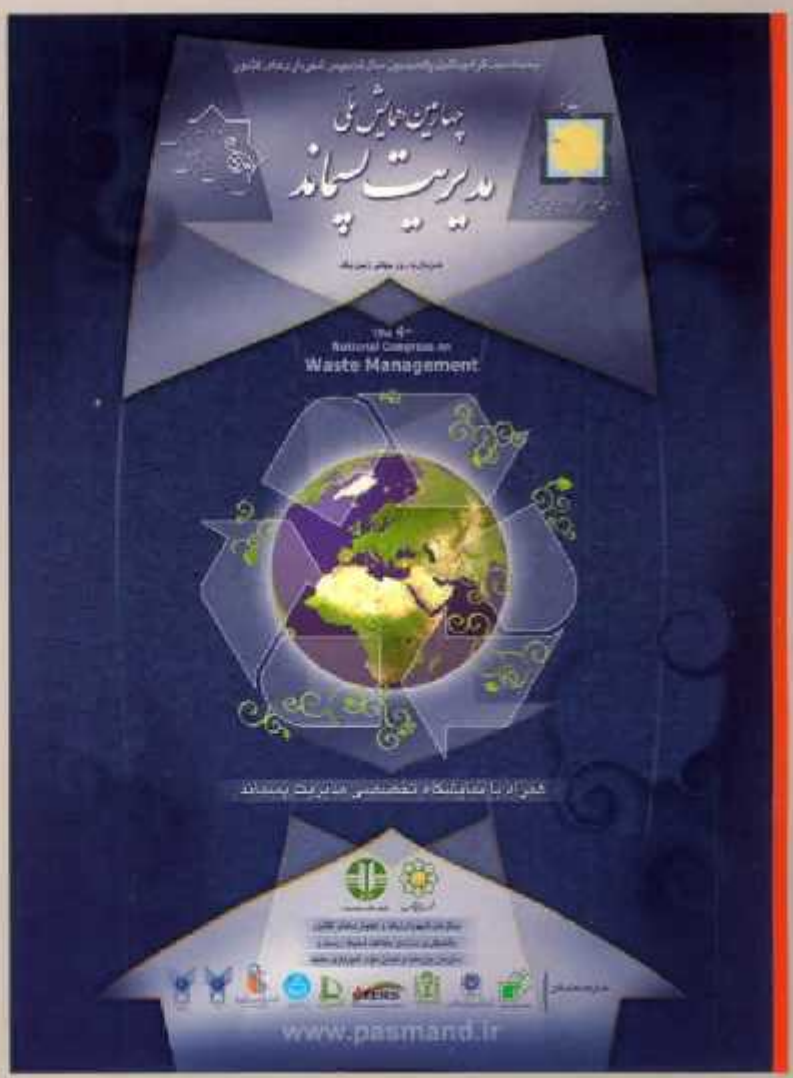
پسماند

فصلنامه آموزشی، پژوهشی مدیریت پسماند
شماره یازدهم - پائیز ۱۳۸۷ قیمت ۵۰۰ تومان



- ارزیابی پتانسیل بازیافت پسماندهای روستایی در استان هرمزگان
- بررسی اثرات هوادهی برکیفیت و مدت زمان تولید کمپوست در روش هوادهی توده ثابت
- مشکلات و دلایل ناکارآمدی فرآیند خصوصی سازی در فعالیت های مدیریت پسماند شهری
- بررسی عملکرد روش دفن نیمه هوازی پسماندهای شهری
- پتانسیل سنجی استحصال انرژی الکتریکی در مرکز دفن زباله های شهر شیراز
- امکان سنجی نیروگاه بیوگازی ساوه

ما می توانیم

از نظر اسلام، طبیعت متعلق به انسان و او امانت دار این نعمت الهی برای نسل های بعدی است.

مقام معظم رهبری

بسم الله الرحمن الرحیم

فصلنامه آموزشی، پژوهشی مدیریت پسماند
شماره یازدهم - پائیز ۱۳۸۷ قیمت ۵۰۰ تومان

http://www.imo.org.ir
e-mail: mpasmand@yahoo.com

«این شماره فصلنامه به مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی مدیریت پسماند که در شهر مشهد مقدس برگزار گردید اختصاص دارد.»

صاحب امتیاز: سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
مدیر مسئول: علی نیکزاد
زیر نظر: حسن ناصری پور
هیئت تحریریه: مسعود احمدی ، روح ا... محمودخانی ، بهزاد ولی زاده ، فرشید قاسملو
مدیر هماهنگی: مهدی فاضل فکور
ناشر: انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
شمارگان: ۵۰۰۰ نسخه

وزارت کشور
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
موسسه فرهنگی، اطلاع رسانی و مطبوعاتی

آدرس: تهران ، بلوار کشاورز ، ابتدای خیابان نادری ، پلاک ۱۵ - موسسه فرهنگی ، اطلاع رسانی و مطبوعاتی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
تلفن: ۸۸۹۷۶۶۵۱-۸۸۹۸۶۳۸۳-۸۸۹۶۶۲۳۹
دورنگار: ۸۸۹۷۷۹۱۸
کدپستی: ۱۴۱۶۶۳۳۶۶۱

یادداشت

مدیریت پسماند در شهرهای بزرگ به معضلی با پیامدهای روزافزون تبدیل شده است. گذشته از هزینه‌های بسیار بالایی که جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع پسماندهای شهری به کشور تحمیل کرده است، مخاطرات زیست محیطی آن نیز بس جدی است و نگرانی‌های حاصل از ادامه این وضعیت باید همه اقشار جامعه و به ویژه مدیران شهری را به تفکر و عمل به منظور مقابله با این مخاطرات وا دارد. امروزه مدیریت پسماند یک علم و فعالیت میان بخشی است که براساس اصول مهندسی پایه‌ریزی شده است این بخش شامل مسائل اقتصادی، شهرسازی، برنامه‌ریزی ملی، منطقه‌ای و محلی و علوم اجتماعی نیز می‌شود. روش‌های سنتی مدیریت پسماند که نگرش و دیدگاه عموم مردم را نادیده می‌گرفت دیگر قابل قبول نیست. پیشرفت‌های تکنولوژیکی باعث تغییرات اساسی در اولویت‌ها شده است در حالی که بهداشت، سلامت انسان‌ها، اقتصاد و توجه خاص به مسائل زیست محیطی و حفظ منابع (انرژی، آب، خاک، هوا و...) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تولید پسماند محصول فعالیت‌های مختلف آدمی است که امروزه با تغییر شیوه زندگی و توسعه همه جانبه نسبت به گذشته بسیار دگرگون شده است. با پیشرفت علوم و تکنولوژی، تولید و مدیریت پسماند نیز تحت بررسی‌های دقیق علمی و پژوهشی قرار گرفته است. یکی از جذاب‌ترین گزینه‌ها در مدیریت پسماند بازیافت آنها است که از طریق صرفه‌جویی‌های اقتصادی و فواید زیست محیطی همواره مورد توجه بوده است. بازیافت پسماندها در کشورهای توسعه یافته قدمت بیشتری دارد و بسیاری از این کشورها قسمت عمده‌ای از ترکیبات پسماندهای عادی را بازیافت می‌کنند. دفن پسماندهای شهرهای کشور بدون رعایت اصول زیست محیطی و بهداشتی نه فقط باعث شیوع آلودگی‌های میکروبی از طریق باد، افراد و جوندگان موذی به این شهرها می‌شود، بلکه شیرابه‌های حاصل از تلنبار پسماندها که بخشی از آن به صورت جاری و بر اثر گرمای محیط تبخیر و بخشی به آب‌های زیرزمینی نفوذ می‌یابد، موجب آلودگی محیط زیست می‌گردد، زیرا از هر تن پسماند به نسبت ۷۵ درصد مواد آلی

حدود ۴۰۰ الی ۶۰۰ لیتر شیرابه رها می‌گردد و همچنین از هر تن پسماند به نسبت ۷۵ درصد مواد آلی در طول مدت تجزیه ۳۸۴ متر مکعب گاز گلخانه‌ای متصاعد می‌گردد (۶۰ درصد گاز متان و ۴۰ درصد گاز دی اکسید کربن) و در صورت عدم مدیریت بهینه پسماند در شهرهای کشور و دفن پسماند به روش غیراصولی هر ساله بیش از ۱۰۰۰ هکتار زمین که دارای ارزش کشاورزی، شهرسازی یا صنعتی می‌باشد نیز از بین می‌رود بنابراین بازیافت پسماندها براساس اصول زیست محیطی با حداقل هزینه راهکار پیشنهادی مقابله با عواقب ناشی از مدیریت غیراصولی پسماندهای تولیدی می‌باشد.

در این راستا یکی از شاخص‌های مهم و تعیین‌کننده پیشرفت تمدن‌ها و توسعه فرهنگ جوامع، میزان مشارکت فرهیختگان، فناوران، قلم بدستان و افراد آن جامعه در عرصه‌های مختلف اجتماعی، صنعتی، اقتصادی، سیاسی و زیست محیطی به منظور دستیابی به راه‌حل‌های مطلوب و مناسب برای رفع معضلات و مشکلات و حرکت به سوی توسعه پایدار می‌باشد. به این منظور سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور در نظر دارد با چاپ و نشر فصلنامه تخصصی مدیریت پسماند، مجموعه مقالات همایش مدیریت پسماند و جلب مشارکت اعضای محترم هیئت علمی دانشگاه‌ها و مراکز علمی، مدیران و کارشناسان استانداری‌ها، شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور نسبت به ارتقاء شاخص‌های زندگی شهروندان و ایجاد محیطی پاک، سالم و شکوفا اقدام نماید.

در این جا بر خود لازم می‌دانم تا از کلیه اعضاء محترم هیئت علمی، هیئت تحریریه، مدیران، کارشناسان و دست‌اندرکاران که در تهیه و نشر این فصلنامه مشارکت و همکاری جدی داشتند تشکر و قدردانی نمایم امید است ادامه چاپ و نشر این فصلنامه بازگشت به فطرت و آغازگر راه نشر نوآوری و شکوفایی در زمینه مدیریت پسماند باشد.

علی نیکزاد

برگزاری مناسب این همایش مرهون تلاشهای مجدانه این عزیزان است

۱- برگزار کننده : سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور با همکاری سازمان حفاظت محیط زیست و سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد

۲- دبیر همایش : مهندس سید مهدی هاشمی

۳- شورای سیاستگذاری : دکتر اسداله کریمی ، محمد رضا فردین، مهندس سعید حسین پور، مهندس سید محمد یزمان، حجه الاسلام و المسلمین حسن ناصری پور، مهندس جعفر ستایش ولی پور، دکتر محمد رضا بمانیان، مهندس جلیل اله کاظمی، مهندس علی نجفی

۴- مجری : سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد

۵- مشارکت کنندگان : دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران ، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ، دانشگاه علوم پزشکی ایران ، دانشگاه علوم پزشکی مشهد ، دانشگاه فردوسی مشهد ،کمیته ملی توسعه پایدار ، مرکز تحقیقات و مطالعات محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

۶- **دبیر اجرایی** : مهندس مسعود احمدی (سرپرست دفتر هماهنگی خدمات شهری سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور)

۷- **هیئت داوری** : دکتر ادوین صفری (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران) ، دکتر علی اصغر نجف پور (عضو هیئت علمی دانشگاه مشهد) ، دکتر کامیار یغمائیان (عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی سمنان)، دکتر قاسمعلی عمرانی (عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران) ، دکتر محمد علی عبدلی (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران) ، دکتر سروش مدبری (مدیر کل دفتر بررسی آلودگی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست) ، دکتر احمد جندی (عضو هیئت علمی دانشگاه علمی دانشگاه علوم پزشکی ایران) ، دکتر افشین تکدستان (عضو هیئت علمی دانشگاه جندی شاپور اهواز) ، دکتر صادق اکبری معاون مرکز پژوهشهای شهری و روستایی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور) ، دکتر مجید عبدالهی (مدیر کل دفتر عمران و توسعه روستایی) ، دکتر شهناز دانش (عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد) ، دکتر منیره مجلسی (عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)، دکتر نعمت اله جعفر زاده (عضو هیئت علمی دانشگاه جندی شاپور اهواز) ، دکتر کاظم بدو (عضو هیئت علمی دانشگاه ارومیه) ، دکتر محمود موسوی (عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد) ، دکتر حسین علیدادی (عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی مشهد) ، مهندس خلیل اله کاظمی (معاون خدمات شهری شهرداری مشهد)، مهندس علی نجفی (مدیر عامل سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد)، مهندس کاظم حقیقت (معاون خدمات شهری شهرداری شیراز) ، مهندس رمضان امینی (مدیر عامل سازمان بازیافت شهرداری شیراز) ، دکتر هایده شیرزادی (مدیر عامل شرکت کود آلی شهرداری کرمانشاه)، مهندس فریدون خاتمی (معاون هماهنگی و برنامه ریزی سازمان بازیافت شهرداری تهران)، مهندس همایون رضا مدنی شاهرودی (معاون آموزش و پژوهش سازمان بازیافت شهرداری تهران)، مهندس

مزدک رساپور (کارشناس سازمان بازیافت شهرداری تهران)، دکتر مهیار صفا (کارشناس ارشد دفتر عمران و توسعه روستایی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور) ، مهندس رضا تقوی (کارشناس ارشد سازمان بازیافت شهرداری تهران)، مهندس جواد نصیری (کارشناس ارشد سازمان انرژیهای نو) ، مهندس بهزاد ولیزاده (کارشناس وزارت بهداشت ، مهندس علی آدینه نیا (معاون فنی و عمرانی سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد) ، مهندس حمید رضا پور علاقه مندان (کارشناس ارشد سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری اصفهان) ، مهندس مجید عرفان منش (کارشناس ارشد شهرداری اصفهان) ، مهندس روح اله محمود خانی (کارشناس ارشد دفتر هماهنگی خدمات شهری سازمان شهرداریها و توسعه شهری سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور) ، مهندس زهره ترحمی (کارشناس ارشد دفتر هماهنگی خدمات شهری سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور).

۸- کمیته اجرایی : زهره ترحمی (کارشناس دفتر هماهنگی خدمات شهری سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور) ، ابوالفضل کریمیان (معاون اداری مالی سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد)، حسین رجب صلاحی (معاون دفتر آموزش و مطالعات کاربردی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور)، روح‌اله محمود خانی ، محمد قنبری و حبیب روح نواز (کارشناسان دفتر هماهنگی خدمات شهری سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور)، اشکان کریمی (معاون دفتر عمران و توسعه روستایی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور) ، اکبر قلی‌زاده ، محمد رضا هوشیار ، صادق حلوایی ، نصراله جاوید ، جواد عابدینی ، محمد سهرابی ، سوسن ثنائی ، عباس حسن زاده مندم ، محسن محمودی ، اسدا... حبیبی نیکجو (کارشناسان سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد) ،محمد نور محمدی (کارشناس استانداری خراسان رضوی) ، محمد حسین تهرانی (مدیر ساختمان صبا سازمان صدا و سیمای مرکز استان خراسان رضوی)

۹- کمیته روابط عمومی: بهزاد تیمور پور (مدیر روابط عمومی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور)، کوروش میر سعیدی (کارشناس روابط عمومی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور) ، فرخنده مداح حسینی ، (مسئول روابط عمومی سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد)، فرامرز عبدا... میلانی و ناصر خدایی (کارشناسان سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد)

فهرست

عنوان	نویسنده	صفحه
ارزیابی و بهینه سازی سیستم جمع آوری و حمل پسماند شهر زنجان و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی	[illegible]	۹
ارزیابی پتانسیل بازیافت پسماند های روستایی در استان هرمزگان	محمدعلی نیلی (استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران) مهدی جلیلی قاضی زاده (دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران) رضا مهدی پور (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران)	۲۱
بررسی اثرات هوادهی برکیفیت و مدت زمان تولید کمپوست در روش هوادهی توده ثابت	مزدک رستمی (کارشناس ارشد مکانیزاسیون - کارشناس سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران) هامون رضا مدنی شاهرودی (کارشناس ارشد پژوهش و آموزش - معاونت آموزش، پژوهش و توسعه سازمان بازیافت شهرداری تهران) فرانسه مهموریان (کارشناس ارشد مدیریت پسماند و بازیافت منابع - کارشناس سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران) سیاوش عباسی (کارشناس برنامه ریزی - مدیر آموزش سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران)	۲۹
مشکلات و دلایل ناکارآمدی فرآیند خصوصی سازی در فعالیت های مدیریت پسماند شهری	خلیل ا... کاظمی (معاونت خدمات شهری شهرداری مشهد)	۴۲
افزایش سرعت فرآیند تولید کمپوست از مواد زاید جامد شهری وبهبود کیفیت محصول نهایی	[illegible]	۵۰
بررسی امکان کاهش آلودگی متان تولیدشده در محل دفن زباله شهری بر اساس مکانیزم توسعه پاک در شهر رشت	انوین صفری، غلامرضا اسلاله فری، فاطمه خلقی	۶۱
ارزیابی پارامترهای موثر بر انتقال آلودگی از مدفن‌های زباله به سفره های آب زیرزمینی	کاظم پیو (دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه) فرشید سمدانی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ژئو تکنیک و پی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه)	۷۱
معرفی یک فن آوری نو در رابطه با سوزاندن پسماندهای خطرناک بیمارستانی و صنعتی و تولید کلینکر سیمان	سید احمد موسوی بوذری (کارشناس مهندسی مکانیک) مجید رضا جلالی (کارشناس مهندسی برق) کریم ستاری (کارشناس مهندسی شیمی) حمید شکاری (کارشناس ارشد برنامه ریزی)	۸۵
بررسی عملکرد روش دفن نیمه هوازی پسماندهای شهری	مهدی احمدی فر (دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- محیط زیست دانشگاه صنعتی اصفهان) مجید مراج (استادیار دانشگاه مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان)	۹۶
پتانسیل سنجی استحصال انرژی الکتریکی در مرکز دفن زباله های شهر شیراز	بهروز بوعلان دشتی (رئیس گروه مشاوره و پتانسیل سنجی مالیر زیست توده سازمان انرژیهای نو ایران) حمیدرضا لاری (مدیر گروه انرژیهای نو پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو)	۱۰۹
بررسی روند تغییرات کیفی شیرابه زباله وآبهای زیر زمینی مجاور محل دفن زباله شهر قزوین	[illegible]	۱۲۱
پروژه نظرخواهی از پیمانکاران و شهرداران مناطق در مورد عملکرد طرح جمع آوری مکانیزه زباله در تهران	خسرو اسلامی (کارشناس ارشد مدیریت محیط زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران) محمدهادی حیدرزاده (مشاور شهردار تهران در امور محیط زیست و رئیس ستاد محیط زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران) منوچهر محبی شمالی (مدیر گروه و کارشناس کمیته مواد زائد جامد ستاد محیط زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران)	۱۳۹
امکان سنجی نیروگاه بیوگازی ساوه	جواد نصیری (کارشناس ارشد مکانیک- مدیر دفتر انرژی زیست توده سازمان انرژی های نو ایران)	۱۴۳

ارزیابی و بهینه سازی سیستم جمع آوری و حمل پسماند شهر زنجان و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

مسعود منوری[۱]
آزاده مدحت[۲]

۱- استادیار دانشـکده محیط زیست و انرژی واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاداسلامی تهران
۲-کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست دانشکده محیط زیست و انرژی واحد علوم تحقیقات

چکیده

اختصاص بیشترین سهم هزینه های مدیریت موادزائداز یک سو وضرورت بهره وری عملیاتی این سیستم با کاهش زمانهای صرف شـده از سوی دیگر بهینه‌سازی سیستم جمع‌آوری و حمل را به صورت یک اصل در طراحی و مدیریت پسـماند مطرح می سازد. بنابراین با توجه به سیستم موجود جمع آوری و حمل پسـماند در شهر زنجان و نبود ساماندهی مناسب برای آن، ضروری بود مزایا ومعایب سیسـتم با اسـتفاده از روابط ریاضی مناسب وسیستم اطلاعات جغرافیایی ارزشیابی شده و سپس با توجه به ساختار شهری و تناژ پسماندهای تولیدی بهینه ترین سیستم مدیریتی ارائه گردد. در این تحقیق شهرک کارمندان شـهر زنجان به عنوان پایلوت در نظر گرفته شد.

داده های زمانی مراحـل مختلف جمع آوری وحمل پسماند در مسیرهای فعلی شهرک کارمندان در ده مرتبه توسـط دو کورنومتر دیجیتالی گردآوری و با اسـتفاده از روابـط ریاضی، نـرم افزارEXCEL و سیسـتم اطلاعات جغرافیایی مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت. سپس با تکیه براطلاعاتـی از جمله تراکم جمعیت، سـرانه تولید زباله، مسـیرهای موجود و بکارگیری روابط ریاضی و سیسـتم اطلاعـات جغرافیایی سیسـتم بهینه پسـماند برای این شهرک محاسبه وطراحی گردید.

نتایج حاصل از ارزیابی زمانی سیستم موجود مدیریتی نشـان می دهـد کل زمان صرف شـده جهـت عملیات جمع‌آوری وحمل پسـماند شـهرک کارمندان با استفاده از خاور ۲ سـاعت و ۵۵دقیقه و ۴۲ ثانیه و متوسـط زمان رفت و برگشـت به ازای هرتن از پسماندها در هر سفر۱۱ دقیقه و۴۴ ثانیه می باشد. در این تحقیق همچنین سیستم جمع‌آوری پسماند برای شهرک مورد مطالعه از نظر مکان یابی مخازن، تعیین مسیرهای بهینه جمع‌آوری و هزینه‌های سالانه طراحی و برآورد گردید. ۶۰ مخزن ذخیره ۵۵۰ و ۶۶۰ لیتری در محدوده شهرک مکانیابی شد و با طراحی مسیر بهینه جمع آوری توسط سیسـتم اطلاعات جغرافیایی و روش سعی و خطا سه وسیله نقلیه فان با احتساب وسیله نقلیه رزرو برای شهرک کارمندان محاسبه و پیشنهاد شد.

کلمات کلیدی : پسـماند، سیستم جمع آوری زباله، اجزاء زمانی، GIS , زنجان

مقدمه

تکنولـوژی و رشـد جمعیـت در حـال حاضر با سرعت بالایی رو به افزایش است. این رشد جمعیت بسـیـاری از موارد، کمبود خدمـات شهری و از آن جملـه خدمات مـدیریت پسمـاند را سبب می گردد. (۶) نبود سیاسـت های اجرایی، تخصیص سرمایه، زمین، تحصیلات و فرصت کافی و مناسـب و وجود نارسـایی در اطلاعـات ومدیریت تصادفـی و بدون کنترل در زمینه مدیریت پسـماند در کشورهای در حال توسعه از جنبه های گوناگون از جمله بهداشت عمومی، زیباشـناختی، زیسـت محیطی و اقتصادی به خصوص در مراحل جمع آوری وحمل پسـماندها حائز اهمیت و توجه جدی است (۵)

اسـتان زنجان با وسـعت کمی بیش از ۲۲ هزار کیلومترمربع در منطقه شـمال غرب کشور بین ′۳۳ و °۳۵ تا ′۱۵و°۳۷ عرض شمالی از خط استوا و ′۱۰ و°۴۷ تا ′۲۶ و°۴۹ طول شرقی از نصف‌النهار گرینوج قـرار دارد. میانگین ارتفاع آن بیش از ۱۵۰۰ متر از سطح دریاست(۴). شهرزنجان به عنوان مرکز استان در دشت باریکی بین دو رشـته از ارتفاعات شمالی و جنوبـی واقع گردیده و دارای اقلیم نیمه خشـک فراسرد می باشد. (۱)

روزانه ۲۶۵ تن زباله تولیدی شـهر زنجان توسط ۳۸ دسـتگاه ماشـین خاور به طور سنتی از سطح شهر جمع آوری و پس از بارگیری به ایستگاه انتقال هدایـت می گـردد. جمع آوری و حمل پسـماندها علاوه بر اختصاص درصد بالایـی از هزینه مدیریت پسـماند شـهرزنجان، موجب ایجـاد آلودگی های مسـتمر زیسـت محیطی و بهداشـتی مـی گردد. ارزیابی و بهینه سـازی سیستم موجود جمع آوری و حمل پسـماند می تواند مسـایل زیست محیطی ناشی از ذخیره سازی و جمع آوری غیر بهداشتی را کاهش داده و با اجرای راهکارهای ارائه شـده علاوه بر ساماندهی سیستم جمع آوری و کاهش آلودگی های محیط زیسـت موجب صرفه جویی در مصرف انرژی و ارتقای سـطح بهداشـت گردد. بنابراین این تحقیـق به ایـن منظور به طور مطالعـه موردی در شهرک کارمندان شهر زنجان انجام گرفت.

تعاریـف اجـزاء مختلف زمانـی در عملیات جمع آوری پسماند (برای کانتینرهای ثابت)

زمان برداشـت : عبارت اسـت از زمانی که صرف بارگیری وسیله نقلیه می گردد. با توقف وسیله نقلیه جهت بارگیری اولین مخزن یا کیسـه زباله شروع و با تخلیه آخرین مخزن یا کیسه زباله پایان می یابد. زمان برداشـت شامل زمان برداشـت کیسه و زمان مابین برداشت می باشد. (۳)

زمان رفت و برگشـت : این زمان شامل زمان هایی است که خودروی جمع آوری زباله پس از بارگیری آخرین کیسه زباله صرف حمل زباله به ایستگاه ونیز شامل زمان برگشت خودرو پس از خروج از ایستگاه تا محل جمع آوری می باشد.

زمان در ایسـتگاه : شـامل زمان صرف شـده در ایستگاه که از زمان ورود به ایستگاه شروع و تا زمان خروج آن ادامه می یابد. زمان انتظار جهت تخلیه و تخلیه زباله جزء این زمان محسوب می گردد.

زمان خارج از خط : شـامل زمانی است که در آن فعالیتی بـرای جمع آوری صورت نگرفته و شـامل زمـان خارج از خط ضروری (توقـف در چراغ قرمز، ترافیک و تعمیرات وسیله نقلیه)و زمان خارج از خط غیر ضروری (گفتگو ، استراحت و ...) می باشد. (۸)

در این تحقیق اندازه گیری ها و محاسبات زمانی سیستم بر اساس روابط موجود در کتاب چوپانگلوس صورت گرفت. (۸)

در سـال ۲۰۰۶ ، chose و همکارانش تحقیقی

در مورد طراحی مخازن ذخیره سازی و نحوه جمع آوری زباله بااستفاده از GIS در شهر Asansol در قسمت Bengal هند انجام دادند.در این تحقیق برنامه ریزی برای مخازن، وسایل نقلیه و مسیریابی بهینه در خصوص شهر Asansol انجام گردید. در این تحقیق براساس جمعیت، عرض خیابان ها، حداقل مسیر سفر از خانه ها سه نوع مخزن C,B,A با حجم های m^3 ۰/۷ ،m^3 ۰/۷۵ ،m^3 ۰/۵ تعیین وپیشنهاد شد.تعداد مخازن مورد نیاز برای این شهر ۵۵ مخزن نوع A ، ۵۷ عدد مخزن نوع B و ۷۸۰ عدد مخزن نوعC بود که به ترتیب برای خیابانهای اصلی ، فرعی و عرض کمتر از ۲/۵ تعیین گردید. در این تحقیق مدل مسیریابی جمع آوری زباله نیز بر اساس کوتاهترین مسیر جمع آوری ، راه بندها ، مسیرهای یک طرفه و غیره طراحی شد. کل هزینه های پیشنهادی جهت جمع آوری پسماندابن شهر ۸۰ میلیون هزینه ثابت و هزینه اجرایی کارگران، نگهداری وسایل نقلیه برآورد گردید. (۶)

در سال ۲۰۰۷ Mufeed Shrholy و همکارانش نیزتحقیقی را تحت عنوان خصوصیات موادزائد ومدیریت پسماندشهرAlahabad هند ارائه نموده اند. در این تحقیق کل ظروف مورد نیاز شهر ۵۶۷ مخزن m^3 ۱ بود که با توجه به دانسیته جمعیت و با در نظر گرفتن فواصل ۱۰۰ تا ۱۵۰ متری جانمایی این مخازن تعیین شد. برای مراکز تجاری نیز ۶ ظرف m^3 ۴/۴بزرگ در نظر گرفته شد.در این تحقیق مخازن m^3 ۱ به صورت HCS و مخازن m^3 ۴/۴ بصورت SCS طراحی وتعیین گردید. مکانیابی و مسیر یابی مخازن, با توجه به راه بندانهاو توسط نرم افزار GIS طراحی شد.(۷)

در ایران نیز در سال ۱۳۸۲ علی جلیل زاده، تحقیقی در خصوص ارزیابی سیستم جمع آوری و حمل و نقل مواد زائد جامد شهر ارومیه انجام داد . این تحقیق در خصوص ارزیابی زمانی خودروهای فعال در شهر ارومیه شامل نیسان، خاور، بنز، کمپکتور و فان انجام شد که در آن کل زمان مصروفه در سیستم جمع آوری ۵۸،۳% در نیسان، ۶۸،۷% در خاور، ۶۱،۵ % در بنز۵ تنی، ۳/۸۱%درفشرده ساز، ۵۹ /۳% در فان به زمان برداشت زایدات اختصاص یافت . نتایج حاصل از این تحقیق مشخص می سازد که استفاده از خودروهای فان چه از بعد زمانی و چه بعد اقتصادی مقرون به صرفه ترین خودروی سیستم جمع آوری مواد زائد شهر ارومیه است . (۲)

روش تحقیق

این تحقیق طی۳ مرحله انجام شده است :

در مرحله نخست، مشاهدات ومطالعات وضعیت موجود شهرک از نظر بافت و مدیریت پسماند مورد مطالعه قرار گرفت. در مرحله دوم ، شناسایی خصوصیات زمانی سیستم جمع آوری در شهرک مدنظر بود که در این خصوص داده ها با استفاده از دو عدد کورنومترو در ده مرتبه تکرار به صورت مشاهدات و اطلاعات میدانی جمع آوری و سپس با استفاده از نرم افزار EXCEL و روابط ریاضی مناسب مربوط به کانتینرهای ثابت ارزیابی و تجزیه وتحلیل شد. درمرحله سوم طراحی سیستم بهینه جمع آوری وحمل پسماند شهرک کارمندان انجام گردید .

شهرک کارمندان درشمال ودرمنطقه دو شهری شهر زنجان واقع شده است. شهرک مذکور جزء وسیع ترین شهرک های منطقه دو زنجان بوده و دارای سه بخش به نام فاز یک، دو و سه می‌باشد. وسعت منطقه۹ /۷۹۹۲۰۷کیلومتر مربع و حدود ۲۲۵۴ خانوار را داراست.

یافته ها

وضعیـت مدیریت مـواد زاید جامد در شـهرک کارمندان

درایـن منطقه زباله توسـط وسـیله نقلیه خاور از درب منـازل جمـع آوری و بـه ایسـتگاه انتقال حمل می گردد. سـاعت جمـع آوری در فاز یک و دو شـهرک از سـاعت ۵ تـا ۱۰ صبـح و در فاز ۳ از یازده تا یک بعدازظهـر انجـام می گیرد. جدول (۱) وضعیت مدیریت پسـماند شهرک کارمندان را نشـان می‌دهد.

خاور بعنوان تنها وسـیله نقلیه جمع آوری پسـماند شـهر زنجان در شـهرک کارمنـدان تعیین ومورد تجزیـه وتحلیل قرار گرفت. بر اسـاس نتایج حاصل از اطلاعـات میانگیـن کل زمان صرف شـده برای جمع آوری پسـماند ۲ ساعت و ۵۵دقیقه و۴۲ ثانیه و به ازای هرتن۵۳ دقیقه و ۹ ثانیه برآورد گردید.

بررسـی زمان های برداشت در شهرک کارمندان نشـان می دهـد میانگین کل زمان برداشـت برای خـودروی خـاور ۲ سـاعت و ۴ دقیقـه و ۳۳ ثانیه می‌باشد که ۷۱/۰۶% کل زمان را به خود اختصاص

جدول- ۱ خلاصه اطلاعات مدیریت زباله در شرایط فعلی شهرک کارمندان-۱۳۸۵

منطقه	تعداد وسیله نقلیه	تعداد مخزن و ظرفیت آن	تعداد کارگران جمع آوری	سر کارگر	راننده	کارگران رفت و روب	تناژ زباله	سرانه تولید زباله (گرم به ازای هر نفر در روز)	سرانه کارگر (به ازای هر ۱۰۰۰ نفر)
شهرک کارمندان	۱ خاور ۳چرخ دستی	۲۲۰ عدد توری ۲۰۰ Lit ۱۳ عدد صندوقی ۳۰ Lit	۳	۱	۱	۸	۶۶۱۸	۸۰۵	۰/۳۶۵

بعد از گـردآوری اطلاعات، با اسـتفاده از روابط ریاضـی آنها را تجزیه وتحلیـل کرده که در ادامه به شرح نتایج حاصل در ابعاد زمانی خواهیم پرداخت:

کل زمان جمع آوری صرف شـده برای خودروی

مـی دهد.نتایـج تجزیـه وتحلیل زمان برداشـت ومحاسبات آن در جدول شماره۲ آمده است.

براسـاس اندازه گیری هـای مندرج در جدول ۳ متوسـط زمان رفت وبرگشـت در این شـهرک ۳۷

جدول۲ مدت زمان برداشت و مابین برداشت مواد زاید توسط خودروی خاور در شهرک کارمندان -۱۳۸۵

جمع آوری پسماند شهرک کارمندان	مدت زمان برداشت (ساعت)	مدت زمان مابین برداشت (ساعت)	تناژ زباله (کیلوگرم)	مسافت طی شده (کیلومتر)	تعداد کیسه های برداشت شده	مسافت طی شده به ازای هر تن زباله (کیلومتر)	متوسط سرعت خودر و در حین جمع‌آوری(کیلومتر/ ساعت)	کل زمان برداشت (ساعت)	متوسط زمان برداشت به ازای هر تن زباله (ساعت)
میانگین	۰۰:۵۶:۱۶	۰۱ : ۰۸ : ۲۰	۳۲۰۹/۵	۱۰/۶۸	۹۸۷/۵	۳/۳۲۴	۵/۶۶	۰۲ : ۰۴ : ۳۳	۰۰: ۳۷: ۵۵
انحراف معیار	۰۰ : ۱۸ : ۵۹	۰۰ : ۲۴ : ۵۱	۵۹۵/۲۶۵۸	۲/۳۰۳۱۹۲۲	۳۷۱/۳۸۰	۰/۳۷۸۷۷۵۸	۱/۰۱۷۶۶۰۱۷	۰۰ :۴۳: ۴۳	۰۰: ۰۷ : ۲۹

دقیقــه و۵۵ ثانیــه می باشـــد. خــودروی خاور در زمان رفت به ایســتگاه از معابر پر ترافیک شهر عبور می‌نمــود که این عامل ســبب افزایــش زمان حمل پسماند توسط این خودرو می گردد.

مطابق آنالیز انجـام شده در جدول ۴ کل زمان صرف شده در ایستگـاه ۷ دقیقه و ۲۹ ثانیه است. بـازکـردن پوشـش روی خـاور کـه بـه صـورت دستی انجـام می گیرد در بـالا بردن این زمـان مـوثر می باشد.

سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)

- برنامه ریزی هزینه های مدیریت پسماند.

بــر پایه تراکم جمعیت، عرض خیابان ها، حداقل مســیر ســفر از خانه ها، چگالی زباله ، دسترسی به خیابان و ســرانه تولید زباله مکانیابی مخازن ۵۵۰ و ۶۶۰ لیتری در مناطق مســکونی و تجاری با ضریب بهره وری ۷۰% تعیین و پیشــنهاد شــد. مســافت حداکثر ۱۰۰ متر برای انتقال زباله توسط شهروندان

جدول۳ مدت رفت و برگشت مواد زاید توسط خودروی خاور (شهرک کارمندان)

جمع آوری پسماند شهرک کارمندان	مدت زمان رفت		زمان برگشت		مسافت رفت (کیلومتر)	مسافت برگشت (کیلومتر)	کل مدت زمان حمل (ساعت)	مدت زمان وزن کشی خودرو (ساعت)	زمان حمل به ازای هر تن زباله (ساعت)	مدت زمان وزن کشی به ازای هر تن (ساعت
	خارج از خط	در خط	خارج از خط	در خط						
میانگین	۰۰:۰۵:۰۰	۰۰:۲۳:۲۴	۰۰:۰۰:۵۴	۰۰:۱۸:۰۷	۱۲/۲۵۰	۱۱/۵۰	۰۰:۳۷:۵۵	۰۰:۰۵::۴۵	۰۰:۱۱:۴۵	۰۰:۰۱:۴۸
انحراف معیار	۰۰:۰۱:۳۶	۰۰:۰۳:۰۷	۰۰:۰۰:۵۴	۰۰:۰۲:۲۱	۰/۲۶۳۵۲۳	۰	۰۰:۱۰:۳۳	۰/۰۰۰۸۲۵	۰۰:۰۱:۵۴	۰۰:۰۰:۲۳

طراحی سیســتم بهینه جمع آوری وحمل پسماند شهرک کارمندان

این مرحله از تحقیق به بررســی وبرنامه‌ریزی عوامــل زیــر بــا اســتفاده از نــرم افــزارGIS می‌پــردازد:

بــه مخازن بــا در نظــر گرفتن وضعیــت اقتصادی، فرهنگــی ونیز عدم مزاحمت مخــازن در معابر برای ســاکنین تعیین شــد. نقشه شــماره ۱و۲ به ترتیب مکانیابی مخازن و شعاع پوشش ۱۰۰ متری مخازن را مشخص می نماید.

جدول ۴ مدت زمان صرف شده در ایستگاه انتقال

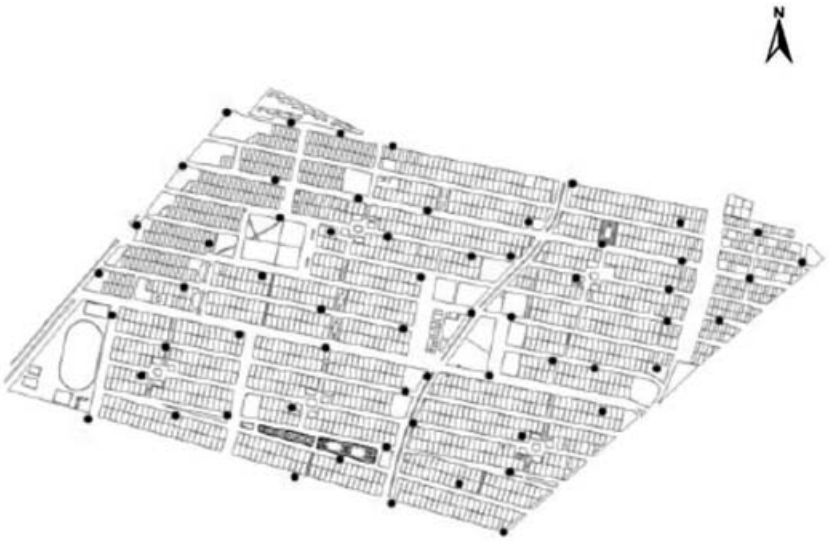
جمع آوری پسماند شهرک کارمندان	مدت زمان تخلیه (ساعت)	کل مدت زمان در ایستگاه (ساعت)	مدت زمان در ایستگاه (ساعت)	مدت زمان در محل به ازای هر تن (ساعت)
میانگین	۰۰:۰۱:۰۳	۰۰:۰۷:۲۹	۰۰:۰۶:۰۵	۰۰:۰۲:۲۳
انحراف معیار	۰۰:۰۰:۲۰	۰۰:۰۱:۱۶	۰۰:۰۱:۱۴	۰۰:۰۰:۳۴

- روشــهای اختصاصی ذخیره پسماند (با تعیین جانمایــی و تعــداد مخازن با اســتفاده از نــرم افزار (GIS)

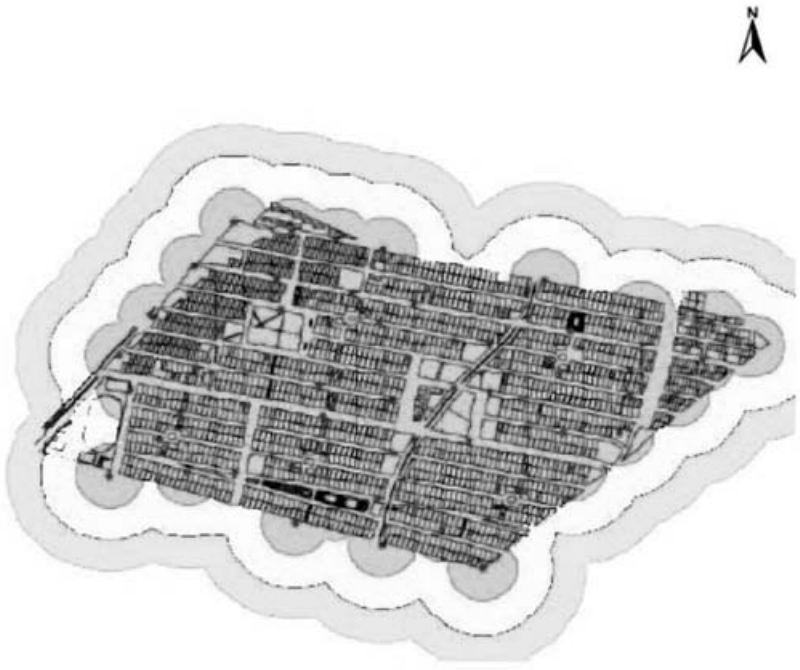
- روشهای اختصاصی جمع آوری پسماند

- روشهای اختصاصی تعیین مسیر با استفاده از

معمولا ســاعات کار روزانه برای هرکارگر ۸ ساعت است که شــامل پاکسازی ، جمع آوری، ناهار و .... اســت. وســیله نقلیه فــان با ظرفیت ۲۷۰۰ کیلوگــرم در هر ســرویس قابلیت تخلیه ۱۰ مخــزن ۶۶۰ لیتری را داراســت. با توجه به



نقشه ۱. مکان یابی بهینه مخازن زباله در شهرک کارمندان



نقشه ۲. توزیع فضایی مخازن زباله در فواصل ۱۰۰ متری در شهرک کارمندان

در نظر گرفتن تعـداد مخازن و نیز پارامترهای زمانی در خصوص زمان برداشـت، زمان حمل، زمـان توقف در ایسـتگاه و زمان تلف شـده و نیز ظرفیـت حمل خودرو هـای موظف در امر جمـع‌آوری مکانیـزه، تعـداد خودروهای مورد نیـاز جهـت اجـرای عملیـات به صـورت تر و خشـک و هزینـه هـای برآوردی آن به شـرح جـداول ۵و۶تعییـن گردیـد.

جدول ۵ تعداد خودروهای مورد نیاز جهت اجرای عملیات به صورت تر و خشک

شرح	محاسبات
تعداد مخازن برداشت شده در یک مرحله با توجه به فرکانس	۶۰
متوسط وزن پسماند در هر مخزن	۱۱۶
ظرفیت حمل خودروی جمع آوری در هر سرویس	۲۷۰۰
تعداد مخازن قابل برداشت در هر سرویس جمع آوری	۱۰
متوسط زمان برداشت به ازای هر مخزن	۶
کل زمان برداشت (دقیقه)	۶۰
متوسط زمان سفر رفت و برگشت (دقیقه)	۴۷/۵
متوسط زمان صرف شده در ایستگاه (دقیقه)	۷/۲۹
متوسط زمان تلف شده در یک سرویس(دقیقه)	۲۴/۱۸
کل زمان در هر سرویس (دقیقه)	۱۳۷
زمان در هر شیفت کاری ۸ ساعته	۴۸۰
تعداد سرویس در هر شیفت	۳/۵۰
کل مخازن تخلیه شده در یک شیفت توسط یک خودرو	۳۵
تعداد خودروهای مورد نیاز جهت جمع آوری پسماند با خودروهای اضافی جهت رزرو	۲+۱

جدول ۶ برآورد هزینه های سالانه جمع آوری پسماند در شهرک کارمندان

هزینه های سالانه	مبلغ (ریال)
استهلاک وسایل نقلیه	۴۲۰۰۰۰۰۰ * ۳ =۱۰% هزینه خرید
هزینه نگهداری	۲۱۰۰۰۰۰۰ * ۳= ۵% هزینه خرید
هزینه نگهداری و استهلاک مخازن	۱۲۵۰۰۰*۶۰=۵% هزینه خرید
هزینه سوخت	*۳ ۶۵۰۰۰۰ = ۲۶۰۰لیترگازوئیل مصرفی
حقوق کارگران	۱۸۹۷۲۰۰۰۰
حقوق راننده	۷۲۰۰۰۰۰۰
مدیر	۷۲۰۰۰۰۰۰
حسابداری	۳۲۴۰۰۰۰۰
جمع	۵۶۴۵۷۰۰۰۰

تعیین مسیر جمع آوری پسماند در شهرک کارمندان

علاوه بر تعیین مسـیرهای موجود در شـهرک، آرایش بلوک های سـاختمانی، موقعیت درب منازل و حجم زباله تولیـدی عوامل زیر نیز جهت طراحی کوتاهترین مسـیری که کلیه مخازن را پوشش دهد رعایت گردید:

۱- مسـیرها، مسیرهای آسـفالت شده، آسفالت نشـده، راههای قابل دسترسی و غیر قابل دسترسی تعیین گردید.

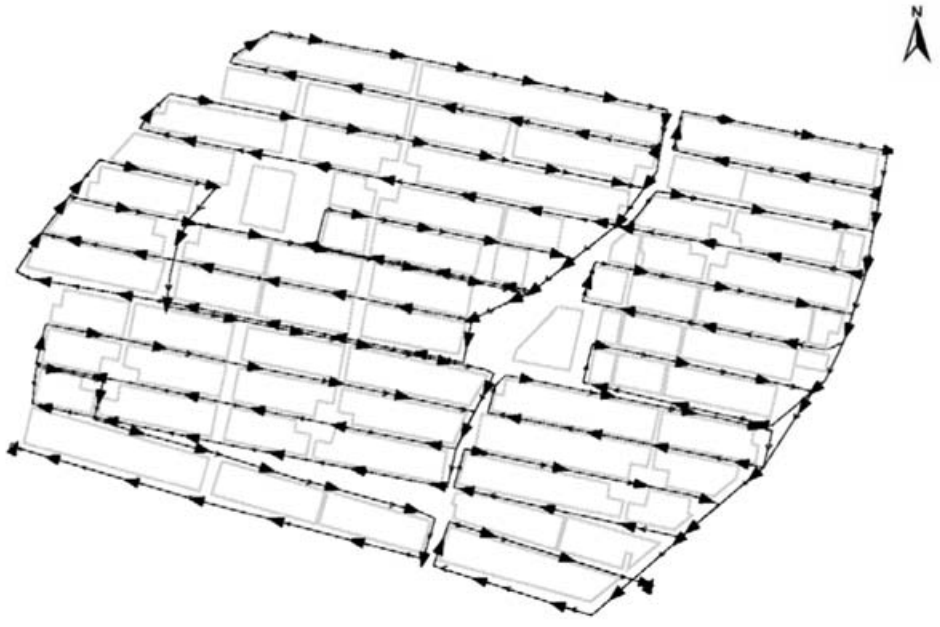
۲- شروع و خاتمه مسیرها نزدیک خیابان اصلی تعیین شـدو با توجـه به توپوگرافـی و خصوصیات فیزیکـی منطقـه مرزبندی انجـام و آخرین مخزن جمع آوری نزدیک سایت دفع در نظر گرفته شد.

۳- حرکت ماشـینهای حمل در طول مسـیربه صورت راست گرد تعیین شد.

۴- تـا حد امـکان از یک خیابان یـک بار عبور گردد به جز در مواقـع ضروری از جمله فضای باز ، وجود بلوار در وسـط خیابان و . . .که در این شرایط یک مسـیر رفت و برگشت در نظر گرفته شد .نقشه شـماره ۳ طراحی مسـیر جمع آوری پسـماند در شهرک کارمندان را مشخص می نماید.

بحث و نتیجه گیری

این تحقیق در زمینه ارزیابی و بهینه سازی سیستم جمع آوری وحمل پسماند شهر زنجان انجام گرفت.



نقشه۳. مسیریابی بهینه جمع آوری پسماند در شهرک کارمندان

نتایـج ارزیابی زمانی و اختصاص بیشـترین زمان به مرحله برداشت در این تحقیق نشان دهنده مدیریت سـنتی و غیر مبتنی بر مسـایل علمی وکاربردی و بکارگیـری ماشـین آلات غیر مرتبـط در مدیریت پسماند شـهر زنجان است. موارد مذکور می‌تواند به سـرعت موجب افزایش آلودگی‌های زیست محیطی و عوامـل بیماریزا در جامعـه گردد.بنابراین توجه و بکارگیـری علوم و فنون مرتبط برای بهینه سـازی این سیستم که ارتباط مستقیم با زندگی شهروندان دارد امـری ضـروری اسـت که می توانـد موجب صرفه‌جویـی هزینه های مدیریت پسـماند به طور چشمگیر گردد.

نتایج این تحقیق در بخش بهینه سازی سیستم جمع آوری پسـماند شـهرک کارمنـدان منجر به مکانیابی مخازن و مسـیریابی جمع آوری پسـماند شـهرک کارمنـدان گردیـد. بـا تهیه نقشـه های کاربری، عرض معابر، سـرانه زبالـه، تراکم جمعیت، طبقات واحدهای مسـکونی وتعیین فاصله زمانی و مکانی جهت انتقال پسـماند ۶۰ مخزن ذخیره زباله ۵۵۰ و۶۶۰ لیتـری در مناطق مسـکونی و تجاری جانمایی شـد. مسـیر جمع آوری نیز با استفاده از نـرم افزار GIS و روش سـعی وخطا تعیین گردید و سـه وسیله جمع آوری فان برای شهرک پیشنهاد شـد. هزینه ثابـت ۱۴۱۰۰۰۰۰۰۰ ریـال و هزینه متغییر ۵۶۴۵۷۰۰۰۰ ریال برای جمع آوری پسماند شهرک به طور سالیانه برآورد گردید. آموزش صحیح ومناسـب کارگران، تبلیغات فرهنگـی جهت ارتقاء سـطح آگاهیهای عمومی مردم به منظور مشارکت همگانـی، جلب مشـارکت انجمن ها، تشـکل ها و سـازمانهای غیر دولتی (NGO) در زمینه مسـایل گوناگون زیسـت محیطی و مدیریت مـواد زاید در زندگی شهری می تواند در اجرای صحیح و مناسب این امر تاثیر به سزایی داشته باشد.

سپاسگزاری

محققیـن برخـود لازم مـی داننـد از همکاری معاونت پژوهشـی دانشـگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیات تهران، اساتید محترم دانشگاه علوم پزشکی و دانشگاه زنجان ، شهرداری و سازمان بازیافت زنجان و سـازمان بازیافت تهران که در به ثمر رساندن این تحقیق یاری رساندند، تشکروسپاسگزاری نمایند.

حمل و نقل مواد زائد جامد شهر ارومیه و ارایه راهکارهای مناســب ، پایان نامه جهت دریافت کارشناســی ارشــد در رشته مهندسی بهداشــت محیط ، گروه بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت دانشــگاه علوم پزشکی اصفهان، صفحه ۱-۸۵

۳-عبدلی،محمد علی ،۱۳۷۲.سیســتم مدیریت مواد زاید جامد شهری وروشهای کنترل آن،سازمان بازیافت، صفحه ۱۴۶و ۱۴۷

۴-موسوی،ســید زین العابدین ،۱۳۷۷، شناسنامه عمومی استان زنجان ،انتشــارات اداره کل فر هنگ ارشاد اسلامی استان زنجان، صفحه ۱۰

5- Issam A.Al- Khatib, Hassan A. Arafat , Thabet Basheer, Hadeel Shawahneh, Ammar Salahat, Jaafar Eid and Wasif Ali ,2007, rends and problems of solid waste management in developing countries:Acase study in seven palestian district, Waste managment .pages1910-1919

6 -.M.K.Ghose ,A.K. Dikshit ,S.k.Shrma, 2006,.A GIS based transportation model for solid waste disposal–Acase study on Asansol municipality,Waste managment .pages 1287-1293

7- Mufeed Shrholy, Kafeel Ahmad , R.c.Vaishya, R.D. Gupta .2007, Municiple solid waste characterstics and management in Allahabad , India), Waste management, pages 490-496

8 -Tchobanoglous George, 1993., Intergrated Solid Waste Management, Mc Graw- Hill, New York,pages 210- 213 ,218-219

Evaluation and optimization of the collection and transportation system of solid waste management in Zanjan and GIS application

Masood Monavvari [1],
Azadeh medhat [1]

1- Dept. of Environment, Faculty of Environment, Islamic Azad Univercity, Sience Research Branch, Energy.

Abstract

Devoting the most portion of expenditures of the solid waste management on the one hand , and the necessity of operation exploiting of this system with decreasing the spent time on the other hand have propound the optimization of solid waste collection and transportation system as a principle in designing and management.With regard to performance of present solid waste collection and transportation system in Zanjan and lack of suitable organization, it is necessary to evaluate the advantages and disadvantages of the system with mathematical relations and GIS, afterwards, with regard to urban structure and tonnage of the produced solid waste, the most optimized management system must be presented. In this research karmandan town in the city of Zangan was chose as the pilot.

Time data of the solid waste collection and transportation stages in the present routes of collection in karmandan the district of Zanjan was gathered within 10 minutes using two digital chronometers and was analyzed by mathematical relations, excel software and GIS. Thereafter, depending on this information such as density, population and the capacity of garbage production in present routes and using mathematical relation and GIS. Optimized system of solid waste was calculated and designed.

The results of time evaluation of the present management system shows that the whole spent time for solid wastecollection and transportation Karmandan town by garbage trucks takes 2 hours, 55 minutes and 42 seconds and the mean time of the trucks round trip per ton of solid waste

In each journey is 11 minutes and

44 seconds. Considering locating of storages and assigning the optimized routs, solid waste collection system was calculated and designed using mathematical relation and GIS.

. In this research designing solid waste collection system of karmandan town was also carried out and 60 containers with the capacity of 550 and 660 liters were located in the town. With designing optimized routs by GIS and trial and error method, there tracks including a reserved truck were calculated and recommended to collect the solid waste of karmandan town.

Keywords: Solid waste, Collection system, Timing component, GIS, Zanjan

بررسی اثرات هوادهی بر کیفیت و مدت زمان تولید کمپوست در روش هوادهی توده ثابت

مزدک رساپور[۱]
همایون رضا مدنی شاهرودی[۲]
فرزانه طهموریان[۳]
سیاوش عباسی[۴]

۱- کارشناس ارشد مکانیزاسیون- کارشناس سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران
۲-کارشناس ارشد بهداشت محیط- معاونت آموزش، پژوهش و توسعه سازمان بازیافت شهرداری تهران
۳- کارشناس ارشد مدیریت پسماند و بازیافت منابع- کارشناس سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران
۴- کارشناس برنامه ریزی- مدیر آموزش سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران

چکیده:

گسترش و رشد جمعیت بشری، شهرنشینی و صنعتی شدن شهرها از یک طرف و افزایش نیازها و تقاضای بشر از طرف دیگر باعث شده است که حجم و وزن مواد زائد شهری در طی چند دهه اخیر افزایش یابد. امروزه استراتژی های متفاوتی در زمینه مدیریت مواد زائد جامد در دنیا بکار برده می شود که مهمترین آنها عبارتند از: ۱- جلوگیری ویا کاهش تولید زباله ۲- استفاده مجدد از مواد زائد ۳- بازیافت مواد زائد ۴- سوزاندن مواد زائد ۵- دفن بهداشتی مواد زائد (Garcia et al., ۲۰۰۵).

کمپوست، محصول حاصل از بازیافت مواد زائد آلی از طریق تیمار هوازی می باشد که می تواند جایگزین مناسبی برای مصرف بی رویه کودهای شیمیایی باشد(Manios,۲۰۰۴).

روشهای متفاوتی برای تولید کمپوست وجود دارد که هر یک دارای مزایا و محدودیتهای مربوط به خود هستند که معمولا با شاخص هایی نظیر کیفیت محصول تولیدی، هزینه های ثابت و متغیر، پیچیدگی تکنولوژی در دسترس و میزان انتشار بوی زننده در مقیاس صنعتی با هم مقایسه می شوند .(Renkow et al., ۱۹۹۸)

روش هوادهی توده ثابت یکی از روشهای تولید کمپوست است که به خاطر ویژگی مخصوص به خود که مهمترین آن کاهش جاری شدن شیرابه به خاطر استفاده از بستر مناسب و همچنین کاهش تلفات مواد مغذی است یکی از روشهای مناسب تولید کمپوست می باشد (Solano et al., ۲۰۰۱).

کلمات کلیدی: مواد زائد شهری، کمپوست, نرخ هوادهی, روش هوادهی توده ثابت

۱- بیان مساله:

فرآیند تولید کمپوست تجزیه مواد زائد آلی در حضور اکسیژن است که محصولات تولیدی شامل آب, آمونیاک, دی اکسـید کربن و حرارت می باشد. فرآیند تولید کمپوسـت یک فرآیند هوازی است. از طـرف دیگر فرآیندهای بی‌هـوازی تثبیت مواد زائد در محیطی خالی از اکسـیژن صـورت می‌گیرد که محصول نهایی آن شامل گاز متان, دی‌اکسیدکربن, آمونیاک و سـایر گازها می‌باشد. همچنین در هر دو فرآیند هـوازی و بی‌هوازی مولکولهای سـبک وزن اسـیدهای آلی نیز تولید می‌گردند. در فرآیند تولید کمپوسـت به خاطـر تولید انـرژی حرارتی بالا نرخ تجزیه مواد در این فرآیند بالاست. فرآیند بی‌هوازی در تولید کمپوسـت فرآیند آرامی اسـت و منجر به تولید بوی نامطبوع زیادی می‌گردد(polprasert, ۱۹۹۶).

در حالـت کلی سیسـتم‌های تولید کمپوسـت به دو دسـته محلی و غیر محلی تقسـیم می‌شوند سیسـتم‌های محلی آن دسته را شـامل می‌شوند که مواد کمپوسـت شـونده در محل تولید، تبدیل به کمپوسـت می‌شود. در این سیسـتم‌ها فرآیند تولیـد به شـکل کاملا طبیعـی و کنترل نشـده انجـام می‌گیـرد. امـا در سیسـتم‌های تولید غیر محلی مواد کمپوسـت شـونده جمع‌آوری شده و به محلی از پیش تعیین شـده منتقل می‌شوند. در این سیسـتم‌ها فرآیند تولید به شکل کنترل شده دنبال‌می‌شـود.

فرآینـد تولید کمپوسـت هم به صـورت هوازی و هم بـه صورت بی‌هـوازی صـورت می‌گیرد ولی سیستم‌های تولید غیر محلی کاملا به صورت هوازی انجام می‌شـوند که علت آن کـم کردن طول مدت زمان تجزیـه بیولوژیکی مواد زائد جامد می‌باشـد.

تقسـیم‌بندهای مختلفی در مورد سیستم‌های تولید غیر محلی وجود دارد که عبارتند از:

۱) روش برگرداندن توده

۲) روش هوادهی فعال

۳) روش هوادهی غیر فعال

۴) روش تـولیـد کمپوسـت در رآکـتـور (Stelmachowski et al.,۲۰۰۳).

در بعضـی از منابع، هوادهـی طبیعی را نیز جزء این تقسیم‌بندی قرار داده‌اند(Barrington et al., ۲۰۰۲). روش هوادهی چینی که یکی از قدیمی‌ترین روشها می‌باشد نیز از جمله روشهای تولید کمپوست محسوب می شود(Polprasert, ۱۹۹۶).

کمپوسـت هوازی نیازمند هوادهی مناسب است که از طریق این هوادهی مناسـب، اکسـیژن کافی برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها فراهم گردد. هوادهی برای توده کمپوست شونده نسبت به نوع سیستمی که بکار برده می‌شـود متفاوت اسـت. اگر هوادهی بیش از اندازه لازم باشـد موجب تلف شدن حرارت توده می‌شـود و برعکس اگر هوادهی کمتر از میزان لازم باشـد شـرایط بی‌هوازی در داخل توده ایجاد می‌شود (polprasert, ۱۹۹۶).

