

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی زیست محیطی

مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهرستان شاهرود

مهری باقر کاظمی

استاد راهنما :

دکتر ناصر حافظی مقدس

اساتید مشاور:

دکتر هادی قربانی

دکتر ناصر حاج محمدی

پایان نامه تحصیلی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیرماه ۱۳۸۸



دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم مهری باقر کاظمی

تحت عنوان: مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهرستان شاهرود

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : هادی قربانی		نام و نام خانوادگی : ناصر حافظی مقدس
	نام و نام خانوادگی : ناصر حاج محمدی		

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

تقدیم به

مادرم که هماره دشت زندگیم نیازمند بارش عشق او بوده است و بس

تقدیر و تشکر

سپاس بی‌کران خداوندی را که مرا یاری نمود تا در راه علم و دانش گام بگذلرم و یاریم نمود تا بدانم که هستم. اکنون که به لطف و عنایت حق تعالی کار نگارش و تدوین این تحقیق به پایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم از کلیه سروران گرامی که مرا در انجام این امر یاری بخش بوده‌اند قدردانی مختصری به عمل آورم.

در ابتدا از تلاش بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزنده استاد ارجمند و بزرگوارم جناب آقای دکتر ناصر حافظی مقدس که پدرا نه و دلسوزانه در این امر مرا یاری نمودند، کمال تشکر را داشته و از درگاه پروردگار متعال برای ایشان پیروزی و بهروزی خواستارم.

از راهنمایی‌های ارزنده مشاور عزیز و محترم جناب آقای دکتر هادی قربانی که در بهبود این تحقیق نقش موثری ایفا کرده اند سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر کرمی ریاست محترم دانشکده علوم زمین، جناب آقای دکتر فردوست نماینده محترم تحصیلات تکمیلی، و کارشناسان محترم دانشکده زمین شناسی، جناب آقایان شاه حسینی، میرباقری، خانعلی زاده و سرکار خانم سعیدی به جهت مساعدت‌های ایشان قدردانی می‌نمایم. از دوستان گرانبها و ارجمندم سرکار خانم‌ها مهندس پوررحیم، حیدری، نیکنامی، میرکی و قزی و برادران ارجمندم آقایان مهندس حسی، نعیمی و یوسفی بخصوص برادر بزرگوار آقای مهندس مرتضی رحیمی که در پیش برد این تحقیق بسیار موثر بوده‌اند سپاسگذاری نموده و آرزوی موفقیت روزافزون برای ایشان دارم.

هم چنین از کلیه عزیزانی که در تمامی مراحل انجام این تحقیق به نحوی راهنمای اینجانب بوده اند کمال تشکر را دارم هرچند ذکر نام ایشان در این بخش نمی‌گنجد.

در پایان جا دارد از خانواده بزرگوارم بویژه مادر عزیز و بزرگوارم به خاطر ایثار و زحمات بی‌شائبه ایشان و دعا‌های خیرشان که در تمامی مراحل زندگی یاری‌گر این حقیر بوده اند نهایت تشکر را داشته و دستبوس محبت‌های ایشان باشم.

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد .

تیر ماه ۱۳۸۸

چکیده

شهرستان شاهرود با وسعت 51419 Km^2 بزرگترین شهرستان استان سمنان است و با توجه به موقعیت جغرافیایی و نیز قرار گرفتن در مسیر تهران- مشهد، شرایط رو به رشدی را داراست. از سوی دیگر به دلیل کمبود منابع آبی در منطقه حفاظت از منابع آب سطحی و زیرزمینی و توجه به مدیریت اصولی مواد زائد جامد و یافتن مکانی مناسب جهت دفن بهداشتی پسماندها در این شهرستان ضروری می‌نماید. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی وضعیت کنونی مدیریت پسماندها در شهرستان، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محل دفن کنونی و ارائه روش‌های اجرایی جهت بهبود مدیریت پسماند در این شهرستان صورت گرفته است. برای نیل به این اهداف، اطلاعات موجود از وضعیت پسماندها از شهرداری شاهرود اخذ گردیده و کمیت و کیفیت پسماندهای شهری به وسیله نمونه‌برداری از آنها تعیین گردید. مطالعه پسماندهای منطقه نشان داد که بیش از ۹۰٪ پسماندهای شهرستان قابلیت بازیافت دارند و از این مقدار بیش از ۶۰٪ مواد آلی می‌باشد که قابل تبدیل به کمپوست است. جهت ارزیابی آلودگی احتمالی خاک و منابع آب زیرزمینی و سطحی ۱۱ نمونه خاک و ۲ نمونه آب از اطراف محل دفن پسماند برداشت گردید و پارامترهای مختلف BOD، COD و فلزات سنگین آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان‌دهنده آلودگی خاک و منابع آب سطحی در منطقه می‌باشد. بالا بودن نفوذپذیری خاک به صورت نفوذپذیری افقی از جمله دلایل انتقال سریع شیرابه به سفره آب سطحی می‌باشد. همچنین در این تحقیق با بهره‌گیری از پارامترهایی نظیر زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، توپوگرافی، منابع آب سطحی و زیرزمینی، راه‌های دسترسی و مناطق مسکونی که اهمیت بسزایی در مکانیابی محل دفن دارند، و با استفاده از نرم‌افزار GIS، نقشه استعداد داری جهت دفن پسماندهای شهری در شعاع ۳۰ کیلومتر از شهر شاهرود تهیه شده و در نهایت با بهره‌گیری از دو روش AHP و ماتریس زیست‌محیطی، بهترین مکان برای دفن پسماند در محدوده مورد مطالعه پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: مدیریت پسماند، ارزیابی اثرات زیست محیطی، مکانیابی محل دفن، پسماند جامد شهری، شاهرود.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- مشخصات عمومی شهر	۳
۳-۱- آب وهوا	۴
۴-۱- زمین ریخت شناسی	۷
۵-۱- چینه شناسی	۸
۶-۱- آب شناسی	۱۳
۷-۱- طبقه بندی خاک	۱۴
۸-۱- جمعیت	۱۶

فصل دوم: مدیریت پسماندهای جامد شهری

۱-۲- مقدمه	۱۸
۲-۲- تعریف و طبقه بندی زباله های شهری	۱۹
۳-۲- مدیریت مواد زائد جامد شهری	۲۲
۱-۳-۲- کاهش در مبدا	۲۲
۲-۳-۲- تولید	۲۳
۳-۳-۲- جابجایی و ذخیره مواد زائد جامد شهری در محل تولید	۲۴
۴-۳-۲- جمع آوری مواد زائد جامد	۲۴
۵-۳-۲- پردازش	۲۵
۶-۳-۲- بازیافت	۲۵
۱-۶-۳-۲- بازیافت شیشه	۲۷
۲-۶-۳-۲- بازیافت پلاستیک	۲۷
۳-۶-۳-۲- بازیافت کاغذ	۲۸
۴-۶-۳-۲- کمپوست	۲۹
۵-۶-۳-۲- بازیافت با تجزیه حرارتی	۳۰
۶-۶-۳-۲- بازیافت انرژی	۳۱

۳۱	 ۲-۳-۷- دفع
۳۲	 ۲-۳-۷-۱- سوزاندن زباله
۳۴	 ۲-۳-۷-۲- دفن بهداشتی
۳۵	 ۲-۴- معیارهای مکانیابی محل دفن پسماند
۳۹	 ۲-۵- آماده سازی محل دفن
۴۲	 ۲-۶- انواع مدفن
۴۴	 ۲-۷- لایه نهایی پوشش مدفن
۴۶	 ۲-۸- اثرات زیست محیطی محل دفن زباله
۴۷	 ۲-۸-۱- شیرابه
۴۸	 ۲-۸-۲- مشخصات ساختمانی و نشست زمین‌های دفن
۴۹	 ۲-۹- پسماندهای پزشکی و بیمارستانی
۴۸	 ۲-۹-۱- تعریف پسماندهای پزشکی و روش‌های دفع
۵۰	 ۲-۹-۲- وضعیت پسماندهای بیمارستانی در ایران

فصل سوم: مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهرستان شاهرود

۵۳	 ۳-۱- مقدمه
۵۴	 ۳-۲- تاریخچه دفن پسماند در شهرستان شاهرود
۵۶	 ۳-۳- برآورد کمیت پسماندهای شهری
۵۸	 ۳-۴- محاسبه فضای مورد نیاز برای دفن
۵۸	 ۳-۵- وضعیت کیفی و آنالیز فیزیکی زباله‌های شهری
۶۲	 ۳-۶- پسماندهای بیمارستانی

فصل چهارم: ارزیابی اثرات زیست محیطی محل دفن

۶۵	 ۴-۱- مقدمه
۶۶	 ۴-۲- مطالعه روش‌های نشت و نفوذ شیرابه
۶۶	 ۴-۲-۱- فرآیند ادوکشن
۶۷	 ۴-۲-۲- فرآیند انتشار
۶۷	 ۴-۲-۳- فرآیند پراکنش فیزیکی
۶۸	 ۴-۲-۴- فرآیندهای کاهش آلودگی

۶۸	۳-۴- پارامترهای موثر در انتقال آلودگی
۶۹	۴-۴- بررسی اختصاصات محل دفن کنونی شهرستان شاهرود
۶۹	۴-۴-۱- زمین شناسی محل دفن
۷۰	۴-۴-۲- بررسی خواص فیزیکی خاک محل دفن
۷۳	۴-۴-۳- نتایج آزمایش‌های شناسایی خاک
۷۶	۴-۴-۵- بررسی مشکلات موجود در محل دفن
۷۶	۴-۴-۱- کنترل قطعات سبک زباله
۷۷	۴-۴-۲- عدم تفکیک زباله عفونی، بی خطر و فسادپذیر
۷۹	۴-۴-۳- عدم پوشش سطحی زباله‌های قدیمی
۸۲	۴-۵- ارزیابی خصوصیات شیرابه
۸۳	۴-۶- ارزیابی آلودگی منابع آبی در پایین دست محل دفن
۸۶	۴-۷- ارزیابی آلودگی خاک
۸۹	۴-۸- نتایج COD، BOD شیرابه و آب پایین دست

فصل پنجم: مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری در شهرستان شاهرود

۹۵	۵-۱- مقدمه
۹۶	۵-۲- شناسایی و حذف مناطق ممنوعه
۹۹	۵-۳- رده بندی و امتیازدهی به پارامترها
۹۹	۵-۳-۱- زمین شناسی (سنگ شناسی)
۱۰۱	۵-۳-۲- توپوگرافی (شیب)
۱۰۲	۵-۳-۳- عمق آب زیرزمینی
۱۰۴	۵-۳-۴- کیفیت آب زیرزمینی
۱۰۶	۵-۳-۵- فاصله از شهر
۱۰۶	۵-۳-۶- فاصله از خطوط ارتباطی
۱۰۸	۵-۳-۷- خاک شناسی
۱۰۹	۵-۳-۸- خطوط انتقال نیرو
۱۱۰	۵-۳-۹- منابع قرضه
۱۱۰	۵-۴- انتخاب روش تحلیل
۱۱۰	۵-۴-۱- وزن دهی افزودنی ساده (SAW)

- ۱۱۲-۲-۴-۵- نحوه مکانیابی به روش SAW در محدوده شهرستان شاهرود.....
- ۱۱۲-۱-۲-۴-۵- امتیازدهی به لایه های اطلاعاتی.....
- ۱۱۴-۳-۲-۴-۵- همپوشانی لایه های اطلاعاتی.....
- ۱۱۶-۲-۴-۵- فرآیند سلسله مراتب تحلیلی (AHP).....
- ۱۲۴-۳-۴-۵- مکانیابی به روش AHP در شهرستان شاهرود.....
- ۱۲۴-۱-۳-۴-۵- ساختن سلسله مراتب.....
- ۱۲۵-۲-۳-۴-۵- امتیاز دهی به معیارها.....
- ۱۲۸-۴-۴-۵- ارزیابی اثرات زیست محیطی.....
- ۱۳۰-۵-۴-۵- ماتریس زیست محیطی.....
- ۱۳۱-۱-۵-۴-۵- فاکتورهای فیزیکی.....
- ۱۳۲-۲-۵-۴-۵- فاکتورهای بیولوژیکی.....
- ۱۳۳-۳-۵-۴-۵- شرایط اجتماعی و اقتصادی.....
- ۱۳۴-۶-۴-۵- ارزیابی زیست محیطی پهنه های منتخب دفن پسماند شهرستان شاهرود.....

