزه زباله، به همراه تعیین تعداد ماشین‌ها، می‌توان به جایگاه این نوع مسئله در مجموعه مسائل VRP پی برد. مخازن زباله باید طی یک زمان خاص (یک بازه زمانی معین سخت گیرانه) توسط ماشین با ظرفیت‌های متنوع، تخلیه شوند. یعنی ماشین‌ها موظف هستند در زمان مجاز به مخازن تخلیه مراجعه نمایند، در نتیجه زمان سرویس برای ناوگان محدود بوده و همچنین ناوگان غیر یکنواخت می‌باشد یعنی مایک ناوگان ثابت غیر یکنواخت با تعداد ثابتی از هر نوع ماشین، با هزینه و ظرفیت‌های متفاوت برای هر یک خواهیم داشت. در نتیجه ما با نوعی از مسائل CVRPTW رو به رو هستیم. هر یک از ماشین‌های مستقر در ناوگان موظف هستند از یک ایستگاه ابتدایی شروع به حرکت کرده و به خدمت رسانی به مشتریانی (مخازن) در طول مسیر حرکت بپردازند و پس از به حداکثر رسیدن ظرفیت خود به ایستگاه ابتدایی برگردند. این مسئله CVRPTW، حالت‌های خاص حذف ظرفیت ماشین از مسئله VRP مانند (VRPTW و TRP و TSP و MTSP و ...) و حذف محدودیت زمان (CVRP) را نیز پوشش می‌دهد. مسئله می‌تواند به صورت زیر تعریف شود. فرض می‌کنیم که $G(D, A)$ یک گراف کامل است که $D = \{1, 2, \dots, N\}$ مجموعه گره می‌باشد و $A = \{(i, j) | i, j \in D, i \neq j\}$ مجموعه کمان‌ها است. گره شماره ۱، معرف ایستگاه می‌باشد.

• فرضیات مسئله

در این تحقیق فرضیات نداریم ولی اهم مفروضات مساله به شرح زیر است.

۱. زمان در دسترس محدود است (زمان سفر برای هر وسیله نقلیه

Min C(x)

$$C(x) = \sum_{v=1}^F J_v Z_v C_v + \sum_{v=1}^F J_v \varphi_v C_v - \sum_{j=1}^N \sum_{i=2}^N d_i x_{ij}^v + \sum_{v=1}^F P_v \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=2}^N x_{ij}^v \left(\frac{L_{ij}}{a} + \lambda \right) + \varphi_v g \right) + \sum_{i=1}^N x_{ii}^v \left(\frac{L_{ii}}{a} \right)$$

s.t.

$$\sum_{i=2}^N x_{ii}^v = Z_v \quad \forall v \quad 1$$

$$\sum_{j=2}^N x_{ij}^v = Z_v \quad \forall v \quad 2$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^F x_{ij}^v = 1 \quad \forall j > 1 \quad i \neq j \quad 3$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{v=1}^F x_{ij}^v = 1 \quad \forall i > 1 \quad i \neq j \quad 4$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ij}^v = \sum_{k=1}^N x_{ik}^v \quad \forall j > 1, v \quad 5$$

$$\sum_{i=1}^N d_i \left(\sum_{j=1}^N x_{ij}^v \right) \leq Z_v C_v \quad \forall v \quad 6$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=2}^N x_{ij}^v \left(\frac{L_{ij}}{a} + \lambda \right) + \varphi_v - 1 g + \sum_{i=1}^N x_{ii}^v \left(\frac{L_{ii}}{a} \right) \leq y \quad 7$$

$$\begin{cases} Z_v = 0 & \text{if } x_{ii}^v = 1 & \forall v \\ Z_v \geq 1 & \text{if } x_{ii}^v = 0 & \forall v \end{cases} \quad 8$$

$$Z_v \geq x_{ij}^v \quad \forall v, i > 1, j \quad 9$$

$$\sum_{v=1}^F \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{ij}^v \geq r(s) \quad \forall s \subseteq F - \{s\} \neq \emptyset \quad 10$$

$$x_{ii}^v = 0 \quad \forall i > 1, v \quad 11$$

$$x_{ij}^v \in \{0, 1\} \quad \forall v, i, j \text{ و } Z_v \geq 0 \quad 12$$

یک گروه و خدمت رسانی به آن را داراست. محدودیت ۶ این اطمینان را حاصل می‌کند که ظرفیت ماشین از حداکثر مجاز خود تجاوز نکند. محدودیت ۷ کنترل کننده زمان سرویس می‌باشد که از حداکثر زمان در دسترس تجاوز نکند. (با توجه به زمان سرویس در هر گروه، سرعت ماشین آلات و زمان سرویس در گروه شماره ۱ (ایستگاه)). محدودیت‌های (۸) و (۹) تعیین می‌کند که از ماشین‌های در دسترس از کدامیک استفاده شده و کدامیک بی‌استفاده‌اند.

تابع هدف از ۳ قسمت تشکیل شده است. ۲ بخش آن مربوط به هزینه ناوگان حمل، یعنی کمترین تعداد ماشین مورد نیاز برای سرویس‌دهی به کل گروهها و حداکثر کردن ظرفیت ناوگان و بخش آخر هزینه زمان کارکرد آنها است. محدودیت‌های (۱) و (۲) بیانگر این مطلب هستند که نقطه شروع و پایان هر مسیر در هر سرویس برای ماشین v، ایستگاه (گروه شماره یک) می‌باشد. محدودیت‌های (۳) و (۵) نشانگر این است که تنها یک ماشین حق ورود و خروج به

محدودیت‌های (۱۰) و (۱۱) تضمین‌کننده حذف تور فرعی می‌باشد. و محدودیت ۱۲ نیز نشان‌دهنده این است که متغیر صفر و یک و نیز متغیر عدد صحیح می‌باشد.

روش حل پیشنهادی

۱. الگوریتم تولید حل اولیه ۱

$$S = n - \{1\} \quad 1$$

۲. انتخاب کن گره A را به صورت نزدیکترین گره به ایستگاه به طوری که $i \in S$

۳. تخصیص بده ماشین V_0 را به گره A به شرطی که $C_{max} = C_0$ و $V_0 = V$

$$S = S - \{i\} \text{ و } Z_c = 1 + Z_v \text{ و } x_{ij}^v = 1 \quad 4$$

۵- تا زمانی که محدودیت‌های ۶ و ۷ (زمان و ظرفیت) برقرار است و $S \neq \emptyset$ مراحل زیر را تکرار کن

۱-۵ انتخاب کن گره A را که نزدیک‌ترین گره به گره A می‌باشد که $j \in S$

$$x_{ij}^v = 1 \quad 2-5$$

$$S = S - \{j\} \quad 3-5$$

$$i = j \quad 4-5$$

$$x_{ij}^v = 1 \quad 6$$

۷. اگر محدودیت زمان (محدودیت ۷) که در آن به جای $(Z_v - 1) \cdot g$

از عبارت استفاده می‌کنیم، برقرار نبود، آنگاه $V = V - \{V_0\}$

۸. اگر $S \neq \emptyset$ آنگاه برو به بند ۲ و در غیر این صورت: جواب تولید شده، برابر حل اولیه می‌باشد. $X^* = X_{ij}^*$

۲. پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی SA

یکی از الگوریتم‌های فرا-ابتکاری، الگوریتم باز بخت شبیه‌سازی شده (SA) [۶] بوده که علت انتخاب الگوریتم مذکور بازدهی بالا و حل مسائل شبیه به مسئله ما، با آن می‌باشد که راهکار صریحی جهت فرار از بهینه موضعی نداشته است. روش SA دارای دو حلقه درونی و بیرونی می‌باشد. حلقه درونی یا داخلی، مربوط به دستیابی به تعادل و یک حل بهینه در دمای جاری و حلقه بیرونی یا خارجی مربوط به نرخ کاهش دما و کنترل‌کننده دما است.

پارامترهای SA به شرح زیر است:

EL: تعداد حل پذیرفته شده در هر دما برای رسیدن به تعادل^۱ و

MTT: حداکثر تعداد دمای متوالی برای حلقه خارجی^۲

T_0 : دمای اولیه، α : نرخ کاهش دما، X : حل شدنی و $C(X)$: ارزش تابع هدف برای X

N : شمارنده تعداد حل پذیرفته شده در هر دما (حلقه داخلی) و r : شمارنده تعداد دمای متوالی (حلقه خارجی)

(T_r : دما در تکرار r ام)

روش‌های تولید حل اولیه، برای مسائل یا سایر کوچک مناسب هستند ولی با افزایش سایز مسئله، مکانیزم SA به وسیله اپراتورهای خود می‌تواند بهبود دهنده الگوریتم تولید حل اولیه باشد. مراحل پیاده‌سازی الگوریتم SA به شرح زیر است:

$$1. X^{best} = \emptyset \text{ و } r = 0$$

۲. به کمک روش تولید حل اولیه X^* را تولید کن

$$X^{best} = X^*$$

۴. تا زمانی که $MTT < r$ و $T_r > 0$ مراحل زیر را تکرار کن

$$n = 0$$

۶. تا زمانی که $n < EL$ مراحل زیر را تکرار کن

۱-۶. یکی از اپراتورهای $1opt$ و $2opt$ را به صورت تصادفی انتخاب کن و به کمک اپراتور انتخاب شده، حل جدید تولید کن

$$X^n \xrightarrow{\text{تولید}} X^{new}$$

$$2-6. \Delta C = C(X^{new}) - C(X^{best})$$

۳-۶. اگر $\Delta C < 0$ بود آنگاه $X^{best} = X^{new}$ و $n = n + 1$

در غیر این صورت: $y \rightarrow U(0,1)$

$$4-6. Z = e^{-\frac{\Delta C}{T_r}}$$

۵-۶. اگر $y < Z$ آنگاه $n = n + 1$ و $X^{best} = X^{new}$

$$7. r = r + 1$$

$$8. T_r = T_{r-1} - \alpha T_{r-1}$$

۹. چاپ کن X^{best}

۲. روش‌هایی جهت تولید حل همسایگی

دو اپراتور کارا و اثر بخش زیر جهت جستجو در فضای شدنی به کار می‌رود [۵]

1. Epoch Length
2. Maximum number of consecutive temperature trails

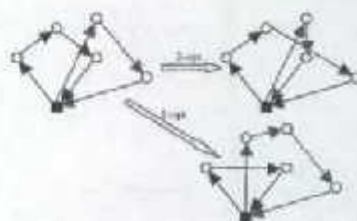
نتایج محاسباتی

۱. تصدیق مدل

برای معتبر ساختن مدل نیاز به حل مدل و به دست آوردن جواب بهینه بوده و سپس به مقایسه آن با جواب به دست آمده از الگوریتم فراابتکاری می پردازیم، در نتیجه، ۱۰ مسئله در ابعاد کوچک به وسیله نرم افزار لینگو حل گردید. برای کاهش پیچیدگی، پارامترهای پیش فرض در نظر گرفته شد سه نوع ماشین با سه ظرفیت متفاوت بزرگ، متوسط و کوچک در ناوگان مستقر هستند. زمان حل با توجه به مشخصات سیستم کامپیوتری Intel Celeron 2.8 GHz به دست آمده است. مسائل حل شده در ابعاد کوچک در جدول ۱ آورده شده و نشان می دهد که الگوریتم های تولید حل اولیه برای مسائل با ابعاد کوچک جواب بهینه تولید می نماید. با کاهش مقدار پارامتر زمان در دسترس، زمان حل افزایش پیدا می کند ستون k به تعداد ماشین مورد استفاده اشاره کرده و ستون % تعداد سرویس هر کدام از آنها را نشان می دهد. همچنین مقدار هر کدام از سه قسمت تابع هدف برای مسائل حل شده، گزارش شده است.

ایراتور 2-opt: در این ایراتور، دو مسیر جداگانه (دو سرویس) که ممکن است از یک یا دو ماشین متفاوت باشد را به صورت تصادفی انتخاب کرده و دو گره از آنها را با هم به طور متقابل جابجا می کنیم، به طوری که محدودیت های زمان در دسترس و ظرفیت ماشین نقض نشود.

ایراتور 1-opt: در این نوع ایراتور، دو مسیر جداگانه (دو سرویس) که ممکن است از یک یا دو ماشین متفاوت باشد را به صورت تصادفی انتخاب کرده و یک گره از یک مسیر را حذف و به مسیر دیگر اضافه می نمایم به طوری که محدودیت های زمان در دسترس و ظرفیت ماشین نقض نشود (شکل ۱).



شکل ۱- ایراتورهای 1-opt و 2-opt [۵]

جدول ۱- نتایج حل مسائل با ابعاد کوچک

No	N	V	k	z	y	حل بهینه				الگوریتم های تولید حل اولیه		
						OFV	Term 1	Term 2	Term 3	CPU time	الگوریتم تولید حل اولیه	CPU time (Sec.)
۱	۵	۲	۲	$\begin{cases} z_1 = 1 \\ z_2 = 1 \end{cases}$	۲۰	۶۱۲۹۳	۶۰	۱۵	۶۱۲۱۸	۱	(۳)۱	>۰.۵
۲	۵	۳	۲	$\begin{cases} z_1 = 1 \\ z_2 = 1 \end{cases}$	۲۰	۵۸۳۸۰	۵۲	۰	۵۸۳۲۷	۱	۵	>۰.۵
۳	۵	۲	۱	$z_2 = 2$	۳۰	۶۱۱۸۴	۶۰	۰	۶۱۱۲۴	۱	۲	>۰.۵
۴	۶	۳	۲	$\begin{cases} z_1 = 1 \\ z_2 = 1 \end{cases}$	۲۰	۶۵۴۲۳	۶۰	۰	۶۵۳۶۳	۵	(۴)۲	>۰.۵
۵	۶	۳	۲	$\begin{cases} z_1 = 1 \\ z_2 = 1 \end{cases}$	۳۰	۶۵۴۲۳	۶۰	۰	۶۵۳۶۳	۳	۴	>۰.۵
۶	۶	۱	۱	$z_1 = 2$	۳۰	۶۵۷۷۳	۶۰	۱۰	۶۵۷۰۳	۳	(۳)۱	>۰.۵
۷	۷	۳	۳	$\begin{cases} z_1 = 1 \\ z_2 = 1 \\ z_3 = 1 \end{cases}$	۳۰	۸۹۴۰۶	۸۳	۰	۸۹۳۲۳	۱۰	۲	>۰.۵
۸	۷	۳	۱	$z_1 = 2$	۴۰	۷۰۱۶۳	۶۰	۰	۷۰۱۰۳	۱	۱	>۰.۵
۹	۷	۲	۲	$\begin{cases} z_1 = 1 \\ z_2 = 2 \end{cases}$	۳۰	۹۲۸۵۱	۹	۱۰	۹۲۷۵۱	۸	۲	>۰.۵
۱۰	۷	۱	۱	$z_1 = 2$	۴۰	۷۰۱۶۳	۶۰	۰	۷۰۱۰۳	۱	(۳)۱	>۰.۵

۲. نتایج الگوریتم SA

$$T_p=5, E=100, MTT=100, \alpha=0.95$$

ماتریس فواصل گره‌ها^۱ به صورت تصادفی و یکنواخت در بازه [۱ و ۱۰] کیلومتر انتخاب شده و میزان سرعت متوسط $k=km/min/0a$ لحاظ می‌گردد. میزان ظرفیت هر یک از گره‌ها نیز به صورت یکنواخت در بازه [۰/۶ و ۰/۲] واحد زباله لحاظ شده و سایر پارامترها مشابه مسائل ابعاد کوچک می‌باشند. زمان پردازش در حل فرا ابتکاری مسائل با ابعاد بزرگ در درجه اول به پارامتر تعداد گره (N) و سپس به زمان در دسترس (y) بستگی دارد. با افزایش تعداد گره و یا کاهش زمان سرویس، زمان پردازش افزایش می‌یابد. همچنین میانگین تفاوت بین کران پایین و حل SA در حدود ۱۱ درصد و بسیار رضایتبخش می‌باشد. نتایج در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد.

حل مسئله از این طریق، تنها در ابعاد کوچک قابل قیاس و کنترل با حل بهینه می‌باشد، ولی در ابعاد بزرگ حل آن بسیار سخت بوده و نمی‌توان در زمان قابل قبولی به حل بهینه رسید. و یا رسیدن به آن غیر ممکن است. در نتیجه برای تصدیق حل بدست آمده باید به مقایسه حل SA با کران پایین حل ا برداشت. کران پایین حل (LB) از حذف محدودیت زمان از مدل به دست آمده است. یعنی ما، کل گره‌ها را با حداکثر بهره برداری از ظرفیت، بدون محدود کردن زمان سرویس پوشش می‌دهیم. پارامترهای SA به این شرح است و اعداد و ارقام با توجه به حل مسائل مشابه در ادبیات موضوع و به صورت تجربی به دست آمده است [۱۵].

جدول ۲- نتایج حل SA و مقایسه با LB

No	N	V	k	y	GAP (%)	LB	SA	
							OFV	(CPU time (Sec
۱	۲۰	۶	۱	۱۲۰	٪۰	$۸/۹۱۴۶ \times ۱۰۶$	$۸/۹۱۴۶ \times ۱۰۶$	۳۵/۷
۲	۲۰	۶	۲	۱۰۰	٪۸	$۸/۹۱۴۶ \times ۱۰۶$	$۹/۶۹۹۴ \times ۱۰۶$	۵۵/۷
۳	۳۰	۹	۲	۱۲۰	٪۱۶	$۱/۱۵۷۴ \times ۱۰۷$	$۱/۳۹۳۶ \times ۱۰۷$	۱۴۱/۳
۴	۳۰	۹	۳	۱۰۰	٪۱۹	$۱/۱۵۷۴ \times ۱۰۷$	$۱/۴۳۹۵ \times ۱۰۷$	۱۵۲
۵	۴۰	۱۰	۴	۱۲۰	٪۱۰	$۱/۶۱۸۷ \times ۱۰۷$	$۱/۸۱۰۷ \times ۱۰۷$	۷۱۷/۳
۶	۴۰	۱۰	۶	۱۰۰	٪۱۷	$۱/۶۱۸۷ \times ۱۰۷$	$۱/۹۵۲۵ \times ۱۰۷$	۹۲۳/۶
۷	۱۰۰	۲۰	۹	۱۲۰	٪۹	$۲/۱۰۱۰ \times ۱۰۸$	$۲/۲۷۹۰ \times ۱۰۸$	۷۰۴۸

۳. نتایج مطالعه موردی

نتایج حل به دست آمده الگوریتم فرا ابتکاری برای یک ناحیه پایلوت از شهر تهران در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که با مسیر دهی درست به ماشین‌ها می‌توان از حداقل ماشین‌های در دسترس استفاده نمود و کاهش هزینه فاحشی را شاهد خواهیم بود.

همان‌طور که مشاهده می‌شود با کاهش زمان در دسترس میزان تابع هدف بدتر می‌شود (افزایش می‌یابد) و تعداد ماشین‌های مورد استفاده افزایش پیدا می‌کند، ولی به دلیل وجود ماشین‌ها با ظرفیت و هزینه‌های متفاوت، از ترکیبی از ماشین‌ها که کمترین افزایش هزینه را بر مدل وارد نماید استفاده می‌نماییم. با افزایش زمان در دسترس، تعداد ماشین استفاده شده کاهش و تعداد سرویس (سفر) آنها افزایش می‌یابد.

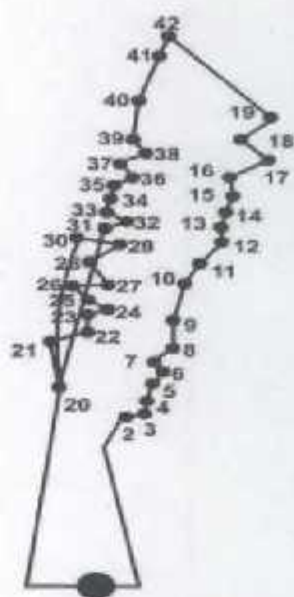
جدول ۳- نتایج حل مطالعه موردی

No	N	V	K	z	OFV-SA	زمان ماشین ۱ (Sec)	زمان ماشین ۲ (Sec)	زمان ماشین ۳ (Sec)	CPU time (Sec)
۱	۴۲	۳	۲		$۴/۳۳۳ \times ۱۰۵$	۱۱۷/۱۲	۶۳/۳۴	۰	۱۳۸
۲	۴۲	۳	۲		$۴/۳۳۳ \times ۱۰۵$	۱۱۷/۱۲	۰	۶۳/۳۴	۱۳۸/۸
۳	۴۲	۳	۱		$۶/۰۵۶ \times ۱۰۵$	۱۸-۱۴۷	-	۰	۱۰۰

1. Lower bound solution
2. Origin Destination(OD)

منابع

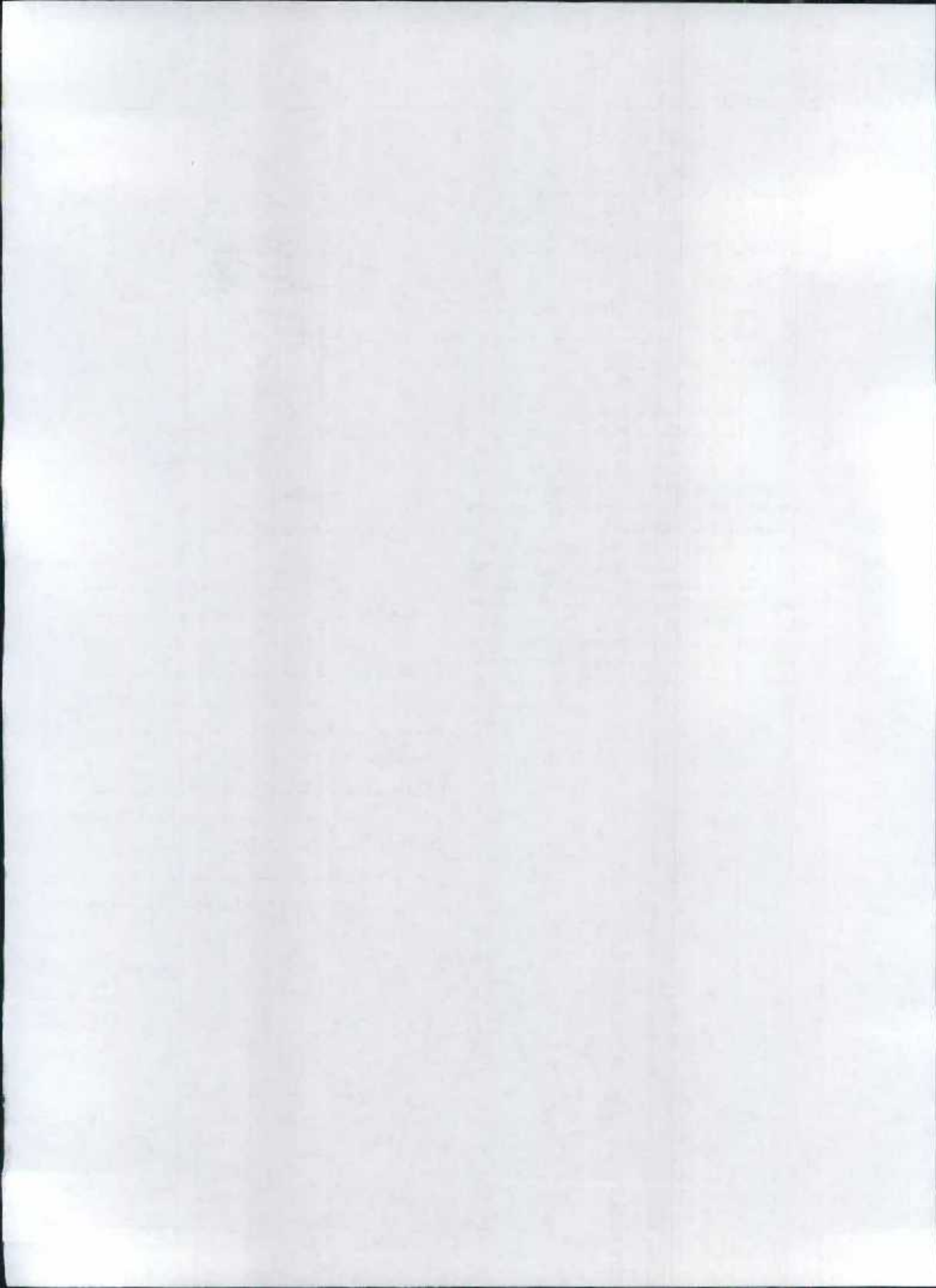
1. قاضی زاده هاشمی، سید مصطفی "مسیریابی وسائط نقلیه و تعیین تعداد ماشین آلات جمع آوری زباله با استفاده از یک روش فرا ابتکاری-یک مطالعه موردی"، پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه مازندران، بهمن ۱۳۸۷.
2. سپهری، محمد مهدی، حسینی مطلق، سید مهدی "مسیریابی بهینه سیستم‌های حمل و نقل در اتیار های اتوماتیک"، پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ۲، ص. ۱۲۷-۱۳۸، تابستان ۱۳۸۷.
3. Sahoo, S., Kim, S. Kim, B-I., Kraas, B. and Popov-Jr, A. "Routing optimization for waste management", Vol. 35, No. 1, pp. 24-36, 2005.
4. Confessore, G., Galiano, G. and Stecca, G. "An Evolutionary Algorithm for Vehicle Routing Problem with Real Life Constraints", The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems. 2008.
5. Tavakkoli-Moghaddam, R., Safaei, N. and Gholipour, Y. "A hybrid simulated annealing for capacitated vehicle routing problems with the independent route length", Appl. Mathematics and Computation, Vol. 176, pp. 445-454. 2006.
6. Chiang, W.C., Russell, R. "Simulated annealing meta-heuristics for the vehicle routing problem with time windows", Ann. Operational Research, 93, pp. 3-27. 1996.



شکل ۲- فروری مسئله مطالعه موردی- مسیر حرکت ماشین آلات

نتیجه گیری و پیشنهادها جهت تحقیقات آتی

نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم های ابتکاری پیشنهادی تولید حل اولیه، برای مسأله با ابعاد کوچک خیلی کارا هستند و جواب بهینه تولید می‌نمایند ولی برای مسأله با ابعاد بزرگتر نیاز به یک الگوریتم فرا ابتکاری احساس می‌شود و الگوریتم (SA)، که کارایی خود را در اینگونه مسائل نشان داده است استفاده شد. زمان حل نسبت به پارامترهای زمان در دسترس (y) و تعداد گره (N)، حساس می‌باشد. مسیریابی با در نظر گرفتن بیش از یک تسهیل و همچنین مکان یابی تسهیلات (ایستگاههای سرویس) در کنار سایر روش های فرا ابتکاری از قبیل جستجوی ممنوع (TS)، الگوریتم ژنتیک (GA)، الگوریتم ممتیک (MA)، الگوریتم بهینه سازی مورچگان (ACO) و ... برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌گردند.



مقایسه بین شاخص‌های مختلف بلوغ و تثبیت در فرآیند تولید کمیوست راکتوری پسماندهای شهری

چکیده:

کیفیت کمیوست تولیدی از لحاظ میزان رسیدگی و تثبیت امر بسیار مهمی است که متأسفانه در اکثر کارخانه‌های کمیوست کشورمان توجه مناسبی به آن مبذول نشده است. با طراحی راکتوری استوانه‌ای به ابعاد ۱ متر (ارتفاع) در ۵۰ cm از جنس بلکسی گلاس، زائدات شهری گرفته شده از کارخانه کمیوست اصفهان، در طی ۴۰ روز به کود کمیوست تبدیل شده و در طی این مدت روند تغییرات شاخص‌هایی چون نسبت $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ، فعالیت آنزیم دهیدروژناز، pH، پتانسیل آکسیداسیون و احیاء و SOUR مورد بررسی قرار گرفته. روند تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری با رسم نمودار و با آنالیز آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این مطالعه نشان داد که در میان شاخص‌های بررسی شده، SOUR می‌تواند علاوه بر نشان دادن مراحل مختلف تجزیه میکروبی، تثبیت کامل کمیوست را با مقدار عددی نشان دهد. در این مطالعه ثابت شد که مقدار SOUR کمتر از 1 mgO/gVS.h می‌تواند نشان‌دهنده تثبیت کامل کمیوست باشد. **واژگان کلیدی:** کمیوست، کمیوست راکتوری، بلوغ، تثبیت.

مهدی مختاری^۱، مهناز نیک آیین^۱، محمد مهدی امین^۲، بیژن بیضا^۳، حسین فرخ زاده^۴

۱. دکترای مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، mokhtari@ssu.ac.ir

۲. دکترای مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان amini@hith.mui.ac.ir و alkaeeen@hith.mui.ac.ir

۳. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان farokhzadeh@hith.mui.ac.ir

مقدمه

تولید کود کمیوست سالیان زیادی است که در کشور ایران انجام می‌شود. کیفیت کمیوست تولیدی از لحاظ میزان رسیدگی و تثبیت امر بسیار مهمی است که متأسفانه در اکثر کارخانه‌های کمیوست کشورمان توجه مناسبی به آن مبذول نشده است [۱]. در کشورهای در حال توسعه، مطالعات اندکی در مورد این شاخص‌ها انجام شده و حتی در اکثر کشورها بطور قطع می‌توان گفت که مطالعه‌ای صورت نگرفته و روش‌های استاندارد برای تعیین بلوغ و تثبیت کمیوست تدوین نشده است. به هر حال اگر روند مناسبی برای تعیین میزان بلوغ کمیوست وجود نداشته باشد نگرانی‌های متعددی می‌تواند در هنگام استفاده از کمیوست بوجود آید [۲]. بطور کلی بلوغ و تثبیت پارامترهای مهمی هستند که ارزیابی کیفیت کمیوست را با آنها نشان می‌دهند [۳-۵].

تولید کود کمیوست سالیان زیادی است که در کشور ایران انجام می‌شود. کیفیت کمیوست تولیدی از لحاظ میزان رسیدگی و تثبیت امر بسیار مهمی است که متأسفانه در اکثر کارخانه‌های کمیوست کشورمان توجه مناسبی به آن مبذول نشده است [۱]. در کشورهای در حال توسعه، مطالعات اندکی در مورد این شاخص‌ها انجام شده و حتی در اکثر کشورها بطور قطع می‌توان گفت که مطالعه‌ای صورت نگرفته و روش‌های استاندارد برای تعیین بلوغ و تثبیت کمیوست تدوین نشده است. به هر حال اگر روند مناسبی برای تعیین میزان بلوغ کمیوست وجود نداشته باشد نگرانی‌های متعددی می‌تواند در هنگام استفاده از کمیوست بوجود آید [۲]. بطور کلی بلوغ و تثبیت پارامترهای مهمی هستند که ارزیابی کیفیت کمیوست را با آنها نشان می‌دهند [۳-۵].

تولید کود کمیوست سالیان زیادی است که در کشور ایران انجام می‌شود. کیفیت کمیوست تولیدی از لحاظ میزان رسیدگی و تثبیت امر بسیار مهمی است که متأسفانه در اکثر کارخانه‌های کمیوست کشورمان توجه مناسبی به آن مبذول نشده است [۱]. در کشورهای در حال توسعه، مطالعات اندکی در مورد این شاخص‌ها انجام شده و حتی در اکثر کشورها بطور قطع می‌توان گفت که مطالعه‌ای صورت نگرفته و روش‌های استاندارد برای تعیین بلوغ و تثبیت کمیوست تدوین نشده است. به هر حال اگر روند مناسبی برای تعیین میزان بلوغ کمیوست وجود نداشته باشد نگرانی‌های متعددی می‌تواند در هنگام استفاده از کمیوست بوجود آید [۲]. بطور کلی بلوغ و تثبیت پارامترهای مهمی هستند که ارزیابی کیفیت کمیوست را با آنها نشان می‌دهند [۳-۵].

تولید کود کمیوست سالیان زیادی است که در کشور ایران انجام می‌شود. کیفیت کمیوست تولیدی از لحاظ میزان رسیدگی و تثبیت امر بسیار مهمی است که متأسفانه در اکثر کارخانه‌های کمیوست کشورمان توجه مناسبی به آن مبذول نشده است [۱]. در کشورهای در حال توسعه، مطالعات اندکی در مورد این شاخص‌ها انجام شده و حتی در اکثر کشورها بطور قطع می‌توان گفت که مطالعه‌ای صورت نگرفته و روش‌های استاندارد برای تعیین بلوغ و تثبیت کمیوست تدوین نشده است. به هر حال اگر روند مناسبی برای تعیین میزان بلوغ کمیوست وجود نداشته باشد نگرانی‌های متعددی می‌تواند در هنگام استفاده از کمیوست بوجود آید [۲]. بطور کلی بلوغ و تثبیت پارامترهای مهمی هستند که ارزیابی کیفیت کمیوست را با آنها نشان می‌دهند [۳-۵].

اندازه‌گیری آنها پیچیده‌تر و وقتگیرتر بوده و باید در آزمایشگاه مورد آنالیز قرار گیرند مانند: C/N , NH_4^+ , NO_3^- , HA/FA (اسید هیومیک به اسید فولویک)، مواد آلی، فعالیت‌های آنزیمی، آزمون جوانه زنی و شاخص‌های تنفسی (۷، ۱۳، ۱۴).

روش مناسب برای تعیین تثبیت بیولوژیکی باید روشی باشد که به صورت عددی میزان تثبیت و نقطه‌ای که در آن تجربه بیولوژیکی کامل شده را به طور مشخص نشان دهد. در میان روش‌های مختلف، جهت تعیین میزان تثبیت کمیوست روش‌های تنفسی به نظر قابل اعتمادتر هستند (۱۸).

با توجه به مطالعات اندکی که در این زمینه در کشور ایران صورت گرفته، این تحقیق بر آن است که با بررسی متداولترین شاخص‌هایی که تا به حال به عنوان شاخص‌های بلوغ و تثبیت کمیوست مورد استفاده قرار گرفته‌اند، شاخص مناسب برای بررسی میزان بلوغ و تثبیت کمیوست تولیدی از پسماند‌های شهری، انتخاب نماید. از طرف دیگر تا به حال اکثر مطالعاتی که بر روی کمیوست انجام شده بیشتر مربوط به روش‌های سنی تولید کمیوست (ویثدرو) است. در رابطه با روش‌های راکتوری مطالعات کمی انجام شده و شاخص‌های تثبیت و بلوغ در این روش کمتر بررسی شده‌اند (۱۳) و لذا در این تحقیق روش راکتوری برای تولید کمیوست انتخاب گردیده است.

مواد و روش‌ها

۱. مشخصات راکتور

جهت انجام فرآیند کمیوست، راکتوری استوانه‌ای به ابعاد ۱ متر (ارتفاع) در ۵۰ cm از جنس پلکسی گلاس ساخته شد. جهت تأمین هوای مورد نیاز محوری قلزی سوراخ دار در مرکز این استوانه نصب گردید که از یک طرف به پمپ هوا و از طرف دیگر کاملاً مسدود گردید. در مرکز استوانه دربی جهت ورود و خروج نمونه و همچنین خروجی هوا در نظر گرفته شد. جهت چرخش راحت‌تر استوانه، پایه‌ای قلزی ساخته شده و راکتور به صورت افقی بر روی آن قرار گرفت. در پایین‌ترین قسمت راکتور هم صفحه‌ای مشبک طراحی شد تا جمع‌آوری شیرابه به راحتی صورت بگیرد. ۳/۴ از حجم راکتور با مواد اولیه پر شده و با طراحی دسته‌ای در یک طرف راکتور به راحتی چرخش راکتور امکان پذیر شد. کل فرآیند تولید کود ۴۰ روز طول کشید.