۱-۱- روشـهای انتقال اکسیژن از محیط به داخل توده:(Anonymous, ۲۰۰۳)

همرفت و انتشـار دو مکانیزمی هسـتند که از طریق آنها اکسـیژن از هـوای آزاد به داخل توده کمپوست شـونده وارد می‌شـود و از این طریق در اختیـار میکروارگانیسـم‌ها قـرار می‌گیـرد. انتقال اکسـیژن در داخل توده تحت تاثیـر رطوبت داخل توده است به طور یکه هر دو فرآیند همرفت وانتشار در شـرایط تـوده اشـباح شـده از آب کاهش پیدا می‌کند.

۲-۱- تعیین نرخ هوادهی

روش ساده تخمین نرخ هوادهی لازم بر اساس واکنش استوکیومتریک اکسیداسیون مواد زائد تخمین زده می‌شود. در این حالت اطلاعات کامل درمورد ترکیبات شیمیایی مواد زائدی که در فرآیند تولید کمپوست شرکت دارند برای محاسبات لازم و ضروری است. واکنش‌های استوکیومتریک برای اکسیداسیون کامل ترکیبات به صورت زیر است.

$$C_{10}H_{19}O_3N + 12.5O_2 \rightarrow 10CO_2 + 8H_2O + NH_3$$
$$C_5H_7O_2N + 5O_2 \rightarrow 5CO_2 + 2H_2O + NH_3$$

بخشی از آمونیاک موجود در فرمول فوق اگر pH توده بالای ۷ باشد به صورت تبخیر تلف می شود Polprasert, ۱۹۹۶)). غلظت اکسیژن در خلل و فرجهای توده باید حداقل ۵ درصد باشد تا حالت هوازی در داخل توده حفظ گردد. محققان زیادی برروی هوادهی بهینه در روش هوادهی فعال تحقیقاتی را انجام داده‌اند و هر یک دامنه‌ای را برای دبی هوا مشخص نموده‌اند. وایلی و همکاران نرخ ۰/۳۴ تا ۱/۱۰ لیتر به ازای هر کیلوگرم ماده زائد در دقیقه را برای هوادهی مواد زائد پیشنهاد کرده‌اند. پوسدر سال ۱۹۹۱ میلادی در تحقیق خود برای تولید کمپوست از مواد زائد کشاورزی نرخ‌های بهینه برای تولید کمپوست را بین ۰/۵ تا ۱/۱۶ لیتر به ازای هر کیلوگرم ماده آلی را پیشنهاد کرد.

کینر و همکاران در سال ۲۰۰۱ میلادی دامنه نرخ هوادهی را بین ۰/۳تا ۰/۹ لیتر به ازای هر کیلوگرم ماده آلی معرفی کردند. وینینگ در سال۲۰۰۲ نرخ بهینه برای تولید کمپوست از برخی ضایعات کشاورزی را ۰/۶۹لیتر به ازای هر کیلوگرم ماده آلی تخمین زد.به نقل از کلکو و همکاران در سال ۳۰۰۲.

هوادهی‌هایی نیز به منظور تیمار مواد زائد کشاورزی با مقاومت بالا در مقیاس آزمایشگاهی و در داخل رآکتور صورت گرفته است. مثلا در بررسی که توسط(Ugwuanyi et al., ۲۰۰۴) صورت گرفته است از ۴ نرخ هواده دهی ۰/۱, ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ لیتر به ازای هر کیلوگرم مواد زائد استفاده شده و مشخص گردیده است که در نرخهای هوادهی بالاتر بازده راکتور بالاتر است و همچنین با نرخهای هوادهی بالاتر غلظت اسیدهای آلی فرار نیز کمتر است. بررسی‌هایی نیز در مقیاس صنعتی برای مشخص کردن دامنه هوادهی مناسب برای زباله صورت گرفته است. برنر و همکاران میزان مناسب نرخ هوادهی در این حالت را ۰/۵لیتر به ازای هر کیلوگرم ماده زائد در دقیقه بیان کرده اند. در صورتی که واندر با مشخص کردن دامنه‌ای، این میزان را بین۰/۶ تا ۰/۹۴ لیتر به ازای هر کیلوگرم ماده زائد در رطوبت ۴۵% بیان کرده است.

مصرف ویژه اکسیژن که مشخص کننده فعالیت تنفسی است در روش هوادهی توده ثابت در ابتدای مراحل تولید کمپوست در حدود ۱۹ میلی گرم اکسیژن به ازای هر گرم مواد زائد در ساعت است که این میزان به حدود ۱/۸۱ میلی گرم در حدود ۵۱ روز بعد از هوادهی می‌رسد (Nikolas et al., ۲۰۰۲).

تعیین میزان تنفس در توده به خاطر دلایل زیر قابل توجه است(Korner et al., ۲۰۰۲):

۱- مشخص کردن میزان تجزیه مواد

۲- مشخص کردن تاثیر کاتالیزورها برای افزایش سرعت واکنش

۳- مشخص کردن میزان فعالیت متابولیسم‌های فعال در تولید کمپوست

۴- تعیین زمان بلوغ توده کمپوست

۲- مواد و روشها:

۲-۱- مقدمه:

آنالیزهای انجام گرفته بر روی زباله‌های شـهری در کشـور بیـان کننده آن اسـت که درصـد قابل توجهـی از زباله‌هـای تولیدی در کشـور به صورت زباله‌های آلی قابل تبدیل به کمپوسـت می‌باشـند. بنابرایـن می‌توان گفت که یکی از روشـهای توجیه پذیر بـه منظور برخورد با زباله‌های شـهری تبدیل ایـن مواد به کمپوسـت اسـت. روش هوادهی توده ثابت یکی از روشـهای شـناخته شده و پرکاربرد در دنیا می‌باشـد که در چند سال اخیر نیز در مقیاس صنعتی به منظور تولید کمپوسـت در کشـور و در مجتمع آراد کوه وابسته به سازمان بازیافت و تبدیل مواد شـهرداری تهران مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد. نوپا بودن این تکنولوژی در کشور و کمبود اطلاعات فنی در این زمینه نیاز به تحقیقات وسیع به منظور افزایـش بهـره وری کمپوسـت حاصـل را توجیه می‌کند. این تحقیق در شـهرداری شـهر بروجرد و با همکاری سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران صورت پذیرفت. خوشبختانه قبل از شروع این پروژه و در سـال ۸۳ آنالیز کاملی بر روی زباله‌های شهری در شهرستان و با مشـاورت شرکت بازیافت مواد و تولید کود آلی کرمانشـاه صورت پذیرفته بود که حـاوی اطلاعات کاملی در زمینه انواع و اقسـام مواد زائد شهری و سرانه تولید آن می‌باشد.

۲-۲- مشخصات کلی پروژه:

در ایـن تحقیق هدف، تعیین مناسـب‌ترین نرخ هوادهی بـه منظور تولید کمپوسـت از مـواد زائد جامد شـهری بـه روش هوادهی توده ثابت اسـت. هوادهی بهینه به این منظور حائز اهمیت اسـت که تاثیر عمده‌ای بر روی مدت زمان تولید کمپوسـت و کیفیت محصول تولیـدی دارد یعنی می‌توان گفت که کمپوسـت در مدت زمان کمتری به حالت بلوغ می‌رسد. هوادهی بیش از اندازه منجر به سرد شدن تـوده می‌گـردد و همچنین مقدار قابـل توجهی از رطوبت توده را از بین می‌برد. از طرف دیگر هوادهی کم نیز باعث می شـود که میکروارگانیسم‌های فعال در تـوده قادر بـه فعالیت بهینه نباشند.کمپوسـت تولیدی از مواد زائد شـهری هنوز نتوانسـته اسـت جایگاه مناسـب خود را به منظور کاربرد در مصارف کشاورزی پیدا کند که دلیل عمده آن کمبود درصد عناصر مغذی در کمپوسـت حاصل در زمان مصرف آن می‌باشـد. مدیریـت مناسـب تولید کمپوسـت می‌تواند تا حد زیادی کیفیت کمپوسـت تولیدی را ارتقاء بخشـد. مثلا یکی از مسائل مهم در مدیریت تولید جلوگیری از تلفات ازت می‌باشد. هوادهی‌های مـورد آزمون در این تحقیـق به ترتیب ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۹ لیتر هـوا به ازای هر لیتر مـاده زائد در دقیقه می‌باشد.

۲-۳- مراحل مختلف ساخت

۲-۳-۱- ساخت سرند تفکیک زباله

۲-۳-۲- سـاخت لوله‌هـای مخصـوص بـرای اندازه گیری دما

۲-۳-۳- ساخت پمپهای مخصوص هوادهی

۲-۴- مراحـل مختلـف به منظور تشـکیل توده‌ها:

قبل از تشکیل توده‌ها لازم بود که زباله‌های اولیه تفکیک گردند و سپس سرند شوند.

۲-۴-۱- تفکیک زباله‌ها:

بـه منظور تفکیک زباله‌های کلی از موادی نظیر شیشـه، پلاستیک، فلز و سـایر مواد مقاوم در برابر

تجزیه بیولوژیکی از تعدادی نیروی کارگری استفاده گردیـد. مواد غیر آلی نیز توسـط لودر برای دفن به جایگاه مخصوص منتقل می گردید.

۲-۴-۲- سرند کردن زباله‌ها:

پـس از تفکیک اولیه زباله‌ها با اسـتفاده از لودر عملیات سـرند کـردن زباله‌ها انجام گرفت. سـرند ساخته شده دارای شبکه‌های ۸ سانتی متری بود که از زباله‌های زیر سـرندی آن بمنظور ساخت توده‌ها استفاده شد.

۲-۵- جزئیات تشکیل توده‌ها:

پشـته های مورد آزمون دارای ۳ متر عرض، ۸ متر طول و ۱/۶ متر ارتفاع می‌باشند. در زیر توده‌ها و در بستر آن از کمپوست درجه ۲ استفاده می‌شود و هدف از آن جلوگیری از جاری شـدن شـیرابه و همچنین جلوگیری از تلفات مواد مغذی می‌باشـد. کمپوست درجه ۲ با ارتفاع ۲۰ سانتی متر در بستر مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد. از کمپوست درجه ۱ نیز به منظور پوشـاندن توده اسـتفاده می‌شود که دلایـل اسـتفاده از آن جلوگیـری از پخـش بوی زننـده و همچنین جلوگیری از تلفات حرارتی توده می‌باشـد. روی زباله‌ها نیز به ارتفاع ۲۰ سانتی متر از کمپوسـت درجه ۱ پوشانده می‌شـود. لوله‌های P.V.C بر روی کمپوست درجه ۲ قرار می‌گیرند و زباله‌ها روی آن ریخته می‌شـوند.

لازم به ذکر اسـت که برای وصل کردن لوله‌های P.V.C به پمپها نیز از لوله‌های آلومینیومی استفاده می‌شود. به منظور جلوگیری از ایجاد مجاری دائمی در زمان هوادهی در این روش از تناوب ۱۵ دقیقه‌ای اسـتفاده شد بدین صورت که به ازای هر ۱۵ دقیقه هوادهی ۱۵ دقیقه پمپ خاموش می شد. برای این منظور از یک تایمر استفاده شد.

۲-۶- معیارهای ارزیابی

در ایـن تحقیق بـرای ارزیابی کیفیـت تولید از معیارهایـی کـه تغییـرات آنها نشـان دهنده کیفیت ورسـیدگی توده کمپوسـت شونده است اسـتفاده شده اسـت. یکی از این معیارها درصد ازت اسـت، یکـی از محدودیت‌های اسـتفاده از کمپوسـت حاصـل از مـواد زائد شـهری پایین بودن درصد ازت می‌باشـد که در روش هوادهی توده ثابت به خاطر اسـتفاده از بسـتر مناسـب کمپوسـت آماده در زیر توده می‌تـوان به میزان زیادی از تلفات ازت به صورت شـیرابه جلوگیری کـرد. تغییرات کربن آلی نیز در طول مدت زمان تولید کمپوسـت در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته اسـت و درصد معدنی شـدن آن در طول مامهای مختلف مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. معیـار دیگر اندازه گیری شـده نسـبت کربن به ازت اسـت که روند کاهشـی آن که نشان دهنده بلوغ توده اسـت مورد بررسـی قرار گرفته است. یکـی دیگر از معیارهای مهم اندازه گیری شـده میزان $N\text{-}NO_3$ یا همان ازت نیتراتی می‌باشـد. ارزش ایـن پارامتر به دلیل سـهل الوصول بودن جذب نیتروژن نیتراتی توسـط گیاه اسـت

۲-۷- آنالیزهای انجام گرفته

۲-۷-۱) دمـا: بـرای انـدازه گیری دمـای داخل تـوده از ترمومتـر دیجیتالی اسـتفاده می‌گردد که سـیم مخصـوص آن در داخل لوله‌هـای مخصوص اندازه گیـری دمـا قـرار می‌گیـرد و دمـای توده اندازه گیری می‌گردد.

۲-۷-۲ -انـدازه گیـری ازت: بـرای اندازه گیری نیتـروژن کل از روش کجلـدال اسـتفاده گردیـد. (Jones, ۲۰۰۰)

۳-۷-۲- اندازه گیری pH: اندازه گیری pH از روش حجمی استفاده گردید.

۴-۷-۲- اندازه گیری $N\text{-}No_3$:

بـرای انـدازه گیـری $N\text{-}No_3$ از روش اسپکتروفتومتری و رنگ سنجی استفاده شد.

۵-۷-۲- کربن:

درصـد کربن با اسـتفاده از رابطه زیر محاسـبه شد:

$$C\% = \frac{100 - Ash\%}{1.8} \qquad (۲-۱)$$

که درصد خاکسـتر از سـوزاندن نمونه ها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد حاصل می شود.

۸-۲- روش نمونـه بـرداری از تـوده: (Anonymous, ۲۰۰۵)

به منظور نمونه برداری که بصورت ماهیانه انجام گرفته، توسـط بیل دو مقطع در طـول توده ایجاد شـد و از عمقهای مختلف توده پنج نمونه برداشـته شـد. نمونه‌های برداشته شده از هر دو مقطع با هم مخلوط و از مخلوط حاصل یک نمونه انتخاب شـد. همیـن کار با دو مقطع دیگر در تـوده دوباره انجام پذیرفـت و همین مراحل مجددا تکرارگردید. هر دو نمونـه حاصل از هر توده برای آنالیز به آزمایشـگاه منتقل شد.

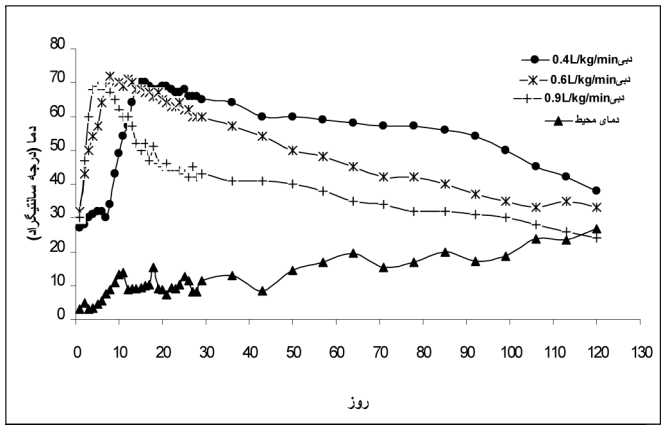
۹-۲- تحلیلهای آماری :

بـه منظـور تحلیل داده های حاصل از طرح آشیانه ای فاکتوریل استفاده شد.

۳- نتایج و بحث :

۱-۳- روند تغییرات دما:

اگر دمـای مزوفیلیک را در محـدوده ۲۵ تا ۴۰ درجه و دمـای ترموفیلیک را در محدوده ۵۰ تا ۶۵ درجه در نظر بگیریم هوادهی ۰/۴ L/kg/min بعد از ۱۰ روز به دمـای ترموفیلیک رسی‌د. حال آنکه این مدت زمان برای هوادهی‌های ۰/۶ L/kg/min و ۰/۹ L/kg/min به ترتیب سه و دو روز بوده است. مطابق با نمودارهای دمایی به وضوح قابل مشـاهده اسـت که نرخ هوادهی کمتر یعنی ۰/۴ L/kg/min طـول دوره زمانی محـدوده دمایـی ترموفیلیک بیش از سـایر دبی‌های بکار برده شـده اسـت و برعکس در هوادهی بالاتر این مدت کوتاهتر شده اسـت. مطابق با نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان بیان نمود که هر چه هوادهی بالاتر باشد



شکل۱-۳ نمودار تغییرات دما مربوط به نرخ های هوادهی مختلف

توده سـریعتر به دمای ترموفیلیک می‌رسـد ولی در این شـرایط کاهش دما به حدود دمای محیط نیز سـریعتر اتفـاق می‌افتد. نمودارهـای مختلف دمایی برای هوادهی‌های مختلف بکار برده شـده همراه با نمودار دمای محیط ترسـیم شـده‌اند تا مقایسـه کاملـی بین دمای محیـط و دمای توده امکان پذیر باشـد.

۲-۳- روند تغییرات کربن آلی:

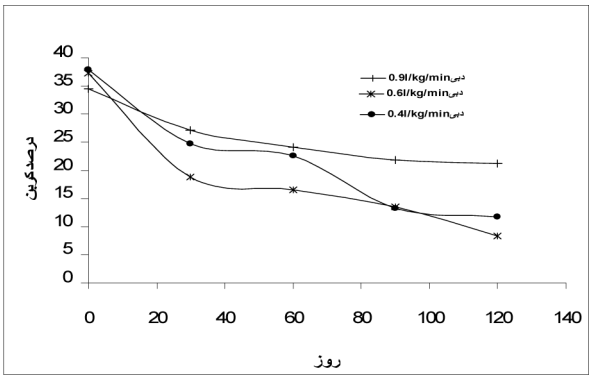
نتایـج تجزیـه داده‌هـا در جـدول (۱-۳) قابل مشـاهده است. با توجه به نمودار و همچنین جدول تجزیه داده‌ها در سطح اطمینان ۱% بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌گردد.

میانگین‌های مربوط به تیمارها قابل بررسـی است. از دلایـل عمده آن می‌تواند کاهش سـریع‌تر دمای توده به خاطر هوادهی با نرخ بالا و همچنین خشک شدن توده باشد زیرا با خشک شدن توده از فعالیت جمعیـت میکروارگانیسـم‌ها به طور چشـمگیری کاسته می‌شود.

همچنیـن آنالیز بیـن ماههای مختلف نشـان می‌دهد که با سـطح اطمینـان ۱% می‌توان بیان نمـود که کاهش میزان کربـن آلی در این تحقیق نیز کاملا نسـبت به ماههای دیگـر معنی‌دار بوده اسـت و در ماه اول کاهش بیشـتری حاصل شده اسـت. روند کاهـش تا ماههای آخر نیز مشـاهده می‌گـردد.

جدول ۱-۳ تجزیه داده‌های مربوط به کربن آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F
تیمار	۲	۲۳۸/۷۳۳	۱۱۹/۳۶۷	۸/۹۱۸**
ماه	۴	۱۸۱۵/۹۹۴	۴۳۷/۹۹۹	۳۵/۴۱**
هوادهی×ماه	۸	۱۸۷/۵۶۵	۲۳/۴۴۶	۱/۷۵۲ ns
خطا	۱۵	۲۰۰/۷۶۸	۱۳/۳۸۵	



شکل۲-۳ نمودار تغییرات درصد کربن در نرخ های هوادهی مختلف

در بین تیمارها هوادهی ۰/۹ L/kg/min نسبت به سـایر نرخهای هوادهـی در کاهش TOC موثر عمل نکرده اسـت که این واقعیت از جدول مقایسه

۳-۳- روند تغییرات ازت:

ازت یکـی از عمده‌تریـن عناصـر مـورد نیاز گیاه اسـت کـه درصد بالای آن در کمپوسـت از

جمله معیارهای کیفیت بالای کمپوست تولیدی است. میزان تمرکز ازت در کمپوست حاصل از مواد زائد شهری کمتر از کمپوست تولیدی از سایر مواد زائد از جمله فضولات دامی و ضایعات کشاورزی است. بنابراین آندسته از سیستم‌های تولیدی که بتوانند میزان ازت را افزایش دهند و از تلفات جلوگیری کنند در اولویت‌اند. جدول (۲-۳) بیان کننده تجزیه داده‌های مربوط به ازت در این تحقیق است.

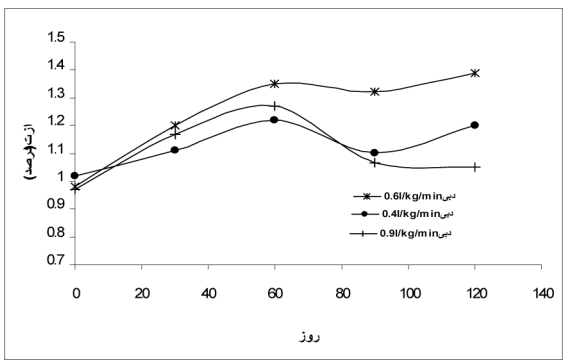
در توده بوده است. که این نتیجه‌گیری با توجه به جدول مقایسه میانگین تیمارها برای ازت‌مشخص‌شده‌است.

با توجه به تحلیلهای صورت گرفته ازت مربوط به دو تیمار دیگر یعنی هوادهی‌های ۰/۴ L/kg/min و ۰/۹ L/kg/min باهم دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱% نبودند.

آنالیز بین ماههای مختلف بیانگر این واقعیت است که در سطح اطمینان ۱% روند

جدول ۲-۳ تجزیه داده‌های مربوطه به ازت کل

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F
تیمار	۲	۰/۱۲۷	۰/۰۶۳	۹/**۲۸
ماه	۴	۰/۲۸۱	۰/۰۷۵	۱۰/**۳۱
هوادهی×ماه	۸	۰/۱۱۸	۰/۰۱۵	۲/ns۱۶۳
خطا	۱۵	۰/۱۰۲	۰/۰۰۷	



شکل۳-۳ تغییرات ازت در نرخ های هوادهی مختلف

با توجه به جدول تجزیه داده‌ها از بین سه نرخ هوادهی، هوادهی ۰/۶ L/kg/min با سطح اطمینان ۱% در افزایش درصد میزان ازت کل موثرتر عمل کرده است. که از دلایل آن وجود دامنه دمایی مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و کاهش موثرتر کربن آلی

تغییرات ازت در مورد تمام هوادهی‌های بکار برده شده در طی این مدت دارای روند افزایشی بوده است. همچنین درصد افزایش ازت در ماه اول بیش از سایر ماهها بوده است که علت اصلی آن کاهش بیشتر کربن آلی در ماه اول است.

۴-۳- رونـد تغییرات نسـبت کربن به ازت (C/N):

نسبت کربن به ازت در فرآیند تولید کمپوست کاهش پیدا می‌کند که دلیل آن معدنی شـدن مواد آلی می‌باشد. نسبت کربن به ازت در تمام توده‌های بکار برده شـده در این تحقیق در محدوده مقداری مشخص بوده‌اند تا تاثیر هوادهی‌های مختلف بر روی روند تغییرات کربن به ازت مورد بررسـی قرار گیرد. معمولا نسـبت کربـن به ازت در مواد زائد شـهری بالاتر از میزان مناسـب لازم برای آن می‌باشـد. در تولید کمپوسـت از مواد مختلف سـعی می‌شود که با اضافه کردن مواد مختلف این نسـبت را به مقدار مناسـب برسـانند. ولی در تولید کمپوست از زباله شـهری انجام این امر مشکل است زیرا میزان تولید زباله‌های شهری بالاست و عملا اضافه کردن موادی که در کاهـش میزان کربن به نیتـروژن اولیه موثر باشد مشکل است. هر چند که استفاده از فاضلابهای شـهری می‌تواند در تعدیل این نسـبت موثر باشد. به علت معنی دار شـدن اثرات متقابل در مورد این نسـبت باید به اثرات متقابل بین ماههای مختلف و هوادهی ها توجه شود.

بـا توجه به نتایج جـدول مقایسـه میانگین‌ها در سـطح ۱% می‌توان نتیجـه گرفت که هوادهی ۰/۶ L/kg/min در مـاه اول کاهش بیشـتری را در نسـبت C/N ایجاد کرده اسـت. این نتیجه به خاطـر تجزیه موثرتر کربن آلی در این نرخ هوادهی بوده اسـت. هر چند که کاهش میزان C/N در ماه اول نسبت به سایر ماهها در تمام نرخ های هوادهی

جدول ۳-۳ تجزیه داده‌های مربوط به نسبت C/N

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F
تیمار	۲	۲۸۹/۵۵۴	۱۴۴/۴۷۷	۲۴/۹۲۳**
ماه	۴	۲۳۱۱/۲۶۱	۵۷۷/۸۱۵	۹۹/۴۶۸**
هوادهی×ماه	۸	۲۲۴/۹۸۷	۲۸/۱۲۳	۴/۸۴۱**
خطا	۱۵	۸۷/۱۳۶	۵/۸۰۹	

جدول ۱-۳-۳ مقایسه میانگین‌های مختلف بین هوادهی‌ها و ماههای مختلف

میانگین	اثرات متقابل	میانگین	اثرات متقابل
۱۸/۴۷ bc	ماه دوم×دبی ۰/۴ L/kg/min	۳۸/۰۲۵ d	شروع پروژه
۱۵/۴۷ ab	ماه اول×دبی ۰/۶ L/kg/min	۳۷/۰۶۵ d	شروع پروژه
۱۲/۲۲ ab	ماه دوم×دبی ۰/۶ L/kg/min	۳۵/۳۳ d	شروع پروژه
۱۱/۸۱ ab	ماه سوم×دبی ۰/۴ L/kg/min	۲۳/۱۴ c	ماه اول×دبی ۰/۹ L/kg/min
۱۰/۲۲ a	ماه سوم×دبی ۰/۶ L/kg/min	۲۱/۴۷ c	ماه چهارم×دبی ۰/۹ L/kg/min
۹/۸۱ a	ماه چهارم× دبی ۰/۴ L/kg/min	۲۰/۶۹ c	ماه سوم×دبی ۰/۹ L/kg/min
۵/۹۱ a	ماه چهارم× دبی ۰/۶ L/kg/min	۲۰/۱۹ c	ماه اول×دبی ۰/۴ L/kg/min
		۱۹/۰۴ bc	ماه دوم×دبی ۰/۹ L/kg/min

بیشـتر بوده اسـت. ولی در نهایت هـر دو هوادهی ۰/۴ L/L/kg/min و ۰/۶ L/kg/min در یک ماه یعنی ماه آخر به کمترین میزان خود رسیده‌اند حال آنکه هوادهی ۰/۹ L/kg/min نتوانسـته است در این مدت مشـخص C/N را به حالت تکمیل برساند که علت آن فعالیت کم میکروارگانیسـم‌ها به خاطر دمای پایین و خشک شدن توده می‌باشد.

۳-۵- روند تغییرات pH

pH نیـز معمـولا در مراحـل تولید کمپوسـت افزایش می‌یابد و به حالت قلیایی می‌رسـد. در یک سیسـتم تولید کمپوست موفق PH نهایتا بین ۸ تا ۹ خواهد بود. جدول تجزیه داده‌های مربوط بهpH مطابق جدول مورد (۴-۳) است.

میکروارگانیسـم‌های فعال در داخـل توده می‌تواند به علت متصاعد شـدن آمونیاک و همچنین فرآیند نیتریفیکاسیون باشد.

۳-۶- رونـد تغییـرات ازت نیتراتـی $N\text{-}NO_3$:

اهمیت ازت نیتراتی به خاطر سهل‌الوصول بودن جذب آن توسط گیاهان می‌باشد. تولید ازت نیتراتی بیشـتر در مرحله تکمیـل صورت می‌گیـرد. برای تولید نیترات دو دسـته باکتـری فعالند که نوع اول نیتروسموناس است که NH_4^+ را به NO_2^- تبدیل می‌کند و دسـته بعدی باکتری‌های نیتروباکتر است که NO_2^- را به NO_3^- تبدیل می‌کند. باکتری‌های نیتریفیکاسیون دارای رشد آرامی هستند و در دمای

جدول ۴-۳ تجزیه داده‌های مربوط به pH

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F
تیمار	۲	۰/۰۱۸	۰/۰۰۹	۲/۳۲۸ ns
ماه	۴	۲۶/۳۲۱	۶/۵۸۰	۲۳۸۹/۹۲**
هوادهی×ماه	۸	۰/۰۵۳	۰/۰۰۷	۲/۴۱۱ ns
خطا	۱۵	۰/۰۴۱	۰/۰۰۳	

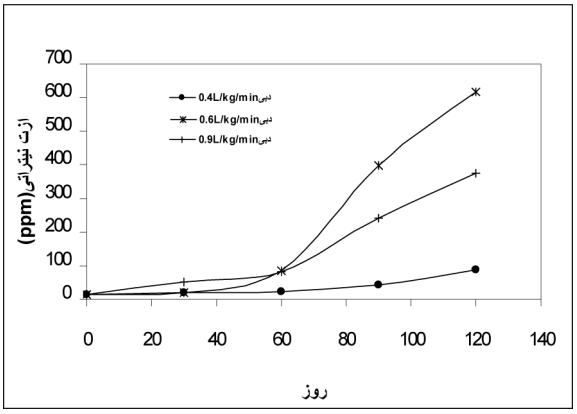
در آنالیزهای صورت گرفته مشـخص گردید که بیـن تیمارهای مختلف اختـلاف معنی داری وجود ندارد.ولی تفاوت معنـی داری بین ماههای مختلف قابل مشاهده است.

با سـطح اطمینـان ۱% می‌توان بیـان نمود که افزایش میزان pH در ماههای اول با نرخ بیشـتری نسـبت به ماههای آخر افزایش پیدا کرده است که دلیل عمده آن معدنی شدن نیتروژن آلی و همچنین فرآیند آمونیفیکاسـیون در ماههای اول می‌باشـد. ولی نـرخ افزایش آن در ماههای آخر با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. دلیل آن علاوه بر کاهش فعالیت بالاتـر از ۴۰ درجه غیرفعال‌اند. بنابراین زمانی فعال می‌شوند که واکنشهای تجزیه مواد زائد آلی تکمیل شـده باشـد. هر چند کـه NO_3^- دارای تلفات نیز می‌باشـد ولی روند کلی آن به صورت افزایش است. اکثرا یک همبستگی مثبت بین ازت نیتراتی و پتاسیم وجـود دارد. نتایج جدول تجزیه داده‌های مربوط به ازت نیتراتی در جدول (۹-۳) قابل مشاهده است .

بـا توجـه بـه نمودارهـا و جدول مقایسـات میانگیـن می‌تـوان بیان نمود که نـرخ هوادهی کمتر، ۰/۴ L/L/kg/min نسـبت به سایرنرخ های هوادهی در افزایش میـزان ازت نیتراتی موثر نبوده

جدول ۵-۳ تجزیه داده‌های مربوط به ازت نیتراتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F
تیمار	۲	۱۷۲۷۱۸/۴۷	۸۶۵۳۹/۲۳	۱۳۸/۶۷۰**
ماه	۴	۵۶۳۷۷۸/۸۰۰	۱۴۰۹۴۴/۷۰	۲۲۶/۳۲**۲
هوادهی×ماه	۸	۲۱۵۸۶۴/۲۰۰	۲۶۹۸۳/۰۲۵	۴۳/۳۳**
خطا	۱۵	۹۳۴۱/۵۰۰	۶۲۲/۷۶۷	



شکل۴-۳ نمودار تغییرات ازت نیتراتی در نرخ های هوادهی متفاوت

است. دلیل عمده آن عدم فعالیت با کتری‌های نیتریفیکاسیون به خاطر دوره طولانی دماهای ترموفیلیک در این هوادهی بوده است. هوادهی ۰/۶ L/L/kg/min در ماه آخر باعث افزایش بیشتری در میزان ازت نیتراتی شده است که احتمالا دلیل آن به خاطر میزان تلفات کمتر نسبت به سایر هوادهی‌ها می‌باشد چون در این حالت میزان تمرکز آمونیاک در توده بیشتر خواهد بود

۷-۳-نتیجه گیری کلی:

هدف کلی از انجام این پایان نامه تعیین مناسبترین نرخ هوادهی در روش توده ثابت بود که بدین منظور شاخص هایی برای سنجش کیفیت کمپوست تولیدی استفاده شد و با توجه به تغییرات این شاخص ها که معیارهایی برای ارزیابی بودند هوادهی مناسب تعیین گردیده است.

در حالت کلی در تعیین میزان هوادهی مناسب باید به نکاتی توجه شود. نخست آنکه هوادهی به میزانی باشد که امکان فعالیت مناسب میکروارگانیسم ها را در طول دوره مشخص تولید فراهم سازد.

زیرا اگر نرخ هوادهی کم باشد از فعالیت میکروارگانیسم ها می کاهد، هوادهی بیش از اندازه نیز مشکل زاست زیرا منجر به سرد شدن پیش از موعد توده می گردد که این شرایط از غیر فعال سازی موثر پاتوژن ها جلوگیری می کند. نکته دیگری که باید مورد

توجــه قرار گیــرد میزان مصرف انرژی اســت. هوادهــی با نرخهــای بالاتر نیازمنــد پمپ های قــوی تــر و به تبــع آن مصرف انــرژی بالاتری هســتند

بــا توجه به مطالب بیان شــده نرخ مناســب هوادهــی باید علاوه بر تضمین فعالیت مناســب میکروارگانیســم ها از نظــر مصــرف انرژی نیز بهینه باشــد. بــا توجه به تغییــرات پارامترهای مختلف در این تحقیق روش مناســب آن اســت که در دو ماه اول شروع پروژه که در برگیرنده فاز فعال می باشد از هوادهی L/kg/min ۰/۶ اســتفاده شود و در دو ماه بعدی نیز از هوادهی L/kg/min ۰/۴ استفاده شود که این شرایط باعــث کاهــش مصــرف انــرژی می گــردد.

منابع:

1-Anonymous. 2005. Compost sampling for lab analysis. Woods End Research Laboratory.

2-Anonymous. 2003. Co-Composting of faecal sludge and municipal organic waste. International Waste Management Institute.

3-Barrington, S., Choiniere, D., Trigui, M., and Knight, W. 2002. Effect carbon source on compost nitrogen and carbon losses. Bioresource Technology. 83: 189-194.

4-Garcia, A.J., Esteban, M.B., Marquez, M.C., and Ramos, P. 2005. Biodegradation of municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs. Waste Management.

5-Korner, I., Braukmeier, J., Herrenklage, J., Leikam, K., Ritzkowski, M., Schlegelmilch, M., and Stegmann, R. 2003. Investigation and optimization of composting processes test systems and practical examples. Waste Management. 23: 17-26.

6-Kulcu, R. and Yaldiz, O. 2004. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes. Bioresource technology. 93: 49-57.

7- Manios, T. The composting potential of different organic solid wastes: experience from the island of crete. Environmental International. 29: 1079-1089.

8-Nickolas, J. and Young, H.K. 2002. Material and energy balances in a large scale aerobic bioconversion cell. Waste Management and Research. 20: 234-242.

9- Polprasert, C. 1996. Organic waste recycling. John Wiley and sons. Second edition. pp. 69-102.

10-Renkow, M., and Rubin, A.R. 1998. Does municipal solid waste composting make economic sense? Environmental Management. 53: 339-347.

11-Solano, M.L., Iriarte, F., Ciria, P., and Negro, M.J. 2001. Performance characteristics of three aeration systems in the composting of sheep manure and straw. J. agric. Engang Res. 79(3): 317-329.

12-Stelmachowski, M., Jastrzebska, M., and Zarzycki, R. 2003. In-Vessel composting for utilizing of municipal sewage-Sludge. Applied Energy. 75: 249-256.

13-Ugwanyi, J.O., Harvey, L.M., and Mc Neil, B. 2005. effect of aeration rate and waste load on evaluation of volatile fatty acids and waste stabilization during termophilic digestion of a model high strength agriculture waste. Bioresource Technology. 96: 721-730.a

مشکلات و دلایل ناکارآمدی فرآیند خصوصی سازی در فعالیت های مدیریت پسماند شهری

خلیل ا... کاظمی
معاونت خدمات شهری شهرداری مشهد

چکیده :
سالهاست که ناکارآمدی سیستم دولتی و بخش‌های عمومـی به عنوان یک اصل قابـل قبول صاحب نظران و مدیران ارشـد درآمـده تا آنجا که در برنامه سـوم و چهـارم توسـعه تصویب و مـورد تأکید قـرار گرفته و برغـم مصوبات قانونـی، سـخنرانی‌های زیبا و پذیرش کلـی آن در عمل همچنان بخش‌های دولتی و عمومی متورم می‌شـوند گرچه گاه این تورم در دل شرکت‌ها و سـازمان های قدیمی و نوساخته صورت می‌گیرد. نکته اصلـی در عدم توجیه مدیـران میانی و مدیران اجرائی اسـت بطوریکـه گاه با تجزیه و تحلیل‌هـای غیرواقعی تشـخیص می‌دهند و گاه ضوابط دست و پاگیر قانونی در استفاده از بخش خصوصی و طولانی بودن آن باعث بکارگیری نیرو برای انجام سـریع کار می‌شود. همیشه آموزش دهندگان خصوصی سـازی نیروهای تئوریک و دانشـگاهی بوده و کمتر توانسته‌اند موشکافانه قضایا را تحلیـل و تبیین کننـد و به همیـن دلیل مجریان گرچه اصل خصوصی سـازی را پذیرفته‌اند لکن آن را ناآشـنا به مشکلات خود دانسـته و خصوصی سازی را در حـوزه کاری خود غیرممکن می‌دانند. در این مقاله سـعی شده اسـت بصورت اجمالی در ابتدا مشکلات و دلایل ناکارآمدی تصـدی گری دولت و بخش عمومی (شهرداریها) را بررسـی و سپس راهکارهای خصوصی سـازی صحیح و اصولی فعالیت های مدیریت پسماند شـهری تعییـن گردیده و مـورد تجزیه گردیـده و با توجـه به تجربیات و موفقیت های سـازمان بازیافت و تبدیل مواد شـهرداری مشهد در جلب مشارکت بخش خصوصی جهت فعالیت های مدیریت پسماند بویژه در بخش صنایع تبدیلی مـواد زاید جامد ، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

کلمـات کلیدی : خصوصی سـازی - مدیریت پسماند

۱- مشکلات و دلایل ناکارآمدی تصدی‌گری دولت و بخش عمومی بویژه در مدیریت شهری

۱-۱- داخل حوزه کاری در سه بخش : کارفرما، اجراء و نظارت :

در سیستم دولتی از آنجا که غالباً مرز و حدود مشخصی در سه حوزه ارجاع کار و تعریف پروژه، اجرای پروژه و نظارت بر پروژه وجود ندارد و حتی در پاره ای موارد مجری خود، ارزیابی کننده کار خود می‌باشد، در نتیجه نقاط ضعف سیستم نتایج مناسبی در جهت اصلاح کار نخواهد داشت . از جمله اثرات مستقیم این تداخل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف: عدم امکان ارزیابی صحیح و اصولی کار .

ب: فراهم آمدن امکان تبانی و فساد سیستم بواسطه یکی بودن تصمیم‌گیران درسه حوزه مذکور.

۱-۲- تنزل شدید جایگاه شهرداری از مدیریت و برنامه ریزی شهری به مجری سطح پائین خدمات شهری :

متأسفانه در شرایط فعلی جایگاه اکثر شهرداری‌های کشور از تولی مدیریت شهری و برنامه‌ریزی کلان شهری به مجری سطح پائین فعالیت های خدماتی در شهر تنزل پیدا کرده و غالب فعالیت هایی نظیر جمع‌آوری زباله و تنظیف شهر، ایجاد و نگهداری فضای سبز شهری، مدیریت گورستان های شهر و ... بصورت امانی و در مجموعه شهرداری صورت می‌پذیرد، بالتبع در این نحوه انجام کار شهرداری باید برغم پرداخت هزینه ها پاسخگوی علت هر کثیفی و ماندن زباله و هر کار جزئی دیگر باشد در حالیکه شهرداری باید از موضع سئوال شنونده خارج و به عنوان کارفرماو در کنار مردم موضع سئوال کننده داشته باشد و انجام کار را به شرکت های خصوصی‌واگذارنماید.

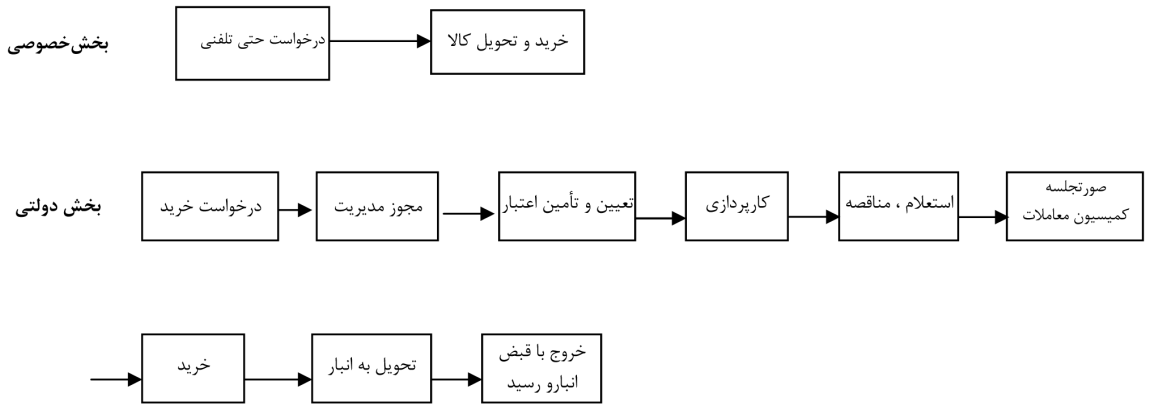
۱-۳- کاهش توان مدیریتی بخش دولتی بدلیل مبتلا شدن به مسائل جزئی و روزمره :

اقتضاء کار امانی درگیر شدن در امور جزئی و روزمره و واماندن از مسائل مهم و برنامه های دراز مدت می‌باشد که بالتبع می توان گفت توان اصلی مدیریت باید صرف امور ذیل گردد:

- بکارگیری و استخدام نیرو
- تامین و پرداخت حقوق و مزایا
- ضرورت رسیدگی به مشکلات شخصی و رفاهی پرسنل نظیر مسکن ، تحصیل و ..
- درگیری در چرخه خریدهای جزئی و موردی و غیره
- پاسخگویی به مردم و الزاماً دفاع از کارکردهای ضعیف

۱-۴- کندبودن روند انجام کار در سیستم دولتی :

عریض و طویل بودن سیستم اداری و ضوابط مقررات دست و پاگیر دولتی در انجام فعالیت های اجرایی موجب اتلاف بیش از حد وقت شده و مسلماً در بسیاری از موارد منجر به از دست رفتن فرصت‌ها می‌گردد. بطور مثال روال عادی یک خرید در بخش دولتی و بخش خصوصی در دیاگرام شکل شماره ۱ زیر مقایسه شده است:



شکل ۱- دیاگرام مقایسه ای خرید در بخش دولتی و بخش خصوصی

اگر در این روند سیستم هـای نظارتی از جمله حراسـت، بازرسـی و غیره مشـکلی وجود نداشته باشد.

۱-۵- گران بودن خدمات در بخش دولتی :

مسـلماً یکـی از تبعات اولیه کندبودن سیسـتم و به طول انجامیده اسـت یک فعالیت در سیسـتم دولتـی، بالارفتن هزینه انجام آن فعالیت خواهد بود . همچنین در سیستم‌های دولتی هزینه ها جنبی و سربار بسیار بیشتری به سیستم تحمیل می‌گردد که همگی منجر به بالارفتن هزینه یک فعالیت مشخص نسـبت به انجام آن در بخش خصوصی خواهد شد. بطـور مثال برخـی هزینه های جنبـی در مدیریت بخـش دولتی و مقایسـه آن با بخـش خصوصی در ادامه نشان داده شده :

الزامات مدیربخش دولتی

الف - ساختمان شیک و بزرگ

ب- منشی ، مشاور و ...

ج - تجهیـزات اداری گرانقیمـت و غیرضروری **(حداکثر نیرو، حداکثر هزینه، کارایی پائین)**

د- راننده، آبدارچی، خودروی شخصی و ..

و- حراست ، بازرسی و . . .

کـه بر اسـاس بررسـی انجام شـده هزینه های بالاسـری حداقل ۲۵% هزینه های اجرائی می باشد .

مدیریت بخش خصوصی:

حداقـل نیـرو ، حداقـل هزینـه ، کارائـی بالا (حـذف کلیه مواردی که مسـتقیماً در کیفیت ارائه خدمات نقشی ندارند)

۶- پرداخت ها و هزینه های غیرضروری در بخش دولتی :

الف: رئوف بودن مدیران و پرداخت از سردلسوزی و ترحم (از کیسه خلیفه) نظیر :

۱- کارانه بدون استحقاق

۲- اضافه کار انجام نشده

۳- پاداش بر اساس ارزشیابی غیرواقعی

بـا هدف کمک هزینه به زندگی کارمندان چون خود را بیشتر رازق میدانند تا مسئول کار مربوطه

ب: بکارگیری نیروهای ناکارآمد و غیر ضروری و یا هدف های غیرمرتبط با عملکرد سیستم :

نظیـر کمـک بـه محرومیـن، معلولیـن ، ازکارافتـادگان ،ایثارگران و ... گرچه امر پسـندیده ای اسـت ولی هر یـک متولی خود را داشـته و در صورت کارآمدی، باید بـه کارگیری آنان در اولویت قرار گیرد.

ج: جایگزینـی روابط بـه جای ضوابط و مقررات که منجر به هزینه اضافه در سیستم میگردد .

۱-۷- از بین بردن انگیزه در نیروهای خوب، مستعد و کارآمد در دراز مدت :

در یک سیسـتم دولتی از آنجا که حقوق و مزایا بر اسـاس پارامترهای خاصی نظیر مدرک تحصیلی و سـابقه کار تعیین می‌شـود حقوق و مزایا بعنوان یک حق عضویت مسـتمر درآمده و در نتیجه مدیر دولتـی در بخش عمده ای از حقـوق و مزایا اختیار کاهش یا افزایش حقوق متناسب با بازده کاری فرد را نخواهد داشـت حتماً پرداخت اضافه کار به عنوان حق و جبران حقوق تلقی می‌شود نه حق‌الزحمه کار اضافی و این امر بطور مستقیم :

الف) باعث کشـته شدن انگیزه در افراد مستعد و کارآمد به واسـطه مقایسـه خود با افراد ناکارآمد خواهد شد

ب) هیـچ انگیزه ای در افراد ضعیف تر در جهت بهبود و ارتقاء سطح کارآیی خود ایجاد نمی کند .

۱-۸- وجـود قوانین دسـت و پاگیر و غالباً مشکل‌ساز اداری در بخش دولتی :

الـف) قوانین مالی (آئین نامه های پیچیده مالی و معاملاتی)

ب) قانون کار (که خود مانع بزرگ ایجاد اشتغال است و فقط به نفع شاغلین فعلی است)

ج) قانـون تخلفـات اداری (ترحـم های بیهوده وسخت گیریهای غیرمنطقی)

در مجمـوع این قوانین در بسـیاری از موارد منجـر به ایجاد تعهدات سـنگین و گرفتن قدرت مانـور مدیران در بخش دولتی شـده و مانع بروز خلاقیت و نوآوری در سیسـتم میگردد. علاوه بر آن در اکثـر برخوردهای فوق الذکر اصل بر متهم بـودن مدیر بخش دولتی بوده مگـر اینکه بتواند خـلاف آن را ثابـت نمایـد!

۱-۹- عـدم رضایتمنـدی گیرنـدگان خدمات(شـهروندان):

از دلایـل اصلـی ایجاد این مشـکل اساسـی، عـلاوه بر کندبـودن روال اجـرای فعالیت ها در بخـش دولتی کـه بالتبـع موجب عـدم رضایت منـدی گیرنـدگان خدمات از ایـن بخش خواهد بود میتوان به عناوین زیر نیز اشـاره نمود .

الف) عدم اطلاع کافی شـهروندان از حجم و تنوع خدماتی که توسـط ارگان مربوطه ارائه می‌شود . (عدم اطلاع‌رسـانی صحیح و کامل)

ب) عدم لحاظ خواسته شهروند در نحوه ارائه خدمات و بی ارزش بودن نظر ارباب رجوع در سیسـتم دولتی که غالباً ناشی از عدم رقابتی بودن ارائه خدمات در بخش دولتی می‌باشـد .

ج) کیفیت پائین ارائه خدمات در بخش دولتی که باز هم ناشـی از عدم انگیزه کافی در ارائه دهنـدگان خدمات و بی‌تفاوتی دسـتگاه های نظارتی سیسـتم (که از خود مجموعه اجرائی و دولتی می‌باشـند) در قبـال کیفیت خدمات می‌باشـد.

د) عـدم پاسـخگویی کامـل مجریـان و ارائه

دهندگان خدمات به خواســته های شهروندان و حالت طلبکارانــه در مواجهه با ارباب رجوع (نقطه مقابل مشــتری مداری در سیستم های خصوصــی)

راهکارهــای خصوصی ســازی صحیح و اصولی فعالیت های مدیریت پسماند

۲-۱- توجیــه کامــل نیروهــای ذی نفوذ و مدیران اجرایی و ایجاد باور در آنها:

در صورت عدم توجیــه نیروهای ذی نفوذ مانند اعضاء شورای اسلامی شهر، مدیران ستادی، مدیران ذیربط استانداری، ادارات کار و امور اجتماعی و ائمه جمعه و جماعات و عدم باور آنها بزرگترین مشــکل در جهت تحقق اهداف واقعی خصوصی‌سازی خواهد بود.

۲-۲- حفظ منافع نیروهای دســت اندرکار موجود:

متاســفانه اجراء صحیح خصوصی سازی و بیکار شــدن نیروهــای شــاغل در بعضــی از برنامه‌های خصوصی سازی باعث ایجاد حساسیت بین نیروهای موجود شــده و در این صورت آنــان بزرگترین مانع خصوصی‌ســازی خواهند بــود و در صورتیکه منافع آنان شــامل شغل و حقوق و مزایا تعهد شود سد راه خصوصی سازی نخواهند شد. در شهرها کافی است کــه، نیروهای رســمی تفکیــک و در نواحی خاصی مستقر شــود و کار آنان در صورت بازنشستگی و یا بازخریــد با روش‌های تشــویقی و کارهای جدید به بخش خصوصی واگذار شــود و گــر نه نیروهایی که منافعشان تهدید می‌شود مستقیم و غیرمستقیم و با تحریک و یا تشــویق افکار تصمیم گیرندگان، مانع انجام کار خواهند شد.

۲-۳- تهیه و تدوین فهرست بهای مشخص در فعالیت های خدمات شهری :

متاســفانه علیرغم پیگیری های فراوان در کلان شهرهای کشور، هنوز فهرست بهای مدونی که مبنای کار در ارائــه فعالیت‌های خدمات شــهری به بخش خصوصی قرار گیرد، از ســوی هیچ ارگانی تدوین و ارائه نشده و در شهرهای مختلف بگونه‌های متفاوت عمل می‌گردد. همچنین در زمینه استانداردســازی کیفیت ارائه خدمات مختلف نیز کار نشده و این امر موجب برخورد ســلیقه‌ای در امــر نظارت بر فعالیت بخش خصوصی از ســوی دســتگاه هــای دولتی در زمینــه فعالیت‌های بخش‌خصوصی‌گردیده اســت و شرط اولیه خصوصی ســازی تدوین فهرست بهاء و کیفیت خدمات‌می‌باشد.

۲-۴- ایجــاد انگیــزه، ترغیــب و تشــویق نیروهــای تحصیل کرده به ایجاد شــرکت های خدماتی مورد نیاز :

استفاده از متدهای نوین علمی و تکنولوژیک در عرصه مدیریت شهری، مســتلزم بکارگیری بخش خصوصــی با تــوان علمی و تخصصی بــالا خواهد بود. متأســفانه اکثر شــرکت های بخش خصوصی که تا کنون در زمینه ارائه خدمات شهری فعالیت می‌نماینــد، ادامه دهنده روش های ســنتی بخش دولتــی، با همــان نیروها و همان کارائی هســتند و در اصــل اهداف خصوصی‌ســازی در جهت رفع مشــکلات ارائه شــده در بخش اول بــا این روش حاصل نخواهد شــد . لذا لازم است جهت آموزش و ترغیــب نیروهای جــوان و تحصیل کرده بخش خصوصی جهت تشــکیل شــرکت و ورود به عرصه ارائــه فعالیت‌های خدمات شــهری اقدامی جزئی بعمــل آیــد.

۲-۵- کنتـرل و هدایـت شـرکتها در روند انجام کار :

با توجه به نوپابـودن فعالیت بخش خصوصی در ارائـه خدمات شـهری، تحمل و سـعه‌صدر و پرهیز از برخوردهای سـریع و مقتدرانـه متصدیان بخش دولتی و هدایت این شـرکت ها در انجام صحیح کار باعث رشد و تقویت بنیه مدیریتی در این شرکت ها شده و ثمره آن خیلی زود مشخص خواهد شد و در غیراینصورت با حذف سـریع شرکت های خدماتی هیچـگاه یک شـرکت فرصت کافی جهت کسـب تجربـه و مقابله با مشـکلات و رفع آنهـا را نخواهد داشت .

۲-۶- تعیین آیتـم های صحیح جهت توان سنجی و ارزشیابی شـرکت های خدماتی قبل از ارجاع کار به آنها :

در این بخش بایسـتی مـوارد اولویت دار نظیر توان مدیریتی و تجربه کاری ، تحصیلات و تخصص دارای وزن بیشـتر و مواردی نظیر امکانات، ماشین آلات و سرمایه و ... نیز مدنظر قرار گیرد .

بر اساس این توان سـنجی شرکت های مختلف درجه بندی شده و می‌توان بر پایه این درجه بندی به آنها کار واگذار کرد .

۲-۷- اجـرای روش مناقصـه محـدود در واگـذاری کار و دعوت از شـرکت های توانمند جهت اجرای کار :

بـر پایه توان سـنجی انجام شـده بـا آیتم های صحیح ، شـرکت هـا اجازه ورود بـه عرصه فعالیت در خدمات شـهری متناسـب با توان خود را داشته باشـند و با جایگزینـی روش مناقصه محدود بجای مناقصه آزاد ، از ورود شرکت های ضعیف که مسلماً بـا دیدگاه غیرواقعی، گاهاً از طریق کاهش قیمت ها موجب ارائه کار ضعیف و خسارت به خود و کارفرما می‌گردند جلوگیری خواهد شد .

مسـلماً در برگزاری مناقصـات تأکید بر این نظر که **همواره قیمت کمتر بهترین گزینه نیسـت** توجه به کیفیت ارائه خدمات و توان پیشنهاددهنده منطقی‌تر خواهد بود .

قابل ذکر اسـت جهـت تقویت شـرکتهای نوپا بایـد در تعریف کار توان آنـان مدنظر قرار گرفته و محدوده‌های کوچکتر برای آنان تعریف شود .

۲-۸-پرداخت به موقع مطالبات شرکت ها :

مسـلماً ایجـاد اعتمـاد متقابل بیـن کارفرما و بخـش خصوصی بویـژه در زمینـه پرداخت‌ها و مطالبـات یکـی از ضروریات عملکـرد صحیح سیسـتم خواهـد بـود، ایجـاد ایـن ذهنیت که کارفرمـا ، شـرکت خدمات دهنده را بخشـی از خـود می‌دانـد و مشـکلات شـرکت، مشـکلات کارفرما نیز می‌باشـد بطور مستقیم در جلوگیری از کاهـش کیفیت ارائه خدمات دخیل خواهد بود و عـلاوه بر آن باید توجه داشـت شـرکت های جدیـد متعلـق به نیروهـای تحصیل کـرده بنیه مالـی قوی ندارنـد و نمی تواننـد چندماه حقوق و مزایـای پرسـنل و هزینـه های شـرکت را از خودشـان پرداخت نمایند .

۲-۹- لحـاظ نمـودن حقـوق قانونـی کارگـران در محاسـبه دسـتمزدها و تصریح در قراردادهـا:

به منظور جلوگیری از مشـکلات ناشـی از عدم پرداخت حقوق قانونی کارگران از سـوی شرکت ها بایستی در محاسـبات میزان دستمزد کلیه حقوق

مربوطه لحاظ گـردد، در این صورت با تصریح این مـورد در قـرارداد فی‌مابین کارفرمـا فقط وظیفه نظارت عالیه و پرداخت کامل حقوق را داشـته و از ورود به جزئیات روابط فی‌مابین کارگر و کارفرما در بخش خصوصی پرهیز شود و گرنه شهرداری مجدداً درگیر مسائل نیروی انسانی شرکت‌ها خواهد شد و علاوه بر آن مدیریت شـرکت‌ها تضعیف می‌گردد.

۲-۱۰- انتقال نیروها از بخش دولتی با حفظ حالت اشتغال به بخش خصوصی :

در روال خصوصی سـازی مشکل تعیین وضعیت نیروهـای موجود بسـیار حائز اهمیت اسـت به این منظور بایستی موارد زیر مدنظر قرار گیرد :

الـف) انتقال کامل نیروهـای روزمزد و موقت به شـرکت های خدماتی بخش خصوصی همزمان با واگذاری کار.

ب) جمـع کردن نیروهای رسـمی و اجباری در محدوده های مشخص و واگذاری مدیریت کار به بخش خصوصی در این مناطق.

ج) تشـکیل تعاونی های خدماتی ویژه پرسنل و تعهد تامین کار برای این شـرکت ها مشروط به جذب نیروهای ثابت موجود . (با ترک تشـریفات مناقصه)

د) اسـمی کـردن ردیف های حقوقی پرسـنل بـه گونه ای کـه در صورت خروج بـه هر دلیل بازخرید، بازنشسـتگی اجـازه بکارگیری نیروی جدیدداده نشود.

هـ) ممنوع کـردن بکارگیری هـر گونه نیروی حقوق بگیر.

و) پیش بینی سیاست های تشویقی برای بازخرید و یا بازنشستگی پیش از موعد .

۲-۱۱- ایجاد سیسـتم نظارتی قوی - سالم و کارآمد :

با قبـول این اصل که در رونـد واگذاری امور به بخـش خصوصی نظارت و ارزیابی از حسـاس ترین و پیچیده‌ترین و مهمترین جایگاه برخوردار اسـت، ایجاد سیسـتم نظارتی قوی و کارآمد که در میزان رضایـت مندی دریافت کنندگان خدمات به موازات رابطه متقابـل کارفرما و بخـش خصوصی ضروری اسـت ، در عین حال بایسـتی سلایق فردی حداقل تأثیر را در نتیجه نظارت داشـته باشد در این راستا حداقل نکات زیر بایستی در نظر گرفته شود .

الف) اسـتفاده از نیروهـای تخصصی و تحصیل کرده و با تجربه به عنوان عوامل نظارتی .

ب) ایجاد جایگاه مناسب و کافی برای گیرندگان خدمات (شهروندان) در سیستم نظارتی از طریق مختلف

(تکمیل فرم های دقیق - نظرسـنجی ، رابطین در محلات و ...)

ج) تهیه چک لیست های نظارتی دقیق و وزن‌دار برای ارزیابی فعالیت‌ها و کمی کردن پارامترهای کیفـی و پرهیز از اعلام نظـر در قالب‌های کلی نظیر خوب، بد ، عالی و ...

د) اعمـال مسـتقیم نتایج نظـارت و ارزیابی در میزان پرداخت به بخش خصوصی و ایجاد انگیزه در ارائه خدمات مطلوب‌تر .

در پایان آن چیزی که اعلام شـد اصول تئوریک موضوع بوده و مسلماً روند اجرایی طرح نیازمند تهیه فرم ها، پرسشنامه و تبیین نحوه ارتباط موضوعات و مسائل مختلف در این رابطه می‌باشد.