فصل ششم: نتیجه گیری و ارائه راهکار و پیشنهادات

- ۱۴۶-۱-۶- مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهرستان.....
- ۱۴۶-۲-۶- ارزیابی اثرات زیست محیطی در محل دفن کنونی.....
- ۱۴۷-۳-۶- مکانیابی محل دفن پسماندهای جامد شهری.....
- ۱۴۸-۴-۶- پیشنهادات.....

منابع و مآخذ

- ۱۵۰-۱-۶-۴-۴- منابع فارسی.....
- ۱۵۶-۲-۶-۴-۴- منابع لاتین.....

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) - موقعیت شهر شاهرود در منطقه ۵
- شکل (۲-۱) - گلباد سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود ۷
- شکل (۳-۱) - نمایی از آهک‌های شمال منطقه ۱۰
- شکل (۴-۱) - نقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی شهرستان شاهرود ۱۲
- شکل (۵-۱) - نقشه خاک‌شناسی محدوده مطالعاتی شهرستان شاهرود ۱۵
- شکل (۱-۲) - الف) - مدفن نوع "ج" ۴۴
- شکل (۲-۲) - ب) - مدفن نوع "ه" ۴۴
- شکل (۲-۲) - پوشش کامل محل دفن ۴۶
- شکل (۱-۳) - نمایی از ترانسه دفن ۵۵
- شکل (۲-۳) - نحوه قرار گیری لوله های جمع آوری گاز ۵۵
- شکل (۳-۳) - درختکاری در پایین دست محل دفن ۵۶
- شکل (۴-۳) - نمودار تفکیک مواد زائد در سال ۱۳۸۰ ۶۰
- شکل (۵-۳) - نمودار تفکیک مواد زائد انجام شده در مطالعه حاضر (مهر و آبان ۸۷) ۶۱
- شکل (۶-۳) - تفکیک مواد زائد ارائه شده در طرح مدیریت پسماند سال ۱۳۸۷ ۶۲
- شکل (۱-۴) - شکل شماتیک حرکت آلاینده ها در جهت حرکت آب های زیرزمینی ۶۶
- شکل (۲-۴) - شکل شماتیک نحوه انتقال آلاینده ها به روش انتشار ۶۷
- شکل (۳-۴) - فرآیندهای پراکنش فیزیکی در مقیاس میکروسکوپی ۶۸
- شکل (۴-۴) - نقشه زمین شناسی محدوده مدفن - برگرفته از نقشه زمین شناسی (۱/۱۰۰۰۰۰) ۷۱
- شکل (۵-۴) - نقشه موقعیت محل دفن در منطقه ۷۲
- شکل (۶-۴) - نمایی از خاک لایه زیرین ترانسه ۷۴
- شکل (۷-۴) - نمودار لگاریتمی دانه بندی خاک کف ترانسه ۷۵
- شکل (۸-۴) - حد روانی و شاخص پلاستیسیته در نمودار کاساگرانده ۷۵
- شکل (۹-۴) - جهت وزش باد غالب و روند ترانسه ها ۷۶
- شکل (۱۰-۴) - نمایی از شیرابه خروجی در اثر فشرده شدن هنگام دفن ۷۸
- شکل (۱۱-۴) - جاری شدن شیرابه در لایه زیرین ترانسه ۷۸
- شکل (۱۲-۴) - تخلیه پسماندهای کشتارگاه به ترانسه ۷۹
- شکل (۱۳-۴) - نمایی از برونزد پسماندهای قدیمی ۸۰
- شکل (۱۴-۴) - موقعیت نقاط نمونه برداری ۸۱

- شکل (۴-۱۵) - دندوگرام خوشه‌ای همبستگی عناصر خاک ۸۸
- شکل (۵-۱) - نقشه حریم‌های ممنوعه در طرح ۹۵
- شکل (۵-۲) - طبقه بندی سنگ شناسی منطقه ۹۷
- شکل (۵-۳) - طبقه بندی شیب منطقه ۹۹
- شکل (۵-۴) - نقشه موقعیت منابع آبی منطقه ۱۰۰
- شکل (۵-۵) - طبقه بندی عمق آب منطقه ۱۰۱
- شکل (۵-۶) - طبقه بندی کیفیت آب منطقه ۱۰۲
- شکل (۵-۷) - طبقه بندی منطقه به لحاظ فاصله از راه ۱۰۴
- شکل (۵-۸) - طبقه بندی خاک منطقه ۱۰۵
- شکل (۵-۹) - طبقه بندی منطقه به لحاظ فاصله از خطوط انتقال نیرو ۱۰۶
- شکل (۵-۹) - نقشه همپوشانی لایه های اطلاعاتی ۱۱۲
- شکل (۵-۱۰) - پهنه های انتخابی نهایی برای دفن پسماند ۱۱۲
- شکل (۵-۱۱) - نمایش گرافیکی سلسله مراتب انتخاب ماشین مناسب ۱۱۴
- شکل (۵-۱۲) - گزینه های در تحلیل سلسله مراتبی مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری ۱۲۱

فهرست جداول

جدول (۱-۱) - آمار سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود.....	۶
جدول (۲-۱) - توالی چینه شناسی محدوده.....	۱۱
جدول (۱-۲) - مزایا و معایب بازیافت پسماندهای شهری.....	۲۷
جدول (۲-۲) - مزایا و محدودیتهای روش زباله‌سوزی.....	۳۳
جدول (۳-۲) - مزایا و معایب دفن بهداشتی.....	۳۵
جدول (۴-۲) - دسته بندی نفوذپذیری خاک‌ها برای دفن پسماند.....	۳۶
جدول (۵-۲) - طبقه‌بندی زمین‌شناسی محل دفن پسماندها.....	۳۸
جدول (۱-۳) - محاسبه جمعیت بر مبنای نرخ رشد.....	۵۷
جدول (۲-۳) - محاسبه میزان زباله تولیدی تا سال ۱۴۲۰.....	۵۷
جدول (۳-۳) - تفکیک مواد زائد انجام شده در تحقیق (مهر و آبان ۱۳۸۷).....	۵۹
جدول (۴-۳) - تفکیک اجزاء پسماند در برخی شهرهای ایران و جهان.....	۶۱
جدول (۱-۴) - استاندارد آب آشامیدنی و کشاورزی در مراجع مختلف (mg/lit).....	۸۴
جدول (۲-۴) - نتایج آنالیز عناصر آب و شیرابه.....	۸۵
جدول (۳-۴) - نتایج آنالیز عناصر خاک.....	۸۷
جدول (۴-۴) - گروه بندی نتایج آنالیز خاک.....	۸۹
جدول (۵-۴) - میزان مواد آلی موجود در نمونه‌ها.....	۸۹
جدول (۱-۵) - حریم‌های ممنوعه ارائه شده توسط سازمان‌ها و کارشناسان مختلف.....	۹۴
جدول (۲-۵) - حریم‌های مورد استفاده برای مناطق ممنوعه.....	۹۵
جدول (۳-۵) - نحوه تقسیم بندی محدوده بر مبنای لایه‌های سنگ شناسی.....	۹۷
جدول (۴-۵) - نحوه تقسیم بندی محدوده بر مبنای معیار شیب.....	۹۸
جدول (۷-۵) - نحوه تقسیم بندی بر مبنای عمق آب زیرزمینی.....	۱۰۰
جدول (۶-۵) - نحوه طبقه بندی محدوده بر مبنای کیفیت آب (EC).....	۱۰۲
جدول (۷-۵) - تقسیم بندی محدوده بر مبنای فاصله از انتهای حریم شهر.....	۱۰۳
جدول (۸-۵) - طبقه بندی محدوده بر مبنای فاصله از راه.....	۱۰۴
جدول (۹-۵) - نحوه تقسیم بندی محدوده بر مبنای خاک منطقه.....	۱۰۵
جدول (۱۰-۵) - طبقه بندی محدوده بر مبنای فاصله از خطوط انتقال نیرو.....	۱۰۶
جدول (۱۲-۵) - نحوه امتیاز دهی به لایه‌های اطلاعاتی اقتصادی.....	۱۱۰
جدول (۱۳-۵) - رده بندی نهائی امتیازات.....	۱۱۱

- جدول (۵-۱۴) - مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی بین پارامترها ۱۱۶
- جدول (۵-۱۵) - مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی بین پارامترها ۱۱۷
- جدول (۵-۱۶) - مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی بین پارامترها ۱۱۷
- جدول (۵-۱۷) - وزن نسبی معیارها نسبت به یکدیگر ۱۲۲
- جدول (۵-۱۹) - وزن نهایی هر معیار ۱۲۳
- جدول (۵-۲۰) - امتیاز نهایی ۱۲۵
- جدول (۵-۲۱) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۱ (محل دفن کنونی) ۱۳۲
- جدول (۵-۲۲) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۲ ۱۳۳
- جدول (۵-۲۳) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۳ ۱۳۴
- جدول (۵-۲۴) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۴ ۱۳۵
- جدول (۵-۲۵) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۵ ۱۳۶
- جدول (۵-۲۶) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۶ ۱۳۷
- جدول (۵-۲۷) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۷ ۱۳۸
- جدول (۵-۲۸) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۸ ۱۳۹
- جدول (۵-۲۹) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۹ ۱۴۰
- جدول (۵-۳۰) - نتایج ماتریس اثرات زیست محیطی ۹ پهنه انتخابی ۱۴۱
- جدول (۵-۳۰) - نتایج ماتریس لئوپولد ۱۴۴

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

آلودگی‌های ناشی از دفع بی‌رویه مواد زائد جامد یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات موجود در کشور بوده و مطالعات موجود نشان می‌دهند که پدیدار شدن اثرات این بحران یکی از شاخص‌ترین زمینه‌های بوجود آورنده انواع معضلات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی شهرهای بزرگ کشور به‌شمار می‌رود.

متأسفانه تلقی نادرست از دفن بهداشتی باعث شده که شهرداری‌ها که متولیان مدیریت مواد زائد جامد شهری می‌باشند، صرفاً حفر یک گودال و قرار دادن زباله در آن و پوشاندن با خاک را دفن بهداشتی تلقی نمایند. لیکن دفن بهداشتی مقوله‌ای است دارای مراحل دقیق که نیاز به انجام مطالعات و بررسی‌های کامل دارد.

در حال حاضر حدود ۹۲٪ از مواد زائد جهان دفن می‌شود و نیز این حجم عظیم پسماندها مشکلات زیست محیطی عدیده‌ای به همراه دارد که از جمله آنها آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از نشت و نفوذ شیرابه در جایگاه‌های دفن مواد زائد را می‌توان نام برد. در این میان انتخاب محل دفن مناسب که به خودی خود می‌تواند باعث کاهش بسیاری از اثرات سوء زیست محیطی موجود در یک محل دفن شود، از اهمیت خاصی برخوردار است [۵۳]. مدیران شهری در کشورهای مختلف صنعتی و در حال توسعه با توجه به روند رو به رشد تولید مواد زائد ناگزیر به صرف هزینه‌های گزاف بوده و در پی یافتن بهداشتی‌ترین و اقتصادی‌ترین گزینه‌ها می‌باشند که بتوانند فشار وارده بر اقتصاد را کاهش دهند و از خسارات به زمین و منابع طبیعی بکاهند [۸].