قرار گرفته‌اند ولی این شاخص‌ها به دلیل اینکه بسته به مواد خام اولیه جهت تولید کمیوست، می‌تواند بسیار متغیر باشند و همچنین آنالیز درست آنها، نیازمند حذف دقیق مواد غیر هیومیک از فولیک می‌باشد، در حال حاضر خیلی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند (۶).

اکثر مقالاتی که شاخص‌هایی را برای اندازه‌گیری بلوغ کمیوست معرفی کرده‌اند، بر اساس فرآیند تولید کمیوست مشابه یا مواد اولیه یکسان به این شاخص‌ها رسیده‌اند. در حالی که تعداد کمی از مقالات این شاخص‌ها را بر اساس عکس‌العمل گیاهان در هنگام استفاده از کود کمیوست انتخاب نموده‌اند. اگر شاخصی برای ارزیابی بلوغ کمیوست انتخاب شود که مستقل از نوع ماده کمیوست شونده، روش و شرایط تولید کود کمیوست باشد می‌تواند به عنوان یک شاخص ایده‌آل معرفی گردد (۶). در حال حاضر روشی جهانی برای اندازه‌گیری میزان بلوغ کمیوست وجود ندارد (۸، ۱۰).

تثبیت^۱ اصطلاح دیگری است که نشان‌دهنده میزان تجزیه پذیری مواد آلی است (۳، ۱۱). اگر کمیوستی تنها حاوی مواد مقاوم در برابر تجزیه یا مواد مشابه هوموس باشد در برابر تجزیه مقاوم بوده و می‌تواند به عنوان ماده تثبیت شده محسوب شود. تثبیت نه تنها یک ویژگی کیفی کمیوست محسوب می‌شود بلکه می‌تواند به عنوان شاخص مقایسه‌ای جهت پایش عملکرد سیستم‌های مختلف تولید کمیوست، مورد استفاده قرار گیرد (۳).

تعاریف مختلفی برای تثبیت کمیوست بیان شده است: Bernal و همکارانش، تثبیت را با فعالیت‌های میکروبی کمیوست مرتبط دانستند. انجمن کمیوست بریتانیا، تثبیت را میزان درجه تجزیه بیولوژیکی تعریف می‌کند. Hue و Liu کمیوست را مرتبط با فعالیت میکروبی دانسته و از این رو پتانسیل تولید بوهای ناخوشایند را شاخصی برای تثبیت معرفی کرده‌اند (۵).

Zmora (۲۰۰۵)، کمیوست تثبیت شده را کمیوستی می‌داند که در آن انرژی آزاد شده ناشی از تجزیه میکروبی مواد آلی، معادل با انرژی است که به محیط آزاد می‌شود. تحت این شرایط دمای کمیوست معادل با هوای آزاد است (۶).

تا به امروز شاخص‌های زیادی برای اندازه‌گیری میزان تثبیت کمیوست مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱۲). این شاخص‌ها را می‌توان در دو دسته قرار داد: دسته اول آنهایی هستند که در محل، قابل اندازه‌گیری می‌باشند مانند: EH ، PH (پتانسیل اکسیداسیون و احیا)، غلظت اکسیژن هدایت الکتریکی. دسته دوم آنهایی هستند که

اصفهان می رود از سطح شهر اصفهان جمع آوری شده و حاوی انواع مختلف زائداتی است که در یک جامعه شهری ایران تولید می شود. از نظر اندازه زائدات ورودی به راکتور دارای قطر کمتر از ۵۰ cm بودند. مشخصات کلی این زائدات در جدول زیر آمده است.

چگالی (Kg/m ³)	C/N	کربن آلی (g/Kg)	رطوبت (درصد)	TKN (g/Kg)	درصد جامدات	درصد خاکستر
۵۵۰	۲۹	۲۴۴	۶۲/۳	۱۱/۸	۳۷/۷	۱۱

۲. مواد کمپوست شونده

پسماندهای شهری برداش شده قبل از ورود به توده های ویندرو. از کارخانه تولید کمپوست شهر اصفهان، مواد خامی بودند که وارد راکتور شد. پسماندهایی که جهت کمپوست به کارخانه کمپوست

۳. نمونه برداری و آزمایش

جهت نمونه برداری از مواد موجود در راکتور، از سه لایه بالایی، مرکزی و پایینی، نمونه گرفته شده با هم ترکیب شده و سپس مقدار لازم جهت آزمایشات (۲۰۰ gr) برداشته شد. نمونه توسط آسیاب خرد شد تا از نظر اندازه یکنواخت گردد. بلافاصله آزمایشات لازم بر روی نمونه آغاز شد. در صورت نیاز به ذخیره سازی نمونه ها در دمای ۴°C نگهداری شدند.

۴. هوای مورد نیاز

هوای مورد نیاز با توجه به مقدار پسماند موجود در راکتور و دبی کمپرسور محاسبه و بر اساس میزان رهنمود ۰/۲ L/min.Kg (وزن برطوبت) در طول شبانه روز به راکتور تزریق می شد. بدیهی است مقدار جریان هوای فوق از طریق آزمون های اولیه و با توجه به نمودار دمایی ناشی از مقادیر هوای مختلف (۰/۱-۰/۴ L/min) تعیین گردید. تزریق هوا از طریق محور مرکزی راکتور و هم از طریق سیستم جمع آوری شیرابه انجام گردید.

۵. پارامترهای اندازه گیری شده

در این مطالعه دما، نسبت NH_4^+/NO_3^- ، فعالیت آنزیم دهیدروژناز، pH، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء و SOUR جهت ارزیابی میزان تثبیت کود کمپوست انتخاب گردید. در کنار شاخص های فوق پارامترهای دما، کربن آلی، کل ازت کجندال، جامدات فرار، خاکستر و رطوبت نمونه های نیز اندازه گیری شد.

۶. روش های آزمایش

• رطوبت، خاکستر و کربن آلی: جهت تعیین رطوبت نمونه از

دمای ۱۰۳-۱۰۵ به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد. نمونه خشک شده به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۵ قرار داده شد. تا پس از این مدت مقدار خاکستر (آنچه باقی می ماند) و مقدار جامدات فرار (VS) تعیین مقدار شود. مقدار کربن آلی نیز بر اساس مقدار VS قابل محاسبه است [۱۶، ۱۵].

• آنزیم دهیدروژناز: فعالیت آنزیم دهیدروژناز با استفاده از روش رنگ سنجی تعیین گردید. در این روش به نمونه کمپوست ۲، ۳ و ۵ تری فنیل تترازولیوم کلراید (TTC) ۳ درصد اضافه شد و پس از اختلاط کامل، درب ظرف را بسته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۷ قرار می دهیم. پس از آن با اضافه کردن متانول و هم زدن کامل به مدت ۵ دقیقه، سوسپانسیون به وجود آمده را با عبور از صافی های فیبر شیشه ای صاف کرده و سپس حجم محلول صاف شده را با متانول به ۱۰۰ میلی لیتر می رسانیم. مقداری از محلول فوق را در لوله رنگ سنجی ریخته و جذب آن را در ۴۸۵ نانومتر قرائت می نماییم [۱۵، ۱۴].

• SOUR: میزان جذب اکسیژن ویژه مطابق با روش Lasaridi and Stentiford (۱۹۹۸) تعیین گردید [۱۷]. در این روش مقدار ۳-۵ گرم نمونه کمپوست تر در ۵۰۰ ml آب مقطر وارد نموده و سپس مواد مغذی و باقراهای مورد نیاز (به مانند آزمایش BOD) به آن اضافه می کنیم. با قرار دادن ظرف حاوی سوسپانسیون بر روی یک دستگاه همزن، اختلاط مداوم را در آن ایجاد می کنیم. الکتروود DO را از ابتدا در سوسپانسیون قرار داده تا بطور لحظه ای قرائت میزان DO بر روی کلمپیوتر انجام شود. پس از گذشت چند ساعت (تا ۲۴ ساعت) منحنی میزان DO قرائت شده بر حسب زمان را رسم نموده و شیب منحنی را تعیین می کنیم. با داشتن شیب منحنی، کل جامدات فرار،

مقدار اولیه pH (۵/۹۵)، نشان‌دهنده شروع تولید اسیدهای آلی است که در روزهای اول باعث پایین آمدن pH کمیوست می‌شود. روند افزایشی pH پس از آن شروع شده و تا اواخر مرحله ترموفیلیک روند تندی دارد. پس از فاز ترموفیلیک روند افزایش آهسته شده و pH در مقدار نسبتاً مشخصی باقی می‌ماند. تولید آمونیاک یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش pH در مرحله مزوفیلیک است [۲۰، ۲۱]. فرار شدن آمونیاک می‌تواند یکی از دلایل کاهش pH در کمیوست باشد یا گذشت زمان اسیدهای آلی خنثی شده و کمیوست بالغ pH خنثی یا باز می‌خواهد داشت [۹].

معمولاً در روزهای اولیه تولید کمیوست، pH به دلایل زیر کاهش پیدا می‌کند: (۱) تولید اسیدهای آلی در نتیجه فعالیت میکروبی (۲) تجزیه هوازی فعال که باعث مصرف سریع اکسیژن شده و در نتیجه ممکن است در بعضی لحظات کاهش اکسیژن بوجود آمده و تخمیری هوازی منجر به کاهش pH می‌شود. افزایش pH می‌تواند دو دلیل عمده داشته باشد: (۱) بوجود آمدن آمونیاک در اثر تجزیه ترکیبات ازت دار (۲) شکسته شدن برخی اسیدهای چرب و تبدیل آنها به مولکول‌های کوچکتر که به راحتی تخیر می‌شوند [۱۹].

نمودار ۳ تغییرات پتانسیل اکسیداسیون و احیاء را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است مقدار Eh در حداکثر دمای کمیوست در بالاترین مقدار خود فرار داشته و پس از آن تا روز آخر منحنی تغییرات به شکل سینوسی در می‌آید. این امر می‌تواند به دلیل کاهش اکسیژن در برخی زمان‌ها و غالب شدن شرایط بی‌هوازی باشد. به نظر می‌رسد هوادهی ناپیوسته انجام شده تأثیر قابل توجهی بر روند تغییرات این پارامتر داشته است. این مطالعه برخلاف مطالعه‌ای که در ادامه می‌آید Eh را پارامتر مناسبی جهت ارزیابی تثبیت کمیوست نمی‌داند. مطالعه Khalil و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که می‌توان از این پارامتر به عنوان شاخصی جهت ارزیابی میزان بلوغ کمیوست استفاده کرد. آنها ثابت کردند که Eh به میزان هوادهی کمیوست بستگی ندارد. در ابتدای فرآیند، مقادیر بالای Eh مشاهده شد و هرچه از زمان فرآیند سپری شد از مقدار Eh کم می‌شد. آنها به این نتیجه رسیدند که اندازه گیری Eh بصورت on-site برای کمیوست زائدات سبز، می‌تواند روند فرآیند را از نظر بلوغ نشان دهد [۷].

۳. نسبت آمونیاک به نیترات

بسته ترکیب به مواد کمیوست شونده غلظت آمونیاک و نیترات در مواد اولیه متفاوت است اما آنچه مسلم است در یک فرآیند کمیوست هوازی روند تولید نیترات به مرور زمان افزایش می‌یابد. در ابتدای

حجم سوسپانسیون و مقدار نمونه، SOUR را از رابطه زیر محاسبه می‌نماییم.

$$SOUR = (S_{max} \cdot V) / (m \cdot TS \cdot VS)$$

S_{max} : حداکثر مصرف اکسیژن (شیب منحنی) ($L_{min}/mg Q_2$)

V: حجم سوسپانسیون (L)

m: جرم نمونه کمیوست در سوسپانسیون (Kg وزن مرطوب)

TS: کل جامدات

VS: جامدات فرار

• pH و ORP: pH و ORP نمونه با استفاده از pH متر یا دو الکتروود pH و ORP و با توجه به روش A-10-04 کتاب TEMCC تعیین گردید. در این روش سوسپانسیون به نسبت ۱ به ۵ (کمیوست به آب مقطر) تهیه شده و سپس با الکترودهای pH و ORP مقادیر آنها فرانت می‌گردد [۱۵].

نتایج

۱. دما

دما یک فاکتور مهم کیفیت کمیوست است و نشان می‌دهد فعالیت میکروبی در کمیوست چه روندی دارد. رسیدن به پیک دمایی بسیار حائز اهمیت است چرا که پیک دمایی ۵۰-۶۰°C باعث تجزیه اکثر مواد آلی تجزیه پذیر و نابودی تمامی عوامل بیماری‌زا می‌شود [۹]. نمودار ۱ تغییرات دما در فرآیند کمیوست را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است در این مطالعه حداکثر دمای کمیوست (۵۶°C) در روز پنجم مشاهده شد. فاز ترموفیلیک (دمای بالای ۴۰°C در چه تا روز پانزدهم وجود داشته و پس از فاز ترموفیلیک آغاز می‌شود. در یک مطالعه مشابه از نظر نوع راکتور، افزایش مشابه دما مشاهده شد اما مدت زمان طولانی تری (حدود ۲ هفته) پیک دمایی ادامه داشت [۱۸]. در برخی مطالعات انجام شده در کمیوست راکتوری رسیدن دما به حداکثر ممکن (۶۵°C) در همان روز اول مشاهده شده است [۱۹]. Xiao و همکارانش (۲۰۰۹) با طراحی راکتوری به ابعاد ۳۰×۴۵ cm فرآیند کمیوست راکتوری را بر روی زائدات شهری انجام دادند. نمودار دما، حداکثر مقدار دمای ۵۶°C را به مدت ۸۲ ساعت نشان داد [۱۰].

۲. pH و Eh

pH پارامتری است که تأثیر قابل توجهی بر فرآیند کمیوست دارد. منحنی ۲ تغییرات pH را در طی فرآیند کمیوست نشان می‌دهد.

در مقدار آن مشاهده نمی‌شود [۱۰]. Tiquia (۲۰۰۵) پیشنهاد کرد که مقدار کمتر از ۳۵ TPF/g فعالیت دهیدروژناز می‌تواند به عنوان شاخص باوُغ کمپوست مورد استفاده قرار گیرد [۴]. Barrena (۲۰۰۸) از مطالعه خود نتیجه گرفت که می‌توان از آنزیم دهیدروژناز به عنوان شاخصی جهت توصیف فعالیت بیولوژیکی کمپوست (یعنی به عنوان شاخص تثبیت) استفاده کرد او در مطالعه خود دریافت که حداکثر فعالیت آنزیم دهیدروژناز در انتهای مرحله ترموفیلیک وجود دارد. وی همچنین رابطه مستقیمی ما بین تغییرات دما در کمپوست و تغییرات آنزیم دهیدروژناز در فرآیند کمپوست مشاهده کرد [۱۴]. نمودار ۵ تغییرات آنزیم دهیدروژناز را نشان می‌دهد. دو پیک مشاهده می‌شود یکی در فاز ترموفیلیک و دیگری در فاز مزوفیلیک. با مرحله خنک شدن، آنچه نسبت به برخی مطالعات مشابه غیرطبیعی به نظر می‌رسد مقدار بالای فعالیت دهیدروژناز در مرحله مزوفیلیک می‌باشد. به نظر می‌رسد جمعیت بالای میکروبی در این مرحله باعث این پدیده شده که در نهایت باعث می‌شود که نتوانیم این شاخص را جهت ارزیابی تثبیت کمپوست انتخاب نماییم. هر چند که در انتهای فرآیند ما شاهد کمترین مقدار آنزیم دهیدروژناز هستیم.

۵. SOUR

میزان جذب اکسیژن ویژه، شاخصی است که مرتبط با تنفس میکروارگانیسم های فعال در کمپوست است. این شاخص می‌تواند بصورت عددی، روند تجزیه در کمپوست را بیان کرد و نقطه‌ای که در آن تجزیه مواد آلی تجزیه پذیر به پایان می‌رسد را نشان دهد [۲۲]. هدف از آزمایش SOUR، اندازه گیری حداکثر مصرف اکسیژن در فرآیند کمپوست تحت شرایط ایده ال است [۱۰].

مطالعه Xiao و همکارانش (۲۰۰۹) نشان داد که مقدار SOUR از ۱۰ mgO₂/gVS.h برای مواد خام تا حداکثر ۱۷/۴ در هنگام پیک تجزیه متغیر بوده و در کمپوست تثبیت شده می‌تواند به کمتر از ۲ برسد (بعد از ۲۰ روز) [۱۰].

در مطالعه ای که توسط Scaglia و همکارانش در دانشگاه میلان ایتالیا جهت تعیین میزان دقت پارامتر SOUR جهت استفاده به عنوان شاخص تثبیت انجام گرفت معلوم شد که استفاده از SOUR در نمونه‌های با درجه تثبیت بالا می‌تواند با خطای زیادی همراه باشد [۱۱].

نمودار ۶ تغییرات این پارامتر را نشان می‌دهد. SOUR از حدود ۱۸ mgO₂/gVS.h شروع شده و در حداکثر مقدار خود (در فاز

فرآیند کمپوست به علت فعالیت زیاد میکروبی، در نتیجه واکنش آمونیاک سازی، مقادیر زیادی آمونیاک از تجزیه مواد آلی بوجود می‌آید. این نسبت در طی فرآیند کمپوست روند ثابتی ندارد چرا که فرآیندهای مختلفی همچون آمونیاک سازی و نیتریفیکاسیون باعث تغییر در این نسبت می‌شوند و بسته به اینکه کدام واکنش غالب شود این نسبت می‌تواند دارای نوسانات زیادی باشد تا حال حاضر هیچ مقداری برای نسبت NO₃/NH₄ به عنوان معیاری جهت تثبیت کمپوست تعیین نشده است [۱۷].

نمودار ۴ تغییرات نسبت آمونیاک به نترات را نشان می‌دهد در این مطالعه غلظت اولیه آمونیاک ۰/۲۸ g/kg و غلظت نترات ۰/۱۶ g/kg اندازه گیری شد. همانطور که در نمودار مشخص است در ابتدای فرآیند، کاهش قابل ملاحظه ای در این نسبت مشاهده می‌شود. این مسئله بیشتر به کاهش آمونیاک در اثر افزایش دما (به دلیل فرار شدن آمونیاک) بر می‌گردد چرا که نتایج مربوط به نترات نشان می‌دهد که تغییرات نترات در این مرحله بسیار کم می‌باشد. پس از مرحله ترموفیلیک، کاهش این نسبت به افزایش نتراتی بر می‌گردد که در نتیجه نیتریفیکاسیون بوجود آمده است. دما که به زیر ۴۰ °C رسید نیتریفیکاسیون می‌تواند مجدداً آغاز شود، به دلیل اینکه دمای بالا باعث کاهش فعالیت میکروارگانیسم مسئول نیتریفیکاسیون شده و در نتیجه پس از آن شاهد فعالیت کمتر باکتری نیتروفایر هستیم [۹].

این مطالعه نشان داد که با توجه به تغییرات زیاد این نسبت، نمی‌توان از آن به عنوان شاخص استفاده کرد هر چند معدودی از مطالعات برعکس این مطالعه پیشنهاد کرده اند. در مطالعه ای نسبت NH₄+ / NO₃ به مرور زمان کاهش پیدا کرد. محقق پیشنهاد کرد که مقدار کمتر از ۱ این نسبت می‌تواند به عنوان دامنه ای مناسب جهت کمپوست تثبیت شده مورد استفاده قرار بگیرد [۹].

۴. فعالیت آنزیم دهیدروژناز

آنزیم دهیدروژناز، در نتیجه فعالیت میکروبی بوجود می‌آید و بیشتر در خاک جهت اندازه گیری فعالیت میکروبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما استفاده از این پارامتر در کمپوست هم مورد توجه قرار گرفته است. Xiao و همکارانش دریافتند که فعالیت آنزیم دهیدروژناز در روزهای اولیه کمپوست دارای افزایش سریع از مقدار mgTPF/g.day ۰/۷۵ تا ۳/۴۲ بوده و پس از آن شروع به کاهش نموده و در انتها فاز خنک شدن به حدود ۰/۴۵ می‌رسد و پس از آن تغییر قابل توجهی

استفاده کرد. در این مطالعه عملکرد شاخص‌های تثبیت کمپوست در روش کمپوست راکتوری برای پسماندهای شهری مخلوط مورد بررسی قرار گرفت. نسبت NH_4^+/NO_3^- ، فعالیت آنزیم دهیدروژناز، pH، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء و SOUR پارامترهایی بودند که روند تغییراتشان در فرآیند کمپوست راکتوری به مدت ۴۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه نشان داد که در میان شاخص‌های بررسی شده، SOUR می‌تواند علاوه بر نشان دادن مراحل مختلف تجزیه میکروبی، تثبیت کامل کمپوست را با مقدار عددی نشان دهد. در این مطالعه ثابت شد که مقدار SOUR کمتر از $2 \text{ mgO}_2/\text{gVS.h}^2$ می‌تواند نشانه‌دهنده تثبیت کامل کمپوست باشد.

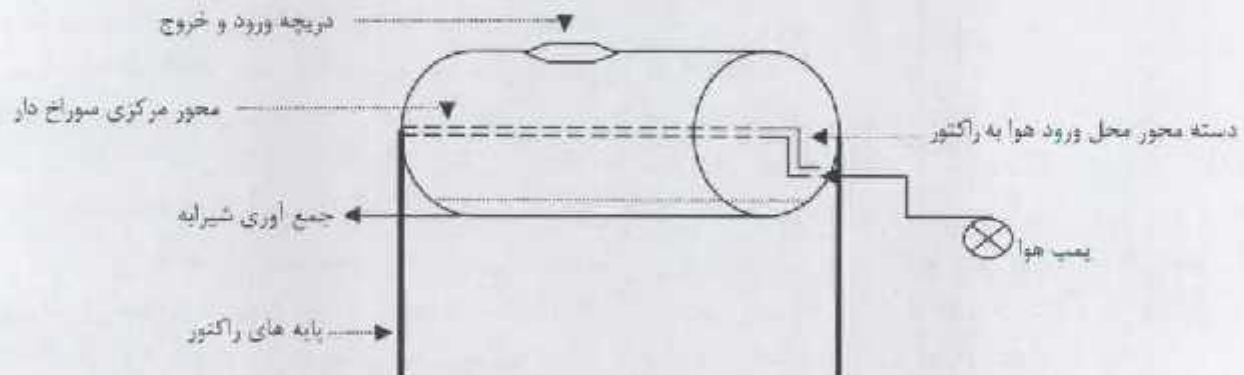
سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله، نهایت تشکر و قدردانی خود را از خانم هامهندس وحید دستجردی و مهندس حاتم زاده مسئولین محترم آزمایشگاه شیمی و میکروبیولوژی گروه بهداشت محیط، اعلام می‌نمایند.

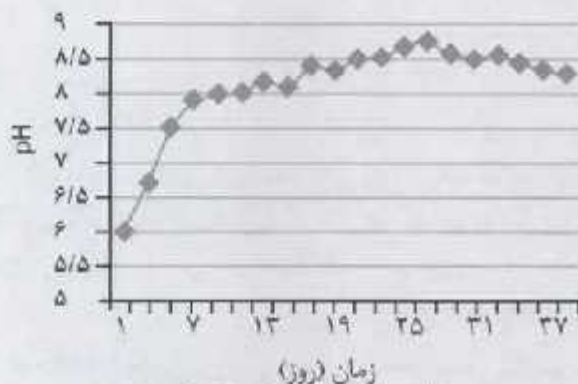
ترموقیلیک) به حدود ۳۵ می‌رسد. پس از آن شروع به کاهش کرده و در روزهای انتهایی فرآیند به کمتر از $2 \text{ mgO}_2/\text{gVS.h}$ می‌رسد که نشانه‌دهنده تثبیت کامل کمپوست است. مطالعه Xiao و همکارانش (۲۰۰۹) نشان داد که مقدار SOUR از $10 \text{ mgO}_2/\text{gVS.h}$ برای مواد خام تا حداکثر ۱۷/۴ در هنگام پیک تجزیه متغیر بوده و در کمپوست تثبیت شده می‌تواند به کمتر از ۲ برسد (بعد از ۲۰ روز) [۱۰].

بحث و نتیجه گیری

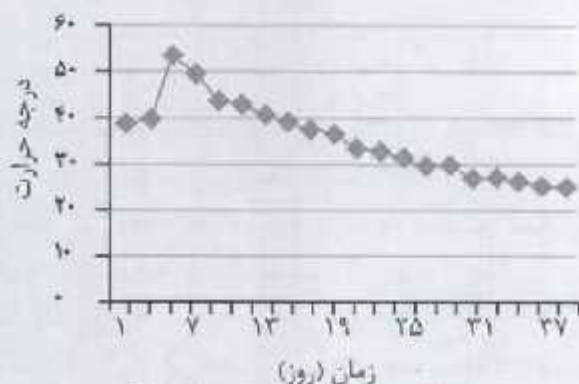
کمپوست یک تکنولوژی مورد اعتماد جهت تولید مواد آلی پایدار مناسب جهت کشاورزی است اما این فرآیند باید با شاخص‌های مناسبی مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. تعیین پارامترهای مناسب جهت بررسی میزان بلوغ و تثبیت کمپوست بسته به نوع پسماند اولیه‌ای که تبدیل به کمپوست می‌شود، حائز اهمیت است. مطالعات مختلف نتایج مختلفی را در این رابطه نشان داده‌اند که بعضاً ناقص یکدیگر می‌باشند. در اکثر مطالعات به این نتیجه رسیده‌اند که باید از دو یا چند شاخص جهت بررسی بلوغ و تثبیت کمپوست



شکل ۱- مشخصات راکتور آزمایش



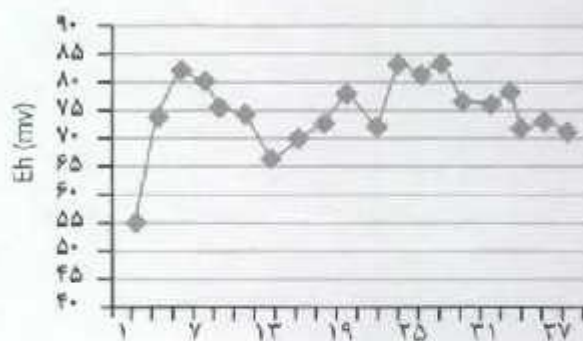
شماره ۳، تغییرات pH در طول فرآیند کمپوست



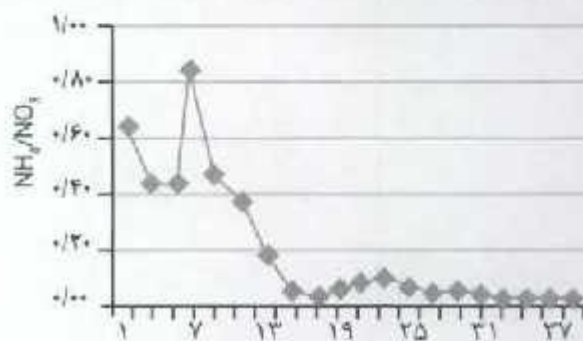
شماره ۴، تغییرات منبعی کمپوست در طول فرآیند

منابع

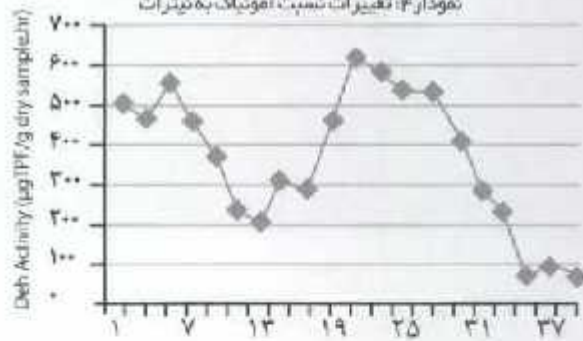
1. Heydarzadeh N, A.M.A, Quality assessment of compost in Iran and need for standards and quality assurance. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL STUDIES*, 2009, 34(48): p. 29-40.
2. Ofosu-Budu, G.K., et al., Harmonizing procedures for the evaluation of compost maturity in two compost types in Ghana. *Resources, Conservation and Recycling*, 2010, 54(3): p. 205-209.
3. Raquel Barrena Gómez, F.V.L.a.A.S.F., The use of respiration indices in the composting process: a review. *Waste Management Research*, 2006, 24: p. 37-47.
4. Tiquia, S.M., Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *Journal of Applied Microbiology*, 2005, 99: p. 816-828.
5. Bernal, M.P., J.A. Alburquerque, and R. Moral, Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 2009, 100(22): p. 5444-5453.
6. Zmora-Nahum, S., et al., Dissolved organic carbon (DOC) as a parameter of compost maturity. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37(11): p. 2109-2116.
7. Khalil, A., M. Domeizel, and P. Prudent, Monitoring of green waste composting process based on redox potential. *Bioresource Technology*, 2008, 99(14): p. 6037-6045.
8. Aslam, D.N., W. Horwath, and J.S. VanderGheynst, Comparison of several maturity indicators for estimating phytotoxicity in compost-amended soil. *Waste Management*, 2008, 28(11): p. 2070-2076.
9. Ko, H.J., et al., Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in composts made from animal manure. *Waste Management*, 2008, 28(5): p. 813-820.
10. Xiao, Y., et al., Continuous thermophilic composting (CTC) for rapid biodegradation and maturation of organic municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 2009, 100(20): p. 4807-4813.
11. Scaglia, B., et al., Precision determination for the specific oxygen uptake rate (SOUR) method used for biological stability evaluation of compost and biostabilized products. *Bioresource Technology*, 2007, 98(3): p. 706-713.
12. Rihani, M., et al., In-vessel treatment of urban primary sludge by aerobic composting. *Bioresource Technology*, 2010, 101(15): p. 5988-5995.
13. Kalamdhad, A.S., M. Pasha, and A.A. Kazmi, Stability evaluation of compost by respiration techniques in a rotary drum composter. *Resources, Conservation and Recycling*, 2008, 52(5): p. 829-834.
14. Barrena, R., F. Vázquez, and A. Sánchez, Dehydrogenase activity as a method for monitoring the composting process. *Bioresource Technology*, 2008, 99(4): p. 905-908.



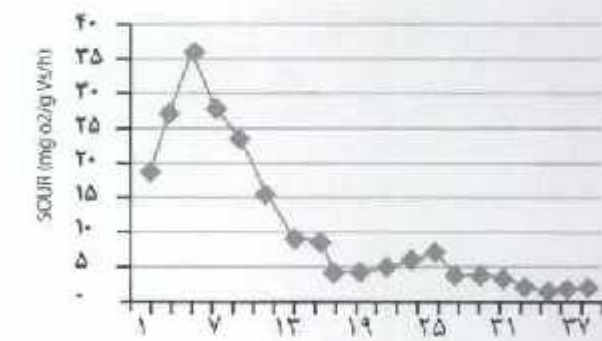
نمودار ۳: تغییرات پتانسیل اکسیداسیون و احیاء در طول فرآیند کمپوست



نمودار ۴: تغییرات نسبت آمونیاک به نیترات



نمودار ۵: تغییرات آنزیم دهیدروژناز در طول فرآیند کمپوست



نمودار ۶: تغییرات SOUR در طول فرآیند کمپوست

15. Thompson, W.H., TEST METHODS FOR EXAMINATION OF COMPOSTING AND COMPOST, 1 ed. 2001: US Composting Council Research and Education.
16. Abdullah, N. and N.L. Chin, Simplex-centroid mixture formulation for optimised composting of kitchen waste. *Bioresource Technology*, 2010. 101(21): p. 8205-8210.
17. Lasaridi, K.E. and E.I. Stentiford, A simple respirometric technique for assessing compost stability. *Water Research*, 1998. 32(12): p. 3717-3723.
18. Bueno, P., et al., Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. *Bioresource Technology*, 2008. 99(11): p. 5069-5077.
19. Lin, C., A negative-pressure aeration system for composting food wastes. *Bioresource Technology*, 2008. 99(16): p. 7651-7656.
20. Elango, D., et al., Thermophilic composting of municipal solid waste. *Applied Energy*, 2009. 86(5): p. 663-668.
21. Kim, J.-D., et al., Evaluation of pilot-scale in-vessel composting for food waste treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 2008. 154(1-3): p. 272-277.
22. Baffi, C., et al., Determination of biological stability in compost: A comparison of methodologies. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007. 39(6): p. 1284-1293.

مقایسه دو روش اکسایش پیشرفته O3/H2O2/UV و O3/UV در تصفیه شیرابه زباله شهری

چکیده

برای بررسی امکان استفاده از روش های اکسایش پیشرفته به عنوان پیش تصفیه ای برای تصفیه بیولوژیکی، این تحقیق انجام گرفت. این مطالعه از نوع تجربی است و بر روی شیرابه زباله محل دفن کهریزک تهران انجام شد. آزمایشات BOD5, COD, TS و رنگ نمونه فیلتر شده طبق روش های استاندارد متد بر روی شیرابه تصفیه شده به دو روش O3/UV و O3/H2O2/UV با ۲۰ بار تکرار و تعداد کل ۱۶۰ نمونه انجام گرفت و نتایج به دست آمده برای مقایسه دو روش استفاده شد.

روش O3/UV COD را در زمان ۱۰، ۲۰ و ۶۰ دقیقه به ترتیب ۸۱، ۸۵ و ۸۷ درصد حذف کرده است در حالی که راندمان حذف COD در روش O3/H2O2/UV در این زمان های واکنش به ترتیب ۸۳، ۸۹ و ۹۵ درصد بوده است. نسبت BOD5/COD نیز در روش O3/UV از ۰/۱۱ به ۰/۲۲ و در روش O3/H2O2/UV در بالاترین زمان واکنش به ۰/۵۱ رسیده است. هر دو روش می توانند در زمان واکنش ۱۰ دقیقه به عنوان پیش تصفیه ای برای تصفیه بیولوژیکی شیرابه استفاده شوند. ولی روش O3/UV به دلیل هزینه کمتر و ارتقاء بیشتر نسبت BOD5/COD در زمان واکنش ۱۰ دقیقه به عنوان روش کارآمدتر معرفی می شود.