نتیجه گیری :

با توجه به مطالب یاد شـده از مشکلات و دلایل ناکارآمـدی تصدی گـری دولت و بخـش عمومی مدیریت پسـماند، می توان تداخل حوزه های کاری و کاهـش نقـش مدیریتی شـهرداری هـا و تبدیل مـواد عامل نظارتی به اجرایی ، تنزل توان مدیریتی بخش دولتی بعلت پرداختن به امور جزیی اجرایی ، بوروکراسی اداری و کند شدن روند اجرایی ، مقرون به صرفه نبودن خدمات در بخش دولتی ،هزینه های غیر الزامی در بخش های دولتی ، عدم ایجاد انگیزه کافی در سیستم های دولتی

اما بطور کلی آنچه که در جلب مشـارکت بخش خصوصی می بایسـتی مورد توجه قـرار گیرد و در جهت اصولی شـدن فعالیت های مدیریت پسـماند مطرح گردد را می توان به صورت ذیل بیان کرد :

۱- توجیـه کامل نیروهای ذی نفـوذ و مدیران اجرایی و ایجاد باور در آنها

۲- حفظ منافع نیروهای دست اندرکار موجود

۳- تهیـه و تدوین فهرسـت بهای مشـخص در فعالیت های خدمات شهری

۴- ایجـاد انگیـزه، ترغیب و تشـویق نیروهای تحصیل کرده به ایجاد شـرکت های خدماتی مورد نیاز

۵- کنترل و هدایت شرکتها در روند انجام کار

۶- تعیین آیتم های صحیح جهت توان سـنجی و ارزشیابی شـرکت های خدماتی قبل از ارجاع کار به آنها

۷- اجرای روش مناقصه محدود در واگذاری کار و دعوت از شرکت های توانمند جهت اجرای کار

۸- پرداخت به موقع مطالبات شرکت ها

۹- لحـاظ نمـودن حقـوق قانونـی کارگران در محاسبه دستمزدها و تصریح در قراردادها

۱۰- انتقال نیروها از بخش دولتی با حفظ حالت اشتغال به بخش خصوصی

۱۱- ایجـاد سیسـتم نظارتـی قوی – سـالم و کارآمد

افزایش سرعت فرآیند تولید کمپوست از مواد زاید جامد شهری و بهبود کیفیت محصول نهایی

جواد عابدینی طرقبه[۱]
شهناز دانش[۲]
محمد یزدانبخش[۳]

۱- مسئول آزمایشگاه های سازمان بازیافت وتبدیل موادشهرداری مشهد

۲- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

درجه رسیدگی و بلوغ کمپوست به عوامل متعددی از قبیل رطوبت ، ترکیب مواد اولیه ،نسبت کربن به ازت و pH بستگی دارد . در این تحقیق اثر کمپوست نهایی تولید شده بعنوان افزودنی بر فرآیند تخمیر بررسی شده است . و سرعت فرآیند ، زمان تخمیر و کیفیت کود حاصل مقایسه شده است . در این تحقیق دوازده توده در حال کمپوست شدن بعنوان نمونه مورد آزمایش قرار گرفته است ، بدین نحو که برای هریک از درصد های ۱۰ ، ۱۵ و ۲۰ و نمونه شاهد (بدون افزودنی) سه تکرار در نظر گرفته شده است . در حین این فرآیند دما و pH اندازه گیری و ثبت شده است . بعد از گذشت یک ماه بخشی از توده های مورد آزمایش نمونه برداری شده و مورد آزمونهای فیزیکی و شیمیایی ازقبیل pH ، هدایت الکتریکی ، نسبت کربن به ازت ، مواد آلی ، ازت ، کربن آلی ، سدیم و پتاسیم قرار گرفته است . در نهایت اثر کمپوست نهایی بعنوان فعال کننده و افزودنی مشخص شد بطوریکه زمان لازم برای تخمیر را کاهش داده و کیفیت کمپوست تولیدی را از نظر درصد مواد آلی و دیگر پارامتر ها بهبود می بخشد .

کلمات کلیدی

کمپوست – موادزایدجامدشهری – تخمیر - افزودنی

۱.مقدمه

روشهای مختلفی برای دفع مواد زائد آلی وجود دارد که یکی از آنها تبدیل با روشهای هوازی و کمپوست شدن می باشد . کمپوست کردن روشی قدیمی و ارزان قیمت می باشد . در این روش مواد زاید آلی نظیر پسماندهای غذایی و گیاهی به کود مفیدی برای کشاورزی تبدیل شده که مزایای بسیاری را در اصلاح خاک دارد و بعنوان کود های مغذی و حالت دهنده خاک مورد استفاده قرار می گیرد [۱۶] در تبدیل مواد زاید جامد آلی به کمپوست میکروارگانیسم‌های مختلفی دخالت دارند ، در واقع تجزیه میکروبیولوژی انجام می شود [۲۸,۲۲,۱۲,۴] .

کمپوست شدن فرآیندی گرمازاست بطوریکه ترکیبات پیچیده بیو شیمیایی تشکیل شده و طی آنها مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌های هوازی تخمیر می شوند . در این تجزیه پیوندهای بین مولکولهای آلی شکسته شده و انرژی آزاد می شود که بدین صورت شرایط رشد متابولیکی فراهم می‌شود . [۲۰و۱] .

با افزایش کمی جمعیت و بدنبال آن رشد اقتصادی و صنعتی جوامع بشری ، مواد زاید جامد شهری در سطح جهان افزایش یافته است . در سالهای اخیر تکنولوژی تبدیل مواد زائد جامد آلی به کمپوست بطور عمده ای رواج یافته است چرا که در حدود ۶۰ درصد آنها مواد آلی فساد پذیر و قابل تجزیه هستند . مواد آلی بعد از طبقه بندی و تفکیک بوسیله عوامل متعدد از قبیل ماشین آلات مکانیزه قابل استفاده برای کمپوست‌شدن‌هستند[۳۰].

کمپوست ترکیب پایدار و ثبت شده ای است که بعلت وفور مواد آلی در آن خواص فیزیکی خاکها را بهبود داده میزان جذب آّب و نگهداری آنرا در خاک افزایش داده ، علاوه براین کمپوست باعث افزایش مقاومت گیاه و ریشه زایی می‌شود که در افزایش کمی و کیفی محصول اثر دارد . کمپوست باعث بهبود خواص شیمیایی خاک نیز می شود بطوریکه ظرفیت تبادل کاتیونی را افزایش داده ، pH را متعادل می کند و درصد عناصر مغذی برای گیاه را افزایش می‌دهد [۲۵] . عدم وجود فلزات سنگین در مواد اولیه مورد استفاده به ما این اطمینان را می دهد که کمپوست تولید شده از نظر آلودگی فلزات سنگین مشکلی ندارد [۲۴] . خاک غنی شده با کمپوست اثر فاحشی بر ریشه و محصول دهی گیاهان را نشان داده است و باعث پیشرفت بیولوژیکی خاک شده که مزایای اقتصادی را بدنبال خواهد داشت . در تحقیقات مختلفی این اثرات بررسی و به اثبات رسیده است [۲۵] .

مواد پسمانده میوه فروشی ها و رستورانها بهترین مواد برای تولید کمپوست هستند [۲۴] این مواد بعد از جمع آوری و تفکیک تحت شرایط کنترل شده ای از نظر دما و pH و رطوبت قرار گرفته و بصورت توده های مشخصی با ابعاد بهینه مورد تجزیه قرار می گیرند . رطوبت بهینه در حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد ، pH در محدوده خنثی, نسبت کربن به ازت بین ۲۵ تا ۳۵ گزارش شده است . دمانیز در ۶۰ درجه سانتیگراد تا حدی باید نگهداشته شود تا فعالیت میکرو ارگانیسم‌های ترموفیلیک کامل شود . [۱۴] متابوسیم جاری در این فرآیند هوازی بوده و به اکسیژن نیاز دارد که توسط هوادهی باید تامین شود . بطوریکه اکسیژن

داخل توده هـا باید در حدود ۱۵ درصد باشـد. اگـر کمبـود اکسـیژن در توده در حـال تخمیر ایجاد شـود جمعیت میکروبی بی هوازی نسـبت به هوازی غالب شـده و شرایط تخمیر بی هوازی فراهم می شـود کـه در نتیجه بوهـای نامطبوع ناشـی از تولید اسیدهای آلی و گاز متان متصاعد مـی شـود . [۹] . اثـر هوادهی و سـرعت آن بر فرآیند کمپوسـت تحقیق شـده است و پارک در تحقیـق خود بعنوان عامل اصلی تجزیه مواد زاید نام برده اسـت [۱۹] .

در این فرآیند همراه تولید کمپوسـت بعنوان محصول ترکیبات دیگر نظیر دی اکسـید کربن و آب حاصل شـده که بصورت بخار و شیرابه خارج می شـوند [۱۱] . بطور اساسی فرآیند کمپوست شـدن از چند مرحله تشکیل شده است ، مرحله اول کـه بسـیار آهسـته انجـام می شـود و دما افزایـش پیدا می کنـد (مزوفیلیک) . سـپس افزایش دما شتاب می گیرد و در دمای بالا انجام می شـود (ترموفیلیک) و در نهایت دما کاهش می یابد و جمعیت میکروبی به حداقل می رسـد (رسـیدگی) . [۳و۱۵] .

افزایش دمـا و نگهداری توده ها در دمای بالا در نابـودی عوامل بیماریزا و پاتوژن موثر اسـت دما در مقایسـه بـا pH در این منظـور مهم تر اسـت . [۱۴] در ایـن روش در مـواد زاید جامد عوامل بیماریزا از بین رفته و سـلامت کمپوسـت تامین می شـود . دماهای ایـده آل بدین منظور در محدوده ۵۵ درجه سانتیگراد می باشد . البته برخـی از قارچهـا قادرند در دماهـای بالاتر نیز فعالیـت کننـد [۶].

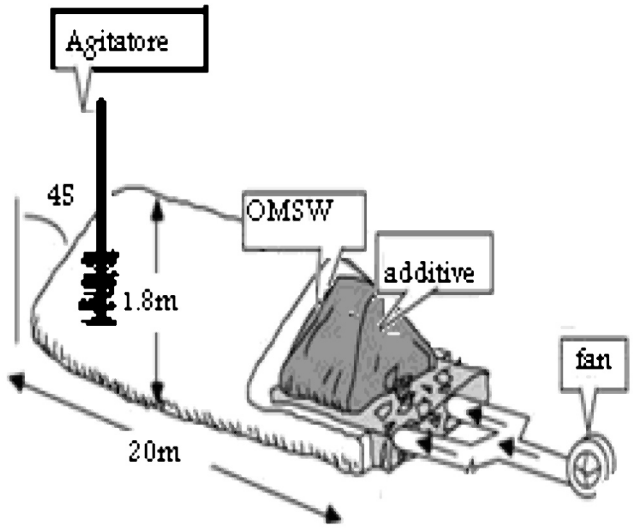
آژانـس حفاظت محیط زیسـت ایالات متحده مقالـه‌ای را بعنـوان " فرآینـد کاهـش عوامـل بیماریـزا»در US-EPA S۴۰CFR part۵۰۳ بـرای کمپوسـت درجه یک قابل عرضـه به بازار منتشـر کرده اسـت که در آن آمده اسـت مواد اولیـه باید برای سـه روز متوالـی در دمای ۵۵ درجـه سـانتیگراد یا بیشـتر قـرار گیرند [۱۷]. درطی کمپوست شـدن نیتروژن آلی به آهستگی به نیتـروژن معدنی تبدیل می شـود این فرآیند معدنـی شـدن معمولاً بصـورت تبدیـل آمونیوم بـه نیتـرات اسـت . و نیتراسـیون نیـز توسـط یکدسـته از باکتریها انجام می شود [۲۸] . ویی، ویژگیهـای کمپوسـت (کودهای آلی) را اینطور بیـان می‌کنند : بدون بو باشـد ، pH در حدود ۶/۵ -۷ باشـد ، مواد آلی ۲۵-۳۵ درصد ترکیب را تشـکیل دهند ، درصـد رطوبت در حدود ۲۵ باشـد ، رنگ قهوه ای تیره داشـته باشد و نسبت C/Nدرمحـدوده ۱۵-۲۰قـرارگیـرد [۳۰]

۲.وسـایل و روش ها

۲-۱-فرآیندکمپوسـت‌شـدن

مـواد زاید جامـد آلـی (مخلوط مـواد زاید گیاهی ، سـبزیجات و پسماندهای غذایی ، کاغذ و غیـره) بعـد از جمع آوری و تفکیک بوسـیله سـرندهای اسـتوانه ای دوار کارخانه کمپوسـت مشـهد و جداسازی نهایی زیسـتی توسط نیروی انسـانی ، بصورت توده هایی روی هم قرار گرفته اسـت.

روشـی کـه در ایـن تحقیق اسـتفاده شـده اسـت، روش هوادهـی در پایـل هـای ثابت می باشـد [۲۸و۲۹]. ابعـاد پایـل هـای مـورد نظر جهت آزمایشـات بصورت ۱/۸×۸×۲۰ متر مکعب (ارتفـاع × عـرض × طول) در نظر گرفته شـده و شـیب تـوده در ارتفاع ۴۵ درجه بوده اسـت .



شکل ۱- نمایش شماتیک پایل های مورد آزمایش

بستری که پایل ها در آن قرار می گیرند مشبک بوده و از طریق کانالهایی به فن های هوادهی مرتبط می شوند. (مطابق شکل ۱).

برنامه هوادهی بصورت ۲ ساعت ، روز در میان بوده و توده ها هر پنج روز یکبار بوسیله یک همزن مارپیچی زیر و رو شده اند . دماهای پایل ها روزانه اندازه گیری شده و میانگین سه نقطه از پایل ثبت شده است . pH نیز هر سه روز یکبار اندازه گیری شده است . قبل از شروع رطوبت مواد اولیه در حدود ۶۵ درصد (وزنی/ وزنی) تنظیم شده است . در این تحقیق دوازده پایل را انتخاب کرده که سه نمونه شاهد (بدون افزودنی) و برای هر یک از درصدهای ۱۰، ۱۵و۲۰ سه نمونه تکرار در نظر گرفته شده است (مطابق جدول ۱).

خواص و ویژگیهای مواد اولیه استفاده شده در آزمایشگاه کارخانه کمپوست مشهد اندازه گیری شده است. (مطابق جدول ۲).

۲-۲- آزمایشات فیزیکی و شیمیایی

نمونه های کمپوست بعد از گذشت دوره یک ماه مورد آزمایش قرار گرفت برای انجام آزمایشات مربوطه یک کیلو گرم از هر پایل نمونه گیری شده است و از نظر آزمایشات مختلف بصورت زیر مورد آزمون قرار گرفته است روشهای انجام آزمایشات مربوطه مطابق با روشهای استاندارد انجمن شیمی امریکا می‌باشد.

جدول ۱- ترکیب درصد نمونه ها

نمونه ها	درصد مواد زاید آلی	درصد کمپوست افزودنی
A۱	۹۰	۱۰
A۲	۸۵	۱۵
A۳	۸۰	۲۰
B	۱۰۰	۰

جدول ۲ – نتایج آزمایشات مربوط به مواد اولیه

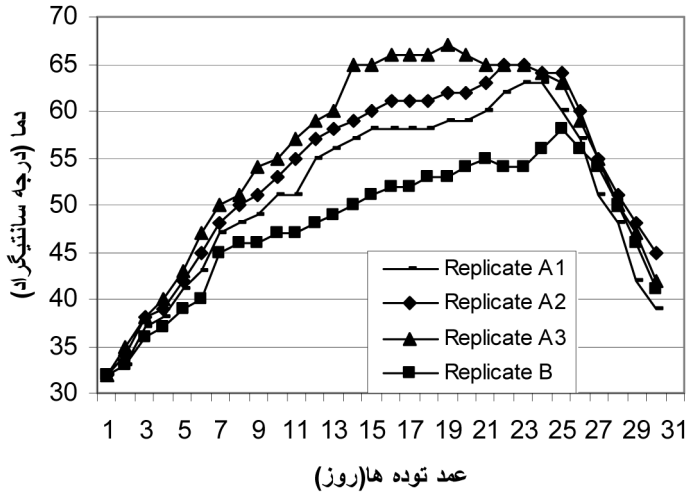
فاکتورها	A۱	A۲	A۳	B	افزودنی
رطوبت	۶۶	۶۳	۶۰	۷۰	۲۰
pH	۵/۷۰	۶/۰۰	۶/۱۰	۵/۵۰	۷/۲۴
EC(cm/ms)	۴/۰۱	۳/۹۳	۳/۹۳	۴/۱۲	۳/۲۶
TVS(%)	۶۵/۵۰	۶۴/۲۵	۶۱/۷۶	۶۸/۹۱	۳۸/۸۵
C.O(*TS of%)	۲۹/۷۸	۲۹/۰۳	۲۸/۴۰	۳۱/۱۲	۱۷/۶۲
N(TS of%)	۱/۵۷	۱/۵۶	۱/۵۵	۱/۶۲	۱/۳۲
P(TS of%)	۱/۱۸	۱/۲۲	۱/۲۴	۱/۱۵	۱/۲۲
K(TS of%)	۳/۰۱	۲/۹۱	۲/۸۴	۳/۱۶	۱/۵۷
Na(TS of%)	۱/۲۸	۱/۲۶	۱/۲۵	۱/۲۹	۱/۱۳
نسبت N:C	۱۸/۶	۱۸/۳	۱۸/۰	۱۹/۲	۱۳/۳۵

TS*: Total Solid

pH و هدایـت الکتریکی (EC) در محلول‌های ۱۰ درصد تهیه شـده بوسـیله دسـتگاه pH متر Metrohm و دسـتگاه هدایـت سـنج EDT-BA۳۸۰ اندازه گیری شده است . [روش ۹۷۳/۰۴] مـواد آلی (OM) و کل مواد جامد فرار (TVS) با کاهش وزن در کوره الکتریکی Exciton ۱۲۰۰-۲۱ در دمـای ۴۵۰ درجه سـانتیگراد اندازه گیری شـده اسـت . [روش ۹۶۷/۰۵]نیتـروژن کل به وسـیله روش کجدال بعد از هضم در محلول اسید سـولفوریک غلیظ محاسبه شده است . برای اندازه گیری کربن آلی ، روش اکسیداسیون کربن بوسیله محلول در کرومات پتاسـیم وتیتراسـیون با اسید . مورد اسـتفاده قرارگرفته اسـت و نسـبت C/N محاسبه شـده است. سدیم و پتاسـیم نیز بوسیله دسـتگاه Flame photometer ۴۰۵ به روش اسـپکتر و فوتومتری بعد از هضم در اسـید اندازه گیری‌شـده‌اسـت.
[روش ۹۷۴/۰۱]

۳- بحث و نتایج

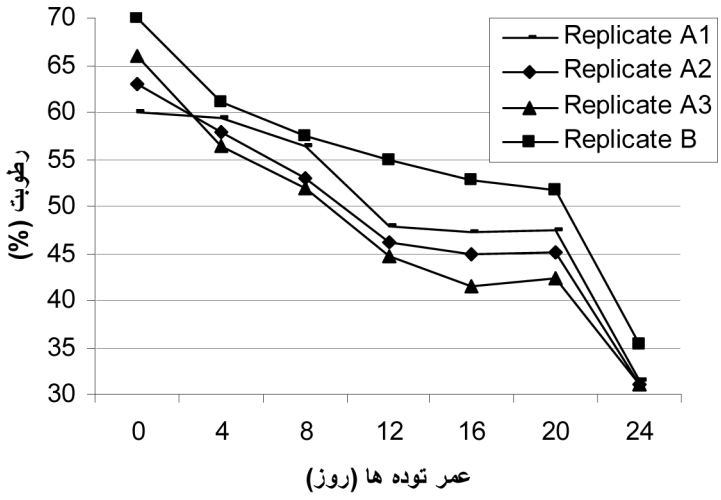
دمـای اولیه مـواد در ابتدا افزایـش می یابد و بعـد از اینکه عمل تجزیه به اتمام رسـید ، کاهش می‌یابد بیشـترین دما (۶۷ درجه سانتیگراد) بعد از گذشـت ۱۹ روز در پایل های A۳ مشاهده شد . بیشـترین دمای اندازه گیری شـده در پایل های شاهد ۵۸ درجه سـانتیگراد بعد از گذشت ۲۵ روز می باشـد . که در مقایسـه با نمونه A۳ شش روز اختلاف داشته و دما نیز حدود ۹ درجه بهبود یافته است که نشـانه فعالیت میکروبی بیشتر می باشد . افت دمای مشـاهده شـده بعد از ۲۵ روز نشـانگر اتمام فعالیت اسـت که در واقع مرحله رسیدگی و تثبیت شـروع می شود . نمونه های A۳ از سلامت کاملتـری برخـوردار خواهنـد بود زیـرا که زمان بیشـتری را در دمای بـالا گذرانده اند . و به همین نسـبت هر چه میزان افزودنی در مقایسه با A۱ و A۲ بیشـتر شده است این هدف کامل تر می شود (نمـودار ۱)



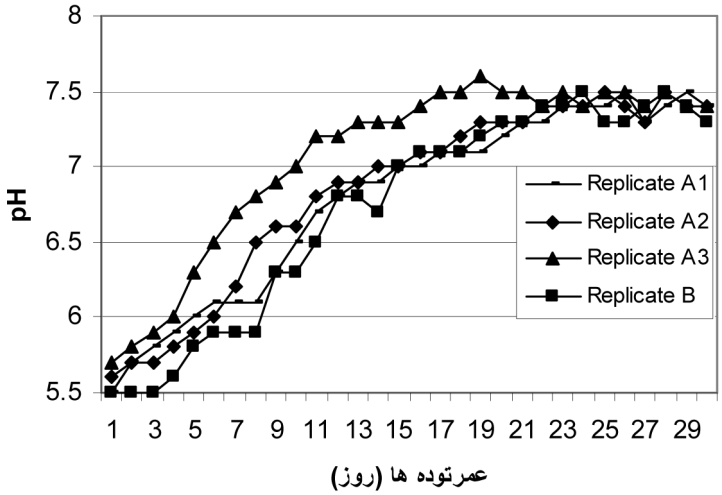
نمودار ۱- تغییرات دما برحسب زمان

رطوبت توده ها هر چهار روز اندازه گیری شـده است. همانطور که از نمودار شماره ۲ مشخص است رطوبـت توده ها بـه تدریج کاهش یافتـه بطوریکه رطوبت اولیه بیـن ۶۰ تا ۷۰ درصد بوده ودر نهایت به کمتر از ۳۰ درصد می رسـد. واضح اسـت که در نمونـه های حاوی افزودنی ایـن کاهش رطوبت که ناشی از فعالیت وافزایش دمای توده هاست فاحش بوده و با نمونه شـاهد قابل مقایسه است. نمونه A۳ که بهتریـن نتایـج را دارد دارای رطوبت بهینه ۶۰ درصد در ابتدای فرآیند بوده است.

مقادیـر pH تابع جنس مـواد و ترکیبات اولیه مورد اسـتفاده اسـت . مواد پسـمانده آشپزخانه ها بخاطـر تولید اسـیدهای چرب آلـی نظیر لاکتیک اسـید و بوتیریک اسـید دارای pH پایین تری اند [۳] . ابتـدا pH در حـدود ۵ می باشـد که بیانگر خاصیت اسـیدی است . سـپس افزایش یافته و در طول ۶ روز تا ۱۲ روز به سـرعت به محدوده خنثی یعنی محدوده ۷ می رسـد . در طی روزهای ۱۵ تا ۳۰ تغییرات خاصی در pH مشـاهده نشده است . رسـیدن به pH خنثی از نمونه های دارای افزودنی



نمودار ۲- تغییرات رطوبت برحسب زمان



نمودار ۳- تغییرات pH برحسب زمان

نسبت به شاهد سـریعتر اتفاق افتاده است و تعادل pH و خنثـی شـده در زمان کمتری انجام شـده است بطوریکه نمونه B بعد از ۱۵ روز به این حالت رسـیده است . مسـلماً رسـیدن به pH خنثی در عملکرد و فعالیت میکروارگانیسـم ها موثر خواهد بـود.(نمـودار ۳)

بر طبق آزمایشـات انجـام شـده بهبودکیفیت درنتایج مربوط به نمونـه های دارای افزودنی کاملاً مشـهود است.(جدول ۳) نمونه های A۳ همگن تر بـوده و دارای بافت یکنواختی می باشـند . مطابق جدول ۳ در برخی از ویژگیها نظیر pH اختلاف در نمونه ها مشـاهده نگردید . نسـبت C/N در نمونه های دارای افزودنی افزایش یافته اسـت بطوریکه در نمونه A۳ نسـبت به B در حـدود ۴ درجه افزایش مشاهده شـده اسـت . و همچنین درصد مواد آلی افزایش قابل ملاحظه ای داشته است . تحت شرایط گرمایی هوازی زائدات جامد شـهری ساختار خود را از دسـت می دهند و تجزیه می شوند مواد افزودنی مذکور در نقش عامل حجیم کننده و افزایش جمعیت میکروبی نیز موثر اسـت . افـزودن کود های آلی به

جدول ۳- نتایج آزمایشات مربوط به محصولات

فاکتورها	A۱	A۲	A۳	B
pH	۷/۲	۷/۱	۷/۲	۷/۴
EC(ms/cm)	۳/۶۴	۳/۶۳	۳/۶۰	۳/۶۵
TVS(%)	۴۷/۲	۴۹/۳	۵۳/۳	۴۷/۰
O.C(%of TS)	۱۹/۱	۲۲/۳	۲۶/۸	۱۷/۴
N(%of TS)	۱/۳۶	۱/۴۴	۱/۵۸	۱/۲۴
K(%of TS)	۱/۰	۱/۰	۱/۱	۰/۹
Na(%of TS)	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۱/۱
C:Nنسبت	۱۴	۱۵/۵	۱۷	۱۴

خاک باعث افزایش رشـد گیاهان شده و محتویات نیتروژن دارا در بافت گیاهی افزایش می یابد.

۴.نتیجه گیری

یکـی از روش های بیوتکنولـوژی تبدیل هوازی مواد زاید جامد شـهری به کودهای آلی (کمپوست) تحت شـرایط همزنی وهوادهی وکنترل pH و دما می باشـد. برای کاهش زمان لازم برای فرآیندتولید کمپوست وافزایش کیفیت محصول نهایی روش‌های متفاوتی می باشـد .افزایش فعال کننده ها از قبیل کمپوسـت به توده هـای در حـال فرآیندعلاوه بر این که راندمان بالایـی را درکیفیت محصول نهایی افزایش می دهد موجب کاهش زمان نیز شده است. بیشترین نقش این افزودنی حجیم کنندگی وبهبود تنفـس توده، کاهـش رطوبت نامطلـوب و افزایش جمعیت میکروبی نتیجه شده است.

۵. منابع ومراجع

[1]Alexander,M.(1997)Introduction to Soil Microbiology,2nd edn. John Wiely and Sons .New York.

American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edn,Clesceri ,L.S.,Greenberg,A.A.,&Eaton,A.D.(eds). American Public Health Association/ American Water Work Association/ Water Invironmental Federation,Washington DC,USA,part 2,2-54,1998

[2Beck-Friis B, Smårs S, Jönsson H and Kirchmann H. 2001. Gaseous emissions of carbon dioxide, ammonia, nitrous oxide from organic household waste in a compost reactor under different temperature regimes. J. Acricultural Engineering Research.

[3]Beffa, T., Blanc, M., Marilley, L., Fischer, J.L., Lyon, P.F. and Aragno, M. (1996) Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. In The Science of Composting Part I, ed. De Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B. and Papi, T. pp. 149-161. London: Chapman & Hall.

[4]Bernal, M.P., C. Paredes, M.A. Sánchez-Monedero, J. Cegarra. 1998b. Maturity and stability parameters of composts with a wide range of organic wastes. Bioresource Technology 63:91-99.

[5]Bertoldi, M., G. Vallini, and A. Pera. 1984. Technological aspects of composting including modeling an microbiology. In J.K.R. Gasser (ed.) Composting of agricultural and other wastes, Elsevier Applied Science Publishers, London, 27-41.

[6]Brady, N.C., and R.R. Weil. 2002. The Nature and Property of Soils, 13th Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 960 pp.

[7]Bremmer , J.M. 1996. Nitrogen – total . In Methods of soil Analysis Part 3-Chemical Methods ed . black , C.A., Evans , D ., White J.L.,

[8]Ensiminger , L.E ., Clark , F.E . and Dinauer R.C . pp . 1085 – 1121. WI : Soil science society of America

[9]Druilhe,C.A.de,Guardia,D. Rogeau,andN.leMouel.2002.Dynamics of carbon and nitrogen in wastewater.2002

[10]Eiland, F., A.M. Lind, M. Leth, J.J.L. Iversen, M. Klamer, and H.E.K. Jensen. 2001. C and N turnover and lignocellulose degradation during composting of Miscanthus straw and liquid pig manure. Compost Science & Utilization 9:186-197.

[11]Epstein E . (1997) The Science of composting . Boca Raton . FL : CRC Press

[12]Golueke, C.G. (1972) Composting: A study of the Process and its Principles. Pennsylvania: Rodale Press, Inc.,Emmaus.

[13]Golueke, C.G. (1992) Bacteriology of composting. Biocycle 33, 55-57.

[14]Haug,R.T, The Practical Handbook of Compost Engineering.Lewis Publishers; Boca Raton,FL,USA,1993

[15]Holmqvist1.A., 2 and Thor Axel Stenström1,2002,Survival of Ascaris Suum Ova,Indicator Bacteria and Salmonella Typhimurium Phage 28B in Mesophilic Composting of Household Waste, 1Swedish Institute for Infectious Disease Control SE-171 82 SOLNA,Sweden.

[16]James I. Chang , J. J. Tsai , K. H. Wu , 2006,Composting of vegetable waste, Waste Management & Research, Vol. 24, No. 4, 354-362, Department of Safety, Health and Environmental Engineering, National First University of Science and Technology, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.

[17]Ndegwa, P.M., and S.A. Thompson. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of solids. Bioresource Technology 76:107-112.

[18]Nelson . D.W. and Sommers , L.E. (1996) Total carbon , organic carbon , and organic matter .In : Methods of soil Analysis part 3- Chemical Methods rd . Black , C.A ., Evans , D ., White , J.L ., Ensiminger , L .E ., Clark , F.E . and Dinauer , R.C . pp. 961-1011. WI : soil Science Society of America

[19]Park , J.I., Yun ,YS ., & Park , J.M. (2002) Long – term operation of slurry bioreactor for decomposition of food wastes.Bioresource Technology , 84,101-104

[20]Paul,E.A.& Clark F.E.(1996) Soil Microbiology and Biochemistry , 2nd edn.Academic Press.San Diego ,CA.doi 10.1006/jaer.2000.0662.

[21]Ros .M, J.A. Pascual, C. Garcia, M.T. Hernandez and H. Insam ,2006.Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts Soil Biology and Biochemistry,Volume 38, Issue 12, December2006, Pages 443-3452

[22]Rynk, R., van de Kamp, M., Willson, G.B. et al. (1992) On-Farm Composting Handbook. New York: NRAES, Cornell University.

[23]Sánchez-Monedero, M.A., A. Roig, C. Paredes, and M.P. Bernal. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. Bioresource Technology 78:301-308.

[24]Sharma,V.K., Candietelli,M.,Fortuna ,F.&Cornacchia ,G.Process of urban and agro-industrial residues by aerobic composting :review .Energy Conversion and Management ,38,453-478, 1997

[25]Shiralipour. A, et al .1992,Physical and chemical properties of soils as affected by municipal solid waste compost application Biomassand Bioenergy, Volume 3, Issues 3-4, 1992, Pages 261-267

[26] Shiralipour . A., et al .1992,Uses and benefits of MSW compost:A review and an assessment B iomassandBioenerg ,Volume3,Issues3-4,1992,Pages267-279.Stabnikova .O. ,e al,2005 . Biotechnology for aerobic conversion of food waste into organic fertilizer,waste management &research, 23:39-47,2005

[27]Tiquia, S.M., Tam, N.F.Y. and Hodgkiss, I.J. (1996) Microbial activities during composting of spent pig-manure sawdust litter at different moisture contents. Bioresource Technology 55, 201-206.

[28]Tiquia ,S.M.,2002,Microbial Transformation of Nitrogen During Composting , Microbiology of Composting,2002 S.M. Tiquia, Evolution of extracellular enzyme activities during manure composting,2002, Journal of Applied Microbiology 2002, 92, 764-775

[29]Tiquia ,S.M. ,2005 Microbiological parameters as indicators of compost maturity,j.applied Microbiology2005,99,816-828

[30]Wei, et al, 2003, Technology of MSW Composting The Technology of the Municipal Solid Wastes Composting.Life Science College, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China,China Agricultural University, Beijing, China Zimin Nature and Science, 1(1), 2003.

بررسی امکان کاهش آلودگی متان تولید شده در محل دفن زباله شهری بر اساس مکانیزم توسعه پاک در شهر رشت

ادوین صفری
غلامرضا اسدالله فردی
فاطمه جقتایی

چکیده

با توسعه و افزایش رفاه در شهرها نیاز انسان به مواد مصرفی و در نتیجه تولید مواد زائد که خود از عوامل آلودگی محیط‌زیست بشمار می‌آید روزبه‌روز بیشتر می‌شود. یکی از روش‌ها برای دفع مواد زاید جامد دفن بهداشتی زباله می‌باشد. در محل‌های دفن زباله در نتیجه تجزیه بیولوژیکی مواد آلی موجود در زباله‌ها، انواع گازهایی تولید می‌گردند که قسمت اعظم این گازها را متان و دی‌اکسیدکربن تشکیل می‌دهند. این گازها بعلت ایجاد اثرات گلخانه‌ای، از جمله منابع آلوده کننده محیط‌زیست بشمار می روند. لذا انجام مطالعات دقیق در جهت شناخت هر چه بیشتر میزان انتشار این گازها از مراکز دفن زباله و اثرات ناشی از آنها در جهت ایجاد راهکارهای مفید برای کنترل و مدیریت صحیح آنها لازم و ضروری می باشد. در این تحقیق انتخاب گزینه‌ای مناسب در جهت کاهش گاز متان در محل دفن زباله شهر رشت واقع در منطقه سراوان، در ۲۰ کیلومتری جنوب شهر رشت مد نظر قرار گرفته است. با کنترل و کاهش گاز متان علاوه بر کاهش انتشار آلودگی گلخانه‌ای و قرارگیری در راستای توسعه پایدار در کشور، شرایط استفاده از مکانیزم توسعه پاک که با هدف کمک به کشورهای در حال توسعه در پروتوکل کیوتو مطرح شده فراهم می گردد. اینترتیب بخشی از هزینه مدیریت مواد زائد با سود اقتصادی حاصل از این مکانیزم تأمین خواهد گردید.

در راستای رسیدن به این اهداف، تخمین میزان و روند تولید گاز در این محل دفن با استفاده از نرم افزار LandGEM انجام و پتانسیل تولید انرژی برای گاز متان برآورد گردیده است. سپس دو گزینه (سوزاندن گاز متان) و (استفاده از متان بعنوان منبع انرژی)، به لحاظ میزان کاهش آلودگی و بهره اقتصادی حاصل از مکانیزم توسعه پاک با یکدیگر مقایسه و مناسب‌ترین گزینه برای کاهش انتشار متان حاصل از این محل دفن انتخاب گردیده است. نتیجه حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده این است که با وجود نیاز به سرمایه‌گذاری بالا برای تولید انرژی از گاز حاصل از محل دفن زباله، میزان کاهش آلودگی دراین گزینه بیشتر و به این طریق با مبلغی که به ازای این کاهش آلودگی و به واسطه مکانیزم توسعه پاک از بانک جهانی دریافت می گردد بخش قابل توجهی از این هزینه جبران می‌شود. محاسبات نشان می‌دهد که این گزینه نسبت به گزینه سوزاندن متان دارای ارجحیت می‌باشد.

کلمات کلیدی: مکانیزم توسـعه پـاک، متان، دفن بهداشتی، مواد زائد، LandGEM

مقدمه

عمده‌ترین گاز ناشـی از محل‌های دفن زباله گاز متان می‌باشد. اثر گلخانه‌ای این گاز حدوداً ۲۱ برابر گاز دی‌اکسـیدکربن می‌باشد از سوی دیگر این گاز دارای پتانسـیل بالایی برای تولید انرژی می‌باشد و در صورت استفاده از یک تکنولوژی مناسب می‌توان مقادیر قابل توجهی انرژی از این گاز استخراج نموده و مورد استفاده قرار گیرد. کنترل و مدیریت صحیح ایـن گاز در محل‌هـای دفن زباله شـهری از طرفی به تامین سـلامت انسـان‌ها و محیط زیست کمک کرده و از طرف دیگر شـرایط بهره‌مندی از مکانیزم مالی توسعه پاک را در کشور فراهم می‌آورد. در سال ۱۹۹۸ لنارد میلیچ [۱] از دانشگاه آریزونا در یک پروسه تحقیقاتی ضمن معرفی منابع گوناگون تولید گاز متان و بررسـی آنها، منابعی که به کارگیری روشی برای کاهش متان در آنها لازم و ضروری باشـد معرفی و اثر چرخه بیوژئوشیمیایی متان را در بالا رفتن دمای کره زمین بیان کرد (Lenard Milich,۱۹۹۸). در سال ۱۹۹۹ نیز تعدادی از محققین موسسه مطالعات زمین و گروه مهندسـی عمران و محیط‌زیسـت در امریـکا تحقیقاتی در جهت کاهـش متان حاصل از محل دفـن زباله به انجام رسـاندند. در این تحقیق علاوه بـر ارائه دو روش برای اندازه‌گیری مسـتقیم گاز متان در محل دفـن، روش بازیافت انرژی برای کاهش متان ناشـی از محل دفن پیشـنهاد گردی . (Byard W. Mosher and et all ,۱۹۹۹) در سـال ۲۰۰۵، دو محقق هلندی [۲] ۶ مدل گوناگون را برای اندازه‌گیری میزان متـان حاصل از محل دفن زباله در سه محل دفن زباله مورد آزمایش قرارداده و نتایج حاصل را با مقادیر اندازه‌گیری مستقیم متان در محل دفن مقایسه کردند. نتایج حاصل نشان دهنده تفـاوت زیاد ارقام در دو حالت بود که بر اسـاس آن نحوه کالیبراسیون مدل پیشنهادی نیز مورد بررسی قرار گرفته و پیشـنهاد گردیـد (Heijo Scharff, and Joeri Jacobs۲۰۰۵). در سـال ۲۰۰۶ نیـز مطالعاتی توسـط ویکاش تالیـان [۳] و همکارانش در مرکـز مطالعات انرژی در موسسـه تکنولوژی دهلی صـورت گرفت کـه از روش مدل‌سـازی دینامیکی برای تخمین متان حاصل از مواد زائد جامد شـهری اسـتفاده گردید. با اسـتفاده از آنالیزهای گوناگون پیش‌بینی‌هایی برای مدیریت مواد زائد جامد شهری صـورت گرفت و نتایج حاصل نشـان دهنده کاهش میزان متان حاصل از محل دفن در صورت اسـتفاده از یک مدیریت صحیح در طی سال‌های آتی می‌باشد. (Vikash Talyan and et all)

در تحقیق حاضر ضمن معرفی دو روش سوزاندن گاز متان و بازیافت انرژی از این گاز در جهت کاهش متـان حاصل از محل دفن زباله به مقایسـه این دو روش به لحاظ اثرات زیسـت‌محیطی و اقتصادی در محل دفن زباله شـهر رشت واقع در منطقه سراوان پرداخته شده و با توجه به نتایج حاصل مناسب‌ترین گزینه برای کاهـش گاز متان حاصل از این لندفیل معرفی گردیده است.

در بخـش اول از این مطالعه ابتـدا توضیحاتی راجع به روش کار، روابط و فرضیات مورد استفاده بیان گردیده اسـت. در بخـش دوم ضمن معرفی محل دفن زباله شـهر رشت، شرایط و میزان زباله و سایر اطلاعات موجود در این محل مورد بررسی قـرار گرفتـه و در بخش آخر نتایـج حاصل از به کارگیـری دو روش سـوزاندن [۴] و بازیافت انرژی [۵] ارائه شـده اسـت. در انتها نیز ضمن مقایسه نتایج حاصل از دو روش مذکور، مناسب‌ترین روش برای

کاهـش آلودگـی گاز متان حاصـل از این لندفیل انتخاب گردیده است.

روش کار:

اولین قدم در جهت کاهش آلودگی گازی ناشـی از محـل دفـن زبالـه تخمین میـزان گاز حاصل از آن می‌باشـد.روش‌های گوناگونـی برای محاسـبه میـزان گاز ناشـی از مراکز دفن زبالـه ارائه گردیده کـه تمامـی این روش‌ها شـامل مدل‌سـازی تولید ایـن گازها می‌باشـند که بیشـتر مدل‌های معمول از معـادلات درجه اول یک یا چنـد مرحله‌ای برای توصیف درجه میزان گاز تولیدی در محل‌های دفن زباله اسـتفاده می‌کنند. در مطالعـه حاضر نرم‌افزار (LandGEM , Alexander,A et al۲۰۰۵) بعنوان یک ابزاری برای تخمین انتشـار گاز از محل دفن زباله استفاده شده است.

در این نرم‌افزار نیز از یک معادله درجه اول برای تخمین میزان متان تولیدی اسـتفاده گردیده است که به شکل رابطه شماره (۱) بیان می‌گردد.

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0.1}^{1} K\ L_0\left[\frac{M_i}{10}\right]e^{-K t_{ij}} \quad (۱)$$

Q_{CH_4} : متـان تولیـدی سـالانه در طول سـال محاسبه $\left(m^3/yr\right)$

i : شمارنده گام زمانی (یک سال)

n : (سال انجام محاسبات) _ (سال شروع ورود زباله)

j : گام زمانی (۰,۱ سال) $\left(1/yr\right)$

K: میزان متان تولیدی $\left(m^3/Mg\right)$

L_0: پتانسیل تولید متان

M_i: جرم زباله وارد شده در سال i ام

t_{ij} : سـن قسمت j ام از جرم M_i که در سال iام وارد شده

بـا توجه به معادله ریاضی مورد اسـتفاده در این مـدل وجود اطلاعاتی مانند مقـدار زباله موجود در محـل دفن زباله، تعداد سـالهای بهره‌برداری از آن، پتانسـیل تولید متـان و ثابت تولید متـان، لازم و ضروری می‌باشـد. با فرض باز شدن محل دفن زباله رشـت در سال ۱۳۸۸ و با در نظر گرفتن دوره طرح ۴۰ سـاله برای اسـتفاده از آن، میزان زباله ورودی بـه محل دفـن زباله در سـال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۴۲۷ محاسبه می‌گردد. پتانسیل تولید متان و ثابت تولید متان، در شـهر رشت با توجه به شرایط آب و هوایی مرطوب در این شـهر $\left(m^3/Mg\right)$ ۱۷۳ و (سـال/۱) ۰,۳۵ - ۰,۱در نظر گرفته می‌شـود (۱۹۹۶,EPA). بـرای ثابت تولیـد متان در مراجـع مختلف مقادیر گوناگونـی ذکر شـده اسـت. یکـی از ایـن مقادیر (سـال/۱) ۰,۶۹۳ (۱۹۸۳,Hoeks) می‌باشـد که مربوط به زمانیسـت که درصد بالایـی از مواد زائد را پسـماندهای غذایی تشـکیل داده‌اند. با توجه بـه درصـد بالای مـواد غذایـی در مـواد زائد جامد شهری در شـهر رشت(یعنی حدود ۸۰% جرمی) ایـن مقدار نیز برای ثابـت تولید متان مدنظـر قـرار می‌گیرد. در ایـن نرم‌افزار میزان تولیـد ۴ آلاینده اصلی متان، دی‌اکسـیدکربن، کل گاز[۶] و ترکیبـات آلی فاقد متان[۷] محاسـبه و بـه صورت نمـودار و جدول بیـان می‌گردد. بعـد از محاسـبه میـزان متان تولید شـده در محل دفن دو روش سـوزاندن متان در مشـعل و تبدیل آن به الکتریسـیته با استفاده از موتور گازسـوز با یکدیگر مقایسه می‌گردند. در روش سـوزاندن متان از رابطه شماره(۲) (CDM-Executive Board) بـرای محاسـبه میزان متـان خروجـی از محـل دفـن در حالـت به کارگیری مشـعل[۸]اسـتفاده می‌شـود.

(۲

$$PE_{flare,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times \left(1 - \eta_{flare,h}\right) \times \frac{GWP_{CH_4}}{1000}$$

$PE_{flare,y}$: آلودگی کنترل شده حاصل از سوزاندن متان در سال y

$TM_{RG,h}$:دبی جرمی متان در گاز خروجی در ساعتh

$\eta_{flare,h}$:بازده مشعل در ساعتh

GWP_{CH_4} :پتانسیل گرمایش جهانی متان(=۲۱)

برای محاسـبه میزان کاهش آلودگی۹، برای تمام سال‌ها میزان متان کنترل شده که از فرمول شماره (۲) بدست آمده از کل متان تولید شده در محل دفن کم می‌شود.

در روش دوم از ماشـین احتراقی۱۰، برای تبدیل گاز متان به انرژی اسـتفاده می‌گردد که به اینترتیب نیز میـزان متان تولید شـده در محل دفن زباله به میزان قابل توجهی کاهـش می‌یابد. مقدار کاهش آلودگی در ایـن روش با اسـتفاده از نرم‌افـزار "Emission Reductions and Environmental and Energy Benefits for Landfill Gas Energy Projects" (EPA)، کـه از نرم‌افزارهـای مـورد قبـول آژانس حفاظت محیط‌زیسـت آمریکا است محاسـبه می‌گردد. این نرم‌افزار نیز بر پایه دو رابطه شماره (۳) و (۴) این کاهش آلودگی را محاسـبه می‌کند. با اسـتفاده از رابطه شماره (۳) میزان کاهش آلودگی در مرحله اول این روش که سوزاندن متان می‌باشد و با استفاده از رابطه شماره (۴) میزان کاهش آلودگی در مرحله دوم یعنی تبدیل گاز به انرژی محاسبه می‌شود.

$$MMTCO2E/yr = MegawattsofGeneratingCapasity \times 0.93 \times 8760 \times 1000 \times 11700/1012 \times 0.0423/2000 \times 0.9072/1E+0.6 \times 21 \quad (۳)$$

$$MMTCO2E/yr = MegawattsofGeneratingCapacity \times 0.85 \times 8760 \times 1000 \times 1.58/2000 \times 0.9072/1E+0.6 \quad (۴)$$

پارامترهای موجود در روابط فوق به صورت زیر بیان می‌گردند:

۰,۹۳ : فاکتور ظرفیت برای واحدهای تولید الکتریسیته

۸۷۶۰ : فاکتور تبدیل $\left(\frac{hours}{year}\right)$

۱۰۰۰: فاکتور تبدیل $\left(\frac{kilowatts}{megawat}\right)$

۱۱۷۰۰: ارزش حرارتی ماشین احتراقی $\left(\frac{Btu}{kilowatt-hour}\right)$

۱۰۱۲ : فاکتور تبدیل
$\left(Btu/Standard\ CubicFootMethane\right)$
۰،۰۴۲۳ : فاکتور تبدیل
$\left(\frac{poundsMethane}{Standard\ CubicFootMethane}\right)$
۲۰۰۰ : فاکتور تبدیل
$\left(pounds/shortton\right)$
۰،۹۰۷۲ : فاکتور تبدیل
$\left(\frac{metricton}{shortton}\right)$
E۱+۰۶: فاکتور تبدیل
$\left(\frac{MetricTon}{MillionMetricTon}\right)$
۲۱ : پتانسیل گرمایش جهانی متان
۰،۸۵ : فاکتـور ظرفیت خالص بـرای واحدهای تولید الکتریسیته
۱،۵۸ : فاکتور آلودگی
$\left(\frac{PoundsCarbonDioxide}{Kilowatt-hour}\right)$

دفـن مبلغی را از خریداران بالقـوه دریافت می‌دارد که این مبلغ تقریباً برابـر با ۳۵۹۶۲ ریال(Karan ,Capoor and Philippe Ambrosi ۲۰۰۷)، به ازای هر تن کاهش آلودگی معادل دی‌اکسیدکربن می‌باشـد. در نهایت با مقایسه تمام هزینه‌ها و سود اقتصـادی حاصل از فروش کربـن در دو روش ذکر شده مناسب‌ترین روش هم به لحاظ اقتصادی و هم به لحاظ زیست‌محیطی انتخاب می‌گردد.

مطالعه موردی:

محل دفن زباله شـهر رشـت در منطقه سراوان واقع در ۲۱ کیلومتری جنوب رشت، در میان جنگل سراوان واقع گردیده اسـت و تمام زباله تولیدی در شـهر رشـت به صورت روزانه به ایـن محل منتقل می‌گـردد. طبق آمار موجـود در مرکز آمـار ایران تغییرات جمعیت شهر رشت در طی دوره ۴۰ ساله (۷۵-۱۳۳۵) به شرح جدول شماره (۱) می‌باشد:

جدول شماره(۱)- تغییرات جمعیت شهر رشت در طی دوره ۴۰ ساله(۷۵-۱۳۳۵)

سال	۱۳۳۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۰	۱۳۷۵
جمعیت	۱۰۹۴۹۱	۱۴۳۵۵۷	۱۸۸۹۵۷	۲۹۰۸۹۷	۳۴۰۶۳۷	۴۱۷۷۴۸

بعد از محاسـبه مقدار کاهش آلودگی با استفاده از هر دو روش مقـدار هزینه لازم برای راه‌اندازی و به‌کارگیری هر یک از دو سیستم محاسبه می‌گردد. طبـق آمار موجـود در بازار جهانی هزینه متوسـط استفاده از هر کیلووات انرژی موجود در گاز حاصل از محل دفن در حالت اسـتفاده از مشعل ۳۵۰ یورو و در حالت اسـتفاده از ماشـین احتراقی ۸۵۰ یورو می‌باشـد که این هزینه شـامل هزینه راه‌اندازی هر یـک از سیسـتم‌ها و هزینه تعمیـر و نگهداری آنها در طـول دوران اسـتفاده از آنها می‌باشـد. از طرف دیگر طبق مکانیزم مالی توسـعه پاک، کشور ایران بـه ازای کاهش مقـدار متان تولید شـده در محل

با در نظر گرفتن مقادیر جمعیتی فوق پیش‌بینی جمعیت برای ۴۰ سـال آینده با اسـتفاده از رابطه شماره (۵) صورت می‌گیرد.

(۵)

$$P_n = P_0(1+\gamma)^n \longrightarrow \gamma = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1$$

P_n : جمعیت در زمان t

P_0: جمعیت در زمان مبدأ

γ: نرخ رشد جمعیت

Δt: تغییر زمان به سال

محاسبه نرخ رشـد جمعیت در شهر رشت نیز با

جدول شماره(۲)- نرخ رشد جمعیت در شهر رشت

سال	۱۳۳۵-۴۵	۱۳۴۵-۵۵	۱۳۵۵-۶۵	۱۳۶۵-۷۰	۱۳۷۰-۷۵	۱۳۷۵-۸۵
نرخ رشد جمعیت	۲/۷۵	۲/۷۹	۴/۴۱	۳/۲۱	۴/۱۷	۲/۸

اســتفاده از فرمول شماره (۵) صورت گرفته و نتایج حاصل در جدول شماره (۲) مشاده می‌گردد.

پیش‌بینــی صورت گرفته برای جمعیت شــهر رشــت نمایانگر جمعیت ثابت این شــهر می‌باشد لذا با توجه به اینکه در روزهای خاصی از ســال (اواخر اســفند تا اواخر فروردین و اواخر شهریور ماه) که جمعاً معادل با ۴۰ روز می‌باشد جمعیت مســافران در این شــهر ۳۰۰ تــا ۴۰۰ هزار نفر افزایــش می‌یابد بــرای این مدت یــک افزایش جمعیــت معادل ۳۵۰ هزار نفر علاوه بر جمعیت ثابت شــهر رشــت در نظر گرفته می‌شــود.

مطابق با آمار موجود در مؤسســه بازیافت اســتان گیــلان ســرانه تولید زباله در ســال ۱۳۸۵، $\left(\frac{Kg}{c.d}\right)$ (۱۰۰۰-۹۰۰) بــوده و پیــش بینــی گردیــده کــه ســرانه تولیــد در آینده نیــز همیــن مقــدار باشــد. بنابرایــن در طی ســال‌های دوره طرح ســرانه تولیــد زباله به طور میانگین $\left(\frac{Kg}{c.d}\right)$ ۰/۹۵ در نظر گرفته می‌شود. با توجه بــه اطلاعات موجود میــزان ورود زباله در ســال‌های باز بودن محل دفن قابل محاســبه می‌باشــد. میزان زباله ورودی به این محل دفن در ســال باز شدن و بسته شــدن آن در جدول شــماره (۳) قابل مشــاهده می‌باشــد.

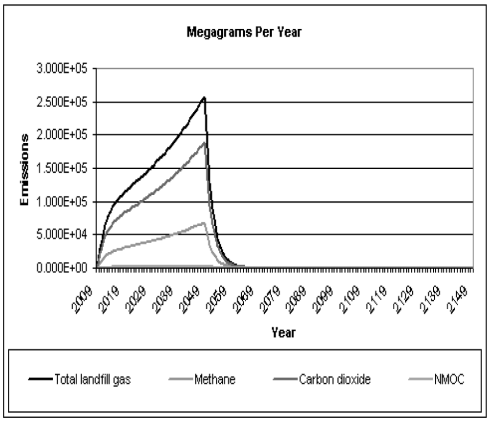
جدول شماره(۳)- میزان زباله ورودی به محل دفن در سال باز شدن و بسته شدن

سال	۱۳۸۸	۱۴۲۷
میزان زباله ورودی به لندفیل(ton)	۲۲۰۹۲۲	۶۲۲۸۴۵

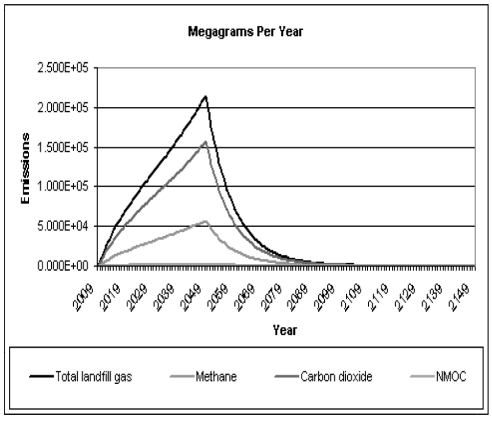
نتایج:

بـا توجـه به داده‌هـای موجود و با اسـتفاده از نرم‌افـزار LandGem رونـد تولیـد گاز در محل دفـن در طی ۱۴۰ سـال تولیـد گاز در نمودارهای شکل شماره (۱) بر حسب واحد (سال/مگاگرم) قابل مشاهده می‌باشد.

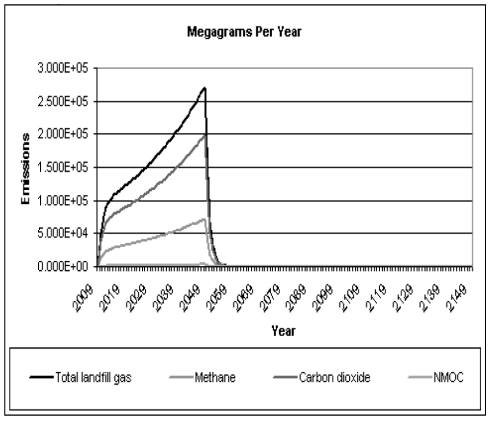
مقایسـه سـه دسـته نمودار بیان کننده وجود درصد بالایی از مواد آلی در حالت سـوم، (سال/۱) (k=۰,۶۹۳) می‌باشد. درصد بالای مواد آلی در محل دفن زباله سـبب افزایش میزان گاز تولیدی در این محل می‌گردد. در حالت سوم با توجه به اینکه تقریباً تمام موارد وارد شده به محل دفن در چند سال اول مواد آلی(قابل تجزیه سریع) می‌باشند در این مدت سرعت تولید گاز بسیار بالاست که شیب زیاد نمودار نمایانگر صحت این قضیه می‌باشد. با مقایسه سرعت تولید گاز در سه نمودار شکل شماره(۱)، می‌توان به سرعت بالای تولید گاز در سال‌های اولیه دفن زباله در حالت سـوم پی برد. به تدریـج با ورود زباله‌های جدید و با در نظر گرفتن کاهش سـرعت تولید گاز در زباله‌هـای قبلـی موجود در محل دفن سـرعت تجزیـه زبالـه بتدریج کاهش یافته و شـیب نمودار کاهش می‌یابد. در این‌حالت وجود زباله‌های سـابق



حالت دوم- ثابت تولید متان = ۰,۳۵



حالت اول- ثابت تولید متان = ۰,۱



حالت سوم- ثابت تولید متان= ۰,۶۹۳

شکل شماره (۱)- روند تولید آلاینده‌های متان، دی‌اکسیدکربن، ترکیبات آلی فاقد متان و کل گاز در محل دفن زباله شهر رشت

در محل دفن باعث تعدیل سرعت تولید گاز در محل می‌گردد. با توجه به میزان متان تولید شده در محل دفن زباله و با اســتفاده از روابط بیان شده در بخش قبل میزان کاهش آلودگی در هر دو حالت اســتفاده از مشعل و مولد قابل محاسبه می‌باشد. نتایج حاصل از این محاســبات در جدول شماره (۴) ارائه گردیده است.

حاصــل از ایــن کاهش آلودگــی در هر دو روش با توجه به مقادیر کاهش آلودگی، قابل محاســبه بــوده و نتایج حاصل در جدول شــماره (۵) ارائه گردیده‌اســت.

امــا اســتفاده از هــر دو روش فــوق نیازمند تأمیــن امکانات لازم می‌باشــد. علاوه بــر هزینه ســرمایه‌گذاری هــر یــک از سیســتم‌های مورد

جدول شماره (۴)- میزان کاهش آلودگی بر حسب تن در سال (معادل دی‌اکسیدکربن)

ثابت تولید متان / تکنولوژی	۰,۱	۰,۳۵	۰,۶۹۳
سوزاندن متان(مشعل)	۳,۲۰۸*۱۰^۷	۳,۲۴۹*۱۰^۷	۳,۳۰۴*۱۰^۷
بازیافت انرژی	۳,۳۲۳*۱۰^۷	۳,۳۶۴*۱۰^۷	۳,۴۲۲*۱۰^۷

با توجه به اینکه کشــور ایران به ازای کاهش هر تــن آلودگی معادل کربن و به واســطه وجود مکانیــزم توســعه پاک ۳۵۹۶۲,۵ ریــال از بانک جهانــی دریافت می‌کند لذا ایــن کاهش آلودگی علاوه بر تأمین ســلامت محیط‌زیست و انسان‌ها، درآمــدی نیــز به دنبــال خواهد داشــت. درآمد

اســتفاده مانند مشعل و یا ماشین احتراقی دارای هزینه‌های تعمیر ونگهداری در طول ســال‌هایی که مورد اســتفاده قرار می‌گیرند می‌باشــند. کل هزینــه ســرمایه‌گذاری لازم برای هــر یک از دو روش به طور تقریبی محاســبه شده و در جدول شــماره(۶)نشــان‌داده‌شــده‌اســت.

جدول شماره (۵)- سود حاصل از فروش کربن بر حسب میلیون ریال

ثابت تولید متان / تکنولوژی	۰,۱	۰,۳۵	۰,۶۹۳
سوزاندن متان(مشعل)	۱,۱۵*۱۰^۶	۱,۱۷*۱۰^۶	۱,۱۹*۱۰^۶
بازیافت انرژی	۱,۱۶*۱۰^۶	۱,۲۱*۱۰^۶	۱,۲۳*۱۰^۶

جدول شماره (۶)- هزینه سرمایه‌گذاری لازم بر حسب میلیون ریال

ثابت تولید متان / تکنولوژی	۰,۱	۰,۳۵	۰,۶۹۳
سوزاندن متان(مشعل)	۲,۶۷*۱۰^۶	۲,۷*۱۰^۶	۲,۷۵*۱۰^۶
بازیافت انرژی	۸*۱۰^۶	۸,۱۹*۱۰^۶	۸,۳۴*۱۰^۶

جمع‌بندی

نتایج کلی حاصل از محاسـبات انجام شـده در جدول شماره(۷) نشان داده شده است.

کاهـش آلودگی بـا روش بازیافت انـرژی تقریباً یکسـان است. بنابراین برای محل دفن زباله رشت اسـتفاده ازاین روش قابل قبول می‌باشـد.