در مطالعه حاضر مدیریت پسماندها در شهرستان شاهرود شامل نحوه جمع‌آوری، حمل و نقل، بازیافت و دفن زباله‌های شهری بررسی شده و همچنین با تهیه نقشه استعدادداری، مکان مناسب جایگزین جهت مکان دفن کنونی معرفی گردیده است. در راستای این تحقیق، حجم زباله شهری در یک دوره یک ماهه با نمونه‌گیری از ۳۰۰ خانوار برآورد شده است. همچنین جهت ارزیابی اثرات زیست محیطی در محل دفن کنونی تعدادی نمونه آب و خاک برداشت گردیده و آزمایشات مختلف شیمیایی و فیزیکی بر روی آنها صورت گرفت.

۱-۲- مشخصات عمومی شهر

شهرستان شاهرود با وسعت ۵۱۴۱۹ کیلومتر مربع بزرگترین شهرستان استان سمنان است. مرکز شهر دارای طول جغرافیایی ۵۸°۵۵ شرقی و عرض جغرافیایی ۲۵°۳۶ شمالی است. شهر شاهرود با توجه به شرایط و موقعیت خاص جغرافیایی از خصوصیات بارزی برخوردار می‌باشد. این شهر در دامنه جنوبی کوه‌های درسوراخ و قله کوه واقع گردیده که خود بخشی از سلسله جبال البرز (شرقی) است.

این شهر در مسیر جاده اصلی تهران- مشهد و در حاشیه شمالی استان سمنان واقع شده است. مسیر ارتباطی آن از طریق جاده آسفalte شاهرود- آزاد شهر که از گردنه خوش ییلاق می‌گذرد با شمال کشور برقرار می‌شود. هم چنین راه آهن تهران- مشهد از جنوب شرق شهر می‌گذرد. مرکز شهر دارای ارتفاعی حدود ۱۳۸۵ متر و بلندترین نقطه مسکونی شهر دارای ارتفاعی حدود ۱۴۲۵ متر و بلندترین نقطه ارتفاعی در کوه قله واقع در شمال غرب شهر دارای ارتفاعی حدود ۱۶۶۰ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. مساحت بخش مسکونی و باغات معادل حدود ۳۵ کیلومتر مربع است.

شهر شاهرود در حدود ۱۸۰ سال قبل به صورت دو قلعه قدیمی و یک مزرعه کوچک شبدری متصل به یکدیگر با جمعیت حدود ۵۰۰۰ نفر بوده است. به لحاظ موقعیت مناسب شهر در منطقه و به دلیل افزایش

حجم مبادلات تجاری با سایر نواحی و نیز استقرار ادارات عمده ای از قبیل راه آهن شرق ایران و شرکت زغالسنگ البرز شرقی و پادگان مهم ارتش، این شهر رشد و گسترش زیادی پیدا نمود و هم‌اینک بزرگ‌ترین و پر جمعیت‌ترین شهر استان سمنان محسوب می‌شود. شهر بسطام دومین شهر بزرگ منطقه است. مهم‌ترین روستاهای منطقه روستای مجن واقع در شمال‌غرب شاهرود و دهملا در جنوب غرب شاهرود د، قلعه شوکت نظام و تل واقع در جنوب شاهرود می‌باشند.

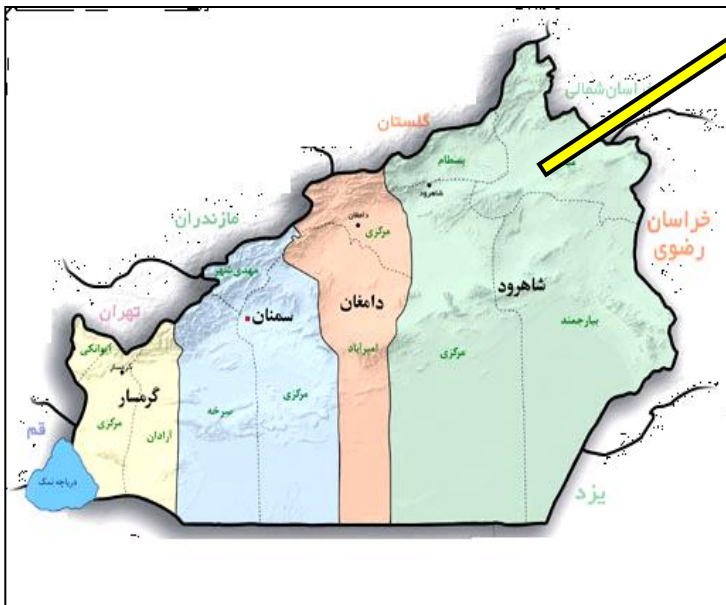
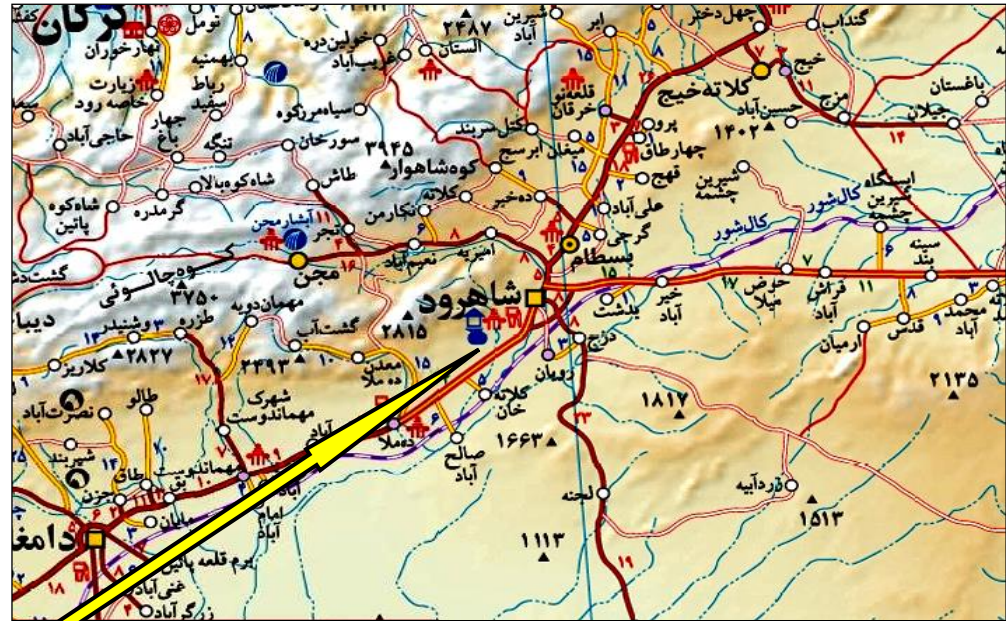
راه‌های اصلی منطقه مورد مطالعه جاده‌های درجه یک (آسفالته) دامغان به شاهرود، شاهرود به بسطام و مجن، شاهرود به تروود و جاده معدن طزره می‌باشد. سایر جاده‌های منطقه از نوع جاده‌های درجه دو مانند جاده معدن آموزشی دهملا و جاده‌های درجه سه می‌باشد که مجموعاً دستیابی به برونزدهای منطقه امکان‌پذیر نموده است [۵۸].

۱-۳- آب و هوا

شهر شاهرود دارای آب و هوای نیمه بیابانی با زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های معتدل می‌باشد. در این ناحیه رطوبت نسبی پایین است. این شهر از نظر طبقه بندی کوپن، جزء اقلیم های بیابانی و خشک طبقه بندی می‌شود. اما اقلیم آن با اقلیم‌های بیابانی عاری از پوشش گیاهی که بارندگی در آن‌ها ندرتاً صورت می‌گیرد متفاوت بوده و دارای پوشش گیاهی و زمستان سرد است. بخش اعظم بارندگی آن بصورت رگبارهای تند و موضعی در فصول زمستان و بهار است که باعث طغیان خشک رودها شده و آب را به سرعت از دسترس خارج می‌کند و به سوی کویر مرکزی روانه می‌سازد [۵۶].

در جدول (۱-۱) میانگین خصوصیات آب و هوایی ثبت شده در ایستگاه شاهرود نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که میانگین بارش سالانه شاهرود، ۱۶۶/۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۴/۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. در شکل (۱-۲) گلباد منطقه توسط نرم افزار WR Plot رسم گردیده است. همانطور

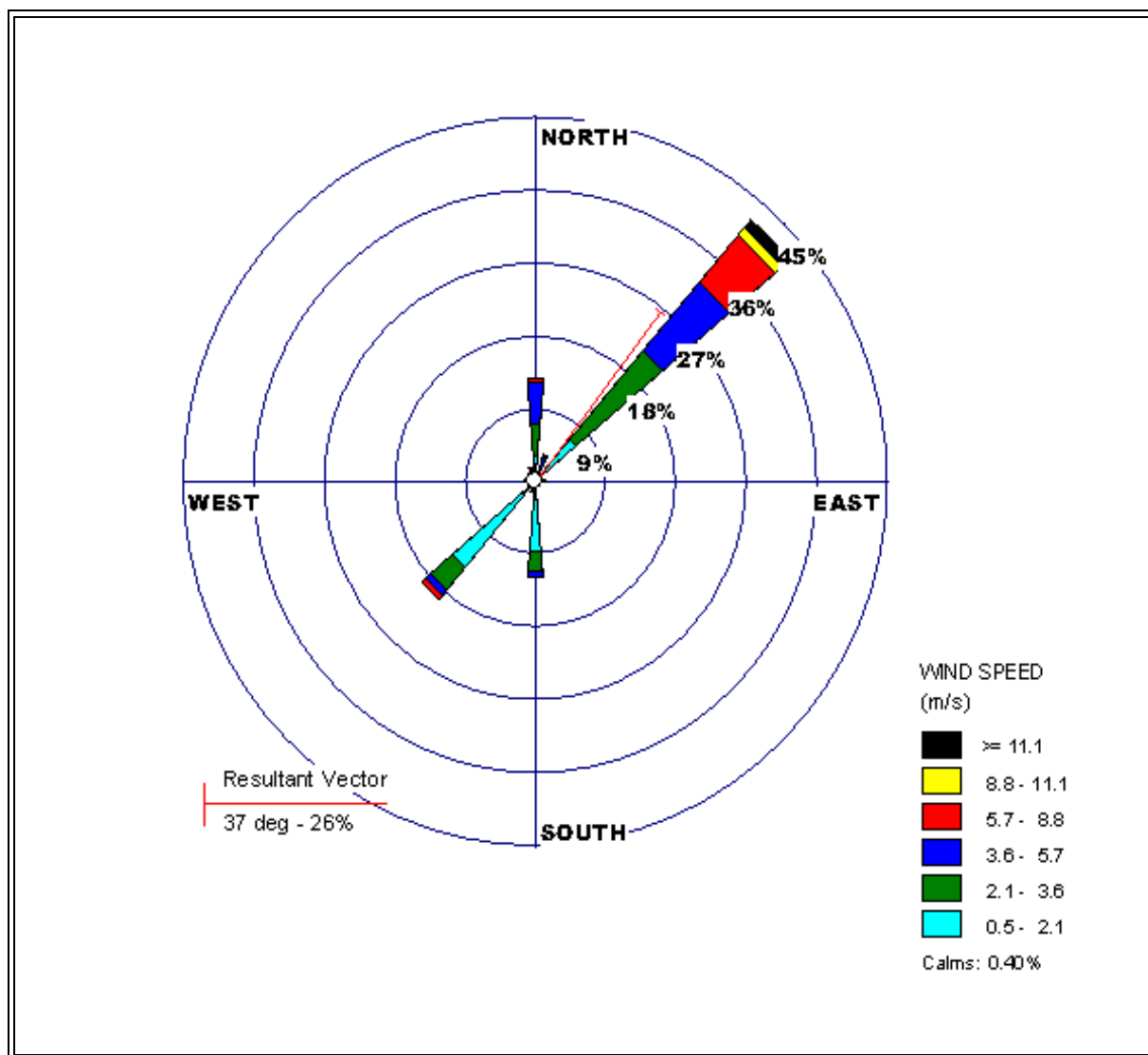
که مشاهده می‌گردد، باد غالب شاهرود، باد شمال شرقی است که از اسفند ماه شروع شده و سرعت و شدت آن کم کم رو به افزایش گذاشته و در تابستان به حداکثر می‌رسد. باد شمال در بهار و تابستان از حیث سرعت و شدت دارای اهمیت بوده و باد جنوب غرب نیز در زمستان و بهار قابل توجه می‌باشد.