واژگان کلیدی: شیرابه زباله، اکسایش پیشرفته، پیش تصفیه، نسبت BOD5/COD

محمود بیگدلی^۱، محبتی حسن زاده^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط - معاونت دانشجویین فرهنگی دانشگاه علوم پزشکی گاهان
bigdeli_mahmood@yahoo.com

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط - معاونت دانشجویین فرهنگی دانشگاه علوم پزشکی گاهان
hasanzade1986@yahoo.com

مقدمه

شیرابه زباله نوعی فاضلاب با غلظت بالایی از ترکیبات آلی و معدنی است و گاهی اوقات فاضلابی با سطح بالایی از آلایندگی سمی تعریف شده است [۱، ۲]. دفن پسماندها در مکان های دفن زباله شهری مرسوم ترین روش دفع نهایی در کشورهای مختلف دنیا است. پس از دفن، تغییرات و واکنش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی بر روی پسماند صورت می گیرد. این فعل و انفعالات و تجزیه قسمت آلی پسماند نیز نفوذ رطوبت ناشی از بارندگی به لایه های دفن، مایعی بسیار آلوده به نام شیرابه تولید می کند [۳]. غلظت COD شیرابه های تازه ۳۶ برابر بیشتر از فاضلاب خام خانگی است. شیرابه تثبیت شده ممکن است از این نظر با فاضلاب خانگی برابری کند ولی حاوی ترکیبات آلی مقاوم به تجزیه بیولوژیکی می باشد [۱، ۲]. شیرابه تولید شده در مرحله اسیدی تجزیه زباله حاوی مقدار زیادی از اسیدهای چرب قرار است. این مواد که از وزن ملکولی کوچکی برخوردارند، بخش اعظم مواد آلی موجود در شیرابه را تشکیل داده و از لحاظ بیولوژیکی نیز به آسانی تجزیه پذیر هستند. نسبت اکسیژن خواهی بیوشیمیایی به

اکسیژن خواهی شیمیایی شیرابه تازه در مرحله اسیدی ۰/۴ تا ۰/۵ است و از آنجا که BOD بسیار سریع تر از COD کاهش می یابد این نسبت در شیرابه تثبیت شده کمتر از ۰/۱ می باشد [۳]. شیرابه می تواند مشکلات زیادی مانند تجمع فلزات سنگین در خاک، اثر بر آبهای زیرزمینی و اثرات پاتوژنی به وجود آورد [۴]. همچنین تحقیقات نشان داده است که گاهی اورانیوم نیز در شیرابه زباله وجود دارد. ولی مقدار آن نگران کننده نیست [۵]. تاکنون تحقیقات متعددی به منظور تصفیه شیرابه صورت گرفته است. این روش ها شامل روش های فیزیکو شیمیایی، تخییر پیشرفته، فن آوری غشایی، راکتورهای بیولوژیک مانند UASB^۱، فرایند لجن فعال، رسوبدهی هیدروکسیدی با آهنک و یا رسوب دهی شیمیایی با آلوم و یا کلرور فریک و سایر روش ها می باشد [۳، ۶، ۷]. روش UASB در شهر استانبول در ترکیه برای تصفیه شیرابه استفاده شده است [۸]. در کره نیز تحقیقاتی مبنی بر تولید اتانول به عنوان سوخت پاک و جایگزین سوخت های فسیلی از شیرابه زباله به عمل آمده است [۹].

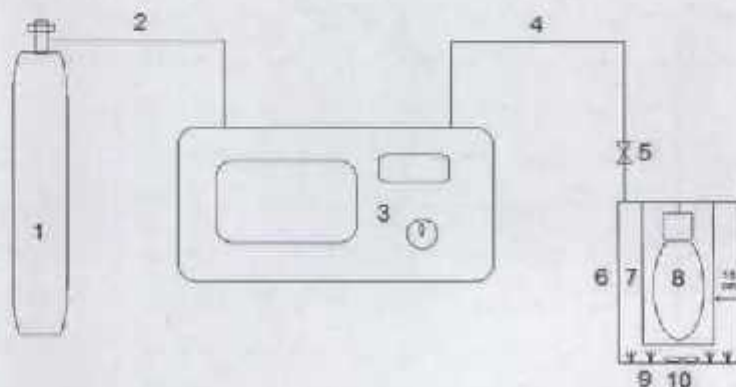
1. Chemical Oxygen Demand
2. Biochemical Oxygen Demand
3. Up-flow anaerobic sludge blanket

اطلاعات کمی در مورد تأثیر روش اکسایش پیشرفته در تصفیه شیرابه زیانه وجود دارد [۲۲]. به نظر می‌رسد که حتی اگر این روش نتواند شیرابه را تا حد قابل قبولی تصفیه کند ولی می‌تواند ترکیبات پیچیده‌ای را که در شیرابه وجود دارد به ترکیبات قابل تصفیه بیولوژیکی تبدیل نماید. در این صورت می‌توان از این روش به عنوان پیش تصفیه‌ای برای تصفیه‌های بیولوژیکی شیرابه استفاده نمود. برای پاسخگویی به این سوالات، این تحقیق انجام گردید تا از نتایج آن برای مدیریت بهتر در شیرابه تولیدی از زیانه‌های شهری استفاده گردد.

سواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع تجربی است که بر روی شیرابه زیانه محل دفن کهریزک تهران انجام شد. نمونه‌های گرفته شده از محل دفن در دمای ۴ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه منتقل شد و مورد آزمایش قرار گرفت. راکتور تصفیه به صورت مکعبی به ابعاد $20 \times 20 \times 30$ سانتیمتر که مکعب دیگری به ابعاد $10 \times 10 \times 25$ سانتیمتر در داخل آن جای گرفته بود ساخته شد. در درون مکعب داخلی لامپ UV قرار داشت و در مکعب خارجی نمونه شیرابه به حجم ۳ لیتر اضافه می‌شد. نازل‌هایی برای ورود گاز ازن در کف راکتور تعبیه شده بود و برای انجام اختلاط کامل از یک همزن در کف راکتور استفاده می‌شد. در روش $O_3/H_2O/UV$ آب اکسیژنه به صورت یکباره در ابتدای واکنش اضافه می‌شد. برای تولید ازن از دستگاه ازن ساز ساخت شرکت ARDA فرانسه با ظرفیت $10/5$ گرم ازن در ساعت استفاده شد. اشعه UV نیز توسط لامپ UV با قدرت ۱۲۵ وات ساخت شرکت NARVA آلمان مدل NEF در طول موج ۲۵۴ نانومتر تولید شده. تصویر شماتیک این راکتور را در شکل ۱ مشاهده می‌کنید.

فرآیند اکسایش پیشرفته عبارت است از اکسایشی که برای تصفیه موثر فاضلاب به اندازه کافی رادیکال هیدروکسیل تولید کند [۱۰]. این فرآیند برای تصفیه فاضلاب‌های دارای ترکیبات آلی مقاوم و به صورت موفق برای پیش تصفیه به منظور کاهش غلظت ترکیبات آلی سمی که مزاحم فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب می‌شوند، استفاده می‌شود [۱۱]. این فرآیند باعث تولید رادیکال‌های آزاد OH می‌شود که می‌تواند آلاینده‌های آلی و غیر آلی را حذف کند [۱۲-۱۵]. ازن و رادیکال‌های هیدروکسیل در ریف قوی‌ترین عوامل اکسید کننده قرار دارند. ازن می‌تواند به طور مستقیم یا یک ترکیب شیمیایی واکنش دهد یا رادیکال هیدروکسیلی تولید نماید که بعداً با آن ماده واکنش دهد [۱۶]. رادیکال هیدروکسیل دارای پتانسیل اکسایشی برابر ۲/۷۸ ولت است و از اکسید کننده‌های متداول بسیار سریع تر عمل می‌کند [۱۱]. انرژی حاصل از اشعه UV تولید رادیکال‌های هیدروکسیل توسط ازن را تشدید می‌کند [۱۷]. مطالعه Tuhkanen در سال ۲۰۰۱ نشان داد که اکسایش پیشرفته به روش ازن زنی می‌تواند ۵۰ درصد PCDD و ۴۰ درصد PCBs را حذف کند [۱۸]. در سال ۲۰۰۳ نیز مطالعه‌ای که توسط Kos و Perkowski بر روی فاضلاب کارخانه رنگ سازی انجام شده است بر حذف کامل رنگ با اکسایش پیشرفته ازن دلالت دارد [۱۹]. همچنین Malhotra و همکاران در سال ۲۰۰۴ نشان دادند که سیانید با اکسایش توسط ازن، آب اکسیژنه و UV به طور کامل تجزیه می‌شود [۲۰]. در سال ۲۰۰۷ نیز Ince و Kidak نشان دادند که اکسایش توسط ازن و UV در pH قلیایی می‌تواند فنول را با راندمان ۱۰۰ درصد حذف کند [۲۱]. شکوهی و همکاران نیز در سال ۲۰۰۹ نتایج مشابهی را در مورد فنول به دست آوردند [۱۶].



شکل ۱. تصویر شماتیک راکتور مورد استفاده در این پژوهش. ۱- سیلندر اکسیژن ۲- شیلنگ حامل اکسیژن ۳- دستگاه تولید ازن ۴- شیلنگ حامل ازن ۵- شیر یکطرفه ۶- محفظه بیرونی حوضچه تماس ۷- محفظه داخلی حوضچه تماس ۸- لامپ UV ۹- درپوش ۱۰- همزن

1. Polychlorinated dibenzo-dioxins
2. Polychlorinated biphenyls

نتایج

این تحقیق با ۲۰ بار تکرار در هر روش در چهار زمان واکنش صفر، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه انجام شد که تعداد کل نمونه‌ها ۱۶۰ عدد بود. pH شیرابه خام برابر ۷/۶۵ و BOD₅، COD و TS آن به ترتیب ۲۵۰۰، ۲۱۹۱۰ و ۲۹۳۴۷ میلی گرم در لیتر بود. رنگ نمونه فیلتر شده نیز زرد با شدت ۸۲٪ بود. در روش O₃/H₂O₂/UV، بهترین pH معادل ۶/۵ و غلظت بهینه H₂O₂ برابر ۱۰ گرم در لیتر به دست آمد. pH بهینه برای روش O₃/UV برابر ۸/۵ بود و مقدار بهینه ازن مورد استفاده برای هر دو روش نیز برابر ۲/۵ گرم ازن در ساعت به ازای هر لیتر شیرابه تعیین شد که این مقدار در زمان تصفیه ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه به ترتیب برابر ۰/۰۸، ۰/۰۲۷ و ۰/۱۶ گرم ازن به ازای هر گرم COD می‌باشد.

نتایج به دست آمده از تصفیه شیرابه با این دو روش در جدول ۲ خلاصه شده است. با توجه به اطلاعات ارائه شده در این جدول روش O₃/UV، COD را در زمان ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه به ترتیب ۸۱، ۸۵ و ۸۷ درصد حذف کرده است. در حالی که راندمان حذف COD در روش O₃/H₂O₂/UV در این زمان‌های واکنش به ترتیب ۸۲، ۸۹ و ۹۵ درصد بوده است. روند تغییرات حذف COD در این دو روش در نمودار ۱ مشاهده می‌شود. نسبت BOD₅/COD در تصفیه پذیری بیولوژیکی سبب نقش کلیدی دارد. همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود این نسبت در روش O₃/UV از ۰/۱۱ به ۰/۳۳ رسیده است. حال آنکه در روش O₃/H₂O₂/UV در بالاترین زمان واکنش به ۰/۵۱ رسیده است. در حذف رنگ نیز بین این دو روش تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود (P > ۰,۰۰۱) که نشان دهنده این است که روش O₃/UV در حذف رنگ مؤثرتر از روش O₃/UV می‌باشد.

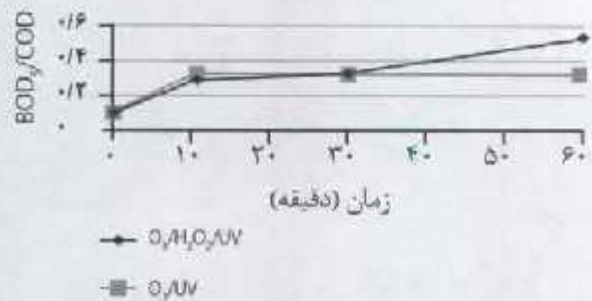
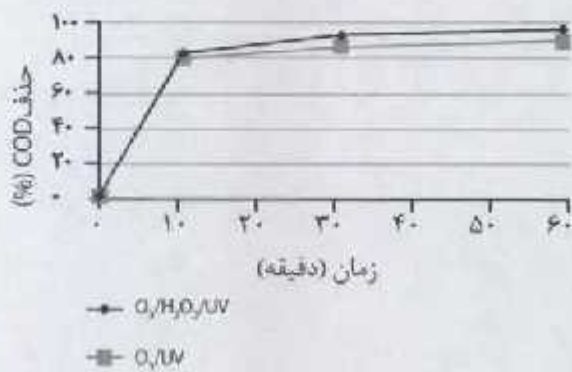
آزمایشات COD، BOD₅، TS و رنگ نمونه فیلتر شده طبق روش‌های ارائه شده در جدول ۱ برگرفته از کتاب استاندارد متد بر روی شیرابه تصفیه شده به دو روش O₃/H₂O₂/UV و O₃/UV انجام گرفت [۲۳]. روش کار به این صورت بود که ابتدا pH بهینه برای تصفیه در دو روش O₃/H₂O₂/UV و O₃/UV به دست آمد. یعنی در غلظت ثابت آب اکسیژنه و ازن در روش O₃/H₂O₂/UV و دوز ثابت ازن در روش O₃/UV با تغییر دادن مکرر pH و اندازه گیری پارامترهای BOD₅، COD، TS و رنگ بهترین pH برای تصفیه در هر روش تعیین شد. برای اندازه گیری pH از دستگاه pH متر ساخت شرکت "فن آوری تجهیزات سنجش" به شماره مدل pH262 استفاده شد. سپس در pH بهینه با تغییر دادن غلظت آب اکسیژنه و ازن در روش O₃/H₂O₂/UV غلظت بهینه آب اکسیژنه و ازن و یا تغییر دادن دوز ازن در روش O₃/UV دوز بهینه ازن با توجه به نتایج آزمایشات فوق به دست آمد. برای اندازه گیری رنگ از دستگاه اسپکتروفوتومتر APEL با شماره مدل PD-303UV استفاده شد. اندازه گیری رنگ طبق دستور استاندارد C2120 کتاب استاندارد متد و به روش خواندن عبور نور در ۳۰ طول موج انجام شد. تصفیه شیرابه در شرایط بهینه با ۲۰ بار تکرار در چهار زمان تصفیه صفر، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه انجام شد که جمعاً تعداد ۱۶۰ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. سپس نتایج به دست آمده با روش Mixed Design Anova Model و آزمون Greenhouse-Geisser مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

جدول ۱. روش اندازه گیری پارامترهای مورد مطالعه بر اساس روش‌های مندرج در کتاب استاندارد متد [۲۳]

پارامتر	روش اندازه‌گیری
COD	C 5220
BOD ₅	B 5210
TS	B 2540
رنگ	C 2120

جدول ۲. نتایج حاصل از تصفیه شیرابه با دو روش O_3/UV و $O_3/H_2O_2/UV$

پارامتر مورد مطالعه	زمان (دقیقه)	روش تصفیه	
		O_3/UV	$O_3/H_2O_2/UV$
BOD5 (mg/l)		2500 ± 159	2500 ± 159
		1335 ± 163	1015 ± 160
		1080 ± 151	785 ± 93
		920 ± 204	555 ± 76
		$<0/001$	
COD (mg/l)		21910 ± 3314	21910 ± 3314
		4230 ± 666	3670 ± 245
		3320 ± 497	2400 ± 205
		2760 ± 341	1090 ± 435
		$<0/001$	
TS (mg/l)		29347 ± 340	29347 ± 340
		21296 ± 605	21097 ± 398
		21207 ± 726	20997 ± 324
		21026 ± 683	21168 ± 445
		$0/276$	
طول موج غالب (۵۸۰-۵۷۵ نانومتر) زرد		82 ± 00	82 ± 00
		$81/9 \pm 0/31$	$76/0 \pm 5/61$
		$75/55 \pm 6/3$	$53/75 \pm 12/81$
		$67/35 \pm 9/05$	$37/5 \pm 9/68$
		$<0/001$	



شماره ۲. روند تغییرات BOD5/COD نسبت به زمان در دو روش O_3/UV و $O_3/H_2O_2/UV$

شماره ۱. روند تغییرات حذف COD نسبت به زمان در دو روش O_3/UV و $O_3/H_2O_2/UV$

روش O_3/UV اثبات کرد. رنگ از لحاظ زیبایی شناختی در تصفیه بسیار اهمیت دارد. با این آزمایش‌ها مشخص شد که روش O_3/UV با زمان واکنش یک ساعت رنگ شیرابه را از زرد با شدت ۸۲٪ به حدود ۶۷٪ تقلیل داده است. این در حالی است که روش $O_3/H_2O_2/UV$ توانسته است این متغیر را تا حدود ۳۷٪ کاهش دهد.

Ince توصیه نموده است که تصفیه O_3/UV نباید در شرایط اسیدی انجام شود. همچنین در مطالعه‌ای که این محقق در آلمان انجام داده است بیان کرده است که روش $O_3/H_2O_2/UV$ در شیرابه‌ای با COD اولیه ۱۲۸۰ میلی گرم در لیتر توانایی رسیدن به بازده ۸۹ درصد را دارد [۲۶]. Calli و همکاران و Zhang و همکاران در تحقیقات جداگانه‌ای دریافتند که در فرآیندهایی که از آن در آنها استفاده می‌شود pH ۸ تا ۹ مناسب است [۲۷، ۲۸]. یافته‌های ما در این پژوهش یا یافته‌های این محققین همخوانی دارد.

استفاده از ازن در تصفیه شیرابه محدودیت‌هایی دارد. اولاً ازن یک گاز ناپایدار است که باید در محل تولید و فوراً مصرف گردد. دوماً باید یک تماس دهنده ازن-آب برای انتقال ازن گازی به فاز مایع وجود داشته باشد. سوماً این فرآیند نیاز به مهارتهای تکنیکی دارد تا بتواند ازن را تا حد ممکن به فاز مایع وارد نماید و چون UV مهمترین نقش را در فرآیند دارد، باید ذرات معلق موجود در شیرابه در حداقل باشد. چهارماً تولید کف در اثر ازن زنی شیرابه باعث جلوگیری از نفوذ UV به درون شیرابه شده و بنابراین بازده حذف COD کاهش می‌یابد. با وجود این محدودیت‌ها بزرگترین برتری استفاده از ازن این است که بعد از اکسایش در پساب تولیدی هیچگونه تری هالومتانی تولید نمی‌شود و هیچ گونه دفع لجنی نیاز ندارد [۲۹].

در روش O_3/UV در زمان واکنش ۶۰ دقیقه نسبت به زمان واکنش ۱۰ دقیقه پیشرفت زیادی در تصفیه شیرابه دیده نمی‌شود. بنابراین با توجه به هزینه‌های بالای این واکنش [۲۶، ۳۰] بهترین زمان واکنش برای این روش ۱۰ دقیقه می‌باشد. زیرا در این زمان COD به میزان ۸۱٪ حذف می‌شود و نسبت BOD_5/COD به ۰/۳۲ می‌رسد. با بالا بردن زمان واکنش تا ۶۰ دقیقه میزان حذف COD به ۸۷٪ رسیده و نسبت BOD_5/COD از ۰/۳۲ تنها به ۰/۳۳ ارتقاء می‌یابد که این افزایش زمان واکنش به صرفه اقتصادی نخواهد بود. در روش $O_3/H_2O_2/UV$ نیز در زمان ۱۰ دقیقه نسبت BOD_5/COD به حدی می‌رسد که برای تصفیه بیولوژیکی مناسب باشد. این روش با زمان واکنش ۶۰ دقیقه می‌تواند شیرابه را تا حدی تصفیه کند که با نسبت

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق مشاهده می‌شود که روش $O_3/H_2O_2/UV$ نسبت به روش O_3/UV موثرتر عمل کرده است. این برتری در مقایسه حذف COD، حذف BOD_5 ، بالا بردن نسبت BOD_5/COD و حذف رنگ مشخص می‌شود. البته در این پژوهش میزان حذف TS نیز مورد تحلیل قرار گرفته است. اگرچه هر دو روش در حذف این پارامتر موثر بوده‌اند ولی تفاوت معنی‌داری بین دو روش مشاهده نشده است ($PV=0/274$). در تصفیه شیرابه مهمترین عاملی که باید به طور موثر حذف گردد COD می‌باشد. روش O_3/UV در زمان‌های واکنش ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه COD را به ترتیب ۸۱، ۸۵ و ۸۷ درصد حذف کرده است. ولی روش $O_3/H_2O_2/UV$ در این زمان‌ها COD را به ترتیب ۸۳، ۸۹ و ۹۵ درصد حذف کرده است. همچنین این روش در زمان‌های واکنش ذکر شده به ترتیب BOD_5 را ۵۹، ۶۹ و ۷۸ درصد حذف کرده است. ولی روش O_3/UV در حذف این پارامتر به ترتیب ۴۷، ۵۷ و ۶۳ درصد موثر بوده است.

دلیل اینکه این دو روش در pH ۸/۵ بهتر عمل می‌کنند این است که در محدوده ۸ تا ۹ در حضور یونهای OH ازن سریعاً به رادیکالهای OH تجزیه می‌گردد که دارای پتانسیل اکسایش ۲/۷۸ است که از پتانسیل اکسایش ازن (۲/۰۸) بیشتر است [۲۴، ۲۵]. در فرآیندهای اکسایش پیشرفته بر توانایی نه تنها ملکولهای ازن و آب اکسیژنه را با جذب نور UV در طول موج ۲۵۴ نانومتر فعال می‌نماید بلکه سایر ترکیبات آلی را برای فرآیند اکسایش مستعد می‌نماید [۲۶].

به دلیل این که هدف از تصفیه شیرابه زباله به روش اکسایش پیشرفته در این پژوهش آماده سازی آن برای تصفیه بیولوژیکی می‌باشد، مقایسه حذف COD یا BOD_5 به تنهایی نمی‌تواند به طور قطع گویای برتری یک روش بر دیگری باشد. در این خصوص نسبت BOD_5/COD می‌تواند کمک کننده باشد. این نسبت در تصفیه پذیری بیولوژیکی شیرابه بسیار موثر است. اگر نسبت BOD_5/COD در شیرابه از ۰/۲۵ بیشتر باشد تصفیه بیولوژیکی بر روی آن می‌تواند کارآمد باشد [۲۲]. از این منظر همانطور که در نمودار ۲ نشان داده شده است روش O_3/UV در پیش تصفیه شیرابه در ۱۰ دقیقه نخست بهتر از روش $O_3/H_2O_2/UV$ است. ولی در زمان‌های واکنش بیش از ۳۰ دقیقه روش $O_3/H_2O_2/UV$ در ارتقاء نسبت BOD_5/COD موثرتر بوده است.

با آزمایش رنگ به روش اسپکتروفوتومتری بر روی خروجی هر یک از روش‌های تصفیه نیز روش $O_3/H_2O_2/UV$ برتری خود را نسبت به

5. Leman H, Behera SK, Park HS. Optimization of operational parameters for ethanol production from korean food waste leachate. *Environmental science and technology* 2009; 7(1): 157-64.
6. Parvaresh A, Movahedian H, Zazooli MA. Concentration of heavy metals in licheate of urban solid wastes and those decrease method. *Research in medical sciences* 1998; 3: 10-8. [in Persian]
7. Sahandjorfi S, Jaafarzadeh N, Rezaeekalantary R, Hashempour Y. Leachate Treatment by Batch Decant Activated Sludge Process and Powdered Activated Carbon Addition. *Iranian Journal of Health and Environment* 2009; 2(1): 16-27. [in Persian]
8. Torabian A, Hassani AH, Moshirvaziri S. Physicochemical and biological treatability studies of urban solid waste leachate. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2004; 1(2): 103-7.
9. Oygard JK, Gjengedal E. Uranium in municipal solid waste landfill leachate. *Environ. Res.* 2009; 3(1): 61-8.
10. Morais JL, Zamora PP. Use of Advanced Oxidation Processes to Improve the Biodegradability of Mature Landfill Leachates. *J. Hazard. Mater.* 2005; 123: 181-6.
11. Stasinakis AS. Use of selected Advanced Oxidation Processes (AOPs) for wastewater treatment-a mini review. *Global NEST Journal* 2008; 10(3): 376-85.
12. Al-kdasi A, Idris A, Saed K, Guan CT. Treatment of textile wastewater by advanced oxidation processes-a review. *International Journal of Global Nest* 2004; 6(3): 222-30.
13. Khorasani H, Bina B, Amin MM. Removal of humic substances from water by advanced oxidation process using UV/TiO₂ photo catalytic technology. *water and wastewater* 2008; 68: 25-32. [in Persian]
14. Mohajerani M, Mehrvar M, Ein-mozaffari F. An overview of the integration of advanced oxidation technologies and other processes for water and wastewater treatment. *Int. J. Eng.* 2009; 3(2): 120-46.
15. Movahedian H, SeidMohammadi AM, Assadi A. Comparison of different advanced oxidation processes degrading P-Chlorophenol in aqueous solution. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.* 2009; 6(3): 153-60.
16. Shokoohi R, Ebrahimzadeh L, Rahmani AR, Ebrahimi SJ, Samarghandi MR. Comparison of the Advanced Oxidation Processes in Phenol Degradation in Laboratory Scale. *Water and wastewater* 2009; 4: 30-5. [in Persian]
17. Wu JJ, Yang JS, Muruganandham M, Wu CC. The oxidation study of 2-propanol using ozone-based advanced oxidation processes. *Sep. Purif. Technol.* 2008; 62(1): 39-46.
18. Tuhkanen T. Advanced oxidation of PCDD/FS, PCBS and PAHS in contaminated soil/ash matrix. *Geological Survey of Finland* 2001; 32: 129-33.
19. Perkowski J, Kos L. Decolouration of Model Dyehouse Wastewater with Advanced Oxidation Processes. *Fibres Text. East. Eur* 2003; 11(3): 67-71.

بندی مناسب و در ساعات مناسبی از شبانه روز بتوان پساب آن را در شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری تخلیه نمود.
به دلیل اینکه هر دو روش مورد مطالعه در این پژوهش توانسته‌اند هدف پژوهش را در زمان واکنش ۱۰ دقیقه تأمین کنند، روش O₂/H₂O₂/UV روش بهتری نسبت به روش O₃/UV معرفی می‌شود. زیرا هم در زمان ۱۰ دقیقه به نسبت BOD₅/COD بهتری رسیده است و هم نسبت به روش O₂/H₂O₂/UV هزینه‌های کمتری را می‌طلبد.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که هر دو روش می‌توانند تجزیه پذیری بیولوژیکی شیرابه را افزایش دهند و از اینرو می‌توانند به عنوان پیش تصفیه ای برای تصفیه بیولوژیکی شیرابه استفاده شوند. O₂/H₂O₂/UV روش بهتری نسبت به O₃/H₂O₂/UV معرفی می‌شود. بهترین شرایط برای این روش pH ۷/۵ و دوز ازن به میزان ۲/۵ گرم به ازای هر لیتر شیرابه در ساعت می‌باشد و بهترین زمان واکنش برای این روش از لحاظ راندمان و هزینه ۱۰ دقیقه می‌باشد.

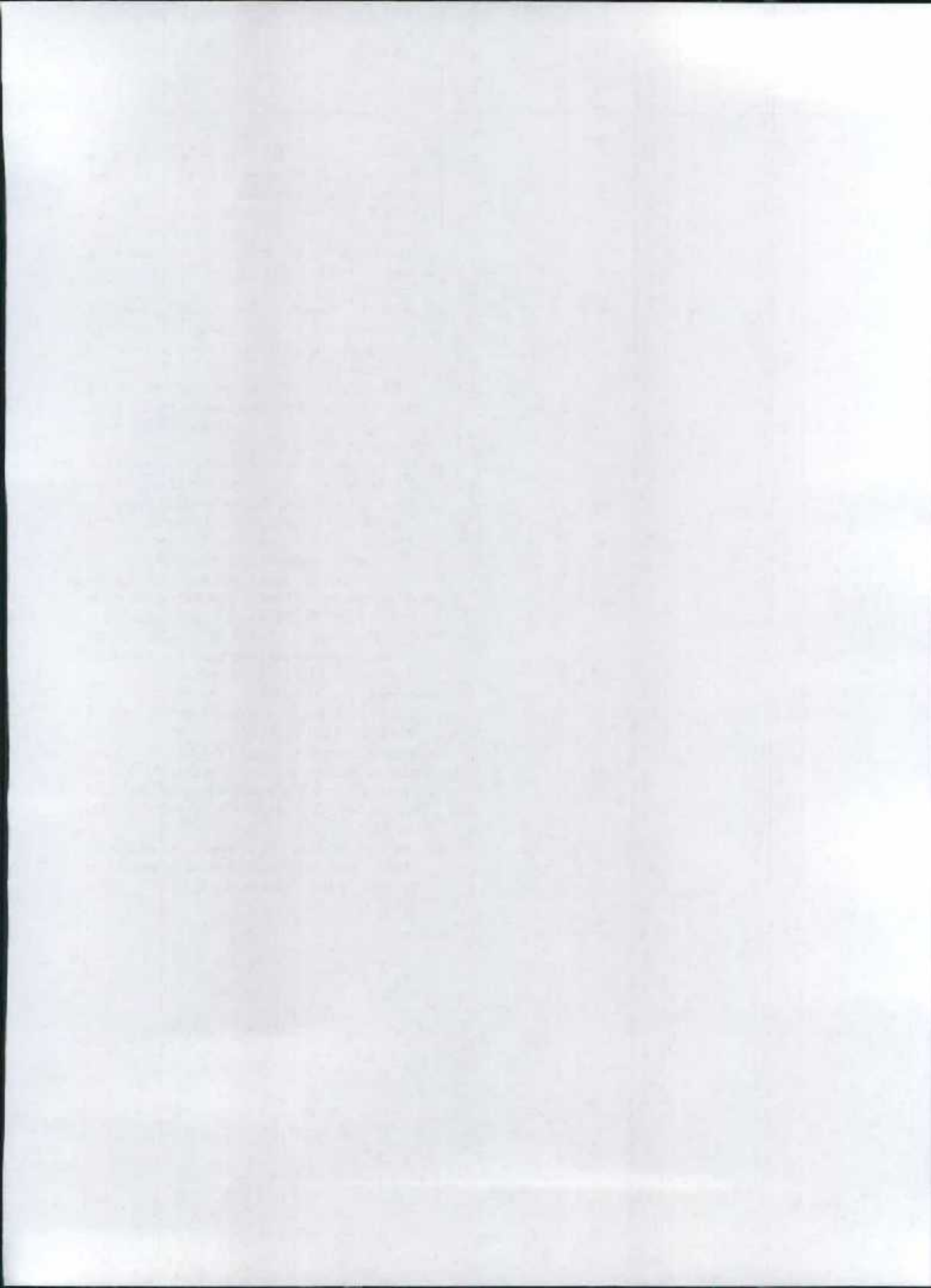
تشکر و قدردانی

بدینوسیله تشکر و قدردانی خود از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی گلستان به واسطه تأمین اعتبارات لازم جهت اجرای طرح تحقیقاتی فوق را اعلام می‌داریم.

منابع

1. Farrokhi M, Kouti M, Mousavi GR, Takdastan A. The study on biodegradability enhancement of landfill leachate by Fenton oxidation. *Iranian Journal of Health and Environment* 2009; 2(2): 114-23. [in Persian]
2. Kouti M, Farrokhi M, Mousavi GR, Takdastan A. Study Improvement of BOD₅/COD rate mature leachate by oxidation fenton. 12th Environmental health conference, 2009 Nov. Tehran, Iran.
3. Mohtashami SR, Karimie A, Bidokhti T. Performance of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) in Landfill Leachate Treatment. *Water and wastewater* 2008; 66: 10-8. [in Persian]
4. Ogundiran OO, Afolabi TA. Assessment of the physicochemical parameters and heavy metals toxicity of leachates from municipal solid waste open dumpsite. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2008; 5(2): 243-50.

20. Malhotra S, Pandit M, Tyagi DK. Degradation of ferrihexacyanide by advanced oxidation processes. *Indian J. Chem. Technol.* 2005; 12: 19-24.
21. Kidak R, Ince NH. Catalysis of advanced oxidation reactions by ultrasound; A case study with phenol. Bogazici University, Institute of Environmental Sciences, Bebek, 34342, Istanbul, Turkey Available online 2007.
22. Jamali HA, The survey of increasable of biological treatment of Tehran solid waste leachate by ozone [Dissertation]. Tehran. Tehran University of Medical Science. 2009.
23. APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater 21st ed. Washington DC, USA: American Public Health Association; 2005.
24. Baig S, Liechti PA. Ozone treatment for biorefractory COD removal. *Water Sci. Technol.* 2001; 43(2): 197-204.
25. Rema T, Parivallal B, Ramanujam RA. Studies on degradation of Syntan used in leather tanning process using ozone. *International Journal of Environmental Science and Development* 2010; 1(3): 264-7.
26. Ince NH. Light-enhanced chemical oxidation for tertiary treatment of municipal landfill leachate. *Water Environ. Res.* 1998; 70(6): 1161-9.
27. Calli B, Mertoglu B, Inanc B. Landfill leachate management in Istanbul: applications and alternatives. *Chemosphere* 2005; 59(6): 819-29.
28. Zhang H, Choi HJ, Huang CP. Optimization of Fenton process for the treatment of landfill leachate. *J. Hazard. Mater.* 2005; 125(1-3): 166-74.
29. Benitez FJ, Heredia JB, Acero JL, Pinilla ML. Simultaneous photodegradation and ozonation plus UV radiation of phenolic acids-major pollutants in agro-industrial wastewaters. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 1999; 70(3): 253-60.
30. Tsagarakis KP, Mara DD, Angelakis AN. Application of cost criteria for selection of municipal wastewater treatment systems. *Water Air Soil Pollut.* 2003; 142(1-4): 187-210.



اثر مدیریت پسماندهای گیاهی بر قابلیت دسترسی فسفر و برخی از شاخص‌های میکروبی خاک

چکیده

پسماندهای گیاهی یکی از شاخص‌های مهم و تأثیرگذار در حاصلخیزی خاک می‌باشد. بازگشت این پسماندها در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک از ارکان مهم و اجتناب ناپذیر پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی است. افزایش مواد آلی به خاک‌ها از طریق افزودن بقایای گیاهی یک شیوه مدیریتی مهم است که می‌تواند قابلیت دسترسی عناصر غذایی را افزایش داده و باعث اصلاح خاک‌های شور شود. هدف از این مطالعه ارزیابی تأثیر مدیریت پسماندهای گیاهی و نوع پسماند (کاه و کلش گندم و یونجه) بر فعالیت میکروبی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و برخی از شاخص‌های رشدی گیاه جو در یک دوره ۶۰ روزه در سطوح مختلف شوری بوده است. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح ماده آلی (۵۰ تن در هکتار) و دو نوع پسماند گیاهی (کاه و کلش گندم و یونجه) و سه سطح شوری (۲، ۴، ۸ دسی زمینس بر متر) و در سه تکرار در گلخانه انجام شد. کریب، نیتروژن و فسفر توده زنده میکروبی به روش تدخین با کلروفورم اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که افزودن مقدار ۵۰ تن در هکتار بقایای یونجه، مقادیر نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس را نسبت به بقایای گندم به مقدار قابل توجهی در خاک افزایش داد و اثر معنی‌دار بر شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک و میزان کلروفیل در سطوح مختلف شوری داشته است. همچنین افزودن بقایای گیاهی به طور معنی‌دار سبب افزایش فعالیت میکروبی خاک گردید. خاک‌های حاوی بقایای یونجه حداکثر فعالیت میکروبی را داشتند و پس از آن بیشترین اثر در خاک تیمار شده با بقایای گندم دیده شد. توده زنده میکروبی نیز روند مشابه با فعالیت میکروبی داشت. بطور خلاصه، نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش هر گونه پسماند گیاهی سبب تحریک شدید فعالیت میکروبی و بهبود توده زنده میکروبی و افزایش قابلیت دسترسی غذایی می‌گردد و شدت فعالیت میکروبی بستگی به نوع و کیفیت سوپسترا (پسماندهای گیاهی) دارد. از این رو، مصرف مستمر بقایای گیاهی در خاک‌های فقیر از مواد آلی نه تنها سبب افزایش فعالیت میکروبی آن می‌گردد، بلکه یکی از راه‌های بازیافت و باز مصرف صحیح اینگونه مواد در اکوسیستم‌های کشاورزی می‌باشد.