جدول شماره(۷)- مقایسه نتایج حاصل از دو روش سوزاندن متان و تبدیل متان به انرژی

	مشعل			تبدیل به انرژی		
	K=۰,۱ (سال/۱)	K=۰,۳۵ (سال/۱)	K=۰,۶۹۳ (سال/۱)	K=۰,۱ (سال/۱)	K=۰,۳۵ (سال/۱)	K=۰,۶۹۳ (سال/۱)
میزان کل گازتولیدی(m۳)	۵۳۸,۸*۱۰^۷	۵۴۵,۶*۱۰^۷	۵۵۵*۱۰^۷	۵۳۸,۸*۱۰^۷	۵۴۵,۶*۱۰^۷	۵۵۵*۱۰^۷
میزان کاهش آلودگیco۲e(yr/ton)	۳,۲۱*۱۰^۷	۳,۲۵*۱۰^۷	۳,۳۰*۱۰^۷	۳,۲۳*۱۰^۷	۳,۳۶*۱۰^۷	۳,۴۲*۱۰^۷
میزان انرژی تولیدی(kwh)	----------			۵۴۲,۱*۱۰^۷	۵۵۳,۷*۱۰^۷	۵۶۴,۶*۱۰^۷
هزینه معادل سرمایه گذاری(۱۰۰۰۰۰۰ریال)	۲,۶۷*۱۰^۶	۲,۷۰*۱۰^۶	۲,۷۵*۱۰^۶	۸*۱۰^۶	۸,۲*۱۰^۶	۸,۳۴*۱۰^۶
درآمد حاصل از فروش کربن(۱۰۰۰۰۰۰ریال)	۱,۱۵*۱۰^۶	۱,۱۷*۱۰^۶	۱,۱۹*۱۰^۶	۱,۱۶*۱۰^۶	۱,۲۱*۱۰^۶	۱,۲۳*۱۰^۶

نتایج بدسـت آمده بیان کننده این اسـت که میـزان کاهـش آلودگـی در هـر دو روش تقریباً یکسـان می‌باشـد. بنابرین از نظر اثر بر سـلامت محیط‌زیسـت دو روش تفاوت چندانی ندارند. اما با توجه به اینکه هزینه سـرمایه‌گذاری لازم برای روش بازیافت انرژی تقریباً ۴ برابر هزینه لازم برای روش سوزاندن متان می‌باشـد به لحاظ اقتصادی روش سـوزاندن متان بر تبدیل انرژی ترجیح داده می‌شـود. با توجه به اینکه به ازای کاهش آلودگی محاسبه شـده کشـور ایران می‌تواند مبلغی را از خریـداران دریافت کند قسـمتی از هزینه‌ها قابل جبران می‌باشـد اما نتایج نشـان می‌دهد که سود حاصـل از فروش کربن برای هـر دو روش تقریباً یکسـان است و سود حاصله قسـمت اعظم هزینه سـرمایه‌گذاری در حالـت اسـتفاده از مشـعل را جبران می‌کند. بنابراین استفاده از روش سوزاندن به لحاظ اقتصـادی قابل قبول و به لحاظ میزان

پی نوشت:

1- Lenard Milich
2- Heijo Scharff and Joeri Jacobs
3- Vikash Talyan
4- FLARE
5- Energy recovery
6- TOTAL LANDFILL GAS
7- NMOCS
8- FLARE
9- emission reduction
10- ENGINE

منابع

[1]http://www.epa.gov/cppd/pdf/brochure.pdf (PDF, 16 pp., 152 KB)

[2] Alexander,A.;Burklin,C.;Singleton,A, Eastern Research Group

[3] UNFCCC/CCNUCC/CDM – Executive Board/Methodological "Tool to determine project emissions from flaring gases containingmethane"

[4] Karan Capoor,Sustainable Development Operations, World Bank and Philippe Ambrosi/,Development Economics Research Group, World Bank , State and Trends of the Carbon Market 2007/Washington, D.C. - May 2007

[5] Vikash Talyan, R.P. Dahiya, S. Anand and T.R. Sreekrishnan:Quantification of methane emission from m unicipal solid waste disposal in Delhi: February 2006

[6] Heijo Scharff'and Joeri Jacobs: Applying guidance for methane emission estimation for landfills, November 2005

[7] Lenard Milich: The role of methane in global warming: where might mitigation strategies be focused? October 1998

[8] Byard W. Mosher, P. C. Czepiel, J. Shorter, E. Allwine, R. C. Harriss, C. Kolb and B. Lamb: Mitigation of methane emissions at landfill sites in New England, USA : February 1999

ارزیابی پارامترهای موثر بر انتقال آلودگی از مدفن های زباله به سفره های آب زیرزمینی

کاظم بدو[۱]
فرشید سعدآبادی[۲]
۱- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه
۲- دانشـجوی کارشناسـی ارشد مهندسـی خاک و پی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه

چکیده:
با انجام آزمایشـات انتقال آلودگـی، ضریب دیفیوژن یـون کلر درخاک ماسـه سـیلتی رودخانه شـهرچای ارومیـه و خاک رسـی منطقه مدفن زباله شهرسـتان ارومیـه تعییـن گردیـد. پارامترهای موثـر در میزان انتقـال آلودگی از مدفن زباله به سـفره آب زیرزمینی مـورد شناسـایی قرار گرفت. سـه گزینـه مدفن زباله جهت محاسـبات انتقال آلودگی انتخاب شـده و تاثیر تعدادی از پارامترهای انتقال با استفاده از کد رایانه ای ETARGIM مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش ارتفاع لایه خاک طبیعی میزان آلودگی در سفره آب زیرزمینی به تاخیر می افتد، لیکن مقدار غلظت ماکزیمم در سفره آب زیرزمینی به ارتفاع لایه خاک طبیعی بسـتگی نـدارد. همچنین با افزایش ضخامت سـفره آب زیرزمینی و سـرعت جریان آب در این سفره مقدار غلظت یون کلر در این لایه کاهش می یابد. بر اسـاس یافته های این مطالعه ، یک مدفن زباله نیمه مهندسـی را که دارای یک لایه زهکش شیرابه و یک لاینر رسـی اسـت، می توان بعنوان یک استاندارد حداقل به حرفه مهندسی و دست اندرکاران امر مدیریت پسماندهای شهری در کشور معرفی نمود.

کلمات کلیدی: دیفیوژن، انتقال آلودگی، مدفن زبالـه، سـفره آب زیرزمینی، لاینر رسـی، زهکش شیرابه

۱ – مقدمه

وقتی مقـداری زباله مرطوب روی هم انباشـته شـوند بعد از مدتی مایعی لزج از آن خارج می شود که شامل عناصر شیمیایی متعدد و عموما خطرناکی است که "شیرابه" نامیده می شود]۱ ، ۲[. شیرابه در داخل مدفن (لندفیل)، از میان زباله ها سرازیر شده و در کف مدفن روی هم انباشته شده و حجم عظیمی از این مایع بسـیار خطرناک در تماس با خاک بستر مدفن قرار می گیرد. شـیرابه جمع شـده تحت اثر مکانیزمهای مختلف شروع به نفوذ و حرکت در میان لایه های خاک زیرین کرده و پس از طی مسیری به سـفره آب زیرزمینی تحتانی وارد می شود. افزایش غلظت ایـن مواد در آب زیرزمینی ممکن اسـت به حدی برسد که از استانداردهای موجود تجاوز کرده و آب زیرزمینی عملا آلوده شـود. در لندفیلها برای جلوگیری از این موضوع اقدام به سـاخت لایه های مهندسـی مختلف برای مدیریت شـیرابه می کنند. برای این کار ابتدا باید اطلاعات مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زباله و شیرابه، خواص مکانیکی و هیدرودینامیکـی لایـه های طبیعی و مهندسـی زیر لندفیل و مشـخصات هیدروژئولوژیک منطقه را جمع‌آوری کرد. سپس با انجام یک سری آزمایشات و محاسـبات روی پارامترهای موثر روند کلی انتقال آلودگی را به دسـت آورده، طـرح نهایی لندفیل را ارایه کرد]۳[. متاسـفانه در ایران طراحی وسـاخت لندفیلهای مهندسی–بهداشـتی جایگاه قانونی خود را پیدا نکرده و هنوز زباله های شـهری یا به صورت روبـاز روی زمیـن طبیعی رها شـده و یا به صورت غیر بهداشـتی دفن مـی گردنـد]۴ ، ۵[. در این مطالعـه ابتدا پارامترهای موثر بـر انتقال آلودگی از یک لندفیل به سـفره آب زیرزمینی شناسایی شده و سـپس با انجـام آزمایش های دیفیـوژن، ضریب دیفیوژن یون کلر در دو نوع خاک موجود در منطقه تعیین گردید. در ادامه آنالیز های حساسـیت روی پارامترهـای کلیـدی انتقال آلودگی در قالب سـه گزینه بـرای طرح مدفن زباله انجام شـده و گزینه بهینه معرفی گردید.

۲ – مواد و روشها

بـرای اینکه نتایج به دسـت آمـده از تحقیق به واقعیت نزدیکتر بوده و استفاده از مقادیر غیر واقعی نتایج غیرقابل اطمینانی به دسـت ندهد، از خاکهای واقعـی موجود در منطقه اسـتفاده شـده و با انجام آزمایشات مختلف مقادیر واقعی پارامترهای مکانیکی و ضریب دیفیوژن برای این خاکها به دست آمد.

۲ – ۱ خاکهای مورد استفاده

برای انجام این تحقیق از دو نوع خاک اسـتفاده شـد. یک نوع خاک ماسه سـیلتی متعلق به حاشیه رودخانه شـهرچای ارومیه به عنـوان خاک طبیعی بسـتر لندفیل و یک نوع خاک سـیلت رسی متعلق بـه منطقه مدفن زباله ارومیه واقع در منطقه نازلوی ارومیه به عنوان خاک مورد استفاده در لاینر لندفیل انتخاب شـدند. خصوصیات مکانیکی این خاکها در جدول (۱) نشان داده شده است.

۲ – ۲ آزمایشـهای دیفیوژن روی خاکهای مورد نظر

از آنجایی که پارامتر ضریب دیفیوژن نقش مهمی در انتقـال آلودگی از میان خاکها دارد، یک سـری آزمایش برای تعیین ضریب دیفیوژن خاکهای مورد استفاده انجام شـد. آزمایشات یک بعدی با استفاده از یـک لوله پلی اتیلـن که کف آن بـا یک صفحه شیشـه‌ای مسـدود اسـت انجام گردید. نمونه‌های

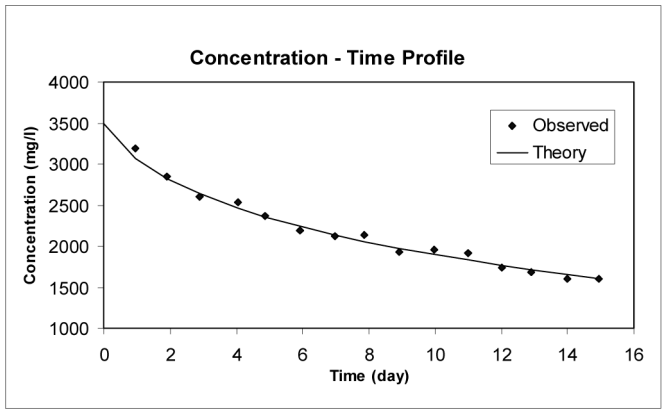
جدول ۱ : خصوصیات مکانیکی خاکهای مورد استفاده

خاک سیلت رسی		خاک ماسه سیلتی	
نوع خاک	CL	نوع خاک	SM
حد روانی (%)	۲۲	ضریب یکنواختی (Cu)	۶/۲۲
حد خمیری (%)	۸		
نشانه خمیری (%)	۱۴	ضریب انحناء (Cc)	۲/۵۷
چگالی ویژه	۲/۷۳		
درجه رطوبت بهینه (%)	۱۲/۹	چگالی ویژه	۲/۶۸
دانسیته خشک ماکزیمم $\left(gr/cm^3\right)$	۱/۹۶	-	

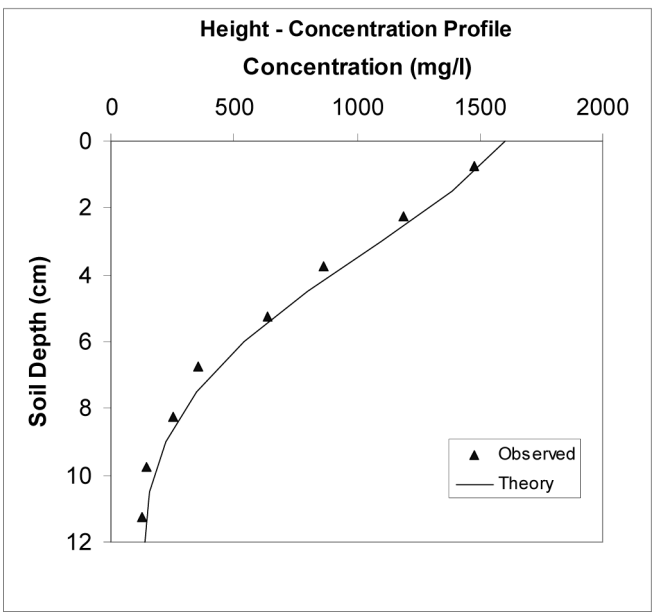
خـاک در داخل لوله با دو درصـد بیش از رطوبت بهینه متراکم شـده سـپس محلول کلرور سدیم با غلظت معیـن روی نمونه های خاک (بعنوان منبع آلودگـی) ریخته شـده و آزمایش دیفیـوژن آغاز گردیـد. پس از شـروع آزمایـش در فواصل زمانی مشخص برای تعیین تغییرات غلظت منبع آلودگی نسـبت به زمان نمونه‌برداری شد و بعد از هر نمونه بـرداری برای ثابت ماندن سـطح محلـول، معادل حجمـی آن آب مقطـر اضافه گردیـد. پس از طی زمان مشخص (حدود ۱۵ روز) محلول کلرور سدیم از بـالای نمونه‌ها تخلیه شـده، نمونه ها به صورت لایه‌های افقی هم ضخامت (حدود ۱/۵ سـانتیمتر) بریده شـدند. درجه رطوبت، درجه اشباع و سپس درجه رطوبـت حجمی نمونه‌های خاک محاسـبه شدند. نمونه ها درجه اشباعی در بازه ۹۷ الی ۱۰۰ درصد داشـتند. نمونه محلولهای به دست آمده از لایه های خاک جهت تعیین غلظت یون کلر نسبت به ارتفاع خاک توسط دسـتگاه یون متر (مجهز به الکترود یون کلر) آنالیز شـدند. نتایج مشـاهده ای غلظت-زمـان و غلظت-ارتفـاع خاک، توسـط نرم افزار POLLUTE پیش‌بینی شده و نهایتا ضریب دیفیوژن یون کلر در خاک آزمایش شـده با برازش بهترین منحنی های تئوریک (نتایج نرم افزار) روی نقاط مشـاهده ای، بدسـت آمد [۶]. در شکل (۱) یک نمونه از نتایج آزمایش روی خاک ماسه سیلتی نشان داده شده است [۷]. در این آزمایش ضریب دیفیـوژن (s/m۲) ۵/۱۰x۱-۱۰ برای یون کلر در خاک آزمایش شـده بدسـت آمد که در آنالیز های انجام شـده مورد اسـتفاده قرار گرفت.

۳ - گزینه های مختلف طرح لندفیل

اشکال شماتیک سه گزینه مختلف طرح لندفیل در شکل های (۲) الی (۴) نشان داده شده اند. گزینه اول طرح لندفیل در شکل (۲) مشاهده میشود. این یک لندفیل غیر مهندسـی بوده و اغلب لندفیلهای موجود در کشـور از این نوع اسـت. گزینه های دوم و سـوم طرح لندفیل به ترتیب در اشکال (۳) و (۴) نشـان داده شده و جزو لندفیل های نیمه مهندسی محسوب می‌شـوند و تحت شرایط خاص می توانند بعنوان طرح مدفن انتخاب شوند.

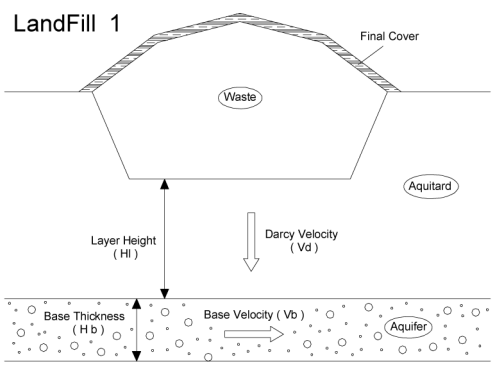


(الف)

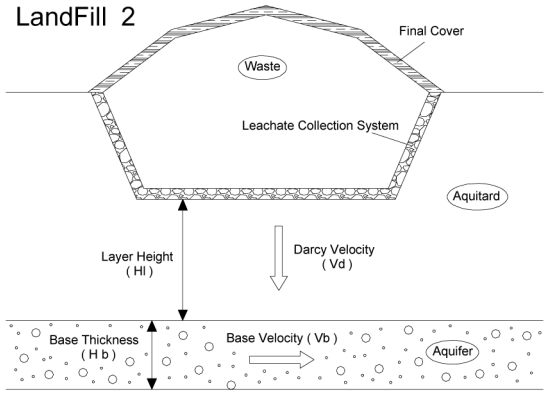


(ب)

شکل ۱ : تغییرات مشاهده ای و تئوریک غلظت یون کلر (الف) نسبت به زمان و (ب) نسبت به ارتفاع خاک در نمونه خاک رس سیلتی



شکل ۲ : شکل شماتیک گزینه اول طرح مدفن (بدون المان مهندسی)



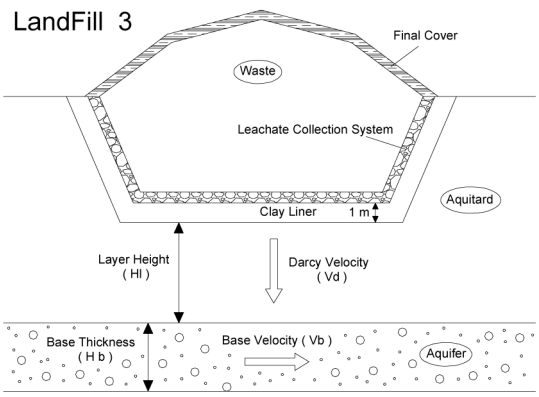
شکل ۳ : شکل شماتیک گزینه دوم طرح مدفن (با یک المان مهندسی زهکش شیرابه)

۳ – ۱ گزینه اول : لندفیل غیر مهندسی

مطابق شـکل (۲) گزینه اول طـرح مدفن، یک لندفیل سـنتی اسـت که به غیر از یک لایه پوشش نهایی که در انتهای کار روی زباله های انباشته شده سـاخته می شـود، هیچ گونه لایه مهندسی اعم از لاینر (لایه رسی کوبیده شده) یا لایه زهکش در آن وجود ندارد. در نتیجه شـیرابه حاصل از زباله ها در تماس مسـتقیم با لایه خاک طبیعی (Aquitard) می‌باشد. ارتفاع این لایه (Hl) متغیر است و بر اساس شـرایط موجود در دشت ارومیه در تحلیل هایی که در آن هـا Hl یـک پارامتر متغیر اسـت، از ۱ تا ۲۰ متـر و در دیگر تحلیل ها ۱۰ متر فرض شـده است. در زیر این لایه یک سفره آبدار آزاد وجود دارد که ضخامت این لایه (Hb) و سـرعت دارسی افقی موجود در آن (Vb) نیز متغیر می باشند.

۳ – ۲ گزینـه دوم : لندفیـل بـا یـک لایه زهکش شیرابه

این نوع لندفیل که شمای آن در شکل (۳) قابل مشاهده اسـت همانند لندفیل نوع یک است با این تفاوت که یک لایه زهکش سفره ای مابین زباله‌ها و خاک طبیعی بستر قرار می گیرد و قسمتی از شیرابه تولید شـده در لندفیل توسط این لایه از کف مدفن خارج شـده و تحت مدیریت قـرار می گیرد. میزان زهکشـی این لایه ۰/۲ متر در سـال در محاسبات فرض شده است.



شکل ۴ : شکل شماتیک گزینه سوم طرح مدفن (با دو المان مهندسی زهکش شیرابه و لاینر رسی)

۳ – ۳ گزینـه سـوم : لندفیل بـا یک لایه زهکش شیرابه و یک لاینر رسی

این نوع لندفیل که شمای آن در شکل (۴) قابل مشاهده اسـت علاوه بر یک لایه زهکش سفره ای، دارای یک لایه رسی کوبیده شده به ضخامت ۱ متر به عنوان لایه مانع حرکت شـیرابه (لاینر) است که میان لایه زهکش و خاک طبیعی تعبیه شـده است. بقیه مشخصات این نوع لندفیل همانند لندفیل های قبلی است.

۴ – پارامترهای موثر در انتقال آلودگی

پارامترهـای موثر در میـزان انتقال آلودگی زیاد بوده و بررسی همه آنها در یک مطالعه میسر نیست. در ایـن میان تعـدادی از این پارامترهـا در میزان انتقال نقش تعیین کننده ای دارند. این پارامترها را می توان در سه بخش زیر دسته بندی کرد:

۴-۱ پارامترهای مربوط به لندفیل

پارامتر هـای مربوط به لندفیـل عبارتند از نوع لندفیل، ابعاد لندفیل (طول و عرض)، میزان بارندگی و نفـوذ آب به داخل لندفیل، ارتفاع، جرم حجمی و نوع زباله ها، ارتفاع شیرابه، میزان زهکشی شیرابه و غلظت اولیه شیرابه.

طبق مطالعات انجام شـده ابعـاد افقی (طول و عـرض) لندفیل اگر به صورت منطقی فرض شـوند در میزان انتقال آلودگی نقشـی ندارد و یک پارامتر غیر موثر تلقی می شوند. میزان بارندگی و نفوذ آب به لندفیل به طور مستقیم در میزان انتقال آلودگی موثر نبـوده ولـی در تعـدادی از پارامترهای دیگر موثر واقع می شـود از جمله ارتفاع و غلظت شیرابه، سـرعت دارسـی رو به پایین و رطوبـت حجمی در لایه های خاک زیرین و غلظت اولیه شیرابه. ارتفاع، جرم حجمی و نوع زباله به طور مستقیم در ارتفاع و غلظت شیرابه و همچنین ارتفاع لندفیل موثر است. طبق مطالعات انجام گرفته میزان زهکشـی شیرابه به طور محسوسـی در انتقال آلودگـی موثر بوده و با افزایش میزان زهکشـی شیرابه، حجم ماده آلوده کننده وارد شده به لایه های زیرین کاهش می یابد. در نتیجه غلظت ماده آلوده کننده هم در لایه خاک زیرین و هم در لایه آبدار در زمانهای معادل به طور چشم گیری کاهش می یابد [۴].

۴-۲ پارامترهـای مربوط به لایه های خاک مابین لندفیل و سفره آب زیرزمینی

در این بخش مهمترین پارامترهای موثر شـامل مشخصات مکانیکی خاکهای طبیعی موجود می‌باشد. این پارامترها عبارتند از: نوع خاک، تخلخل، دانسیته خشـک، درجه رطوبت حجمی، ضریب نفوذپذیری هیدرولیکی، سـرعت دارسی موجود در لایه خاک و ارتفاع لایه ها. همچنین پارامترهای ضریب دیفیوژن، ضریب توزیعی و غلظت پیشینه یون در خاک نیز از عوامـل موثر در این بخش می باشـند.نوع خاک در انتقال آلودگی بسـیار موثر می باشـد به طوری که در خاکهای درشـت دانه چون ضریـب نفوذپذیری هیدرولیکـی خاک بالا بوده و شـدت جریان آب از میان آنها بالا می باشد، پدیده غالب در انتقال آلودگی پدیده ادوکشـن اسـت. ولی در خاکهای ریزدانه به دلیل پایین بودن ضریب نفوذپذیری، شـدت جریان پایین بوده و پدیده غالب دیفیوژن می باشـد. طبق مطالعات انجام شـده تخلخل خاک با میزان انتقال آلودگـی در زمان معین رابطه مسـتقیم دارد. یعنی هر چه تخلخل لایه های خاک بیشـتر باشـد، ماده آلوده کننده با شدت بیشتری در آن جریان می یابد. دانسـیته خشـک خاک یک پارامتر بی اثر بر انتقال

آلودگی اســت و نقش محسوسی در آن ندارد. درجه رطوبت حجمی یک پارامتر موثر با تاثیر مستقیم بر انتقال آلودگی است. طبق مطالعات انجام گرفته هر چه درجه رطوبت خــاک افزایش یابد، میزان انتقال آلودگــی در آن افزایش می یابد و این ناشــی از دو دلیل اســت: یکی این که با افزایش درجه رطوبت، ضریــب نفوذپذیــری هیدرولیکــی خــاک افزایش می‌یابــد و دیگری این که یونهــای محلول در آب در درجــه رطوبت بالاتــر دارای ضریــب دیفیوژن بالاتری هســتند [۸ ، ۹]. ضریب نفوذپذیری خاک بــا میزان انتقال آلودگی نســبت مســتقیم دارد به طــوری که با افزایش آن، ســرعت دارســی آب در میــان لایه خاک افزایش یافتــه و انتقال یون آلوده کننده با مکانیزم ادوکشن افزایش می یابد. سرعت دارســی رو به پاییــن (و در بعضی موارد رو به بالا) یک عامل پیچیده در انتقال آلودگی اســت و رفتار نســبتا پیچیــده ای دارد. ارتفاع لایــه خاک نیز از پارامترهایی است که در زمانهای مختلف تاثیرهای متفاوتــی از خــود به جای می گــذارد که در ادامه موردبررســی‌قرارگرفته‌اســت.

ضریــب دیفیوژن یون در خاک یــک پارامتر موثــر در انتقــال آلودگی به ویــژه در خاکهای ریزدانــه می باشــد ولی طبــق مطالعــات انجام شــده مشــخص شــده اســت که این پارامتر در مقایســه بــا پدیده ادوکشــن تاثیــر کمتری در میــزان انتقال آلودگی دارد، بــه ویژه اگر پدیده ادوکشن نســبت به دیفیوژن غالب باشد. ضریب توزیعــی در یونهای خنثی ماننــد یون کلر ناچیز فرض می‌شــود لیکن در سایر یون ها تاثیر دارد. غلظت پیشینه (Background) یون در خاک اگر بالا باشــد باید در محاســبات انتقال در نظر گرفته‌شــود.

۳-۴ پارامترهــای مربــوط بــه ســفره آب زیرزمینی

پارامترهــای مربوط به ســفره آب زیرزمینی عبارتنــد از ضخامــت ســفره، تخلخــل، ضریب هدایــت هیدرولیکــی، دانســیته خشــک خاک، درجه رطوبــت حجمی، گرادیــان هیدرولیکی و ســرعت جریان آب در ســفره. دانســیته خشک مواد ســفره در میزان انتقــال آلودگی به داخل لایــه تاثیــری ندارد. بــا افزایش درجــه تخلخل ســفره، در زمانهای مســاوی غلظــت یون مورد نظر در ســفره کاهش می یابد و این رفتار کاملا بــا رفتار تخلخل در خاک طبیعی متفاوت اســت چــرا که در لایه خاک طبیعــی با افزایش درجه تخلخل، غلظت یــون مورد مطالعه در لایه آبدار بــرای زمانهای مســاوی افزایش مــی یابد. چون لایه هــای آبــدار معمولا اشــباع یــا نزدیک به اشــباع می باشــند، تغییرات درجــه رطوبت در آنهــا چندان مطرح نبوده و برای حالات اشــباع درجه رطوبــت حجمــی برابر با درجــه تخلخل خاک می باشــد. ضخامت ســفره، ضریب هدایت هیدرولیکــی، گرادیــان هیدرولیکــی و ســرعت جریــان در مجموع دبی جریان در لایه را تعیین مــی کنند که با افزایش دبــی غلظت ماده آلوده کننده‌درزمانهــای‌معادل‌کاهــش‌مــی‌یابــد.

در ادامــه این مطالعه چهار پارامتر از پارامترهای ذکر شــده در بــالا انتخــاب و تاثیر آنهــا در میزان انتقال آلودگی توسط نرم افزار MIGRATE مورد بررســی قرار گرفتنــد [۱۰]. پارامترهــای انتخابی عبارتنــد از نــوع لندفیل (گزینه هــای اول، دوم، و یا ســوم)، ارتفاع لایه خاک طبیعی (Hl)، ضخامت سفره آب زیرزمینی (Hb)، و سرعت جریان آب در سفره (Vb).

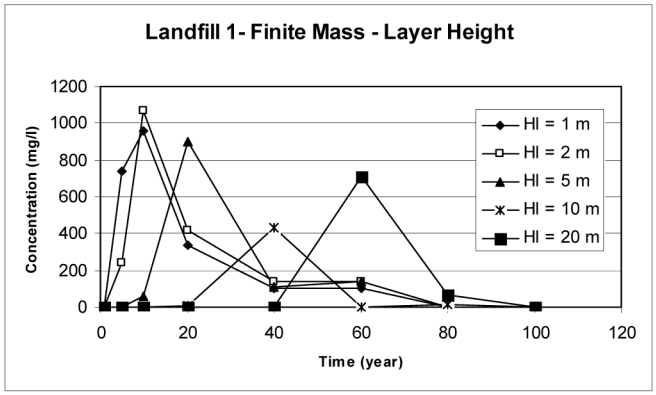
۵ - محاسـبات انجام شده توسط نرم افزار MIGRATE

بـا توجـه به داده هـای به دسـت آمده از آزمایشـات و دیگر داده های فرضی یک سری تحلیل روی سـه گزینه طرح مدفن انجام شد. داده های استفاده شـده در این محاسبات در جدول ۲ آمده اسـت.

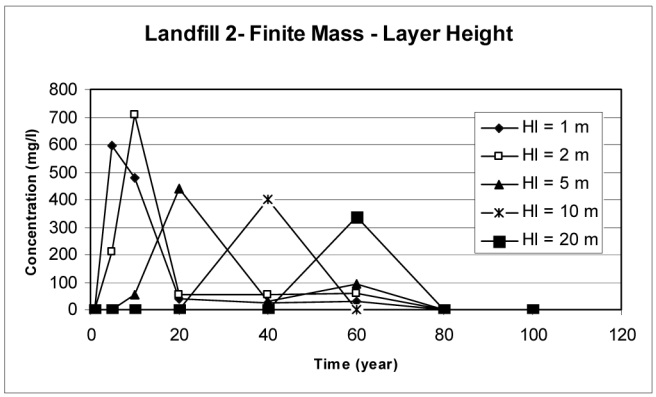
داده هـای مـورد نظـر توسـط نـرم افزار MIGRATE تحلیل شـده و نتایج به دست آمـده به صـورت نمودار در اشـکال ۵ تا ۱۳ نشـان داده شـده است. شـایان ذکر است که در همـه نمودارهـا تغییـرات غلظـت یون کلر نسـبت بـه زمـان در لایه آبـدار (مـرز پایین لایه خاک طبیعی) رسـم شـده است. و در هر نمودار رفتار یک متغیر در طول زمان بررسـی شـده اسـت.

جدول ۲ : داده های استفاده شده در محاسبات انتقال آلودگی

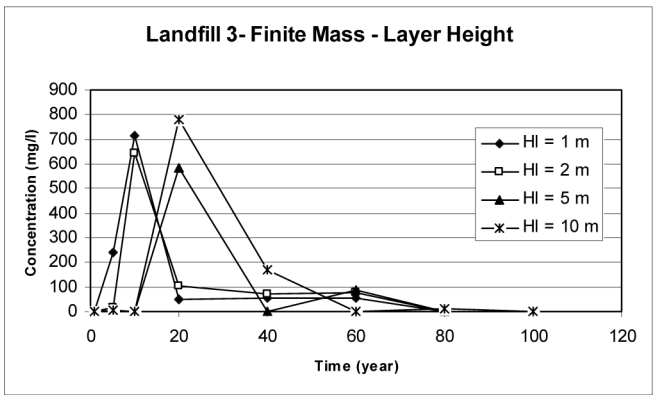
پارامترها	مقادیر
ضخامت لایه خاک طبیعی (Aquitard) (m)	۱ - ۲ - ۵ - ۱۰ - ۲۰
ضخامت لاینر (Liner) (m)	۱
ضخامت سفره آب زیرزمینی (Aquifer) (m)	۱ - ۵ - ۱۰ - ۲۰ - ۴۰
ضریب دیفیوژن لایه خاک طبیعی(ماسه سیلتی) $\left(\times 10^{10} m^2/s\right)$	۱۰/۵
ضریب دیفیوژن لاینر (خاک رسی) $\left(\times 10^{10} m^2/s\right)$	۵/۱
تخلخل لایه خاک طبیعی	۰/۳۵
تخلخل لاینر رسی	۰/۳
تخلخل سفره آب زیرزمینی	۰/۵
دانسیته خشک لایه خاک طبیعی $\left(gr/cm^3\right)$	۱/۷۳
دانسیته خشک لاینر $\left(gr/cm^3\right)$	۱/۸۹
غلظت اولیه یون کلر در کف مدفن (l/mg)	۵۰۰۰
سرعت دارسی رو به پایین (yr/m)	۰/۱۵
سرعت جریان افقی آب در سفره آب زیرزمینی (yr/m)	۱ - ۵ - ۱۰ - ۲۰ - ۵۰ - ۱۰۰
میزان زهکشی شیرابه در لایه زهکش (a/m)	۰ - ۰/۲
عرض لندفیل (m)	۱۲۰



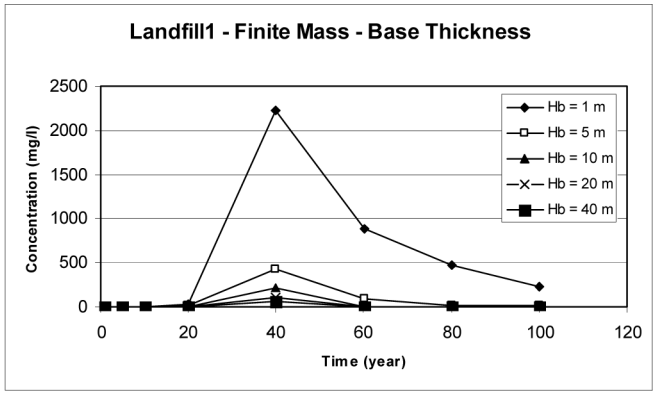
شکل ۵ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر ارتفاع لایه خاک طبیعی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه اول طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل



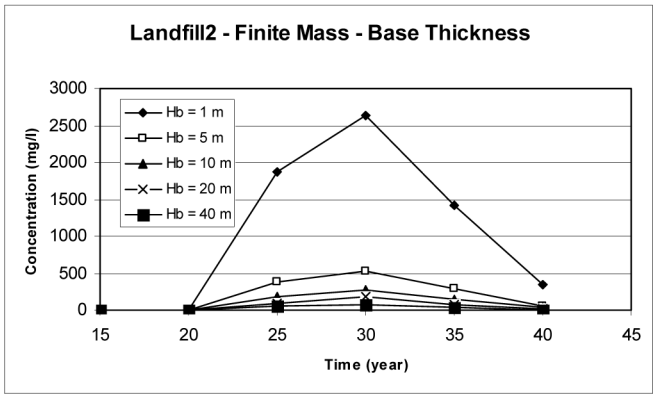
شکل ۶ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر ارتفاع لایه خاک طبیعی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه دوم طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل



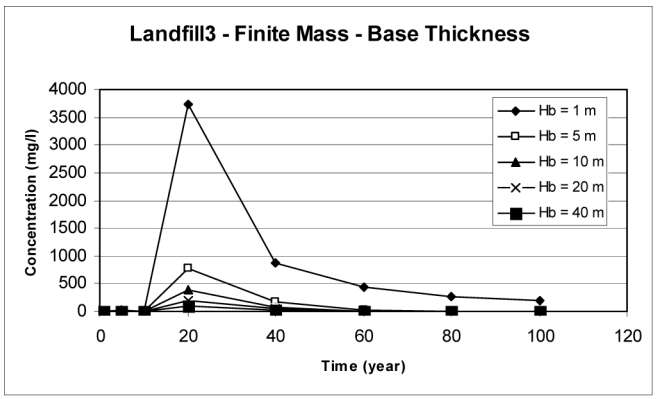
شکل ۷ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر ارتفاع لایه خاک طبیعی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه سوم طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل



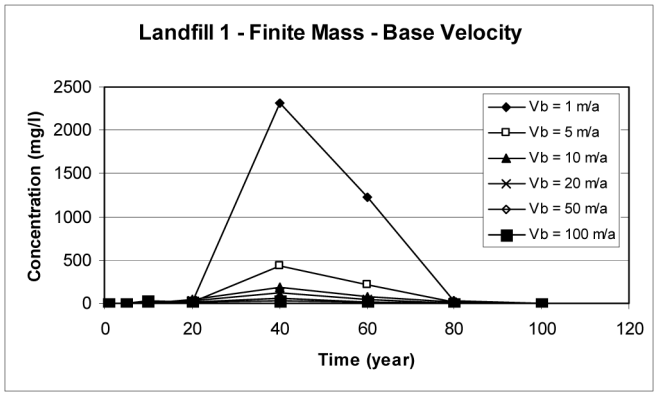
شکل ۸ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر ضخامت سفره آب زیرزمینی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه اول طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل



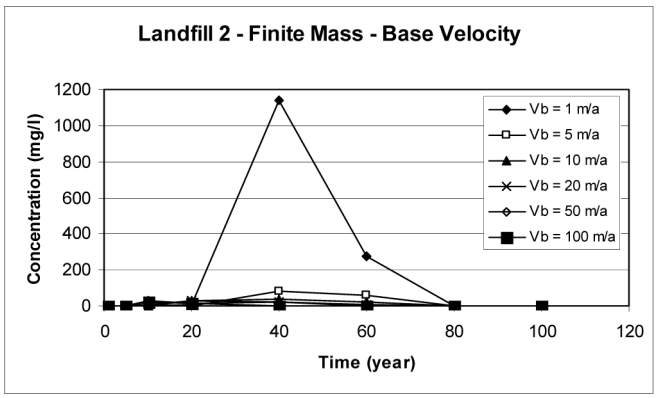
شکل ۹ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر ضخامت سفره آب زیرزمینی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه دوم طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل



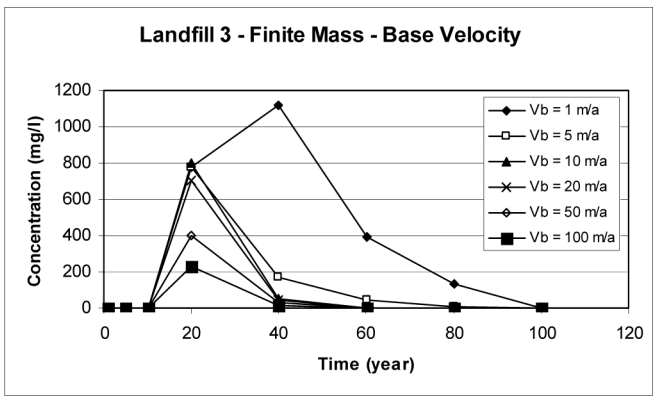
شکل ۱۰ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر ضخامت سفره آب زیرزمینی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه سوم طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل



شکل ۱۱ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر سرعت جریان آب در سفره آب زیرزمینی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه اول طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل



شکل ۱۲ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر سرعت جریان آب در سفره آب زیرزمینی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه دوم طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل



شکل ۱۳ : تغییرات غلظت نسبت به زمان در سفره آب زیرزمینی- تاثیر سرعت جریان آب در سفره آب زیرزمینی بر میزان انتقال آلودگی- گزینه سوم طرح مدفن در حالت جرم محدود در کف لندفیل

۶ - بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از محاسبات را می توان برای هر متغیر به صورت زیر مورد بحث و بررسی قرار داد:

۶ - ۱ ارتفاع لایه خاک طبیعی (Hl):

همان طور که در شکل ۵ دیده می شود غلظت یون کلر برای ارتفاع لایه های متفاوت (Hl) پس از طی زمان معینی شروع به افزایش کرده و پس از رسیدن به یک غلظت حداکثر معین، در همان غلظت باقی مانده و پس از آن تغییرات محسوسی در آن مشاهده نمی شود. این روند برای هر ارتفاع اتفاق می افتد با این تفاوت که با افزایش ارتفاع، زمان شروع افزایش غلظت و رسیدن آن به غلظت حداکثر افزایش می یابد. به بیان دیگر با افزایش ارتفاع لایه خاک طبیعی افزایش آلودگی در لایه آبدار زیرین به تاخیر می افتد. ولی همچنانکه مشاهده می شود غلظت نهایی در لایه آبدار به ارتفاع لایه خاک طبیعی بستگی ندارد. ضمنا غلظت یون پس از رسیدن به یک نقطه اوج روند کاهش در پیش گرفته و تدریجا به غلظت صفر نزدیک می شود. بنابراین در این حالتها با افزایش ارتفاع خاک طبیعی، زمان اتفاق غلظت ماکزیمم به تاخیر می افتد ولی مقدار غلظت ماکزیمم به ارتفاع لایه بستگی ندارد. نکته دیگر در اشکال ۵، ۶ و ۷، تاثیر نوع لندفیل در انتقال آلودگی از لندفیل به سفره زیرین می باشد. همان طور که مشاهده میشود با اجرای لایه زهکش شیرابه در گزینه دوم طرح لندفیل، نقاط اوج غلظتها نسبت به گزینه اول طرح لندفیل به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش مییابد. همچنین با اجرای لایه رسی در گزینه سوم طرح لندفیل، غلظت یون کلر در لایه آبدار نسبت به گزینه دوم طرح لندفیل با سرعت بیشتری کاهش می یابد و سفره با سرعت بیشتری، از آلودگی پاک می شود.

۶ - ۲ ضخامت سفره آب زیرزمینی (Hb):

همان طور که در اشکال ۸ الی ۱۰ مشاهده می‌شود، افزایش ضخامت سفره موجب کاهش غلظت یون کلر در کل مدت مورد بررسی می شود. یعنی مثلا با پنج برابر شدن ضخامت سفره، غلظت در زمانهای مختلف تقریبا یک- پنجم می شود. داشتن نقطه اوج و سپس کاهش تدریجی غلظت در حالتهای جرم محدود به وضوح قابل تشخیص است. همانند بخش قبل در شکل ۱۰ که مربوط به گزینه سوم طرح لندفیل است، مشاهده میشود که کاهش غلظت از حالت اوج به مقادیر پایین تر، سریعتر از گزینه دوم طرح لندفیل اتفاق می افتد.

۶ - ۳ سرعت جریان افقی آب در سفره آب زیرزمینی (Vb):

تاثیر سرعت جریان افقی آب زیرزمینی بر غلظت در سفره در اشکال ۱۱ الی ۱۳ نشان داده شده است. با مقایسه این نمودارها با نمودارهای مربوط به ضخامت سفره، تشابه بسیار نزدیکی میان آنها قابل مشاهده است. این موضوع به خاطر این است که دبی جریان در سفره حاصلضرب سطح مقطع جریان در سرعت جریان است :

$$Q = V \times A$$

و با در نظر گرفتن عرض واحد برای سطح مقطع داریم :

$$A = b \times Hb \Rightarrow q = Q/b = V \times Hb$$

در واقع متغیرهای ضخامت سفره (Hb) و سرعت جریان افقی آب در سفره (Vb) به صورت تاثیر بر

دبی جریان در ســفره، بر میــزان انتقال آلودگی اثر می گذارند.

۶-۴ نتیجه گیری کلی

با اســتفاده از نتایج محاســبات انجــام پذیرفته میتوان نتیجه گرفت که استفاده از گزینه سوم طرح مدفن، (۱) زمان رســیدن بــه غلظت ماکزیمم را در ســفره آب زیرزمینی افزایش می دهــد، (۲) مقدار غلظــت در ســفره را کاهش می دهــد، و (۳) روند کاهش مقدار غلظت را تســریع می کند. بنابراین هر چند این گزینه مدفن دارای استاندارد های کمتری در مقایسه با مدفن های مدرن مهندسی- بهداشتی اســت]۱۱، ۱۲[، لیکن برای ترویج فرهنگ صحیح دفن زباله در کشور می تواند بعنوان یک گزینه بهینه برای شرایط فعلی به دست اندرکاران و متولیان امر دفع پسماندهای شهری معرفی شود.

مراجع

1- Rowe, R. K. (1995). Leachate characteristics for municipal solid waste landfills, Geotechnical Research Centre Report No. GEOT-8-95, The University of Western Ontario, Canada, p. 19.

2- U.S. EPA (1995). Manual, Groundwater and leachate treatment systems, Report No. EPA/625/R-94/005, p. 119.

3- Rowe, R.K., Quigley, R.M. and Booker, J.R. (1995). Clayey Barrier Systems for Waste Disposal Facilities, E & F N Spon (Champan & Hall), London, p. 390.

۴- بدو، کاظم (۱۳۸۴). ارزیابی طرح بهینه برای مدفن زباله از طریق محاسبات انتقال آلودگی، مجله علمی-پژوهشی استقلال، سال ۲۴، شماره ۱، جلد اول، صفحات ۱۳۵ الی ۱۵۳.

۵- بدو،کاظم (۱۳۸۲). محل دفن زباله، فصل نامه آموزشی-پژوهشی مدیریت پسماندها، سازمان شهرداری های کشور, شماره اول , صفحات ۱۶ الی ۳۱.

6- Rowe, R.K. and Booker, J.R. (1994). POLLUTE v.6., 1D pollutant migration through a non-homogeneous soil, Distributed by GAEA Environmental Engineering Ltd., 44 Canadian Oaks Drive, Whitby, Ontario, Canada.

۷- جعفری، هادی (۱۳۸۳). مطالعه آزمایشگاهی حرکت آلودگی از یک منبع آلوده به طرف لایه های خاکی با استفاده از مدل دوبعدی، پایان نامه کارشناسی ارشد خاک و پی، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی دانشگاه ارومیه.

8- Rowe, R.K. and Badv, K. (1996). Advective-diffusive contaminant migration in unsaturated coarse sand and fine gravel, ASCE - Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 122, No. 12, pp 965-975.

9- Badv, K. and Rowe, R.K. (1996). Contaminant transport through a soil liner underlain by an unsaturated stone collection layer., Canadian Geotechnical Journal, Vol. 33, pp 416-430.

10- Rowe, R.K. and Booker, J.R. (1995). MIGRATE V9 – analysis of 2-D pollutant migration in a non-homogeneous soil system: Users manual, Distributed by GAEA Environmental Engineering Ltd., 44 Canadian Oaks Drive, Whitby, Ontario, Canada.

11- U.S. EPA (1991). Addendum for the Final Criteria for Municipal Solid Waste Landfills – (40 CFR Part 258) – Subtitle D of the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA).

12- U.S. EPA (1998). Guidance for landfilling of waste in economically developing countries, Report No. EPA/600/SR-98/040.

معرفی یک فن آوری نو در رابطه با سوزاندن پسماندهای خطرناک بیمارستانی و صنعتی و تولید کلینکر سیمان

سید احمد موسوی جوردی[۱]
محمد رضا جلالی[۲]
کریم ستاری[۳]
حمید شکاری[۴]
۱-کارشناس مهندسی مکانیک
۲-کارشناس مهندسی برق
۳- کارشناس مهندسی شیمی
۴-کارشناس ارشد ریاضی

چکیده:
در این مقاله چگونگی شـکل گیری و ابعاد مختلف مرتبط با یک فن آوری نو در ارتباط با سـوزاندن کلیه پسماندهای بیمارستانی (بجز بخش رادیواکتیو)، بخشی از پسماندهای شهری که قابلیت بازیافت ندارند و بخشی از پسـماندهای خطرناک صنعتی در کوره دوار مرکزی بـا درجه حرارت بالا و تولید کلینکر سـیمان معرفی و توضیح داده می شود. این طرح برای اولین بار در ایران، توسـط شرکت آلاس سهند ارائه و به عنوان یک ایده و روش نو در اداره ثبت شـرکتها تحت شماره ۴۱۴۲۳ به ثبت رسـیده و در حال حاضر در مرحله سـاخت اولین نمونه (پیلوت طرح) می باشد. همچنین با بررسیهای انجام شـده طرح کاملاً مشـابه با طرح ارائه شـده، در جهان نیز شناسائی نگردیده است.

کلمات کلیدی : پسـماندهای بیمارسـتانی – کوره دوار – آهک – کلینکر سیمان

مقدمه :

موضـوع مدیریت پسـماندهای خطرناک در دنیا یـک موضوع کاملاً مهم و تخصصی می باشـد. اکثر کشـورهای پیشـرفته و صنعتی با صرف هزینه‌های نسبتاً بالا و تدوین اسـتراتژیهای بلند مدت ، میان مـدت و کوتـاه مدت سـعی مـی نماینـد که با اقتصادی‌تریـن روش ممکن مدیریت این موضوع را به صورتی که کمترین اثرات زیانبار زیست محیطی را به همراه داشته باشد ، انجام دهند.

نقش قوانین، دسـتورالعمل ها ، اسـتانداردها ، دیدگاههای مسـئولین ذیربط ، و ضعیت اقتصادی و سـطح توسعه یافتگی کشـورها ، همچنین نقش سـازمانهای جهانی مانند سازمان بهداشت جهانی، سـازمان یونسـکو ، کنواسـیونهای بیـن المللـی ماننـد اسـتکهلم ، بـازل ، N.G.O هـا ، احزاب سیاسی طرفدار محیط زیسـت و افکار عمومی نیز درچگونگـی انجام مدیریت این موضوع بسـیار با اهمیت می‌باشـد.

در کشور ما ایران، مشکلات مرتبط با پسماندهای بیمارسـتانی و خطرناک صنعتی در سالهای گذشته همـواره به عنوان یک معضل و مشـکل ملی مطرح بوده اسـت و به دلایل متعددی که در این مقاله به آنهـا پرداخته نخواهد شـد، تا زمـان حاضر نیز این مشـکل حل نگردیده و یا حتـی در رابطه با انتخاب مدل و یا روش علمی قابل قبول جهت انجام کار نیز توافق حاصل نگردیده است وکماکان این موضوع به عنوان یک مشـکل و معضل ملی مطرح می باشد، و می توان عنوان نمود که در صورتیکه این مشکل در اسـرع وقت و به صورت اصولی حل نگردد، می‌تواند عواقب بسیار وخیمی را جهت سلامت تک تک افراد در جامعـه و همچنیـن در رابطه با محیط زیسـت داشته باشد.

آشنائی کلی با پسماندهای بیمارستانی:

پسـماندهای بیمارسـتانی خطرناک دارای انواع مختلفی می باشـند که به صورت عمومی می توان آنها را به نه دسـته اصلی به شرح زیر تقسیم بندی نمود .

پسـماندهای عفونی، پاتولوژی و آسیب شناسی، اجسام برنده و نوک تیز، داروهای غیر قابل مصرف، پسـماندهای مرتبط بـا درمان انواع سـرطانها، پسماندهای شیمیایی ، پسماندهای حاوی فلزات سنگین و پسماند های رادیواکتیو.

در رابطه با حجم و وزن پسماندهای بیمارستانی تولیدی در کشـور به تفکیک شـهرها و یا استان ها اطلاعات و آمار کاملاً دقیقی در دسترس نمی باشد. امـا با توجه به اطلاعات موجود داخلی و همچنین با اسـتفاده از اطلاعات عمومی که در رابطه با اینگونه پسـماندها در منابع مختلف جهانـی وجود دارند ، می‌تـوان عـدد تقریبی ۸۰ تن پسـماند در روز را جهت پسماندهای خطرناک بیمارستانی شهر تهران و عـدد ۱۰۰۰ تـن در روز را جهـت پسـماندهای بیمارستانی در کل کشور در نظر گرفت . در رابطه با پسماندهای صنعتی خطرناک با توجه به تنوع بسیار زیاد آنها ، همچنین منابع ایجاد کننده بسیار متنوع آنها اطلاع دقیقی در دسترس نمی باشد.

چگونگی شکل گیری ایده :

مطرح شدن مکرر موضوع پسماندهای بیمارستانی به عنوان یک معضل و مشـکل ملی در روزنامه ها ، جراید و رسـانه های عمومی ، انگیزه اولیه ای را در مسـئولین شـرکت به وجود آورد که بـر روی این موضـوع و پیدا کـردن راه حلی جهـت آن متمرکز گردند. با توجه به سـوابق و تجارب گسترده ای که

این افـراد در صنایع مختلف ، همچنین آشـنائی با موضوع پسماندها داشـتند، ایده اولیه طرح توسط یکـی از اعضاء شـرکت در یکی از جلسـات بحث و بررسـی مرتبط با موضوع مطـرح گردید که به نظر سایر اعضاء ایده خوب ، قوی و خلاقانه ای بود. با این ارزیابی ا ولیه تصمیم به انجام کار کارشناسی بر روی ایده اتخاذ گردید . در ادامه پس از انجام مطالعات و پژوهشهای گسترده توسط یک تیم کاری در حدود یکسـال بر روی موضوع ، نهایتاً طرح مطرح شده در ایـن مقاله با بهره مندی از مطالعات و پژوهشـهای علمی انجام شـده ، به متخصصین مرتبط با موضوع و سـایر سازمانهای زیربط ارائه گردید. همزمان ثبت این ایده در اداره کل ثبت شرکتها و مالکیت صنعتی نیـز انجام گردید و اقدامات اولیه جهت ثبت جهانی آن نیز در حال انجام می باشد.

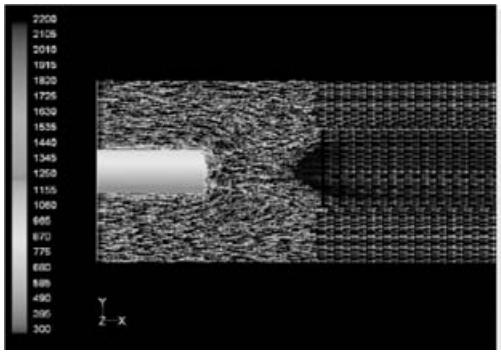
شرح فرآیند :

پسماندهای بیمارستانی بر اساس دستورالعملهای تفکیک و بسـته بنـدی، در ظروف و کیسـه های مخصـوص۸۰) ۹۵۹ ASTM -D۱) جمع آوری می گردند . ظروف و کیسـه های جمع‌آوری شده، بسـته به محل تولید در انبـار موقت و یا در محل مخصـوص از قبل تعیین شـده جهـت نگهداری موقـت انبـار می‌گردنـد. ماشـینهای جمع‌آوری خاص بر اسـاس برنامه از قبل تدوین شـده اقدام به جمع‌آوری پسـماندها نموده و پسماندها را به محـل امحاء انتقـال می‌دهند. محموله ماشـینها پس از توزیـن در انبارهای سرپوشـیده مجهز به سیسـتم تهویـه و کانالهـای فاضلاب بـا کفهای قابـل شستشـو و مجهز بـه سیسـتمهای انتقال مـواد تخلیه می گردند. در کلیـه مراحل دریافت وانتقـال، اطلاعـات کامل مرتبط با پسـماندها در فرمهای مشـخص ثبت و وارد سیستم می گردند. در رابطه با کنترل پسـماندها از سیستم RFID۲ نیز می‌توان اسـتفاده نمود.

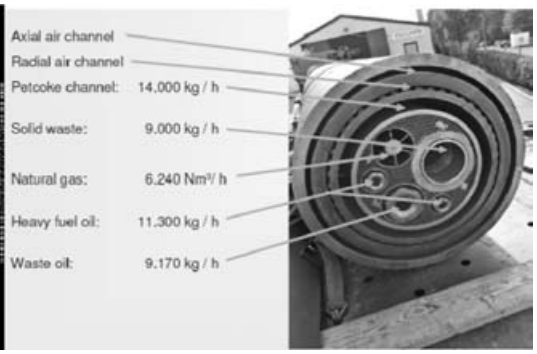
در کلیه مراحل سـعی شـده است که دخالت انسـان در انجـام فرآیندها و تماس با پسـماندها حتی‌المقـدور صورت نگیرد و یـا در صورت نیاز نیز افراد با اسـتفاده از وسـایل و تجهیزات خاص کارهـای لازم را انجام دهند . پسـماندها از محل انبارش توسـط سیسـتمهای انتقال مواد به واحد خردکن انتقال داده شـده در دسـتگاههای خرد کـن خرد شـده و همزمان آهک بـه مقداری که بتـوان یک مخلوط نسـبتا خشـک را ایجاد نمود، به پسـماندها اضافه می‌گردد. اضافه نمودن آهک به عنـوان یک ضدعفونی کننده سـنتی و قدیمی و جـاذب آب می تواند در محل تولید پسـماندها نیـز صورت پذیرد، که در این صـورت میتوان بی خطرسـازی مطمئـن اولیه ای را ایجـاد نموده و خطـرات موجـود در زمان حمل و نقـل را نیز از بیـن بـرد.

مخلوط خرد شـده پسـماندها به همراه آهک وارد آسیاب گلوله ای و سپس وارد آسیاب تیغه‌ای می‌گردنـد، کلیـه انتقالهـای مواد پـس از واحد خردایش در سیسـتمهای انتقال سر بسته صورت خواهند گرفت و سیسـتمهای تهویه و فیلتراسیون مناسـب نیز در مجموعه ها دیده شـده اسـت.

مخلوط پودر و هموژن شـده پسماندها و آهک در سیلوهای مخصوص ذخیره می گردند. مخلوط آماده شـده پس از توزین از طریق سیسـتمهای مکـش بـه سـمت مشـعل و کـوره دوار هدایت می‌گـردد. مشـعل بکار گرفته شـده در این طرح (تصاویـر ۱ و ۲) یـک مشـعل خاص اسـت که قادر اسـت همزمان سـوختهای مختلف و متعدد



تصویر (۱)



تصویر (۲)

همچنیـــن مخلوط توضیح داده شـــده را از داخل خود عبور داده و از مواد دارای ارزش سوختی آن به عنوان ســـوخت کمکی اســـتفاده نماید

همانگونه که در تصویر (۱) مشـــخص می باشد درجه حرارت ماکزیمم در این مشعل می تواند تا حدود ۲۲۰۰ درجه ســـانتیگراد نیز برسد. مخلوط ذکر شده از طریق این مشعل وارد کوره دوار که از قبل راه اندازی گرم شـــده است می گردد. شرایط کوره پس از رسیدن به حالت تعادل بصورتی است کـــه همواره در بخش مرکزی دارای درجه حرارتی در حدود ۱۴۵۰ و در دو بخش ابتدا و انتها دارای درجه حرارتی در حدود ۱۰۰۰ درجه ســـانتیگراد می باشـــد. طـــول کوره در این طـــرح حد اقل ۳۰ متر می‌باشـــد.

پســـماندها ی موجـــود در مخلوط بـــا عبور از داخل مشـــعل ســـوخته و انرژی موجود در آنها به صورت کامل اســـتحصال مـــی گردد. در این طرح جهت بهبود راندمان احتراق و کاهش آلاینده‌های نیتروژن اکســـیژن اضافی نیز که با عبور از طریق گریـــت کولـــر دارای درجـــه حرارتـــی در حدود ۹۰۰ درجه ســـانتیگراد شـــده اســـت، وارد مشعل می‌گـــردد. کلیه پســـماندها با گذشـــتن از داخل مشـــعل و ناحیـــه های حرارتی بعدی ســـوخته و کامـــلا تجزیه می گردند. در طی فرآیند هایی که در داخـــل کوره انجام می گردنـــد ، عناصر غیر فلـــزی با ترکیب با آهک بـــه نمک های پایدار غیر فعال و عناصر فلزی نیز به اکسیدهای فلزی پایدار تبدیل می گردند. گازهای اصلی حاصل از احتراق عبارتند از دی اکســـید کربن و بخار آب ، ســـایر گازها مانند اکســـید های گوگرد ، یون کلر و .... که به صورت بنیان های رادیکال و یا انیدریدهای فعال در کوره ایجاد می گردند با ترکیب با اکسید کلســـیم نمک های پایدار را بوجود آورده و در فاز جامـــد انحـــلال جامـــد مـــی یابنـــد.