شکل (۱-۱) - موقعیت و حدود جغرافیایی شهرستان شاهرود

جدول (۱-۱) - آمار سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود

سال آماری	حداقل دمای سالانه (°C)	حداکثر دمای سالانه (°C)	متوسط دمای سالانه (°C)	میانگین بارش سالانه (mm)	میانگین تبخیر و
۱۳۵۸	-۹	۳۹	۱۴/۹	۲۰۷/۶	-
۱۳۵۹	-۱۱	۳۸	۱۳/۸	۲۰۱/۷	-
۱۳۶۰	-۶	۳۹	۱۵/۴	۱۴۱/۲	-
۱۳۶۱	-۱۲/۴	۳۸/۴	۱۳/۶	۱۹۸/۴	-
۱۳۶۲	-۱۱/۶	۴۲	۱۴/۲	۹۶	-
۱۳۶۳	-۱۰/۸	۳۷/۸	۱۳/۷	۱۸۳/۷	-
۱۳۶۴	-۱۰/۶	۳۸/۴	۱۴/۵	۷۸/۷	-
۱۳۶۵	-۹	۳۷/۶	۱۳/۹	۱۸۴	-
۱۳۶۶	-۵/۶	۳۷	۱۴/۶	۱۷۷/۷	-
۱۳۶۷	-۷/۶	۳۷/۸	۱۴/۵	۱۶۱/۹	-
۱۳۶۸	-۱۰	۳۹/۲	۱۴/۵	۱۴۸/۹	-
۱۳۶۹	-۹/۲	۳۸/۴	۱۲/۸	۲۸۵/۵	-
۱۳۷۰	-۱۰/۴	۳۷/۸	۱۳/۹	۲۷۹/۶	-
۱۳۷۱	-۲/۹	۳۸/۴	۱۲/۸	۲۵۸/۵	-
۱۳۷۲	-۸	۳۷	۱۳/۶	۲۲۷/۷	-
۱۳۷۳	-۷/۶	۳۸/۴	۱۵/۰	۱۱۰/۹	-
۱۳۷۴	-۷/۲	۴۰/۸	۱۴/۶	۲۲۷/۸	۶۹/۸
۱۳۷۵	-۸	۳۷/۲	۱۴/۹	۹۲/۸	۱۳۵/۴
۱۳۷۶	-۸/۷	۳۹/۸	۱۵/۳	۱۵۷/۵	۱۵۵/۵
۱۳۷۷	-۷	۴۰	۱۶/۳	۱۳۸/۷	۱۶۵/۰
۱۳۷۸	-۷/۷	۳۷/۸	۱۵/۱	۱۳۹/۱	۱۵۷/۷
۱۳۷۹	-۶/۹	۳۸/۶	۱۵/۹	۱۲۶/۹	۱۷۲/۳
۱۳۸۰	-۶	۳۸/۶	۱۶/۴	۹۰/۳	۱۵۷/۰
۱۳۸۱	-۶/۴	۳۹/۴	۱۵/۶	۱۶۲/۷	۱۴۵/۹
۱۳۸۲	-۸/۷	۴۰/۴	۱۵/۵	۱۷۴/۸	۱۶۰/۷
۱۳۸۳	-۸/۵	۳۸/۶	۱۵/۲	۱۸۰/۴	۱۴۵/۴
۱۳۸۴	-۹	۳۹/۶	۱۵/۹	۹۷/۳	۱۴۷/۳
۱۳۸۵	-۸/۸	۴۰/۶	۱۵/۹	۱۶۸	۱۵۳/۱
۱۳۸۶	-۸/۱	۳۸/۲	۱۴/۸	۲۱۶/۱	۱۷۸/۹
۱۳۸۷	-۶/۷	۳۷/۸	۱۶/۳	۱۱۲/۴	۱۷۵/۵
میانگین	-۸/۵	۳۸/۷	۱۴/۸	۱۶۶/۶	۱۵۱/۴



شکل (۱-۲) - گلباد سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود

۴-۱ - زمین ریخت شناسی

شهر شاهرود در حاشیه جنوبی ارتفاعات البرز شرقی قرار گرفته است. روند ارتفاعات شمال شرقی -

شمال غربی است. حد فاصل کوه و دشت گسل تراستی شاهرود می باشد که اختلاف ارتفاع قابل توجهی را

در شمال شاهرود ایجاد نموده است. ارتفاعات شمال شاهرود متشکل از آهک مقاوم لار، آهک مارنی دلیچای و نهشته‌های کنگلومرایی و مارن سازند شمشک می‌باشد. رخنمون‌های آهکی، ستیخ‌ها و قله‌ها را تشکیل داده و نهشته‌های ضعیف شامل: آهک مارنی، مارن و کنگلومرای دامنه‌ای مناطق پست را تشکیل داده است. شهر شاهرود بر روی نهشته‌های مخروط افکنه‌ای قرار گرفته است. به طرف جنوب شیب زمین کاسته شده و به دشت وسیع دامغان به شاهرود می‌رسد. نواحی شرقی دشت‌های شاهرود و بسطام را کوه‌های پرشیب و اراضی شوره زار محصور کرده و ضلع غربی آن را کوه سنگی تپال و کوه بلند شاهوار در بر گرفته است. در بخش شمالی شهر شاهرود دشت بسطام و مجن و در قسمت جنوبی آن هم دشت شاهرود قرار دارد [۲۴].

۱-۵- چینه‌شناسی

محدوده مورد بررسی این مطالعات چهارگوش با شعاع ۳۰ کیلومتر از مرکز شهر می‌باشد. قسمت شمال و شمال غرب ناحیه مرتبط با زون البرز شرقی و بخش جنوبی مرتبط با زون ایران مرکزی است. در این بخش بر اساس تحلیل رخساره‌ای سنگ‌ها از هفت واحد چینه تکتونیکی متمایز تشکیل شده‌اند. قدیمی‌ترین رسوبات شناخته شده در این قسمت متعلق به پرکامبرین پسین می‌باشد که از دولومیت، شیل و سنگ آهک دولومیتی (سازند سلطانیه) تشکیل شده است. مرز بین پروتروزوئیک و کامبرین در قسمت میانی این سازند قرار دارد [۱۹]. طبقات اخیر به تدریج به سمت بالا به سیلتستون‌های میکادار و دولومیت مطبق که با یکدیگر در تناوبند (سازند باروت) تبدیل می‌شوند. بر روی این سنگ‌ها سازندهایی متشکل ماسه‌سنگ‌های فلدسپات‌دار، سیلتستون و شیل که همگی هماتیت دار و به رنگ قرمز قهوه‌ای هستند رسوب کرده‌اند (سازند زاگون و لالون). در ماسه سنگ‌های آرکوزی لالون طبقه‌بندی مورب به

فراوانی دیده می‌شود. بر روی رسوبات فوق به صورت تدریجی دولومیت و مارن شیل‌دار (سازند میلا) قرار می‌گیرد.

عقیده بر این است که این توالی رسوبات مشخص کننده یک حوضه رسوبی از نوع تختگاه‌های روی قاره‌ای^۱ است. سنگ‌های کربناته کامبرین بالایی به تدریج به رسوبات شیلی و ماسه‌ای محتوای گراپتولیت و براکیوپود تبدیل می‌شود. رسوبات مربوط به سیلورین و دونین زیرین و میانی در بخش شمال و شمال-غرب منطقه مشاهده نشده است که این امر احتمالاً به دلیل حرکات کوهزایی کالدونین می‌باشد که بر اثر عملکرد آن این قسمت از رشته کوه‌های البرز از آب خارج و هیچ‌گونه رسوب‌گذاری بر روی آن انجام نشده است.

توالی دیگری که مربوط به محیط‌های فلات قاره می‌باشد و از ماسه سنگ‌های کوارتزی، سنگ آهک فسیل‌دار و شیل تشکیل شده است (بخش A جی‌رود) و با پیوستگی فرسایشی^۲ بر روی رسوبات قدیمی قرار می‌گیرد. رسوبات کربونیفر، پرمین و تریاس در منطقه مشاهده نشده است که با توجه به گسترش آن در مناطق اطراف نبود آن احتمالاً در نتیجه عملکرد گسل طزره می‌باشد. در ابتدای تریاس بالایی در کل زون البرز تغییر اساسی رسوب‌گذاری مشاهده می‌شود و رسوب کربناته تریاس زیرین و میانی که دارای رخساره کربناته دریایی هستند، جای خود را به ماسه‌سنگ و شیل سازند شمشک با رخساره آواری می‌دهند. کمبود لایه آهکی، فسیل‌های جانوری و وجود لایه‌های زغالی همراه با فسیل‌های گیاهی ثابت می‌کند که رسوبات این سازند در یک محیط دلتایی رسوب کرده‌اند [۱۹]. بر روی نهشته‌های اواخر تریاس و ژوراسیک، توالی ناپیوسته از طبقات رسوبی کربناته کم‌عمق که نشان از ژوراسیک میانی تا اواخر کرتاسه است با سطح تماس تدریجی^۳ قرار دارد. در این توالی ناپیوستگی‌هایی در افق‌های مختلف چینه‌شناسی به

^۱ Epicontinental Platform

^۲ Disconformity

^۳ Gradational

ویژه در مرز ژوراسیک و کرتاسه به چشم می‌خورد. بخش تحتانی این سلسله از طبقات را سنگ آهک‌های مارنی، مارن‌های آمونیت دار و شیل (سازند دلیچای) تشکیل می‌دهند که بر روی آنها سنگ آهک‌های ضخیم لایه (سازند لار) قرار می‌گیرد. سنگ‌های رسوبی سنوزوئیک مجموعه ناهمگن به شدت ناپیوسته را تشکیل می‌دهند که مرکب از سیلیسی کلاستیک‌هایی همراه با لایه‌هایی از طبقات کربناته در قسمت تحتانی است. بخش تحتانی این سلسله را توده‌هایی ضخیم کنگلومرایی نابالغ که با مارن‌های سبز و قرمز و ماسه‌سنگ‌های قرمز رنگ متناوبند، تشکیل می‌دهد (سازند فجین) که سن آن پالئوسن می‌باشد. روی آن به تدریج سنگ آهک‌های ریفی (سازند زیارت) با سن پالئوسن - ائوسن قرار می‌گیرد [۱۹]. شکل (۱-۳) نمایی از آهک‌های شمال منطقه را نشان می‌دهد. توالی چینه شناسی منطقه مورد مطالعه در جدول (۱-۲) و نقشه زمین شناسی منطقه در شکل (۱-۴) دیده می‌شود.