واژگان کلیدی: پسماند گیاهی گندم و یونجه، شوری، مواد آلی، فسفر قابل دسترس، فعالیت

میکروبی

مقدمه

حفظ گردد. متأسفانه سطح مواد آلی خاک‌های زراعی کشور عمدتاً کمتر از یک درصد است که این ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر است (۴). با وجود مطالعات درباره مواد آلی و نقش آن در باروری خاک و کشاورزی پایدار، امروزه مزارع خشک و نیمه خشک با مشکل کمبود مواد آلی مواجه هستند. آنچه ضروری بنظر می‌رسد ارائه راهکارهای

پایداری کشاورزی از جنبه‌های زیست محیطی و همچنین در رابطه با منابع و جمعیت دنیا از اهمیت خاص برخوردار است. مدیریت بقایای گیاهی و برگرداندن آنها به زمینهای زراعی از عوامل ضروری مدیریت حاصل خیزی برای کشاورزی پایدار می‌باشد (۱). ماده آلی کلید حاصلخیزی و باروری خاک است. برای حفظ سطح حاصلخیزی و قدرت تولید یک خاک، میزان ماده آلی آن باید در سطح مناسبی

مریم علیزاده^۱، مصطفی جرم^۲، نعیمه عنایتی ضمیر^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز
malizade70@yahoo.com

۲. دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳. استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

کاربرد برای افزایش بهره‌وری از مزارع بوده و یکی از ضروریات آن افزایش مواد آلی خاک است (۳).

مدیریت خاک به ویژه مدیریت پسماند گیاهی مانند بقایای کاه و کلش با تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر کیفیت و کمیت پسماند موجود در خاک رخ می‌تواند وضعیت ریزجانداران خاک و به دنبال آن فعالیت‌های میکروبی را تغییر دهد (۲۴). ریز جانداران خاک یکی از اجزای اصلی در فرآیندهای بیولوژیک خاک و چرخه عناصر غذایی می‌باشند در محیط خاک مهمترین عامل محدود کننده فعالیت میکروبی قابلیت دسترسی به سوسترهای کربنه قابل مصرف است که با ورود سوسترهای سهل الوصول به خاک مانند بقایای گیاهی جمعیت میکروبی، بدنیا آید آن بیوماس میکروبی و برخی فعالیت‌های آنزیم خاک مانند اوره آر و فسفاتاز قلیایی و D-گلوکسیداز افزایش می‌یابد (۳۱).

مهمترین پیامد افزایش بقایای گیاهی تشدید فعالیت میکروبی‌های مفید خاک می‌باشد که این خود تصعید گاز کربنیک و آزاد شدن نیترات، فسفر و دیگر ترکیبات غذایی را باعث می‌شود افزودن بقایای گیاهی غنی از نیتروژن (مانند لگومها) باعث افزایش ذخایر نیتروژن آلی خاک و افزایش سرعت معدنی شدن نیتروژن شده و نیاز گیاه را به افزودن کودهای شیمیایی نیتروژن دار کاملاً برطرف می‌سازد لیکن از سوی دیگر، افزودن بقایای گیاهی فقیر از نیتروژن (مانند بقایای غلات) باعث انتقال نیتروژن از فاز معدنی به بیومس میکروبی خاک شده و امکان آبتوی آن را کاهش می‌دهد لیانگ (۲۰۰۳) نشان دادند که قرار دادن پسماند گیاهی در اطراف ریزوسفر یا خارج از ریزوسفر سرعت تنفس را در ریزوسفر و نوده خاک افزایش و جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزایش داده و تأثیر قابل توجهی در فعالیت میکروبی و فعالیت آنزیمی و وزن خشک اندام هوایی گیاه جو داشته است (۱۷). بخش قابل توجهی از اکوسیستم های طبیعی و زراعی دنیا تحت تنش شوری قرار دارد در ایران معادل ۲۵ درصد مساحت زمین‌های کشور شور است (۹). امروزه به علت استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی و بکارگیری تکنولوژی‌های نامناسب در تولید محصولات کشاورزی به ویژه در رابطه با آب آبیاری بخش قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی در مناطق خشک با پدیده شوری مواجه هستند (۴). این خاک‌ها تقریباً ۱۰ درصد از خاک‌های جهان را تشکیل می‌دهند و به‌طور گسترده در مناطق خشک و نیمه خشک دیده می‌شوند (۲۲). معمولاً گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند با مشکلاتی از قبیل جذب آب از خاکی که پتانسیل اسمزی بسیار پایین دارد و با

غلظت بالای یون های سمی مواجه می‌شوند. بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی، آنان را دچار مشکل می‌سازد. مکانیسم‌های بازدارنده رشد شامل اختلال در نگهداری آب که ناشی از پتانسیل اسمزی بالا محیط بیرون و اثر مخرب در تبادل گاز و سنتز پروتئین می‌باشد اثر مخرب شوری بر روی گیاه به حد تحمل گیاه هم سنگی دارد (۲۵). تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد پسماند گیاهی می‌تواند بر حفظ قابلیت جذب فسفر خاک اثر قابل توجهی داشته باشد علیرغم وجود مقدار زیاد این عنصر در مواد مادری خاک. تنها بخش کوچکی از آن قابل استفاده گیاهان می‌باشد. لذا مقدار فسفر قابل جذب تکافوی نیازهای گیاه را نمی‌کند. بنابراین زیر خاک کردن کود آلی باعث بهبود بهره‌وری محصولات از فسفر می‌گردد. رائدمنان استفاده گیاهان از فسفر اضافه شده به خاک در خاک‌های آهکی پایین می‌باشد و پس از مصرف کود در سال ۵ تا ۲۰ درصد آن توسط محصول برداشت شده و مابقی با اجزای خاک ترکیب شده و تثبیت می‌گردد. در این خاک‌ها تولید دی اکسید کربن نقش مهمی در افزایش قابلیت جذب فسفر دارد. اسیدهای آلی مانع از رسوب فسفر به صورت هیدروکسی آپاتیت می‌شوند. همچنین نقش اسیدهای آلی در جلوگیری از رسوب اکتا کلسیم فسفات و دی کلسیم گزارش شده است (۱۳). شوری همچنین اثر مهمی بر روی خصوصیات بیولوژیک و بیوشیمیایی خاک دارد غلظت بالای نمکها در خاک تولید محصولات زراعی را محدود کرده و تأثیر مهمی در مقدار مواد آلی خاک دارد. شوری به طور منفی مقدار (اندازه) بیوماس میکروبی و فرآیندهای بیوشیمیایی ضروری برای حفظ ماده آلی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۳).

مارین (۲۰۰۴) نشان داد که کاربرد کود آلی در خاک شور سرعت آبشویی سدیم را افزایش و درصد سدیم قابل تبادل و هدایت هیدرولیکی را کاهش و ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری و پایداری خاکدانه را افزایش می‌دهد علاوه بر این کاربرد مواد آلی بیوماس میکروبی و برخی فعالیت‌های آنزیم خاک مانند اوره آر و فسفاتاز قلیایی و D-گلوکسیداز را افزایش می‌دهد (۱۹).

هر چند استفاده از کودهای معدنی ظاهراً سریعترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود، لیکن هزینه‌های زیاد مصرف کود، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاکه تکران کننده است. بنابراین، استفاده کامل از منابع گیاهی غذایی قابل تجدید موجود مانند پسماندهای گیاهی به همراه کاربرد بهینه از مواد معدنی، نقش مهمی در جهت حفظ باوروری، ساختمان و فعالیت حیاتی خاک ایفا می‌کند.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش یک نمونه خاک از مزرعه کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با E_{CE} حدود ۲/۴ دسی زیمنس بر متر نمونه برداری شد و بعد از هوا خشک شدن و کوبیدن با الک ۲ میلی متری الک گردید و یک نمونه از آن برای انجام آزمایشات خاک به آزمایشگاه منتقل شد برای ایجاد سطوح شوری مورد نظر برای این تحقیق از روش شور کردن خاک با استفاده از زهاب طبیعی مزرعه کشاورزی استفاده گردید که زهاب مورد نظر از زهکش‌های مزرعه کشاورزی داخل دانشگاه شهید چمران اهواز جمع‌آوری شد. بعد از آنالیز اولیه زهاب و تعیین مقدار سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کربنات، کلر و سولفات زهاب رقیق‌سازی گردید. بقایای گیاهی مورد نظر در این آزمایش شامل کاه و کلش گندم و یونجه بود که برای تجزیه بهتر و افزایش راندمان بقایا و بهبود خصوصیات خاک، بقایا را خرد و در دو سطح صفر و ۵۰ تن در هکتار به خاک اضافه شد. خاک را با بقایای گیاهی کاملاً مخلوط و داخل گلدان‌های ۳ کیلویی اضافه شد. پس از آماده سازی خاک با داشتن ۳ سطح شوری، ۲ نوع کود آلی (بقایای گیاهی شامل کاه و کلش گندم و یونجه) و دو سطح ماده آلی صفر و ۵۰ تن در هکتار و در نتیجه ۱۲ تیمار و برای هر تیمار ۳ تکرار مجموعاً در ۳۶ گلدان مخلوط خاک اضافه شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح ماده آلی (۵۰ تن در هکتار) و دو نوع کود آلی (کاه و کلش گندم و بقایای یونجه) و سه سطح شوری (۲، ۴، ۸) و در سه تکرار انجام شد.

بافت خاک بر پایه قانون استوکس به روش هیدرومتر (۱۱)، pH خاک در گل اشباع و هدایت الکتریکی در عصاره اشباع تعیین شد (۱۴). کربنات کلسیم معادل خاک‌ها با استفاده از روش خشی سازی با اسید و نیتراسیون برگشتی با سود در حضور معرف فنل فتالین (۱۰) کربن آلی خاک‌ها به روش اکسیداسیون تر در مجاورت بیکرومات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ انجام شد (۳۹). نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال (۸) فسفر با استفاده از روش السن (۲۱) ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها (CEC) با استفاده از روش اشباع با استات سدیم، تست‌توی املاح اضافه با الکل و جایگزینی توسط استات آمونیوم (۱۴) تعیین گردید. میزان کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل متر دستی و با واحد Spad اندازه گیری شد. اندازه گیری ارتفاع بوته توسط خط کش از سطح خاک تا راس پوشش تا انتهای سنبله انجام شد.

کربن بیوماس به وسیله روش تدخین-استخراج اندازه گیری شد به این صورت که دو نمونه ۲۰ گرمی از خاک مرطوب هر یک گلدانها توزین و درون شیشه ساعت قرار گرفت. نمونه‌ها در داخل دو دسیکاتور جدا قرار داده شد. داخل یکی از دسیکاتورها یک ظرف دارای کلروفرم (حدود ۴۰ سی سی) قرار داشت و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت با کلروفرم گاز دهی شدند و نمونه‌های درون دسیکاتور دیگر در دمای معمولی آزمایشگاه نگهداری شدند. سپس خاک گازدهی شده را با سولفات پتاسیم (۰/۵ مولار) با نسبت (۱:۵) مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده و صاف شد. این روش هم برای نمونه‌های شاهد و هم برای نمونه‌های بدون تدخین نیز انجام شد. ۵ میلی لیتر از محلول بدست آمده را با ۱۰ میلی لیتر محلول دی کرومات پتاسیم (۰/۵ مولار) و ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ حاوی نیترات نقره مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه زیر هود قرار داده شد. سپس ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر و ۰/۳ میلی لیتر محلول شناساگر دیفنیل آمین اضافه و با قزو آمونیوم سولفات (۰/۱ مولار) تیترا شد (۷).

اندازه گیری نیتروژن بیوماس به وسیله روش تدخین-استخراج انجام گردید. نمونه‌های خاک پس از تدخین با کلروفرم با محلول سولفات پتاسیم عصاره گیری شد و نیتروژن کل در عصاره‌ها تعیین و نیتروژن بیوماس محاسبه شد (۷). دو نمونه ۲۰ گرمی از خاک هر کدام از گلدانها را با کلروفرم و بدون کلروفرم به مدت ۲۴ ساعت داخل دسیکاتور قرار داده شد. خاک تدخین شده یک قسمت را با محلول سولفات پتاسیم چهار قسمت مخلوط کرده و به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده و صاف شد. همین روش برای خاک شاهد و بدون تدخین نیز انجام شد. بلافاصله مقلر نیتروژن کل در عصاره به روش کجلدال اندازه گیری شد.

فسفر بیوماس از طریق تفاوت فسفر معدنی قابل استخراج از خاک تدخین شده و خاک تدخین نشده تعیین می‌شود (بروکس و همکاران ۱۹۸۲). دو نمونه ۵ گرمی از خاک هر کدام از گلدانها را با کلروفرم و بدون کلروفرم به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه داخل دسیکاتور قرار داده شد. سپس نمونه‌ها و شاهد را با ۱۰۰ میلی لیتر محلول بی کربنات سدیم (۵ N/۵ pH، ۰/۵ مولار) به مدت ۳۰ دقیقه روی شیکر تکان داده و صاف شد. ۲ میلی لیتر از محلول صاف شده داخل بالن ۵۰ ریخته و ۴ میلی لیتر مخلوط مولیبدات آمونیوم و اسید آسکوربیک اضافه شد و به حجم ۵۰ رساندیم و نیم ساعت بعد با دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۸۸۲ نانومتر قرائت شد (۷).

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۱-۳) و برخی خصوصیات شیمیایی بقایای گیاهی (جدول ۳-۳) نشان داده شده است.

۱. تأثیر تیمارهای آزمایش بر روی صفات رویش گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳-۳) نشان داد که بین شوری و سطح برگ، مقدار کلروفیل، وزن خشک و ارتفاع گیاه رابطه معنی‌دار وجود دارد. در بین تیمارها بیشترین تفاوت مربوط به تیمار یونجه بود. اثر بین تیمار و سطوح شوری نیز بسیار معنی‌دار بود (جدول ۳-۳). با افزایش شوری قدرت پنجه‌زنی و وزن تر ساقه کاهش معنی‌داری را نشان داد که این کاهش در تیمار یونجه نسبت به تیمار گاه اندک بود.

جدول (۱-۳) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

پارامتر	واحد	میانگین
بافت خاک	-	لومی رسی
ظرفیت تبادل کاتیونی	میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک خشک	۶/۹۲
هدایت الکتریکی	دسی زیمنس بر متر	۲/۴
PH	-	۸/۳۴
نیترژن کل	درصد	۰/۰۵۴۹
فسفر	میلی گرم بر کیلو گرم	۵/۴۱
ماده آلی	درصد	۱/۷۵

جدول (۲-۳) خصوصیات شیمیایی بقایای گیاهی

تیمار	درصد ازت	درصد فسفر	درصد کربن آلی	C/N	EC (۱:۸)	pH (۱:۸)
یونجه	۲/۹۴	۰/۱۴۴	۳۷/۱	۱۲/۴۴	۱۱/۷۹	۵/۳۸
گله	۱/۸۴	۰/۰۴۳	۴۰/۱	۲۱/۷۹	۹/۲۸	۵/۷۵

رحیمی و همکاران گزارش کردند که با افزایش شوری وزن خشک ساقه و ریشه در گندم کاهش یافت (۲) میر محمدی میبیدی و قره‌یاضی نیز کاهش طول ساقه در شرایط شوری را گزارش کرده‌اند که باعث کاهش وزن ساقه و در نهایت کاهش ماده خشک می‌شود. کاهش طول ساقه گیاهان به خوبی بیانگر تأثیر منفی تنش شوری است (۵). بانگ و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که افزایش مقدار بقایای اضافه

شده به خاک، کاهش سطح برگ چشمگیر بوده و بقایای ریشه، ساقه، برگ و کل اندام‌های گندم، کاهش سطح برگ تاج خروسی را به همراه داشت (۳۳). آل طاهر و همکاران (۱۹۹۷) در بررسی اثر شوری آب آبیاری دریافتند که سطح برگ به طور معنی‌داری با افزایش شوری آب آبیاری کاهش یافت در مجموع شوری قبل از وزن خشک گیاه، میزان کلروفیل، توسعه سبیلچه‌ها، تعداد دانه در سبیلچه‌ها و پنجه‌های بارور را کاهش داد (۶).

۲. تأثیر تیمارهای آزمایش بر روی کربن، نیترژن و فسفر توده زنده میکروبی خاک

نتایج حاصل از بررسی میزان کربن و نیترژن و فسفر بیوماس در جدول (۳-۳) نشان می‌دهد که اثر افزودن بقایای گیاهی بر روی کربن بیوماس میکروبی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف شاهد، تیمارهای یونجه، گاه و اختلاف بین سه سطح شوری در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. تیمار یونجه بیشترین مقدار را در بین سطوح کودی دارا بود و این مقدار با سطح ۵۰ تن در هکتار گاه تفاوت معنی‌دار نشان داد. مقایسه میانگین‌های حاصل از آزمون دانکن نشان داد که میزان کربن بیوماس تیمار یونجه در سطح سه شوری ۱/۳۵۲۷ و در سطح دو ۱/۴۸۴ و در سطح یک شوری برابر با ۲/۴۵ میکروگرم در هر صد گرم می‌باشد. مقایسه سطوح شوری نشان داد که سطح یک شوری بالاترین میزان کربن توده زنده میکروبی را دارا است. افزایش بقایای گیاهی گاه و یونجه به عنوان کود آلی به خاک شوری اثر معنی‌داری بر روی نیترژن توده زنده میکروبی داشت. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳-۳) نشان داد که اختلاف شاهد در برابر تیمارها، تفاوت بین سطوح شوری و اثرات متقابل بین سطوح کود و شوری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار نیترژن بیوماس در بین سطوح شوری به تیمار یونجه اختصاص داشت. توجه به سطح شوری و کود نشان داد که تیمار یونجه با شوری سطح یک بیشترین مقدار نیترژن بیوماس داشت.

جدول (۳-۳): تجزیه واریانس داده‌ها مربوط به اثر تیمار و شوری بر صفت گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	کلروفیل	سطح برگ	طول ساقه
Ec	۲	۳۶۰۳۸	۷/۴۴۹	۱۵۱/۱۱۵	۳۶۴/۳۱۷
کاه	۱	۳۲۸/۸۲۴	۵۱/۳۶۵	۳۹۵/۹۹۹	۲۱/۶۹۴
یونجه	۱	۵۴۰/۲۹۵	۵-۳/۱۸۶	۱/۳۸۱	۳۴۷/۱۱۲
Ec × کاه	۲	۳۰/۱۹۹	۴/۷۹۷	۸۲/۹۳۸	۶/۰۰۹
Ec × یونجه	۲	۲۵/۱۹۹	۰/۱۷۵	۳۵/۹۶۳	۲۰/۸۰۵
کاه × یونجه	۱	۱۴۴/۸۱۱	۱۵/۵۳۹	۴۲/۱۸۱	۴۰/۶۷۳
Ec × یونجه × کاه	۲	۱۳/۹۳۳	۰/۹۳۰	۴۲/۳۷	۲۶/۷۸۲
خطا	۲۴				

در سطح ۱٪ معنی‌داری می‌باشد.
 - در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد.

سطح شاهد و تیمار کاه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و تیمار یونجه با مقدار ۲۷/۶ میلی گرم در کیلو گرم بیشترین مقدار فسفر را در خاک دارا بود. در شوری سطح ۳ نیز همین روند را مشاهده شد ولی میزان فسفر نسبت به شوری سطح دو در تیمار یونجه به میزان ۲۲/۱۶ میلی گرم در کیلو گرم خاک کاهش یافت. ظرفیت جذب فسفر خاک با تجزیه میکروبی بقایا در خاک تغییر می‌کند که مقدار این تغییر به نوع بقایا و مقدار آن بستگی دارد. شاریلی (۱۹۹۳) در بیشتر گزارشات بیان کرد که شوری منجر به کاهش غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی شده است. از جمله دلایلی که برای کاهش جذب فسفر با افزایش شوری وجود دارد کاهش فعالیت فسفر محلول به دلیل افزایش قدرت یونی محلول و نیز کاهش غلظت فسفر با افزایش شوری به دلیل آنکه غلظت فسفر در محلول خاک تحت کنترل کانی‌های کلسیم فسفر می‌باشد (۱۲). بطور کلی وقتی خاک شور شود، میزان مهیا بودن فسفر در محلول خاک کاهش می‌یابد و طی آن غلظت فسفر در بافت گیاهان تحت این شرایط کاهش خواهد یافت. شوری همچنین موجب کاهش جذب فسفر و پتاسیم به وسیله ریشه و اندام‌های هوایی می‌شود (۱۵). کاربرد یونجه تأثیر معنی‌داری بر میزان ازت خاک داشته است (جدول ۳-۳). اثر کاه، یونجه و اثر متقابل بین یونجه و شوری در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل بین تیمار کاه و یونجه در سطح ۵ معنی‌دار شد ولی اثر متقابل بین کاه و شوری معنی‌دار نشد. در بررسی روند کلی میانگین‌ها اثر تیمار و افزایش سطح شوری باعث کاهش میزان نیتروژن خاک شده است. این مسئله با توجه

کمترین مقدار نیتروژن بیوماس پس از تیمار شاهد مربوط به تیمار کاه+یونجه با مقدار ۱۰۰۱۱ میکروگرم در هر گرم خاک مربوط به سطح شوری سه بود. با بررسی میانگین‌ها، اثرات متقابل تیمار و سطح شوری نتایج حاکی از این است که از تیمار شاهد و دو تیمار دیگر با افزایش شوری نیتروژن بیوماس کاهش داشت. تیمار یونجه به طور معنی‌داری مقدار فسفر زیست‌توده میکروبی افزایش داد (جدول ۳-۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف شاهد با تیمار کاه در هر سه سطوح شوری در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. تفاوت بین سطح شوری دو میزان فسفر بیوماس نیز معنی‌دار بوده است. در سطح یک شوری بیشترین مقدار مربوط به تیمار یونجه با مقدار ۲۲ میکروگرم و کمترین مربوط به تیمار کاه با مقدار ۹/۹ میکروگرم را شامل شد. در سطح دو شوری نیز بیشترین مقدار مربوط به تیمار یونجه با ۴۵ میکروگرم و تیمار کاه با ۵/۲ کمترین مقدار را دارا بود. در سطح سه شوری نیز همین روند مشاهده شد. در بین سه سطح بیشترین مقدار فسفر بیوماس مربوط به تیمار یونجه با سطح یک شوری و کمترین مقدار مربوط به تیمار کاه با سطح شوری سه بود.

۴. اثر تیمارهای آزمایش بر روی فسفر و نیتروژن خاک
 افزایش یونجه باعث افزایش معنی‌دار فسفر خاک در سطوح مختلف شوری است (جدول ۳-۳). میانگین مقدار فسفر در شاهد سطح یک شوری ۶/۰۶ میلی گرم در کیلو گرم خاک بوده و در تیمار کاه ۵/۸ و در یونجه ۲۶/۴ و در تیمار کاه+یونجه برابر با ۱۱/۷۵ میلی گرم در کیلو گرم خاک است. در شوری سطح دو میزان بین

به معنی دار اثر تیمار و شوری در تیمار یونجه قابل توجه است. در شاهد سطح یک شوری (EC=2) میزان ازت ۰/۰۶۳۷ کمترین میزان و در تیمار یونجه یا ۰/۰۹۳۸ بیشترین میزان درصد ازت را داشت و بین تیمار گاه و شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت. در سطح دو شوری (EC=4) تیمار یونجه یا ۰/۰۹۳۴ و تیمار شاهد یا ۰/۰۶۳۰ و تیمار گاه یا ۰/۰۶۲۶ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند

جدول (۲-۳) تجزیه واریانس داده‌ها مربوط به اثر تیمار و شوری بر مقدار کربن و نیتروژن و فسفر توده زنده میکروبی خاک و فسفر و نیتروژن خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	کربن بیوماس	نیتروژن بیوماس	فسفر بیوماس	فسفر خاک	نیتروژن خاک
EC	۲	۲۱۷۵۸ ^{***}	۸۶۲/۴۰۱ ^{***}	۱۲۵/۵۱۶ ^{***}	۶/۶۸۰ ^{***}	۰/۹۶۹
گاه	۱	۶۴۴/۹۲۸ ^{***}	۲ ^{***} E ۳/۲۷۴	۴ ^{***} E ۳/۳۵۷	۲۷۱/۸۲۸ ^{***}	۷۲/۱۷۶ ^{***}
یونجه	۱	۷/۲۷۸ ^{***}	۲ ^{***} E ۴/۴۷۰	۴ ^{***} E ۲/۱۵۰	۱/۹۶۵ ^{***}	۶۴۵/۹۳۷ ^{***}
EC × گاه	۲	۱/۰۲۹ ^{***}	۶۵۰/۳۷۵ ^{***}	۲ ^{***} E ۱/۰۶۴	۱۷/۲۱۱ ^{***}	۲/۰۸۷
EC × یونجه	۲	۵/۲۴۱ ^{***}	۲ ^{***} E ۱/۳۱۰	۳ ^{***} E ۲/۹۲۱	۸/۶۲۶ ^{***}	۷/۱۸۶ ^{***}
گاه × یونجه	۱	۸/۶۳۹ ^{***}	۴ ^{***} E ۱/۳۳۳	۱۵۸/۶۲۵ ^{***}	۲۵۸/۱۳۰ ^{***}	۶۷/۷۸۴ ^{***}
EC × یونجه × گاه	۲	۲/۶۵۹ ^{***}	۲۶۸/۳۱۲ ^{***}	۲۱۲/۵۴ ^{***}	۱۷/۱۷۱ ^{***}	۱/۹۸۰
خطا	۲۴					

*** در سطح ۱٪ معناداری می‌باشد

** در سطح ۵٪ معنادار می‌باشد

نتیجه‌گیری

این نتایج نشان داد که مقدار متوسط کربن، نیتروژن و فسفر بیوماس میکروبی با افزایش شوری به طور منفی تحت تأثیر قرار گرفت. همچنین مقدار فسفر اضافه شده به خاک شدیداً تحت تأثیر مقدار فسفر بیوماس و نسبت کربن به فسفر بیوماس می‌باشد. نسبت کربن به فسفر بیوماس با کاهش قابلیت دسترسی فسفر افزایش یافت. افزودن مقدار ۵۰ تن در هکتار بقایای یونجه، مقادیر نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس را نسبت به بقایای گندم به مقدار قابل توجهی در خاک افزایش داد و اثر معنی دار بر شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک و میزان کلروفیل در سطوح مختلف شوری داشته است. همچنین افزودن بقایای گیاهی به طور معنی دار سبب افزایش فعالیت میکروبی خاک گردید. خاکهای حاوی بقایای یونجه حداکثر فعالیت میکروبی را داشتند و پس از آن بیشترین اثر در خاک تیمار شده با بقایای گندم دیده شد. توده زنده میکروبی نیز روند مشابه با فعالیت میکروبی داشت. این پژوهش بار دیگر ضرورت برگرداندن پسماندهای گیاهی مانند یونجه و گندم را به اراضی زیر کشت این محصول به منظور بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش عملکرد زراعی مورد تأکید قرار می‌دهد.

در سطح شوری سه (EC=3) میزان ازت در شاهد ۰/۰۵۲۸ و در تیمار گاه ۰/۰۵۸۲ و در تیمار یونجه ۰/۰۹۲۱ است. بین تیمار شاهد و تیمار گاه اختلاف معنی دار وجود نداشت. مدیریت بقایای گیاهی گندم تأثیر معنی داری بر محتوی نیتروژن خاک گذاشت به طوری که در اثر برگرداندن بقایای گندم به خاک میزان نیتروژن خاک کاهش معنی داری نسبت به شاهد داشت. شاید کاهش میزان نیتروژن خاک این است که میکروارگانیسم های خاک جهت ادامه فعالیت علاوه بر کربن به نیتروژن نیز نیاز دارند که این نیتروژن از خاک تأمین می‌شود و با افزایش کربن آلی خاک به دلیل اضافه شدن حجم زیادی از بقایای گیاهی به خاک و تشدید فعالیت میکروارگانیسم ها، نیاز آنها به نیتروژن افزایش یافته و میزان زیادی از نیتروژن خاک توسط آنها جذب می‌گردد. در زراعت گیاهان به خصوص زراعت دیم که میزان مصرف کود نیتروژنه کم است این فرآیند موجب رقابت میکروارگانیسم‌ها با گیاهان زراعی جهت نیتروژن خاک می‌گردد. برای جذب نیتروژن قابل استفاده موجود در خاک با گیاهان آلی رقابت نموده و موجب بروز مشکلاتی می‌گردند. جهت رفع این مشکل توصیه می‌گردد بقایای گیاهی گندم سوزانده شده و یا اینکه به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم گاه برگشتی به خاک، به میزان ۰/۱۹ درصد اوره اضافه گردد (۳)

15. Ilahi, I., Hossain, F. and Khan, M., 1994. The effect of Salinity and macronutrient level on Wheat. I. Composition. *Journal of plant Nutrition*, 20 (9): 1169-1182

16. Inskeep, W. P. and J. C. Silvertooth. 1998. Inhibition of hydroxyl apatite precipitation in the presence of fulvic, humic and tannic acids. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 52:941-946.

17. Liang, Y., Nikolic, M., Peng, Y., Chen, W., Jiang, Y., 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology & Biochemistry* 37, 1185-1195

18. Liang, Y.C., Yang, Y.F., Yang, C.G., Shen, Q.Q., Zhou, J.M., Yang, L.Z., 2003. Soil enzymatic activity and growth of rice and barley as influenced by organic matter in an anthropogenic soil. *Geoderma* 115, 149-160

19. Marín, J.A., 2004. *Biorremediación, mediante técnicas biológicas, de hidrocarburos contenidos en lodos de refinería. Experiencias en Clima Semiarido*. PhD Thesis, Murcia University.

20. *Mineralogical Methods*, 2nd ed. *Agronomy* 9(1). A.S.A., Inc., S.S.S.A. Inc., Madison Publisher, Wisconsin, USA.

21. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Department of Agriculture Cris. 939. USA

22. Pathak, H. and Rao, D. L. N. 1998. Carbon and nitrogen mineralization from added organic matter in saline and alkali soils. *Soil Biology and Biochemistry* 30(6):695-702.

23. Rietz, D.N., Haynes, R.J., 2003. Effects of irrigation induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 845-854.

24. Roldan, A., Salinas, G.J.R., Alguacil, M.M., Diaz, E., and Caravaca, F. 2005b. Soil enzyme activities suggest advantages of conservation tillage practices in sorghum cultivation under subtropical conditions. *Geoderma* 129: 178- 185

25. Romero-Aranda, R., Soria, T., Cuartero, J., 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science* 160, 265-272.

26. Ross, D.J., Speir, T.W., Tate, K.R., and Feitham, C.W. 1997. Burning in New Zealand snow-tussock grassland: effects on soil microbial biomass and nitrogen and phosphorous availability. *New Zealand Journal of Ecology*

27. Sharply, A. N and S. J. Smith. 1985. Fractionation of inorganic and organic phosphorous in virgin and fertilized soils. *Soil Sci. Amer. J.* 49:127-130.

28. Tripathi, S., S. Kumari, A. Chakraborty, A. Gupta, K. Chakraborty and B. K. Bandyopadhyay. 2006. Microbial biomass and its activities in salt-affected coastal soils. *Biol. Fert. Soils* 42:273-277

منابع

۱. اردلان، م و ثوابقی، غ. ۱۳۸۱. مدیریت حاصل خیزی خاک برای کشاورزی پایدار. انتشارات تهران. شماره ۲۵۵۱.

۲. رجیبی، ر. ۱۳۸۰. واکنش ارقام مختلف گندم از نظر جوانه زنی و رشد رویشی نسبت به تنش شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد. تهران.

۳. مسکریباشی، م.، ع. بخش‌ننده، م. نبی پور، و ع. کلشانی. ۱۳۸۵. اثرات بقایای گیاهی و سطوح کود شیمیایی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دورقم گندم در اهواز، مجله علمی کشاورزی، جلد ۲۹، شماره ۱، ۵۳-۶۳.

۴. ملکوتی، م.، ج. وهمایی، م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها) انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

۵. میرمحمدی میبدی، س.ع.م. و قوره یاضی، ب. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۴۷ صفحه.

6. Al Tahir, O. A. 1997. Effects of water quality and frequency of irrigation growth and yield of barley. *Agron. J.* 48: 74-75 and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

7. Anderson, TH. And KH. Domsch. 1993. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25:393-395

8. Bremner, J.M. 1970. Nitrogen total, regular kjeldahl method, In: *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed. *Agronomy* 9(1). A.S.A. Inc., S.S.S.A. Inc., Madison publisher, Wisconsin, USA, pp. 610-616.

9. Choukr, A.R. 1996. The potential halophytes in the development and rehabilitation of arid and semiarid zones Halophytes and Biosalin. *Agriculture*. P: 3-13.

10. FAO. 1990. Management of gypsiferous soils. *Soil bulletin*. No. 62, Food and Agriculture Organization. Rome, Italy.

11. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, In: *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and*

12. Grattan, S.R. & C.M. Grieve. 1993. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessarakli, M. (ed.). *Handbook of plant and cold stress*. Pp 203-226

13. Grossl, P. R. and Inskeep, W.P. 1991. Precipitation of dicalcium phosphate dehydrate in the presence of organic acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:670-675.

14. Hesse, P. R. 1971; *A text book of soil chemical analysis*. John Murray. London

29. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtareff method for determining soil organic matter,
30. Wright, A.L., Hons, F.M., and Matocha, J.E. 2005. Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. *Applied Soil Ecology* 29: 85–92.
31. Wright, A.L., Hons, F.M., and Matocha, J.E. 2005. Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. *Applied Soil Ecology* 29: 85–92.
32. Yuan, L., Huang, J., Yu, S., 1997. Responses of nitrogen and related enzyme activities to fertilization in rhizosphere of wheat. *Pedosphere*, 7, 141–148

تعیین پارامترهای رئولوژیک کود کمپوست برای تولید پلت کمپوست توسط اکسترودر تک پیچ

چکیده

عدم توجه به ایجاد روش‌های مناسب برای دفع مناسب زباله‌ها می‌تواند خطری برای بهداشت جوامع و طبیعت محسوب شود. به منظور استفاده بهتر از زباله، کارهای مختلفی چون سوزاندن، دفن کردن، بازیافت و تبدیل به مواد قابل استفاده مانند کمپوست را می‌توان بر روی آن انجام داد. یکی از مشکلات کود کمپوست جرم مخصوص کم آن می‌باشد که حمل و نقل، جابه‌جایی و ذخیره و کاربرد این مواد را در مزارع و باغ‌ها مشکل ساخته و افزایش هزینه‌ها را در پی دارد. یکی از بهترین روش‌ها برای حل این مشکل استفاده از فن آوری شکل‌دهی و متر اکم‌سازی کود کمپوست توسط اکسترودر مارپیچ می‌باشد. آگاهی از خواص رئولوژیک کود کمپوست جهت طراحی اکسترودر ضروری می‌باشد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف تعیین خواص رئولوژیک کود کمپوست حاصل از زباله‌ی شهری انجام گرفت. مقادیر چهار پارامتر رئولوژیک $\sigma_{0.2}$ ، β و برای کود خمیری با محتوای رطوبتی ۴۵٪ به ترتیب 0.009 ، 0.009 MPa و $3/1$ و 0.009 MPa \cdot s $^{1/1}$ به دست آمدند. هم چنین بعد از محاسبه‌ی این چهار پارامتر، تعداد سوراخ قالب اکسترودر جهت تولید پلت کمپوست ۱۰ عدد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کود کمپوست، پارامترهای رئولوژیک، پلت، اکسترودر تک پیچ، هزینه

مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسائلی که در جوامع مختلف بشری مد نظر کارشناسان قرار گرفته و روز به روز به صورت حادثه‌ی بزرگ می‌گردد، مسئله جمع‌آوری، نگهداری و پردازش زباله‌های شهری است که با افزایش روز افزون جمعیت، اهمیت آن بیشتر می‌شود. عدم توجه به روش‌های مناسب برای دفع مناسب این زباله‌ها می‌تواند خطری برای بهداشت جوامع و طبیعت محسوب شود [۱].