فرآیندهای اصلی که در کوره اتفاق می افتند به شرح زیر می باشند :

$$3Cao \cdot Sio2 \longrightarrow 3Cao \cdot Sio2$$
$$3Cao \cdot Al2O3 \longrightarrow 3Cao \cdot Al2O3$$
$$4Cao \cdot Al2O3 \cdot Fe2O3 \longrightarrow 4Cao \cdot Al2O3 \cdot Fe2O3$$
$$Ca^{+2} \cdot Cl^{-} \longrightarrow CaCl2$$
$$Cao \cdot 2HCl \longrightarrow CaCl2 \cdot H2O$$
$$SO3^{-2} \cdot Cao^{+2} \longrightarrow CaSo4$$

بـا توجه به ایـن فرآیند هـا و شـرایط قلیایی محیط داخل کوره مشـخص می گردد که کوره در ایـن طرح علاوه بر نقش اصلـی آن که پخت مواد و ایجاد فازهای مختلف کلینکر می باشـد ، نقش یک اسکرابر بزرگ را نیز ایفاء می نماید که این موضوع را نیز می توان به عنوان یک مزیت جهت این طرح نسبت به سایر زباله سوزها مطرح نمود.

مولکولهای خطرناک دی اکسـین و فوران نیز با توجه به این درجه حرارت های بالا ، حرکت دورانی کوره ، طول نسبتا بلند کوره و زمان نسبتاً بالای ماند، کاملاً به عنا صر ساده تجزیه شده و هیچگونه شانسی برای باقی ماندن با سـاختار اولیه نخواهند داشـت.

گازهـا و ذرات حاصل از فرآیند که دارای درجه حرارت های بالایی می باشـند با خـروج از انتهای کـوره با گرم کردن سـایر مـواد مورد نیـاز فرآیند کـه از طریـق سـیکلونها وارد کوره شـده اند وارد مولتی سیکلون و سـپس وارد الکترواستاتیک فیلتر می‌گردند. گازها و ذرات پس از این مرحله از پالایش وارد برج خنک کن شده، به سرعت سرد می شوند و سپس وارد اسکرابری که در آن شیرابه آهک تزریق مـی گردد، می شـوند. در مرحله آخر گازها و ذرات وارد خشک‌کن شده و سپس از طریق دود کش وارد محیط می‌گردند.

با عبور گازهـا و ذرات حاصل از فرآیند از داخل سیسـتمهای ذکر شـده اکثـر آلاینده هـا در این سیستمها جذب شده و نهایتاً خروجیهای سیستم در حد سختگیرانه ترین اسـتانداردها و در رابطه با بعضی از آنها نیز پائین‌تر از حدود مجاز تعیین شده در این استانداردها خواهند بود.

سـایر مـواد مـورد نیـاز فرآینـد کـه از طریق سیکلونها وارد کوره گردیده اند با ترکیب با آهک و سـایرعناصری که از سوختن پسماندها بجا مانده‌اند تشـکیل فازهای مختلف کلینکر را داده و از سـمت ورودی کوره خارج شده و وارد گریت کولر می‌گردد.

بـه منظور ایجـاد توانایـی کنتـرل ، تصحیح و تنظیـم فرآیندهـا و همچنیـن کنترل مسـئولان سازمانهای ذیربط بر روی آلاینده های مجموعه، در قسـمت خروجی آلاینده ها یک واحد اندازه گیری ومونیتورینگ ثابت نصب گردیده اسـت .در ورودی و خروجـی واحدهای اصلـی پالایش آلا ینده ها نیز دریچه هائی جهت انـدازه گیری موضعی به منظور کنتـرل راندمان و وضعیت کارکرد این تجهیزات در نظر گرفته شده است .

استانداردها و اعداد مرتبط با فرآیند:

کشورهای مختلف در رابطه با مدیریت پسماندهای بیمارسـتانی دارای استانداردها و دسـتورالعملهای متعـدد و مختلـف مـی باشـند. مطـرح ترین این اسـتانداردها ، استاندارد ها و دستورالعمل‌های تهیه شده توسط کشـور آمریکا و اتحادیه اروپا می‌باشند. مطالعه اجمالی این اسـتانداردها نشـان دهنده آن اسـت که تا حدود زیادی مطالب آنها مشابه یکدیگر می باشد. این اسـتانداردها و دستورالعمل ها بسیار جامـع و کامل تهیه شـده و عمومـا تمامی جوانب مرتبط با فرآیندهای امحاء از مرحله ایجاد تا مرحله امحـاء کامل را دقیقـاً تعیین نموده اند. شـماره و مشـخصات تعدادی از مهمترین استانداردهای تهیه شـده در ارتباط با سوزاندن پسـماندها به شرح زیر می باشند.

EU WASTE DIRECTIVE 2000 / 76 / EC
استاندارد اروپا
US EPA 40 CFR PART 60
استاندارد آمریکا
EN 14 181 GERMANY
استاندارد آلمان
UK CLEAN AIR ACT AS STANDARD
استاندارد انگلستان

با بررســیهای بعمل آمده مشخص گردیده است که در ایران دســتورالعمل کامل و دقیقی در ارتباط با سوزاندن پســماندها هنوز تدوین نگردیده. که در این ارتباط نیاز اســت این امر مهم با توجه به آیین نامه جدیدی که در ارتباط با مدیریت پســماندها در مراحل تصویب نهایی می باشد در اسرع وقت صورت پذیــرد. جدول زیر حدود مهمتریــن آلاینده های مرتبط با روش ســوزاندن را بر اساس استاندارد اروپا مشخص می نماید .

موارد زیست محیطی مرتبط با طرح :

مهمتریــن ضعف و یــا انتقادی کــه در رابطه با اســتفاده از روش سوزاندن مطرح می گردد. موارد مربــوط به آلاینده ها ی ایــن روش ، خصوصاً موارد مربــوط به دی اکســین، فــوران و فلزات ســنگین مانند جیوه ، کادمیوم، کُرُم و ســرب می باشــد. که در ارتبــاط با این مــوارد نیز موضوع آلاینده ها ی دی اکســین و فوران دارای بیشترین اهمیت بوده و بیشــترین نگرانی و انتقاد را نیز ایجــاد کرده اند. با توجه بــه این موضوع و اهمیــت آن ، خصوصا آنکه یکی از دلایل اصلی مورد اختلاف سازمانهای مرتبط در کشــور ما نیز موضوع فوق می با شد . توضیحاتی به شــرح زیر جهت روشنتر شــدن وضعیت این دو آلاینده ارائه می گردد.

تولید و انتشــار دی اکسین و فوران در طبیعت تنها به سوزاندن زباله ها محدود نمی گردد، و علاوه بر آنکه تعــدادی از فرآیندها منبع ایجاد کننده آنها می باشند ، به علت آنکه این مولکولها پس از ایجاد به صورت طبیعی از بین نمی روند، میتوانند از طرق مختلــف چرخه حرکتی خود را ادامــه داده و نهایتا وارد بدن انســان گردیده واثــرات نامطلوبی را ببار آورند.

مطالعــات و تحقیقات بســیار زیادی در رابطه با چگونگی ایجاد ، نحوه انتشــار و تاثیرات این ملکولها بر روی سلامتی انسان صورت پذیرفته است که خود می توانند پایه ای جهت نوشتن تعداد زیادی مقاله و گزارش مستقل گردند . که با توجه به عنوان متفاوت این مقاله صرفاً خلاصه ای از مهمترین موارد مرتبط با موضوع این مقاله به شرح زیر ارا ئه می گردند.

مهمترین منابع ایجاد کننده دی اکسین و فوران عبارتند از ، صنایع ذوب فلزات ، ،صنایع چوب و کاغذ، صنایع تولید ســیمان ، رباله سوزهای بیمارستانی و صنعتی ،زباله ســوزهای شــهر ی، سوزاندن زبالهها و ســایر مــواد در فضــای آزاد و ســوراندن چوب و

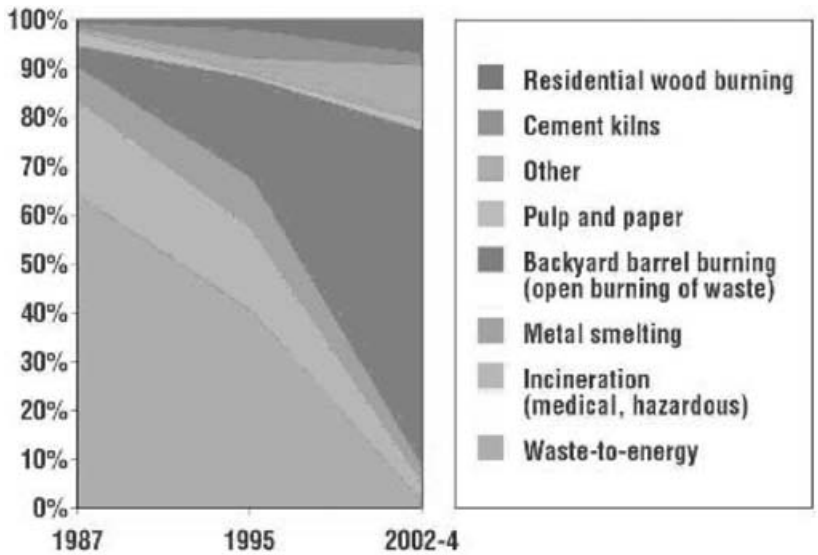
جدول حدود مجاز آلاینده ها در روش سوزاندن مشابه با طرح ارائه شده بر اساس استاندارد اروپا

ردیف	آلاینده	حد مجاز
۱	دی اکسین و فوران	۰,۱ ng (TEQ) / m^3
۲	HCL	۱۰ mg/ m^3
۳	HF	۱ mg/ m^3
۴	NOX	۵۰۰ mg/ m^3
۵	So۲	۵۰ mg/ m^3
۶	PM	۳۰ mg/ m^3
۷	Hg	۰,۰۵ mg/ m^3
۸	کُرُم – کادمیوم – نیکل – آرسنیک – سرب	۰,۵ mg/ m^3

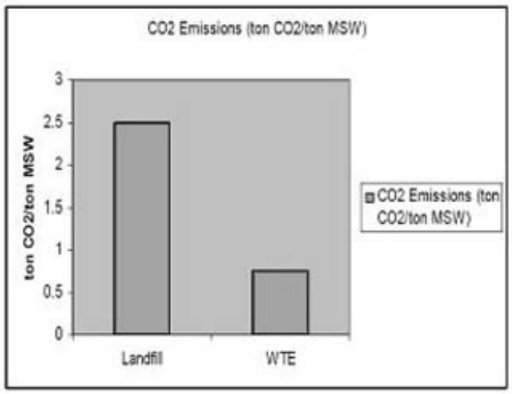
سایرمشـــتقات آن در مصارف خانگـــی ، البته منابع دیگـــری از جمله نیروگاه‌هایی که از ســـوخت زغال سنگ اســـتفاده می نمایند ، آتش ســـوزی جنگلها، آتـــش فشـــانها ، آتش بـــازی در جشـــنها و حتی با کشیدن سیگار نیز این آلاینده ها ایجاد می گردند.

با توجه به ماهیت این منابع مشـــخص می گردد که ایجـــاد ، کنترل و یا کاهش تولید این آلاینده ها از طریـــق منابع ذکر شـــده متفاوت می باشـــد و در بعضـــی از آنها انســـان و تکنولو ژی می تواند نقش موثر و تعیین کننده و در برخی دیگر نمی تواند اثر قابل توجهی داشـــته باشد. در سالهای اخیر با توجه به پیشـــرفتهای قابل توجهی کـــه در رابطه با دانش و تکنولـــو ژیهای مرتبـــط با کنتـــرل و کاهش انواع آلاینده ها ، همچنین ارتقاء جایگاه مســـائل زیست محیطی و موارد مرتبط با سلامت انسانها در جوامع مختلف وجود داشته است ، باعث آن گردیده است که میزان ایجاد این آلاینده ها بســـیار کاهش داشته باشند. همچنین روند ایجاد این آلاینده ها از طریق منابع مختلف نیز کاملا تغییر یافته اســـت . نمودار شـــماره (۳) نشـــاندهنده تغییر روندی است که در منابع ایجاد کننده ایـــن آلاینده ها بر اثر تکنولوژی در یک دوره ۱۰ ساله در کشور آمریکا بوجود آمده است.

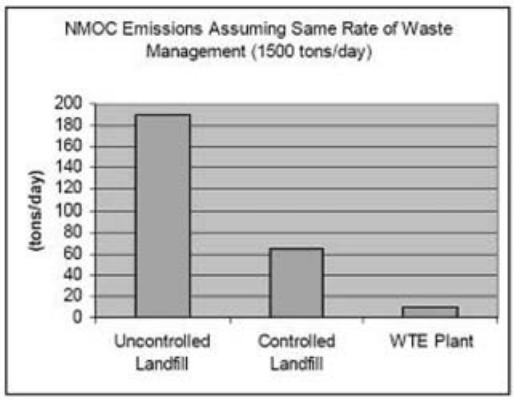
همانگونـــه که در نمودار شـــماره (۳) مشـــخص می‌باشـــد در ســـال ۱۹۸۷ در حـــدود ۶۰ در صد دی اکسین و فوران تولیدی به سوزاندن زباله های شـــهری و در حـــدود ۲۰ درصد نیز بـــه زباله های بیمارســـتانی و صنعتی و مجموعـــا در حدود ۸۰ در صد مربوط به این دو بخش بوده است . در حالی که در ســـال ۲۰۰۲ مجموع دی اکسین و فوران تولید شده توسط این دو بخش به زیر ۱۰ در صد کاهش یافته اســـت . نکته قابل توجه دیگری که با توجه به نمودار قابل استنتاج می باشد آن است که امروزه با رعایت اســـتانداردها و بکار گیری تکنولوژیهای نوین اکثـــر صنایعی که قبلاً به عنـــوان منابع اصلی تولید این آلاینده ها معرفی می شـــده اند در حال حاضر ، دیگر بـــه عنوان منبع عمده ایجاد کننده این عناصر شـــناخته نمی شـــوند . و با توجه به نمودار شـــماره



نمودار شماره (۳) : درصد دی اکسین و فوران تولیدی از طریق منابع مختلف طی سالهای ۱۹۸۷ الی ۲۰۰۲ در آمریکا



نمودار شماره (۴)



نمودار شماره (۵)

(۳) در حـال حاضر بزرگترین منبـع ایجاد کننده این آلاینده ها در کشور آمریکا سوزاندن پسماندهاو سوزاندن چوب و مشتقات آن در محیط های باز ودر مصارف خانگی می باشد.

اطلاعات ، گزارشـات و آمار بسـیار زیاد دیگری نیـز در ارتباط با آلا ینده های حاصل از سـوزاندن پسـماندها و مقایسـه آن با آلاینده های ایجاد شده توسط سایر روشها خصوصا با روش دفن وجود دارد کـه دو مورد آن که در رابطه با مقایسـه گاز Co۲ و سـایر گازهای آلاینده محیط زیسـت غیر از متان کـه بر اثر دفن زباله ها ایجـاد می گردند ، در زیر نمودارهای شماره (۴) و (۵) ارائه گردیده است.

گرفته‌اند. همچنین سازمان بهداشت جهانی WHO حد مجـاز ورودی این عناصر به بدن انسـان را ۷۰ پیکو گرم در ازای هر کیلوگرم وزن بدن در ماه اعلام کرده است . برای داشـتن اطلاعات و احساس بهتر در رابطه با وضعیت ایجاد این آلاینده ها توسط طرح مطرح شده در این مقاله و یا کارخانجات زباله‌سوزی که بتوا نند این اسـتانداردها را پوشـش دهند. می توان محاسباتی به شرح زیر را ارائه نمود.

محاسـبات زیر مرتبط با طرح معرفی شده جهت شهر تهران با ظرفیت امحاء ۱۰۰ تن زباله در روز با دبی گازهای خروجی ۲۰۰۰۰ متر مکعب در ساعت می باشد .

مقدار دی اکسـین و فوران تولیدی در یک سـال حاصل از یک کارخانه با ظرفیت امحاء۱۰۰ تن زباله بیمارسـتانی در روز =

$$0.1x\,10^{-9}g \cdot (20000)m^3/h \cdot 24h \cdot 30(day) \cdot 12(month) \cong 0.00173g$$

$$0.173 \cdot 10^{-2} \cdot 10 = \mathbf{0.0173g}$$

مقدار تولید دی اکسین و فوران تولیدی در یک سال حاصل از ۱۰ کارخانه رباله سوز با ظرفیت امحاء ۱۰۰۰ تن در روز

با توجه به اینکه در حال حاضر سـختگیرانه‌ترین اسـتاندارد ها ، حد مجاز تولید دی اکسین و فوران در فرآیند سـوزاندن زباله را ۰,۱ نانوگرم (TEQ ۳) درمتـر مکعب گازهـای خروجـی از فرآیند در نظر

مقدار دی اکسـین و فوران محاسبه شده در بالا (۰,۰۱۷۳ گرم) مقدار دی اکسـین و فورانی است که توسـط ۱۰ واحد کارخانه زباله سـوز مرکزی که بتواند ۱۰۰۰ تن زباله بیمارستانی کشور ایران را در

روز بسوزاند، در سال ایجاد خواهد گردید.

اگر ایــن میزان آلا ینده ایجاد شــده را با میزان آلاینده هایی که توســط ســایر منابع تولید کننده دی اکســین و فــوران مقایســه کنیــم متوجه خو اهیم شــد که ســوزاندن پســماندها در کارخانجات مــدرن که امــروز در جهان بکار گرفته می شــوند ، نه تنها به هیچ عنوان غیر اصولی و خطرناک نیست بلکه این کارخانجات امروزه در کشــور های توسعه یافته جزء صنایع کاملا محیط زیســت دوســت در نظر گرفته می شــوند و هیچ گونه محدودیتی جهت بــکار گیری آنها وجود نــدارد . و در حال حاضر در تعدادی ازکشــورهای توســعه یافته ایــن صنایع در مجاورت شهرها و حتی در بعضی کشورها در داخل شهرها نصب و بدون هیچ گونه مشکلی در حال کار می‌باشــند . جدول شــماره (۶) ظرفیت زباله سوزی در تعدادی از کشــورهای اروپائی در سال ۱۹۹۸ را نشان می دهد .

جدول شماره (۶)

ظرفیت زباله سوزی yr/Kt	کشور	ظرفیت زباله سوزی yr/Kt	کشور
۱۷۰	لوکزا مبورگ	۳۴۰	اتریش
۳۱۵۰	هلند	۲۲۴۰	بلژیک
۵۰۰	نروژ	۲۳۱۰	دانمارک
۷۴۰	اسپانیا	۷۰	فنلاند
۱۸۶۰	سوئد	۱۱۳۳۰	فرانسه
۲۸۴۰	سوئیس	۱۲۰۲۰	آلمان
۳۶۷۰	انگلستان	۱۹۰۰	ایتالیا
		۴۳۱۴۰	جمع

با توجه به جدول شماره (۶) مشخص می گردد کــه در ســال ۱۹۹۸ در ۱۴ کشــور اروپائی حدوداً ۴۳ میلیون تن زباله شــهری ســوزانده شده است و اطلاعات جدیدتر موید آن است که طی سالهای بعد از ۱۹۹۸ همه ساله این ظرفیت اضافه شده است.

تصویر شماره (۷) یکی از این کارخانجات مدرن زباله سوز را که در شهر Minato توکیو استقرار دارد را نشان می دهد.

تصویر شماره (۷)

ازریابی اقتصادی طرح :

هزینــه هــا ، توجیهــات اقتصادی و مقایســات اقتصادی مرتبط با روشــهای مختلف امحاء همواره یکــی از موضوعات مهم در امر تصمیم گیری بوده و در آینده نیز خواهد بود .

اطلاعات موجود و مطالعات انجام شده نشاندهنده آنســتکه در کلیه روشهای موجود و بکار گرفته شده جهت امحاء پســماندها اعم از روشــهای سوراندن و غیر ســوزاندن در صورتی که فــر آیندهای مرتبط

بـا کار کاملا اصولـی و علمی انجام گردند و هزینهٔ کلیـه مراحل نیز به صورت دقیق محاسـبه و لحاظ گردند، هزینه ها اعم از سرمایه گذاری و هزینه های امحاء، نسـبتا بـالا و نزدیک به هـم خواهند بود . اطلاعـات عمومی موجود در این رابطه نشـاندهنده آنسـتکه هزینه امحاء پسماندهای شهری در حدود ۱۰ الی ۳۰ سـنت به ازاء هـر کیلوگرم و در رابطه با پسماندهای بیمارسـتانی ۳۰۰ الی ۴۰۰ دلار به ازاء هر تن می باشـند . هزینه های سـرمایه گذاری نیز بسـته به روش انتخاب شده و سازندگان مختلف نیز در حدود ۲۰۰ الی ۴۰۰ هزار دلار به ازاء هر تن ظرفیت امحاء می باشـند. در طرح پیشـنهاد شده هزینه های امحاء و سرمایه گذاری حدودا یک دوم قیمـت جهانی آنها یعنـی در حدود ۱۵۰ الی ۲۰۰ تومان جهت امحاء هر کیلو زباله بیمارستانی و ۱۰۰ الی ۲۰۰ هزار دلار جهت سـرمایه گـذاری به ازاء امحاء هرتن پسـماند بیمارسـتانی بسته به ظرفیت کارخانه ای که ایجاد خواهند گردید ، خواهند بود.

جمع بندی و نتیجه گیری :

بـا توجه به اطلاعات خلاصه ایکـه در این مقاله ارائه گردید، همچنین اطلاعات و آمار بسـیار زیادی که در رابطه با اسـتفاده از روشـهای مختلف امحاء وجود دارد، قوانینی که در کشـورهای توسعه یافته در رابطه با محدود کردن دفن اتخاذ گردیده است، اهمیتـی که بحث اسـتفاده از انرژیهـای جایگرین امـروزه در صنایـع پیدا کرده و موضوع اسـتفاده از انرژی موجود در پسـماندها به عنوان یک استراتژی کلی مورد قبول واقع گردیده است . روش سوزاندن پسماندها اعم از شـهری ، بیمارستانی و صنعتی به عنـوان یک گزینه غالب و رو به گسـترش در اکثر کشـورها ی توسـعه یافته مورد پذیرش قرار گرفته و سالهاست که این کشـورها در حال بهره برداری از این تکنولوژی می باشـند . لذا شایسـته است با توجه به اهمیت بسـیار زیادی کـه این موضوع در رابطه با سـلامت افـراد ومحیط زیسـت در جامعه دارد ، مسـئولان و متخصصان کشـور ایـران نیز به این موضوع توجه لازم را داشـته باشـند و با تبیین اسـتراتژی جامع و کاملی در رابطه با مدیریت کلیه پسـماندها و متعاقب آن تبیین راهبردهای اصولی روند اجرایی صحیح انجام کار را سرعت بخشند .

پی نوشت:

1 - American Society For Testing and Material

2 - Radio Frequency Identify Cation

3 - Toxic Equivalent

منابع :

1- DIRECTIVE 2000/76/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
Of 4 December 2000 On the incineration of waste

2- COUNCIL DIRECTIVE 1999/31/EC _ Of 26 April 1999 _ On the landfill of waste

3- HEALTH – CARE WASTE MANAGEMENT TO REDUCE THE BURDEN OF DISEASE, HEALTH –CARE WASTE NEEDS SOUND MANAGEMENT
Fact sheet Nº281 October 2004

4- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 40 CFR Part 60

5- AN OVERVIEW OF INCINERATION AND EFW TECHNOLOGY AS APPLIED TO THE MANAGEMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW)
by Andrew Knox (University of Western Ontario)

6- Study to facilitate the implementation of certain waste related provisions
of the Regulation on Persistent Organic Pollutants (POPs)
REFERENCE: ENV.A.2/ETU/2004/0044
SYNTHESISREPORT August 2005

7- An overview of the global waste-to-energy industry
Article by Nickolas J. Themelis in Waste Management World (http://www.iswa.org/), 2003-2004 Review Issue, July-August 2003, p. 40-47

بررسی عملکرد روش دفن نیمه هوازی پسماندهای شهری

مهدی احمدی‌فر[۱]
مجید سرتاج[۲]
۱- دانشـجوی کارشناسی ارشـد عمران- محیط زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- اسـتادیار دانشکده مهندسـی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده
اسـتفاده از مراکز دفن بهداشـتی در کشورهایی که زمیـن کافی در اختیار دارند رایج ترین روش برای دفع پسـماندهای شهری اسـت. این روش معایبی از قبیل تولید مقدار زیاد شیرابه، هزینه‌های بالای تصفیه شیرابه، طولانی بودن مدت پایدار شدن زباله(چند دهه)،آلودگی آب‌های زیر زمینی بر اثر فرسـودگی لایه‌های پوشـش مرکز دفن، هزینه‌های بالای کنترل در طول عمر مرکز دفن را در بردارد. محل دفن بیوراکتور روشـی نوین در دفن پسماندهای شـهری است. از میان فن آوری‌های بکار رفته در محل‌های دفن بیوراکتور برای بهبود تجزیه بیولوژیکی پسماندها، کنترل رطوبت به روش بازچرخانی شـیرابه از سایرین موثرتر و عملی تر بوده است. در این تحقیق به بررسی کارایی محل‌های دفن بیوراکتور از نوع نیمه هوازی پرداخته شده است. این روش در مقایسه با روش های هوازی نیاز به صرف انرژی به منظور هوادهی نداشته و اقتصادی تر می باشد. در این تحقیق زباله در ستونی با طول و عرض ۰،۵ متر و ارتفاع ۱ متر با چگالی ۵۵۰ m^3/Kg پر شـد. شـیرابه زباله بصورت روزانه از زباله ها عبور داده شد. پارامتر های کیفی شیرابه اعم از pH،TS،TDS،TSS،COD وهمچنین دمای پایلوت در زمان های مناسب اندازه گیری شد. در این تحقیق، راندمان تصفیه پذیری COD شیرابه در اثر بازچرخانی در پایلـوت نیمـه هوازی ۹۳ درصد اندازه گیری شـد. راندمان حذف TSS(کل مـواد معلق)،TDS(کل مواد محلول) و TS(کل مواد) در نیمه هوازی به ترتیب ۸۱، ۶۸ و۶۹ درصد اندازه گیری شد. با استفاده از محل‌های دفن نیمه هوازی با بازچرخانی شیرابه، علاوه بر تسریع در پایدار شـدن پسماندهای درون محل دفن، می‌توان شیرابه را نیز تا حدود زیادی تصفیه نمود.

مقدمه

امروزه با رشد شهر نشینی در شهر های بزرگ و همچنین افزایش سرانه تولید زباله شهری به علت صنعتی شدن جوامع، جمع آوری و دفع پسماندهای شهری به یکی از مهمترین مقوله های مدیریت جامع پسماندهای شهری تبدیل شده است. دفع پسماندهای شهری از طریق دفن در محل‌های مناسب یکی از بهترین و مقرون به صرفه ترین روش‌ها برای کشورهایی است که زمین کافی در اختیار دارند. در یک محل دفن بهداشتی فرآیند های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موجب تجزیه مواد آلی پسماندهای موجود در آن می‌شود[Warith et al., ۲۰۰۵].

هر محل دفن در دورانی که فاز پرشدن خود را می‌گذراند، بارها در معرض بارش‌های جوی قرار می‌گیرد. به آن قسمت از این بارش‌ها که در تماس با زائدات قرار می‌گیرند (به‌علاوه رطوبت موجود در زائدات) شیرابه گفته می‌شود که به مرور و با تجزیه بیشتر پسماندها، میزان آلودگی شیرابه خروجی افزایش می‌یابد. تولید شیرابه در تمام مدت بهره برداری از محل دفن زباله و نیز مدت ها پس از بهره برداری ادامه دارد. ترکیب و مقدار شیرابه زباله به عوامل زیادی از جمله کیفیت و روش‌های دفن زباله و میزان تراکم آنها، عمر محل دفن، پروسه های بیوشیمیایی و فیزیکی تجزیه زباله، رطوبت و قابلیت جذب توسط زباله، میزان بارش، رطوبت و تبخیر، توپوگرافی منطقه، هیدرولوژی و پوشش گیاهی بستگی دارد.

به منظور جلوگیری از آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی شیرابه محل دفن بهداشتی جمع آوری و با صرف هزینه های زیاد تصفیه می‌گردد. از طرف دیگر از دست دادن رطوبت توسط پسماندها به شکل شیرابه که عامل مهمی در تجزیه مواد آلی بشمار می‌رود، محل دفن را به یک مدفن خشک تبدیل کرده که مواد در آن حدود ۲۰۰-۳۰ سال دست نخوده باقی می‌ماند و فرسودگی لایه های عایق کف(Liner) در این مدت طولانی منجر به نشت شیرابه از محل دفن و آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی را در پی دارد[Warith et al., ۲۰۰۵].

وجود مشکلات زیاد محل‌های دفن بهداشتی، محققان را به فکر طراحی محل‌های دفن پیشرفته تر انداخت. محل‌های دفن بیوراکتور، از نوع محل‌های دفن بهداشتی است که مشخصاً از فرآیندهای مربوط به میکروارگانیسم ها به منظور تبدیل و پایدار نمودن پسماندهای آلی تجزیه پذیر در زمان کوتاه بوسیله تسریع درتجزیه میکروبی بهره می‌گیرد[Pacey et al., ۱۹۹۹]. ایده اصلی این‌گونه محل‌های دفن توسط پولند در اواخر دهه ۱۹۷۰ داده شد[Pohland, ۱۹۷۵].

محل‌های دفن بیوراکتور را می‌توان بر اساس شرایط محیطی ایجاد شده برای میکروارگانیسم ها به هوازی، بی‌هوازی و نیمه هوازی تقسیم بندی نمود[Interstate Technology & Regulatory Council, ۲۰۰۶].

در یک محل دفن هوازی اکسیژن یا هوای حاوی اکسیژن بوسیله چاههای افقی یا عمودی به توده پسماند تزریق شده تا فعالیت میکروارگانیسم های هوازی را تقویت نموده و پایداری پسماند را تسریع کند. معادله ۱ تجزیه هوازی ترکیبات آلی را نشان میدهد[Peirce, et al., ۱۹۹۷].

$$\text{Organic matter} + O_2 \Rightarrow CO_2 + H_2O + NO + \text{products} \quad (1)$$

امـا در یک محل دفن بیورکتور از نوع بی‌هوازی، تجزیه بیولوژیکی در غیاب اکسـیژن منجر به تولید گاز در محل دفن می‌شـود. به منظور کاهش اثرات گلخانـه‌ای، گازهای تولید شـده در یک محل دفن کـه درصد قابـل توجهـی از آن را متان تشـکیل می‌دهـد، جمع آوری نموده و به مصرف فرآیندهای تولید انرژی می‌رسـانند. معادله ۲ تجزیه بی‌هوازی در یـک محل دفن و محصولات عمده آن را نشـان میدهد[Tchobanoglous et al.,۱۹۹۳].

فعالیت میکروارگانیسـم ها افزایش می‌یابد. علاوه بر این بازچرخانی شیرابه امکان تصفیه در جای شیرابه که باعث کاهش هزینه ها می‌شود را فراهم می کند. افزایـش نرخ تولید گاز متان که این امر اسـتفاده از انرژی محل دفن را اقتصادی می‌کند از دیگر مزایای این روش می باشد.

تانزند و همکاران آثار بازچرخانی شیرابه بر روی تثبیت پسـماندهای محل دفنی واقـع در کالیفرنیا بین سالهای ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۳ مورد بررسی قراردادند.

$$\text{mater Organic} \Rightarrow CH_4 + CO_2 + \text{products} \qquad (۲)$$

در هـر دو محل دفن به صورت بیوراکتور هوازی و بی‌هـوازی، بازچرخانـی شـیرابه باعـث افزایش مقـدار رطوبـت پسـماندها و همچنیـن توزیـع و تامیـن مواد مغذی و آنزیم ها بین میکروارگانیسـم هـا می‌شـوند[Sponza and Agdag, ۲۰۰۴]. عمده ترین مشکل محل‌های دفن بهداشتی طولانی شـدن زمان پایداری پسماند می‌باشد. در محل‌های دفـن بیوراکتور به منظـور تسـریع در فرآیندهای بیولوژیکـی، چندیـن تکنیک خـاص مانند تنظیم pH، خردکردن پسـماندها، افزودن لجن فاضلاب، کمپوسـت اولیه و افـزودن آنزیم توسـط محققان مورد بررسی قرار گرفته است. مقدار رطوبت یکی از عوامل مهمی اسـت که روی میزان و سرعت تجزیه پسـماندهای آلی اثر دارد. رایـج ترین گزینه جهت تامیـن رطوبت پسـماندها کـه در تحقیقات زیادی مورد بررسی قرار گرفته، بازچرخانی شیرابه در محل دفن می‌باشـد. بازچرخانی شیرابه باعث توزیع بهتر مواد آلی، به حداقل رسـیدن میزان کمبود در مواد مغذی، ایجاد تمـاس بهتر بین مواد نامحلول و مواد مغذی محلول و میکروارگانیسـم ها، رقیق سـازی سـموم احتمالی و انتقال حرارت می‌شود. در نتیجه شیرابه توسط یک استخر نفوذی به داخل محل دفن بازچرخانی می‌شـد. ناحیه ای از محل دفن در شرق این استخرها بدون هیچ گونه بازچرخانی شیرابه رها شـد تا به عنوان محوطه کنترل باشـد. نتایج نشان داد که چرخش شیرابه به شکل قابل توجهی میزان رطوبت موجود در پسماندهای محل دفن را افزایش می‌دهد و شـرایط را برای تثبیت بیولوژیکی مناسب نگه می‌دارد. همچنین نتایج تحلیل نشسـت نشـان داد که در ناحیه نزدیک به استخرهای نفوذی میزان نشسـت پسـماندها، حدود ۱ متـر (۵/۶۵ درصد از نظر کاهش حجمی) بوده و حداقل کاهش ضخامت پسـماندها به میزان ۰/۷ متـر (۳/۸۲ درصد کاهش حجـم) در ناحیـه ای رخ داده کـه از اسـتخرهای بازچرخانی شیرابه دور بودند[Townsend et al.,۱۹۹۶].

کلینـک و هام نشـان دادند کـه درصد رطوبت موجود در پسـماندها و حرکـت رطوبت، متغیرهای جداگانه ای هسـتند کـه روی میـزان تولید متان در محل دفن تاثیرگذارند. آنها مشـاهده کردند که حرکت رطوبت در بستر پسماندها در مقایسه با همان میزان رطوبت بـا حداقل حرکت، باعث افزایش نرخ

تولید متان به میزان ۲۵ تا ۵۰ درصد شد[Klink, Ham, ۱۹۸۲]. چاگ و همکاران نرخ های مختلف بازچرخانی شیرابه معادل ۱۰%، ۲۰% و ۳۰% از حجم اولیه پسماندهای در راکتور را بررسی کردند و نشان دادند که حرکت رطوبت به شکل قابل توجهی میزان تولید متان را افزایش می‌دهد[Chugh et al., ۱۹۹۸].

بازچرخانی شیرابه باعث کاهش غلظت فلزات در شیرابه می‌شود. بنظر می‌رسد که مکانیزم‌های مخصوص حذف فلزات در مراحل اولیه مواردی مانند ته نشین شدن سولفید و هیدروکسید باشند. بازچرخانی شیرابه باعث ایجاد شرایط خنثی یا بالاتر از خنثی برای شیرابه می‌شود. همچنین شرایط واکنش های احیائی را بوجود می‌آورد که باعث احیای سولفید و سولفات می‌شوند[Gould et al., ۱۹۸۹].

برخی محققان مطالعاتی روی پتانسیل دفع مشترک محل‌های دفن بیوراکتور و پسماندهای خطرناک غیرآلی با افزودن شیرابه و بازچرخانی در محل سایت انجام داده‌اند. راینهارت و همکارانش در پژوهش های خود دریافتندکه بیوراکتورها حذف آلاینده های خطرناک را با جداکردن مواد آلی فرار از طریق افزایش تولید گاز، بهینه کردن شرایط برای تجزیه بیولوژیکی و تحریک حرکت آلاینده ها در مسیر تبدیل به خاک تسهیل می نمایند[Reinhart et al., ۲۰۰۲].

پولند و کیم گزارش کردند که اثر بارهای مخلوط پسماندهای خطرناک آلی و غیرآلی روی تجزیه بی‌هوازی را می‌توان با تضعیف آنها از طریق افزودن شیرابه و بازچرخانی منظم آن خنثی کرد. آنها پیشنهاد کردند از طریق اجرای طرح های آتی و ساخت و بکار انداختن پروتکلهای متناسب با یافته های آزمایشات شبیه سازی شده، افق کاربرد محل‌های دفن بیوراکتور را به روش های دفع مشترک واد زائد خطرناک آلی و غیر آلی بسط داد[Pohland and Kim, ۱۹۹۹].

اخیراً علاقه روزافزونی به افزودن اکسیژن به داخل محل‌های دفن در جهت ساخت بیوراکتورهای هوازی و نیمه هوازی بوجود آمده است. از آنجائیکه تجزیه غیرهوازی مواد آلی در محل‌های دفن باعث تولید گازهایی حاوی متان CH_4 و CO_2می‌شود، از اینرو مقرون به صرفه ترین جایگزین برای کاهش انتشارات متان از پسماندها، تجزیه هوازی آن است.

«روش فوکوکا[۱]» (یک نوع محل دفن نیمه هوازی) یکی از اینگونه تلاش‌ها برای بهبود تجزیه هوازی مواد آلی موجود در پسماندها جامد شهری است. این محل دفن نیمه هوازی به خوبی با شرایط آب و هوایی ژاپن سازگار است و تبدیل به محل دفن استاندارد ژاپن شده است[Hanashima, ۱۹۹۹]. در سیستم نیمه هوازی انتهای لوله های جمع آوری شیرابه باز است و هوا وارد آنها می‌شود. اختلاف حرارتی بین محل دفن داخلی (دمای بالا) و دمای هوای خارج (حرارت های نسبتاً پایین) یک اثر «دودکش» بوجود می‌آورد که هوا را به داخل لوله ها می‌کشد از میان لوله ها عبور می‌دهد و در داخل توده پسماندها به حرکت می اورد. در آلمان پیش تصفیه بیولوژیکی هوازی پسماندها جامد از اواخر دهه ۱۹۷۰ اجرا می‌شده است. سیستم آلمان‌ها هم از اثر دودکشی برای تامین هوا به داخل توده پسماندها استفاده می‌کند[Ayalon and Avnimelech, ۲۰۰۱].

اهداف تحقیق

از آنجائیکه میزان مواد آلی موجود در زباله ایران بیشتر از کشورهای پیشرفته می‌باشد، لذا COD شیرابه تولیدی از محل‌های دفن، بالاتر از موارد

مشابه در کشـورهای توسعه یافته است. بازچرخانی شـیرابه در محل‌های دفن علاوه بر تسریع در پایدار شـدن پسـماندهای موجود، به عنوان روشی جهت پیش تصفیه شیرابه کاربرد دارد. هدف از این پژوهش بررسی عملکرد روش دفن نیمه هوازی می‌باشد. این روش در مقایسـه با روش های هوازی نیاز به صرف انرژی به منظور هوادهی نداشـته و اقتصادی تر می باشد. به همین منظور پایلوتی ساخته شده و شیرابه به صورت روزانه در آن بازچرخانی شد. در زمان بهره برداری از پایلوت، پارامترهای مختلفی از شیرابه در فواصل زمانی اندازه‌گیری شد.

مواد و روشها

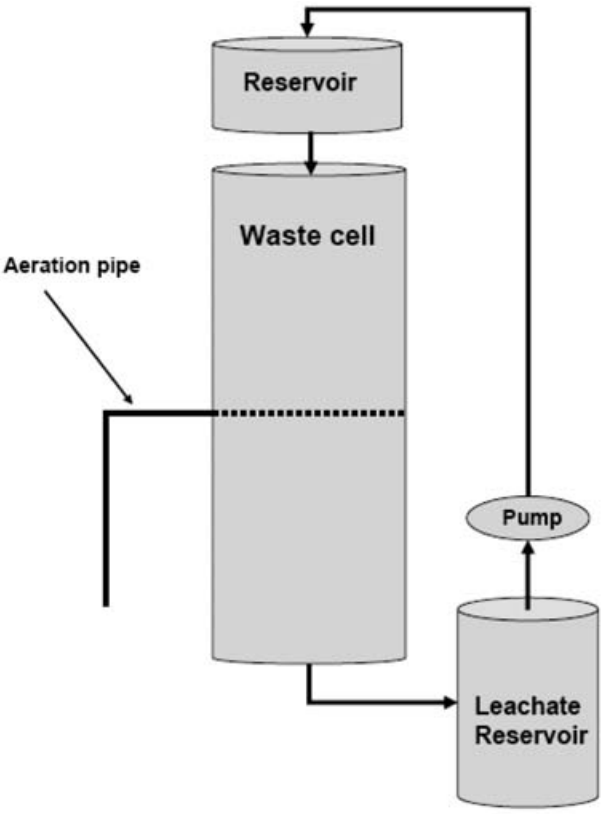
به علت محدودیـت های موجود در ابعاد پایلوت آزمایشگاهی و وجود اجزای مختلف پسماندها از قبیل نایلون، پلاسـتیک، فلزات، شیشه و پارچه که بعضاً ابعاد بزرگ و نامتناسـبی با اندازه سـتون پسماندها داشـتند، زبالـه مورد اسـتفاده در ایـن پژوهش به صورت مصنوعی و با استفاده از مشخصات پسماندها اصفهان و بر اسـاس اطلاعات آنالیـز فیزیکی انجام شده توسـط آزمایشـگاه کارخانه کود آلی اصفهان سـاخته شـد. به این صورت که مواد آلی مورد نیاز از خروجی دسـتگاههای پردازش پسماندها کارخانه کود آلی به آزمایشـگاه منتقل شد، سپس بر اساس اطلاعات آنالیز فیزیکی پشماندهای شهری اصفهان شیشـه، پارچه، نایلون، پلاسـتیک و فلزات در ابعاد ۱۰- ۸ سـانتی متر خرد شده و با مواد آلی مخلوط و سپس یکنواخت گردید. در جدول شماره ۱ آنالیز فیزیکی پسـماندهای مورد استفاده در این پژوهش آورده شده است.

شـیرابه زباله تازه مورد استفاده در این پژوهش از ایسـتگاههای انتقال زباله و از مخزن جمع آوری شـیرابه که در وسایط نقلیه جمع آوری زباله تعبیه شـده، جمع آوری و به آزمایشـگاه منتقل شد. در ایـن تحقیـق از یک ظرف پلاسـتیکی بـه طول و عرض ۰/۵ متـر و ارتفاع تقریبـی ۱ متر به عنوان سلول پسـماندها اسـتفاده شـد. به منظور فراهم آوردن شرایط هوازی در پایلوت، لوله های هوادهی به صورت شبکه در قسـمت میانی پایلوت گذاشته شـده و برای جلوگیـری از ورود زبالـه، لوله های هوادهی با توری پلاسـتیکی پوشـانده شد. انتهای این لوله ها بوسـیله لوله ای انعطاف پذیر به فضای خروجـی سـلول پسـماندها انتقال یافـت. در اثر اختلاف دمای بیرون و درون سلول پسماندها، لوله مانـنـد یک دودکش هوا را به داخـل منتقل نموده و شـرایط مناسب برای میکروارگانیسم ها را فراهم آورد.

بـه منظور جمع آوری شـیرابه در پائین و امکان بازچرخش شـیرابه به آرامی درون سلول پسماندها، دو مخزن در پایین و بالای سـتون تعبیه شدند که بوسـیله پمپ شـیرابه از مخزن پایین به بالا منتقل می‌شـد. در شـکل ۱ تصویر نمایی و شـماتیک از پایلوت آزمایشـگاهی نیمه هوازی آورده شده است. همچنین به منظور جلوگیری از خروج گرمای ایجاد شده در پایلوت نیمه‌هوازی عایق به دور ستون حاوی پسماندها کشیده شد.

جدول شماره ۱- آنالیز فیزیکی پسماندهای شهری مورد استفاده در تحقیق

فلزات	شیشه	پارچه	کاغذ و مقوا	پلاستیک	مواد آلی
۱/۶	۱/۷	۳/۴	۴/۸	۹/۶	۷۸/۹



پس از ساخت پایلوت و انتقال پسماندها و شیرابه به آزمایشـگاه، راکتور با پسماندهای اصلاح شده که قبلاً به طور کامل مخلوط شده و همگن شده بودند، پر شد. در محل‌های دفن در مقیاس واقعی با درصد تراکم متوسـط تا بالا، چگالـی معمولاً بین m^3/kg ۷۵۰-۴۰۰ می‌باشـد[Coelho, ۲۰۰۳]. در ایـن تحقیق راکتور پسـماندها بـا چگالی حدود m^3/kg ۵۵۰ پر شـد. در سـتون پایلوت پـس از قرار دادن قلوه سـنگ در قسمت تحتانی جهت زهکشی، زباله بـه صورت لایه ای، در حجم معین و برای رسـیدن به چگالی مربوطه متراکم شـده و پر شـد. سـپس پسـماندهای موجود در سـتون پایلوت به ظرفیت نگهداری[۲] رسانده شد.

برای این منظور شـیرابه آنقدر به سـتون اضافه شـد تا زمانی که زباله دیگر توانایی نگهداری شیرابه را در خود نداشـته و به همان مقدار که شـیرابه به پسـماندها اضافه گردیده، از آن خارج شـود. سپس روزانـه مقـدار ۲۸ لیتر شـیرابه بازچرخانی شـد. پایلـوت نیمه هوازی مورد اسـتفاده در این تحقیق ۱۵۷ روز مـورد بهره بـرداری قرار گرفت و در طول بهره برداری پارامترهای مختلفی از شـیرابه از قبیل pH،TDS،TS،TSS،COD و دمـا در فواصـل زمانی مناسب اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

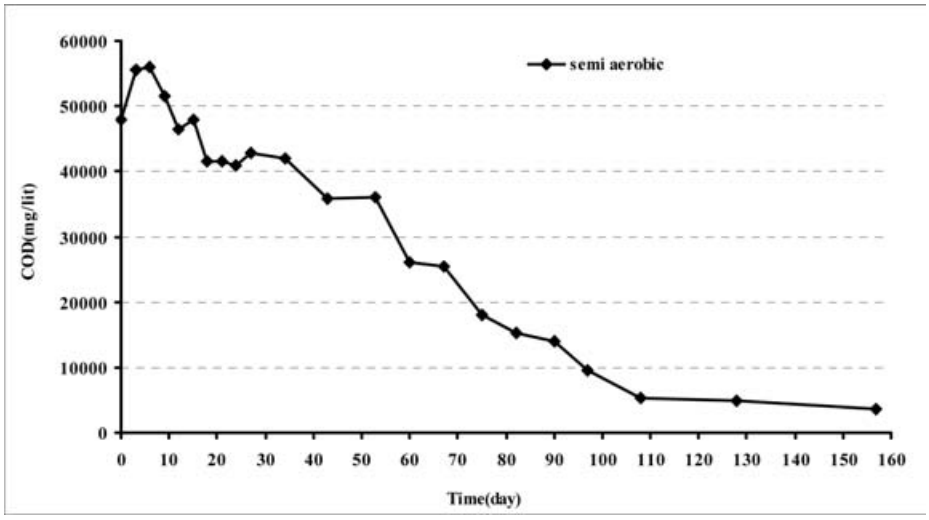
در ایـن تحقیـق فاضـلاب ورودی بـه پایلـوت آزمایشگاهی، شـیرابه زباله تازه جمع آوری شده از مخزن ماشـین آلات جمع آوری زباله شـهری بود. لازم به ذکر اسـت میزان پسـماندهای فسـاد پذیر موجود در زباله شـهری کشـورهای در حال توسعه زیاد می‌باشـد (بین ۴۰ تـا ۸۵ درصد)، و همین امر موجـب بالا رفتـن بار آلی شـیرابه محل های دفن

می‌شود در حالیکه مواد فساد پذیر در آنالیز فیزیکی پسماند های شهری کشـورهای توسعه یافته مقدار کمتـری به خود اختصـاص داده (حـدود ۵۰-۲۳ درصد) و به تبع آنCOD شـیرابه محل های دفن در کشـور های در حال توسـعه بیشتر از کشورهای توسعه یافته است[World Bank, ۱۹۹۹].

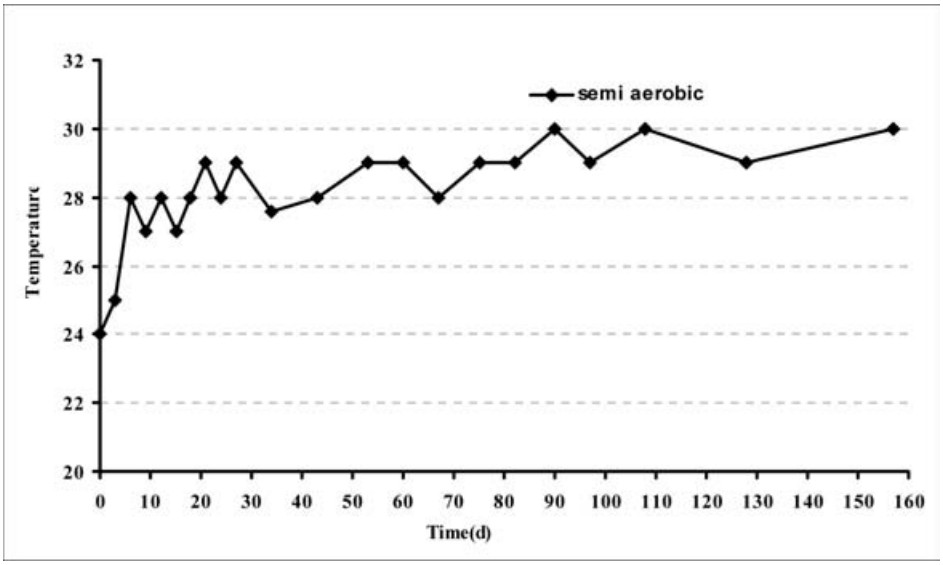
قبل از سال ۱۹۶۵ افراد خیلی کمی می دانستند که عبـور آب از میان ضایعـات جامد در یک محل دفن بهداشتی می تواند آن آب را بشدت آلوده کند. این آب آلوده شده یا همان شیرابه بطور کلی موضوع نگران کننده ای بنظر نمی‌رسـید چون موارد خیلی معدودی از آلودگی آب گزارش شـده بود که در آنها شـیرابه علت آلودگی بوده باشد. اما امروزه محققان محل‌های دفن پسماندهای شهری را از جمله منابع خیلی مهم آلودگی آبهای زیرزمینی می‌دانند.

از آنجـا که رهاشـدن مـواد حاصـل از تجزیه پسـماندهای شـهری از محل‌هـای دفـن غیرقابل اجتناب اسـت، شـیرابه می‌تواند خود شـاخصی از وضعیت تثبیت پسماندهای شهری باشد. ویژگیهای شیرابه پسماندهای شهری بسیار متغیرند و عواملی مانند ترکیب پسـماندها، عمق، میزان فشـردگی و عمر محـل دفن، مرحله تثبیت محـل دفن، میزان نفـوذ، محتوای رطوبت، حرارت و طراحی و عملکرد محل دفن در آن تاثیر گذارند.

پـس از راه اندازی سیسـتم پارامتـر COD به طور پیوسـته اندازه گیری شد. شـکل شماره ۲ در طول زمان کارکرد سیستم، تغییرات میزان COD شـیرابه را نشان می‌دهد. COD شیرابه در روز اول آزمایـش در راکتور نیمه هـوازی mg/lit ۴۸۰۰۰ انـدازه گیری شـد. البتـه باید این نکتـه را متذکر شد که دلیل اسـتفاده از زباله و شیرابه تازه در این تحقیق شـبیه سازی شـرایط موجود در محل‌های دفن جوان بوده اسـت. روند افزایشی مقدار COD ادامـه پیدا کـرد و مقدار ماکزیمم COD شـیرابه پـس از ۶ روز راه انـدازی برابـر mg/lit ۵۶۰۰۰ اندازه گیری شد. دلیل عمده افزایش مقدار COD حل شـدن مواد آلی در شـیرابه در اثـر بازچرخانی در سـلول پسماندها می‌باشـد. پس از ۶ روز از آغاز آزمایشات و خوگیری میکروارگانیسم ها، اولین آثار کاهش در مقدار COD مشاهده شد. روند کاهشی در مقـدار COD ادامه یافـت تا اینکه پس از ۱۵۷ روز بازچرخانی شیرابه، مقدار آن به mg/lit ۳۵۰۰ رسید که راندمان ۹۳ درصدی را برای حذف COD شیرابه نشان می‌دهد.



شکل۲ - تغییرات COD در راکتور نیمه‌هوازی در طول زمان

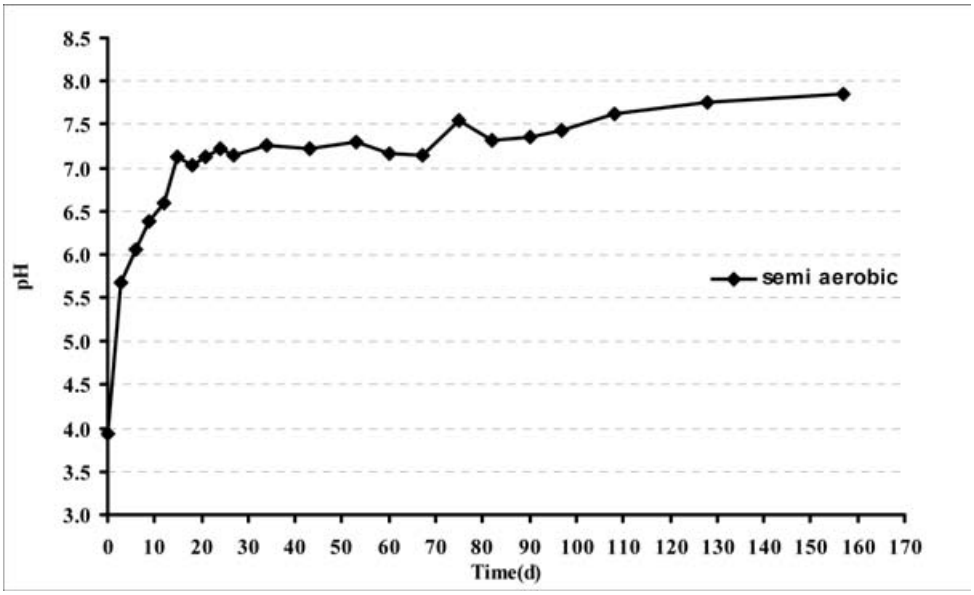


شکل ۳- تغییرات درجه حرارت در پایلوت نیمه‌هوازی در طول زمان

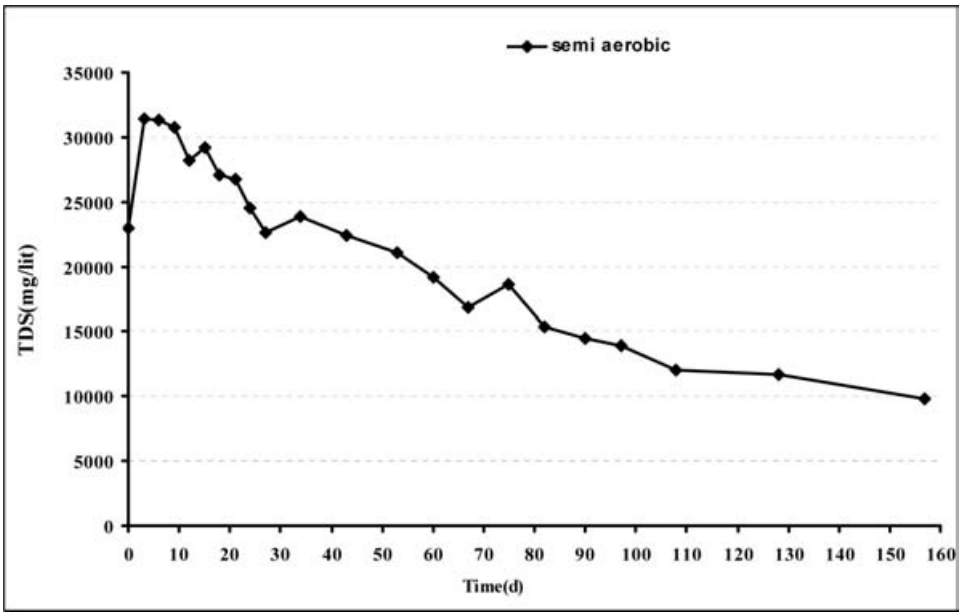
همانطـور که در شـکل ۲ مشـخص می‌باشـد شـیب نمودار مصرف COD پس از ۱۰۸ روز از شـروع آزمایش کاهش یافته به طوری که در ۵۰ روز آخر مقدار COD تنها از mg/lit ۵۴۰۰ به mg/lit ۳۵۰۰ رسـیده است که حاکی از کاهش فعالیت میکروارگانیسـم‌ها اسـت.

در راکتـور نیمه هوازی به منظـور جلوگیری از اتلاف دمای محل دفن عایق حرارتی به دور سـلول پسماندها بسته شد. در شکل شماره ۳ درجه حرارت پسماندهای موجود در سلول پایلوت، در مدت زمان این تحقیق آورده شده است.

شـکل شـماره ۴ ، روند تغییرات pH شیرابه در طول زمان انجام آزمایشـات را نشان می‌دهد. pH شـیرابه در روز اول ۳,۹ اندازه گیری شد. در پایلوت نیمه هوازی pH شـیرابه با سرعت بالارفت تا اینکه پـس از ۱۵ روز به ۷/۱ رسـید. عمده pH شـیرابه



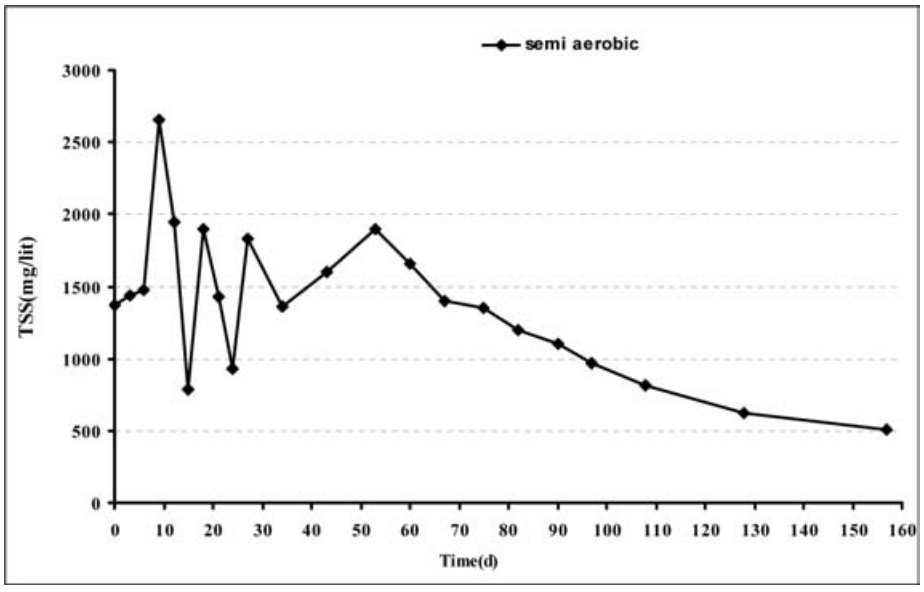
شکل ۴- تغییرات pH در پایلوت نیمه‌هوازی در طول زمان



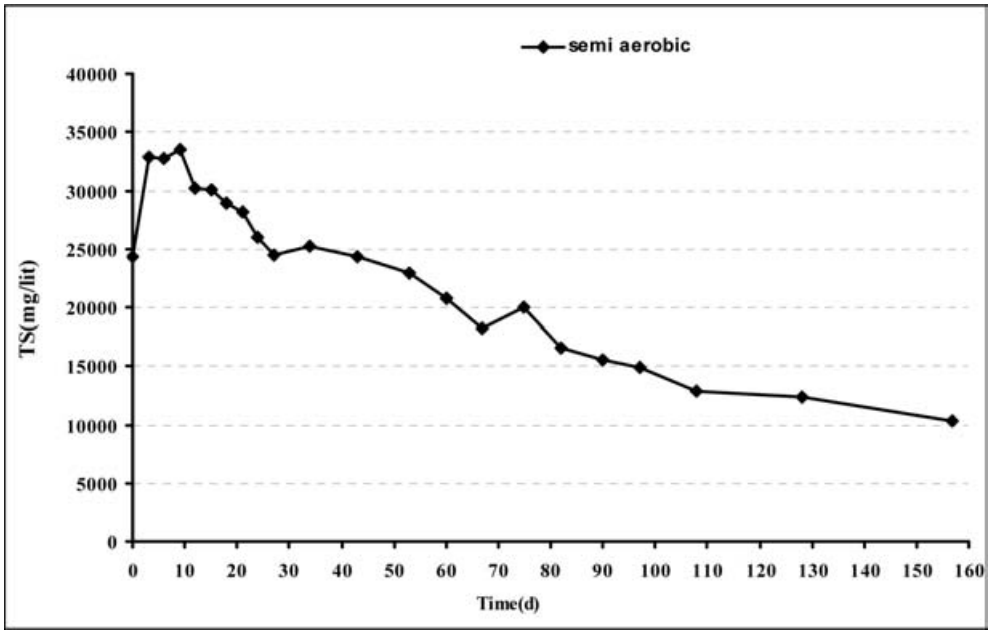
شکل۵- تغییرات TDS در پایلوت نیمه‌هوازی در طول زمان

در پایلـوت نیمه هوازی در محـدوده ۷,۷-۷,۳ قرار داشـت که نشـان از فعالیت میکروارگانیسم ها در محدوده خنثی دارد.