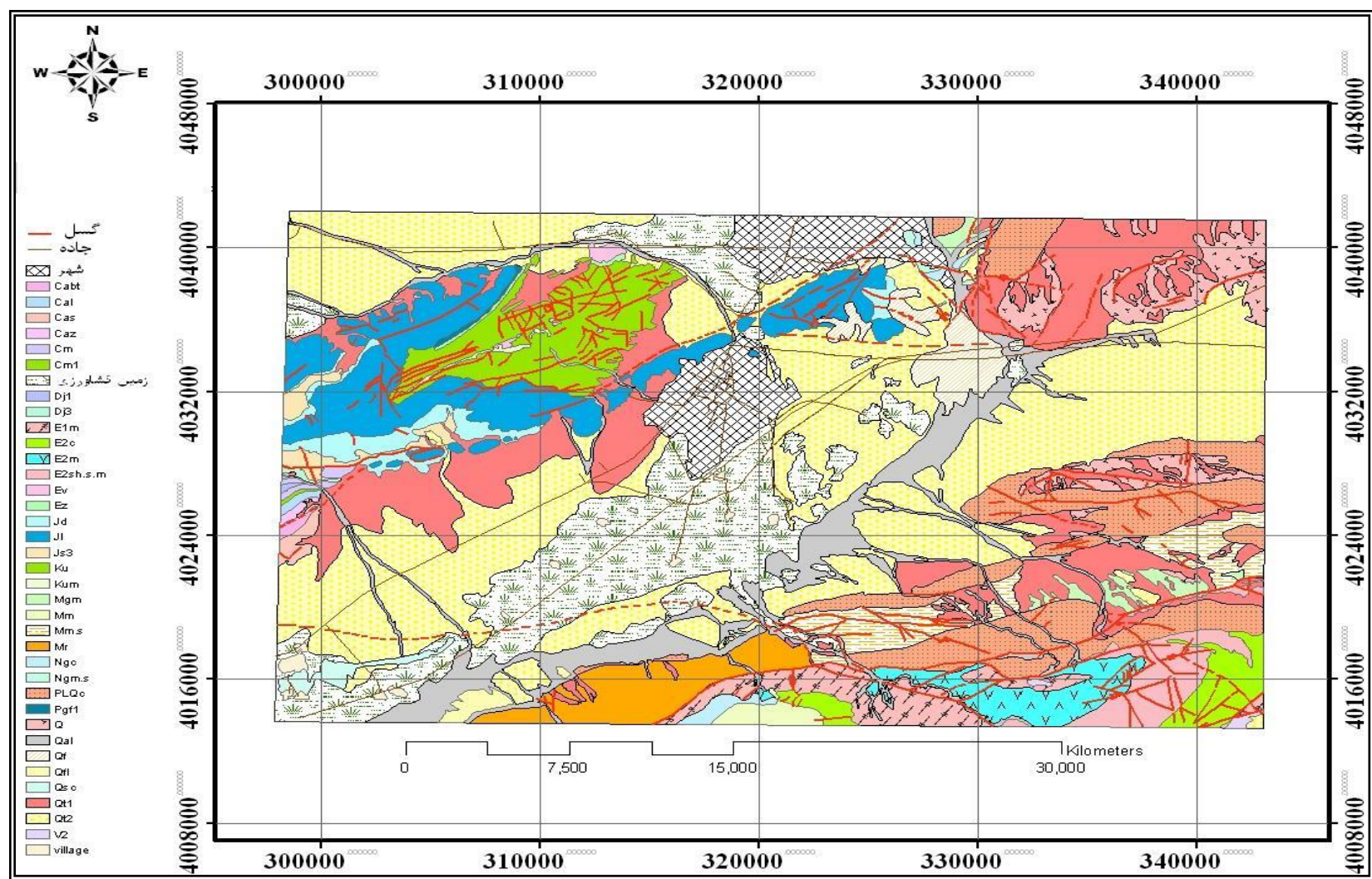
شکل (۱-۳) - نمایی از آهک‌های شمال منطقه

جدول (۱-۲) - توالی چینة شناسی محدوده

مورد مطالعه

زون البرز				
کواترنری	Qal		آبرفت عهد حاضر	
	Qsc		رس و رس سیلتی-ماسه‌ای	
	Q	Qt1	مارن گراولی و تراس قدیمی	
		Qt2	نهشته واریزه‌ای و تراس جوان	
نهمین		Ngc	کنگلومرای سفید	
اُمسب	M	Ek	توف سبز هوازده، ماسه سنگ توفی، شیل توفی	
	I _u	Ev	کوارتز میکرودیوریت	
		Ez	تناوب لایمستون نومولیتی و ماسه‌ای	
پالئوسن		Pgf2	تناوب ماسه سنگ قرمز و کنگلومرا	
		Pgf1	کنگلومرای تیره با میان لایه-های ماسه سنگ	
کاتاسه	I _{Inner}	Ku _l	تناوب لایمستون و مارن سبز	
		Ku	مارن سبز روشن	
		Kuv	بازلات، اسپلیت لاوا و کنگلومرا	
ش.اسسک	II	Jl	لایمستون نازک لایه تا ماسیو (سازند لار)	
	I _u	Jd	ماسه سنگ کلسیتی در فاعده، مارن سبز با اینترکالیشن لایمستون	
		Js3	ماسه سنگ نازک تا ضخیم لایه و شیل زغالی	
		Js2	تناوب شیل زغالی نازک لایه و ماسه سنگ سبز میان لایه	
ت.اس	II	Js1	ماسه سنگ سبز التره به همراه شیل و لایمستون	
		Jm	لاتریت و ملافیر قرمز	
دومین	I _{Inner}	Dj3	تناوب لایمستون فسیلی ضخیم لایه و شیل نازک لایه با میان لایه ماسه سنگ	
		Dj2	آندزیت	
		Dj1	تناوب شیل میکادار و ماسه سنگ در فاعده با کوارتز در بالا	
کاسه		€m1	تناوب لایمستون فسیلی و شیل فسیلی (سازند مبارک)	
		€1	ماسه سنگ کوارتزی ضخیم لایه با اینترکالیشن شیل آرژلیتی	
		€z	تناوب کوارتز سفید ضخیم لایه و شیل آرژلیتی (زاگون)	
		€bt	تناوب دولومیت چرتی، لایمستون و شیل آرژلیتی (باروت)	

زون ایران مرکزی			
کواترنری	PIQc		کنگلومرای پلیوکواترنری
	Ngm		مارن ژیبسی قرمز بامیان لایه ماسه سنگ کلسیتی
میوسن	Mir		مارن ژیبسی با میان لایه کنگلومرا
اتوسن	E1m		مارن ژیبسی سبز با میان لایه ماسه سنگ
	E2m		مارن ژیبسی قرمز



شکل (۱-۴)- نقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی شهرستان شاهرود (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شاهرود و بسطام)

۱-۶- آب‌شناسی

نزولات جوی رشته کوههای البرز در شمال شرق شاهرود منبع اصلی تغذیه رودها و قنات این منطقه است. در قسمت جنوبی رشته کوه‌های کم ارتفاع موازی با رشته کوه‌های اصلی کشیده شده است که آن‌ها نیز با نزدیک شدن به سمت کویر کم ارتفاع می‌شوند. شهر شاهرود به دلایلی نظیر هم‌جواری با کویر، داشتن اقلیم خشک و قلل برف‌گیر، فاقد رودخانه دائمی است. حتی بخاطر ناچیز بودن نزولات جوی و نامنظم بودن آن رودخانه‌های فصلی عمده‌ای نیز در منطقه وجود ندارد. به جز چند رودخانه کوچک کوهستانی که از چشمه سارها تغذیه می‌شوند جریان آب‌های سطحی را سیلاب‌ها تشکیل می‌دهند که در مواقع بارندگی‌های شدید و کوتاه مدت بوجود آمده‌اند و بلافاصله به مناطق کویری و شن‌زارها تخلیه می‌شوند.

مهم‌ترین رودخانه‌های منطقه مطالعاتی، رودخانه شاهرود، رودخانه تاش و رودخانه کالشور است. رودخانه تاش از ارتفاعات شاهکوه در جنوب استان گلستان سرچشمه می‌گیرد. این رود پس از دریافت چندین رشته فرعی در ناحیه کوهستانی و پس از مشروب کردن اراضی پشت بسطام و زیر استاق به سوی کویر نمک سرازیر می‌شود. آب این رودخانه در بالارود زیاد و تعداد زیادی قنات در طول این مسیر احداث شده است. بیشتر قنات‌های شهرستان شاهرود در بخش بسطام حفر شده است [۳۳].

حوضه آبریز دشت شاهرود در قسمت شمال غربی شهرستان شاهرود و دشت آن متصل به شهر شاهرود و در جنوب آن واقع گردیده است. این حوزه آبریز وسعتی در حدود ۱۰۴۸ کیلومتر مربع دارد که ۸۵۴ کیلومتر مربع آن کوهستانی و بقیه مربوط به دشت می‌باشد. عمده‌ترین مسیر در این حوزه آبریز همان رودخانه شاهرود یا مسیر تاش-مجن است. از جمله مسیرهای دیگر می‌توان به مسیر دهملا و مسیر کال سیاه که خروجی دشت بسطام است اشاره نمود. منابع آب زیرزمینی در منطقه شامل هر دو سفره آب زیرزمینی آبرفتی و سفره‌های سخت می‌باشد. سازندهای آهکی لار و سازند کنگلومرای مجن، مهم‌ترین

منابع آب‌های زیرزمینی سخت را تشکیل می‌دهند. سفره‌های آب زیرزمینی شهرستان شاهرود شامل سفره‌های دشت بسطام و شاهرود می‌باشد [۳۳].

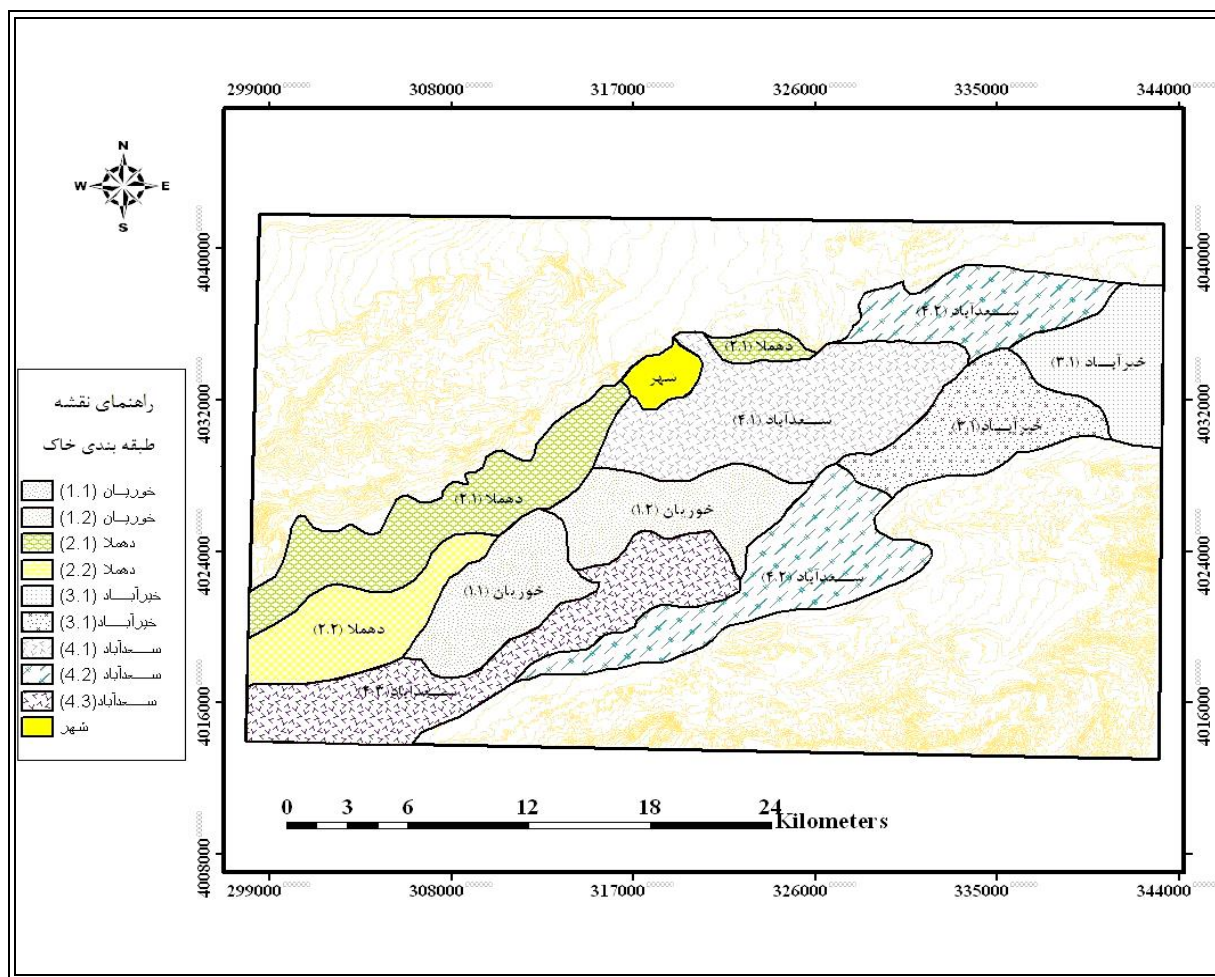
عمق آبرفت در دشت شاهرود به علت نوسانات سنگ کف و نیز شرایط توپوگرافی حداکثر ۲۸۰ متر و به طور میانگین ۱۲۰ متر می‌باشد. جهت کلی جریان آب زیرزمینی در دشت شاهرود از شمال‌شرق به جنوب‌غرب، به سمت کویر علی‌قلی است. تخلیه آب زیرزمینی شاهرود از جنوب دشت و از طریق کالشور به کویر و در مورد بسطام از طریق مشرق به رودخانه مشی و دشت شاهرود انجام می‌شود.