میزان تولید پسماند در ایران با محاسبه‌ی حدود ۷۰۰ تا ۸۰۰ گرم سرتانه‌ی پسماند، روزانه بالغ بر ۵۰ هزار تن بوده و در مقایسه با سایر کشورهای جهان با ۲۹۲ کیلوگرم پسماند هر نفر در سال، در حد متعادلی قرار گرفته است [۲]. به منظور استفاده بهتر از زباله، کارهای مختلفی چون سوزاندن، دفن کردن، بازیافت و تبدیل به مواد قابل استفاده مانند کمپوست را می‌توان بر روی آن انجام داد. در مرحله پردازش، تبدیل مواد آلی زباله‌های شهری به کمپوست از اهمیت زیادی برخوردار است، چون که می‌توان از ماده‌ای به ظاهر بی‌ارزش همانند زباله آلی، ماده‌ای با ارزش همانند کمپوست را به دست آورد که کاربرد گسترده‌ای به خصوص در کشاورزی و باغداری دارد. کمپوست تثبیت شده استفاده گسترده‌ای به عنوان اصلاح‌گر و

نبی اله کشوری سارانی، محمدحسین کیانمهر، اکبر عرب محمدحسینی آ و سیدرضا حسن بیگی، هومن امیری^۲

۱. مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد برومند
nibikeshvar@gmail.com

۲. دانشجویان دانشگاه تهران، ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران
kianmehri@ut.ac.ir

بهبود دهنده ساختمان خاک، تهیه کننده نیتروژن مورد نیاز گیاهان و تسهیل رشد مجدد آنها در خاک‌های مغشوش یا فرسوده را دارد. علی‌رغم موارد مذکور، چندین عامل کاربرد مناسب کود کمپوست را محدود نموده است. اولین مشکل جرم مخصوص کم این مواد می‌باشد که حمل و نقل، جابه‌جایی و ذخیره و کاربرد این مواد را در مزارع و باغ‌ها مشکل ساخته و افزایش هزینه‌ها را در پی دارد. مشکل دوم این است که کیفیت مواد مغذی موجود در آن ثابت نبوده و با توجه به شرایط، متفاوت می‌باشد که این یک عامل بازدارنده استفاده از کود کمپوست می‌باشد، چون هر زمین کشاورزی با توجه به محصولی که در آن کشت می‌شود نیاز به مقدار معینی مواد غذایی دارد و نقص این ماده مغذی بر عملکرد محصول تأثیر دارد. یکی از بهترین روش‌ها برای حل مشکل اول استفاده از فن آوری شکل‌دهی و متر اکم‌سازی کود کمپوست می‌باشد. می‌توان کود را به صورت استوانه کوچک با قطر و طول مشخص درآورد که در صنعت پردازش مواد به این استوانه‌ها پلت گفته می‌شود. ماشین‌های مختلفی برای تبدیل کود به پلت وجود دارد [۳].

برای محاسبه فرآیند فشردن و تعیین قدرت لازم، دانستن خواص

در هنگام عبور کود از منطقه پیستون به قالب باز، نیروی فشارنده‌ی پیستون بر اصطکاک و تنش برشی بدنه‌ی قالب باز فائق می‌آید بنابراین جریان کود شامل جریان از سیلندر به قالب و جریان کود خمیری در داخل قالب باز می‌باشد. حجم عبور کرده از سیستم جهت تولید پلت را می‌توان بوسیله روابط (۱) به دست آورد:

$$AL = C, A_0 L_0 = AL \quad (1)$$

که در این رابطه:

C = مقدار ثابت؛

A = سطح مقطع قالب باز (متر مربع)؛

L = طول قالب باز (متر)؛

L₀ = طول حرکتی در مقطع پیستون (D₀).

حجم عبور همیشه مقدار ثابت است. بنابراین با مشتق گرفتن از رابطه (۱) داریم:

$$LdA + AdL = 0 \quad (2)$$

میزان کاری که باعث پارک شدن قطر و طول شدن پلت در طول مقطع قالب باز می‌شود از رابطه (۳) بدست می‌آید:

$$d\omega = \sigma \cdot A \cdot dL \quad (3)$$

که در این رابطه:

d ω = کار انجام گرفته در مقطع قالب باز به طول dL در صورتی که حجم تغییر نکند؛

σ = تنش عمودی ناشی از فشار پیستون

از روابط (۱) و (۳) خواهیم داشت:

$$\int d\omega = - \int_{A_0}^A \sigma A_0 L_0 \frac{dA}{A} \quad (4)$$

$$\omega = \sigma A_0 L_0 \ln \frac{A_0}{A} \quad (5)$$

$$\frac{\omega}{A L_0} = \sigma \ln \frac{D_0}{D} \quad (6)$$

$$P_1 = 2\sigma \ln \frac{D_0}{D} \quad (7)$$

که در این رابطه:

P₁ = افت فشار در مدخل ورودی قالب باز به شکل دایره است.

در جریانهای مواد خمیری، اثرات ویسکوز خمیر در عمل باعث ایجاد تنش می‌شود که مربوط به تغییر میزان کرنش می‌باشد. بنابراین

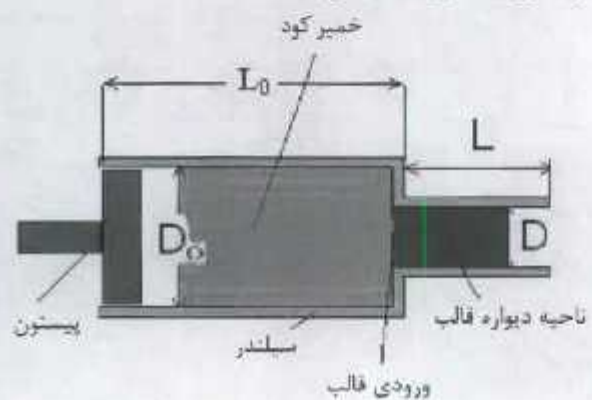
فیزیکی و رئولوژیکی مواد و عوامل مؤثر در تجهیزات فشاری یا شکل‌گیری ضروری می‌باشد. کمیوست پلت شده بدون استثنا دارای خاصیت ویسکوالاستیک بوده و خواص این گونه مواد را می‌توان با استفاده از مدل‌های رئولوژیکی که شامل فنر و کمک فنر است، بیان نمود [۴]. ذکر این نکته ضروری است که بدون آگاهی از خواص رئولوژیک کود کمیوست و بدون بررسی رفتار جریان خمیر کمیوست طراحی و ساخت اکسترودر مناسب جهت فشرده سازی کمیوست کاری بسیار مشکل و تقریباً غیر ممکن خواهد بود. بنابراین هدف از انجام این تحقیق تعیین پارامترهای رئولوژیک کود کمیوست خمیری جهت طراحی و ساخت قالب اکسترودر به منظور تولید پلت کمیوست می‌باشد.

مواد و روش‌ها

کمیوست تولیدی به طور معمول بر دو نوع ریز و درشت است. کمیوست مورد استفاده در این مطالعه از نوع کمیوست ریز بوده و از کارخانه تولید کمیوست واقع در کهریزک استان تهران، در تیرماه سال ۱۳۸۹ تهیه شد.

رفتار رئولوژیکی خمیر سرامیک و سفال (خمیر خاک رس) با استفاده از فرمول توسعه داده شده توسط بریجواتر و بنیو توصیف می‌شود که در این تحقیق نیز از این روش برای تعیین پارامترهای رئولوژیکی خمیر کمیوست استفاده شد [۵].

تعیین روابط بین قالب باز و ماده عبوری از آن در طراحی قالب (طول و قطر قالب باز) مهم می‌باشد. بنابراین به شرح زیر پارامترهای قالب باز در تولید پلت تعیین می‌گردد. هندسه یک قالب باز شامل قطر سیلندر (D₀)، قطر قالب باز (D)، طول قالب باز (L) و طول حرکتی پیستون (L₀) می‌باشد (شکل ۱).

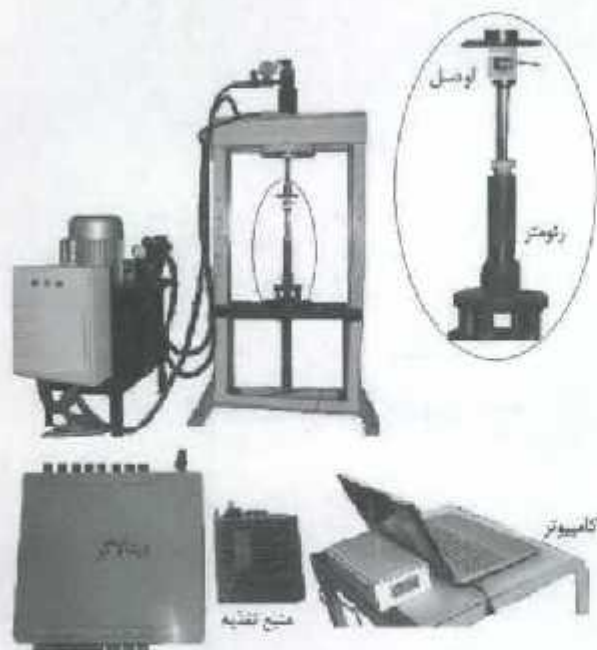


شکل ۱: تصویر شماتیک یک قالب باز [۵]

می‌گردد. یا به عبارت بهتر، این چهار پارامتر مشخص کننده یک قالب باز است.

برای تعیین این پارامترهای σ ، α ، β و τ دستگاه کاپیلاری رنومتر طراحی و ساخته شد (شکل ۲). این دستگاه شامل ۴ قسمت اصلی زیر می‌باشد:

۱. بارل به قطر داخلی ۲۵ میلی‌متر و ارتفاع ۲۰۰ میلی‌متر که ۷۰ میلی‌متر انتهایی آن به صورت پیچ با گام دو میلی‌متر می‌باشد.
۲. شاسی به ارتفاع ۱۱۵ میلی‌متر، ۶۹ میلی‌متر بالایی آن به صورت پیچ داخلی به گام دو میلی‌متر می‌باشد که بارل درون آن پیچ می‌شود.
۳. یک سری قالب به قطر داخلی سه میلی‌متر و نسبت طول به قطر ۱ تا ۱۶ که قابلیت تعویض را دارند، و بر روی شاسی درون پیچ داخلی قرار می‌گیرند.
۴. یک پیستون به قطر خارجی ۲۵ میلی‌متر و از جنس PTFE و میله پیستون دارای قطر ۱۸ و ارتفاع ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. جهت تأمین حرکت رنومتر کاپیلاری، از پرس هیدرولیکی موجود در گروه فنی کشاورزی پردیس اهوریحان دانشگاه تهران استفاده شد. این دستگاه پرس از یک فک ثابت (محل قرارگیری رنومتر) و یک فک متحرک (سیلندر هیدرولیک) تشکیل شده است که توسط چک هیدرولیکی نیروی مورد نظر را به پیستون رنومتر وارد می‌نماید.



شکل ۲: رنومتر کاپیلاری در حالت انجام آزمایش

مقدار تنش تسلیم تصحیح شده برابر است با:

$$\sigma = \sigma_0 + \alpha v \quad (8)$$

$$P_1 = 2(\sigma_0 + \alpha v) \ln \frac{D_0}{D} \quad (9)$$

که در روابط فوق:

σ_0 = تنش بی‌باشد که مستقل از هندسه قالب باز و فقط تابع نوع ماده است و بنام تنش تسلیم شبه استاتیک معروف است (تنش تسلیم حجمی اولیه)؛

α = پارامتری است که به سرعت عبور مواد از قالب باز مربوط است و مستقل از ابعاد قالب باز می‌باشد؛

v = سرعت عبور مواد از قالب

افت فشار در طول قالب باز بنابر مطالعات انجام شده برابر است با:

$$P_2 = 4\tau \frac{L}{D} \quad (10)$$

که در این رابطه:

L = طول قالب؛

D = قطر قالب؛

P_2 = فشار در طول قالب

τ = تنش برشی در بدنه قالب باز است.

در مواد جریان ناپذیر (دارای گرانروی بالا)، مقدار P_2 برابر است با:

$$P_2 = 4(\tau_0 + \beta v) \left(\frac{L}{D}\right) \quad (11)$$

که در این رابطه:

τ_0 و β پارامترهای مربوط به خمیر کود هستند؛

τ_0 = تنش برشی در سرعت صفر (تنش ابتدایی دیواره در ناحیه دیواره قالب)؛

β = پارامتری است که به سرعت خمیر در منطقه قالب باز بستگی دارد.

افت کلی فشار برابر است با مجموع افت فشار در مدخل ورودی قالب (P_1) و افت فشار در طول قالب (P_2):

$$P = P_1 + P_2 \quad (12)$$

با جایگزینی روابط (۹) و (۱۱) در رابطه (۱۲) خواهیم داشت:

$$P = 2(\sigma_0 + \alpha v) \ln \frac{D_0}{D} + 4(\tau_0 + \beta v) \left(\frac{L}{D}\right) \quad (13)$$

مشخصه یک قالب باز بر اساس پارامترهای τ_0 ، β ، σ_0 ، α و β تعیین

$$\alpha = \frac{(OB) - (OA)}{2v_2 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right)} \quad (20)$$

با انجام آزمایش و با توجه به طول و قطر قالب یاز و سرعت اعمالی بر پیستون، نمودارهای شکل (۳) حاصل می‌شود.

رابطه (۱۶) را از رابطه (۱۷) کم می‌کنیم و نهایتاً خواهیم داشت:

$$\sigma_0 = \frac{OA v_2 - OB v_1}{2(v_2 - v_1) \ln\left(\frac{D_0}{D}\right)} \quad (21)$$

اگر $V_2 \gg V_1$ باشد:

$$\sigma_0 = \frac{(OA)}{2 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right)} \quad (22)$$

برای محدوده طول قالب یاز، مقدار $2(\sigma_0 + \alpha v_1) \ln\left(\frac{D_0}{D}\right)$ در هر سرعت عبور مواد ثابت است. بنابراین اگر $v_2 = v_1$ گرادیان خط $4(\tau_0 + \beta v_1)$ و $v_2 = v_1$ برابر با گرادیان خط باشد بنابراین خواهیم داشت:

$$4(\tau_0 + \beta v_1) = \frac{CJ - OA}{OJ} \quad (23)$$

$$4(\tau_0 + \beta v_2) = \frac{PJ - OB}{OJ} \quad (24)$$

با کم کردن رابطه (۲۳) از (۲۴) و مرتب کردن آنها خواهیم داشت:

$$\tau_0 = \frac{v_2[(CJ) - (OA)] - v_1[(PJ) - (OB)]}{4(OJ)(v_2 - v_1)} \quad (25)$$

اگر $V_2 \gg V_1$ باشد:

$$\tau_0 = \frac{CJ - OA}{4OJ} \quad (26)$$

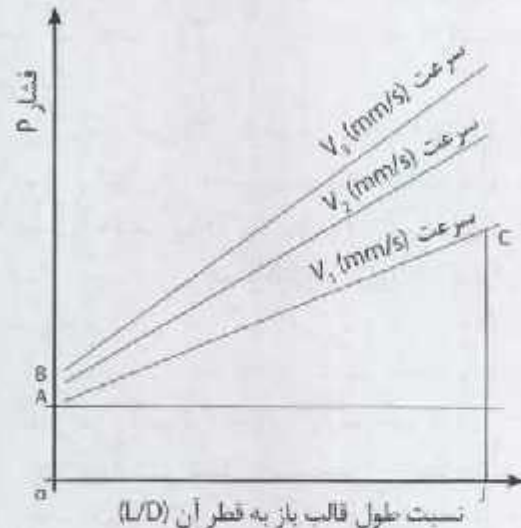
همچنین از نمودار شکل (۳) خواهیم داشت:

$$\beta = \frac{(DJ - OB) - (CJ - OA)}{4OJ(v_2 - v_1)} \quad (27)$$

برای $V_2 \gg V_1$ داریم:

$$\beta = \frac{(DJ - OB) - (CJ - OA)}{4OJ v_2} \quad (28)$$

در عملیات اکستروژن اغلب مواد از بیرون قالبی که دارای بیش از یک سوراخ موازی باهم می‌باشد، عبور می‌کنند. افزایش فشار جریان خمیری عبوری از یک بارل با قطر D_0 که به یک قالب به قطر D وارد می‌شود.



شکل ۳: نمودار فشار به نسبت طول قالب به قطر [۵]

با توجه به نمودارها می‌توان چهار پارامتر $(\sigma, \sigma_0, \alpha, \beta)$ را از طریق روابط ذیل بدست آورد [۵].

$$OA = 2(\sigma_0 + \alpha v_1) \ln\left(\frac{D_0}{D}\right) \quad (14)$$

$$OB = 2(\sigma_0 + \alpha v_2) \ln\left(\frac{D_0}{D}\right) \quad (15)$$

$$v_2 \cdot OA = 2\sigma_0 v_2 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right) + 2\alpha v_2 v_1 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right) \quad (16)$$

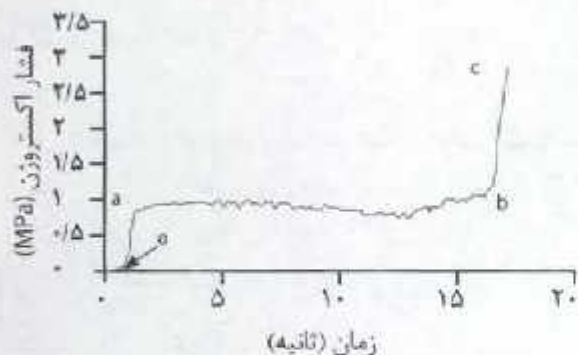
$$v_1 \cdot OB = 2\sigma_0 v_1 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right) + 2\alpha v_2 v_1 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right) \quad (17)$$

با کم کردن رابطه (۱۵) از (۱۴) خواهیم داشت:

$$OB - OA = 2\alpha v_2 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right) - 2\alpha v_1 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right) \quad (18)$$

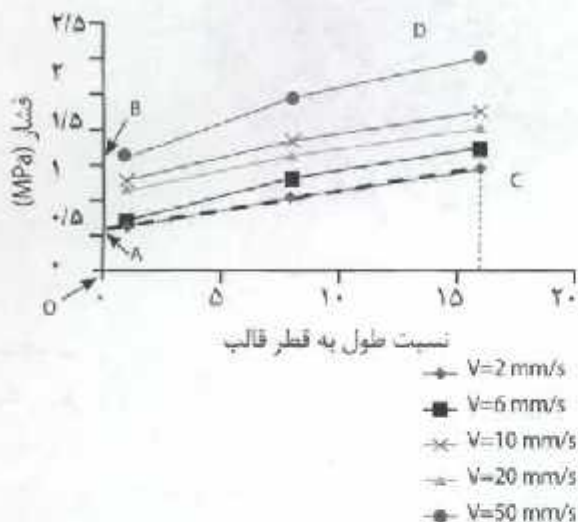
$$\alpha = \frac{OB - OA}{2(v_2 - v_1) \ln\left(\frac{D_0}{D}\right)} \quad (19)$$

اگر $V_2 \gg V_1$ باشد:



شکل ۴: نمودار فشار اکستروژن در مقابل زمان (طول قالب ۲۴ و قطر قالب ۳ میلی‌متر، سرعت خروج مواد از قالب ۱ میلی‌متر بر ثانیه).

با محاسبه‌ی مقادیر میانگین فشار اکستروژن از نمودارهای فشار-زمان، در سرعت‌ها و نسبت‌های مختلف طول به قطر قالب (L/D)، نمودار فشار نسبت قطر به قالب رسم شد (شکل ۵). با استفاده از نقاط O، A، B، C، D و I بر روی نمودار ۵ و با به کارگیری روابط ۲۰، ۲۲، ۲۶، ۲۸، مقادیر چهار پارامتر رئولوژیک خمیر کود کمیوست با محتوای رطوبتی ۴۵٪ به دست آمد.



شکل ۵: نمودار فشار اکستروژن در مقابل نسبت طول به قطر قالب (L/D) جهت محاسبه پارامترهای رئولوژیک خمیر کود کمیوست با محتوای رطوبتی ۴۵٪.

با توجه به آزمایشات انجام گرفته مقادیر σ_0 ، τ_0 ، α و β برای کود خمیری با محتوای رطوبتی ۴۵٪ برابر است با:

$$\begin{aligned} \sigma_0 &= 0.09 \text{ MPa} \\ \tau_0 &= 0.009 \text{ MPa} \\ \alpha &= 3.1 \text{ MPa s m}^{-1} \\ \beta &= 0.11 \text{ MPa s m}^{-1} \end{aligned}$$

قالب با یک سوراخ با رابطه‌ی (۱۳) بیان می‌شود. اگر دبی جریان Q به طور یکنواخت از N سوراخ که قطر هر کدام D است عبور کند، سرعت عبور مواد از قالب از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$Q = \left(\frac{\pi}{4}\right) D^2 N v \quad (29)$$

جریان به مساحت $(\pi D_0^2)/(4N)$ درون بارل، خمیر عبوری از هر سوراخ قالب را تأمین می‌کند، بنابراین خمیر عبوری از هر سوراخ قالب، به سرعت خمیر بیرون آمده از استوانه با قطر $\frac{D_0}{N^{1/2}}$ وابسته است. با به دست آوردن v از رابطه‌ی (۲۹) و جایگذاری در رابطه‌ی فشار اکستروژن (رابطه‌ی ۱۳)، افت فشار درون سیستم (قالب با تعداد N سوراخ) بدست می‌آید:

$$(30)$$

$$P = 2 \left(\sigma_0 + \frac{4\alpha Q}{\pi D^2 N} \right) \ln \left(\frac{D_0}{DN^{1/2}} \right) + 4 \left(\tau_0 + \frac{4\beta Q}{\pi D^2 N} \right) \left(\frac{L}{D} \right)$$

پس از محاسبه‌ی مقادیر α ، β و τ_0 ، σ_0 و با ترتیب از روابط (۲۰)، (۲۲)، (۲۶)، (۲۸) و جایگذاری در رابطه‌ی (۳۰) و با داشتن مقادیر فشار (P) و دبی جریان عبوری از قالب (Q) که از آزمایش‌های رئومتری به دست می‌آیند، و با توجه به معلوم بودن مقادیر L، D و DO (مشخصات قالب) تنها مجهول باقی‌مانده در رابطه‌ی (۳۰)، تعداد سوراخ قالب (N) می‌باشد که به راحتی به دست می‌آید [۵].

نتایج و بحث

نمودار فشار-زمان فرایند اکستروژن خمیر کمیوست با محتوای رطوبتی ۴۵٪، در شکل (۴) نشان داده شده است. این نمودار شامل سه قسمت می‌باشد: بخش اول شامل oa می‌باشد که دارای شیب صعودی بسیار زیاد می‌باشد و فشار اکستروژن در زمان کوتاه، افزایش قابل توجهی دارد، زیرا در این قسمت حباب‌های هوایی موجود در خمیر کمیوست، با پایین آمدن پیستون رئومتر از استوانه‌ی رئومتر خارج شده و پیستون به خمیر درون استوانه رسیده و خمیر کمیوست در حال وارد شدن به درون قالب می‌باشد ولی هنوز از آن خارج نشده است. بخش دوم شامل ab می‌باشد که خمیر در حال عبور از قالب می‌باشد و میانگین فشار اکستروژن در این بخش راه عنوان فشار اکستروژن در نظر می‌گیریم. بخش سوم یعنی bc پیستون به قالب رسیده، به همین دلیل شاهد افزایش ناگهانی فشار هستیم.

پس از محاسبه‌ی چهار پارامتر رئولوژیک خمیر کمپوست و با جایگذاری آنها در رابطه‌ی ۱۲ می‌توان مقادیر فشار اکسترودرن را در

جدول ۴، مقادیر فشار اکسترودرن بر حسب دستگاه‌اسکال برای خمیر کمپوست عبوری از قالب با نسبت طول به قطر یک ($L/D=1$) در سرعت‌های مختلف عبور مواد از قالب (قطر قالب ۳ میلی‌متر)

سرعت عبور مواد از قالب (ms ⁻¹)	۲	۶	۱۰	۲۰	۵۰
مقدار فشار از رابطه‌ی ۱۶	۰/۴۴۵	۰/۴۹	۰/۵۵	۰/۶۹	۱/۰۹
مقدار فشار حاصل از آزمایش‌ها	۰/۴۱	۰/۴۸	۰/۷۶	۰/۸۴	۱/۰۶

۳۰٪ تنها مجهول باقی مانده تعداد سوراخ قالب (N) می‌باشد که با جایگذاری مقادیر معلوم ذکر شده در این رابطه تعداد سوراخ قالب ۹/۷ به دست آمد، که بر اساس آن قالبی با تعداد ۱۰ سوراخ به قطر شش میلی‌متر ساخته شد (شکل ۶).

در عملیات اکسترودن اغلب مواد از درون قالبی که دارای بیش از یک سوراخ موازی باهم می‌باشد، عبور می‌کنند. پس از محاسبه‌ی مقادیر σ ، τ ، σ و β و با داشتن مقادیر فشار (P) و دبی جریان عبوری از قالب (Q) که از آزمایش‌های رئومتر به دست می‌آیند، در رابطه‌ی



شکل ۶: قالب ساخته شده بر اساس معادلات انجام شده با تعداد ۱۰ سوراخ به قطر شش میلی‌متر

نتیجه‌گیری

مقادیر σ ، τ ، σ و β برای کود کمپوست خمیری با محتوای رطوبتی ۴۵٪ به ترتیب، MPasm-1 11/3، MPa 009/0، MPa 09/0 و MPasm-1 11/0 به دست آمد. با استفاده از مقادیر این پارامترها به راحتی می‌توان فشار اکسترودرن را در رطوبت‌های مختلف خمیر کمپوست و هم چنین در سرعت‌های متفاوت اکسترودرن، بدون انجام آزمایش‌های رئومتر به دست آورد. بنابراین می‌توان گفت روش توسعه یافته توسط بنبو و بریجواتر، روشی مناسب جهت تعیین پارامترهای رئولوژیک کمپوست خمیری می‌باشد و می‌توان با استفاده از پارامترهای به دست آمده از این روش، قالب مناسب اکسترودر جهت تولید پلت کمپوست را طراحی نمود.

منابع

- رضائی‌فر، ج. ۱۳۸۷. بررسی پارامترهای پلت کود گاوی جهت طراحی اکسترودر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
- گینی، ع. ۱۳۸۹. کمپوست مدیریت پایدار خاک و آب پالایش محیط، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۱۳ ص
- مودتی، س. ۱۳۸۷. تعیین خواص فیزیکی کود کمپوست به منظور تهیه پلت. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
- Sitkey, G. (1986). Mechanics of Agricultural Materials. Budapest, Elsevier Science Publishers. Pp:420-438.
- Benbow, J. J. and J. Bridgwater. (1993). Past Flow and Extrusion. Clarendon Press, Oxford, U. K.

References

1. K. Capak, "Management of medical waste", in: Annual meeting of sanitary inspectors, Republic of Croatia, 2001.
2. N. Marinkovic, K. Vitale, N.J. Holcer, A. Dzakula, T. Pavic, "Management of hazardous medical waste in Croatia", *Waste Manage.*, Vol. 28, PP. 1049-1056, 2008.
3. A. Coad, "Managing medical waste in developing countries", World Health Organization, Ginebra, 1992.
4. B.K. Lee, M.J. Ellenbecker, R. Moure-Ersaso, "Alternatives for treatment and disposal cost reduction of regulated medical wastes", *Waste Manage.*, Vol. 24, pp. 143-151, 2004.
5. P.E. Giroult, P. Rushbrook, "Safe management of wastes from health-care activities", WHO (World Health Organization), Geneva, 1999.
6. M. Nouri Sepehr, "Evaluation of hospital waste in Semnan province, in: Seminar of solid waste management and its health problems", Tehran, Iran, 1990.
7. D. Mohammadi-Baghaee, "Principles of Medical Waste Management", 1st ed., Shaharab Company, Tehran, 2000.
8. R. Mato, M. Kaseva, "Critical review of industrial and medical waste practices in Dar es Salaam City", *Resour. conserv. recy.*, Vol. 25, pp. 271-287, 1999.
9. M. Askarian, M. Vakili, G. Kabir, "Results of a hospital waste survey in private hospitals in Fars province, Iran", *Waste Manage.*, Vol. 24, pp. 347-352, 2004.
10. I. Amouee, "Evaluation of hospital waste collection, transportation and disposal in Khoozestan province", in: Environmental health engineering, Tarbiat Modarres University, Tehran, 1996.
11. H. Karimzadegan, "Survey of hospital waste collection, transportation and disposal in Tehran province", in: Environmental engineering, Azad University of Science and research, Tehran, 1996.
12. M. Askarian, M. Vakili, G. Kabir, "Hospital waste management status in university hospitals of the Fars province, Iran", *Int. J. Environ. Heal. R.*, Vol. 14, pp. 295-305, 2004.
13. A. Mohseni, "Evaluation of medical waste collection, transportation and disposal in public and private hospitals in Mazandaran province", *J. Mazandaran. U. Med. Sci.*, Vol.11, pp. 45-52, 2001.
14. A. Sadeghi, "Assessment of collection and disposal management of hospital waste in Mashhad city", in: Environmental health engineering, Tehran University of medical sciences, Tehran, 2001.
15. D. Ashrafi, "Evaluation of medical waste management in Rasht city hospitals". Tehran, Iran, in: Environmental health engineering, Tehran University of medical sciences, Tehran, 2005.
16. A. Bdour, B. Altrabsheh, N. Hadadin, M. Al-Shareif, "Assessment of medical wastes management practice: A case study of the northern part of Jordan", *Waste Manage.*, Vol. 27, pp. 746-759, 2007.
17. J. Blenkharn, "Standards of clinical waste management in UK hospitals", *J. Hosp. Infect.*, Vol. 62, pp. 300-303, 2006.
18. M. Mühlich, M. Scherrer, F. Daschner, "Comparison of infectious waste management in European hospitals", *J. Hosp. Infect.*, Vol. 55, pp. 260-268, 2003.

11. Sewage treatment system

Some of the hospitals are bereft of sewage treatment system prior to disposal. In 60% hospitals, sewage is transported into absorbent wells and in 30% of hospitals; the sewage is treated by treatment facility that located inside the hospitals. In others, sewage is discharged to near streams.

Discussion

In 1990, a study that was conducted on medical waste of Semnan province showed that the average generation rate of medical waste in hospitals is 0.8-1.8 kg/bed/day [6]. In a study performed in 1991 in hospitals of Tehran, the waste generation rate was reported to be 2.71 kg/bed/day [7]. The waste generation rate in Dar es Salaam (Tanzania) hospitals in 1993 was reported to be between 0.84 and 5.8 kg/bed/day [8]. In 1996, a study showed that the average generation rate of hospital waste was 3.9 kg/bed/day in Fars province [9]. In khoozestan province, a study in 1996 showed that the total number of beds in that province was 3537 and the average generation rate of hospital waste was 2.38 kg/bed/day [10]. In 1996, a study performed on Tehran hospital waste and showed that the average generation rate of hospital waste was 2.87 kg/bed/day. This study showed that in 89.5% of hospitals, the storage time was 24 hours and Tehran Municipality was the responsible for medical waste transportation [11]. According to WHO report in 1999, average generation rate of Teaching hospital waste was 4.1-8.7 kg/bed/day [5]. In a study that was conducted on medical waste of Shiraz province in 2001, revealed that the average generation rate of hospital waste was 3.93 kg/bed/day [12]. A study was conducted in 2001 on hospital waste in Mazandaran province and showed that the average generation rate of hospital waste was 1.1-1.3 kg/bed/day. Also, this study showed that the medical waste was carried to temporary storage site manually in 45% of hospitals and in others, those carried by trolley [13]. Another study was conducted for medical waste of Mashhad province in 2001 and showed the average generation rate of hospital waste was 1.67 kg/bed/day [14]. A study on medical waste of Fars province showed that the waste generation rate was 4.45 kg/bed/day [9]. In 2005, a study on medical waste of Rasht city showed that the average generation rate of hospital waste was 1.67 kg/bed/day [15]. A study that was conducted on Medical waste of Jordan showed that the waste generation rate was 3.49 kg/bed/day for public hospitals [16]. So, the average generation rate of medical waste in this study is more than other provinces in I.R.Iran, but is corresponded with WHO guidelines. A study that was conducted on UK (United Kingdom) hospitals showed that 80% of hospitals have used yellow, heavy-duty, high-density polyethylene (HDPE) containers [17], while in this

study, 17% of hospitals have used plastic containers. In a study that was conducted on European hospitals showed that there were Incinerators for Hospital waste disposal (except Sabadell Hospital), while in this study there is no incinerator in any hospital [18]. It seems that the studied hospitals need a disposal process to better manage the hospital waste and especially infectious waste.

The following discuss some of the problems and procedures associated with medical wastes of TUMS:

- Lack of comprehensive waste disposal plans for the disposal and technical aspects of hazardous wastes.
- Lack of treatment facility such as incinerator or autoclaves for treatment of pathological and infectious wastes.
- Lack of continuous on the segregation, collection, transportation and final disposal of infectious and other medical wastes.
- Lack of knowledge and awareness among the personnel in hospitals about the consequences of the potential risk of infectious, hazardous waste and environmental impact.
- Lack of proper guidelines, legislation, regulations and instructions on health care waste management such as segregation, collection and disposal of various categories of wastes in suitable manner to render it harmless.
- Disposal of liquid waste into the municipal sewerage system without any prior treatment.
- In hospitals of TUMS:
- The basic approach to medical waste management is to reduce the quantity of waste at source as far as possible. Hospital wastes should be recycled whenever feasible, with due regard to environmental aspect, to reduce the quantity of material entering the waste system.
- Waste management requires a system approach, involving the handling, storage, transport, treatment and disposal of waste by methods that at all stages minimize the risk to health and the environment.
- All hospital personnel should be made aware of the potential risk of mishandling waste.

This study has created awareness regarding the magnitude of the problem of waste management in hospitals of TUMS and has generated interest for systematic control efforts for hospital waste disposal. Hospital waste management cannot succeed without the willing co-operation and participation of all categories of personnel.

Acknowledgements

We would like to thanks staff of hospitals and Mrs. Zahra Poormardi and Mrs. Nassibeh Dinari for their cooperation in Tehran University of Medical Science for this research.

hospitals have a well sanitized and secured temporary storage area and others (33%) have well secured but poorly sanitized temporary storage areas. The storage time in those sites are 12-24 hours (75%) and 24-48 hours (25%).

7. Off-site waste transportation

The off-site waste transportation from hospitals was done by Tehran municipality and personnel were well instructed about collection and transportation. There were good facilities for medical waste in 75% of hospitals but in 83% of hospitals, there were no control on transportation processes. There were several ways that were used to carry the medical wastes to vehicles: manual (17%), spade (17%), loader (8%) and others (58%). The medical wastes were transported daily by covered trucks (92%) and pickups (8%).