شـکل ۵ روند تغییرات TDS(کل مواد محلول) در طـول زمـان آزمایش را نشـان می‌دهـد. روند افزایش و سـپس کاهش در این نمودار برای راکتور نیمه هوازی تقریباً شـبیه به شـکل ۲ می‌باشد. در راکتورنیمه هـوازی نیز با بازچرخانی شـیرابه مواد آلی بیشـتری در شـیرابه حل می‌شـود ولی پس از برقراری شـرایط مناسب در پایلوت، میکروارگانیسم هـا مواد آلی محلول در شـیرابه را مصرف کرده و از مقدار TDS کاسته می‌شود. در راکتور نیمه هوازی بیشـترین مقدار TDS برابر mg/lit ۳۱۲۸۰ بوده اسـت که در طول ۱۵۷ روز انجام این تحقیق مقدار



شکل۶- تغییرات TSS در پایلوت نیمه‌هوازی در طول زمان



شکل۷- تغییرات TS در پایلوت نیمه‌هوازی در طول زمان

آن بـه mg/lit ۹۸۰۰ رسـید کـه در زمان مذکور راندمان ۶۸ درصد را نشان می‌دهد.

شـکل ۶ روند تغییرات TSS(مواد معلق کل) را در طول زمان پژوهش در راکتور نیمه هوازی نشـان می‌دهـد. بیشـترین مقـدار TSS، mg/lit ۲۶۵۵ اندازه‌گیری شـده است ولی در طول ۱۵۷ روز انجام این تحقیق مقـدار آن به mg/lit ۵۱۰ رسـید که کاهش ۸۱ درصدی را نشان می‌دهد.

رونـد تغییـرات TS (شـکل ۷) مشـابه رونـد COD اسـت. در این پایلوت بیشترین مقدار TS برابر mg/lit ۳۳۴۶۵ بوده و پس از گذشـت ۱۵۷ روز از شـروع تحقیق مقدار آن به mg/lit ۱۰۳۱۰ می‌رسد که کاهش ۶۹ درصدی را نشـان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که انتشـار و نشـت شـیرابه پسماندها از محل‌های دفن مشکلات عمده زیست محیطی از قبیل آلودگی خاک و آبخوانهای زیرزمینی را در پی دارد و بارآلودگی این نوع فاضلاب بسـیار بیشتر از فاضلاب خانگی اسـت لذا تصفیه آن در حد اسـتانداردهای محیط زیسـتی امری ضروری و در عین حال دشوار و پر هزینه اسـت. محل دفن بیوراکتور روشی نوین در دفن پسـماندها جامد شـهری است که با کمک آن می‌تـوان مدت زمان پایـداری محل‌های دفن را کوتاهترنمـود. در این محل‌های دفن با اسـتفاده از بازچرخانی شیرابه، علاوه بر تامین رطوبت مورد نیاز جهت تجزیه پسـماندها، شیرابه نیز به مقدار زیادی تصفیـه می‌شـود. در ایـن تحقیق تصفیـه درجای شـیرابه با اجرای یک پایلوت آزمایشگاهی بیوراکتور نیمه‌هوازی مورد بررسی قرار گرفت. راندمان کاهش COD در پایلوت نیمه‌هوازی در مدت۱۵۷ روز برابر ۹۳% اندازه گیری شد. فعالیت میکروارگانیسم ها در شرایط نیمه هوازی انرژی زیادی تولید نمی‌کند، در نتیجه دما در پایلوت نیمه هوازی به کندی بالا رفت. در این پایلوت pH با سـرعت بالا رفته و بیشتر در محدوده خنثی باقیمانـد. راندمان حذف TSS(کل مـواد معلـق)،TDS(کل مواد محلـول) و TS(کل مـواد) در نیمه هوازی به ترتیب ۸۱،۶۸ و۶۹ درصد

اندازه گیری شد.

باتوجــه به مطالب بالا می‌توان گفت با اســتفاده از محل‌های دفن جدید نیمــه هوازی با بازچرخانی شیرابه، علاوه بر تسریع در پایدار شدن پسماندهای درون محــل دفــن، می‌توان شــیرابه را نیز تا حدود زیادی تصفیه نمود.

پی نوشت:

1- Fukuoka Method

2- Field capacity

منابع و مراجع

Ayalon, O., Avnimelech, Y.,2001, Solid waste treatment as a high-priority and low-cost alternative for greenhouse gas mitigation. Environmental Management. 27 (5), 697–704.

Chugh, S., Pullammanappallil, P., Rudolph, V., 1998, Effect of recirculated leachate volume on MSW degradation. Waste Management and Research. 16 (6),564-573.

Coelho, R.A.,2003, Facultative bioreactor landfill: An environmental and geotechnical study. Ph.D Thesis. University of New Orleans,Louisiana.

Gould, J. P., Cross, W. H., Pohland, F. G., 1989, Factors influencing mobility of toxic metals in landfills operated with leachate recycle. In Emerging Technologies in Hazardous Waste Management (D. W.Tedder & F. G. Pohland, eds). Washington, D.C.,U.S.A.: ACS Symposium Series 422.

Hanashima, M., 1999, Pollution control and stabilization process by semi-aerobic landfill type; the Fukuoka method. Proceedings of Sardinia 99-7th International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari. Italy.

Interstate Technology & Regulatory Council, 2006, Characterization, Design, Construction, and Monitoring of Bioreactor Landfills. www.itrcweb.org

Klink, R. E., Ham, R. K., 1982, Effects of moisture movement on methane production in solid waste landfill samples. Resources and Conservation. 8, 29-41.

Pacey, J., Augenstein, D., Morck, R., Reinhart, D. and Yazdani, R., 1999, The Bioreactor Landfill, MSW Management Magazine. 9(5), 53-60.

Pacey, J., Augenstein, D., Mork, R., Reinhart, D.,Yazdani, R., 1999, The Bioreactor landfill: an innovation in solid waste management. SWANA, Silver

Springs, Maryland.

Peirce, J., Weiner, R., and Vesilind, P., 1997, Environmental Pollution and Control, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann Ed.

Pohland, F. G., 1975, Sanitary Landfill Stabilization with Leachate Recycle and Residual Treatment. Report EPA-600/2-75-043, US EPA, Cincinnati, OH.

Pohland, F. G., Kim, J. C., 1999, In situ anaerobic treatment of leachate in landfill bioreactor. Water Sci.Technol.. 40 (8), 203-210.

Reinhart, D. R., McCreanor, P. T., Townsend, T., 2002, The bioreactor landfill: its status and future. Waste Management and Research. 20, 172-186.

Sponza, D.T., Agdag, O.N., 2004, Impact of leachate recirculation and recirculation volume on stabilization of municipal solid wastes in simulated anaerobic bioreactors. Process Biochemistry 39, 2157–2165.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S. 1993, Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. Irwin McGraw-Hill.

Townsend, T. G., Miller, W. L., Lee, H.-J., Earle, J. F.K., 1996, Acceleration of landfill stabilization using leachate recycle. Journal of Environmental Engineering. 122 (4): 263-268.

Warith, M., Li, X., Jin, H., 2005, BIOREACTOR LANDFILLS: STATE-OF-THE-ART REVIEW. Emirates Journal for Engineering Research, 10 (1), 1-14

World Bank 1999, What a Waste: Solid Waste Management in Asia. Urban Development Sector Unit, East Asia and Pacific region.www.worldbank.org/html/fpd/urban/publicat/whatawaste.pdf

Abstract:

For countries with sufficient available land sanitary landfilling is the most common method of municipal waste disposal. Disadvantages of this method include the production of leachate, high costs of leachate treatment, long time of stabilization of landfill (a few decades), pollution of groundwater resources due to deterioration of the liners and high maintenance costs. Bioreactor landfilling is a new technology for landfilling of municipal wastes. Among the methods used to enhance the biological degradation of solid wastes, moisture control in the form of leachate recirculation is the most effective and practical. The performance of semi-aerobic bioreactor landfilling is investigated in this research. Compared with aerobic bioreactor landfilling this method does not need energy for aeration and thus is more economical. A waste column with dimensions of 0.5 x 0.5 x 1.0 m was filled with municipal waste with a density of 550 kg/m^3. Leachate was recirculated daily and parameters such as COD, TDS, TSS, pH, and temperature were monitored over time. Total COD removal efficiency of the system was 93%. The removal efficiency of the system for TSS, TDS and TS were 81%, 68% and 69%, respectively. Using semi-aerobic landfilling with leachate recirculation it was possible to enhance the stabilization of the waste and treat the leachate at the same time.

پتانسیل سنجی استحصال انرژی الکتریکی در مرکز دفن زباله های شهر شیراز

بهروز بوغلان دشتی[۱]
حمیدرضا لاری[۲]

۱- رئیس گروه شـناخت و پتانسـیل سـنجی منابع زیست توده، سازمان انرژیهای نو ایران

۲- مدیـر گـروه انرژیهـای نـو، پژوهشـکده انـرژی و محیط‌زیست ،پژوهشگاه نیرو

چکیده

ایـن مقالـه بـه ارائه نتایـج بررسـیها و پتانسـیل سنجی های انجام شـده در جهت تعیین میزان انرژی الکتریکی قابل اسـتحصال از مرکـز دفن زائدات جامد شـهر شیراز میپردازد. بر مبنای انجام مطالعات میدانی و تعییـن میزان و ترکیـب زائدات دفن شـده در این دفنگاه، نسـبت به محاسـبه و برآورد میـزان بیوگاز و انرژی الکتریکی قابل اسـتحصال توسـط نرم افزارهای اسـتاندارد اقدام گردیده و نتایج با شرایط دبی سنجی واقعی موجود در دفنگاه مقایسه و کاستیهای مدیریت دفـن زائـدات در جهت تولیـد انـرژی الکتریکی ارائه گردید. در نهایت مکانیابی مناسـب احداث نیروگاه در سایت دفنگاه تعیین شد. بر اساس نتایج مطالعات مقرر گردید نیـروگاه با موتور ژنراتور غیـر کانتینری بیوگاز سوز با ظرفیت ۱۰۶۵ کیلووات در بالاترین نقطه جاده ضلع غربی دفنگاه همجوار آتشدان شماره ۹ سایت دفن زباله های شـهر شـیراز احداث گردد. این مطالعات بر اساس همکاریهای فی مابین سازمان انرژیهای نو ایران (سانا)، پژوهشگاه نیرو و سازمان بازیافت شیراز صورت گرفته است.

کلمات کلیـدی: دفنـگاه، اسـتحصال انرژی، الکتریسیته،پتانسیل سنجی، شیراز

۱. مقدمه

این طرح بعنوان نخستین نمونه در کشور، در قالب همکاری مشترک سازمان انرژیهای نو ایران (سانا)، پژوهشگاه نیرو و سازمان بازیافت شیراز، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و هدف آن تولید انرژی الکتریکی از بیوگاز ناشی از تجزیه بیهوازی زباله های مدفون در محل دفن زباله شهر شیراز بود.انجام مطالعات میدانی و مقایسه نتایج بدست آمده حاصل از پایش در سایت با نتایج مدل سازی انجام شده و در نهایت ظرفیت قابل اطمینان استحصال انرژی در ۱۰ سال آینده تعیین گردید. در این مطالعه از مدل استاندارد LANDGEM با بهینه سازی و بومی سازی پارامترهای اصلی آن همچون k و L_o بهره گیری گردید. استفاده از نتایج آزمایشگاهی نیز در این مطالعه از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

۲.وضعیت‌موجود

دفنگاه موجود شهر شیراز در حدود ۲۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر و در مسیرجاده شیراز-سروستان-فسا در محلی بنام «برم شور» واقع شده است. این دفنگاه بنا به آمار موجود، از سال ۱۳۷۶ پذیرای زباله های این شهر بوده و زباله‌ها بروش دفن بهداشتی در آن مدفون می‌شوند. بنا به گزارش سازمان بازیافت شیراز، از سال ۱۳۷۶ تا آغاز ۱۳۸۰ درحدود ۸۵۰ هزار تن زباله طی ۴ سال در دفنگاه «برم‌شور» دفن گردیده است. این رقم معادل میانگین ۵۹۰ تن زباله در روز است که در یک دوره ۴۸ ماهه در محل دفن شده است. جرم حجمی زباله دفن شده، $800\ kg/m^3$ برآورد گردیده است. جرم زباله تولید شده در شهر شیراز کمی بیشتر از جرم ورودی به محل دفن زباله می‌باشد. براساس بررسیهای انجام شده، در سال ۸۰-۱۳۷۹ روزانه ۷۱۵/۸ تن زباله بطور میانگین تولید می‌شده است که از این مقدار، ۷۰۸/۶ تن در روز زباله خانگی، ۲/۱ تن سرشاخه ها و زائدات باغبانی و ۵/۱۴ تن در روز زباله های عفونی و بیمارستانی بوده است. براساس آزمایش ها و اندازه‌گیری های انجام شده در شهر شیراز، ترکیب زباله این شهر در یک دوره نمونه برداری از ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۰ بصورت جدول ۱ بوده است.

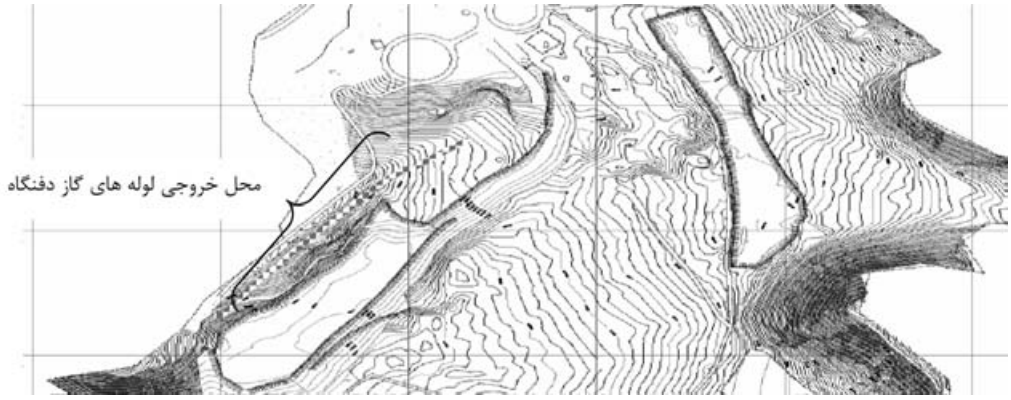
۳. سنجش کیفی و کمی گاز محل دفن و برآورد پتانسیل انرژی

نخستین بخش از طرح جمع‌آوری گاز دفنگاه در محدوده‌ای واقع در بخش غربی سایت دفن زباله شهر شیراز انجام گرفته است. سامانه جمع‌آوری گاز محل دفن زباله بصورت غیرفعال طراحی شده است. این سامانه(سیستم) که از لیفت سوم دفن زباله (لایه مربوط به سال ۱۳۷۸) احداث گردیده، به صورت لوله‌های مشبکی است که درون زباله ها کار گذاشته شده و گاز به درون آنها جریان می‌یابد. همانگونه که در شکل ۱ دیده می‌شود، خروجی لوله‌های استخراج گاز در حاشیه غربی سلول دفن قرار گرفته‌اند.

جدول ۱- ترکیب فیزیکی زباله خانگی شهر شیراز

درصد جزء تشکیل دهنده	مواد فسادپذیر	کاغذ و مقوا	پلاستیک	شیشه	فلزات	سایر مواد
میانگین	۷۰/۴۲	۹/۳۴	۱۳/۷	۱/۱	۱/۱۲	۳/۹۵

شکل ۱ – جایگاه سامانه جمع‌آوری گاز در دفنگاه شیراز



جدول۲ – نتایج سنجش گاز دفنگاه در آتشدانهای دفنگاه شیراز(مرداد۱۳۸۳)

شماره آتشدان	V_{avg} (m/s)	قطر درونی (mm)	شدت جریان (m^3/hr)	درصد اکسیژن	درصد متان	دمای گاز °C	ملاحظات
۱	–	۱۶۰	–	–	–	–	گاز خروجی نداشت
۲	–	۱۶۰	–	۴/۷	۴۳/۵	۳۳/۷	سرعت گاز درحد صفر
۳	–	۱۶۰	–	۲/۱	۴۸	۳۲/۸	سرعت گاز درحد صفر
۴	۰,۳۵	۱۶۰	۲۵,۳۳	۲/۰	۴۸	۳۴/۷	
۵	–	۱۶۰	–	۲/۰	۳۹/۵	–	سرعت گاز درحد صفر
۶	–	۱۶۰	–	–	–	–	گاز خروجی نداشت
۷	۰,۳۸	۱۶۰	۲۷,۵۱	۱/۴	۵۰/۵	۳۴/۵	
۸	۰,۳۴	۱۶۰	۲۴,۶۱	۳/۵	۴۶/۵	۳۶/۷	
۹	۰,۶۹	۱۶۰	۴۹,۹۴	۱/۵	۵۰/۵	۳۴/۲	
۱۰	۰,۷۵	۱۶۰	۵۴,۲۹	۱/۴	۵۰/۵	۵۹	گرمای باقیمانده از شعله
۱۱	۰,۹۰	۱۶۰	۶۵,۱۴	۱/۱	۴۸	۳۶/۸	
۱۲	–	۱۶۰	–	–	–	–	گاز خروجی نداشت
۱۳	۰,۵۳	۱۶۰	۳۸,۳۶	۱/۳	۴۶	۳۴	
۱۴	۰,۵۶	۱۶۰	۴۰,۵۳	۱/۱	۴۷/۵	۳۵/۵	
۱۵	۰,۵۵	۱۶۰	۳۹,۸۱	۰/۹	۴۷/۵	۳۵/۸	
۱۶	–	۱۶۰	–	–	–	–	گاز خروجی نداشت
۱۷	۰,۵	۱۶۰	۳۶,۱۹	۱/۰	۴۸	۴۲/۹	
۱۸	۰,۳۱	۱۶۰	۲۲,۴۴	۱/۱	۴۴/۵	۳۴/۶	
جمع شدت‌جریان			۴۲۴/۱۵				

در بررسـیهای صحرایی بـر روی گاز محل دفن زباله شیراز، شدت جریان گاز، درصد حجمی متان، دمـا و فشـار گاز اندازه‌گیـری شـده و نتایج آن به تفکیک هر آتشدان در جدول ۲ ارائه شده است.

درصـد متان در این گاز نیز اندازه گیری شـد و حدود ۵۲% بدسـت آمده است. دبی گاز تولیدی در حدود ۲۳ لیتر در دقیقه اندازه‌گیری شـد. همچنین غلظت سـولفیدهیدروژن توسط دسـتگاه پلی‌تکتور G-۷۵۰ در خروجـی همـه آتشـدانها اندازه‌گیری شـد کـه بجز یک آتشـدان با غلظـت ۹۷ ppm ، باقی آتشـدانها همگی دارای بیـش از ۱۱۳ ppm سـولفیدهیدروژن در گاز خروجی خود بودند. نتایج میانگیـن این اندازه گیریها در جدول ۳ ارائه شـده است.

شـدت جریان گاز دفنگاه شـیراز برحسـب Nm^3/hr محاسـبه شـده و نتایـج در جدول ۴ ارائه‌شـده‌اسـت:

شدت‌جریان(دبی) عملی و متعارفی دفنگاه شیراز در تابستان۱۳۸۳ و با ۵۰% حجمی گاز متان برابر با Nm^3/hr ۳۲۳/۲ اسـت . در گام بعدی، براساس جرم زباله موجود در حجم تحت تأثیر سـامانه‌های اسـتخراج گاز دفنـگاه شـیراز، که در سـطح تأثیر سـامانه اسـتخراج گاز، قرار دارد به مدلسازی روند تولیـد گاز اقدام گردید. در این بخش نیز پیش‌بینی

جدول ۳ - نتایج تحلیل نمونهٔ گاز دفنگاه شیراز

ترکیب	متان	دی اکسید کربن	نیتروژن	اکسیژن	سولفید هیدروژن	آمونیاک	منواکسید کربن
درصد حجمی	۶۱	۲۴	۱۳	۲	۱۵ ppm	ناچیز	ناچیز

جدول ۴ - شار حجمی گاز دفنگاه شیراز در شرایط متعارفی*

آتشدان	دبی صحرایی	دما	دبی نرمال	درصد متان
	Q_T (m^3/hr)	T_T (°K)	Q_N (Nm^3/hr)	P_{CH_4} (٪)
۴	۲۵.۳۳	۳۰۷.۷	۲۰.۳	۴۸
۷	۲۷.۵۱	۳۰۷.۵	۲۲.۰	۵۰.۵
۸	۲۴.۶۱	۳۰۹.۷	۱۹.۶	۴۶.۵
۹	۴۹.۹۴	۳۰۷.۲	۴۰.۰	۵۰.۵
۱۰	۵۴.۲۹	۳۳۲	۴۰.۳	۵۰.۵
۱۱	۶۵.۱۴	۳۰۹.۸	۵۱.۸	۴۸
۱۳	۳۸.۳۶	۳۰۷.۰	۳۰.۸	۴۶
۱۴	۴۰.۵۳	۳۰۸.۵	۳۲.۴	۴۷.۵
۱۵	۳۹.۸۱	۳۰۸.۸	۳۱.۸	۴۷.۵
۱۷	۳۶.۱۹	۳۱۵.۹	۲۸.۲	۴۸
۱۸	۲۲.۴۴	۳۰۷.۶	۱۸.۰	۴۴.۵
جمع	۴۲۴.۱۵		۳۳۵.۲	Avg. =۴۸.۲

*در جدول بالا، تنها آتشدانهای فعال منظور شده‌اند

جدول ۵ - پارامترهای موثر در تعیین پیش بینی تولید گاز

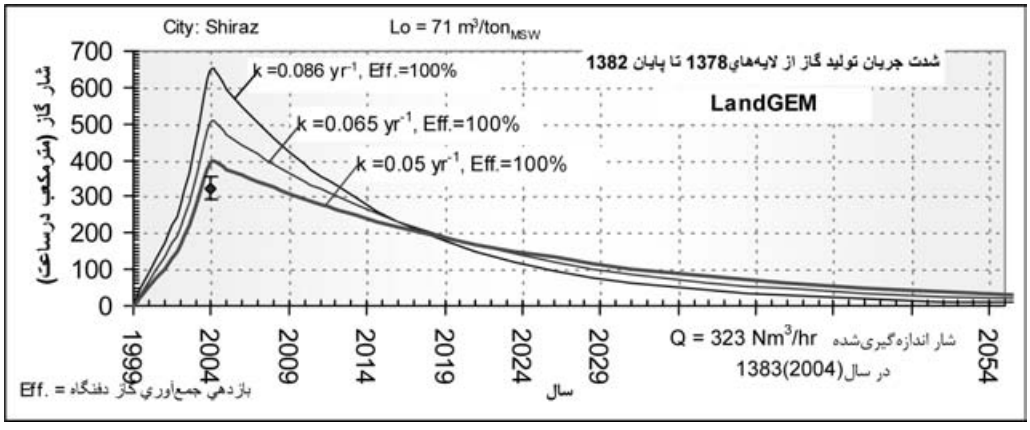
	واحد	حالت (۱)	حالت (۲)	حالت (۳)
توان تولیدگاز G_o	Nm^3/ton	۱۴۲	۱۴۲	۱۴۲
ضریب k_1	$1/yr$	۰.۰۸۶	۰.۰۶۵	۰.۰۵
جرم زباله	تن	۵۲۳۶۰۰	۵۲۳۶۰۰	۵۲۳۶۰۰
لایه های زباله		۱۳۸۲ -۱۳۷۸	۱۳۸۲ - ۱۳۷۸	۱۳۸۲ - ۱۳۷۸

روند تولید گاز با استفاده از مدل LANDGEM انجام شده و حالتهای زیر (جدول ۵) در مدلسازی منظور می‌گردند:

مقایسه شـار اندازه‌گیری شده با نتایج مدلسازی روند تولید گاز خروجی از دفنگاه شـیراز براسـاس مدل LANDGEM نیز در نمودار شـکل ۲ دیده می‌شود.

در ایـن نمودار نیز مشـاهده می‌شـود که شـار ضریب تولید متان(ضریب تجزیه‌پذیری) k=۰,۰۸۶ نشان می‌دهد.

عوامـل گوناگـون سـبب بـروز اختـلاف میان مقادیـر پیش‌بینی شـده براسـاس مـدل و مقادیر حقیقی اندازه‌گیری شـده است. عوامل خطا در این محاسـبات عبارتنـد از: خطا در بـرآورد جرم زباله مدفـون، یکنواخت نبودن رطوبت در زباله ها و عدم یکنواختـی در بارندگی و نفوذ رطوبت به زباله های



شکل ۲ - مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده برای شدت‌جریان گاز خروجی در دفنگاه شیراز براساس مدل LANDGEM

اندازه‌گیری شـده نسـبت بـه مقادیـر پیش‌بینی شـده توسـط مـدل LANDGEM بـا ضرایب بیوکینتیـک yr^{-1} ۰/۰۵ ، ۰/۰۶۵ و ۰/۰۸۶ بـه ترتیب: ۸۰%، ۶۴% و ۵۰% می‌باشـد.

با توجه به اینکه در عمل ۶ عدد از آتشدان‌ها گاز خروجی نداشتند، مطالعه نمودار فوق نشان می‌دهد که شـدت جریان حقیقی گاز دفنگاه در محل دفن شـیراز، سـازگاری بیشـتری با نتایج مدلسـازی با مدفون، توزیع ناهمگون مواد آلی در زباله ها و وجود ترکیبات بازدارنده و عوامل فیزیکی انسـداد حرکت گاز، نبـود لایه پوشـش نفوذناپذیـر در محل دفن و امـکان فـرار گاز از دیواره ها و شـیبهای جانبی، وجـود درز و ترک در خاک پوشـش نهایی و امکان فـرار گاز از میان آنها، کارآیـی پایین کانالهای افقی جمع‌آوری گاز به نسبت چاهکهای قائم در استخراج گاز دفنگاه.

۴. برآورد آهنگ انرژی ناخالص در زمان حال

بـا توجه به اطلاعـات فوق، شـدت‌جریان(دبی) نرمـال گاز خروجـی از محل دفن در سـال ۱۳۸۳ برابر ۳۳۵ Nm^3/hr و میانگین وزنی درصد متان برابر ۴۸/۲% بدست آمد.

بر این اساس، میانگین ارزش گرمایی گاز دفنگاه شـیراز برابر بـا ۱۷/۵ Mj/Nm^3 می‌باشـد. آهنگ انـرژی ناخالص گاز دفنگاه شـیراز در سـال ۱۳۸۳ برابر با :

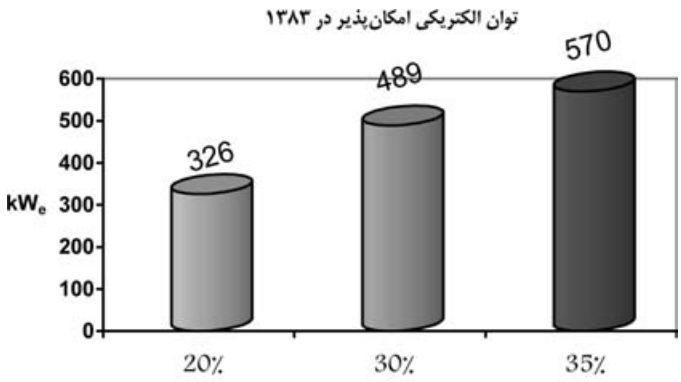
$$335.2\ Nm^3/h \times 17.5\ MJ/Nm^3 = 5865\ MJ/h$$

این مقدار انرژی برابر با ۱۶۳۰ کیلووات سـاعت انرژی ناخالص اسـت. تـوان الکتریکـی قابل نصب فعلـی، با درنظـر گرفتن بازده(راندمـان) الکتریکی قابل محاسبه می‌باشد و نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است.

موتور-ژنراتور های دوگانه‌سوز (دیزل و بیوگاز یا بنزین و بیوگاز): بازده حدود ۲۰%

بـا توجه به اینکـه گاز دفنگاه یـک منبع انرژی با کارکرد پیوسته اسـت، ضریب ظرفیت برای بهره بـرداری از این منبع انرژی مقدار بالایی اسـت و در مراجـع بیـن ۸۰% تا ۹۵% عنوان شـده که مقدار ضریب‌ظرفیـت ۸۵% در این مقاله بعنوان یک عدد توصیه شـده برگزیده می‌شـود که معادل با ۷۵۰۰ سـاعت کارکرد مفید سـالانهٔ واحد تبدیل انرژی به برق است.

در اینجا با استفاده از داده های مربوط به دفنگاه شـیراز (جرم زباله مدفون شده در سطح موثر ، توان نظری تولید گاز، ضریب ثابت تولید متان k و سـن زباله‌های دفن‌شـده) نتایج بـرآورد آهنگ ناخالص انرژی در سالهای ۱۳۸۳ و ۱۳۹۴ خورشیدی بوسیلهٔ



شکل ۳ - توان الکتریکی بالقوه در دفنگاه شیراز در سال ۱۳۸۳

دربـاره نمودار شـکل ۳ ، این نکتـه باید عنوان شود که فرضیات انتخاب شده برای بازده (راندمان) الکتریکـی برمبنای تجـارب و داده های موجود در مراجع هستند که:

موتور-ژنراتور های بیوگازسـوز پیشـرفته: بازده حدود ۳۵% (گاهی تا ۳۹%)

موتور-ژنراتـور های بیوگازسـوز معمـول: بازده حدود ۳۰%

مدلهای گوناگون و در شـرایط مختلف بدست آمده تا با نتایج اندازه‌گیری های میدانی مقایسـه گردند. هدف این مقایسـه آنسـت که یک پیش‌بینی قابل اعتمـاد از شـدت جریان حقیقـی و آهنگ حقیقی انرژی ناخالص در سال ۱۳۹۴ بدست آید.

با توجه به نمودار شکل ۲، ضریب ثابت $k = ۰,۰۸۶$ بعنوان مناسب ترین گزینه که بالاترین سازگاری را با شدت جریان اندازه‌گیری شده در دفنگاه شیراز دارد

انتخاب شـده و در محاسبات مدل LANDGEM بکار رفته است.

در بحـث پیش‌بینی شـدت‌جریان تولید گاز در سال ۱۳۹۴، دو برنامه(سناریو) مطرح گردید. برنامه نخسـت آن که تنها از گاز خروجـی لایه های دفن شـده تا پایان سال ۱۳۸۲ اسـتفاده شود، و برنامه دوم آن که لایه‌های دفن‌شـدهٔ آینـده نیز مجهز به سامانهٔ اسـتخراج گاز دفنگاه شده و گاز خروجی به سامانهٔ موجود بپیوندد که در اینصورت شدت‌جریان گاز در سـال ۱۳۹۴ افزایـش قابـل توجهی خواهد داشت و باید بوسیله مدلسازی معین گردد. با توجه به سیاسـتهای سـازمان بازیافت شـیراز در اجرای سـامانه‌های جمـع‌آوری گاز دفنـگاه، برنامهٔ دوم از احتمال قویتری برخوردار است.

بنابراین برای مدلسـازی و پیش‌بینی روند تولید گاز در برنامـه دوم، ابتـدا با اسـتفاده از داده های

جدول ۶ - پیش‌بینی شدت جریان تولید گاز دفنگاه شیراز در سال ۱۳۹۴

برنامه نفست (عدم گسترش شبکه جمع‌آوری گاز)

محل	مدل	IRLFGM k=۰.۰۸۶ , G_o=۱۴۲ Nm^3/ton , CH_4=۵۰٪				LandGEM k=۰.۰۸۶, L_o=۷۱ Nm^3/ton , CH_4=۵۰٪			
	نتایج	شار تولیدگاز	شار استخراج گاز Nm^3/h			شار تولیدگاز	شار استخراج گاز Nm^3/h		
شیراز	سال	Nm^3/h	Eff.= ۶۵٪	Eff.= ۵۰٪	Eff.= ۴۰٪	Nm^3/h	Eff.= ۶۵٪	Eff.= ۵۰٪	Eff.= ۴۰٪
	۱۳۸۳	۵۴۹.۸	۳۵۷.۳	۲۷۴.۹	۲۲۰	۶۴۷.۳	۴۲۰.۷	۳۲۳.۶	۲۵۸.۹
	۱۳۹۴	۲۴۷.۲	۱۶۰.۷	۱۲۳.۶	۹۹	۲۵۲.۳	۱۶۴	۱۲۶.۱	۱۰۰.۹
	نسبت ۹۴ به ۸۳	٪ ۴۵				٪ ۳۹			

جدول ۷ - داده های بکاررفته برای مدلسازی روند تولید گاز دفنگاه شیراز در درازمدت

سال	جرم موثر زباله (تن)	توان نظری تولید گاز (Nm^3/ton)	ضریب بیوکینتیک k (۱/yr)
۱۳۷۸	۶۴۸۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۷۹	۶۴۸۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۰	۸۵۳۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۱	۱۴۸۲۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۲	۱۶۰۵۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۳	۲۰۷۰۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۴	۲۱۱۶۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۵	۲۱۶۰۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۶	۲۲۰۰۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۷	۲۲۵۰۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۸	۲۳۰۰۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶
۱۳۸۹	۲۳۴۰۰۰	۱۴۲	۰/۰۸۶

جدول ۵ ، جرم زباله های دفن شـده از سال ۱۳۸۳ تـا پایان ۱۳۸۹ برآورد می‌شـوند، سـپس با فرض اینکه ۷۵% از زباله‌های دفن شـده در این سالها، در سطح موثر سامانه جمع‌آوری گاز دفنگاه قرار گیرند، مدل هـای پیش‌بینی روند تولیـد گاز دفنگاه تهیه گردید. فرض بر آنست توان نظری تولید گاز دفنگاه و ضریـب بیوکینتیک تولید گاز در خلال سـالهای آینده ثابت بمانند.

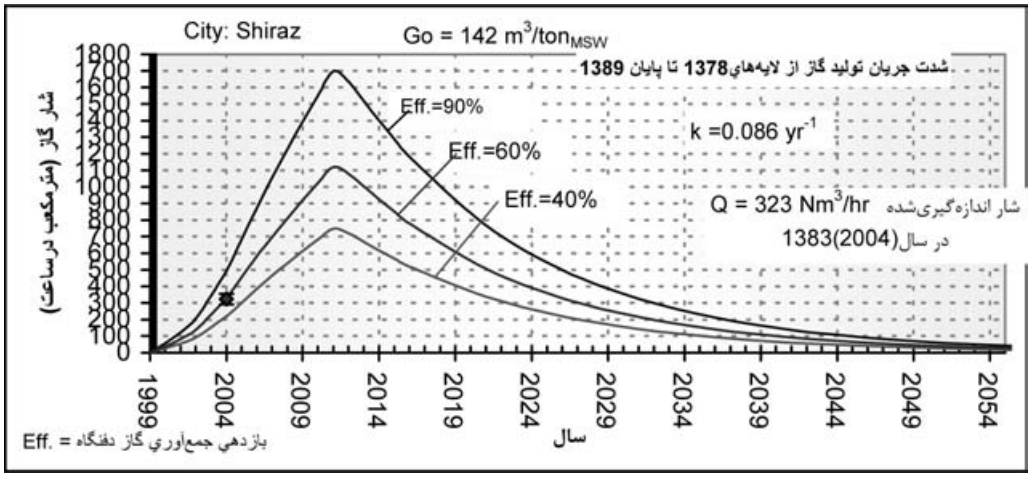
جرم موثر زباله های دفن‌شـده برای محاسـبات مدلسازی در جدول ۷ آمده است.

با نگرش در نمودار شـکل ۴ دیده می‌شـود که پیش‌بینـی اوج شـدت جریـان گاز بوسـیله مدل LANDGEM مستقل از مقدار ضریب k می‌باشد و در هـر حال، حداکثر شـدت جریـان گاز دفنگاه بلافاصلـه پس از دفـن آخرین لایه زبالـه رخ داده و سـپس جریان گاز شـروع به افـت مینماید. این امر ناشـی از معادلهٔ ریاضی منتخب بعنوان اسـاس محاسـبات این مدل اسـت که در این معادله فرض بر آن اسـت که روند تولیـد گاز بلافاصله از کل گاز قابل تولید توسـط جرم مشخصی از زباله، آغاز شده و بتدریـج کاهش پیدا می‌کنـد و تنها روند کاهش (سرعت افت شدت جریان گاز) بستگی به ضریب k دارد و هر چه این ضریب بالاتر باشد مقدار گاز تولید شده سریعتر افت می‌کند و برعکس.

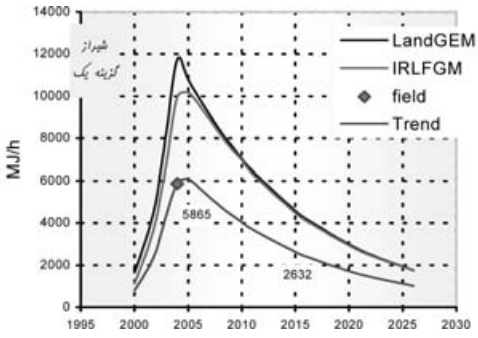
نتایج پیش‌بینی روند تولید گاز براسـاس برنامه دوم، در نمودار ۴ به نمایش درآمده‌اند.

حال، با نگاه به داده های ارائه شده، هدف آنست که براسـاس شـدت جریـان اندازه‌گیری شـده در سـال ۱۳۸۳، شـدت جریان حقیقی و قابل اعتماد گاز دفنگاه و آهنگ انرژی ناخالص در سـال ۱۳۹۴ برآورد گردد. اگر چنین انگاشـته شـود که شـدت جریان حقیقی (گاز قابل اسـتخراج) در این محورها از رونـدی همانند ایـن مدل پیروی کنـد، میتوان براسـاس نسبت نتایج سـال۱۳۹۴به ۱۳۸۳، که در جـدول پیش‌بینـی نتایج (جدول ۶) آورده شـده اسـت، و ضرب آن در مقادیر حقیقی سـال ۱۳۸۳، شـدت جریان و آهنگ انرژی قابل اعتماد در سـال ۱۳۹۴ را تخمین زد. نخسـت برای برنامه (سناریو) یکم، اینکار انجام شـده و سپس برای برنامه دوم به همیـن روش عمل می‌گردد. نتایـج در نمودار های شکل ۵ و ۶ ارائه شده است.

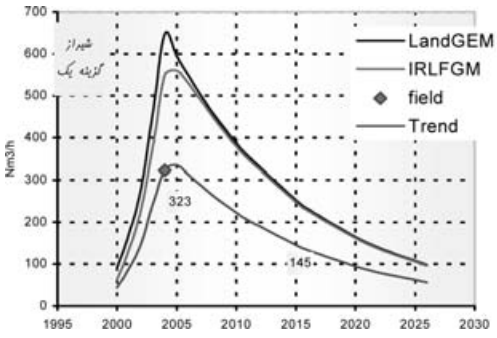
از روش بـرازش منحنـی بـرای برآورد شـدت جریـان قابـل اعتمـاد گاز دفنگاه در سـال ۱۳۹۴ اسـتفاده شده اسـت. نمودارهای شکل ۵ و ۶ این



شکل ۴ - پیش‌بینی شدت‌جریان گاز دفنگاه شیراز بر اساس برنامه دوم (گسترش شبکه جمع‌آوری گاز)



الف - میزان انرژی ناخالص برحسب مگاژول



ب- میزان انرژی ناخالص برحسب مترمکعب در ساعت

شکل ۵ - برآورد روند آهنگ انرژی ناخالص گاز دفنگاه شیراز براساس برنامه نخست

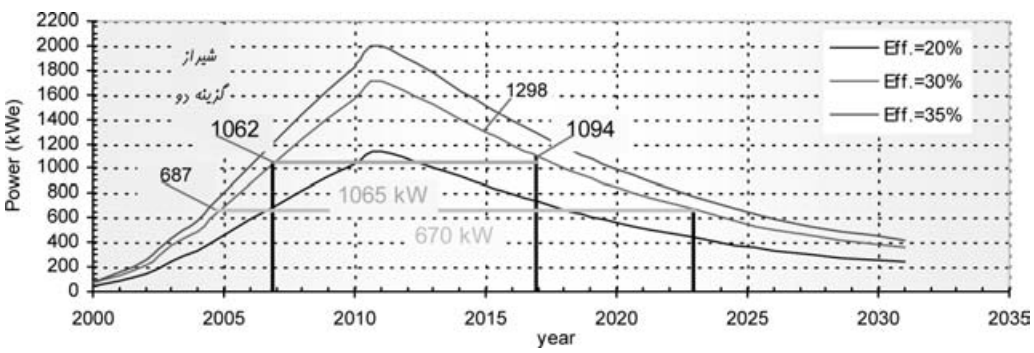
موضوع را بهتر روشـــن می‌کند. در این نمودار دیده می‌شود روند پیش‌بینی شده توسط دو مدل، از سال ۱۳۸۴(۲۰۰۵ میلادی) به بعد، بسیار به هم نزدیک می‌شـــود. منحنی الگوی تولید گاز در محور شمالی، به گونه ای برازش شده که از مقدار اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۸۳ (۲۰۰۴) گذر کند و این منحنی نشان می‌دهد که در ســـال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵) میتوان شدت جریان Nm^3/hr ۱۴۵ را با درصد متان ۵۰% در این محور انتظار داشـــت. به همین ترتیب با اســـتفاده از ارزش گرمایی گاز دفنگاه میتوان نمودار روند تغییر آهنگ انـــرژی ناخالص را برای حالت بالا تهیه نمود. بـــرای برنامه(ســـناریو) دوم به روش یادشـــده عمل گردیده و برآورد آهنگ انرژی ناخالص در آن حالت در نمودار شکل ۷ دیده می‌شود.

از نمـــودار شـــکل ۶ میتوان دید کـــه در صورت اجرای برنامه دوم یعنی گســـترش شبکه جمع‌آوری گاز دفنگاه برای زباله های دفن شـــده تا پایان سال ۱۳۸۹، آهنگ انرژی گاز دفنگاه شیراز افزایش بسیار چشـــمگیری خواهد یافت که تـــوان الکتریکی قابل نصب را نیز به همین نسبت بالا خواهد برد.

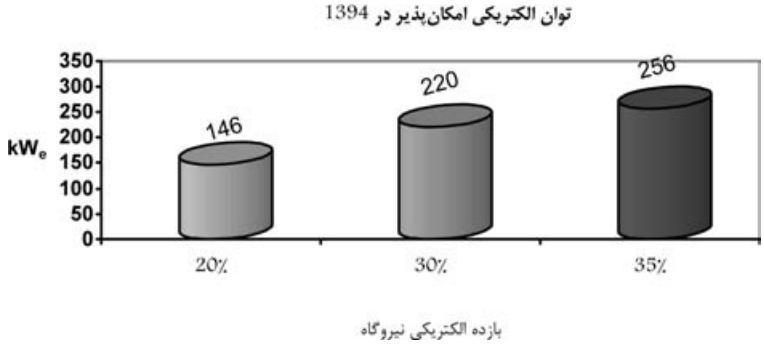
۵. نتیجه‌گیـــری: بـــرآورد توان قابـــل نصب در دفنگاه فعلی شیراز

در صورت اجرای برنامه نخســـت، توان الکتریکی امکان‌پذیر تا سال ۱۳۹۴ براساس بازده(راندمان)های مختلف ارائه شده‌است:

برای برنامه دوم، یعنی گسترش شبکه جمع‌آوری گاز دفنگاه تا پایان ۱۳۸۹، با استفاده نمودار شکل ۶ می‌توان رونـــد تغییرات توان الکتریکی امکان‌پذیر را برای سالهای مختلف ترسیم نمود. از نمودار شکل ۷



شکل ۶ - برآورد روند آهنگ انرژی ناخالص گاز دفنگاه شیراز براساس برنامه دوم



شکل ۷ - روند تغییرات توان قابل نصب در دفنگاه شیراز براساس برنامهٔ گسترش شبکه جمع‌آوری گاز دفنگاه

چنین دریافت می‌شود که: نصب و راه‌اندازی نیروگاه بیوگازسوز با توان الکتریکی در حدود ۶۷۰ کیلووات از سـال ۱۳۸۴(۲۰۰۵) تـا سـال ۱۴۰۲(۲۰۲۳)، و تـوان الکتریکی حـدود ۱۰۶۵ کیلووات از سـال ۱۳۸۶(۲۰۰۷) تا سال ۱۳۹۶(۲۰۱۷) در محل دفن زباله شیراز امکان پذیر می‌باشد.

با مقایسـه دو برنامـه، براحتی میتـوان دید که حالت گسترش شبکه جمع‌آوری گاز دفنگاه تا پایان سال ۱۳۸۹، از دیدگاه نصب توان الکتریکی، برتری چشـمگیری بر حالت عدم گسـترش شـبکه دارد، بگونه‌ایکه درحالت عدم گسـترش شبکه جمع‌آوری گاز، توان الکتریکی قابل اعتماد تا سـال ۱۳۹۴ تنها ۲۲۰ کیلووات و در صورت گسـترش شـبکه، توان الکتریکـی قابل اعتماد تا همین سـال برابر ۱۲۹۸ کیلووات خواهد بود.

برای دسـتیابی به توان الکتریکی برآورد شـده، اجرای خط لوله جمع‌کننده به تناسـب گسـترش شبکه جمع‌آوری گاز آتشدانهای فعال، پیش‌نیاز کار اسـت و در گامهای بعدی بایسـتی ایستگاه تقویت فشـار به منظور مکش گاز از شـبکه های استخراج گاز و تأمین فشار لازم برای انتقال، سامانه (سیستم) پالایش گاز دفنگاه (شـامل حذف رطوبت، سولفید هیـدروژن اضافی، ترکیبات سیلیسـی (موسـوم به سـیلوگزان‌ها) و درصـورت لزوم ترکیبـات کلره) و ایسـتگاه پایش (اندازه‌گیری شـدت جریان، درصد متان، دما، رطوبت و فشـار گاز) بـه اجرا درآیند. با توجه به مطالب گفته شـده دربـارهٔ اهمیت کیفیت گاز دفنگاه، آتشدانهایی از دیدگاه کیفیت گاز دارای شایسـتگی جمع‌آوری گاز میباشند که درصد متان در گاز خروجی آنها بیش از ۴۰% باشد.

نکتهٔ بسـیار مهم دیگری که باید در اینجا یادآور شـد، اهمیت روند تجزیه زباله ها و تولید گاز اسـت .بدیهی اسـت که آگاهی از روند حقیقی تولید گاز، نیازمند شـناخت درسـت روند تجزیـه زباله ها در شـرایط حقیقی حاکم بر دفنگاه شیراز می‌باشد. این کار از راه مطالعات میدانی بر روی سـلولهای پایلوت و ثبت دقیق شدت جریان تولید گاز بصورت پیوسته صورت می‌گیرد و در کنار آن باید اطلاعات محیطی از قبیل دما، فشار، بارش، دمای درون زباله ها، فشار گاز درون سلول دفن و ... اندازه‌گیری و ثبت شوند. پس از گذشت چند سال از روی روند تغییرات تولید گاز میتوان به روند تجزیه زباله و درنتیجه، به ضریب کینتیک تولید گاز (k) پی برد که همانگونه که دیده شـد، از اهمیت بسیار زیادی در محاسبات برخوردار است.

در این مطالعات، مشـخصات فنـی انواع موتور- ژنراتورهـای موجود در بازار جهانی که ویژهٔ بیوگاز و گاز دفنگاه طراحی و ساخته شده‌اند، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و اولویت‌بندی موتور- ژنراتورهای تجاری موجود بشرح جدول ۸ ارائه گردید:

جدول ۸ – اولویت بندی موتور ژنراتور های منتخب برای نصب در دفنگاه شیراز

هشتم	هفتم	ششم	پنجم	چهارم	سوم	دوم	اول	رتبه بندی
Aksa	Cummins	Caterpillar	Weifang	Waukesha	MAN	Deutz	Jenbacher	سازنده
ترکیه	انگلیس	آمریکا	چین	هلند-آمریکا	آلمان	آلمان	اتریش	کشور سازنده

۶. مراجع:

شرکت ورازیست- شناخت کمی و کیفی مواد زائد خانگی شـیراز ، طـرح جامع مدیریـت مواد زائد جامد شـهری و تنظیف شهر شیراز - تابستان ۱۳۸۱

شرکت ورازیست - گزارش دفن بهداشتی، مبانی فرضیات و طراحی محل دفن زباله شیراز- زمستان ۱۳۸۱

خدامرادی، محمد – گزارش طرح بیوگاز، سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شیراز- پاییز ۱۳۸۰

پژوهشـگاه نیرو، گروه انرژیهای نو- گزارش بررسی فرایند هضم بیهوازی زباله های فسادپذیر در مقیاس آزمایشگاهی- آذر ۱۳۸۱

Cossu,R. & G. Andereottola et al.- Modelling LFG Production- Landfilling of Wastes: Biogas- E & FN SPON- London- 1996

EMCON- Methane Generation and Recovery from Landfills - Ann arbor Science Publishers- 1980

Ehrig, H.J.- Prediction of Gas Production from Laboratory-Scale Tests - Landfilling of Wastes: Biogas- E & FN SPON- London- 1996

Tchobanoglous G., H. Tiesen & S.A.Vigil – Integrated Solid Waste Management – McGraw Hill International Editions- 1993

Attenborough,G.M., R.G.Gregory, D.H.Hall & L.McGoochan- Development of a Landfill Gas Risk Assesment Model: GASSIM- the Environment Agency, UK- 2002

US EPA, Landfill Methane Outreach Program(LMOP) – Turning Liability to Asset: A Landfill Gas-To-Energy Project Development Handbook – EPA 430-B-96-0004 – September 1996

Nutting, Linda – US EPA, Landfill Methane Outreach Program(LMOP) – Part 5: Evaluating Landfill Gas Potentials – Training Workshop, Sao Paulo, Brazil – June 26 , 2001

Blight, G.E., D.J. Hojem and J.M. Ball- Production of Landfill Leachate in Water-deficient Areas- Landfilling of Wastes:Leachate- E&FN SPON, 35-51- 1996

Safari, E. and C. Baronian- Modelling Temporal Variations in Leachate Quantity Generated at Kahrizak Landfill – University

SPON – 1996

Stege, G. Alex et al. – User's Manual, Mexico Landfill Gas Model, Version 1.0 – SCS Engineers – Nov. 2003

Lewis Reserch Center, Cleveland, Ohio – Elevation corrections for Absolute Pressure Measurements – www.nasatech.com/Briefs/Feb98/LEW16499.htm

Lofy, D.J. – Predicted Effectiveness of Passive and Active Gas Vent Wells - Landfilling of Wastes: Biogas- E & FN SPON- London- 1996

of Tehran- 2003

User's Manual, Landfill Gas Emissions Model, Version 2.0 – U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development – Feb. 1998

U.S.EPA – Municipal Solid Waste Landfills, Volume 1: Summary of the Requirements for the New Source Performance Standards and emisssion Guidelines for Municipal Solid Waste Landfills – February 1999

Leach, Andrew – Design of Combined Landfill Gas Abstraction Systems – Landfilling of Wastes: Biogas – E&FN

بررسی روند تغییرات کیفی شیرابه زباله وآبهای زیر زمینی مجاور محل دفن زباله شهر قزوین

سیاوش رضا زاده[۱]
زهـرا غـنوی[۲]
۱- دانشـجوی کارشناسـی ارشـد مدیریت محیط زیست و کارشـناس مسـئول آزمایشـگاه اداره کل حفاظـت محیط‌زیست قزوین
۲- کارشناس اداره کل حفاظت محیط زیست قزوین

چکیده :

با رشد جمعیت و استفاده بی رویه از منابع طبیعی و تولید فراوان محصولات زائد ،یافتن محل دفن جدید زباله در حاشیه شهرها بسیار مشکل است. دلیل اصلی مخالفت شهروندان در احداث مکان های جدید دفن زباله ،آلودگی آبهای سطحی و زیر زمینی،اثرات زیست محیطی شیرابه های زباله ها وعدم رعایت اصول و استانداردها ست که سلامتی افراد ومحیط زیست را به مخاطره می اندازد. به دلیل حرکت بسیار کند آبهای زیر زمینی ، بعد از شروع آلودگی بایستی سالها بگذرد تا تأثیرات آلودگی در چاهی ظاهر شود و روی همین اصل سالهای زیادی لازم اسـت تامنابع آبی آلوده شده بعد از اینکه منبع آلودگی حذف شد به حالت نخستین بر گردد. روزانه حدود ۳۵۰ تن زباله در شـهر قزوین تولید و در حال حاضر در محل جایگاه قدیمی در مجاورت شهرک صنعتی لیا واقع در جنوب شهر درزمینی هموار و شیب کمتر از ۳% بدون بسترسازی مناسب برروی نهشته هایی از جنس شنی و رسی به روش تلنباری با لایه ها ی پوششی ضعیف تخلیه می گردد. شیرابه زباله این جایگاه،تهدیدکننده جدی کیفیت آب های سطحی و زیرز مینی منطقه است.

براساس نتایج مطالعه آبهای زیرزمینی مجاور محل دفن زباله و کیفیت شیرابه زباله در سال ۱۳۸۱ میزان برخی از کاتیونها و آنیونهای آبهای منطقه بیش از حد استاندارد آب آشامیدنی گزارش شده است. نظر به اینکه آبهای زیر زمینی این منطقه موارد استفاده متعددی برای ساکنین منطقه وصنایع دارد ، برای جلوگیـری از آلودگی اقدام های حفاظتی ویژه یی باید به اجرا در آید. در سالهای اخیر با اعمال فشارهای نظارتی از طرف سازمانهای متولی به خصوص اداره کل حفاظت محیط زیست قزوین،وضعیت محل دفن زباله از نظر عدم تخلیه برخی پسماندهای صنعتی و پوشـش دادن نسبی زباله ها باخاک، اندکی بهتر از سالهای گذشته شده است. به منظور تعیین اثر اقدامات انجام شده، دریک سال گذشته مجددا از محل های نمونه برداری شده قبلی،نمونه برداری شیرابه و آبهای زیر زمینی انجام شـد. نتایج نشان می دهد کیفیت شیرابه کاملا دارای تغییرات مثبت وبه سمت بهبودی رفته است ومیزان برخی از پارامترهای فلزی کاهش وبرخی نیز افزایش یافته اند.

کلمـات کلیـدی: آبهای زیـر زمینـی ، زباله ، شیرابه، محل دفن

مقدمه:

کشـور ما از نظر منابع آبی در وضعیتی قراردارد که هر گونه غفلت وکوتاهی درمدیریت آب ، زیانهای غیر قابـل جبرانی را در اجرای برنامه های توسـعه کشـور به وجود خواهـد آورد . بطـور کلی کیفیت آبهای زیرزمینی ثابت تر از کیفیت آبهای سـطحی می باشـد ،ولی نشـت روان آبهای آلوده بسـته به سرعت حرکت آب ونفوذ پذیری خاک میتواندکیفیت آبهای زیرزمینی را تغییر دهد،سرعت حرکت آب در خاکهایی از جنس شنی ،سنگریزه ،دولومیت چند متر در روز است در حالیکه انتظار نمی رود سرعت آب در زمیـن هـای سـنگی و خاک رسـی از چند متر در سـال تجاوز کنـد .ازآنجایکه حرکت آبهای زیر زمینی بسیار کند اسـت ، بعد از شروع آلودگی بایسـتی سـالها بگذرد تا تأثیرات آلودگی در چاهی ظاهر گردد و روی همین اصل سـالهای زیادی لازم است تا لایه های آبدار آلوده شده بعد از اینکه منبع آلودگی حذف گردید به حالت نخسـتین بر گردد . بنابراین جهت پیشگیری از افزایش بار آلودگی منابع آبهای زیر زمینی شناسایی و کنترل منابع آلاینده و بررسی کمی وکیفی آبهای زیر زمینی ضروری است. اثرات زیسـت محیطی شـیرابه خارج شده از محل دفن زباله های شـهری ، به عنوان یک منبع آلاینده شـاخص در آلودگی آبهای سطحی و زیر زمینی در اکثر شهرهای ایران مطرح است .

شهر قزوین با طول°۵۸ و´۴۸ تا °۵۰ و´۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی°۳۶ و´۷ تا °۳۶ و´۴۸ شـمالی در حاشیه جنوبی رشـته کوههای البرز قرار دارد و جز نواحی نیمه خشک با آب و هوای مدیترانه ای است دارای میانگین حداقل دمای ۱۰/۲ و حداکثر ۲۰/۴ درجه سانتیگراد و از میانگین بارندگی ۲۲۹/۳ میلی لیتر در سال برخوردار است و جهت باد غالب منطقه از طرف شـمال غربی به جنوب شرقی است . روزانه حداقل۳۵۰تـن زبالـه خانگی و حـدود ۳ تن زباله بیمارستانی تولید می شـود که این زباله در مکانی به ابعاد ۱۳۴۰×۱۰۳۰×۷۶۰×۱۲۰۰ متر به وسعت ۱۱۱هکتـار در فاصله بیـش از ۴ کیلومتر از اولین سکونتگاه روستایی درجنوب شهر قزوین درمجاورت شـهرک صنعتی لیا بر روی نهشـته هایی از جنس شـن و رس در منطقه ای هموار با شـیبی کمتر از ۳%بدون بستر سـازی مناسب و استفاده از پوشش ابتدایـی (LINER)،پوشـش انتهایـی (FINAL COVER) مناسب تلنبار می شود. سطح ایستابی منطقه ۲۰الی ۳۰متر بوده و جهت جریان آبهای زیر زمینی در این منطقه، شـمال غرب به جنوب شرق می باشـد که بیشـترین تراز آب در شمال منطقه بـا ۱۱۸۶ متـر و کمترین آن در جنوب شـرقی آن بـا ۱۱۷۱ متر قراردارد . به دلیل واقع شـدن منابع مصرف آب در پایین دسـت محل دفن زباله با توجه به جریان آب زیر زمینی، شیرابه به عنوان یک منبع آلاینده بسیار مهم آب های زیرزمینی منطقه مطرح بوده وهست .لذا برای جلوگیری ازآلودگی اقدام های حفاظتی ویژه ای باید به اجرا در آید .

نتایج مطالعات آبهای زیر زمینی مجاور محل دفن زباله و کیفیت شیرابه زباله در سال ۱۳۸۱ نشان داد میزان برخـی ازکاتیونها و آنیونهای فلزی آبهای زیر زمینی منطقه بیش از حد اسـتاندارد برای مصارف عادی اسـت . نظر به اینکه آبهـای زیر زمینی این منطقه موارد استفاده متعددی برای ساکنین منطقه وصنایع دارد ، در سـالهای اخیر بااعمال فشـارهای نظارتی از طرف سـازمانهای متولی به خصوص اداره کل حفاظت محیط زیسـت قزویـن، وضعیت محل دفـن زباله از نظر عـدم تخلیه برخی پسـماندهای صنعتی و پوشش دادن نسبی زباله ها باخاک، اندکی

بهتر از سالهای گذشته شده است.