در قسمت شمال و شمال‌شرقی شاهرود دشت بسطام و مجن قرار گرفته است که ارتباط این دو حوزه آبریز از طریق محدوده پست سرچشمه می‌باشد. شرایط توپوگرافی و قرار گیری این دو حوزه به نحوی است که مازاد مجموعه آب‌های سطحی و زیرزمینی دشت بسطام- مجن به داخل دشت شاهرود سرازیر می‌شود. وسعت حوزه آبریز بسطام- مجن معادل ۱۸۷۶ کیلومتر مربع است، که از این میزان ۱۲۹۹ کیلومترمربع آن ارتفاعات و ۵۷۷ کیلومتر مربع دشت می‌باشد. عمق آبرفت در دشت بسطام به علت وجود کمربندی از تپه‌های مارنی در بخش شمالی و شمال‌غربی دشت متغیر است و به طور متوسط در مرکز دشت حدوداً ۲۸۵ متر و عمق متوسط به حدود ۱۲۰ متر می‌رسد. در دشت بسطام جهت کلی جریان از سمت شمال تا شمال‌شرقی به سمت جنوب‌غرب است [۳۳].

۷-۱- طبقه‌بندی خاک

نواحی دشت مورد مطالعه را به طور کلی رسوبات جوان و تکامل نیافته تشکیل می‌دهد که در دوران چهارم زمین شناسی تشکیل شده و محتوی قلوه سنگ، سنگ ریزه و شن می‌باشد. اراضی مطالعه شده در سه واحد فیزیوگرافی به شرح زیر قرار گرفته است که بر اساس رده بندی‌های جدید در دو رده Aridisols و Entisols قرار می‌گیرد (شکل ۱-۵):

- دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای^۱ با شیب ملایم: خاک‌های منطقه خوریان در این طبقه قرار می‌گیرد.
- مخروط‌افکنه‌های سنگ‌ریزه‌دار آبرفتی و واریزه‌ای^۲: این نوع خاک در منطقه دهملا مشاهده می‌شود.
- دشت‌های مرتفع دامنه‌ای^۳: خاک‌های منطقه سعدآباد و خیرآباد طبقه‌بندی گردیده است [۵۶].



شکل (۵-۱) - نقشه خاک‌شناسی محدوده مطالعاتی شهرستان شاهرود

^۱ River Alluvial Plains

^۲ Gravelly Alluvio_Coluvial Fans.

^۳ Pledmont Plateaux

۸-۱ - جمعیت

شهر شاهرود با داشتن جمعیتی بالغ بر ۱۳۲۳۷۹ نفر در سال ۸۵ پرجمعیت‌ترین شهر استان سمنان می‌باشد. بررسی تحولات سهم جمعیت شهری از کل جمعیت ناحیه گویای افزایش چشمگیر آن است، به گونه‌ای که این سهم از ۳۷/۳ درصد در سال ۱۳۵۵ به ۴۹/۸ درصد در سال ۱۳۶۵ و ۶۱/۶ درصد در سال ۱۳۷۵ و حدود ۶۳ درصد در سال ۱۳۸۵ رسیده است. که از این میان شهر شاهرود بیشترین رشد را داراست [۶۱].

فصل دوم

مدیریت پسماندهای جامد شهری

یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی کشورهای در حال توسعه، مدیریت مواد زائد جامد شهری است. معضل مربوط به مواد زائد جامد به دلیل رشد سریع جمعیت و گسترش شهرنشینی در بیشتر نقاط آسیا، آسیای لاتین و آفریقا بیش از گذشته موجب نگرانی مسئولان شده است. نکته مهم در توسعه شهرها در کشورهای در حال توسعه رشد سریع و بی رویه جمعیت است [۴۳]. علاوه بر این‌ها زیر ساخت‌های مناسب در شهرها توسعه پیدا نکرده و رشد سریع شهرنشینی، رشد جمعیت شهری، مهاجرت از روستاها به شهرها و از شهرها به کلان شهرها سبب می‌شود مسئولان اداره شهر همواره با کمبودهای جدی و اساسی در ارائه خدمات شهری قابل قبول روبرو باشند. عدم کفایت سیستم جمع‌آوری و دفع مواد زائد از جمله عوامل اصلی در توسعه و انتشار بیماری‌های انگلی و روده‌ای در این شهرها است که موجب انتشار و تکثیر حشرات، جوندگان و سایر ناقلان می‌گردد. به طور کلی روند مدیریت مواد زائد جامد شهری در کشورهای در حال توسعه با اختلاف فاز حدود نیم قرن از کشورهای صنعتی طی طریق می‌کند. سلسله مراتب در مدیریت پسماندها در کشورهای صنعتی دنیا (انگلستان، آمریکا، کانادا، ایتالیا، اسپانیا، آلمان، هلند، ژاپن، سوئیس، سوئد و فرانسه) به صورت کامل اجرا گردیده است. از این میان کشور سوئیس با ۱۰٪ دفن زایدات رتبه اول را از لحاظ کاهش سهم دفن در مدیریت پسماندها به خود اختصاص داده است [۴۴]. در سال ۱۹۹۵ در کشورهای پیشرفته، برای جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از محل دفن پسماندها، کاهش هزینه‌ها و استفاده طولانی مدت از محل‌های دفن، مقرر نمودند تا سال ۲۰۰۵ درصد مواد آلی مواد زائدی که دفن می‌شوند کمتر از ۵٪ باشد. کشور اتریش در پایان سال ۲۰۰۴ و آلمان در ۲۰۰۵/۶/۱ اعلام داشتند که دفن مواد زائد را در این کشورها قطع نموده‌اند [۳۲]. این در حالی است که در سال ۲۰۰۵ فقط ۵٪ از مواد قابل بازیافت در تهران بازیافت گردید که علت آن فقدان جداسازی

پسماند در محل تولید و مشکل شهرداری تهران در فراهم آوردن وسایل بازیافت صحیح می‌باشد [۹۹].

در مجموع ۸۱٪ از پسماندهای شهری ایران پسماندهای قابل بازیافت است که این درصد شامل:

۶۹/۷٪ مواد پسماندهای غذایی و ۲/۲٪ باغچه‌ای تشکیل داده است که قابل تبدیل به کمپوست، و ۵٪

پسماندها را کاغذ و مقوا، ۱/۶٪ شیشه، ۱/۳٪ فلز و ۰/۸٪ پلاستیک تشکیل داده که قابل بازیافت می‌باشند.

اگر این بخش پسماندها به صورت تفکیک شده جمع آوری شود، تماماً قابل بازیافت می‌باشد [۳۲].

بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۵/۲ میلیون نفر (شامل ۴ میلیون کودک) هر ساله از بیماری‌های

مربوط به پسماندها جان خود را از دست می‌دهند [۶]. کنفرانس محیط زیست و توسعه ملل متحد

(UNCED)^۱ در دستور جلسه ۲۱ خود در ریودوژانیرو در سال ۱۹۹۲ اهداف و منظوره‌ای زیر را برای

مدیریت پسماند در شهرها تنظیم کرده است:

۱. همه کشورها تا سال ۲۰۰۰ ضوابط و معیارهایی برای انهدام و دفع زباله برقرار نمایند و توانایی خود را

در پایش اثرات زیست محیطی پسماندها توسعه دهند.

۲. کشورهای در حال توسعه تا سال ۲۰۲۵ بایستی مطمئن گردند که حداقل نیمی از فاضلاب و پسماند-

های جامد بر طبق دستورالعمل‌های بین‌المللی و ملی منهدم می‌گردند [۶].

۲-۲- تعریف و طبقه بندی زباله‌های شهری

منشاء تولید مواد زائد شهری را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

۱. مناطق مسکونی

^۱. United Nation Conference on Environmental and Development

۲. مناطق تجاری

۳. مناطق صنعتی

۴. مناطق بهداشتی_ درمانی

۵. مناطق باز

۶. ادارات دولتی

۷. فعالیت‌های ساختمانی

در برخی از کشورها معمولاً مواد زائد شهری به دو دسته عمده تجاری و خانگی تقسیم می‌شوند و سرویس خدمات شهری و یا آژانس‌ها جمع‌آوری مواد زائد منحصرأ مواد تجاری و یا خانگی را جمع‌آوری می‌کنند. هم‌چنین زباله‌های شهری را می‌توان به دو قسمت فساد پذیر و فساد ناپذیر تقسیم‌بندی نمود. در ادامه انواع مختلف زباله‌ها به اختصار شرح داده شده است [۳۹ و ۱۷]:

۱. پسمانده^۱: قسمتی از زباله فساد پذیر مربوط به باقیمانده مواد غذایی می‌باشد. کمیت پسمانده در فصول مختلف سال متغیر است. پسمانده می‌تواند محل رشد و نمو حشرات و حیوانات موذی قرار گیرد. علاوه بر این، تخمیر و فساد آن نیز بوی نامطبوعی ایجاد خواهد کرد. لذا دفع و از بین بردن آن باید به موقع و به دقت صورت گیرد.

۲. آشغال^۲: عبارتست از تمام مواد فساد ناپذیر بجز خاکستر و شامل مواد قابل سوخت و غیر قابل سوختنی است. مانند شیشه، قوطی کنسرو، مواد زائد ساختمانی، تکه‌های فلزات، کاغذ، چوب، مقوا و غیره است.

۳. خاکستر^۱: ترکیبی است از باقیمانده زغال و چوب و دیگر مواد سوختنی که برای مقاصد صنعتی و پخت و پز در منازل و دیگر موسسات بکار برده می‌شوند. تولید خاکستر رابطه مستقیم با استفاده از مواد

^۱. Waste

^۲. Rubbish

اولیه جهت سوخت و سوز داشته، به علاوه در فصول مختلف سال متغیر است. در اغلب کشورهای پیشرفته از این خاکستر استفاده‌های گوناگونی بعمل می‌آید که احیاء بعضی از مواد معدنی و روکشی جاده‌ها از آن جمله است.

۴. نخاله‌های ساختمانی^۲: این مواد عبارتند از مواد حاصل از تخریب ساختمان‌ها، تعمیر آن‌ها و یا ساختمان سازی. مقدار این مواد را به سختی می‌توان تخمین زد ولی شامل موادی مانند خاکروب، سنگ، بتون، آجر، چوب، آهن، لوله و سایر تجهیزات ساختمانی است.

۵. مواد زائد ویژه^۳: شامل مواد حاصل از جاروب زدن خیابان‌ها، آشغال‌ها، حیوانات مرده و وسایط نقلیه اسقاطی می‌باشد. این مواد از منابع غیر مشخص و گسترده‌ای تولید می‌گردند. در صورتی که زباله‌های خانگی از منابع گسترده ولی مشخص بوجود می‌آیند.

۶. مواد زائد تصفیه خانه‌ها^۴: مواد زائد جامد و نیمه جامد حاصل از تصفیه خانه‌های آب و فاضلاب و صنایع در این رده بندی قرار می‌گیرند. خصوصیات این مواد بستگی کامل به پروسه‌های تصفیه دارد [۴۷ و ۱۷].

۷. مواد زائد کشاورزی^۵: مواد زائد حاصل از فعالیت کشاورزی، تولید شیر، پرورش احشام، کشتارگاه‌ها و چراگاه‌ها را به طور کلی مواد زائد کشاورزی می‌گویند.