8. Treatment and final disposal of waste

There was no incinerator for medical waste treatment in any hospitals, but as shown in Table 3, there is some waste recycling in those hospitals. All hospitals dispose of their domestic waste at the same site as the municipal waste, and the medical wastes were buried in landfills. The 33% of hospitals have treatment facilities for hazardous wastes but the equipment that are needed for emergency situations were just in 17% of hospitals. Waste from all hospitals is transported to a Tehran landfill area (Kahrizak landfill), which has been dedicated for this purpose, located about 30 km away from the city. Radioactive wastes from all hospitals are collected and disposed off by the Atomic Energy Organization. Liquid pharmaceutical and chemical waste is poured into the sewage system in all hospitals.

9. Control measures

Some control measures were used in hospitals of TUMS for medical waste management:

- Control of container carrying to storage site (19%)
- Providing materials that were needed for collection and transportation (19%)
- Proper changing of medical waste bags (25%)
- Direct controlling of waste collectors (18%)
- Overload prevention of wastes (18%)
- Monitoring of disposal processes (1%)

10. Labor safety and training programs

Some of the hospitals have provided the following essential equipments for the safety of employees, housekeeping employees, in-patients and outpatients:

- Protective clothing for personnel who handle the wastes (100%)
- Disinfection or autoclave facilities for disposables and reusable for pre-treating certain types of wastes (0%)
- Health surveillance of labors (25%)
- Existing of Environmental health department (58%)
- Medical waste experts (33%)

The hospital personnel were trained about handling and management of medical wastes, infection control and protection, hospital personnel and protection against medical waste hazards, e.g., Hepatitis B and C, AIDS, and Typhoid. 15% of managers, 45% of nurses and 40% of labors were trained about medical waste disposal. The training methods consisted of lecturing (29%), workshop (32%), brochure (7%), slides and clips (7%) and face-to-face training (25%). The training programs have been conducted by environmental health specialists that work in hospitals or NGOs.

Table 3: The amount of recycled and not recycled wastes of medical wastes

Kind of waste	Recycled		Not recycled		Sum	
	Sample No.	Amount (%)	Sample No.	Amount (%)	Sample No.	Amount (%)
Paper and cardboard	8	67	4	33	12	100
Lamp	5	42	7	58	12	100
Battery	3	25	9	75	12	100
Plastic	5	42	7	58	12	100
Thermometer	4	33	8	67	12	100
Barometer	1	17	11	83	12	100
Metal cans	5	42	7	58	12	100
Syringe and needle	2	17	10	83	12	100
Glass	5	42	7	58	12	100
Radiology photograph	5	42	7	58	12	100
Textile	4	33	8	67	12	100
Others	4	33	8	67	12	100

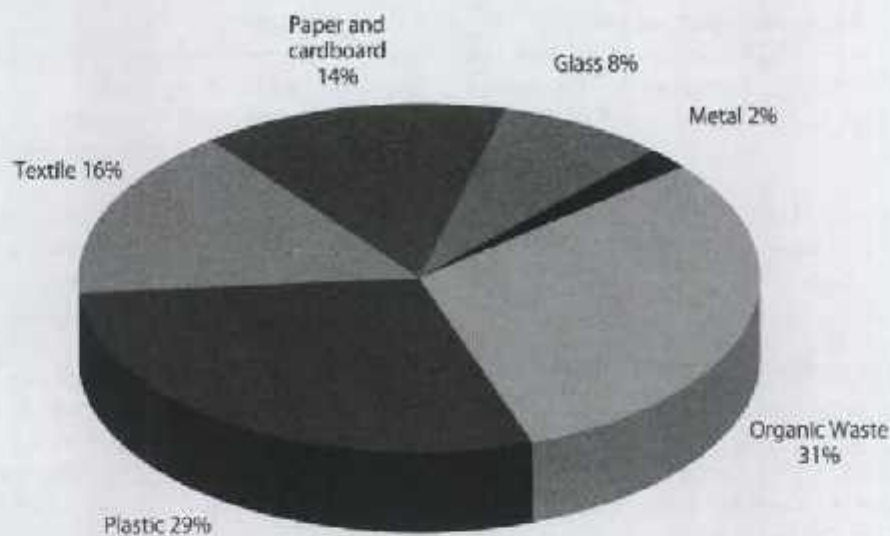


Figure 1: The waste composition of studied hospitals

Table 2: The percentage of medical waste composition in some hospitals

Hospital code	Paper and Cardboard	Plastic and Serum	Glass	Textile	Organic waste	Metals	Sum
A	20	35	4	10	30	1	100
E	10	20	20	10	38	2	100
H	10	35	5	25	20	5	100
K	20	25	9.8	15	30	0.2	100
L	12	31	1	20	35	1	100

4. Kinds of hospitals waste and containers

This study revealed that some amount of hazardous waste is stored in the same containers as the domestic wastes, and no control measures exist for the management of these wastes. The results showed that in 58% of hospitals, paper and household wastes were segregated from total medical wastes and in 96% of hospitals infectious wastes were segregated. All the hospitals have provided plastic bags and strong plastic containers for infectious waste such as empty containers of antiseptics used in the hospitals. In 58% of hospitals, infectious wastes were segregated from other wastes. The 42% of hospitals use both plastic bags and containers, 28% use only plastic bags, 17% use only plastic containers and 16% use only paper and textile bags for storing their household wastes. Among the hospitals included in this study, 50% of them chose yellow, 17% of them selected blue, 8% of them selected red and 8% of them chose white as the color for infectious waste containers. In general, in most of the hospitals, suitable and adequate numbers of containers are used and are kept at proper places.

5. Waste collection methods and time duration

In 58% of hospitals, the wastes were collected at the

end of each shift at 8:00 a.m., 4:00 p.m. and 12:00 p.m. At the end of each shift, hospital waste is collected and transported to a temporary storage area by hospital staff. In 17% of hospitals, medical wastes were collected daily and in 25%, the collection program was unsteadily. The medical wastes were collected by trolley or manually. In 46% of hospitals those wastes were collected by trolley, 46% were manually and 8% were used both of them. The staff employed for handling waste in all hospitals used almost complete personal protective equipment (the protective equipment included special dress-shirt and trousers along with at least two of the following: gloves, mask, boots, and apron).

6. Temporary storage site

Temporary storage sites were in all studied hospitals. The distance between these sites to nearest department was about 10-100 meters. These sites include metal containers (10%), concrete rooms (10%), special rooms (30%), used barrels (10%) and open enclosure sites (40%). The infectious and non-infectious wastes are kept in separate containers and are not mixed together in the hospital's own temporary storage area. Only 67% of

the wastes generated in 12 hospitals were segregated and weighed during a period of one month, manually. The environmental health experts as well as members of nosocomial infection control committee of hospitals or managers of waste took control of the transportation, collection and sorting of the wastes and recorded the amount of medical waste on the data form. The wastes from hospitals were collected from storage areas. The quantity and composition of the wastes were determined at each hospital. Parallel to the inter views; the physical compositions of waste in hospitals were determined. Before segregation, we sprayed these wastes by disinfectant solution (0.5% Sodium hypo-chlorite). Masks and large forceps were used to segregate waste into several types. During segregation, we weighted each type of medical waste and discarded into bag. General and medical wastes from outpatient and inpatient services were collected separately. The weighing and analysis of wastes were performed in a special site. The medical wastes were previously sorted into various components such as serum or syringe, needle and etc. The weight of each component of the medical wastes was recorded

on special data forms. Following these procedures, the wastes were transported to a special site for storage and final disposal. This waste composition study is part of a continuing effort to measure and understanding the waste generated in hospitals. The raw survey data was compiled and managed so as to enable the estimation of waste generation quantities / management practices.

3. Data analysis

The quantities of hospital wastes were presented in terms of kg/ day for total amount of waste generation. These data were used to determine the quantities of waste generated by each type of hospital. The data gathered from the questionnaire were compiled with a computer and were analyzed using statistical excel and SPSS software.

Results

1. Hospitals status

All teaching hospitals of the Tehran University of medical sciences are situated in Tehran. Table 1 shows the specification of hospitals.

Table 1: The specification of studied hospitals

Hospital Code	Departments	Active Beds	Hospital activity	Total amount of waste generation (kg/day)
A	27	477	public	1800
B	13	599	public	1800
C	14	150	public	500
D	7	120	public	100
E	8	142	public	170
F	8	198	public	130
G	28	528	public	2500
H	3	95	public	100
I	7	120	public	1000
J	7	200	public	130
K	2	51	public	120
L	8	106	public	2100

2. Hospital waste generation

Hospital waste generated from the various activities carried out in the hospitals. The kinds of waste generated in Tehran hospitals can be classified in to cultures and stocks of infectious agents, pathological, blood and other fluids, sharps and surgery wastes, laboratory, food preparation, radioactive wastes, dialysis, cobalt therapy, biological wastes, cardboard, paper documents and discarded linens categories.

The total amount of waste generation rate in all hospitals was 13000-13500 kg/day and the average of waste

generation rate in the hospitals was estimated to be 4.42 kg/bed/day.

3. Hospitals waste composition

The waste composition of those hospitals is shown in figure 1. In 42% of hospitals, hazardous chemical wastes were generated that consisted of halogen hydrocarbon (17%), radioactive (33%) and other (50%). The percentage of medical waste composition in some hospitals is shown in Table 2.

Assessment of Medical Waste Management in Teaching Hospitals of TUMS, I.R.Iran

Abstract

The management of medical waste is of great importance due to its potential environmental hazards and public health risks. This study was carried in 12 teaching hospitals of Tehran University of medical sciences (TUMS). The goals of this study were initiated to characterize solid wastes generated in healthcare hospitals, to report on the current status of medical waste management and to provide a framework for the safe management of these wastes at the considered hospitals. The methodology is descriptive, cross-sectional and observation and consisted in the use of surveys and interviews with the authorities of the healthcare facilities and with personnel involved in the management of the wastes. The results showed that medical wastes generated in hospitals are extremely heterogeneous in composition. 42% of wastes are collected in container and plastic bag. In 75% of hospitals under the study, the stay-time in storage sites is about 12-24 hours. 92% of medical wastes of hospitals are collected by covered-trucks. In 46 % of hospitals, transferring of medical waste to temporary stations is done manually. The average of waste generation rates in the hospitals was estimated to be 4.42 kg/bed/day.

Key words: *Medical Waste, Transportation, Treatment, Management, Healthcare Hospital, TUMS*

Emad Dehghanifard¹(Lecturer),
Mohammad Hadi Dehghani^{2*}, Kamal
Azam³, Fazlollah Changani²

1. Environmental Health Engineering
Department, School of Public Health,
Alborz University of Medical Sciences
edehghanifard@gmail.com

2. Environmental Health Engineering
Department, School of Public Health,
Tehran University of Medical Sciences
dehghanihadi@yahoo.com, fchangani@
sinatums.ac.ir

3. Epidemiology and Biostatistics
Department, School of Public Health,
Alborz University of Medical Sciences
kamala1761@yahoo.com

* Corresponding author Email: dehghani-
hadi@yahoo.com
Tel: +98-21-88954914; Fax: +98-21-
66419984.

Introduction

Medical waste includes materials that are produced in the course of health protection, medical treatment and scientific research; it forms a separate category – medical or health care waste [1, 2]. However, it seems that the fraction of waste generated at medical institutions, known as special or regulated medical waste or otherwise known as clinical waste, has not attracted the same level of attention as other types of wastes, particularly in developing countries, despite the fact that medical waste is labeled as hazardous because it poses serious and direct threat to human health [3, 4].

In I.R.Iran, as in many other developing countries, regrettably no proper rules have been compiled as yet and also there is no useful information about medical waste management.

In this article, we present and discuss the results of a survey on medical waste in hospitals that supported by Tehran University of medical sciences in 2007. Because of morality conditions, we don't reveal those hospital names. This study was conducted to determine the generation amount of hospital waste, the condition of waste segregation, the type of storage containers, temporary storage area, collection procedures, on-site transport and treatment of wastes, off-site transport,

disposal of hospital wastes and finally to assess the type of training provided to hospital personnel, and the type of sewerage system used at hospitals. At the end, measures for improvement of present condition and solving the problems identified were suggested.

The final goal of this study was to report some information about current conditions of composition, collection, transportation and disposal of medical solid wastes generated in these hospitals to conduct a proper management for those wastes.

Materials and Methods

1. Data collection

The data gathered were based upon a 10-page questionnaire distributed to 12 hospitals. Questionnaires were used to survey the hospital waste in terms of collection, transportation, segregation, treatment and disposal of hospital waste and to collect available information for analysis of the system.

2. Sampling and analysis

The collection of clinical waste sample and analysis were carried out in 2007. The waste characterization study was carried out in accordance with WHO guidelines [5]. All of

1870
The first of the year
The first of the year
The first of the year

The first of the year
The first of the year
The first of the year

The first of the year
The first of the year
The first of the year

The first of the year
The first of the year
The first of the year

The first of the year
The first of the year
The first of the year

The first of the year
The first of the year
The first of the year

The first of the year
The first of the year
The first of the year

The first of the year
The first of the year
The first of the year

- environmental effects and its aryl hydrocarbon receptor biology. *J. Comp. Physiol. B-Biochem. Syst. Environ. Physiol.*, 175, 221-230.
21. McKay, G. 2002. Dioxin characterisation, formation and minimisation during municipal solid waste (MSW) incineration: review. *Chem. Eng. J.*, 86, 343-368.
 22. Mori, K., Matsui, H., Yamaguchi, N., Nakagawa, Y. 2005. Multi-component behavior of fixed-bed adsorption of dioxins by activated carbon fiber. *Chemosphere*, 61, 941-946.
 23. Mukerjee, D. 1998. Health impact of polychlorinated dibenzo-p-dioxins: A critical review. *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 48, 157-165.
 24. Nagano, S., Tamon, H., Adzumi, T., Nakagawa, K., Suzuki, T. 2000. Activated carbon from municipal waste. *Carbon*, 38, 915-920.
 25. Nakagawa, K., Tamon, H., Suzuki, T., Nagano, S. 2002. Preparation and characterization of activated carbons from refuse derived fuel (RDF). *J.Porous Mat.*, 9, 25-33.
 26. ONWUDILI, J. A., HAJIZADEH, Y., ZAINAL, S., UPTON, J. & WILLIAMS, P. T. 2011. Application of low-temperature CP-Sil 88 column for the isomeric analysis of toxic 2378-substituted PCDD/Fs in incinerator flyash and sewage sludge using a triple quadrupole GC-MS/MS. *Talanta*, 87, 143-151.
 27. Parizek, T., Bebar, L., Stehlik, P. 2008. Persistent pollutants emission abatement in waste-to-energy systems. *Clean Technol. Environ. Policy*, 10, 147-153.
 28. Richter, B. E., Ezzell, J.L., Knowles, D. E., Hoefler, F., Mattulat, A. K. R., Scheutwinkel, M., Waddell, D. S., Gobran, T., Khurana, V. 1997. Extraction of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans from environmental samples using accelerated solvent extraction (ASE). *Chemosphere*, 34, 975-987.
 29. Ruegg, H. & Sigg, A. 1992. Dioxin Removal in a Wet Scrubber and Dry Particulate Remover. *Chemosphere*, 25, 143-148.
 30. Stanmore, B. R. 2004. The formation of dioxins in combustion systems. *Combust. Flame.*, 136, 398-427.
 31. US-EPA 1994. Method 1613: Tetra- through Octa-chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS, Revision B., Washington, DC, USA
 32. US-EPA, N. 1998. The Inventory of Sources of Dioxins in the United States, Review Draft. EPA/600/P, 98002Aa.,
 33. Williams P.T., Reed A.R. 2006. Development of activated carbon pore structure via physical and chemical activation of biomass fibre waste. *Biomass. Bioenerg.*, 30, 144-152.

Conclusions

The results have indicated that the RDF can be significantly converted to activated carbon and applied for flue gas treatment which is cost-beneficial than commercially available ones. The examined waste RDF derived activated carbon can remove the PCDD/F released to the exhaust flue gas by 57%. This result compared favourably with the result from the commercially available (Norit-80) activated carbon. The results also revealed that the removal efficiency for PCDD (average 85%) were much higher than the removal of PCDF (average 41%). The adsorption trends varied with the dioxin and furan congener groups. The results suggest that waste derived activated carbon shows potential as a considerably low-cost control material for PCDD/F in waste incinerator flue gases compared to the commercial carbon. However, it is important to bear in mind that this method not destroys the dioxins but transfers the gas phase dioxins to the solid phase (AC) in the flue gas cleaning systems. This would therefore require further advance treatments prior to its disposal to the environment.

Acknowledgments

The authors would like to thank the UK EPSRC for support of this work via Grant No. EP/F021615/1. The support of Isfahan University of Medical Sciences in Iran is gratefully acknowledged. The authors would also like to thank Dr. Adrian Cunliffe and Simon Lloyd for their assistance with the analytical work, and Ed Woodhouse for the construction of the reactor.

References

1. Abad, E., Caixach, J., Rival, J. 2003. Improvements in dioxin abatement strategies at a municipal waste management plant in Barcelona. *Chemosphere*, 50, 1175-1182.
2. Altarawneh, M., Dlugorski, B.Z., Kennedy, E.M., Mackie, J.C. 2009. Mechanisms for formation, chlorination, dechlorination and destruction of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/F). *Prog. Energ. Comb. Sci.*, 35, 245-274.
3. Chang, M.B., Lin, J.J. 2001. Memory effect on the dioxin emissions from municipal waste incinerator in Taiwan. *Chemosphere*, 45, 1151-1157.
4. Chen, M., Ma, L.Q. 1998. Comparison of four USEPA digestion methods for trace metal analysis using certified and Florida soils. *J. Environ. Qual.*, 27, 1294-1300.
5. Cole, P., Trichopoulos, D., Pastides, H., Starr, T., Mandel, J.S. 2003. Dioxin and cancer: a critical review. *Regulat. Toxicol. Pharmacol.*, 38, 378-388.
6. Cunliffe, A.M., Williams, P.T. 1998. Properties of chars and activated carbons derived from the pyrolysis of used tyres. *Environ. Technol.*, 19, 1177-1190.
7. Cunliffe, A.M., Williams, P.T. 2006. Isomeric analysis of PCDD/PCDF in waste incinerator flyash by GC-MS/MS. *Chemosphere*, 62, 1846-1855.
8. Cunliffe, A.M., Williams, P.T. 2007. Desorption of PCDD/PCDF from municipal solid waste incinerator flyash under post-combustion plant conditions. *Chemosphere*, 68, 1723-1732.
9. Cunliffe, A.M., Williams, P.T. 2009. De-novo formation of dioxins and furans and the memory effect in waste incineration flue gases. *Waste Manag.*, 29, 739-748.
10. DIONEX, 2005. Application note 352: Rapid Determination of Persistent Organic Pollutants (POPs) Using Accelerated Solvent Extraction (ASE®), Sunnyvale, CA, USA.
11. EC-IRMM, 2010. Catalogue of reference material, BCR-490 European Commission Joint Research Center, Page 29.
12. EU, 2004. EU BRIEF Note on Best Available Technology for the Incineration of Waste, Version March, 2004, PJ/EIPPCB/WI_DRAFT_2.
13. Everaert, K., Baeyens, J., Creemers, C. 2003. Adsorption of dioxins and furans from flue gases in an entrained flow or fixed/moving bed reactor. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 78, 213-219.
14. FMS 2008. Application of the Automated Clean-up Power-Prep System for Dioxins Analysis, Fluid Management Systems Inc. Waltham, MA, USA.
15. HAJIZADEH, Y., ONWUDILI, J. A. & WILLIAMS, P. T. 2011b. Removal potential of toxic 2378-substituted PCDD/F from incinerator flue gases by waste-derived activated carbons. *Waste Management*, 31, 1194-1201.
16. Inoue, K., Kawamoto, K. 2005. Fundamental adsorption characteristics of carbonaceous adsorbents for 1,2,3,4-tetrachlorobenzene in a model gas of an incineration plant. *Environ. Sci. Technol.*, 39, 5844-5850.
17. Karademir, A., Bakoglu, M., Taspinar, F., Ayberk, S. 2004. Removal of PCDD/F from flue gas by a fixed-bed activated carbon filter in a hazardous waste incinerator. *Environ. Sci. Technol.*, 38, 1201-1207.
18. Li, H.W., Lee, W.J., Tsai, P.J., Mou, J.L., Chang-Chien, G.P., Yang, K.T. 2008. A novel method to enhance polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans removal by adding bio-solution in EAF dust treatment plant. *J. Hazard. Mat.*, 150, 83-91.
19. Lin, W.Y., Wang, L.C., Wang, Y.F., Li, H.W., Chang-Chien, G.P. 2008. Removal characteristics of PCDD/F by the dual bag filter system of a fly ash treatment plant. *J. Hazard. Mat.*, 153, 1015-1022.
20. Mandal, P.K. 2005. Dioxin: a review of its

efficiencies of 58% and 57% were obtained respectively for the Norit 80 and RDFAC. These values appear low compared to the work of Abad et al. (2003) however, there is a huge difference in the initial concentrations of PCDD/F in the flue gas used in the two studies.

Table 3. PCDD/F removal efficiency of applied activated carbons from exhaust gas (% w/w in I-TEQ values)

PCDD/F Toxic congeners	Commercial-AC	RDF-AC
2378- TCDD	87.6	86.7
12378- PeCDD	90.2	86
123478- HxCDD	89.6	83.3
123678- HxCDD	88.1	80.4
123789- HxCDD	90	77.5
1234678- HpCDD	84.5	74.1
OCDD	76.6	69.8
2378- TCDF	58.9	55.7
12378- PeCDF	81.2	79.1
23478- PeCDF	24.4	29.5
123478- HxCDF	69.3	65.7
123678- HxCDF	77	69.5
123789- HxCDF	90.8	88.8
234678- HxCDF	73	60.8
1234678- HpCDF	62.8	49.8
1234789- HpCDF	37.2	33.7
OCDF	70.3	82.2

AC= Activated carbon

The adsorption capacity of activated carbon is highly dependent on its properties, particularly the surface area and pore size distribution. As can be seen in Table 1, even though the commercial activated had a higher porosity and a higher BET surface area, its performance in the adsorption of PCDD/F from the flue gas was similar to the RDF derived AC. By improving the activation methods, there is a possibility for the improvement of the properties of waste derived activated carbon (Nagano et al., 2000).

The results of this study are comparable with those obtained in the field using commercial AC. Application of a fixed-bed activated carbon filter filled with commercial AC with a BET surface area of 1000 m² g⁻¹ and a particle size of 4-6 mm in a hazardous waste incinerator led to an average dioxin removal efficiency of about 56% (Karademir et al., 2004). Within the PCDD congener groups the removal efficiency of activated carbons slightly decreased by increasing the level of chlorination,

However throughout the PCDF congeners, although the minimum amount of 23478-PeCDF and 1234789-HpCDF (18-38%), and the maximum amount of 12378-PeCDF, 123789-HxCDF and OCDF (70-90%) were adsorbed, no clear trend in relation to their adsorption on the activated carbons was observed.

The average removal efficiencies of the total PCDD/F, PCDD and PCDF are illustrated in Figure 3 in wt/wt% I-TEQ values. In general, the activated carbons were much more effective and consistent in the removal of PCDD compared to the PCDF. Comparing the removal efficiencies of PCDD and PCDF, it can be seen that the average concentration of PCDD congeners adsorbed on activated carbon and thereby removed from the gas phase was approximately two times higher than that of PCDF. For example, only about 30% each of 23478-PeCDF and 1234789-HpCDF were removed in the presence of the activated carbons, whereas the lowest removal efficiency for any PCDD was in the region of 70%. However, as there were no appreciable differences in PCDD/F adsorption capacity between the waste derived activated carbon and the commercial one, their use could be a cost-effective option in PCDD/F removal from waste incinerator flue gases.

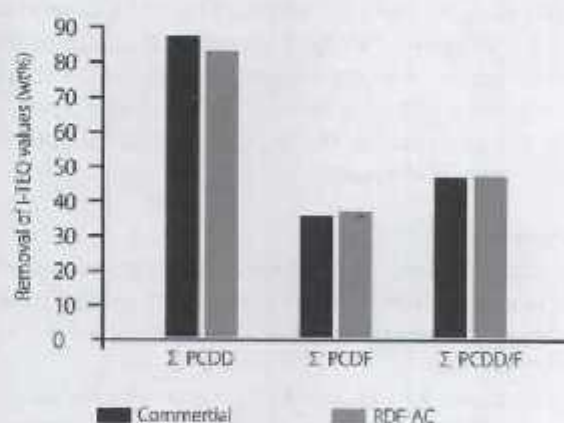


Figure 3. Total toxic PCDD/F removal efficiency of RDF derived AC in comparison with the commercial one

In relation to the results achieved in this study, it should be noted that the temperature of maximum formation of PCDD/F via de-novo synthesis is in the range of 200 - 400 °C (Cunliffe and Williams, 2009). However, injection of activated carbon in full scale waste incinerator plants is generally at lower temperatures of around 180 °C. Therefore the higher temperature of 275 °C used in our experiments might influence the efficiency of PCDD/F adsorption onto the activated carbon. Thus, at lower temperature a PCDD/F removal efficiency higher than our work for RDF derived AC can be predictable.

et al., 2011, Onwudili et al., 2011). The Varian 450-GC coupled with a Varian 320-QqQ-MS equipped with a Varian 8400 auto-sampler was applied. The separation of PCDD/F was carried out using a Varian CP-Sil 88 capillary column for dioxins (50 m × 0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness). Samples were injected into the GC in split/splitless injection mode with the amount of 2 µl. The retention time was categorized into several segments and the corresponding scan method for each segment was introduced in order to avoid the co-elution of PCDD/F isomers (Cunliffe and Williams, 2006, Onwudili et al., 2011).

Quantification of PCDD/F was carried out according to US-EPA method 1613 procedures using internal standard and isotope dilution methods (US-EPA, 1994). Relative response (RR) and response factors (RF) for each individual compound was calculated with the corresponding calibration standard solutions. The results are reported in ng g⁻¹ and ng I-TEQ g⁻¹ of the sample dry mass. All the experiments were carried out in duplicate and the averages of the results were considered.

Results and discussion

1. Properties of the produced activated carbon

The characteristics of the waste generated AC and their comparison with a commercial AC are shown in Table 1. Although the properties of waste-derived AC were not comparable to the commercial one, they can be improved by developing the process of activation (Williams et al., (2006). Nagano et al., (2000) carbonized an RDF by partial combustion at 350 °C for 8 hours, then pre-treated by HNO₃ (3.3 N) for 3 hours and activated under N₂-H₂O flow at 850 °C for 2 hours. The obtained AC had a BET surface area of 828 m²/g, micropore volume of 0.43 cm³/g and a mesopore volume of 0.30 cm³/g (Nagano et al., 2000). In spite of having surface area and pore volume lower than the commercial AC, the waste derived AC showed comparable potential of PCDD/F removal from flue gas stream.

Table 1. Properties of the RDF activated carbon compared to the commercial one

Properties	Commercial	RDF
Activation Time (min)	NA*	180
Activation Temperature (°C)	NA	900
BET Surface Area (m ² /g)	1019	333
Mesopore Volume (cm ³ /g)	0.034	0.07
Micropore Volume (cm ³ /g)	0.436	0.14
Total Pores (cm ³ /g)	0.47	0.21
Mean Particle Size (mm)	1.2 - 2	1.4 - 2.8

*NA: not available

2. Metals analysis of the activated carbon by AAS

The concentrations of predominant metals in mg/g dry mass of carbons are presented in Table 2. The analysed activated carbons have got notable amounts of aluminium, mercury and iron. The presence of some catalytic metals such as nickel and a small amount of copper were detected in the tested activated carbons. This may result in an increase potential of dioxin formation on the AC surface beside its adsorption from the gas stream.

Table 2. Metal contents of the examined activated carbon samples (mg/g of dry mass)

Metals	Commercial-AC	RDF-AC
Aluminium	14.59	42.19
Copper	0.03	0.13
Cadmium	0.24	0.28
Iron	2.94	11.16
Mercury	4.34	4.42
Magnesium	1.30	5.51
Manganese	0.07	1.09
Molybdenum	1.34	1.97
Nickel	0.36	0.43

*ND: not detected

3. PCDD/F removal efficiency from flue gas by activated carbons

To assess the PCDD/F removal ability of the activated carbon the experimental reactor as described above was run without and with application of the carbon adsorbents and the PCDD/F contents of the exhaust gas were analyzed and the reduction by AC were calculated. Table 3 presents the percentage removal of each of the 2378-substituted PCDD/F with respect to the activated carbon type at 275 °C under the simulated flue gas stream. The results are based on the difference between the concentrations of PCDD/F in the exhaust gas (vapor phase) with and without activated carbon adsorption. Thus the vapor phase PCDD/F removal efficiency of the applied activated carbons in wt % was calculated as follows:

$$\text{PCDD/F removal efficiency (\%)} = \left[\frac{\text{PCDD/F}_{\text{WAC}} - \text{PCDD/F}_{\text{AC}}}{\text{PCDD/F}_{\text{WAC}}} \right] \times 100$$

Where, PCDD/F_{WAC} is the concentration of PCDD/F in exhaust gas without activated carbon and PCDD/F_{AC} is that with activated carbon use.

The application of AC produced from the pyrolysis of RDF and the commercial AC (Norit 80) showed significant reduction of PCDD/F concentrations in the exhaust gas. In general, the average PCDD/F toxic equivalency removal

activated carbon media was placed inside the reactor after the flyash sample bed isolated by a glass frit and on the way of exhaust gas for adsorption of dioxin being released to the gas phase. Reactions took place on the flyash under a constant flow of simulated flue gas (4.8 vol% O₂, 9.6 vol% CO₂ and 20.0 vol% H₂O in N₂) and the released PCDD/F was expected to be adsorbed on the activated carbon at the temperature of 275 °C for 96 hours. Each test was carried out in duplicate and the PCDD/F contents of the exhaust gas was trapped in the XAD-II resin, extracted, fractionated and analysed for both stages of the experiments.

6. PCDD/F trapping from exhaust gas of the reactor

Any PCDD/F released to the exhaust gas from the reactor was collected by a tertiary trapping system (Figure 2). The first trap was an empty dreschel bottle located in an ice/water bath to act as a water vapour condensation system which was connected directly to the reactor's outlet tube. The second trap was a glass tube containing pre-cleaned Supelcoamberlite polymeric XAD-II resin, held in place with pre-cleaned Orbo polyurethane foam (PUF) plug. The resin was cleaned by solvent extraction and spiked with ¹³C₁₂-labelled 2378-chloro substituted PCDD/F standards prior to application. An empty dreschel bottle was used as a third trap to completely condense the exhaust gas and to capture any escaped PCDD/F species. The resin trap was covered with aluminium foil to prevent UV degradation of the dioxins.

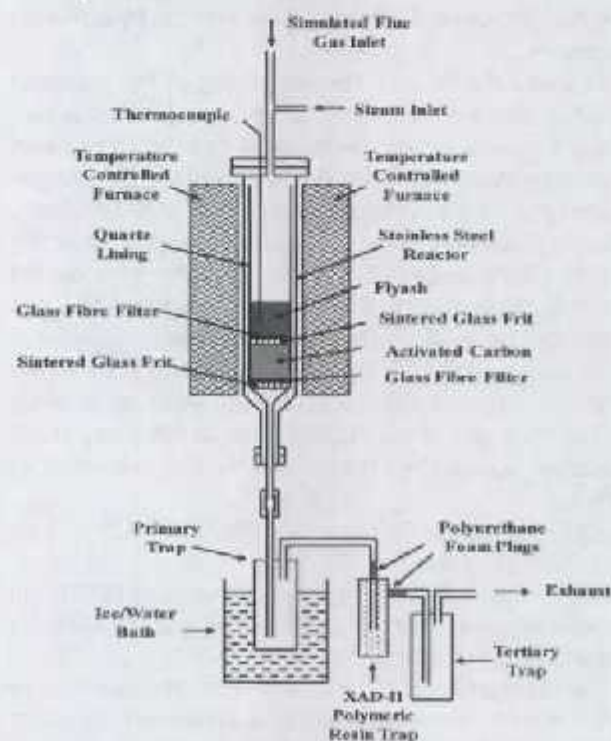


Figure 2. Schematic diagram of the modified reactor for PCDD/F adsorption tests

7. Chemical standards and organic solvents

Method 1613 was applied for the analysis of PCDD/F in solid matrices (US-EPA, 1994). A set of five calibration standard solutions (C51-C55) containing the 17 toxic congeners of native PCDD/F (2378-positional substitutes) and corresponding ¹³C₁₂ isotope enriched PCDD/F with a purity of > 99% were used. A ¹³C₁₂ labeled standard stock solution containing 17 toxic congeners of PCDD/F was used to quantify the corresponding native compounds by the isotope dilution method. The XAD-II resin which was applied for trapping of PCDD/F from the exhaust gas of the reactor was spiked with the labeled standard prior to experimentation. Furthermore, an internal standard solution containing ¹³C₁₂ labeled 1234-TCDD and 123789-HxCDD was added to the purified extract prior to GC injection as standards for the determination of recovery percentages of the labeled PCDD/F. All the standards were purchased from LGC Standards, UK; (supplied by CIL Inc. MA, USA). All the organic solvents such as Acetone, Toluene, Dichloromethane, n-Hexane, Ethyl acetate, used for extraction, clean-up and glassware rinsing, were certified grade for dioxin analysis and purchased from Sigma-Aldrich, Ltd. UK.

8. Extraction of the resin trap, clean-up and PCDD/F analysis

At the end of each experiment the XAD-II resin with PUF plugs were extracted with 50/50% acetone/hexane at 100 °C and pressure of 1500 psi using the Dionex ASE-100 extraction system (Richter et al., 1997, Dionex, 2005). The condensate in the first trap was liquid extracted three times with toluene and the washings added to the XAD-II resin extract. The extracts were evaporated in a rotary evaporator to reduce the solvent volume and the solvent exchanged to hexane before the sample clean-up procedure. All the glassware, dreschel bottles and reactor lining were washed with detergent, rinsed with toluene, hexane and acetone, and cleaned in an ultrasonic bath before use.

Isolation of PCDD/F from interferences was performed using an automated Power-Prep™ Fluid Management System (FMS), based on sequential use of acidic-basic multilayer silica, basic alumina and activated carbon adsorbents, pre-packed in disposable Teflon columns and hermetically sealed. The default dioxin clean-up method was set up and applied for the purifying the samples (FMS, 2008). The collected fraction was evaporated and micro-concentrated by nitrogen blow-down to 10 µl in nonane prior to instrumental analysis. The PCDD/F analyses were performed using a gas chromatograph (GC) attached to a triple quadrupole mass spectrometry (GC-MS/MS QqQ) system. The operational characteristics and procedure adopted for the instrument have been described elsewhere (Hajizadeh

derived fuel (RDF) was pyrolyzed to produce char, and then the char was steam activated at 900 °C for 3 hours to produce activated carbon. The yielded activated carbon had a BET surface area of 500 m²/g and total pore volume of 0.19 cm³/g, comparable to low grade commercial one (Buah and Williams, 2010).

The main objectives of this study were to produce activated carbon from refuse derived fuel (RDF) and to examine its PCDD/F removal efficiency for application in the adsorptive processes of waste incineration. The adsorption behavior of different PCDD/F congener groups on activated carbon and the influence of the physical characteristics of adsorbents on PCDD/F adsorption ability were also discussed. The PCDD/F adsorption efficiency of waste-derived activated carbon was compared with a commercial activated carbon (Norit 80) in the form of granules.