در ایــن مقالــه ســعی شــده بامقایســه نتایــج بررسی‌های جدید و نتایج قبلی ، ضمن پایش کیفی مجدد شیرابه وآبهای زیر زمینی منطقه تاثیر اعمال مدیریــت ، بر روند تغییرات کیفی مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد وروشها :

برای بررســی میزان فلــزات در آبهای زیرزمینی ۵منبع برداشت آب زیرزمینی در حوالی جایگاه دفن زباله که شــامل چاه عمیق و نیمــه عمیق بودند به گونه ای انتخاب شــدند که بتواند تمام منطقه مورد مطالعه را به طور تقریبی تحت پوشــش قرار دهند. ثانیــا بنابرایــن باتوجه به جهت حرکــت آبهای زیر زمینی یک چاه در بالادســت چــاه (E)و چهار چاه (DوA،B،C) در امتداد جهــت جریان و به فواصل مختلف انتخاب شــدند. برای انجام آزمون شیمیایی از ۵ چاه انتخاب شده د رظروف پلاستیکی به حجم ۵۰۰ سی سی جداگانه نمونه برداری گردید همچنین از شیرابه زباله محل دفن زباله در شرایط آب وهوایی خشــک ویک هفته بعــد از بارندگی نمونه‌برداری به عمل آمد. پس از هضم وآماده ســازی نمونه شیرابه و آماده ســازی نمونه های آب، مطابق روش کتاب Standard Methodsنمونه ها توســط دستگاه جــذب اتمی قرائــت ومیزان پارامترهــای Al- Ni - Cu- Cr- Pb Fe- Zn- Cd Mo- Mn اندازه گیری شــد وهمچنین علاوه بر این پارامترها PH,BOD,COD از جملــه فاکتورهایی بودند که در آزمون شیمیایی شیرابه زباله مورد سنجش قرار گرفتند .

پس از آنالیز نمونه ها وکســب نتایج، با مقایســه نتایــج نمونه برداریهــای جدید و قبلی بــا توجه به عملکردهای مدیریتــی و فرضیه های موجود ، روند تغییرات مشخص و تفسیرهای لازم ارایه گردید.

یافته ها:

مطالعــات وتحقیقات ژئو تکنیک محل دفن مواد زاید جامد شــهر قزوین نشــان می دهــد که خاک منطقــه مورد مطالعــه از نوع ریز دانــه با تخلخل و نفوذپذیری کم می باشــد و لایه های خاک از سطح زمیــن تا عمق هــا ی۳ الی ۶ متری از نوع رس لای دار بــوده و بعــد از آن شــن رس دار وجود دارد که بــه طور متنــاوب همین لایه ها تکرار می شــود در طرح های مطالعاتی نفوذ مواد شــیمیایی وفاضلاب، لایه رس‌لای دار به عنوان لایه غیر قابل نفوذ مطرح است.همچنین بررسی های انجام شده نشان می دهد ســطح آب زیر زمینی در کمترین عمق حدود ۱۵/۶ مترقرار گرفته است که اگر چنانچه مواد شیمیایی و فاضــلاب از لایه های غیر قابل نفوذ عبور نماید و به عمق ۱۵/۶ متری برســند می توانند موجب آلودگی آب زیــر زمینی شــوند.بنابراین آن چه اهمیت دارد عــدم عبور مواد زاید از لایه هــای غیر قابل نفوذ به لایه نفــوذ پذیر مخصوصاً در عمــق پایین تر از ۱۳ متر است .

بر اســاس نتایج بررسی های اولیه کیفیت آبهای زیر زمینی منطقه لیا (جدول شماره ۱) میزان فلزاتی چون ســرب، کادمیوم ، مولیبدن و ســدیم درهر ۵ حلقه چاه و میزان کرم در چاه D، بیش از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی(جدول شماره ۵) می باشد و نتایج بررسی های ثانویه کیفیت آبهای زیر زمینی منطقه لیا (جدول شــماره ۲) نشان می دهد میزان فلزاتــی چون ســرب و کادمیوم درهــر ۵ حلقه چاه بیش از حد مجاز اســتاندارد آب آشــامیدنی(جدول شماره ۵) می باشد.

مقایســه کیفی نتایــج نمونه بــرداری های اولیه وثانویه آبهای زیر زمینی نیز نشــان می دهد میزان

مس، روی و سـرب در آب همه چاهها افزایش یافته که بیشترین آن مربوط به سرب(تقریبا ۲ برابر) است و بقیه پارامترها از قبیل آهن، کادمیوم، نیکل، کرم، مولیبدن و آلومینیوم در آب هم هچاهها به طور قابل ملاحظای کاهش یافته اند.

تر کیبات شـیمیایی شـیرابه محل دفن زباله ها بسـیار متغیر اسـت،بنابراین انتظا ر می رود ترکیب شـیمیایی شـیرابه زباله با زمان و از محلی به محل دیگر ، درنتیجه درجه حرارات و میزان متغیر نفوذ ، تناوب قدمت ، تفاوت شـرایط زیست محیطی محل وترکیب ضایعـات تغییر یابد . نتایج آنالیز شـیرابه زباله در سـال ۸۶ ازنظر کیفی تغییرات فاحشـی را نسبت به نمونه برداری های گذشته نشان می دهد (جـدول شـماره ۳) اکثر پارامترهـا از نظر کیفی کاملا بهبود یافته اند هر چند میزان بار آلی(COD وBOD)،کرم، سـرب، آهـن و روی همچنان بالاتر از حدمجاز اسـتانداردهای محیط زیسـت به عنوان فاضلاب جهت تخلیه به چاه می باشد .

جدول ۱: نتایج اندازه گیری فلزات سنگین آبهای زیر زمینی در مجاورت مکان دفن زباله در سال ۱۳۸۱

پارامترهای اندازه گیری شده محل نمونه برداری	Cu mg/l	Zn mg/l	Fe mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l	Cd mg/l	Mo mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Al mg/l	Na mg/l	Ca mg/l
A	۰/۷۰۰	۰/۰۹۳	۰/۰۲۱	۰/۵۱	۰/۰۲۱	۰/۰۸۴	۰/۴۶	۰/۰۰۵	۰/۰۹۴	۰/۰۳	۵۸۱	۵۸
B	۰/۰۱۷	۰/۵۶۹	۰/۰۲۵	۰/۴۸	۰/۰۱۶	۰/۰۸۸	۰/۲۲	۰/۰۰۷	۰/۱۵۵	۰/۱۱	۴۶۷	۴۹
C	۰/۰۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۱	۰/۵۴	۰/۰۲۰	۰/۹۱	۰/۳۵	۰/۰۰۲	۰/۱۱۵	۰/۱۷	۵۵۸	۵۱
D	۰/۰۱۴	۰/۰۴۸	۰/۰۰۴	۰/۴۸	۰/۰۷۰	۰/۰۸۱	۰/۴۲	۰/۰۰۴	۰/۱۲۶	۰/۰۴	۵۰۹	۴۳
E	۰/۰۱۵	۰/۰۵۵	۰/۰۳۱	۰/۴۷	۰/۰۱۴	۰/۰۸۲	۰/۲۹	۰/۰۰۴	۰/۱۳۱	۰/۱۴	۵۲۵	۶۶

جدول ۲: نتایج اندازه گیری فلزات سنگین آبهای زیر زمینی در مجاورت مکان دفن زباله در سال ۱۳۸۵

پارامترهای اندازه گیری شده محل نمونه برداری	Cu mg/l	Zn mg/l	Fe mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l	Cd mg/l	Mo mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Al mg/l	Na mg/l	Ca mg/l
A	۰/۰۱۶	۰/۴۱	۰/۰۰۴	۰/۹۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱	۰/۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۵۳	۰/۰۳	-	-
B	۰/۰۲۱	۰/۳۱	۰/۰۲۸	۱	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۳۶	۰/۰۲	-	-
C	۰/۰۲۷	۰/۲۷	۰/۰۰۹	۱/۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	۰/۰۲	۰	۰/۰۰۷	۰/۰۹	-	-
D	۰/۰۲۷	۰/۲۷	۰/۰۰۵	۱	۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	-	-
E	۰/۰۱۶	۰/۲۸	۰/۰۰۴	۰/۹۶	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۷	۰	۰/۰۲۵	۰/۰۶	-	-

جدول ۳: ترکیب شیمیایی شیرابه زباله در سالهای ۱۳۸۱و ۱۳۸۶

ردیف	پارامتر	میزان اندازه گیری شده mg/l		ردیف	پارامتر	میزان اندازه گیری شده mg/l	
		۱۳۸۱	۱۳۸۶			۱۳۸۱	۱۳۸۶
۱	PH	۵/۴۶	۷/۲۸	۹	Mn	۶/۲۱۶	۰/۱۷۹
۲	BOD	۳۵۰۰۰	-	۱۰	Mo	۴/۳۴	۰/۳۷
۳	COD	۵۰۰۰۰	۲۲۵۰۰	۱۱	Cd	۳/۶	۰/۰۷۱
۴	Ca	۲۱۹۱	-	۱۲	Cr	۶۸/۳۷	۱/۰۷
۵	Na	۱۶۶۷۲	-	۱۳	Pb	۱۵۸/۷	۱/۰۲
۶	Al	۵۸/۶۶	۰/۷۳	۱۴	Fe	۲۳/۳۷	۱۳/۹۳
۷	Ni	۴/۰۵۳	۱/۲۷۵	۱۵	Zn	۳/۲۹۸	۴/۶۴۴
۸	Cu	۵/۴۶۰	۰/۵۱				

جدول ۴: میزان استاندارد کیفی تخلیه فاضلاب به چاه

PH	COD mg/l	BOD_5 mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Fe mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l	Cd mg/l	Mo mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Al mg/l	Na mg/l	Ca mg/l
۵-۹	۱۰۰	۵۰	۱	۲	۳	۱	۱	۰/۱	۰/۰۱	۱	۲	۵	-	-

جدول ۵: حداکثر مقادیر مجاز مواد شیمیایی درآب آشامیدنی

نوع ترکیب	TDS mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Al mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l	Cd mg/l	Mo mg/l	Ca mg/l	Na mg/l
حداکثر مجاز	۱۵۰۰	۰/۳	۰/۵	۰/۲	۳	۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۷	۲۵۰	۲۰۰

نتیجه گیری:

امروزه موارد بسیاری از آلودگی و تغییر کیفیت شیمیایی منابع آب زیر زمینی در مناطق صنعتی و شهرهای بزرگ مشاهده می شود آلودگی آبهای زیر زمینی معمولاً زمانی رخ می دهد که مواد انحلال‌پذیر یا غیر قابل حل ناشی از فعالیتهای انسانی و طبیعی به منابع آب زیر زمینی و یا حریم این منابع وارد شوند ، همچنین کیفیت منابع آب زیرزمینی به طور طبیعی تحت تاثیر رسوبات و سازندهای زمین شناسی نیز قرار گرفته و کیفیت متفاوتی پیدا می‌کند و از طرفی عموماً توسط دفن ضایعات تحت تاثیر قرار می گیرد . شیرابه ترکیبات دفن شده ، پخش شده یا تلنبار شده ، به عنوان آلاینده به منابع آب زیر زمینی نفوذ کرده و می‌توانند آلاینده های معدنی و آلی خود را از مکانهای انباشت به آبهای زیر زمینی انتقال دهند بنابراین توجه به انتخاب وراهبری محل دفن اصولی زباله و به تبع آن کنترل مسیر حرکت شیرابه از جمله عواملی است که می‌تواند کیفیت آبهای زیر زمینی را تحت تأثیر قرار دهد .

پســماندهای خانگــی معمــولاً شــیرابه هایی با بیشــترین BODرا تولیــد می کنند امــا ترکیبات خطرنــاک آنها از قبیل فلزات ســنگین به دلیل حل شــدن فلزات موجود در زباله ها در اثر اسیدی شدن شــیرابه ویا تخلیــه غیرمجاز برخی از پســماندهای صنعتی ویژه در محل دفن زباله کم نیســت. . نتایج آنالیز شــیرابه زباله در ســال ۸۱و ۸۶ نشان می دهد میزان پارامترها در نمونه برداری جدید ازنظر کیفی تغییرات فاحشــی را نســبت به نمونــه برداری های گذشته داشته اســت و اکثر پارامترها از نظر کیفی کاملا بهبود یافته اند هر چند میزان بار آلی(COD و(BOD،کرم، ســرب، آهــن و روی همچنان بالاتر از حدمجاز اســتانداردهای محیط زیســت به عنوان فاضلاب جهت تخلیه به چاه می باشد . دلیل کاهش میــزان پارامترهای آلاینده می توانــد علاوه برتاثیر شرایط جوی و بارندگی، پوشش دهی نسبی زباله‌ها، کاهش تخلیه پسماندهای صنعتی و اعمال مدیریت بهتر در محل دفن زباله ها باشد.

بــا توجه به مقایســه کیفی نتایــج نمونه برداری هــای اولیه وثانویــه آبهای زیر زمینــی میزان مس، روی و ســرب در آب همه چاههــا افزایش یافته که بیشــترین آن مربوط به ســرب(تقریبا ۲ برابر) است و بقیه پارامترها از قبیل آهن، کادمیوم، نیکل، کرم، مولیبدن و آلومینیوم در آب همه چاهها به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافته انــد. علت این تغییرات را می توان به صورت چند فرضیه مطرح نمود.

از آنجا که محل دفن زباله شهر قزوین در مجاورت دو شهرک صنعتی فاقد سیستم جمع آوری وتصفیه فاضلاب واقع شده است احتمال تاثیر پذیری کیفیت آبهای زیر زمینی منطقه از فاضلاب صنایع مســتقر در این شــهرکها نیزوجــود دارد. با فرض صحت این موضــوع دلیل افزایــش میزان پارامترهای ســرب ، روی ومــس می تواند به دلیل راهیابی فاضلاب های صنعتی حاوی این فلزات باشد.

کاهش میزان اغلب پارامترها نســبت به ۵ســال گذشــته می توانــد به دلیل بهبود وضعیت شــیرابه زباله محل دفن باشــد با فــرض صحت این موضوع، خودپالایــی آبهــای زیــر زمینی به کاهــش میزان پارامترها کمک کرده و یا با انتشــار پارامترها میزان غلظت آنها کاهش یافته اســت به جــز پارامترهایی که براثر فاضلابهای صنعتی به آبهای زیر زمینی راه یافته اند.

منابع و مراجع:

۱)آب و محیط زیســت ، نشــریه علمی ، فنی ، اجتماعی و فرهنگی ، آب و محیط زیست ، شماره۱۳۸۱،۵۲.

۲)آب و محیط زیســت ، نشــریه علمی ، فنی ، اجتماعی و فرهنگی ، آب و محیط زیســت . شــماره ۳۳، اردیبهشت ۱۳۷۸.

۳)صادقی،ا. ، بررســی آلودگی میکروبــی (کلی فرم)آبهای زیر زمینی استان قزوین ، اداره کل حفاظت محیط زیست استان قزوین،۱۳۷۹ .

۴)میر راضی رودسری ، ع . سیمیاری ، ف. بررسی کمی و کیفی بخش مرکزی و دشت آبی شرقی ، اداره کل حفاظت محیط زیست استان قزوین،۱۳۷۹ .

۵) حسینی ،ا،چالش ها ، رویکرد ها و آینده صنعت آب در ایران ، روابط عمومی و امور بین الملل وزارت نیرو،۱۳۸۱.

۶)اچ . اج . رومپ و اچ کریست ، ترجمه فتح اله مخبری .. روشــهای پالایش آب وفاضلاب و خاک . انتشارات دانشگاه مازندران،۱۳۷۸ .

۷)آلبود ، برج . ترجمه هاشــم و شایسته سپهر ، راهنمای آزمایشگاه میکروبیولوژی آب وفاضلاب ، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۸ .

۸)معاونت پژوهشی . جهاد دانشگاهی گیلان ،طرح بررسی کیفــی منابع آب زیــر زمینــی ، اداره کل حفاظت محیط زیست استان قزوین، ۱۳۸۱.

۹)رحیمی ، م . (ضرورت استاندارد سازی سیستم مدیریت مــواد زاید جامد شــهری) نخســتین کنفرانس توســعه و ترویج اســتاندارد موسســه اســتاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۹ .

10) Roy, W.R.Ground water contamination from municipal Iran fills in USA Adv .In Env.Sci . contamination of ground water,1994.

11) Pull ,J.L,and Daniel , David E ,Geosynthetice clay liner permeated with chemical soloution and leachates J.Geoteh and Geoevvith.Eng,1997.

Tchobanoglus , George . Theisen , Hillary .(1993) Integrated solid waste Management .McGraw- Hill.

Considering the process of a qualitative of leach water and ground water changes in near land fill of qazvin

Rezazadeh syavash ,Qanavi zahra

Abstract

With the growth population and furthest using of nautral resource and solid wasteproduction ,finding a suitable site for burying solid waste has become a real burden .The lack of new burial sites from an economical point of view ,and the reduced capacity of existing locations.will lead to a special crisis in urban areas .The main reasons for opposition to new waste burial sites are pollution of ground water , the environmental impacts of leachates and lack of special regulation and standards along with lax implementation , witch are threatening public and environmental health .

Flowing ground water is very slowly ,after the begining of pollution , sevral years must be spent until the pollution,s influences water apears in a well . for this reason after the removal of pollution source. Many years have to spend until the affected layers come back to the first condition .

Daily ,350ton waste were been produced in the town and were been disposed in near industerial park lia in the south bound Qazvin in smooth land that slop was less than 3% and using piling method on sandy & clay liners without bed covering . The leach waste this site Serious theatening in Qazvin has also polluted in the groundwater in the region .Result of study on ground water at near of land filling site and leach west quality in the year 1381 indicated that several of anions and cations in ground water reasources in studied area was more than standard limits because of ground water in studied area has several usage for industries and suburn sidents. Spesial preservative actions should be taken to prevent pollution. In the last years protect of environment of Qazvin officedid supervisory actions so that situation of land filling site become better than before ,because of westse,cover with soil and don,t open dumping of several industrial westes. Leaching water and groundwater of places of sampeling was resampled during last year.Results shows that leaching water quality had the positive changes and the difference between two sampling were meaningful and some metal parameters increase but some of them decrease.

Key words: ground water, waste, leaching water, land fill.

پروژه نظرخواهی از پیمانکاران و شهرداران مناطق در مورد عملکرد طرح جمع‌آوری مکانیزه زباله در تهران

فرزاد امیراصلانی[۱]
محمدهادی حیدرزاده[۲]
ملوک نجفی شالمائی[۳]
ساناز سرحدی[۱]

۱- کارشـناس مواد زائد جامد ستاد محیط‌زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران
۲- مشـاور شـهردار تهران تهران در امورمحیط‌زیسـت و رئیس ستاد محیط‌زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران
۳- مدیر گروه و کارشـناس کمیته مواد زائد جامد سـتاد محیط‌زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران

چکیده:

برقراری سیستم مدیریت جامع مواد زائد جامد از جمله مواردی است که برای کنترل تولید، صرفه‌جویی و مصرف مواد و نیز فرآیند جمع‌آوری و دفع زباله اهمیت زیادی دارد. سیسـتم جمع‌آوری کارآمد و بهداشـتی زائدات جامد که پاسخگوی نیازهای شهروندان باشد، هدف اصلی سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری است. به منظور بهینه‌سازی سیسـتم جمع‌آوری و حمل پسـماندهای جامد شهری، حوزهٔ معاونت خدمات شهری شـهرداری تهران به اجرای طرح مکانیزاسـیون جمع‌آوری و حمل پسماندهای جامد پرداخته اسـت. با توجه به نقش و وظایف تعیین شده در مدیریت مواد زائد جامد برای پیمانکاران و اهمیت آنها در اجرای صحیح و اصولی طرحها و برنامه‌های مدیریت شهری و با توجه به مسئولیت شـهرداری‌ها در جمع‌آوری و دفع زباله از محدوده شهرها و تأثیرگذاری آنها بر مقولهٔ مدیریت مواد زائد جامد شـهری، بررسی مشکلات، محدودیت‌ها و فرصت‌های طرح از دیدگاه پیمانکاران و شهرداران مناطق شهر تهران که مستقیماً با اجرای طرح در ارتباط می‌باشند، در جهت بهبود و ارتقای سیسـتم و رفع مشکلات و موانع طرح و ارائه راهکارهای اصلاحی از اهمیت بسیاری برخوردار خواهد بود. در این مقاله سعی شده ضمن ارائه نتایج بررسی سطح رضایتمندی مجریان از طرح جمع‌آوری مکانیزه زباله، نسبت به ارائه راهکارهای مدیریتی و اصلاحی، اقدام گردد. روش کار از طریق تکمیل پرسشـنامه مخصوص مجریان طرح (پیمانکاران) در مناطق و نواحی تحت پوشش سیستم مکانیزه و مخصوص معاونین شهرداران و معاونین خدمات شهری در نواحی مجری سیستم جمع‌آوری مکانیزه بوده که در کلیه شهرداریهای نواحی تحت پوشش این سیستم توزیع گردید. نتایج به‌دسـت آمده در این مطالعات شامل سطح رضایتمندی پیمانکاران و شهرداران مناطق از اجرای سیستم مکانیزه جمع‌آوری زباله است که به ترتیب حدود ۷۲% و ۷۰% می‌باشد و از دیدگاه آنها شهروندان در اجرای صحیح این سیسـتم همکاری نسبتاً خوبی را با شهرداری دارند. همچنین اکثر شـهرداریها خواسـتار این بودند که پیمانکار این سیستم بایستی مستقیماً از سوی شهرداری منطقه انتخاب شـده و ناظر اصلی آن نیز منطقه باشـد و همچنین بر اجرای جرائم در زمان نقص در عملکرد پیمانکار تأکیدنمودند.

کلمات کلیدی:
سیســتم جمع‌آوری مکانیزه، مــواد زائد جامد، مدیریت شهری

۱. مقدمه

مدیریت مواد زائد جامد با توجه به اهمیت توسعه پایدار در جوامع شهری امروز، یکی از علوم روز دنیا به شــمار می‌آید که در صورت به ثمر رســیدن آن می‌تــوان اثرات و صدمات مصرفی شــدن را در ابعاد مختلف تا حد قابل توجهی کاهش داد؛ چرا که مواد زائد جامد نتیجه غیر قابل اجتناب توســعه و مصرف بوده و نبود مدیریت صحیح همگام با دانش روز یکی از عوامــل مهم آلودگی‌های زیســت‌محیطی اســت. در کنــار افزایش هزینه‌های دفــع زباله، هزینه‌های جمع‌آوری آن نیز رشد یافته و بخش اعظم هزینه‌های مرتبط بــا مدیریت مواد زائد را جمــع‌آوری زائدات جامد شــهری به خود اختصاص می‌دهد. طرحهای جمع‌آوری زائدات جامد شهری بسته به نوع، ترکیب و میزان زباله تولیدی، ویژگی‌های اجتماعی،فرهنگی و اولویت‌های شهری متفاوت است. استفاده از روش مکانیزه در بحث جمع‌آوری زائدات شــهری بعنوان یک روش مدرن در ســطح جهان مطرح می‌باشد که در سیســتم جمع‌آوری مکانیزه زباله، مخازن ذخیره زباله توسط بازوهای مکانیکی قابل کنترل، بارگیری و تخلیــه شــده و زباله‌ها در داخل مخزن ماشــین فشرده می‌گردند.

بــر این اســاس، گــروه مــواد زائد جامد ســتاد محیط‌زیســت و توســعه پایــدار شــهرداری تهران مبادرت به ارزیابی ســطح رضایتمندی از شهروندان در مناطــق پایلوت در فــاز اول و مجریــان طرح و شهرداران مناطق در فاز دوم (با بهره‌برداری از فاز ۱) در مورد اجرای طرح جمع‌آوری مکانیزه زباله نمود. در مجموع با تهیه ۳ پرسشنامه آغاز و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که در ذیل به تشریح فاز ۲ این پروژه می‌پردازیم.

۲. مواد و روش‌ها

بعــد از برعهــده گرفتــن "پروژه ارزیابی ســطح رضایتمندی شــهرداران و مجریــان طرح در مناطق از اجرای سیســتم جمع‌آوری زباله بصورت مکانیزه" توسط ستاد محیط‌زیست و توسعهٔ پایدار شهرداری تهران این پروژه بعنوان یک پروژه مهم اســاس کار کمیته مواد زائد جامــد قرار گرفت. جهت ارزیابی و بررســی دقیق این پروژه کمیتــه تصمیم به تهیه و توزیع ۲ نوع فرم با عناوین، فرم شماره ۲: مخصوص پیمانکاران و مجریان طرح در مناطق و نواحی تحت پوشــش سیستم مکانیزه، فرم شــماره ۳: مخصوص معاونین شهرداران و معاونین محترم خدمات شهری در نواحی مجری سیســتم جمع‌آوری مکانیزه نمود. بعد از تهیه فرمهای مذکور فرم شــمارهٔ ۲ و ۳ تکثیر شــده و در کلیه شــهرداریهای نواحی تحت پوشش این سیستم توزیع گشت.

شکل۱: روند انجام پروژهٔ در فاز ۲

بعد از جمع‌آوری جوابیه فرمها، اطلاعات بدســت آمده آنالیز گردید و نتایج زیر بدست آمد. همچنین

در شکل شمارهٔ ۱ روند کامل انجام این پروژه نشان داده شده است.

۳. فرم شمارهٔ ۲ (پیمانکاران و مجریان طرح)

از آنجایی که عمده فعالیت‌های چرخه پسماند (به غیر از فعالیت‌های ستادی و ...) توسط پیمانکاران انجام می‌شود، لذا نقش پیمانکاران در انجام فعالیت‌های مربوط به مدیریت مواد زائد جامد نقش تعیین‌کننده است و در این خصوص لازم است فعالیت‌هایی چون نحوه انتخاب پیمانکاران، نظارت و کنترل بر پیمانکاران و نحوه پرداخت‌های مالی پیمانکاران و ... به دقت بررسی شود. فعالیت‌های مهم چرخه مدیریت زباله و نحوه اجرای آن توسط پیمانکاران به شرح زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری زباله
- تأمین نیرو و نگهداری ایستگاه‌های خدمات شهری(مواردی مثل نگهداری تأسیسات، نظافت و تأمین لباس کارگران و ... به عهده پیمانکار است)
- حمل و انتقال زباله به مرکز دفن(ممکن است یک یا چند پیمانکار در سطح چند ایستگاه فعالیت کند)
- دفن(بر اساس تناژ تأیید شده واحد آمار به پیمانکار حق‌الزحمه پرداخت می‌گردد)
- حفر ترانشه
- تولید کمپوست (تأمین بخشی از نیرو توسط پیمانکار انجام می‌گیرد و در ضمن عملیات جداسازی نیز توسط پیمانکار در کارخانه انجام می‌شود.

در فرم شماره ۲ ابتدا مشخصات فردی پیمانکاران شامل تحصیلات، نام شرکت پیمانکار، سمت، مسئولیت، منطقه و ناحیه فعالیت، سابقه فعالیت در اجرای طرح مکانیزه و سابقه پیمانکاری مورد سؤال قرار گرفت. مابقی سوالات را به طور کلی می‌توان به ۶ دستهٔ اصلی تقسیم‌بندی کرد، که عبارتند از:

- آموزش و اطلاع‌رسانی
- ماشین‌آلات
- مخازن و رضایتمندی از آنها
- نحوهٔ جمع‌آوری زباله
- نظرسنجی
- بیان مزایا و معایب این سیستم از دیدگاه پیمانکاران

۴. نتایج بدست آمده از آنالیز و تحلیل فرم شماره ۲

۱،۴.آموزش و اطلاع‌رسانی

در مورد میزان آموزش شهروندان توسط مجریان طرح، طبق بیان ۴۴% پیمانکاران مناطق، از سوی شهرداری و یا خود پیمانکار منطقه هیچ نوع آموزشی بواسطه پخش بروشور و یا اعزام آموزشگران به درب منازل و آموزشی قبل از اجرای این سیستم جهت معرفی طرح در مناطق صورت نگرفته ولی در حین اجرای طرح و بعد از نصب مخازن در برخی از خیابانها و میادین اصلی مناطق اقدام به نصب پلاکارد و ارائه بولتن جهت معرفی این طرح نموده‌اند.

همچنین اطلاع و آگاهی پیمانکار در مورد سیستم جمع‌آوری مکانیزه زباله و نحوه صحیح اجرای آن مورد ارزیابی قرار گرفت. بنابر نظر ۸۳% پیمانکاران، اطلاعات و آگاهی کافی را در مورد این سیستم و نحوهٔ اجرای آن داشته‌اند. و ۴% از آنها معتقد بودند که نسبت به این سیستم آگاهی کمی داشته و از سوی مقام بالادستی خود به هیچ عنوان آموزش ندیده‌اند. با بیان این مطلب می‌توان نتیجه گرفت آگاهی کم پیمانکار نسبت به اجرای طرحها علاوه بر عدم اجرای صحیح و اصولی طرح موجب: ایجاد ضرر اقتصادی، از بین رفتن منابع، استهلاک

زود هنـگام تجهیزات و ابزارآلات، عدم حصول نتایج مورد انتظار، نارضایتی شهروندان، کارفرما و نیروهای فعال در اجرا طرح می‌شود.

۲,۴. ماشین‌آلات

این دسته از سـوالات پرسشنامه که درخصوص متناسب بودن تجهیزات و ماشین‌آلات مورد استفاده در سیسـتم جمع‌آوری مکانیزه زباله از نظر ساختار و تعداد می‌باشد.

۱,۲,۴. برآورد ساختاری ماشین‌آلات

برطبق نظر نیمی از پیمانکاران مناطق، ماشینهای جمـع‌آوری زباله در منطقهٔ تحت فعالیت آنها از نظر سـاختار متناسـب بوده و موارد ایمنی کارگر، نحوهٔ بارگیری صحیح زباله، جاسازی زباله‌های جمع‌آوری شـده و عدم آلودگی محیط‌زیسـت در ساخت آنها لحاظ شـده اسـت. امـا نزدیـک بـه ۱۵% از افراد مـورد مصاحبه معتقد به متناسـب نبودن سـاختار ماشین‌آلات مورد استفاده در این طرح بودند و علت این امر از دید آنها عبارتند از:

- عدم تجهیز و رعایت مسائل ایمنی برای کارگران در حال بارگیری
- عـدم بارگیری صحیـح و تخلیهٔ کامـل مخازن توسط ماشینها
- ایجاد ترافیک در زمان بارگیری
- تولیـد سـروصدا زیـاد در این ماشـینها هنگام بارگیری مخازن
- ریزش باقیمانـده زباله از زیر ماشـینها و کثیف کردن معابر
- ریزش شـیرابه زباله بارگیری شـده از قسـمت انتهای ماشین
- عدم عبور این ماشینها از معابر و کوچه‌های تنگ این منطقه

۲,۲,۴. برآورد تعداد ماشین‌آلات

بـه عقیـده حـدود ۵۰% از پیمانـکاران تعداد ماشـینهای جمـع‌آوری زبالـه بـا وسـعت منطقه متناسب می‌باشـد. همچنین ۳۸% از افراد مصاحبه شونده تعداد ماشـینها را با وسعت منطقه متناسب نمی‌دانند.

۳,۴. مخازن و رضایتمندی از آنها

همانطور که پیمانکار مسئول اجرای این سیستم در سـطح منطقه است شـهرداری و سازمان بعنوان کارفرما مسئول کنترل و نظارت بر عملکرد پیمانکار می‌باشد تا دستورالعملهای داده شده بر طبق ضوابط مندرج در قراردادها اجرا گردد.

عـلاوه بـر نظـارت بـر نحـوهٔ عملکردپیمانکار، شـهرداریها باید بر نحوهٔ اجـرای مدیریت مواد زائد جامد در منطقه تحت فعالیت خود نیز اشراف کافی داشته باشند، یکی از ارکان مدیریت مواد زائد جامد توجه به بخش ذخیره‌سـازی زبالـه در محل تولید اسـت، در این سیسـتم ذخیرهٔ زباله توسط مخازن پلاسـتیکی و یا فلزی نصب شـده در سطح خیابانها و معابر صورت می‌گیرد که شـهرداری موظف است بر عملکـرد پیمانکار به ویـژه در زمینه نگهداری و تعویض مخازن مخروبه، نظارت نماید.

در این قسمت به بررسی جانمایی صحیح مخازن، حجم آنها، جنس مخازن، شستشـوی مرتب مخازن توسط پیمانکار و مدیریت نگهداری از مخازن توسط سازمان پرداخته می‌شود.

بر طبق نظرسنجی صورت گرفته نزدیک به ۴۲% از مجریـان سیسـتم در مناطق تهـران جایگذاری مخـازن را متناسـب با منطقـه و برپایـه مطالعات صورت گرفته در این زمینـه می‌دانند. حدود ۲۲% از پیمانـکاران نیز جایگذاری مخازن را متناسـب با

وسعت منطقه نمی‌دانند.

در مورد تناسب حجم مخازن با زباله‌های تولیدی منطقه، نزدیک به ۲۷% از کل جمعیت مورد مصاحبه حجم مخازن را نسبت به زباله ذخیره شده در سطح منطقه مناسب نمی‌دانند. همچنین نزدیک ۲۱% حجم مخازن نصب شده را نسبت به زباله تولیدی کافی می‌دانستند.

با توجه به اینکه مخازن مورد استفاده در این سیستم از دو جنس فلزی و پلاستیکی می‌باشد، به اعتقاد ۵۵% از مجریان طرح جنس مخازن پلاستیکی ارجحتر از مخازن فلزی است و ۳۶% نیز مخازن فلزی را. و همچنین ۹% از آنها هر دو جنس عنوان شده را مناسب برای زباله‌های منطقه نمی‌دانند. و سایر جنسها را برای ساخت مخازن پیشنهاد دادند از جمله آلومینیومی را به دلیل وزن کم، آهن سبک با درب پلاستیک، ترکیبی از فلز و پلاستیک، استیل به دلیل ضد آب بودن و قابلیت شستشو، کائوچو به دلیل شستشو راحت، سبکی وزن و ثابت بودن رنگ، پیشنهاد دادند.

عمده‌ترین دلائل مطرح شده در انتخاب مخازن پلاستیکی عبارتند از:

۱- سبکی وزن و دیرتر دچار فرسایش می شود، ۲- انعطاف پذیری، زیبایی و درب دار بودن، ۳- جابجایی راحت تر، ۴- قابلیت شستشو، ۵- عدم سروصدا و از نوع نشکن و نسوز، ۶- راحتی در حمل و نقل، ۷- مقاومت در برابر شرایط محیطی، ۸- وزن کمتر و جابجایی راحت و عدم زنگ زدگی، و عمدترین دلائل مطرح شده در انتخاب مخازن فلزی عبارتند از: ۱- مقاوم در برابر ضربه و آتش سوزی، ۲- دوام و عمر زیاد، استحکام بالا، ۳- غیر قابل سرقت بودن مخازن فلزی، ۴- بهداشتی و قابلیت رنگ‌پذیری

۱۰۰% پیمانکاران مناطق معتقد بودند که مخازن نصب شده در سطح محدودهٔ آنها توسط کارگران تحت نظارت پیمانکار شسته می‌شود. حال این نکته مهم است که بدانیم بطور کلی مخازن در هفته چند بار شسته می‌شود که در جدول زیر پاسخ به این سؤال نشان داده شده است.

جدول۱ : نظر پیمانکاران در مورد تعداد دفعات شستشوی مخازن در سطح منطقه بر حسب درصد

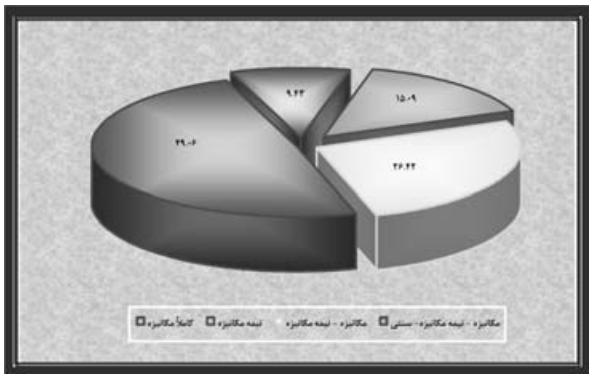
هر روز	۳ روز در هفته	۲ روز در هفته	هفته‌ای یک بار	هر ۱۰ روز یک بار	بدون اطلاع
۴۵,۲۸	۱۶,۹۸	۱۳,۲۱	۹,۴۳	۱,۸۹	۱۳,۲۱

در بررسی میزان رضایت پیمانکاران مناطق از جایگذاری مخازن، ۷% از آنها معتقد بودند که جایگذاری مخازن در سطح منطقه متناسب نبوده و این عدم جایگذاری صحیح مشکلات خاصی را ایجاد نموده است که ازجمله آنها، عدم استفاده شهروندان از مخازن جهت ریختن زباله‌های خود و همچنین عدم تناسب حجم مخازن با مقدار زباله تولیدی در منطقه می‌باشد.

آخرین سؤال پرسیده شده در رابطه با مخازن، در زمینه مدیریت نگهداری از مخازن توسط شهرداری است که طبق نظر حدود ۴۹% از پیمانکاران، متأسفانه مدیریت به طور مرتب صورت نمی‌گیرد.

۴،۴. نحوه جمع‌آوری زباله

با توجه به استقرار سیستم جمع‌آوری مکانیزه زباله در کل نواحی ۱۲۲ گانهٔ شهر تهران، براساس نظرسنجی انجام شده از پیمانکاران و مجریان این سیستم در تمامی مناطق، نزدیک به ۵۰% از افراد



شکل ۲ شیوهٔ جمع‌آوری زباله در حال‌حاضردر سطح منطقه تحت فعالیت پیمانکاران

مورد مصاحبه معتقد بودند که در حال‌حاضر سیستم جمع‌آوری زباله در مناطق تحت فعالیت آنها به سه صورت مکانیزه، نیمه مکانیزه و سنتی می‌باشد که در نمودار زیر آمده است.

از مهمترین دلایل عدم استقرار کامل سیستم جمع‌آوری مکانیزه زباله در کلیهٔ مناطق شهر تهران می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: ۱- بافت قدیمی و فرسوده و معماری سنتی برخی از مناطق شهر تهران، ۲- تراکم جمعیت بالا در برخی از نواحی مناطق، ۳- داشتن معماری شهری مناسب در طراحی صحیح خیابانها، کوچه‌ها و معابر، ۴- شیب‌دار بودن خیابانها در برخی از نواحی مناطق مانع از نصب مخازن و بارگیری آنها می‌گردد، ۵- عدم مطالعات در مورد مسیریابی مناسب جهت جمع‌آوری و انتقال زباله به ایستگاههای جمع‌آوری و یا مراکز دفن، ۶- نبودن تنوع و کامل بودن در ابزار و تجهیزات سیستم جمع‌آوری مکانیزه زباله.

شیوه جمع‌آوری زباله در منطقه قبل از اجرای این سیستم سؤال دیگری بود که از پیمانکاران در مورد نحوه جمع‌آوری پرسیده شد. برطبق نظرسنجی انجام شده در این زمنیه در بیشتر مناطق تهران سیستم جمع‌آوری زباله بصورت نیمه‌مکانیزه و سنتی بوده است.

یکی از طرحهای مهم که همراه سیستم مکانیزه توسط سازمان بازیافت و تبدیل مواد در حال اجرا است، طرح تفکیک از مبدأ می‌باشد. طبق نظر ۶۳% از پیمانکاران مناطق، طرح مذکور در منطقه تحت فعالیت آنها در حال اجرا می‌باشد. و حدود ۵۱% از پیمانکاران عنوان نمودند که طرح تفکیک از مبدأ قبل از استقرار سیستم جمع‌آوری مکانیزه زباله اجرا نمی‌شد. با این حال هنوز فرهنگ جداسازی زباله در بین شهروندان وجود ندارد. که نیاز به آموزش و فرهنگسازی از سوی مسئولین امر دارد.

برطبق نظر سنجی انجام شده از پیمانکاران، ۳۷% از مناطق اعلام داشتند که باوجود استقرار سیستم جمع‌آوری مکانیزه زباله در کلیهٔ مناطق، شهروندان این مناطق زباله‌های تولیدی خود را هنوز در داخل کیسهٔ زباله و در جلوی درب منازل خود قرار می‌نهند. و تنها ۲۳% از شهروندان از مخازن نصب شده جهت دفع زباله‌های خود استفاده می‌کنند. با بررسی این اطلاعات می‌توان به این نتیجه رسید که با وجود استقرار طرح بمدت تقریباً دو سال در کل شهر تهران بعلت عدم فرهنگ‌سازی از سوی مجریان سیستم و شهرداریهای مناطق در بین شهروندان و عدم آموزش به آنها یکی از اهداف طرح که همان صرفه‌جویی در زمان جمع‌آوری زباله می‌باشد در حال‌حاضر تحقق نیافته و همین امر باعث گرایش

بیشـتر پیمانـکاران به سـوی سیسـتم جمع‌آوری نیمه‌مکانیزه زباله است.

۵،۴. نظرات پیمانکاران از جوانب مختلف طرح

طبـق نظر ۳۸% از پیمانـکاران، میزان همکاری واحدهای مسـکونی در قرار دادن زباله در سـاعات مقرر بسـیار کم می‌باشـد و ۲۸% از پیمانکاران نیز همکاری واحدهای صنفی، اداری و تجاری را بسـیار کم عنوان نمودند.

برطبق بیان ۳۸% از پیمانکاران، شهرداری تهران تاحدی نسـبت به اجرای صحیح این سیستم موفق بوده و ۶% از آنها پیمانکاران معتقد بودند که موفقیت شـهرداری در اجرای این طرح بسیار کم بوده است. مهمترین دلایل موفقیت نسبی شهرداری نسبت به اجرای سیستم جمع‌اوری مکانیزه عبارتند از:

۱- عـدم مطالعات و تحقیقـات موثر و کاربردی در این زمینه، ۲- عدم آموزش به شـهروندان جهت زمینه‌سـازی قبل از اسـتقرار این سیستم، ۳- عدم توجـه به امر آموزش بـه شـهرداران، پیمانکاران و کارگران مشـغول بکار قبل از استقرار این سیستم، ۴- عدم توجـه به خصوصیات بافت شـهری برخی از مناطق تهران، ۵- عـدم توجه به تراکم جمعیتی و موقعیـت مکانی برخی از مناطـق تهران، ۶- عدم استفاده از تجهیزات و ماشین‌آلات کارا و موثر جهت جمع‌آوری زباله و ...

به بیان اکثر پیمانکاران تنها ۳۲% از شـهروندان جهت دفـع زباله‌های تولیدی منازل، اماکن تجاری، آموزشـی و اداری از مخازن نصب شـده اسـتفاده می‌کنند. دلایل عدم اسـتفاده شهروندان از مخازن برطبق نظرسنجی انجام شده در این زمینه می‌توان بشرح ذیل عنوان نمود:

۱- تعـداد کم مخازن نصب شـده در محلی که حجـم زباله‌های آن منطقه از حجم مخازن بیشـتر است، ۲- قرار دادن مخازن فقط در سرکوچه‌ها و عدم توزیع آن در داخل کوچه، ۳- عدم رعایت فاصله بین مخازن نصب شـده (تراکم بالای مخازن و یا فواصل طولانی بین آنها)، ۴- آسیب پذیری، تخریب، کافی نبودن حجم، بوی تعفن، عـدم جایگذاری صحیح ، کثیف بودن مخازن، ۵- عدم دسترسی آسان مخازن برای برخی از شهروندان و ساکنین مناطق بعلت دور بودن مخازن از آنها

۵. فـرم شـمارهٔ ۳ (شـهرداران و معاونیـن خدمات شهری)

در ایران دیرزمانی است که شهرداری‌ها مسئولیت جمع‌آوری و دفع زباله از محدوده شهرها را بر عهده دارند. در نتیجه همواره شهرداری‌ها یکی از مهم‌ترین نهادهای تأثیرگذار بر مقولهٔ مدیریت مواد زائد جامد شـهری بوده و می‌باشـند و در این مدت، این کار یا به‌طور مستقیم به وسیله شـهرداری‌ها برنامه‌ریزی، مدیریـت و به انجام رسـیده اسـت یـا به‌طور غیر مستقیم و از طریق یک سازمان وابسته به شهرداری انجام گرفته است.

در فرم شماره ۳ ابتدا مشخصات فردی شهرداران نواحی شـامل تحصیلات، سـمت، مسئولیت، سابقه فعالیت در اجرای طرح مکانیزه و سـابقه فعالیت در شـهرداری مورد سـؤال قرار گرفت. مابقی سوالات همانند فرم شماره ۲ می‌باشد.

۱،۵. آموزش و اطلاع رسانی

برطبق بیان حدود ۳۴% از شهرداران و معاونین خدمات شـهری مناطق، از سـوی شـهرداری و یا پیمانکاران منطقه هیچ نوع آموزشی در جلوی درب منازل بواسطه پخش بروشور و آموزش چهره به چهره و آموزش قبل از اجرای این سیسـتم جهت معرفی طرح، صورت نگرفته است، ولی در حین اجرای طرح

و بعد از نصب مخازن در برخی از خیابانها و میادین اصلی مناطق اقدام بـه نصب پلاکارد و بولتن جهت معرفی این طرح نموده‌اند.

۲,۵. ماشین‌آلات

این دسته از سـوالات پرسشنامه که درخصوص تجهیزات و ماشـین‌آلات مورد اسـتفاده در سیستم جمع‌آوری مکانیزه زباله می‌باشـد دارای ۲ دسـته سـوال اصلی اسـت که عبارتند از: متناسـب بودن ماشینهای جمع‌آوری زباله از نظر ساختار و متناسب بودن تعداد ماشین‌آلات که هر کدام به طور جداگانه مورد بحث قرار می‌گیرد.

خودروهایـی‌کـه بـرای سیسـتم جمـع‌آوری مکانیـزه خریـداری شـده‌اند شـامل ۴ دسـته می‌باشند:

۱- جدول شوی
۲- واترجت و واتر پلاست
۳- خودروهای رفت و روب
۴- خودروهای جمع‌آوری کننده زباله

۱,۲,۵. برآورد ساختاری ماشین‌آلات

برطبق نظر ۴۵% از شهرداران و معاونین خدمات شهری مناطق، ماشینهای جمع‌آوری زباله در منطقهٔ تحـت نظارت آنها از نظر سـاختار متناسـب بوده و بـدون هیچ گونه نقـص از نظر عملکرد می‌باشـند. و نزدیک بـه ۴% از افراد مـورد مصاحبه معتقد به متناسب نبودن سـاختار ماشین‌آلات مورد استفاده در این طرح بودند.

۲,۲,۵. برآورد تعداد ماشین‌آلات

به عقیدهٔ ۳۴% از شـهرداران و معاونین خدمات شهری تعداد ماشـینهای جمع‌آوری زباله با وسعت منطقه متناسب می‌باشد.

۳,۵. نحوه جمع‌آوری زباله

در زمینه نحوه جمع‌آوری زباله در مناطق، ۹۵% از شهرداران اظهار داشـتند که سیستم جمع‌آوری مکانیزه درحال‌حاضر در منطقهٔ آنها اسـتقرار یافته اسـت. در مورد شیوه جمع‌آوری زباله قبل از اجرای طـرح در منطقه تحـت فعالیت کنونـی، نزدیک به ۴۷% مکانیـزه، نیمـه مکانیزه و سـنتی را عنوان و نزدیک به ۴۴% روش سـنتی را قبل از اجرای طرح مکانیزه عنوان نمودند.

با وجود اینکه در حال حاضر هنوز به جمع‌آوری دسـتی مواد زائد شـهری وابسـتگی وجـود دارد و به عنـوان یک اصـل قانونی بـرای شـهرداریها به شـمار می‌رود، دلایلی برای مکانیزه کردن سیستم جمع‌آوری وجود دارد از جمله:

۱- کاهش نیاز به کارگر، ۲- کاستن تعداد وسایل مورد نیاز برای انجام جمع‌آوری، ۳- کاستن آسیبهای بالقوه ناشـی از فرسودگی و بلند کردن کارگران، ۴- کاهش ریخت و پاش و بدمنظرگی محیط خارج.

در مورد شـیوه جمع‌آوری زبالـه در حال حاضر در مناطـق شـهر تهران، ۵۰% معتقـد بودند روش مکانیزه، نیمه مکانیزه و سنتی در حال انجام است و حدود ۱۵% به کاملاً مکانیزه اشاره داشتند.

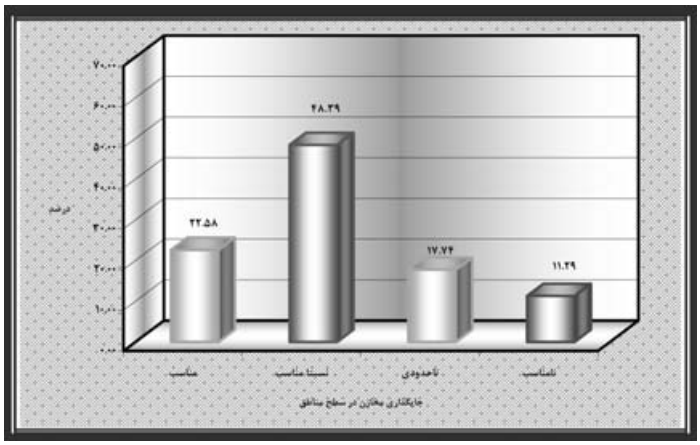
حـدود ۶۶% از افـراد معتقـد بودنـد که طرح تفکیک از مبدأ زائدات جامد قبل از اجرای سیسـتم جمع‌آوری مکانیزه زباله، در منطقه آنها انجام گرفته است.

در زمینه میزان همکاری و استقبال شهروندان از اجرای سیسـتم جمع‌آوری مکانیزه زباله، باتوجه به اطلاعات گردآوری شـده در این زمینه اکثر مناطق معتقد بودند که تنها حدود ۲۹% شـهروندان جهت دفع زباله‌های تولید شـده، کیسهٔ زباله را در مخازن قرار می‌دهند.

۵،۴.مخازن و رضایتمندی از آنها

در این قسمت نیز همانند فرم شماره ۲ به بررسی جانمایی صحیـح مخازن، حجم آنها، جنس مخازن، شستشـوی مرتب مخازن توسط پیمانکار و مدیریت نگهداری از مخازن توسط شهرداری منطقه پرداخته می‌شود.

جانمائی مخازن در شکل زیر ترسیم شده است.



شکل ۳. نظرات شهرداریهای مناطق در مورد انجام جانمایی صحیح مخازن

براساس نظر سنجی انجام شده در رابطه با تعداد مخازن، بـه اعتقـاد ۶۸% از شـهرداریهای مناطق مخازن نصب شده در سطح منطقهٔ تحت نظارت آنها کافی نمی‌باشد.

حجم مخازن باید براساس تراکم جمعیت ساکن، نـوع بافت منطقـه (مسـکونی، تجـاری، خدماتی، بهداشـتی درمانی و آموزشـی)، وسـعت منطقه و حجـم زباله تولیـدی تعریف گردد، یکـی از نواقص این طـرح عدم مطالعات و تحقیقـات کافی در این زمینه می‌باشـد و همین امر باعث تجمع مخازن در مکانهایی شده است که حجم زباله تولیدی کم است و یـا نبود مخزن کافی در منطقه‌ای که حجم بالایی از زباله در آنجا تولید می‌شـود. در حقیقت متناسب نبـودن حجم مخازن با حجـم زبالهٔ تولیدی یکی از معایب بزرگ در این سیستم می‌باشد. بر این اساس ۳۷% از افراد مورد مصاحبه در شـهرداریهای تهران حجم مخازن نصب شـده را با حجـم زبالهٔ دریافتی متناسب نمی‌دانند.

در زمینه جنس مخازن ۲۳% از شهرداران مناطق شـهر تهران جنس آنها را متناسـب با نوع زباله‌های تولیدی نمی‌دانند.

امر شستشـوی مخازن ثابت کـه دریافت کننده انواع زباله‌ها (تر و خشک) می‌باشد، بسیار مهم است. مخازن نصب شـده پلاسـتیکی به علـت، درب دار بـودن و عدم تهویهٔ هوا در داخل آنها، بوی نامطبوع و مشـمئزکننده‌ای می‌گیرنـد. این بو به قدری آزار دهنده اسـت کـه معمولاً، شـهروندان زباله‌ها را در اطراف مخازن گذاشـته و تمایلـی به تماس با درب و بلند کردن آن و استشـمام بـوی نامطبوع ندارند. ۹۸% شـهرداران عنوان می‌کردند که مخازن شسته می‌شـود ولی مأمورین به برخی موارد در شستشوی مخازن دقت نمی‌کنند. از جمله:

- مأمورین شـهرداری برای شستشوی مخزن فقط دور مخـزن را می‌شـویند و درون آن شسـته نمی‌شود.
- گاهی آبی که با آن مخازن و درون آنرا می‌شویند در خیابـان و معابر و یـا در درون جویها ریخته

می‌شود.

- شستشوی مخازن نصب شده در معابر و خیابانهای اصلی در ساعات اوج رفت و آمد، تولید ترافیک می‌کند.

در نظر خواهی انجام شده جهت تعیین جنس مخزن پیشنهادی از شهرداران، درصد جنس پیشنهادی فلزی و پلاستیکی بطور یکسان می‌باشد، یعنی ۴۲% از افراد مورد پرسش مخازن پلاستیکی و ۴۲% دیگر مخازنی از جنس فلزی را پیشنهاد داده‌اند، حدود ۱۷% از شهرداران سایر مواد را در ساخت مخازن مناسبتر می‌دانند. در مورد علل انتخاب مخازن فلزی و پلاستیکی از دیدگاه شهرداران همان دلایل عنوان شده پیمانکاران از جنس مخازن می‌باشد.

۵،۵. نظرات شهرداران از جوانب مختلف طرح

نظارت منطقه بر عملکرد پیمانکار در سیستم تعریف شدهٔ جمع‌آوری در منطقه امر مهمی است که مورد پرسش واقع شده است. حدود ۵۶% از شهرداران مناطق نظارت منطقهٔ خود را بر عمکلرد پیمانکار بسیار کم دانسته و تنها حدود ۱۱/۵% از مناطق بازرسی و مدیریت دقیق بر عملکرد پیمانکار منطقهٔ خود دارند و دلایل این امر عبارتند از:

- سازمان خدمات موتوری مسئول و تعیین کنندهٔ پیمانکار در مناطق است و باید ناظر بر عملکرد آنها باشد.
- شیوهٔ مشخص و تعریف شده‌ای برای اجرای این سیستم به مناطق ارجاع نشده است.
- مشخص نبودن حدود وظایف

در زمینه رضایت از عملکرد پیمانکار، تنها حدود ۱۶% از شهرداران مناطق از عملکرد پیمانکار منطقه تحت فعالیتشان راضی بودند.

بر طبق نظر شهرداران مناطق در مورد میزان همکاری اماکن مسکونی در قرار دادن زباله در ساعات مقرر، تنها حدود ۱۴/۵% از شهروندان در این زمینه همکاری خوبی دارند.

طبق یک فرضیه غلط در بین شهروندان، بعلت وجود مخازن ثابت خیابانی جهت جمع‌آوری مکانیزه زباله تولید شده و دفع شده توسط واحدهای مسکونی، تجاری، اداری، آموزشی و سایر اصناف، می‌توانند در هر ساعت از شبانه‌روز زباله را از محل تولید خارج نموده و به این مخازن انتقال دهند. در صورتیکه این تفکر کاملاً غلط بوده و خود این امر باعث بروز مشکلاتی در زمینه جمع‌آوری زباله می‌شود که اهم این معضلات شامل موارد زیر می‌شود:

- مراجعهٔ ماشینهای مخصوص جمع‌آوری زباله در محل و بارگیری ناقص زباله‌های تولیدی آن محدوده
- تعدد در مراجعه ماشینهای مخصوص جمع‌آوری زباله به محل
- بالا رفتن هزینهٔ جمع‌آوری زباله
- درصورت عدم مراجعهٔ مجدد این ماشینها در اثر تلنبار زباله‌های جدید در داخل مخازن ایجاد بوی آزار دهنده و جلب جانوران موذی به محل نصب مخازن می‌شود.
- مانع شستشوی مخازن در هنگام مراجعهٔ ماشینهای مخصوص این کار در محل می‌شود. وجود زباله در داخل مخازن باعث اغتشاش در چهره شهر می‌شود.
- در صورت تعدد مراجعه ماشینها فان به محل بارگیری ایجاد ترافیک در محل می‌شود.
- در ساعت دفع زباله مخازن پر می‌باشد و شهروندان مجبورند زباله‌های خود را درکنار مخازن قرار دهند.

براساس نظر ۳۵/۵% از شهرداران و معاونین خدمات شهری در نظرسنجی انجام شده، میزان

موفقیت شـهرداری در اجرای این سیستم زیاد بوده اما در مجموع ۶۲% از آنها میزان موفقیت شهرداری تهران را در اجرای صحیح و اصولی سیستم جمع‌آوری مکانیزه زباله تاحدی موفقیت‌آمیز می‌دانند.

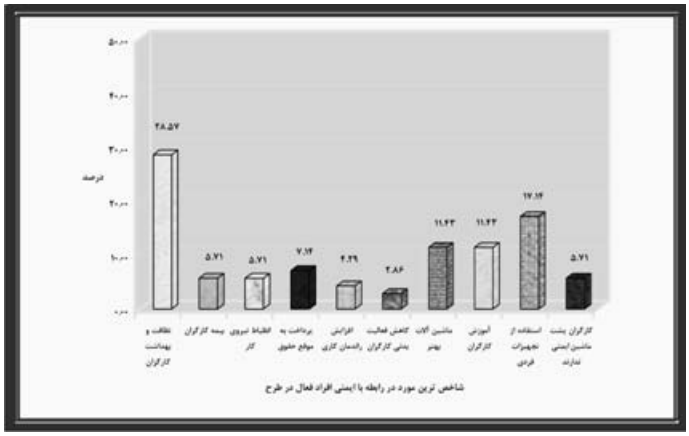
بعد از گذشـت تقریباً دو سـال از اسـتقرار این سیستم در شهر تهران بیشترین درصد از شهرداریها اعتقاد به جمع‌آوری زباله بصورت تلفیقی از سیستم جدید و سیسـتمهای گذشته دارند و بهترین گزینه برای جمع‌آوری زبالـه در مناطق تحت نظارت خود را سیسـتمهای تلفیقی از سـنتی، مکانیـزه و نیمه مکانیـزه می‌دانند. البتـه می‌تـوان مهمترین علل انتخاب این گزینه توسط شـهرداریها را این موارد دانسـت: ۱) تراکم جمعیت متفاوت در مناطق، ۲) مشـکلات خاص معماری و شهر سازی شهر تهران، ۳) خیابانهـا و معابر تنـگ در برخی از مناطق، ۴) میزان پذیرش سیستمهای جدید توسط شهروندان مناطق ۵) موفقیت در امر فرهنگ‌سـازی از سـوی شـهرداریها جهـت تغییـرات موجود در سیسـتم جدیـد

براسـاس نظرسـنجی صورت گرفتـه مهمترین مـوارد ذکر شـده از سـوی شـهرداران و معاونین خدمـات شـهری در رابطه بـا بهداشـت و ایمنی کارگران به ترتیب الویت بشـرح زیر می‌باشـد:

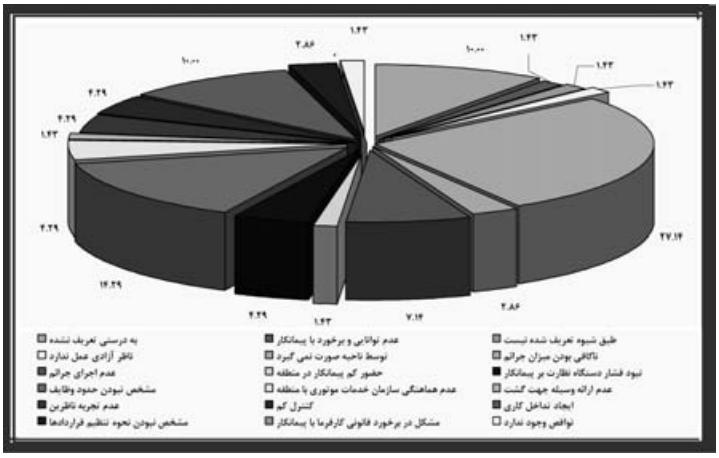
توجه به زمان جمع‌آوری زباله از سوی پیمانکار و شهرداری بسـیار اهمیت دارد بطوریکه در فصل تابستان با گرم شدن هوا حتماً این کار قبل از ظهر صورت گیرد تا با مشـکلاتی مانند: تجمع مگس در اطراف مخازن، بو گرفتن زباله و ... مواجه نشـویم. بـر طبق نظرسـنجی صورت گرفتـه نزدیک ۷۸% از شـهرداران زمان جمـع آوری زباله در مناطق را مناسـب و بقیه این زمان را نامناسب می‌دانسـتند.