۸. مواد زائد خطرناک^۶: مواد زائد شیمیایی، بیولوژیکی، قابل اشتعال، قابل انفجار و رادیواکتیو را که می‌توانند سریعاً یا به مرور زمان عامل ایجاد خطرانی برای زندگی انسان، حیوان و گیاه گردند را مواد زائد خطرناک گویند. معمولاً این مواد مایع بوده ولی در فرم گاز و جامد و لجن هم وجود دارند.

^۱. Ash

^۲. Demolition and Construction

^۳. Particular Waste

^۴. Treatment Plant Waste

^۵. Agricultural Waste

^۶. Hazardous Waste

۹. مواد زائد صنعتی^۱: زباله‌های صنعتی، مواد زائد ناشی از فعالیتهای صنعتی بوده و شامل فلزات، مواد پلاستیکی، مواد شیمیایی و زباله‌های خطرناک می‌باشد. این زباله‌ها در کارگاه‌ها و کارخانه تولید می‌شوند، اما نمی‌توان تمامی زباله‌های این مراکز را در یک رده طبقه‌بندی کرد [۳۹ و ۱۷].

۲-۳- مدیریت مواد زائد جامد شهری

سیستم ایده‌آل مدیریت مواد زائد جامد شامل هشت بخش: کاهش تولید پسماند از مبدا، تولید پسماند، پردازش، جمع‌آوری و حمل و نقل، ایستگاه‌های انتقال، بازیافت و کمپوست و دفع پسماندهای شهری می‌باشد. در ادامه به شرح این عناصر پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱- کاهش در مبدا

به طراحی، تولید، عرضه و استفاده از محصولات به نحوی که در پایان عمر مفید آنها، منجر به کاهش کمیت و سمیت مواد زائد شود، کاهش در مبدا می‌گویند. امروزه کاهش در مبدا به عنوان گزینه نخست در سیستم‌های مدیریت مواد زائد جامد شهری مطرح است [۸۳].

کاهش در مبدا از چارچوب متعارف سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری و از محدوده وظایف شهرداری‌ها بسیار فراتر است و اجرای آن نیاز به عزم ملی و سیاست‌گذاری کلان در سطح دولت، وزارت اقتصاد و دارایی و وزارت کشور دارد [۳۷]. در این روش هدف از کاهش حجم پسماندها و میزان سمیت آنها از مبدا تولید شده می‌باشد. کاهش زباله و سمیت از مبدا در مراحل مختلف تولید، طراحی، ساخت، بسته‌بندی امکان‌پذیر است [۸۴]. امروزه تلاش می‌گردد تا از این راه به عنوان یک راه پیشگیری از ازدیاد پسماندها بهره گرفته شود [۴۲].

^۱. Industrial Waste

۲-۳-۲- تولید

علاوه بر ترکیب فیزیکی و شیمیایی مواد زائد جامد تعیین نرخ تولید زباله برای طراحی بهینه مراحل مختلف مدیریت مواد زائد جامد از جمله حمل و نقل، فرآیند بازیابی مواد و تعیین روش‌های نهایی دفع ضروری می‌باشد. واحد نرخ تولید به منبع تولید کننده مواد بستگی دارد. در شهرهای ایران بافت شهری و کاربری‌ها به گونه‌ای است که نمی‌توان یک مرز مشخص بین مناطق مسکونی و تجاری و حتی صنعتی تعیین کرد. با توجه به اینکه موازی با رشد جمعیت میزان زباله تولیدی افزایش می‌یابد می‌توان نرخ رشد جمعیت را همان نرخ تولید زباله در نظر گرفت [۸]. بنابراین بهتر است که برای کل مواد زائد جامد تولیدی از نرخ تولید بر حسب کیلوگرم در روز به ازای هر نفر استفاده نمود.

از مهم‌ترین فاکتورهای موثر در نرخ تولید زباله در جوامع مختلف می‌توان به موقعیت جغرافیایی، فصول سال، عادات غذایی و وضعیت اقتصادی مردم، قوانین موجود و همچنین طرز تلقی مردم اشاره نمود. کلیه این پارامترها در طراحی سیستم مدیریت مواد زائد جامد حایز اهمیت‌اند [۱۷ و ۴]. کنترل تولید مواد زائد در کوتاه مدت و با اعمال مدیریت در سطح شهر عملی نمی‌باشد ولی در دراز مدت می‌توان برنامه‌هایی را در سطح ملی اجرا کرده و به این ترتیب تولید مواد زائد تا حدودی کنترل گردد. برخی از این برنامه‌ها عبارتند از :

۱. تولید کالای مرغوب

۲. اصلاح در شبکه بسته بندی کالا

۳. بازیافت مواد

۴. کاهش مصرف [۱۶].

سرعت رشد سالیانه تولید پسماند در کشورهای در حال توسعه ۳-۲٪ و در کشورهای توسعه یافته ۵/۴- ۲/۳٪ می باشد [۹۲].

۲-۳-۳- جابجایی و ذخیره مواد زائد جامد شهری در محل تولید

جابجایی مواد در محل تولید عبارتست از برداشت ظرف یا ظروف حاوی مواد از محل تولید (خانه، آپارتمان، موسسات صنعتی و تجاری) و انتقال و ذخیره آن در نقطه‌ای که سیستم جمع‌آوری موظف به برداشت و یا مسئول موسسات و یا صاحب صنعت انتخاب می‌شود [۳۰]. در مورد ذخیره، اداره و پردازش مواد زائد جامد شهری در محل تولید باید گفت که کشور ما بسیار از دنیای صنعتی عقب است [۱۷]. روش جابجایی ذخیره و پروسه مواد زائد جامد شهری در محل تولید به کمیت مواد بستگی دارد [۳۷].

۲-۳-۴- جمع‌آوری مواد زائد جامد

جمع‌آوری مواد زائد جامد شهری، سومین عنصر موظف در سیستم مدیریت مواد زائد جامد است. قسمت اعظم بودجه مدیریت مواد زائد جامد شهری به این امر اختصاص دارد [۱۷ و ۴]. جمع‌آوری زباله در ایران در مقایسه با سایر کشورهای در حال توسعه در وضع مطلوبی قرار دارد. در صورتی که در بسیاری از شهرهای بزرگ کشورهای در حال توسعه بین ۳۰-۵۰٪ زباله‌ها جمع‌آوری نمی‌شود، در ایران به طور متوسط بیش از ۹۰٪ زباله‌های شهری از طریق سیستم مدیریت زباله شهری جمع‌آوری می‌شود [۱۷]. در بیشتر کشورهای پیشرفته جهان، جمع‌آوری زباله یک روز در میان، دو روز در میان، هفته‌ای دو بار و گاهی هفته‌ای یکبار انجام می‌شود. نوع ماشین‌آلات مورد استفاده متناسب با وسعت شهر، جمعیت، میزان زباله تولید شده و شبکه عبور و مرور و بافت فیزیکی شهر قابل طراحی و اجرا است [۴۱].

از مشخصه‌های ماشین‌آلات حمل زباله در کشورهای توسعه یافته، تناسب طراحی و بدنه ماشین با شبکه‌های عبور و مرور، سرپوشیده بودن، استفاده از ورقه‌های ضد زنگ، داشتن محفظه جمع‌آوری شیرابه، دستگاه کمپکتور، چنگک و وسایل مخصوص برداشت مستقیم ظروف زباله و... است. در ایران اکثر ماشین-آلات مورد استفاده در حمل و نقل از تنوع و تکنولوژی مناسب برخوردار نبوده و بیشتر ماشین‌آلات متفرقه مانند کمپرسی و وانت‌بارهای غیر مسقف و تعدادی ماشین مخصوص حمل زباله استفاده می‌شود [۴۴].

۲-۳-۵- پردازش

پردازش مواد زائد جامد عبارتست از انجام عملیات روی مواد زائد جامد به نحوی که در فرم فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی آن‌ها تغییراتی حاصل شود.

تکنیک‌های اصلی پردازش عبارتند از:

۱. کاهش مکانیکی حجم (متراکم سازی)
۲. کاهش شیمیایی حجم (زباله سوزی)
۳. کاهش مکانیکی اندازه (خرد کن)
۴. تفکیک مواد (جداسازی مکانیکی یا دستی) (فیلتراسیون، سانتریفیوژ، ESP و غیره)
۵. خشک کردن و آبگیری [۱۷ و ۳۷].

۲-۳-۶- بازیافت

بازیافت مواد زائد معمولاً به سایر روش‌های دفع همچون دفن یا سوزاندن مقدم است زیرا علاوه بر صرفه جویی در هزینه، انرژی، منابع طبیعی و آلودگی محیط را نیز کاهش می‌دهد. کشور ژاپن موفق‌ترین برنامه بازیافت مواد زائد در سطح جهان را به خود اختصاص داده است.

تقریباً تمام مواد زائد جامد قابل بازیافت و استفاده مجدد هستند. کاغذ، آلومینیوم و شیشه رایج‌ترین موادی هستند که بازیابی می‌شوند. لاستیک و مواد پلاستیکی نیز از جمله زوائد بسیار با ارزش هستند. پلی اتیلن فنالات (PET) را از بطری‌های نرم نوشابه‌ها می‌توان بازیابی کرد و از آن بالش، لباس اسکی و کیسه خواب ساخت [۳۷]. بازیافت مواد برای هر جامعه از نظر کاهش استفاده از منابع و میزان تولیدی مواد زائد جامد بسیار حائز اهمیت است. در بازیافت مواد زائد جامد خانگی باید برنامه ریزی جهت بازار مصرف و هم چنین امکانات لازم در خصوص تبدیل مواد بازیافتی را در نظر داشت.

کشورهای صنعتی از اوایل دهه ۷۰ میلادی بازیافت مواد و انرژی را به عنوان یکی از بهترین عناصر اصلی مدیریت مواد زائد جامد شهری در برنامه‌های مدیریت مواد زائد جامد شهری گنجانده‌اند. از دهه ۹۰ میلادی مدیریت جامع مواد زائد با سه محور کاهش، بازیافت و تصفیه در این کشورها پا به عرصه وجود گذاشت به طوری که امروزه علم بازیافت در این سیستم‌ها بسیار چشمگیر است [۹۷]. بیشترین درصد بازیافت مربوط به امریکا (۲۴٪) و کمترین مقدار بازیافت مربوط به انگلستان (۲٪) است. به طور کلی این کشورها را می‌توان از نظر توسعه برنامه‌های بازیافت به سه گروه تقسیم کرد [۱۶]:

۱. امریکا، سوئیس، ژاپن
۲. سوئد، هلند، آلمان، اسپانیا و کانادا
۳. ایتالیا، فرانسه، انگلستان
۴. اهمیت بازیافت زباله در کشورهای پیشرفته آن قدر است که در آلمان قانونی وضع گردیده که تولید کنندگان و توزیع کنندگان کالاها را وادار می‌سازد تا مواد بسته بندی را خود جمع کرده و یا هزینه آن را به گروه دیگری بپردازند تا متولی این امر باشد [۵۰]. جدول (۱-۲) مزایا و معایب این روش را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۲) - مزایا و معایب بازیافت پسماندهای شهری [۱۱۰ و ۶۰]

مزایا	معایب
- ایجاد درآمد و استفاده از مواد بازیافتی زباله - کاهش حجم و وزن زباله و ایجاد تسهیلات جمع آوری - کاهش هزینه آلودگی‌های آب و خاک و هوا - کاهش هزینه عملیات دفع زباله - جلوگیری از ورود مواد اولیه به کشور - صرفه جویی در مصرف انرژی و مواد - حفاظت محیط زیست	- غیر مطلوب بودن کیفیت محصولات بازیافتی - استاندارد نبودن اجناس تولیدی در مقایسه با مواد - عدم آموزش کافی جهت بازیافت - غیر بهداشتی بودن اجناس تولیدی به علت عدم رعایت بهداشت در فرآیند تولید

کاهش ۵۰٪ از حجم زباله‌های شهری در اثر بازیافت، صرفه جویی در مواد اولیه و کاهش آلودگی‌های محیط زیست را دربردارد. بعنوان مثال در اثر بازیافت کاغذ تا ۷۴٪ در آلودگی هوا و ۳۵٪ در آلودگی آب کاهش ایجاد می‌شود. بازیافت بطری‌های پلاستیکی ۵۰-۶۰٪ انرژی مصرفی برای بطری‌های نو را کاهش می‌دهد. استفاده آلومینیوم کهنه به جای سنگ معدن بوکسیت مصرف انرژی برای ساخت آنرا به میزان ۹۵٪ کاهش می‌دهد [۱۴۴۶].