Materials and methods

1. Raw Samples Preparation

A sample of RDF was pulverized and sieved to produce the particle size of 8 mm. The RDF sample was composed of 40 wt% carbon, 7 wt% hydrogen, 7 wt% nitrogen and 0.1 wt% sulfur (Buah et al., 2007). A commercial activated carbon (Norit 80) in the form of granules was purchased from Sigma-Aldrich, UK. The granules was crushed and sieved to make a particle size of 1- 2 mm.

2. Pyrolysis of the refuse derived fuel

Pyrolysis of the RDF was carried out using a static-bed stainless steel reactor, 25 cm in length and 30 mm internal diameter. The reactor was externally heated by an electrical cylindrical furnace equipped with temperature control. About 8-10 grams of each sample was placed on a support inside the reactor, heated at 600 °C under nitrogen and held for 2 hours to obtain char, oil and gaseous products. A condensation system consisted of a water cooled condenser; two solid CO₂/acetone cooled condensers followed by a glass wool containing bottle were applied to trap the condensable products from exhaust gas.

3. Activation of the chars produced via pyrolysis

The chars obtained from the pyrolysis of the RDF sample were ground, and sieved to obtain 1.5 - 3 mm size fractions and dried at 105 °C over night. Steam activation was carried out using the same reactor which was applied for pyrolysis, but with additional modifications to provide the steam activating agent (Figure 1). About 4-5 g of the char was placed inside the reactor supported by a support bed and nitrogen was passed through the reactor in order to purge air from the system. The sample was heated gradually to attain the final temperature of 900 °C. Deionised water, as an activation agent, was then

introduced into the nitrogen gas stream passing through a pre-heater maintained at 300 °C to generate steam, before entering the reactor. A Sage instrument (model 255-2) syringe pump was used to inject the deionised water into the gas line. Activation was carried out for 3 hours using a molar flow rate of 0.03-0.32 mol g⁻¹h⁻¹ of the activating agent.

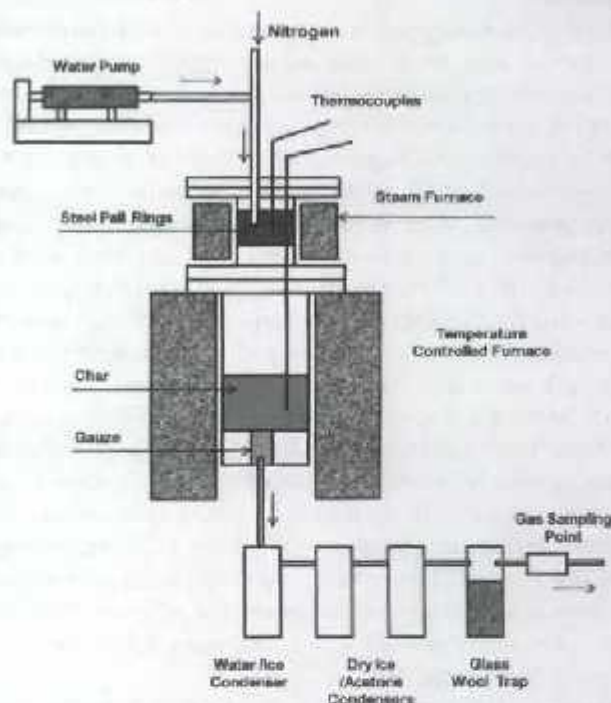


Figure 1. Schematic diagram of the reactor used in char activation process

4. Characterization of the activated carbons

The surface area and pore structure of the waste-derived activated carbon (AC) and a commercial AC were determined by the nitrogen adsorption method using a TriStar 3000 gas adsorption analyzer (Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, GA, USA). Metals content of the activated carbons was analysed by preliminary acid digestion of the samples using EPA method 3050b (Chen and Ma, 1998) and analysis of the solutions by atomic absorption spectrometry using a Varian AA240FS instrument.

5. Experimental reactor for PCDD/F adsorption by activated carbons

The PCDD/F adsorption capacities of the activated carbons were examined using a laboratory scale static-bed reactor (Figure 2). The experiments were carried out at two stages. First, 2 g of the reference flyash sample (BCR-490) was heated at 275 °C under a constant flow of simulated flue gas for 96 hours without applying activated carbon for PCDD/F adsorption. Next, the

Production of Activated Carbon from RDF and Its Use for Dioxin Removal in Waste Incinerators

Abstract

Recycling and reusing of municipal solid waste (MSW) has become one of the cost-beneficial strategies in waste management. Refuse derived fuel (RDF) generated from waste can be used either as a fuel or as a raw material for activated carbon (AC) production, which is widely used as an adsorbent in removing organic pollutant from environmental matrices. The presence of dioxins and furans (PCDD/F) in waste incinerator flue gas is of public concern due to their adverse health effects. The application of AC for PCDD/F adsorption from the flue gas streams of waste incinerators has become one of the most commonly used methods for their emission control. In the present study the RDF was carbonized at 600 °C to produce char and the char was then steam activated at 900 °C to generate AC. The PCDD/F removal efficiency of the produced AC from simulated flue gas was investigated using a bench scale static-bed reactor. Experiments were conducted under flue gas stream at 275 °C using a standard flyash (BCR-490) as a source of PCDD/F. The PCDD/F content of the exhaust gas was trapped by XAD-II resin, and after extraction and clean-up processes, were analyzed using a Varian 450-GC coupled with a Varian triple quadrupole 320-MS. The results showed an overall reduction of 85% and 43% in the flue gas concentration of PCDD and PCDF respectively, which compared favorably with a commercial AC. In addition, reduction was varied throughout the congener groups of these compounds. The AC derived from the pyrolysis of RDF therefore shows potential as a control material for dioxins and furans in waste combustion process.

Key words: MSW, Activated Carbon, RDF, PCDD/F, Incinerator, flue gas

Yaghoob Hajizadeh^{1*}, Paul T. Williams²

¹ Faculty of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, 8174673461, Iran

² Energy and Resources Research Institute, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK

* Corresponding author: y_hajizadeh@hih.iumi.ac.ir, Tel: +98 (0)914 416 6080

Introduction

Incineration of wastes are known as a major source of PCDD/F emissions to the environment (US-EPA, 1998). A variety of end-of-pipe control techniques are used to continuously remove or reduce the emissions of these toxic pollutants to the recommended standard levels (EU Commission, 2004). Applications of carbonaceous materials such as activated carbon, lignite or coke, either through injection or in a fixed-bed adsorber, are a commonly used method for the adsorption of PCDD/F from flue gas of waste incinerations. Several studies have been conducted to evaluate the performance of various activated carbon and their application methods on PCDD/F adsorption from waste incineration flue gas (Ruegg and Sigg, 1992, Chang and Lin, 2001, Everaert et al., 2003, Abad et al., 2003, Karademir et al., 2004, Mori et al., 2005, Inoue and Kawamoto, 2005, Lin et al., 2008, Parizek et al., 2008, Chang et al., 2009, Gao et al., 2010). For example, Everaert et al. (2003) has examined the adsorption of PCDD/F from municipal and industrial waste incineration flue gases by activated carbon. The results showed an excellent PCDD/F removal efficiency

either in the form of fixed-bed application or powder form injected into the waste gas (Everaert et al., 2003). In an investigation using a laboratory-scale fixed-bed media adsorption system (Inoue and Kawamoto, 2005), activated carbon has shown superior capacity in the adsorption of organo-chlorine compounds compared to activated coke and carbide wood. In a MSW incinerator, by applying a lime and activated carbon powder mixture (Surbalit) the dioxin level of the flue gas was reduced to less than 0.098 ngI-TEQ/N m³(Parizek et al., 2008). Although the application of carbonaceous adsorbents for PCDD/F removal from waste gases has shown very good performance, the cost-effectiveness of the process should be taken into account. In this regard, waste-derived activated carbons may be a cheap alternative and have absorption properties similar to commercially available activated carbon. For example, a scrap tyre-derived activated carbon has shown a maximum BET surface area of 640 m²/g with greater mesopore volume than micropore comparable to low grade commercial activated carbon (Cunliffe and Williams, 1998). A refuse

اجرای طرح بی خطر سازی پسماندهای پزشکی در شهرستان اسلامشهر

داود بیات سرمدی

مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند شهرداری اسلامشهر

مقدمه

انتقال آلودگی ها را افزایش دهد. به عنوان مثال ترکیب و اختلاط پسماندهای مراکز بهداشتی و درمانی بیماری های خاص همچون هیپاتیت و ایدز با پسماندهای شهری، موجب افزایش سرعت شیوع این بیماری ها می شود. اگر مساله مهمی همچون آسیب دیدگی کارگران خدمات شهری و یازبانه دزدها را هم به این مشکل بیفزاییم، دامنه گسترده تری پیش روی مساله یاد شده باز می شود که بر عمق نگرانی های ما می افزاید.

بی توجهی مراکز بهداشتی و درمانی در برابر بی خطر سازی پسماندهای مربوطه در حالی رخ می دهد که قانون مدیریت پسماندها، علاوه بر اجبار این کار برای مدیران مراکز بهداشتی و درمانی، مجازات های بسیاری را در قبال عدم رعایت و اجرای آن پیش بینی کرده است. با این وجود به نظر می رسد همچنان تعامل میان دستگاه های ذی ربط، به ویژه مدیریت شهری و شبکه بهداشت و درمان می تواند راهگشا بوده و زمینه های اجرایی شدن هرچه بیشتر این قانون را فراهم نماید.

شهرستان اسلامشهر به دلیل عدم برخورداری از شرایط و مکان مناسب برای دفن پسماندهای شهری، همواره با معضل جدی روبه رو بوده که پسماندهای ویژه نیز خود مزید بر این معضلات و مشکلات بوده اند. این مساله و اهمیت توجه به سلامت شهروندان و محیط زیست آنها باعث شد تا سازمان مدیریت پسماند شهرداری اسلامشهر طی برنامه ای جدی و عملیاتی، رفع این مشکل را در دستور کار خود قرار دهد. این کار با ورود شبکه بهداشت و درمان و اداره محیط زیست این شهرستان و کمیته بهداشت و درمان فرمانداری وارد فاز جدیدی شد.

در این گزارش سعی شده است که تجربه سازمان مدیریت پسماند شهرداری اسلامشهر در اجرای قانون مدیریت پسماند در راستای بی خطر سازی پسماندهای این حوزه ارائه گردد.

موضوع پسماند مقوله جدیدی نیست. این واژه همزمان با ایجاد شهرنشینی با زندگی انسان ها گره خورده و راه های جمع آوری، حمل و امحای آن نیز به مساله های مهم در مدیریت شهرها تبدیل شده است. با گسترش زندگی شهری و رشد روزافزون مصرف، گزایی در فرهنگ های مختلف، مدیریت پسماندهای شهری نیز اشکال پیچیده ای به خود گرفته است. به نحوی که امروزه وجود تنوع مواد دفعی در قالب پسماندها، خود موضوع مهم دیگری است که بر سایر مسایل مترتب در این زمینه افزوده شده و بی تردید به یکی از دغدغه های مهم در مدیریت شهرها تبدیل شده است.

آلودگی های ناشی از پسماند عادی خود به تنهایی تهدیدی برای بهداشت عمومی محسوب می شود و این در حالی است که ترکیب این پسماندها با پسماندهای پزشکی و بیمارستانی، بهداشت عمومی را به صورت جدی تری مورد تهدید قرار می دهد؛ تا جایی که احتمال گسترش بیماری ها را افزایش داده و می تواند به صورت بالقوه، خطرات بسیاری را متوجه جوامع بشری و ساکنان شهرها و روستاها نماید. این مساله می تواند عواقب جبران ناپذیری از نظر زیست محیطی و بهداشتی داشته باشد.

به منظور جلوگیری از بروز این مسئله، راه های قانونی و علمی پیش بینی شده و نیز تکنولوژی های جدیدی وجود دارد، لکن به دلیل هزینه بر بودن، چندان مورد توجه و استقبال تولیدکنندگان پسماندهای بیمارستانی و پزشکی قرار نمی گیرند.

ادامه روند تولید این پسماندها و بی تفاوتی تولیدکنندگان آنها نسبت به تفکیک این زباله ها از پسماندهای شهری و یا حتی بی خطر سازی آنها به مرور مسئله جدی را پیش روی بهداشت عمومی قرار می دهد و مسایل جدی تری را نیز به دنبال خواهد داشت.

ترکیب پسماندهای بیمارستانی و پزشکی با پسماندهای شهری مشکلات عدیده ای با خود به همراه دارد که می تواند سرعت

بی‌خطر سازی پسماندهای ویژه دو دلیل قابل توجه داشته است؛ اول اهتمام و اراده جدی سازمان مدیریت پسماند برای اجرای قانون در این حوزه و دیگری هماهنگی و همراهی دستگاه‌های بهداشت، درمان و حفاظت از محیط زیست شهرستان در اجرای قانون یاد شده.

وقتی زنگ خطر به صدا در آمد

همانگونه که گفته شد، اسلامشهر شرایط مناسبی از نظر مکان و شرایط جغرافیایی برای دفن پسماندهای شهری ندارد و از سوی دیگر قرار گرفتن این شهرستان در حصار زمین‌های کشاورزی دایر و همچنین بهره برداری از آب‌های زیر زمینی برای مصارف شرب و کشاورزی باعث شده است تا دفن پسماندها به مسأله ای ویژه برای مدیریت شهری این شهر تبدیل شود.

وجود دهها مرکز بهداشتی و درمانی کوچک و بزرگ و همچنین دو بیمارستان در این شهرستان و نبود ساز و کار تفکیک و بی‌خطر سازی زباله‌های پزشکی و ترکیب ناگزیر این پسماندها با پسماندهای شهری و دفع همزمان آنها، مسأله ساده‌ای نبود که بتوان از کنار آن عبور کرد. علاوه بر اینها احتمال بروز خطرات حین کار برای کارکنان خدمات شهری و بروز خراش و زخم حین دفع پسماندها و احتمال انتقال بیماری از طریق پسماندهای عفونی و همچنین احتمال بروز همین خطر برای کسانی که پسماندهای شهری را برای به دست آوردن مواد قابل بازیافت واکلوی می‌کنند، مسأله‌ای بودند که اهمیت مسأله را دو چندان می‌کردند.

با این حال موضوع دیگری که باعث افزایش نگرانی‌ها و به صدا در آمدن زنگ خطر و هشدار در این زمینه بود، اختلاط این زباله‌ها با زباله‌های شهری و دفن همزمان آنها بدون بی‌خطر سازی این پسماندها و در نتیجه احتمال انتقال بیماری‌ها و عفونت‌ها به منابع زیر زمینی آب بود که طبیعتاً می‌توانست با انتقال به زمین‌ها و محصولات کشاورزی

دسته گسترش بیماری‌ها و آلودگی‌ها را افزایش دهد.

همه این عوامل دست به دست هم داد تا سازمان مدیریت پسماند شهرداری اسلامشهر، بی‌خطر سازی و تفکیک پسماندهای ویژه را در دستور کار خود قرار دهد و از آنجایی که قانون مدیریت پسماند، بی‌خطر سازی و تفکیک این پسماندها را وظیفه تولیدکنندگان آن می‌داند، لازم بود تا مسأله از طریق سایر نهادهای مرتبط پیگیری شود و همین شد که شبکه بهداشت و درمان و اداره حفاظت از محیط زیست شهرستان اسلامشهر وارد کار شدند.



قانون چه می‌گوید؟

در بیستم اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۳ قانون مدیریت پسماندها در مجلس شورای اسلامی توسط نمایندگان مردم، مشتمل بر ۲۳ ماده و ۹ تبصره تصویب و در ۲۵ خرداد ماه همان سال و پس از تأیید شورای نگهبان به دستگاه‌های اجرایی ابلاغ شد.

در پی تصویب و ابلاغ این قانون به سازمان حفاظت از محیط زیست و وزارت کشور، در مرداد ماه سال ۱۳۸۴ آیین‌نامه اجرایی این قانون نیز به تصویب هیئت وزیران رسید و در سال ۱۳۸۸ نیز دو اصلاحیه به آن افزوده شد.

در کنار این قانون که صراحتاً در ماده ۷ آن مسئولیت مدیریت اجرایی پسماندهای صنعتی و ویژه (بیمارستانی و پزشکی) را به عهده تولیدکنندگان این مواد گذاشته است، ماده ۶۸۸ قانون مجازات اسلامی نیز هر اقدامی که علیه بهداشت عمومی شناخته شود را با تشخیص مراجع ذیصلاح، جرم دانسته و برای آن مجازات تعیین کرده است.

حال با توجه به اینکه مسئولیت تشخیص این امر به عهده وزارت بهداشت و به تبع آن شبکه بهداشت بوده و مسئولیت نظارت بر مراکز بهداشتی و درمانی نیز بر عهده همین نهاد است، چگونه می‌توان بدون همراهی و همسویی این دستگاه مهم، تصمیم قطعی برای اجرای این قانون اتخاذ کرد؟

ناهماهنگی میان دو دستگاه مدیریت شهری و شبکه بهداشت، عمده‌ترین دلیل اجرایی نشدن این قانون در بسیاری از شهرها بوده است؛ در حالی که تجربه موفق شهرستان اسلامشهر در



گام ۱: تأسیس بیمارستان‌های پزشکی اسلامشهر

پس از ایجاد عزم جدی برای رفع معضل بیمارستان‌های پزشکی در سازمان مدیریت بیمارستان‌های اسلامی اسلامشهر، سه گام اساسی برای حل مسأله برداشته شد که در ادامه به تشریح این سه مرحله می‌پردازیم.

گام اول: تصمیم برای بی‌خطرسازی زباله‌ها

سازمان مدیریت بیمارستان‌های اسلامشهر در سال ۱۳۸۸ با رسیدن به این نتیجه که برای حفظ بهداشت عمومی و کاهش احتمال سرایت آلودگی‌های موجود در بیمارستان‌های ویژه پزشکی و بیمارستانی راهی جز بی‌خطرسازی این بیمارستان‌ها وجود ندارد، موضوع و تصمیم سازمان برای اجرای این کار را به کمیته بهداشت عمومی شهرستان منعکس نمود و به تبع آن، موضوع به شبکه بهداشت و درمان، اداره محیط زیست و پس از آن به مراکز بهداشتی و درمانی شهرستان به عنوان تولیدکنندگان بیمارستان‌های پزشکی و مسئول بی‌خطرسازی این زباله‌ها (طبق قانون) اعلام شد.

در این مرحله بیش از ۱۵ جلسه کارشناسی، تخصصی و میدانی با حضور کارشناسان فرمانداری، شهرداری، شبکه بهداشت و درمان و اداره محیط زیست برگزار شد که نتیجه آن تصمیم‌گیری قطعی و نهایی برای اجرای این قانون بود.

گام دوم: اطلاع‌رسانی و تعیین ضرب‌الاجل

اطلاع‌رسانی به مراکز بهداشتی و درمانی در خصوص وظیفه قانونی آنها برای بی‌خطرسازی بیمارستان‌های پزشکی، گام بعدی در اجرای این تصمیم بود. بر همین اساس تصمیم سازمان مدیریت بیمارستان‌ها در خصوص عدم جمع‌آوری زباله‌های پزشکی به همه مراکز تولیدکننده این بیمارستان‌ها ابلاغ شد. بخشی از این تصمیم مربوط به ضرب‌الاجلی بود که برای جمع‌آوری این بیمارستان‌ها مشخص شد و سازمان بیمارستان‌ها طی مکاتباتی در مرحله نخست، شش ماه و در مرحله بعدی در دو مهلت سه ماهه و در مجموع یک سال از جمع‌آوری این بیمارستان‌ها به همراه بیمارستان‌های شهری خودداری کرد.

گفتنی است که دلیل طولانی شدن مهلت این ضرب‌الاجل‌ها، آماده نشدن زیرساخت‌های لازم برای اجرایی شدن طرح بی‌خطرسازی بیمارستان‌های موضوع این طرح بود که همزمان با اعلام این ضرب‌الاجل‌ها و در فاز عملیاتی اجرای طرح، زیرساخت‌های لازم برای اجرای نهایی فراهم شد.

گام سوم: فاز عملیاتی

پس از بررسی‌های میدانی و کارشناسی فراوان، طرح بی‌خطرسازی

بیمارستان‌های پزشکی وارد فاز اجرایی شد. گام نهایی در اجرای این قانون در چهار بخش مهم و ساختاری برداشته شد که به قرار زیر است:

۱. در مرحله نخست و پس از جدی شدن ضرب‌الاجل‌ها در خصوص خودداری از جمع‌آوری بیمارستان‌های پزشکی، مراکز درمانی و بهداشتی آمادگی خود را برای پیوستن به این طرح و انجام وظیفه قانونی اعلام کردند.
۲. از آنجایی که لوازم و تجهیزات مربوط به فرآیند بی‌خطرسازی بیمارستان‌های پزشکی هزینه بسیار بالایی را می‌طلبید، لذا موضوع

و درمانی و بیمانکار فراهم شد. همچنین همکاری هایی نیز برای تعیین مکان مناسب جهت نصب دستگاه بی خطر سازی پسماندها انجام شد.

۳. مرحله بعدی اجرای طرح بی خطر سازی پسماندهای پزشکی، ایجاد زیرساختها و ضرورت های اجرای طرح بود. تهیه و نصب ظروف مخصوص نگهداری از پسماندهای پزشکی و ایجاد مکانیزم دقیق و کنترل شده جمع آوری و حمل این ظروف به مرکز بی خطر سازی زباله ها در این بخش به اجرا رسید.

در این بخش طبق زمان بندی تعیین شده عوامل مرکز بی خطر سازی پسماندها به مراکز بهداشتی و درمانی مراجعه نموده و بر اساس دستورالعمل های بهداشتی و فنی مربوطه اقدام به توزین و جمع آوری پسماندها در ظروف و یا بسته بندی های استاندارد می نمایند.

سپس پسماندها به مرکز بی خطر سازی منتقل شده و بعد از انجام عملیات بی خطر سازی به پسماندهای قابل حمل توسط عوامل خدمات شهری تبدیل می شوند که طی فرآیندی همچون پسماندهای خانگی توسط عوامل شهرداری جمع آوری شده و به محل دفن پسماندهای شهری منتقل می شوند.

همچنین موضوع آموزش پرسنل مراکز بهداشتی و درمانی و کارکنان و عوامل اجرایی بی خطر سازی زباله های پزشکی، انجام معاینات دوره ای و واکسیناسیون برای عوامل اجرایی طرح و تعیین برنامه زمان بندی جهت جمع آوری پسماندها در این مرحله مورد توجه قرار گرفته و با همکاری شبکه بهداشت و درمان اجرایی شد.

۴. گام نهایی در اجرایی شدن این طرح، موضوع بازرسی و کنترل نحوه اجرا بود که از زمان آغاز اجرای طرح تاکنون به صورت دقیق و کنترل شده ادامه دارد.

در این بخش، بازرسی های دقیق و دوره ای از مراکز درمانی به همراه بررسی مدارک و رسیدهای تحویل پسماندها، پیگیری گزارش پرسنل جمع آوری کننده پسماندهای عادی در خصوص مشاهده پسماندهای پزشکی در پسماندهای عادی، بازرسی از وسیله نقلیه حمل کننده پسماندهای پزشکی و نظارت بر رعایت اصول بهداشتی و ایمنی توسط کارکنان عوامل اجرایی بی خطر سازی به صورت همزمان انجام می شود.

نظارت دقیق و بازرسی های ویژه در خلال اجرای این طرح موجب می شود تا همواره اعتماد لازم نسبت به اجرای دقیق برنامه بی خطر سازی پسماندهای پزشکی وجود داشته باشد.



به صورت ویژه توسط کارشناسان مورد بررسی قرار گرفته و از آنجایی که میزان پسماندهای تولید شده در این مراکز میزان زیادی نبود، مقرر شد تا کار به بخش خصوصی واگذار شود. در این مرحله پس از شناسایی پیمانکاران واجد شرایط و دارای تأییدیه از مراجع ذیصلاح موضوع ماده ۳ آیین نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها و معرفی آن به دانشگاه علوم پزشکی جهت دریافت پروانه، زمینه های عقد قرارداد میان مراکز بهداشتی

اغلب مراکز درمانی سرپایی پسماندهای کمی تولید می کنند، تهیه این دستگاه برای آنها مقرون به صرفه نیست و اغلب حتی توان خرید چنین دستگاهی را ندارند. سازمان مدیریت پسماند شهرداری اسلامشهر برای مقابله با این مشکل، با همکاری کمیته بهداشت و درمان شهرستان و حمایت شبکه بهداشت و درمان، توانست طی هماهنگی های به عمل آمده، بستری را برای حضور بخش خصوصی فراهم نماید تا ضمن کاهش هزینه های مراکز بهداشتی و درمانی، عملیات بی خطر سازی بر اساس استانداردهای موجود نه اجرا برسد. مساله بعدی مقاومت برخی مراکز بهداشتی و درمانی در برابر اجرای این طرح بود که این مساله پیرو مصوبات و الزام کمیته بهداشت و درمان و با استناد به قوانین مربوط به مدیریت پسماند، به صورت ضرب الاجل در خودداری از جمع آوری پسماندهای پزشکی و همکاری شبکه بهداشت و درمان و سایر نهادها همچون فرمانداری، شهرداری و اداره محیط زیست به اجرا درآمد.

موضوع اصلی در این رابطه، بی توجهی به اثرات خطر آفرین و نگران کننده حمل و دفن همزمان پسماندهای پزشکی و شهری است. همانطور که اشاره شد مسئولیت بی خطر سازی این پسماندها به عهده تولیدکنندگان آنهاست در حالی که به دلیل کم توجهی مجریان این قانون و همچنین هزینه بر بودن اجرای طرح، اغلب مورد توجه قرار نمی گیرد. علاوه بر این، در نظر گرفتن برخی ملاحظات در اجرای این طرح باعث عقب نشینی مجریان قانون می شود که در این مورد لازم است تا خطرات و آسیب های فزاینده زیست محیطی و بهداشتی به همه نهادها و افراد ذیربط معرفی شود.

سازمان مدیریت پسماند شهرداری اسلامشهر خوشبختانه با برگزاری جلسات متعدد و ارائه نکات آموزشی و هشدارهای لازم موفق به جلب نظر همه نهادهای ذیربط شد که در نهایت با همکاری و مشارکت شبکه بهداشت و درمان، اداره محیط زیست و فرمانداری اسلامشهر، موفق به اجرای طرح بی خطر سازی پسماندهای پزشکی در این شهرستان شد.

آنچه در این میان از اهمیت بالایی برخوردار است، توجه جدی به سلامت شهروندان و انجام وظایف قانونی و انسانی در این مورد است. دستگاه های مربوطه در شهرستان اسلامشهر با همدلی و اجماع نشان دادند که سلامتی شهروندان برای آنان اهمیت دارد و مسئولیت های اجتماعی و قانونی در قبال سلامت شهروندان و حفظ و حراست محیط زیست با هیچ مصلحتی جایگزین نمی شود.

در کنار مراکز بهداشتی و درمانی دایر در شهرستان اسلامشهر، دو بیمارستان در این شهرستان فعال هستند که بیمارستان امام زمان (عج) به عنوان یک بیمارستان تازه تاسیس از بدو راه اندازی مجیز به دستگاه بی خطر سازی پسماند بوده است و بیمارستان امام رضا (ع) به عنوان بیمارستان دیگر این شهرستان نیز از ابتدای سال ۱۳۸۸ و با پیگیری های کمیته بهداشت و درمان شهرستان اسلامشهر، با جمع آوری کوره زباله سوز، بی خطر سازی پسماندهای تولیدی خود را از طریق دستگاه هیدروکلرو که به تازگی به آن مجهز شده است انجام می دهد.

روند بی خطر سازی پسماندهای پزشکی

پس از ورود بخش خصوصی و عقد قرارداد بین پیمانکار و مراکز بهداشتی و درمانی، چرخه ای برای بی خطر سازی این پسماندها تعریف و عملیاتی شد که بر اساس آن مراحل اجرای کار از جمع آوری تا انتقال به مراکز دفن پسماندها پیش بینی شده است. اقداماتی که در این مسیر انجام می شود به شرح زیر است:

۱. جمع آوری پسماندها توسط مراکز درمانی و بهداشتی در بسته بندی های استاندارد و یا ظروف مخصوص نگهداری پسماندهای پزشکی.
۲. مراجعه عوامل مرکز بی خطر سازی پسماندها به مراکز بهداشتی و درمانی و توزین و تحویل پسماندها به روش کاملاً کنترل شده و بهداشتی.
۳. حمل و انتقال این پسماندها توسط خودروی ویژه که توسط پیمانکار اختصاصی یافته است.
۴. تحویل به مرکز بی خطر سازی پسماندها در بسته بندی های استاندارد و اجرای عملیات بی خطر سازی توسط دستگاه های پیشرفته و مناسب.
۵. تحویل به عوامل شهرداری و انتقال به مراکز دفن پسماندهای شهری.

موانع و چالش های اجرای طرح

بی خطر سازی پسماندهای پزشکی علیرغم وجود اهمیت زیست محیطی و بهداشتی و با وجود تصریح قانون بر انجام این کار، به دلایلی معمولاً با موانع و چالش هایی روبرو می شود. مهمترین مانع پیش روی این کار ناتوانی مراکز کوچک برای خرید دستگاه های بی خطر سازی پسماندها است. این در حالی است که

ضوابط زیست محیطی محل های دفن پسماند عادی

این ضوابط به استناد ماده ۱۲ قانون و ماده ۲۳ آیین نامه اجرایی مدیریت پسماندها و به منظور کاهش اثرات مخرب زیست محیطی فعالیت ها مکان ها و تأسیسات مرتبط با پردازش و دفع پسماندهای عادی از جمله کلیه محل های دفن و بازیافت تهیه گردیده است.

ماده ۱۰: محل دفن نباید در منطقه ای انتخاب شود که در آن سطح آب زیرزمینی در ۱۰ سال گذشته، در عمق کمتر از ۵ متر بوده است. **تبصره:** در طراحی مهندسی محل دفن، گودبرداری به گونه ای صورت پذیرد که پایین ترین بخش محل دفن، با سطح آب های زیر زمینی دراز مدت منطقه حداقل ۲ متر فاصله داشته باشد.

ماده ۱۱: محل دفن باید حداقل یک کیلومتر از سازه های هیدرولوژیکی فاصله داشته باشند.

ماده ۱۲: محل دفن نباید در شاخه های اصلی خشک یا آبی منتهی به سدها انتخاب شوند.

ماده ۱۳: محل دفن نباید در مناطقی با احتمال بروز بهمین، سیل، رانش زمین، مناطق نابایندر و سایر حوادث غیر مترقبه طبیعی واقع شوند.

ماده ۱۴: احداث مراکز دفن در دره ها و مناطقی با سنگ پستر درشت دانه و متخلخل، مخروط افکنه، دارای پی سنگ آهکی و دولومینی، کارستی، سنگ های انحلال پذیر و گنبد های نمکی ممنوع است.

ماده ۱۵: مکان دفن نباید در مسیر و حریم گسل های فعال شناخته شده و گسل های پنهان قرار داشته باشد.

ماده ۱۶: محل دفن باید ۲۰۰ متر از محدوده های قابل پیش بینی برای خطرات زمین لرزه فاصله داشته باشد.

ماده ۱۷: مساحت منطقه انتخابی به عنوان محل دفن باید به اندازه ای باشد که بر اساس برآورد کمی تولید پسماند، دوره دفن حداقل ۱۰ ساله را پوشش دهد.

ماده ۱۸: احداث محل های دفع بر روی ذخایر معدنی ممنوع است.

ماده ۱۹: از نظر بادهای غالب، محل های دفع نباید در بالادست مناطق جمعیتی واقع شوند.

ماده ۲۰: محل دفع نباید در داخل مناطق حفاظتی تحت پوشش سازمان قرار داشته باشد.

ماده ۱: تعاریف و اصطلاحات بکار رفته در این ضوابط، همان تعاریف مندرج در قانون و آیین نامه اجرایی مدیریت پسماندها می باشد.

ماده ۲: در انتخاب محل دفن پسماندهای عادی، باید کلیه معیارهای زیست محیطی، زمین شناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، اقلیمی، خاکشناسی، مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان، حریم خطوط انتقال مواد نفتی، آب و نیرو، راه های دسترسی، مناطق جمعیتی و سایر معیارهای مندرج در این ضوابط در نظر گرفته شوند.

ماده ۳: محل های دفن نباید در مسیر و حریم رودخانه های فصلی و دائمی، سیل ها و آبراه های منتهی به رودخانه ها واقع شوند.

ماده ۴: محل های دفن بایستی خارج از محدوده سیلاب با دوره بازگشت سیل ۱۰۰ ساله واقع گردد.

ماده ۵: انتخاب محل های دفن در مناطقی مانند تالابها، باتلاق ها، مرداب ها، دریاچه ها و برکه ها و موارد مشابه ممنوع است.

تبصره: محل دفن باید حداقل یک کیلومتر از مناطق باد شده فاصله داشته باشد.

ماده ۶: محل دفن باید حداقل یک کیلومتر از آب های جاری فاصله داشته باشد.

ماده ۷: محل دفن باید حداقل یک کیلومتر از سواحل شمالی و جنوبی کشور فاصله داشته باشد.

ماده ۸: محل دفن نباید روی آبخوان هایی که منبع تأمین آب منطقه هستند انتخاب شوند.

تبصره: محل های دفن نباید در فاصله کمتر از ۴۰۰ متر از هر گونه چاه آب و یا در بالادست چاه های آب شرب قرار داشته باشد.

ماده ۹: محل های دفن نباید در منطقه ای که بعنوان تغذیه آب های زیر زمینی محسوب می شود واقع شود.



تبصره: در محدوده حداقل ۵۰۰ متری از مرز محل دفع پسماندها نباید هیچ گونه توسعه مسکونی صورت گیرد.

ماده ۲۸: محل های دفع باید حداقل ۵۰۰ متر از خطوط انتقال نیرو، نفت و گاز فاصله داشته باشند.

ماده ۲۹: دفن پسماندهای ویژه، بیمارستانی و تخلیه انواع فاضلاب در محل دفن پسماندهای عادی ممنوع است.

ماده ۳۰: مدیریت های اجرایی پسماند حداقل ۲ سال مانده به پایان زمان بسته شدن محل های دفن موجود، با رعایت ضوابط زیست محیطی، نسبت به انتخاب و معرفی مکان جدید در قالب طرح جامع مدیریت پسماند با تأیید کار گروه استانی و نظارتی عالی وزارت کشور و نیز ارائه طرح تعطیلی و بازگردانی محل دفن (restoration) به سازمان اقدام نمایند.

ماده ۳۱: سوزاندن پسماندها در فضای آزاد (Open Space Burning) در محل های دفع ممنوع است.

ماده ۳۲: با توجه به محدودیت های مکانی، زمین شناسی، توپوگرافی و قلمی در استان های شمالی کشور، کار گروه استانی مدیریت پسماند می تواند ضوابط محلی ماده های ۶، ۷ و ۱۰ و تبصره ماده های ۵ و ۸ را تعیین و جهت تصویب به شورای عالی حفاظت محیط زیست ارسال نماید.

ماده ۳۳: بسته شدن محل دفن باید ظرف مدت ۱ سال پس از توقف عملیات دفن انجام شود و پایش محل دفن باید به مدت ۱۵ سال بعد از تعطیلی آن انجام گردد.