۶. نواقـص نظام نظارت بر عملکرد پیمانکار مکانیزه از دیدگاه شـهرداران

برطبق قرارداد تنظیم شـده بین شـهرداریها و پیمانکاران در مناطق، شـهرداریها موظفند نظارت کامل و پیگیرانه بر کار پیمانکار داشـته باشند، ولی متأسـفانه با استناد بر نظرسـنجی از پیمانکاران و شـهرداریها و ایجـاد تناقض‌گویـی در این موضوع می‌تـوان عنـوان نمود کـه نظارت کمی از سـوی شـهرداریها بـر کار پیمانکاران صـورت می‌گیرد و در صـورت بروز مشـکل و خطا در نحـوهٔ عملکرد پیمانـکار، شـهرداری منطقـه و یا ناحیـه برخورد قاطـع و مثمرثمری با پیمانکار خاطی ندارد. جهت جلوگیـری از هر گونه پیـش داوری در این باره ما نظرات شـهرداران مناطق را در این مورد بوسـیلهٔ



شکل ۴ شاخص‌ترین موارد در رابطه با ایمنی و سهولت کار از دیدگاه شهرداریها



شکل ۵ بیان نظرات شهرداریهایی در مورد نواقص موجود در نظام نظارت بر عملکرد پیمانکار.

پرسشـــنامه تنظیم شده جویا شدیم که اهم آنها در شـــکل ۵ ترســـیم‌شـــده اســـت.

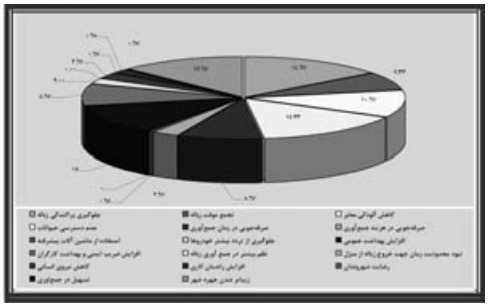
۷. شـــیوه‌های پیشـــنهادی جهت نظارت بر عملکرد پیمانکار از دیدگاه شهرداران

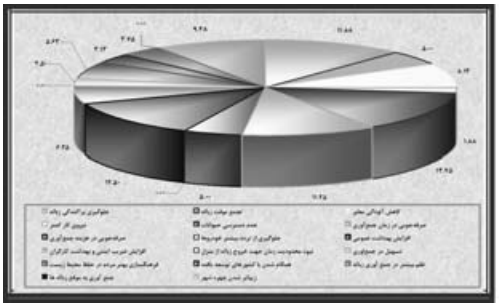
پیشنهادات شهرداران در مورد تصحیح و تکمیل نظام نظارت بر عملکرد پیمانکاران سیستم مکانیزه عبارتند از:

- نظارت مســـتقل از ســـوی شـــهرداریها باشـــد و پیمانکار باید زیر نظر آنها قرار گیرد.
- جهت نظارت و حسن اجرای طرح، نظام پرداختها مستقیماً توسط منطقه کنترل و اجرا گردد.
- باید کلیه امور به خدمات شهری و ناحیه سپرده شود.
- این سیســـتم صددرصد در مناطق اجرا شـــده و مشـــکلات موجود بررسی گردد و شـــیوه جدید براساس معضلات و مشکلات تعریف شود.
- دادن اختیارات بیشـــتر به ناظریـــن مقیم و ناظر مقیم بایـــد از منطقه انتخاب گـــردد و پیمانکار باید کاملاً دراختیار مســـئول ناحیه و ناظر ناحیه باشد.
- تصویب و نوشتن یک شیوه‌نامهٔ دقیق و مستحکم، تهیه و تنظیـــم پیمان‌نامه مســـتحکم و معتبر و
- اجرایی نمودن جرائم
- آموزش قبل از انجام کار به پیمانکار
- ناظرین اختیار کامل داشـــته و تعداد آنها باتوجه به نیاز افزایـــش یافته و از آموزش لازم برخوردار شوند.
- باید برای پیمانکار صورت وضعیت تنظیم شـــود و پیمانکار بایـــد در جذب امکانات موردنیاز خود مختار باشد و از سازمان خدمات موتوری تحمیل نشود.
- حضور مســـتمر نماینده شرکت مربوطه و تحویل کار بصـــورت روزانه و اســـتقرار نماینده ســـازمان خدمات موتوری

۸. علـــل رضایـــت و نارضایتـــی از عملکـــرد پیمانکار از دیدگاه شهرداران مناطق

علـــل نا رضایتـــی از عملکرد پیمانـــکار از دیدگاه شـــهرداران مناطق شـــامل: ۱- پیمانکار با ســـازمان طرف قرارداد است و نظارت بصورت واسطه‌ای صورت می‌گیـــرد، ۲- راندمان کار پیمانکاران پائین اســـت بعلت عدم توانائی در انجام کار و نداشتن تجربه کافی در این زمینه، ۳- با وجود تغییر در شـــیوه جمع‌آوری امکانـــات و تجهیزات پیمانکار کامل نشـــده اســـت از جمله کمبود ماشـــین‌آلات مکانیـــزه، ۴- پیمانکاران





شکل۶: بیان نظرات شهرداریها(سمت راست) و پیمانکاران در مورد مزایای سیستم جمع‌آوری زباله . بصورت مکانیزه

فاقـد نیروهای کارآمد و مدیریت صحیح می‌باشـند همچنین بیشـتر آنها با کار خدمات شهری آشنایی کافی را ندارند، ۵- کم‌توجهی به دستور کارها و عدم اعمال جرائم از سـوی ناحیه، ۶- عدم رعایت ساعت مناسب جمع‌آوری در بعضی مواقع، ۷- عدم آموزش کارگران و نیروهای فعال اجرائی از سـوی پیمانکار، ۸- بعلـت اینکه قسـمتی از کار در دسـت خدمات موتوری است و قسـمتی در دست خدمات شهری این امر ایجاد اختلال در عملکرد پیمانکار می‌نماید، ۹- عملکرد آنها به صـورت مکانیزه تأئید نمی‌گردد و اکثراً کارشـان بصورت سنتی انجام می‌شود، ۱۰- عدم اجـرای صحیح این سیسـتم در منطقه بعلت بافت خاص شهری آن منطقه.

اما علل رضایت در عملکرد پیمانکاران نیز شامل: ۱- هماهنگی با ناظر مقیم و ناحیه، ۲- تمیزی معابر و خیابانهـای منطقه و عـدم دپوی و تجمع زباله در معابـر منطقه، ۳- انجام کار برطبـق قرارداد منعقد شده بین شهرداری و پیمانکار.

۹. نتایج

با بررسـی طرحهای مدیریت زائـدات جامد در شـهرهای مختلـف دنیـا، آنچه بیـش از همه قابل توجه اسـت تأکید بر یکپارچگی مؤلفه‌های سیستم مدیریت زائـدات جامد از مراحل تولید تا دفع، یا به عبارت دیگر «مدیریت جامع زائدات جامد شهری»، اسـت. بررسـی تجارب دیگـر کشـورها ، ضرورت تصمیم‌گیری، طرح‌ریـزی و انجام تغییر در روش و مسیر جمع‌آوری زباله بر مبنای اطلاعات تولید آن و محورهای تردد شهری را روشن می‌سازد. همچنین اسـتفاده از مخازن با حجم کوچـک (۱۰۰ تا ۳۶۰ لیتر) در کشـورهای پیشـرو و تأکید بر اسـتفاده از مخازن ۷۵۰ لیتری در داخل قابل تأمل است.

مزایای سیستم جمع‌آوری مکاینزه زباله از دیدگاه پیمانکاران و شـهرداران مناطق به صورت دونمودار زیر ترسیم شده است:

۱۰. بحث و پیشنهادات

پیشنهادات ارائه شده جهت اجرای بهینه سیستم مکانیزه را می‌توان به شرح ذیل بیان نمود:

- مدیریت واحد در مبحث مواد زائد جامد
- همـکاری و هماهنگی بین بخشـهای مرتبط با مبحث مدیریت مواد زائد جامد
- همکاری و هماهنگی بیشـتر بین شـهرداریهای مناطـق بـا پیمانـکاران و مجریان سیسـتم در منطقه
- نظارت بیشتر و دقیقتر شـهرداریهای مناطق بر چگونگی عملکرد پیمانکاران
- نظارت بیشتر و دقیقتر سازمان خدمات موتوری

شهرداری بر چگونگی عملکرد پیمانکاران تعیین شده جهت اجرای این سیستم در مناطق

- تعریف یک شـیوه نامه و یا آئیـن نامه قابل اجرا بـرای مناطق با توجه بـه خصوصیات جمعیتی، فرهنگی، بافت شهری و ....
- آمـوزش کارگران و نیروهای فعال در اجرای این سیستم توسط شهرداریها و پیمانکار
- آموزش پیمانکاران جهت اجرای صحیح و اصولی این سیستم توسط شهرداریها
- انتخاب پیمانـکار باتجربه و کارا در مناطق بطور کـه کلیهٔ فعالیـت پیمانکار زیر نظر شـهرداری مناطق صورت گیرد.
- جلوگیـری از موازی کاری بیـن بخش مرتبط با مبحـث مدیریت مواد زائد جامـد جهت کاهش هزینه‌ها
- از آنجائیکه سیستم جمع‌آوری زباله باید با توجه به سیاسـتهای بازیافت مواد طراحی شـود، باید طرحهـای مکمل جهـت بازیافـت مکانیزه تهیه شود.
- تعبیـه مخازنی جهـت جمع‌آوری پسـماندهای خشـک به صـورت جداگانـه در کنـار مخازن جمع‌آوری مکانیزه
- اسـتقرار مخازن با حجمهـای مختلف با در نظر گرفتن بافـت و تعداد اماکن تجاری، آموزشـی، درمانی، مسکونی و...
- در سیسـتم مکانیزه باید تنها زباله مخازن تخلیه شود و جمع‌آوری زباله از جلوی درب منازل کاری اشتباه و هزینه‌ساز است لذا باید به شهروندان در این مورد آموزش کافی داده شود

باید به این نکته توجه داشت که، لازمه پایتختی پاکیزه و عاری از حیوانات موذی، جمع‌آوری اصولی و صحیح زباله‌ها و همکاری شهروندان و ارتقای سطح آگاهی شهروندان در بهداشت محیط زیست و بموقع گذاشتن زباله به خارج از منزل است، اما متاسفانه به دلیل کوتاهی برخی شـهروندان و مسوولان در این زمینه همچنان شاهد انباشت زباله در برخی از نقاط پایتخت هستیم!

منابع و مراجع

۱- ملـوک نجفـی شـالمائی، فـرزاد امیراصلانی، سـاناز سـرحدی،گزارش فـاز دوم: بررسـی سـطح رضایتمندی شـهرداران و پیمانـکاران از اجـرای سیسـتم جمع‌آوری مکانیزه زباله، گزارش تحقیق میدانی، تیر ماه ۱۳۸۶
2- www.tehran.ir
3- www.EPA.org
4- www.hamshahrionline.com

امکان سنجی نیروگاه بیوگازی ساوه

جواد نصیری
کارشناس ارشد مکانیک
مدیر دفتر انرژی زیست‌توده سازمان انرژیهای نو ایران

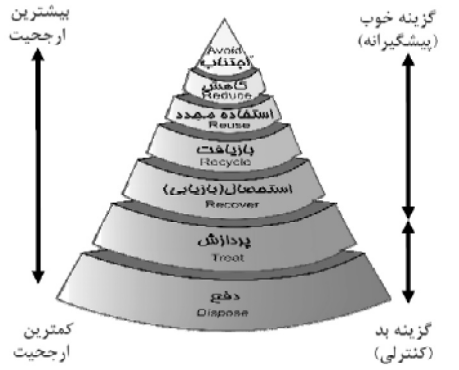
چکیده:
سالانه میلیونها تن انواع پسماندهای جامد و مایع در مناطق شهری و روستایی تولید میگردد که مدیریت صحیح برای دفع و دفن و بی خطرسازی آنها از مهمترین دغدغه های جوامع امروزی میباشد. از اواسط قرن گذشته به آرامی شیوه های غیرتلنباری پسماندهای جامد شهری آغاز شده و اکنون مدیریت یکپارچه پسماندهای شهری مطرح میباشد. از طرفی مدیران جوامع شهری به بسترسازی و فرهنگ سازی کاهش پسماند و تفکیک از مبدا تاکید دارند و از طرف دیگر بر روی بازیافت، پردازش و دفع و دفن اصولی و بهداشتی تکیه میکنند. هنر مدیریت تبدیل تهدیدهای محصول جنبی و زائد زندگی بشر به فرصتهائی نظیر ایجاد درآمد در عین بهداشتی و دوستدار محیط زیست بودن این فعالیتهاست.

امروزه تولید انرژی بعنوان یک گزینه برتر در مدیریت پسماندهای شهری مطرح است و هر ساله سهم تولید انرژی از پسماندها رشد قابل ملاحظه ای می یابد. در این مقاله سعی می شود چکیده ای از گزارش امکانسنجی و طراحی مفهومی نیروگاه بیوگازی ساوه که توسط کارشناسان دفتر زیست توده سانا تهیه شده است، ارائه گردد. شهر ساوه بدلیل دارا بودن شرایط احداث پایلوت، همکاری مسئولین محترم محلی و وجود تاسیسات زیست توده سازمان در آن شهر انتخاب شده است. در این پروژه مطالعات امکانسنجی برای احداث پایلوت بیوگاز با ورودی بخش آلی زباله های شهر، لجن فاضلاب شهر و خونابه کشتارگاه ساوه صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: بیوگاز، برق، حرارت، پسماند شهری، لجن فاضلاب، خونابه کشتارگاه، امکان-سنجی، طراحی مفهومی، بازیافت، هاضم، مزوفیلیک، ترموفیلیک.

مقدمه

سالانه میلیونها تن زباله و لجن فاضلاب در سطح جهـان تولید و امحاء می‌شـود و کشـورها و حتی شـهرهای مختلف هـر یک به شـیوهای موضوع را مدیریت میکنند. در ایالات متحده آمریکا و آمریکای شمالی سیاست اصلی بر بازیافت پسماندهای خشک ارزشمند، کمپوست، دفن و تولید انرژی از آن استوار است. در جامعه اروپا و ژاپن سیاست اصلی بر بازیافت پسماندهای خشک ارزشمند، کمپوست، زباله‌سوز و تولید انرژی از آن اسـتوار بوده و دفن پسـماندهای قابل بازیافت(مواد و انرژی) ممنوع میباشد. در سایر کشـورهای جهان حسب مورد، ترکیبات مختلفی از شیوه‌های مدیریت نظیر بازیافت، دفن و زباله‌سوزی اسـتفاده میگردد. در حال حاضر اغلب کشـورهای جهان برنامه‌های خود را در راسـتای سیاسـت ۴R برگزیده و آنرا بسط و توسعه می‌دهند. در شکل (۱) مراتب مدیریت پسـماندهای شهری که مورد قبول اغلب کشـورها و مدیران شـهری بوده و با شدت و ضعف در شـهرهای زیادی پیاده میشود، نشان داده شده است.



شکل (۱)- سلسله مراتب مدیریت پسماندهای جامد شهری[۱]

مدیران شـهری با پیاده سـازی و اجرای مراتب نشـان داده شده در شکل (۱) بدنبال بهبود سیستم مدیریتی، کاهش سریع حجم زباله (با کاهش تولید پسـماند، اسـتفاده مجدد، بازیافت مـواد و انرژی)، کاهش هزینه‌های پردازش و دفع زباله، از بین بردن خطر آلودگی آبهای سـطحی، کاهش بو، کم کردن میزان گازهای گلخانه‌ای، کاهش میزان آلاینده‌های هوا و خاک، از بین بردن زیسـتگاه جانوران موذی و کاهـش نیاز به زمین برای دفـن و .... با یک هزینه بهینه از یکطرف و ایجاد ارزش افزوده و ایجاد درآمد بـرای مدیریت پسـماند از طرف دیگر می باشـند. همچنیـن با توجـه به اینکـه تأسیسـات مدیریت پسماندها خود از اسـتفاده‌کنندگان انرژی هستند، تولید انرژی در محل باعث کاهش تلفات شبکه برق شـده و به سیسـتم انرِژی الکتریکی کمک شایانی می‌کند.

یکی از معضلات بزرگ زیسـت محیطی که دنیا با آن مواجه می باشـد، تغییـرات آب و هوایی می‌باشـد که در این میان کشـورهای در حال توسـعه با بیشـترین آسـیب‌ها و تهدیدها روبرو می‌باشـند. جو زمین روز به روز در حال گرم‌تر شـدن است که یکـی از دلایل این پدیـده و تغییرات جوی منتج از آن، انباشـت گاز متان در جو می‌باشد. یکی از عمده ترین منابع انتشـار گازهای گلخانـه‌ای و بویژه گاز متان، دفنگاههای زباله میباشند. براساس بررسیهای صـورت گرفته در آمریـکا، ۳۷% گازهای گلخانه‌ای حاصل از متان منتشـره در آن کشور از دفنگاههای زباله ناشی شده است.

بررسـی‌های اولیه صورت گرفته در دفتر زیست توده سـازمان انرژیهـای نو ایران حاکی اسـت که افزودن سیسـتم تولیـد انرژی به هـر روش امحا و کاهش پسـماندهای دفنی نظیر لندفیل، زباله سوز و بیوگاز، اثرات مثبت اقتصادی به مراتب بیشـتر از اثرات مالی و هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و جاری سالانه ناشـی از افزایش واحد تولید برق به سیستم

مدیریت پسماند را در پی دارد.

با توجه به سـهم بالای مـواد آلی موجود در پسـماندهای جامـد و مایع شـهری در ایران و مشـکلات زیسـت محیطی حاصل از آن ضرورت دارد کـه ایـن مـواد قبـل از ورود بـه محیط زیسـت به طریق مناسـبی تصفیـه گردند. یکی از روش‌های مناسـب برای تصفیه این گونه مواد اسـتفاده از فرآیند هضم بیهوازی است که ضمن کاهش شـدید بار آلودگی مـواد زائد آلی، باعث تولیـد حامل انرژی با ارزشـی نیز خواهد شـد. کمک به حفظ محیط زیسـت، بهداشـت شهری و روسـتایی، صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسـیلی، تولیـد کـودی غنـی بـرای مصـارف کشـاورزی و امـکان امحـای همزمـان چندین نوع پسـماند جامـد و مایع (زباله‌های شـهری، فاضلابهای شـهری و اغلـب فاضلابهای صنعتی، فضولات دامـی و مرغی، خونابه کشـتارگاهها و زائـدات و ضایعات کشـاورزی و صنایع غذایی) از مزایـای هضـم بیهوازی اسـت. بـرای مثال در تصفیـه خانهٔ شـهر لـس آنجلـس از تصفیهٔ بیهـوازی لجن حاصل از دو میلیـون متر مکعب فاضلاب خـام ورودی روزانه دویسـت هزار متر مکعـب بیوگاز تولید شـده که بـا تبدیل آن به انـرژی الکتریکی، نیروگاه برقـی با ظرفیت ۲۵ مگاوات بهره‌برداری میشـود. سالانه بیش از ۱۵ میلیون تن زباله شـهری در ایران تولید میشـود کـه حدود ۷۰ درصـد آن را مواد آلی تشـکیل می دهـد. از طـرف دیگـر وجود بیـش از ۴/۶ میلیـارد متـر مکعب فاضلاب شـهری و صنعتی در ایـران و هزینهٔ بالای جمـع آوری، تصفیه و دفـع این مقدار فاضلاب لزوم برنامه ریزی منظم و انتخاب روش مناسـب برای استفادهٔ صحیح از این حجم وسـیع آلاینده را می طلبد.

۲ - روش‌هـای مختلف اسـتحصال انرژی از منابع زیست توده

فناوریهـای تبدیـل و اسـتحصال انـرژی از منابع زیست توده نسـبتاً متنوع میباشد، ولی به طور کلی این فناوریها را میتوان به سـه دسـته کلی ترموشـیمیایی، بیوشـیمیایی و شـیمیایی- فیزیکـی تقسـیم نمود . در شـکل (۲) در چهار رده منابـع زیسـت تـوده، فرآیندهـای تبدیل، حاملهای انـرژی حاصل و محصول نهائی نمایش داده‌شـده‌اسـت .

شکل(۲)- مسیرهای تبدیل پسماندهای شهری به انرژی[۲]

۳ - روند توسعهٔ بیوگاز و جایگاه آن در جهان

تعداد هاضم‌های کوچک و متوسط مورد استفاده در سـطح جهان در سال ۲۰۰۵ از ۲۵ میلیون واحد فراتـر رفته و دهها هزار واحد بـزرگ بویژه در اروپا و آمریکا نصب شـده است. دامداری‌ها، مجتمع‌های کشـاورزی و تقریباً تمام تصفیـه خانه‌های فاضلاب کشـورهای اروپـای غربـی موظـف به اسـتفاده از هاضم‌هـای بیهوازی و واحدهای بیوگازی شـده‌اند. راندمان مناسب فرآیند هضم بیهوازی در حل معضل زباله‌ها و تولید انرژی باعث توجه کشورهای اروپایی نظیر دانمارک، سـوئد، فرانسه، آلمان، هلند، ایتالیا، انگلسـتان و ... به استفاده و توسعهٔ این فناوری شده است. پیش‌بینی تولید بیوگاز در سال ۲۰۲۰ در ۱۵ کشـور عضو جامعه اروپا بمیـزان **۲۰۹ Twh/year** ارائه شده است.

علاوه بر کشورهای اروپایی، کشورهای آمریکایی و آفریقایـی هم بـه منظور تأمین بخشـی از انرژی خود، اسـتفاده از فرآیند هضم بیهـوازی را مد نظر قرارداده‌انـد. آمریکا از جمله کشـورهایی اسـت که تمایل زیـادی به اسـتفاده از نیروگاههای بیوگازی صنعتی نشـان داده اسـت. هاضم‌هـای موجود در آمریـکا اکثـراً دارای حجم‌های بالا بـا قابلیت‌های کاربرد متنوع برای اسـتفاده از فاضلاب و زباله‌های شـهری، فاضلاب صنعتی، فضـولات دامی و زائدات کشاورزی ساخته شـده‌اند. آمریکا علاوه بر توجه به کاربـرد بیوگاز در مبحث تحقیقـات بیوگازی نیز از کشورهای پیشتاز در جهان می‌باشد. در سال ۲۰۰۳ پروژه (MEAD) توسـعه بیوگاز در آمریکا را شتاب قابل توجهی بخشید.

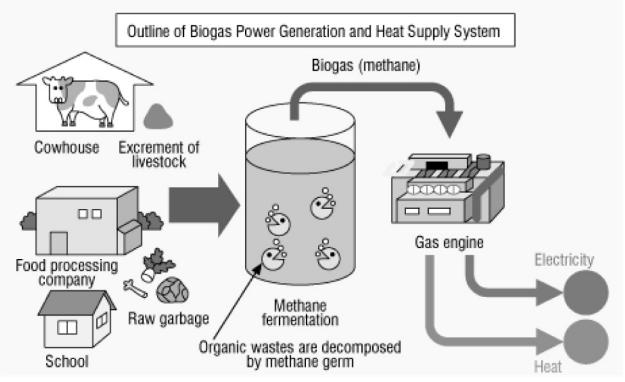
۴- نیـروگاه بیوگازی : در اثر تخمیر بی‌هوازی مـواد آلی، مولکولهای درشـت زنجیر به مولکولهای ساده‌تر تبدیل شده و حاصل نهایی این فرآیند گازی است قابل اشتعال که بیوگاز نام دارد، این گاز شامل ۷۰-۶۰ درصـد متان و ۴۰-۳۰ درصد دی‌اکسـید کربن همـراه مقادیر جزئی گازهای H_2S ، N_2، بخار آب و ... می‌باشد.

۴-۱- فعـل وانفعالات شـیمیایی در فرآیند هضم بیهوازی

به طـور کلی فرآیند هضم بی‌هـوازی در طی ۳ مرحله انجام می‌گیرد که هر مرحله آن توسط گونه‌ای خـاص از باکتریهای بیهوازی به انجام می‌رسـد.[در برخی مراجع چهار مرحله ذکر شده است]

مرحله اول- هیدرولیز مواد آلی پیچیده و نامحلول و تبدیل این مواد به ترکیبات آلی محلول

مرحله دوم – اسـیدوژن- تولید اسیدهای آلی از محلول حاصل از مرحلهٔ بوسیله باکتریهای اسیدوژن



شکل (۳)- هضم بیهوازی فضولات دامی در سطح کشتزارها[۳]

مرحلهٔ سوم – متانوژن- تولید بیوگاز از ترکیبات و اسـیدهای آلـی تولیـدی در مرحله دوم توسـط باکتریهای متانوژن

۴ - ۲ - انواع هاضم‌های بیهوازی

امروزه تقسـیم بندیهای مختلفی وجود دارد ولی در این مقاله عامترین آنها بکار برده شده است:

ناپیوسته (Batch): در این سیستم، هاضم برای یکبار با مواد اولیه مناسـب بارگیری شـده و بسته به نوع خوراک و بـار آلودگی موجود در مدت زمان مناسـب عمل تخمیر مواد زائد آلی در هاضم انجام می‌گیرد. پس از طی ایـن دوره محتویات راکتور به طـور کامل تخلیه می‌گردد. این روش می‌تواند برای فاضلاب‌های غلیظ و دارای مواد آلی خشـک تا ۲۵ درصد به کار رود. ایـن روش برای تخمیر ترکیبات سـلولزی مفید می‌باشـد و پایان تخمیـر زمانی فرا می‌رسد که تولید گاز کم شود.

پیوسـته (Continious): در این سیسـتم مواد اولیه به صورت روزانه وارد هاضم شـده و در صورت پر بودن آن برابر با حجم ورودی مواد تخمیر شـده از هاضم خارج می‌شـود. درصد مواد آلی خشک در این سیستم بین ۵ تا ۱۰ درصد بوده و لازم است که با طراحی همزن‌های مناسب محتویات مخزن کاملاً مخلوط گـردد. در این روش می‌توان حجم ثابتی از گاز را با خـوراک معین به صورت روزانه تولید کرد. در طراحی نیروگاههای بـزرگ معمولاً از این روش استفاده می‌شود.

نیمـه پیوسـته (Semi-continious): در این سیستم خوراک دهی به صورت متناوب و در فواصل زمانـی مختلف انجام می‌گیرد. بـا تعیین زمان ماند مناسـب می‌توان از این روش برای تخمیر ترکیبات مختلف استفاده کرد. همانند سیستمهای پیوسته در اینجا نیز موقع بارگیری معادل خوراک تغذیه شـده از محتویات هاضم خارج می‌شـود. در دامداری‌ها و صنایعی که به طور دائم پساب ندارند معمولاً از این روش استفاده می‌گردد.

۴-۳- پارامترهـای مؤثـر بـر فرآیند هضم بی‌هوازی

درجه حرارت: محدودهٔ مناسـب کاری ۶۰-۱۰ درجه سلسیوس

جدول (۱)- محدودهٔ درجه حرارت در تخمیر بیهوازی

تخمیر	حد پایین	حد متوسط	حد بالا	زمان تخمیر
Psychrophil (سرما دوست)	۴-۱۰	۱۵-۱۸	۲۵-۳۰	بیش از ۱۰۰روز
Mesophil (میانی دوست)	۱۵-۲۰	۲۸-۳۳	۳۵-۴۵	۳۰-۶۰ روز
Thermophil (گرما دوست)	۲۵-۴۵	۵۰-۶۰	۷۵-۸۰	۱۰-۱۵ روز

PH: اسـیدیته مناسـب بـرای فعالیـت بهینه هاضم‌های بی‌هوازی در محدودهٔ ۶/۸-۷/۲ می‌باشد.

نـوع و غلظت مواد: ۱۰-۷ درصـد مادهٔ جامد برای ساوه در نظر گرفته شده است.

مـواد مغـذی: باکتریهـای بی‌هـوازی جهـت متابولیسـم و ادامـهٔ حیات و ترمیم سـلولهای خود نیاز به مواد غذایی مناسـب شـامل نیتروژن، فسفر، سولفور، کربن، منیزیم، سدیم، منگنز، کبالت، آهن، روی و ... دارند. مقدار و نسـبت این مواد در کنترل

و نحـوهٔ عملکرد فعل و انفعالات میکروارگانیسـم‌ها بسیار مهم می‌باشد.

مواد سـمی: در صورتی کـه غلظت مواد غذایی مورد نیاز میکروارگانیسـم‌ها بیش از محدوده مورد نیاز آنها باشد و باعث سیر نزولی در رشد بیولوژیکی آنها شـود، به عنوان یک ماده سـمی تلقی می‌شود. وجود مواد سـمی نظیر آنتی بیوتیک‌های موجود در فضولات مرغـی از عوامل بازدارنـدهٔ فرآیند تخمیر بوده و وجود سـولفاتها می‌تواند باعث کاهش تولید گاز گردد.

اختـلاط محتویات: همـزدن محتویات و ایجاد محلولی یکنواخت در هاضم، می‌تواند باعث افزایش تولیـد گاز و بالا رفتن کارآیـی هاضم‌های بیهوازی می‌گردد .

۵ - کاربرد و مصارف بیوگاز

گاز متان حاصل از هضم بی‌هوازی به عنوان یک منبع انرژی می‌تواند برای تولید برق اسـتفاده شود. همچنین حرارت جهت پخت و پز، روشـنایی و نیز سـوخت موتورهای درون سـوز از کاربردهای دیگر بیوگاز حاصله می باشد .

بیـوگاز می‌تواند به عنوان ماده اولیه مناسـب در سنتز بسـیاری از ترکیبات و فرآورده‌های شیمیایی بـه کار رود. متـان موجـود در بیـوگاز در حرارت بالا می‌توانـد تحت واکنش کلراسـیون قرار بگیرد. کلرومتانهای حاصله از این واکنش ماده اولیه مهمی در صنایع مختلف شیمیایی می‌باشند. به عنوان مثال مونوکلرومتان در ساخت حشره‌کش‌ها و سیلیکانهای آلـی کاربرد داشـته و به عنوان یک حلال مناسـب در سـنتزهای آلی مطرح اسـت. دی‌کلرومتان ماده اولیه مهمی برای سـاخت پـاک کننده‌ها، فیلم‌های عکاسـی و سینمایی و حلال بسیار مهمی در صنایع سـنتزی شـیمیایی می‌باشـد. تری کلرومتان ماده اولیه صنایع تولید پلاستیک، پلی تترا فلوئورو اتیلن و آنتـی بیوتیک‌ها بـوده و از قدیـم الایام به عنوان داروی بیهوشی مورد اسـتفاده قرار می‌گرفته است. تتراکلریدکربن در صنایع آتش نشانی کاربرد داشته و ماده اولیه ساخت مواد ضد حریق بوده و به عنوان حلال شیمیایی نیز کاربرد فراوانی دارد.

متـان همچنین ماده اولیه تهیه اسـتیلن، الکل، متانـول، آمونیـاک و دیگر فرآورده‌های شـیمیایی اسـت و از مایع تخمیر شـده داخل هاضم می‌توان کریستالهای ویتامین B-۱۲ تهیه نمود. متان خالص تهیه شـده از هضم بیهوازی می‌تواند بعنوان سوخت برای پیل سوختی بکار رود.

۶ - اثرات زیست محیطی استفاده از بیوگاز

- جلوگیری از افزایش گازهای گلخانه‌ای
- حفظ جنگل‌ها و مراتع
- از بین بردن عوامل بیماری‌زا و تخم علف‌های هرز
- تولید برق و حرارت پاک
- پاکسازی محیط زیست و اثرات مثبت بهداشتی
- تولید کود و کمپوست مفید

۷- هضـم بیهوازی و تولیـد بیوگاز، فناوری مناسب و قابل اجرا در ایران

فاضلاب شـهری، پساب کشتارگاه و پسماندهای صنایع غذایی مقدار زیادی مواد آلی محلول به همراه دارنـد که با توجه به درصـد بالای آب همراه، هضم بیهوازی از دیـدگاه فنی مناسـبترین گزینه جهت تولید انرژی الکتریکی از این زائدات است. همچنین بخش اعظم زباله‌های شهری ایران را مواد فسادپذیر

تشکیل می‌دهد. رطوبت زیاد این مواد (بیش از ۸۰ درصد) باعث میگردد که اســتفاده از سیستم تولید انرژی به روش بی هوازی دارای کارایی بهتری نسبت به ســایر سیستم ها باشد. استفاده از تجربیات سایر کشورها نیز ما را به همین نتیجه رهنمون می‌سازد. در جدول(۲) ترکیب مواد موجود در زباله خانگی در نقاط مختلف جهان با هم مقایسه شده‌اند.

۸- معرفی بخشهای مختلف نیروگاه بیوگازی

یک نیروگاه بیوگازی شــامل ســه بخش اساسی می‌باشد:

بخش تفکیک زباله و تأمین پسماندهای آلی

بخش هضم بیهوازی و تولید بیوگاز

بخش تولید برق و حرارت

۸- ۱ - بخــش تفکیــک زبالــه و تامیــن پسماندهای آلی

در ایــن بخــش زباله جمع‌آوری شــده از ســطح شهر به طریق نیمه مکانیزه و دستی تفکیک می‌گردد. مواد آلی فسادپذیر جمع‌آوری شده از این قسمت به همراه سایر پسماندهای آلی جهت استفاده در فرآیند تولید انرژی به راکتورهای بیهوازی منتقل می‌گردد. بخش تفکیک و کمپوست در کنار هم و در یک سالن روبسته با تعبیه بیوفیلتر صورت میگیرد.

۸-۲- واحد هضم بیهوازی و تولید بیوگاز

در این قســمت مواد زائد آلی با کمیت و کیفیت کنتــرل شــده در هاضم‌های مناســب تحــت تاثیر میکروارگانیســم‌های بیهوازی شکســته شــده و به ترکیبات ساده‌تر تبدیل می‌گردند. از محصولات این قســمت می‌توان به بیوگاز و کودآلی اشاره کرد. این قسمت شامل واحدهای زیر است:

واحد تهیه خوراک

وظیفه این قســمت تهیه و هدایت مــواد آلی با غلظــت و انــدازه کنترل شــده به ســمت هاضم‌ها می‌باشــد. این واحد با اختــلاط خوراکهای مختلف وضعیت را جهت ایجاد شرایط بهینه از نظر محتوای مواد و بدســت آوردن بهترین نسبت کربن/ نیتروژن

جدول(۲)- ترکیب مواد موجود در زباله در نقاط مختلف جهان

پارامتر	آمریکا	انگلیس	کانادا	چین	ایران (تهران)
کاغذ	۳۲	۳۵-۶۰	۳۲/۷	۳/۱	۹/۶۳
ضایعات غذایی	۸/۵	۲-۸	۸/۴	۶۰	۷۱/۱۸
سایر مواد زائد آلی	—	—	۲۳/۶	—	—
ضایعات باغی	۱۴/۸	۲-۳۵	—	—	—
فلزات	۶/۳	۶-۹	۵/۱	۰/۳	۱/۵۸
شیشه	۶/۴	۵-۱۳	۲/۹	۰/۸	—
پلاستیک	۱۱/۸	۱-۲	۸/۸	۴/۵	۶/۴۱۹
منسوجات/چوب	۱۹/۳	۱-۳	۳/۷	۱/۵	۲/۹۸
لاستیک/ چرم	۱۹/۳	۱-۳	—	—	—
مواد زائد معدنی (آجر، خاکروبه و ...)	—	—	۲/۹	۳۰	—
متفرقه	۱۹/۳	۲	۱۱/۹	—	۸/۲۱۱

بـرای تولید حداکثـر بیوگاز فراهـم می‌کند. ضمناً تفکیـک نهایی پسـماندهای خشـک باقیمانده در محلول در این بخش صورت میگیرد.

واحد پاستوریزه کردن و هضم بی‌هوازی

مخزن کوچکی برای انجام عمل پاستوریزه کردن در دمای ۶۵° C طراحی شـده اسـت. سپس برای صرفـه جویی در مصرف انرژی محلول خروجی وارد یک عدد هاضم ترموفیلیک در دمای ۵۵° C گردیده و در مرحله آخـر وارد دو عدد هاضم مزوفیلیک که بصورت موازی هسـتند و در دمای ۳۵ C° کار می‌کنند، میگردد. هاضم‌ها برای کنترل دما در محدوده مشـخص کاملاً ایزوله گردیده و مجهز به سیسـتم کویل مناسـب برای گرم کردن محتویات می‌باشد. جهت یکنواخت کردن و بهم زدن محتویات نیز پمپ و همزنهای مناسبی در این هاضم‌ها تعبیه شده است.

واحد تصفیه و خالص‌سازی بیوگاز و حذف رطوبت

بیوگاز شامل مخلوطی از متان و دی‌اکسیدکربن به همراه مقدار جزئی بخار آب، سولفید هیدروژن و مقادیر بسیار جزئی از گازهای دیگر می‌باشد. وجود ناخالص‌های همراه متان در بیوگاز ضمن کاهش ارزش حرارتی آن باعث خوردگی در قطعات مختلف نیروگاه می‌شـود، لذا لازم است به نحو مطلوبی با استفاده از فیلترهای مناسب این ناخالصیها حذف گردند. رطوبت موجود درگاز نیز حتیالامکان بایسـتی حذف گردد.

وسایل تعیین حجم گاز تولیدی و آنالیز بیوگاز

جهت ثبـت دقیق حجم بیـوگاز تولیدی نیاز به استفاده از کنتور مناسب برای بیوگاز می‌باشد.

واحد جمع‌آوری و ذخیره بیوگاز تولیدی

جهت جمع‌آوری و ذخیره بیوگاز از مخزن شناور مناسـب با حجم ذخیره ۱۰۰۰ مترمکعب اسـتفاده خواهد شد. مزیت استفاده از این مخازن شناور عدم افت فشار در حین مصرف می‌باشد.

۸-۳- واحد تولید برق و حرارت

ایـن واحـد از بیوگاز تحویلی بخـش قبل انرژی الکتریکی و حرارتی تولید میکند. در این واحد می‌توان از فناوریهای مختلفی استفاده نمود. موتورهای بیوگازسوز، توربینهای گازی و میکروتوربینها در این زمینه قابل اسـتفاده میباشند. بازدهی الکتریکی در موتور- ژنراتورهای بیوگازسـوز بر اساس کاتالوگهای ارائه شده توسـط شرکتهای سازنده، عمدتاً بین ۲۸ تا ۴۰ درصد گزارش شـده اسـت. بـازده الکتریکی خروجی واحـد، با چند عامل مهـم تغییر مینماید. اول متناسب با شـرایط اقلیمی محل استقرار مانند ارتفاع از سـطح دریا، دما و رطوبت نسبی هوا و دوم نسـبت بار دریافتی از ژنراتـور، بعبارت دیگر، در بار نامی ژنراتور یعنی ۱۰۰% توان خروجی آن، بازده به حداکثر گزارش شـده میرسد، درحالیکه در بارهای پایینتـر، مثلاً ۵۰% توان خروجـی، بازده الکتریکی افت قابل توجهی میکند. سوم، ترکیب بیوگاز، یعنی چنانچـه درصد متـان در گاز دفنـگاه، تفاوت قابل توجهی با مقدار پیش‌فرض (که موتور براسـاس آن طراحی شده) داشته باشد، بازده نیز تغییر محسوسی خواهد نمود. در این نیروگاه دو واحد دیزل گازسـوز ۳۵۰ کیلوواتی تعبیه خواهد شد.

۸-۴- سایر واحدها

در کنـار واحدهای فوق‌الذکر، یک نیروگاه بیوگاز مجهز به قسـمتهایی برای تغلیظ، خشـک کردن و بسته بندی کردن کود آلی حاصل از مواد تخمیر شده می‌باشـد. آب خروجی از واحد تغلیظ کود، می‌تواند برای آبیاری فضای سبز مورد استفاده قرار گیرد و یا با طراحی سیستم مناسب برای آماده‌سازی خوراک ورودی بـه هاضم نیز مصرف شـود. بـرای افزایش راندمان تخمیر با طراحی سیستم مناسب قسمتی از

لجن خروجی دوباره به هاضم برگشـت داده شده تا زمان بیشتری را در هاضم سپری نماید.

۹-معرفی طرح

۹-۱-شهر ساوه

شهرستان ساوه در تقسیمات کشوری جزو استان مرکزی می باشـد. شـهرهای بـزرگ و صنعتی این اسـتان اراک و ساوه میباشد. سـاوه با ارتفاع ۱۰۹۹ متر از سطح دریا و با متوسط بارندگی سالیانه ۲۰۶ میلیمتر می باشـد. میانگین دمای متوسط سالیانه سـاوه ۱۸/۱ درجه سلسیوس میباشـد که مرداد با میانگیـن ۳۱/۵ درجه گرمتریـن و بهمن بامیانگین ۵/۷ درجه سردترین ماه می باشد. میانگین رطوبت سـالیانه سـاوه ۳۹% مـی باشـد که ماههـای آذر بامیانگیـن ۵۸% مرطوبترین مـاه و ماه های خرداد تیر مرداد و شـهریور با میانگین ۲۷% خشـکترین ماه می باشـد. باد غالب سـاوه ۳۶۰ درجه شمالی و سپس ۲۷۰ درجه غربی می باشد و بیشترین سرعت باد وزیده شـده به میزان ۹۰ کیلومتر بر سـاعت در فروردین ۱۳۷۲ گزارش شده است.

۹-۲- بررسـی کمـی و کیفـی آلاینده‌های زیست محیطی شهر ساوه

نتایج حاصـل از مطالعات بررسـی کمی و کیفی آلاینده‌های زیسـت محیطی شـهر ساوه و نیز عملکرد این آلاینده‌ها در فرایند تولید انرژی در راکتورهای بیهوازی به شـرح زیر می‌باشـد. مبنای طراحی سال ۲۰۱۶ (۵ سال بعد از راه‌اندازی) فرض شده است.

۹-۳- تسـت بـر روی خـوراک ورودی در هاضمهای نیمه صنعتی ۱۰ مترمکعبی[۵]

پس از بررسی کمی و کیفی مواد زائد آلی شهری یک خوراک ترکیبی شامل تمام آلاینده‌های شهری

جدول(۳)- مشخصات کمی و کیفی خوراک تغذیه نیروگاه[۴]

پارامتر	مقدار (کیلوگرم در روز)	درصد از کل
زباله‌های شهری		
متوسط مواد زائد جامد شهری (زباله)در سال ۲۰۱۶	۱۸۵۰۰۰	۱۰۰
متوسط زباله خانگی	۱۳۸۷۵۰	۷۵
متوسط مواد آلی فسادپذیر	۹۰۲۵۴	۴۸/۷۸۶
متوسط جامدات کل (TS)	۱۷۸۲۵	۹/۶۳۵
متوسط جامدات فرار کل (VS)	۱۳۷۲۰	۷/۴۱۸
لجن تصفیه‌خانه		
متوسط لجن تصفیه‌خانه شهر ساوه	۷۰۰۰۰	۱۰۰
متوسط جامدات کل (TS)	۵۸۳۱	۸/۳۳
پساب کشتارگاه		
متوسط پساب کشتارگاه	۲۱۰۰۰	۱۰۰
متوسط جامدات کل (TS)	۱۰۶/۶۸	۰/۵۰۸
متوسط جامدات فرار کل (VS)	۸۹/۸۸	۰/۴۲۸

جدول(۴)- مشخصات کمی مواد ورودی و خروجی از هاضم نیمه صنعتی[۴]

شرح	مقدار	شرح	مقدار
PH ورودی	حداقل ۵/۰۱ و حداکثر ۵/۸۵	PH خروجی	حداقل ۷/۰۹ و حداکثر ۷/۱۹
تغییرات قلیائیت	۷۲/۳۹ درصد کاهش	دما	۳۵±۱ درجه سلسیوس
COD ورودی	از ۱۹۹۶۸ تا ۳۸۱۱۴ میلیگرم در لیتر	COD خروجی	از ۱۳۱۹۹ تا ۸۴۷۱ میلیگرم در لیتر
تغییراتCOD	متوسط ۶۶/۷ درصد	TS ورودی	۲۶۸۷۰ تا ۳۹۴۷۰ میلیگرم در لیتر
TS خروجی	۱۳۹۷۰ تا ۱۵۱۱۰ میلیگرم در لیتر	متوسط کاهش TS	۵۵/۸۷ درصد
متان تولیدی	۳۰۱/۶۲ لیتر بر KgCOD حذف شده	متوسط متان تولیدی	۵۷/۶۴۲ درصد
بیوگاز تولیدی	۵۲۳ لیتر بر KgCOD حذف شده	تغییرات VFA	۹۳/۹۲ درصد کاهش

با رعایت نسـبت واقعی موجود در سـطح شـهر در راکتورهای موجود مورد بررسی قرار گرفت.

از محصولات جانبی این نیروگاه میتوان به تولید روزانـه ۱۱۰ مترمکعـب آب و ۱۷ تن کود آلی قابل استفاده برای توسـعهٔ فضای سبز و کشاورزی اشاره نمود .

۹ - ۴ - عملکرد نیروگاه ساوه و تولیدات آن

در نیروگاه بیوانرژی ساوه روزانه ۱۴۶ تن ماده آلی فسادپذیر زباله با TS معادل ۱۹/۷۵ درصد به همراه ۷۰ تن لجن تصفیه خانه ساوه با TS، ۸/۳۳ درصد و ۲۱ تن پسـاب کشتارگاه با TS , ۰/۵ درصد بصورت ترکیبی وارد هاضم‌های بی‌هوازی می‌گردد.

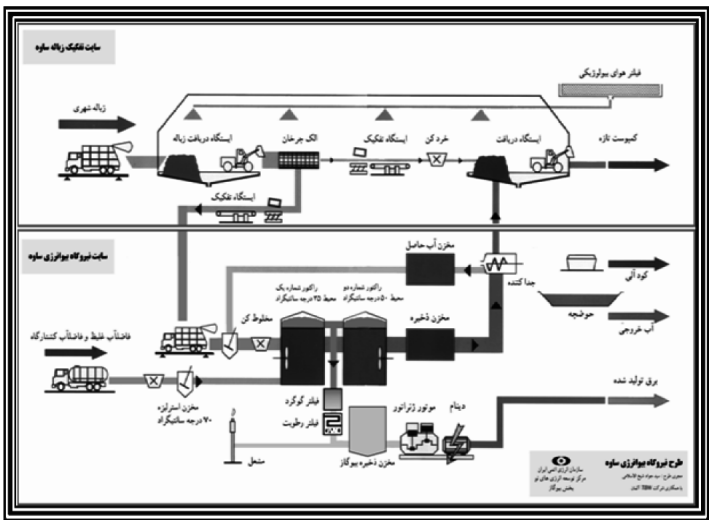
تولیدات نیـروگاه بیوگازی سـاوه در جدول(۶) آورده شده است :

جدول(۵)- مشخصات مواد ورودی به نیروگاه

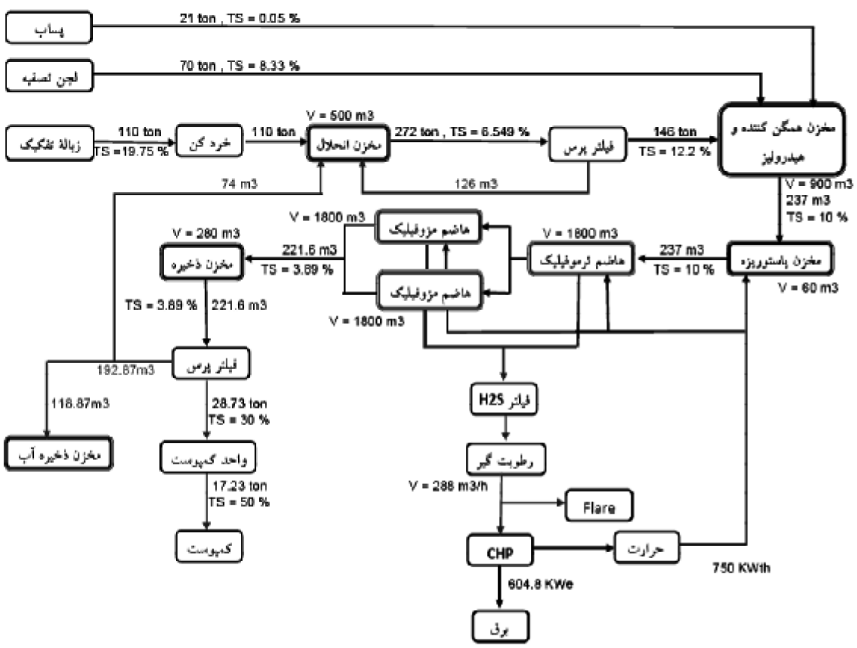
ماده ورودی	مقدار روزانه (تن)	%TS
محلول زباله	۱۴۶	۱۲/۲
لجن تصفیه‌خانه ساوه	۷۰	۸/۳۳
پساب کشتارگاه	۲۱	۰/۵
مجموع خوراک ورودی	۲۳۷	۱۰

جدول(۶)- تولیدات نیروگاه بیوگازی ساوه

پارامتر	مقدار		
گاز تولیدی(m^3/day)	۶۹۳۰	مقدار انرژی الکتریکی در سال (Kwh)- ناخالص	۴/۸۵۰/۴۰۰
توان نیروگاه(Kw)	۶۰۶/۳	مقدار انرژی حرارتی در سال (Kwh)	۶/۲۳۶/۸۰۰
توان حرارتی نیروگاه(Kw)	۷۷۹/۶	میزان کود آلی با ۵۰% رطوبت (ton/year)	۶۲۹۰
کود مایع (آب تولیدی)(m^3/year)	۴۳۴۰۰		



شکل(۴)- طرح مفهومی نیروگاه ساوه- طرح TBW[۶]



شکل(۵)- بالانس جرم نیروگاه بیوگازی ساوه[۷]

۱۰ - ارزیابی اقتصادی نیروگاه بیوگازی ساوه

پـروژه های تولید برق از بیوگاز علاوه بر منافع خصوصـی دارای منافـع اجتماعـی نیز هسـتند. منافـع خصوصـی همـان درآمدهای مسـتقیم و غیر مسـتقیم پروژه اسـت و منافع اجتماعی، هر گونـه پیامدهای خارجی مثبتی اسـت که پروژه می تواند به همراه داشـته باشـد. در این مطالعه هزینه‌های زیسـت محیطی اجتناب شـده ناشی از راه انـدازی و بهره برداری نیـروگاه تولید برق از بیـوگاز به عنوان منافـع اجتماعی پروژه مورد

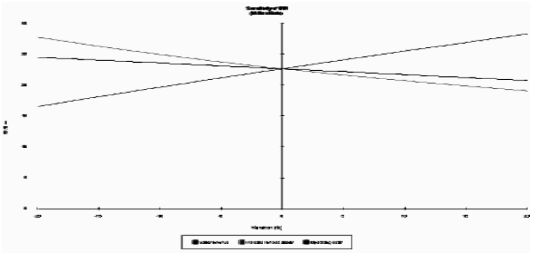
محاســبه قرار نمی‌گیرد ولی موارد قابل محاسبه آن نظیــر اعتبار کربــن و کاهش زمین برای دفن زباله‌ها محاسبه می‌گردد. با راه اندازی این پروژه از یکســری هزینه های زیســت محیطــی پرهیز خواهــد شــد که در واقع جــزء منافــع اجتماعی پروژه به حســاب می آید ولــی از آنجا که اعداد و ارقــام کمی مورد قبول در کشــور وجود ندارد، ارزش کمی آنها قابل محاســبه نمی‌باشــد.

۱۰ – ۱ – تعییــن هزینــه احداث نیــروگاه و هزینه‌های جاری از دیدگاه بخش خصوصی[۷]

بررســی اقتصادی بــا اســتفاده از نرم‌افزار مدل کامپیوتری امکانســنجی COMFAR صورت گرفته و ورودیهای آن بشرح زیر می‌باشد:

- هزینــه ســرمایه‌گذاری اولیــه: ۲۷ میلیارد ریال معادل ۲ میلیون یورو
- زمان احداث و عمر مفید : ۲ سال و ۲۰ سال
- نرخ سود بانکی و نرخ سود آورده: ۱۴% و ۲۰%
- سهم آورده و میزان مالیات بر درآمد: ۲۵% و ۲۵%
- نرخ تنزیل و نرخ تسعیر یورو: ۱۲% و ۱۳۵۰۰ ریال
- هزینــه تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری ســالانه: ۱۵% سرمایه گذاری اولیه
- میزان خالص برق تولیدی و قیمت برق: ۴ میلیون Kwh و ۶۱۷ ریال بر Kwh
- میزان و قیمت کود تولیدی: ۶/۲ هزار تن و ۵۰۰ ریال بر کیلوگرم

شکل(۶)- آنالیز حساسیت نرخ بازگشت داخلی



جدول(۷)- ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت داخلی

RATIOS		
Net Present Value of Total Capital Invested	at 12.00%	21,031.6
Internal rate of return on investment (IRR)	22.64%	
Modified IRR on investment	22.64%	
Net Present Value of Total Equity Capital Invested	at 20.00%	3,843.5
Internal rate of return on equity (IRRE)	26.19%	
Modified IRRE on equity	26.19%	
Net present values discounted to	01/12	

جدول(۸)- جریان مالی پروژه

Items/Years	construction 1	construction 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	18	19	20	scrap
TOTAL CASH INFLOW	15952.8	17294.7	12686.5	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12502.3	8812.4
Inflow funds	15952.8	17294.7	168.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total equity capital	2250.0	2250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total long-term loans	13702.8	15044.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total short-term finance	0.0	0.0	168.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Inflow operation	0.0	0.0	12517.8	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12502.3	0.0
Sales revenue	0.0	0.0	12517.8	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12506.3	12502.3	0.0
Other income	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8812.4
TOTAL CASH OUTFLOW	15952.8	17294.6	14337.8	13156.8	12653.8	12150.7	11647.6	11144.5	5850.2	5850.2	5850.2	5850.2	5850.2	5849.2	168.8
Increase in fixed assets	14270.0	13270.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fixed investments	14000.0	13000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pre-production expenditures (net of interest)	270.0	270.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Increase in current assets	0.0	0.0	675.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Operating costs	0.0	0.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	0.0
Income (corporate) tax	0.0	0.0	796.9	961.7	1129.4	1297.1	1464.8	1632.5	1800.2	1800.2	1800.2	1800.2	1800.2	1799.2	0.0
Financial costs	1682.8	4024.6	4024.6	3353.9	2683.1	2012.3	1341.5	670.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Loan repayment	0.0	0.0	4791.2	4791.2	4791.2	4791.2	4791.2	4791.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	168.8
SURPLUS (DEFICIT)	0.0	0.0	-1651.3	-650.6	-147.5	355.6	858.7	1361.7	6656.1	6656.1	6656.1	6656.1	6656.1	6653.1	8643.7
CUMULATIVE CASH BALANCE	0.0	0.0	-1651.3	-2301.8	-2449.3	-2093.8	-1235.1	126.6	6782.7	13438.8	20094.8	79999.4	86655.5	93308.5	101952.2
Foreign surplus (deficit)	-270.0	-270.0	400.3	384.8	384.8	384.8	384.8	384.8	384.8	384.8	384.8	384.8	384.8	384.8	0.0
Local surplus (deficit)	270.0	270.0	-2051.5	-1035.3	-532.3	-29.2	473.9	977.0	6271.3	6271.3	6271.3	6271.3	6271.3	6268.3	8643.7
Foreign cumulative cash balance	-270.0	-540.0	-139.7	245.0	629.8	1014.5	1399.3	1784.0	2168.8	2553.5	2938.3	6401.0	6785.8	7170.5	7170.5
Local cumulative cash balance	270.0	540.0	-1511.5	-2546.9	-3079.1	-3108.3	-2634.4	-1657.4	4613.9	10885.2	17156.6	73598.4	79869.7	86138.0	94781.7
Net flow of funds	14270.0	13270.0	-8647.1	-8145.1	-7474.3	-6803.6	-6132.8	-5462.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-168.8
NORMAL PAYBACK	at 0.00%	5.78 years	6												
DYNAMIC PAYBACK	at 12.00%	7.91 years	8												

- ظرفیـت حرارتـی نیـروگاه (خالص) و سـاعت کارکـرد سـالانه : ۵۰۰ کیلـووات حرارتی و ۸۰۰۰ سـاعت که باعث صرفه جویـی در مصرف گازوئیل بمیـزان ۳۰۰۰۰۰ لیتر و به ارزش ۱۶۵ ریال بر لیتر می‌گردد.
- هزینـه ثبتCDM و قیمت CER: ۴۰ هزار یورو و ۶ یورو بر تن معادل CO_2
- مـواد بازیافتـی و قیمت فـروش: ۳۰۰۰ تن و ۱ میلیون ریال بر تن
- مـواد ورودی و Gatefee : بطور متوسـط معادل ۵۰۰۰۰ تن و ۷۰۰۰۰ ریال بر تن

۱۰-۲- نتایج بررسی اقتصادی:

- ارزش فعلـی خالـص کل بـا نـرخ تنزیل ۱۲%: ۲۱۰۳۱/۶ میلیون ریال
- نرخ بازگشت داخلی سرمایه با نرخ تنزیل ۱۲%: %۲۲/۶۴
- ارزش فعلـی خالص آورده با نـرخ تنزیل ۲۰%: ۳۸۴۳/۵ میلیون ریال
- نرخ بازگشت داخلی سرمایه با نرخ تنزیل ۲۰%: %۲۶/۱۹
- بهره بانکی دوره ساخت: ۵۷۰۷/۴۴ میلیون ریال
- سرمایه در گردش: ۱۰۱۲/۵ میلیون ریال
- درآمد سـالانه: ۱۲۵۱۷/۸ میلیـون ریال(۲۴۶۸ بـرق- ۳۱۰۰ کمپوسـت- ۳۰۰۰ بازیافت- ۳۵۰۰ Gatefee و صرفـه جویی گازوییـل ۴۹/۵ و ۴۰۳/۶ اعتبار کربن)

۱۱- بحث و نتیجه گیری:

از بررسی اقتصادی صورت گرفته معلوم می‌گردد که پروژه از توجیه اقتصـادی جهت اجرا برخوردار می‌باشـد. نـرخ بازگشـت داخلی سـرمایه و آورده سرمایه‌گذار نشـان میدهد که این سـرمایهگذاری ریسـک‌پذیر بـوده و از درآمـد مناسـبی برخوردار اسـت. بعلاوه این پروژه باعث کاهش مقادیر زیادی گازهـای گلخانه‌ای و نیـز آلاینده‌های آب و خاک و هوا می‌گردد.

۱۲- مراجع:

[۱]- نصیری جواد ، بررسـی و مقایسه فنآوری‌های تولید برق از پسـماندهای جامد شهری، سـومین همایش ملی پسماند، اردیبهشت ۱۳۸۵

[۲]- دفتر زیست توده آمریکا ، برنامه اجرایی زیست توده، ۲۰۰۷

[۳]- برنامه بیوگاز اروپا ، ۲۰۰۵

[۴]- نظری، علی و شعبانی کیا اکبر ، بررسی تولید بیوگاز از آلاینده‌های جامد و مایع شهر ساوه

[۵]- نظری، علی و شعبانی کیا اکبر ، بررسی تولید بیوگاز از آلاینده‌هـای جامد و مایع شـهر سـاوه در هاضم نیمه صنعتی

[۶]- طـرح اولیه شـرکت TBW برای تولیـد بیوگاز از آلاینده‌های جامد و مایع شهر ساوه

[۷]- نصیـری، جواد و نظـری، علی و شـعبانی کیا اکبر، امکان‌سنجی تولید برق، حرارت و کود از پسماندهای جامد و مایع شهر ساوه