ماده ۳۴: نظارت بر حسن اجرای این ضوابط بر عهده سازمان است.

تبصره: محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از مناطق فوق فاصله داشته باشد.

ماده ۳۱: از نظر زیبایی شناختی، به گونه ای عمل شود که محل دفن از مناطق جمعیتی، راهها، نر جگه ها و مانند آنها چشم انداز نداشته باشند.

ماده ۳۲: محل دفع باید از حریم فرودگاه های بین المللی و محلی به ترتیب ۸ و ۳ کیلومتر فاصله داشته باشد.

ماده ۳۳: برای دسترسی آسان به محل دفع پسماندها، جاده دسترسی با شرایط زیر در نظر گرفته شود:

الف: عرض جاده دسترسی در شهرها حداقل ۶ متر و در روستاها حداقل ۴/۵ متر باشد.

ب: حداقل ترافیک را داشته باشند.

ج: در تمام شرایط آب و هوایی فصول سال قابل استفاده باشد.

ماده ۳۴: فاصله جاده دسترسی تا منطقه مسکونی باید بگونه ای باشد که فعالیت های حاصل از رفت و آمد و عملیات دفع برای منطقه آلودگی صوتی ایجاد نکند.

ماده ۳۵: زمین های شامل مکان های باستانی و تاریخی که در فهرست آثار تاریخی - ملی قرار دارند، نباید به عنوان محل دفع انتخاب شوند و حداقل فاصله محل های دفع یا مرکز تاریخی و باستانی باید ۳ کیلومتر باشند.

ماده ۳۶: مراکز دفع باید از جاده اصلی، بزرگراهها و آزادراهها، حداقل ۳۰۰ متر فاصله داشته باشد.

ماده ۳۷: محل دفع باید حداقل ۱ کیلومتر با مناطق موجود یا توسعه آتی مسکونی، بیمارستانی، آموزشی، زبارتی، تجارتی و صنعتی فاصله داشته باشد.

گزارش اولین همایش بین‌المللی و ششمین همایش ملی مدیریت پسماند

دبیر خانه همایش مدیریت پسماند



مقدمه

بر اساس مفاد اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، حفظ محیط زیست یک وظیفه عمومی تلقی می‌گردد، زیرا محیط زیست به عنوان پدیده‌ای نه فقط برای نسل امروز بلکه برای ادامه حیات آیندگان باید حفظ شود. این در حالی است که امروزه توسعه سریع شهرها، روستاها و صنایع و پدنیال آن مصرف بی‌رویه منابع و تغییر الگوهای مصرف، باعث بوجود آمدن بحران‌های عظیمی گردیده است که محیط زیست، بهداشت و سلامتی انسانها، بویژه شهرنشینان را در معرض مخاطرات زیست محیطی فراوانی قرار داده است که از آن جمله می‌توان به تولید حجم انبوهی از انواع پسماندها و دفع بعضاً نامناسب آنها اشاره کرد که دست اندرکاران امر را بر آن داشته است تا با اتخاذ روش‌های اصولی و رعایت قوانین و مقررات مربوطه نسبت به رفع مشکلات پیش آمده و جلوگیری از بروز معضلات آتی اقدام نمایند.

در این راستا با تصویب قانون مدیریت پسماند در سال ۱۳۸۳ و آیین‌نامه اجرایی آن در سال ۱۳۸۴، وظایف و مسئولیت‌های قانونی متعددی بر عهده دستگاههای مختلف اجرایی، شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور در خصوص مدیریت بهینه پسماند گذاشته شد که در سالهای گذشته تلاش‌های فراوانی در این زمینه انجام شده ولی دستیابی به وضعیت مطلوب، مستلزم همت و تلاشی مضاعف است که شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور با یاری فرهیختگان و فناوران و قلم به‌دستان بتوانند جامعه را به سوی توسعه پایدار و حفظ منابع هدایت نمود و با اصلاح فرآیند چرخه مواد و افزایش مشارکت شهروندان در کاهش تولید پسماند، تفکیک از مبدا، جمع‌آوری مکتبیره و دفع مهندسی پسماندها شاهد محیط پاک، سالم و شکوفا باشیم. به این منظور سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور با همکاری سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد و مشارکت سازمان حفاظت محیط زیست، مراکز علمی، دانشگاهی، پژوهشی و اجرایی کشور به مناسبت بزرگداشت روز جهانی زمین پاک نسبت به برگزاری اولین همایش بین‌المللی و ششمین همایش ملی مدیریت پسماند با هدف زمینه‌سازی لازم جهت فائق آمدن بر مشکلات موجود در شهرها و روستاهای کشور در زمینه مدیریت بهینه پسماندها مینویسند.



جهت چاپ حائز امتیاز علمی لازم شدند. با توجه به محدودیت های زمانی و مکانی جهت ارائه تمامی مقالات پذیرفته شده در نهایت با تصمیم کمیته علمی همایش ۱۲ مقاله جهت ارائه شفاهی در روز همایش و ۴۸ مقاله نیز جهت ارائه بصورت پوستر در ایام همایش انتخاب گردید. لازم به ذکر است که همزمان با برگزاری همایش، ۵ کارگاه تخصصی بین المللی و ملی در حوزه مدیریت پسماند به شرح برگزار می گردد. همچنین نمایشگاه تخصصی در خصوص ارائه آخرین دستاوردهای حوزه مدیریت پسماند در جنب همایش بصورت همزمان برگزار می گردد.

بر استفاده از آخرین دستاوردهای علمی، تحقیقاتی و اجرایی اقدام نموده است. با تلاش های بی وقفه تلاشگران سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد در دبیرخانه همایش در مجموع ۸۸۴ چکیده مقاله در موضوعات ارائه شده به دبیرخانه همایش ارسال گردید که پس از داوری چکیده مقالات توسط ۵۴ نفر از اساتید منتخب سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور در حوزه مدیریت پسماند، تعداد ۶۸۴ چکیده مقاله مورد پذیرش قرار گرفته که پس از داوری اصل مقالات رسیده به تعداد ۵۵۴ عدد، تعداد ۴۴ مقاله جهت ارائه بصورت شفاهی، ۱۹۴ مقاله جهت ارائه بصورت پوستر و تعداد ۲۰۲ مقاله



کارگاه های همایش:

ردیف	نوع کارگاه	موضوع آموزشی	ارائه دهنده
۱	بین المللی	مدیریت شیرابه در سایت های دفن و دفع پسماندها	استاد مدعو از کشور آلمان
۲	بین المللی	(Thermal treatment) و زباله سوزی	استاد مدعو از کشور کانادا
۳	مللی	تبیین استراتژی مدیریت پسماند عادی کشور	مدیران و اساتید حوزه مدیریت پسماند کشور
۴	مللی	تجربیات موفق در مدیریت پسماندهای روسازی	مدیران و اساتید حوزه مدیریت پسماند کشور
۵	مللی	تجربیات موفق در استحصال انرژی	سازمان انرژی های نو ایران (ساتا)

آغاز ساخت کارخانه های زیاله سوز در شهرهای ساری و نوشهر

این مشکل را به فرصت تبدیل نمایند و حتی در مرکز شهر و یا در جنگل نیز کارخانه تولید برق از زیاله وجود دارد.

معاون استاندار مازندران به زیباییهای طبیعی مازندران اشاره کرد و گفت: مازندران با وجود چشم اندازهای زیبا و منابع طبیعی حفاظت شده و با ارزش، ساخت کارخانه تولید برق با سوخت زیاله بهترین روش خواهد بود.

وی با بیان اینکه حفظ منابع طبیعی وظیفه همه مردم کشور است و شهروندان مازندرانی با داشتن دریا و جنگل وظیفه سنگین نوری را به دوش می کشند افزود: دفن زیاله در مازندران مشکلاتی را به وجود آورده که با ساخت کارخانه زیاله سوز و تولید برق از آن ضمن تولید انرژی پاک از زیاله، تهدیدها به فرصت تبدیل می شود.

معاون امور عمرانی استانداری مازندران از اختصاص اعتبار ۱۴۰ میلیاردی برای ساخت کارخانه زیاله سوز شهر ساری و اعتبار ۷۰ میلیارد ریالی زیاله سوز نوشهر خبر داد.

سید عیسی هاشمی درباره ساخت کارخانه تولید برق با سوخت زیاله به جذب اعتبارات اولیه ساخت کارخانه زیاله سوز ساری و نوشهر اشاره کرد و گفت: اعتبار اولیه ساخت نیروگاه برق با سوخت زیاله در ساری و نوشهر، بخشی از اعتبار محقق شده است.

وی تصریح کرد: ساخت این کارخانه طبق برترین فناوری روز دنیا و با بالاترین استانداردهای زیست محیطی انجام خواهد شد.

هاشمی درباره اینکه آیا از این نوع فناوری کارخانه سوخت زیاله برای تولید برق در جهان وجود دارد یا خیر پاسخ داد: در کشورهای پیشرفته دنیا از این روش برای حل مشکل زیاله استفاده می کنند تا

برگزاری همایش بین المللی مدیریت پسماند و محیط زیست در انگلستان

WASTE MANAGEMENT 2012
6th International Conference on Waste Management and the Environment
4-8 July, 2012
New Forest, UK

Organized by:
Wessex Institute of Technology, UK
Sponsored by:
WIT Transactions on Ecology and the Environment

موسسه فناوری وسکس یا همکاری سایر موسسات مرتبط، ششمین همایش بین المللی مدیریت پسماند و محیط زیست را به صورت دو سالانه، طی روزهای ۱۴ تیر تا ۱۶ تیر ۱۳۹۱ (۴ ژوئیه تا ۶ ژوئیه سال ۲۰۱۲) در نیوفورست انگلستان برگزار می کند. این کنفرانس ادامه موفقیت آمیز همایش های برگزار شده پیشین در شهرهای کادیز^۱ اسپانیا (۲۰۰۲)، رودز^۲ یونان (۲۰۰۴)، مالت^۳ (۲۰۰۶)، گرانادا^۴ اسپانیا (۲۰۰۸) و تالین^۵ استونی (۲۰۱۰) می باشد.

محیط مدیریت پسماند در حال تبدیل شدن به یکی از مشکلات مهم در جهان کنونی است. در حال حاضر این موضوع، مسئلهای است که با حجم و پیچیدگی پسماندهای دور ریخته شده توسط منابع خانگی و صنعتی جامعه شدت یافته است. متأسفانه، بسیاری از شیوههایی که در گذشته مورد تأیید بودند، راهکارهایی کوتاه مدت و بدون دانش کافی درباره پیامدهای دراز مدت بر سلامتی و محیط زیست ارائه کردهاند. ششمین همایش بین المللی مدیریت پسماند و محیط زیست، پیشرفته ترین پژوهش ها و برنامه های کاربردی در این زمینه را ارائه خواهد کرد. محورهای همایش مذکور موارد ذیل را بر می گیرد:

1. Wessex
2. New forest

3. Cádiz
4. Rhodes

5. Malta
6. Granada

7. Tallinn

- کاهش، استفاده مجدد و بازیافت
- مدیریت پسماندهای صنعتی
- زیست پالایی پیشرفته
- هزینه و منافع استفاده از گزینه‌های مدیریت پسماند
- پسماندهای پزشکی
- اثرات زیست محیطی
- طراحی، ساخت و پایش محل‌های دفن پسماند
- پسماندهای معدنی
- بازیابی منابع و انرژی
- سوزاندن و گازی‌سازی پسماند
- پسماندهای کشاورزی
- تبدیل پسماند به انرژی
- پسماندهای هسته‌ای و خطرناک
- تصفیه فاضلاب
- فناوری‌های پیشرفته

تهیه و تدوین دستورالعمل‌های مرتبط با آیین نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها

دستورالعمل‌های مواد ۵ و ۶ آیین نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها توسط پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور در حال تهیه و تدوین است. در این راستا دستورالعمل مکانیابی، احداث و راهبری مراکز دفن پسماندهای عادی دارای پیش نویس دستورالعمل بوده و در حال بررسی می باشد. پیش بینی می گردد که این دستورالعمل در شش ماه اول سال جاری به استانداری‌های سراسر کشور ابلاغ گردد. دستورالعمل تهیه کمپوست از پسماندهای عادی شهری نیز با ۵۰ درصد پیشرفت در دست انجام است و بر طبق پیش بینی‌های صورت گرفته این دستورالعمل در شش ماه اول سال ۱۳۹۱ آماده ابلاغ خواهد بود. دستورالعمل اجتناب و کاهش از تولید پسماندهای عادی و دستورالعمل جمع‌آوری جزء ویژه پسماندهای عادی با ۲۰ درصد پیشرفت در دست انجام است. دستورالعمل مکانیابی، احداث و راهبری ایستگاه‌های انتقال پسماندهای عادی با ۱۵ درصد پیشرفت انجام شده است. آخرین وضعیت دستورالعمل‌های مرتبط با مواد ۵ و ۶ آیین نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها در جدول ذیل ارائه شده است.

ردیف	ساده قانونی	عنوان دستورالعمل	وضعیت پروژه
۱	ماده ۵ آیین نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها	دستورالعمل تهیه بیوکمپوست خانگی در روستاهای کشور	دستورالعمل نهایی تهیه شده و در حال انجام مقدمات برای ابلاغ می باشد.
		دستورالعمل پردازش، جداسازی و بازیافت پسماندهای عادی در سطح روستاهای کشور	دستورالعمل نهایی تهیه شده و در حال انجام مقدمات جهت ابلاغ می باشد.
		دستورالعمل نحوه آموزش مدیریت‌های اجرایی پسماندهای عادی	پروژه در دست انجام است.
		دستورالعمل مکانیابی، احداث و راهبری ایستگاه‌های انتقال پسماندهای عادی	پروژه با ۱۵ درصد پیشرفت در دست انجام است.
		دستورالعمل مکانیابی، احداث و راهبری مراکز دفن پسماندهای عادی	پیش نویس دستورالعمل آماده شده و در حال بررسی می باشد.
		دستورالعمل تهیه کمپوست از پسماندهای عادی شهری	پروژه با ۵۰ درصد پیشرفت در دست انجام است.
		دستورالعمل مکانیابی، احداث و راهبری مراکز پردازش مکانیکی پسماندهای عادی	پروژه با ۳۵ درصد پیشرفت در دست انجام است.
		دستورالعمل اجتناب و کاهش از تولید پسماندهای عادی	پروژه با ۲۰ درصد پیشرفت در دست انجام است.
		دستورالعمل ثبت موفت و جمع‌آوری پسماندهای عادی تفکیک شده شهری	پروژه با ۵۰ درصد پیشرفت در دست انجام است.
		دستورالعمل تولید، ذخیره سازی و حمل و جمع‌آوری پسماندهای روستایی	پروژه با ۵۰ درصد پیشرفت در دست انجام است.
۲	ماده ۶ آیین نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها	دستورالعمل دخیب سازی، جمع‌آوری و حمل پسماندهای عمرانی و ساختمانی	پروژه با ۳۰ درصد پیشرفت در دست انجام است.
		دستورالعمل جمع‌آوری جزء ویژه پسماندهای عادی	پروژه با ۲۰ درصد پیشرفت در دست انجام است.
		دستورالعمل تحویل و گذاری خدمات مدیریت پسماند به بخش خصوصی	پروژه با ۲۰ درصد پیشرفت در دست انجام است.

حمایت سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور از پروژه‌های استحصال انرژی از محل‌های دفن پسماند در شهرهای کشور

شبکه جمع‌آوری بیوگاز می‌تواند در حدود ۵۰ الی ۸۰ درصد گازهای تولیدی در یک محل دفن را بازیابی نمود.

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور با هدف پشتیبانی فنی و مالی از شهرداری‌های کشور، ضمن انعقاد تفاهم همکاری با سازمان انرژی‌های نو ایران، نسبت به اختصاص مبلغ ۱۰۰ میلیارد ریال تسهیلات به این پروژه‌ها اقدام نموده است. این تسهیلات به پروژه‌های واجد شرایط یا اولویت مشارکت بخش خصوصی پرداخت می‌گردد.

استفاده از شیوه دفن پسماندها به عنوان متداول‌ترین روش دفع در ایران، باعث شده است تا اماکن ویژه دفن پسماندها یکی از مهم‌ترین منابع انتشار گاز متان در ایران شمرده شود. یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش میزان انتشار گاز متان در محل‌های دفن، اجرای محل‌های دفن به شیوه مهندسی-بهداشتی می‌باشد. به‌طوری‌که در این اماکن سامانه جمع‌آوری و اوله‌گذاری مناسب برای استخراج و بازیابی گاز محل دفن به خوبی اجرا شده باشد. در صورت استفاده از



احداث محل دفن پسماند در شهر اهواز به روش فوکوئوکا

کشور و سایر نقاط جهان و لحاظ نمودن شرایط محیطی منطقه، تصمیم به اجرای طرح دفن پسماندها به روش "فوکوئوکا" گرفته شد. در این طرح ضمن اینکه سلفقهای برای جمع‌آوری، انتقال و کنترل شیرابه پیش‌بینی شده، به لحاظ ایجاد سلفق نیمه‌هوازی در لایه‌های پسماندهای دفن شده، میزان تولید گازهای گلخانه‌ای به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. همچنین با بهره‌مندی از سامانه کارگذاری لوله‌های عمودی در لایه‌های پسماندهای دفن شده، سایر گازهای تولید شده نیز کنترل می‌گردد، از ویژگی‌های طرح مذکور می‌توان به تصفیه بیولوژیکی شیرابه به دلیل بازجری آن در سلول‌های دفن اشاره نمود که می‌تواند هزینه تصفیه نهایی شیرابه را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. در حال حاضر پروژه مذکور در مرحله خاکریزی و تثبیت دیوارهای سلول بوده و عملیات خاکریزی و رسکوبی کف سلول‌ها و نصب لوله‌های جمع‌آوری شیرابه تا پایان اردیبهشت سال جاری به پایان می‌رسد. بر طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته کل پروژه در خرداد ماه امسال (۱۳۹۱) به بهره‌برداری خواهد رسید.

کلاتشهر اهواز روزانه ۱۲۰۰ تن از انواع پسماندهای شهری را تولید می‌کند که سرانه تولید ۹۵۰ گرم می‌باشد. محل دفن فعلی پسماندهای شهر اهواز در ۷ کیلومتر جاده اهواز به ماهشهر در محلی بنام "برومی" واقع شده است که از سال ۱۳۶۹ تاکنون از آن بهره‌برداری می‌شود. روش دفن در این محل چنین است که در هر شبانه روز، ترانه‌هایی به طول ۱۰۰ متر، به عمق ۲ متر و عرض ۴ متر حفر شده و پس از تخلیه پسماند در هر ترانه با خاک حاصل از حفر ترانه پوشش داده می‌شود و در حقیقت هیچگونه عملیات کاری برای پایش و کنترل شیرابه، گازهای گلخانه‌ای و سایر اثرات منفی زیست محیطی در این محل انجام نمی‌شود، به همین منظور سازمان مدیریت پسماند شهرداری اهواز با توجه به موارد پیشگفته و پرسیدن ظرفیت محل دفن فعلی، مکانی را در ۲۰ کیلومتری جاده اهواز به ماهشهر در محلی بنام "سفیره" به مساحت ۱۲۵ هکتار، مکانیابی و پس از انجام مطالعات ارزیابی زیست محیطی و اخذ مجوزهای لازم از همه نهادهای وابسته نسبت به محصور نمودن محل اقدام نموده است. پس از بررسی عملیات دفن پسماندهای شهری در شهرهای



۱. Fukuoka method



فراخوان مقاله فصلنامه مدیریت پسماند

فصلنامه مدیریت پسماند با هدف ارتقای سطح دانش دست اندرکاران بخش مدیریت پسماند کشور و اطلاع‌رسانی در زمینه‌ی فعالیت‌های انجام شده و گسترش پژوهش‌های بنیادی، کاربردی و توسعه، پیشبرد مرزهای دانش و به روز کردن آگاهی جامعه علمی و اجرایی از آخرین دستاوردهای علمی و فنی جهان در موضوع مدیریت پسماند از مدیران و کارشناسان مدیریت پسماند و هم‌پای متخصصانی که به نحوی فعالیت حرفه‌ای شان با موضوع مدیریت پسماند مرتبط است دعوت می‌نماید تجربیات و دیدگاه‌های خود را در قالب مقالات علمی، گزارش و ... برای بررسی و استفاده در فصلنامه ارسال دارند.



نحوه تنظیم و ارسال مقالات:

۱. مقاله‌ی ارسالی باید محتوای پژوهشی داشته و حاوی یافته‌های نوین در یکی از زمینه‌های مدیریت پسماند‌ها باشد.
۲. مقاله‌ی ارسالی نباید قبلاً ارائه یا چاپ شده باشد.
۳. مقاله‌ی با استفاده از نرم افزار word (یا فونت lotus ۱۲) تایپ شود.
۴. عنوان مقاله به صورت Bold (یا فونت lotus ۱۲) در بالای صفحه و اسامی نویسندگان همراه در زیر آن با اندازه ۱۲ تایپ و زیر نام ارائه دهنده مقاله خط کشیده شده و نام مسئول مکاتبات مقاله با ستاره مشخص شود.
۵. تصاویر مربوط با کیفیت مطلوب اسکن شده و با به صورت خام ارسال گردد.
۶. مقالات حداکثر در ۱۰ صفحه تایپ شده ارائه گردد.
۷. مقالات باید به همراه تصاویر مربوطه با کیفیت مناسب به آدرس الکترونیکی wm.journal@yahoo.com یا در قالب لوح فشرده به سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور به آدرس تهران، خیابان کارگر شمالی، بالاتر از بلوار کشاورز، پش کوچه میر، پلاک ۱۱۸۴، طبقه سوم، دفتر هماهنگی خدمات شهری، کدپستی ۱۴۱۸۷۳۳۵۱۶ ارسال گردد.



معرفی رابط فصلنامه مدیریت پسماند برای دریافت گزارش عملکرد، اخبار و ...:

- نام و نام خانوادگی رابط فصلنامه:
 - شهرداری/استانداری/سازمان مدیریت پسماند:
 - سمت:
 - تلفن:
 - شماره:
 - همراه:
 - ایمیل:
- لطفاً فرم تکمیل شده را از محل نقطه چین جدا کرده و به آدرس دفتر هماهنگی خدمات شهری سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور ارسال نمایید.

مهندسی پسماندهای جامد (شهری)

مسعود احمدی



مهندسی پسماندهای جامد (شهری)

نام کتاب:	آرن ویسیلند ویلیام ورل دنرا رینهارت
نویسندگان:	حمیدرضا پورعلاقه بتدان علی شهسواری
مترجمان:	علی حمصی زاده ساسان سامی
نمشر:	سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
شمارگان:	۲۰۰۰ نسخه در ۴۹۵ صفحه
قیمت:	۸۰۰۰۰ ریال

کتاب حاضر، یک نقش ویژه و بسیار با ارزش را در زمینه پسماند جامد، عهده دار است. کتابی است که به مدیریت پسماند، صرفاً از منظر تاریخی یا اجتماعی نگاه نمی‌کند و مطمئناً یک ملغمه ریاضی و فیزیک هم نیست. این کتابی است که باعث می‌شود تا از مهارت‌ها و دانش خود برای مشارکت در حرکت رو به جلوی سیستم‌های مدیریت پسماند جامد پیشرفته، استفاده نمود در بسیاری از موارد، مدیران و کارکنان به ویژه در کشورهای در حال توسعه به سادگی نمی‌دانند از کجا باید شروع کنند. این کتاب، نقطه آغازی برای دانشکده‌های مهندسی و شرکت‌های مشاوره مهندسی فراهم می‌کند تا ابزارهای اولیه را که با موفقیت در کشورهای توسعه یافته مورد استفاده قرار گرفته‌اند در دست داشته باشند. با خواندن این کتاب، آنها می‌توانند وضعیت فعلی خود در طراحی و تحلیل و ارزیابی کرده و راه حل‌هایی ارائه دهند.

در ابتدا، خواننده با داستان دوگشتی آشنا می‌شود. اولی گشتی دفع ضایعات در اقیانوس که در اوایل سده بیستم، پسماند جامد را به طور منظم از نیویورک دفع می‌کرد و دومی گشتی موبرو (Mobro)، که در سال ۱۹۸۷، طول ساحل شرقی آمریکا را چند بار پایین و بالا رفت تا مگر محلی نباید تا ساکنان آن، اجازه لنگر اندازی و تخلیه پسماند را به او بدهند. کتاب مهندسی پسماند جامد در ۹ فصل به شرح ذیل شکل گرفته است:

در فصل یکم با عنوان "مدیریت جامع پسماند جامد"، مشخص می‌گردد که چگونه از آغاز حیات، پسماند پیامدی از زندگی همه موجودات بوده است. این فصل، مدیریت پسماند جامد را از جوامع اولیه تا جوامع پیشرفته امروزی، دنبال نموده و نظریه‌های اقتصادی

حاکم بر فعالیت‌های پسماند از آدم اسمیت تا کنوپ رم را بیان می‌کند. در این فصل، قوانین فدرال پسماند جامد در ایالات متحده، از قانون رودخانه و مراتع سال ۱۹۸۸ که دفع پسماند در آب‌های قابل کشتیرانی را ممنوع کرد تا قوانین سوپر فاند (super fund) و قانون حفاظت و بازیابی منابع (RCRA) در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ را بیان می‌کنند که برای حفاظت از سلامت انسان و محیط زیست از پسماندهای جامد و خطرناک طراحی شده‌اند. این فصل، با بیان اجزاء مختلف یک سامانه جامع مدیریت پسماند، ۴ رکن دنیای پسماند جامد یعنی کاهش، استفاده مجدد، بازیافت و بازیابی را بیان می‌نماید.

کتاب در فصل دوم با عنوان "کمیت و ویژگی‌های پسماند جامد شهری"، تعریف دقیقی از ترکیبات و آنالیز شیمیایی تقریبی و دقیق پسماند جامد شهری به دست می‌دهد. در این فصل، تعاریف کاربردی، نرخ‌های تولید و ترکیبات پسماند جامد شهری بر پایه مواد و محصول ارائه می‌گردد و نیاز و نحوه نمونه‌برداری از پسماند جامد شهری تشریح می‌شود. در نهایت، خواننده با کلیه پارامترهای ضروری علمی مانند چگالی، ابعاد ذرات، میزان رطوبت، ارزش گرمایی و مشخصات مکانیکی تجزیه پذیری مواد که پتانسیل بازیابی پسماند را مشخص می‌کنند، آشنا می‌شود.

در فصل سوم با عنوان "جمع‌آوری پسماند"، ابزارها و روش‌های محاسبه تعداد کانتینرها در یک مسیر جمع‌آوری پسماند جامد

شهری و تعداد کامیون‌های مورد نیاز بررسی می‌شود. این فصل معرفی انواع کامیون‌ها و طراحی بدنه آنها و اطلاعات اولیه و مبانی مسیریابی را در بر می‌گیرد.

فصل چهارم، "لندفیل‌ها"، نام دارد. در اینجا، خواننده معادلات لازم برای محاسبه حجم لندفیل بعد از فشرده‌سازی، برآورد زمان و نرخ تولید شیرابه و محاسبه نرخ تولید گاز لندفیل را فرا می‌گیرد. این فصل، معادلات اساسی برای طراحی سامانه جمع‌آوری شیرابه و سیستم استخراج گاز را بیان می‌کند.

فصل پنجم، با موضوع "پردازش پسماندهای شهری"، نشان‌دهنده دشواری پردازش پسماند جامد شهری نسبت به سایر مواد است. از آنجا که پسماند جامد، ماده‌ای بسیار ناهمگون است، پیش‌بینی ابعاد ذرات و پارامترهای فیزیکی آن، بسیار مشکل است. این فصل، خواننده را قادر می‌سازد تا با استفاده از ابزارهای تحلیلی، کلرایبی روش‌های مختلف پردازش مواد را در مورد پسماند جامد، تحلیل نماید. این فصل، انواع روش‌های سنتی حمل مواد مانند استفاده از نقاله‌ها، روش‌های بهره‌گیری از هوای فشرده، تغذیه‌کننده‌های ارتعاشی، تغذیه‌کننده‌های ماریچ و زنجیره‌های کشنده را معرفی می‌کند. همچنین در این فصل، انواع روش‌های کاهش ابعاد ذرات مانند خوردکن‌ها، خردکن‌های غلتکی و دانه‌سازها تشریح می‌گردد و کارایی خوردکن بر اساس تغییر در توزیع ابعاد مواد تعریف می‌شود. برای حل مسائل پایان این فصل، نیازمند استفاده از ماشین حساب مهندسی خواهید بود.

چه ربطی بین جستجوی طلا و غربال گندم با تأسیسات بازیابی مواد وجود دارد؟ در فصل ۶ این سؤال با بیان فیزیک پایه "جداسازی پسماندها"، پاسخ داده می‌شود. این فصل که برای کسانی که از درگیر شدن با فرمول‌های ریاضی و فیزیک هراس دارند و از آن تن می‌زنند مشکل خواهد بود، زیرا روش‌های جداسازی موادی که در معدن و کشاورزی از آن استفاده می‌شود را برای دسته‌بندی پسماند و مواد بازیافتی، مورد استفاده قرار می‌دهند. این فصل، کارایی فرآیندهای مختلف مورد استفاده در تأسیسات بازیابی مواد را با استفاده از قانون نیوتن و معادله استوکس^۱، تحلیل می‌کند. نمونه‌هایی از این روش‌ها، جداسازی‌های غوطه‌وری^۲، ته‌نشینی، جداسازی‌های هوایی، ابزارهای شناورساز، بوجاری و جداسازی‌های آهنربایی و جریان گردابی^۳ هستند. بخش پایانی این فصل، روش‌های مختلف جداسازی را در ترتیب‌های گوناگون ترکیب کرده و تحلیل

خوبی از نسبت جداسازی و ضایعات دستگاه‌های جداسازی، به طور کامل، ارائه می‌دهد. با استفاده از این روش‌ها، طراحان تأسیسات بازیابی مواد، می‌توانند معین کنند که کدامیک از روش‌ها، برای آنها مناسب است و همچنین مشخص کنند که کدام روش‌ها، نرخ بازیابی و خالص‌سازی مواد جداسازی شده برای بازیابی را افزایش می‌دهند. در فصل هفتم، با عنوان "اختراق و بازیابی انرژی"، ابتدا به خواننده آموخته می‌شود که چگونه، ارزش حرارتی پسماند را از تحلیل دقیق، تحلیل ترکیبات و گرماسنجی تعیین کند. سپس شرح داده می‌شود که چگونه، نیازهای استوکیومتری هوای اختراق، بازده حرارتی فرآیند اختراق و دمای گاز حاصل از اختراق، محاسبه می‌شوند. توضیحاتی در مورد کوره‌های نسوز، زباله سوز یا دیواره آبی، زباله سوز مدولار، واحدهای پیرولیتیک^۴ و زباله سوزهای سوخت حاصل از پسماند ارائه داده می‌شود. در نهایت، خلاصه‌ای از روش‌های کنترل آلاینده‌های ناشی از اختراق پسماند مشتمل بر کنترل ذرات از طریق فیلترهای پارچه‌ای، شتاب‌دهنده‌های الکترواستاتیکی، کنترل انتشار دی‌اکسید^۵ و کنترل آلاینده‌های گازی با فیلترهای خشک و تر، ارائه می‌شود.

کتاب در فصل هشتم، با عنوان "فرآیندهای بیوشیمیایی"، توضیح می‌دهد که چگونه مقدار، زمان تولید شده از مواد آلی، محاسبه شده و برآوردی از ترکیبات شیمیایی پسماند جامد شهری ارائه می‌شود که به وسیله آن می‌توان تولید گاز متان از هر کیلوگرم پسماند تر را محاسبه کرد. فرآیند تولید کمپوست هم به همراه نقش کربن و نیتروژن محدود کننده نرخ تولید کمپوست، توضیح داده شده است. فصل نهم مسائل موجود در مدیریت پسماند جامد را پوشش می‌دهد. در این فصل، ارزیابی چرخه تولید و مصرف، کنترل جریان و مقررات مربوط به خدمات عمومی و خصوصی بررسی می‌شود. مسائل مهمی درباره بودجه‌بندی تأسیسات از جمله روش محاسبه ارزش فعلی، استفاده از وجه استهلاکی و روش محاسبه عامل بازیابی سرمایه، معرفی شده است. یک بخش بسیار مفید در مورد قراردادهای، ارائه شده است که شامل لیستی از مواردی است که یک قرارداد یا فرانشیز، باید پوشش دهد. هر فصل با یک سیاه‌های بلند از مراجع، تکمیل گشته است. مسائل پایان هر بخش، مهندسان را برای استفاده از روش‌های ارائه شده، به چالش می‌کشد. این جایی است که نویسنده، خواننده را از ریاضی و علوم بیرون کشیده و به وسیله تصاویری که با توضیحات زیرکنانه‌ای همراه شده‌اند، مفهوم عمیقی از پسماند، ارائه می‌دهد.

1. Landfills
2. Pneumatic

3. granolator
4. Stokes equation

5. Eddy current
6. Pyrolytic incinerator

7. Dioxin



سازمان حفاظت محیط زیست

بین المللی اولین همایش و نشست همایش ملی مدیریت پسماند

The 1st international &
6th National Congress on Waste Management

وزارت کشور



سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور



سازمان مدیریت و برنامه ریزی
شهرستان مشهد
توزیع معاونت خدمات شهری



سازمان مدیریت و برنامه ریزی
شهرستان مشهد



انگادری نماینده مردم
محافظت اهروری



۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۱ - مشهد مقدس
همزمان با روز جهانی زمین پاک

سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور
با همکاری سازمان مپ (مدیریت پسماند) شهرداری مشهد



نشانی اینترنتی: www.pasmand.ir - پست الکترونیک: info@pasmand.ir



Waste Management

A Quarterly Journal of Waste Management | No. 12 | Spring 2012



- Use of Renewable Energy in urban management | Sasan Sami
- Study on Tehran - Karaj Industries waste management in 1388 | Mohammad Amin Karami
- Feasibility study of MDF wastes recycling in Furniture Industries | Sayyed Mohammad Fayyaz
- Impacts of tire chips on swelling - shrinkage Potential in clay soils | Moharram Asadzadeh
- Study of construction and demolition wastes management in Iran | Kh. Kazemi Khelbari
- Solid waste containers Site selection and collecting system routing in Abadeh | Ayyoub Karimi Jashni
- Waste collection vehicles routing and creative method to determine the number of vehicles | S.M.Ghazizadeh Hashemi
- Comparison between various indicators of maturity and stability in the in-vessel composting process of municipal solid wastes | Mahdi Mokhtari
- Comparison of two advanced oxidation methods (UV/H₂O₂/O₃ and UV/O₃) in the treatment of municipal waste leachate | Mahmoud Bigdeli
- Effect of plant wastes management on soil microbial Indicators | Maryam Alizadeh
- Assessment of Medical Waste Management in Teaching Hospitals of TUMS, I.R.Iran | Emad Delighanifard
- Production of Activated Carbon from RDF and Its Use for Dioxin Removal in Waste Incinerators | Yaghoobi Hajizadeh
- Performance of medical wastes treatment in Isfahanshahr | Davoud Bayat Sarmadi
- landfill site selection Criteria and Guidelines
- Report of The 1st international conference and 6th national congress on waste Management
- Introduction of solid waste Engineering book | Masoud Ahmadi