بین کشورهای جهان، آلمان، انگلیس، هلند در این زمینه برنامه‌های بسیاری وسیعی را به اجرا گذاشته و موقعیت زیادی را کسب نموده‌اند. اکنون در بیشتر شهرهای ما بازیافت مواد از زباله به وسیله افراد غیر مسئول که به سارقان زباله ملقب شده‌اند انجام می‌گیرد. بدین ترتیب در بسیاری از موارد کاغذ، کارتن، پلاستیک، شیشه و نظایر آن به وضوح از داخل زباله‌های آلوده به مواد سمی و خطرناک، فضولات بیمارستانی، مدفوع و لاشه‌های حیوانی جداسازی شده و در کارگاه‌های غیر مجاز مورد استفاده قرار می‌گیرند و به شکل ظروف پلاستیکی یا جعبه‌های بسته بندی مواد غذایی به بازار عرضه می‌شوند [۴۸].

۲-۳-۶-۱- بازیافت شیشه

علاوه بر کمبود مواد خام اولیه که برای بازیافت شیشه خود دلیل موجهی است، استفاده از شیشه‌های دست دوم نیز از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است زیرا نقطه ذوب خرده شیشه از مواد خام اولیه پایین‌تر بوده و باعث کاهش مصرف سوخت می‌گردد. کاهش در هزینه، تعادل در زمان ماند و نقصان آلودگی، مزایای دیگر استفاده از خرده شیشه می‌باشد [۴۷].

۲-۳-۶-۲- بازیافت پلاستیک

کمبود مواد اولیه و نیاز روز افزون بازار باعث شده تا این مواد با هر استانداردی که تولید شوند به فروش برسند. لذا پتانسیل بازیافت سیستماتیک و اصولی این مواد در ایران بسیار بالاست.

مشکل عمده بازیابی مواد پلاستیکی زباله‌های شهری، تنوع در فرمول شیمیایی و ترکیب آنها می‌باشد. ترکیبات اصلی این ضایعات PVC، پلی اتیلن، پلی آمیدها و پلی اشاپرین هستند. این مواد مصرف زیادی در ظروف یکبار مصرف و لوازم خانگی دارند [۳۷ و ۵].

جمع‌آوری و بازیافت مواد پلاستیکی در ایران کاملاً غیر اصولی و بدون رعایت هیچ‌گونه نکته بهداشتی انجام می‌گیرد. ماشین آلاتی که برای جدا کردن مواد قابل بازیافت که با زباله معمول شهری مخلوط‌اند به کار می‌رود، تجهیزات پردازش زباله نام دارد. وظیفه اصلی این ماشین آلات، جدا کردن روزنامه‌ها و قوطی‌های موج دار و هم چنین جدا کردن اجزای آلی کمپوست‌پذیر است. عملکرد ثانویه این ماشین آلات، کاهش حجم و افزایش چگالی مواد جدا شده است تا حمل و نقل آنها به راحتی صورت گیرد و بتوان آنرا به خریداران این مواد تحویل داد.

به نظر می‌رسد بازیافت، راه حل مناسبی برای زائدات PVC نیست. طبق نظر کمیته مواد شیمیایی سوئد PVC در جامعه پایدار جایگاهی ندارد و باید تا سال ۲۰۰۷ به طور کامل کنار گذاشته شود [۴۹].

۲-۳-۶-۳- بازیافت کاغذ

بعد از مواد زائد جامد فساد پذیر و قابل کمپوست، کاغذ دومین جزء با ارزش و قابل بازیافت زباله است. هر تن کاغذ بازیافتی معادل ۱۷ اصله درخت جنگلی است. آنالیز فیزیکی زباله‌های شهری در کشور حاکی از آن است که حدود ۱۰-۲۹٪ این زباله‌ها را کاغذ تشکیل می‌دهد. در صورتیکه ۲۵٪ کاغذ موجود در زباله‌های شهری از شهرهای ایران بازیافت شود، سالانه از قطع ۱۷۰۰۰۰۰ اصله درخت جلوگیری می‌شود. افزایش مقدار کاغذ در مواد زائد باعث کاهش تجزیه مواد می‌شود زیرا لیگنین که ماده اولیه کاغذ است در شرایط بی‌هوازی بسیار مقاوم است.

معایب بازیافت غیر مجاز از کاغذ عبارتند از [۵۹]:

۱. وجود مواد سمی نظیر سرب در کاغذها یا کارتن‌های بازیافت شده در بسته بندی مواد غذایی
۲. آلودگی آب
۳. عدم وجود درجه حرارت لازم برای ضدعفونی و استریلیزاسیون در تولید کاغذ و کارتن‌های آلوده

۲-۳-۶-۴- کمپوست

کمپوست یکی از روش‌ها در بخش بازیافت مواد و انرژی از زباله‌های فساد پذیر شهری و نیز یکی از روش‌های دفع زباله است. کود آلی بقایای تخمیر مواد زائد جامد آلی است که به وسیله باکتری‌های هوازی

و غیرهوازی تجزیه شده و به حالت پایدارتری رسیده باشند [۱۱۳]. مواد آلی موجود در زباله (سلولز و گلوکز) با واکنش‌های بیوشیمیایی که نوعی تخمیر است به کمک میکروارگانیسم‌هایی مثل باکتری‌های هوازی و قارچ‌های مخصوص توسط آنزیم‌های خاص با استفاده از اکسیژن هوا تجزیه می‌شوند و به مواد ساده‌تری تبدیل می‌گردند. در اثر واکنش دوطرفه میکروارگانیسم‌ها و مواد آلی و واکنش عکس تبدیل مواد ساده معدنی و آلی در خلال متابولیسم باعث آزاد شدن مواد معدنی مانند ترکیبات فسفر، ازت، پتاسیم از جسم پوسیده گیاهی و حیوانی موجود در زباله می‌شود که از جنبه تغذیه گیاهی اهمیت فراوانی دارد.

به علت حرارت آزاد شده در واکنش‌های مذکور و با سپری شدن زمان لازم، خواص بهداشتی کود گیاهی نیز کاملاً فراهم گردیده و آلودگی در کود کاهش می‌یابد [۴۷]. در گذشته فناوری رایج تصفیه بیولوژیکی مواد در اروپا کمپوست روباز بود ولی در حال حاضر کمپوست در راکتورهای بسته است. تصفیه بیولوژیکی مواد در فضایی بسته که از اطراف کاملاً ایزوله شده امکان کنترل بهتر متغیرهای این فرآیند مانند رطوبت، ترکیب مواد معدنی، درجه حرارت، pH، گاز و زمان ماند را فراهم می‌سازد [۷۰ و ۴۳].

تصور می‌شد وجود پلاستیک در زباله به علت غیرقابل تجزیه بودن آن برای تهیه کمپوست مضر است اما شواهدی وجود دارد که مقدار محدودی پلاستیک در پروسه تهیه کمپوست از هدر رفتن رطوبت جلوگیری می‌کند و فضاهای کوچکی از هوا برای مواد در حال تجزیه بوجود می‌آورد. از این رو به هوادهی مواد آلی کمک می‌نماید [۱۱۳].

زباله‌های خانگی بهترین گزینه جهت تهیه کود آلی برای فعالیت های کشاورزی می‌باشند. این کمپوست حاصله از زباله‌های خانگی، بیش از ۵۰٪ مواد آلی دارد که موجب افزایش مواد مغذی خاک، افزایش جذب آب و ظرفیت نگهداری آب توسط خاک، کاهش چگالی ظاهری و تراکم خاک، افزایش ظرفیت تبادل یونی تبدالی خاک، و افزایش pH خاک می‌گردد [۱۱۳].

محاسبات نشان داده که از هر تن پسماند به نسبت ۸۰٪ مواد آلی که به صورت تلبار دفع می شود. ۴۰۰ متر مکعب گاز گلخانه‌ای و ۶۰۰ لیتر شیرابه رها می‌گردد که ۹۹٪ آلودگی‌های محل دفن را سبب می‌شود. لذا در کشورهای پیشرفته برای جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی تبدیل پسماندهای آلی (کمپوست) امری قانونمند است و در اولویت قرار دارد [۳۲].

۲-۳-۶-۵- بازیافت با تجزیه حرارتی

این روش بازیابی رو به توسعه و پیشرفت است. در تجزیه حرارتی مواد زائد جامد شهری ملکول‌های پیچیده به ترکیبات شیمیایی با وزن ملکولی کم تبدیل می‌شوند. از این جهت این روش را بازیافت شیمیایی می‌نامند. پیرولیز روش کنترل شده سوختن مواد قابل احتراق است به طوری که هوای کافی استوکیومتریکی در داخل سیستم فراهم نمی‌سازد تا محصول نهایی یک گاز سوخت (مانند گاز متانول) یا مایع متراکم قابل استفاده برای سوخت باشد [۷ و ۴۷].

فرآیند تجزیه در غیاب اکسیژن و یا در غلظت کم اکسیژن و در فاصله دمایی (500°C - 900°C) صورت می‌گیرد و گاز سوختنی، مایعات نفتی و کربن جامد تولید می‌شود. در این روش حدود ۹۰٪ از زباله قابل تبدیل و برای ظرفیت‌های ۵۰۰۰ تن در روز و بیشتر اقتصادی است. روش تجزیه حرارتی برای ضایعات پلاستیک و لاستیک نیز مناسب می‌باشد [۴]. در مجموع ۱۰-۱۵٪ پسماندها غیر قابل بازیافت می‌باشد که قبلاً دفع می‌گردید. با توجه به اینکه منشاء کیسه پلاستیک و مواد یکبار مصرف و الیاف و منسوجات مواد نفتی یعنی انرژی است، لذا در دهه گذشته روشی ابداع شده است که پس از پردازش به روش کاهش حجم فیزیکی-بیولوژیکی به عنوان جایگزین مواد سوختی (انرژی) در واحدهای خاصی مانند کارخانه‌های سیمان به مصرف می‌رسد [۴۷].

۲-۳-۶-۶- باز یافت انرژی

با اجرایی شدن پروتوکل کیوتو و توافق نامه مراکش در سال ۲۰۰۱ که طی آن کشورهای در حال توسعه متعهد به کاهش ایجاد گازهای گلخانه‌ای شدند، کشورهای مختلفی از جمله اسپانیا و اندونزی با تعبیه کردن وسایل جمع‌آوری گاز بهترین روش را بکار بردند تا علاوه بر کاهش اثرات گلخانه‌ای و کاهش آلودگی محیط زیست، یک منبع انرژی جدید جهت مصارف مختلف بدست آورند. بیشترین مقدار گاز ناشی از محل دفن زباله در ۲۰ سال اول بعد از بسته شدن محل دفن تولید می‌شود. انتشار گاز ممکن است برای ۵۰ سال یا بیشتر ادامه پیدا کند [۱۱۶]. جهت از بین بردن تاثیرات گاز محل دفن معمولاً از دو روش استفاده می‌شود:

- استخراج و سوزاندن گاز به منظور کاهش فشار و از بین بردن بوی آن که این روش معمولاً در گذشته استفاده می‌گردید و یا هم‌اکنون در محل‌های دفن کوچک که جمع‌آوری گاز صرفه اقتصادی ندارد استفاده می‌گردد.
 - باز یافت و استفاده مجدد از گاز استحصالی از محل دفن می‌تواند به عنوان یک سوخت مکمل یا اولیه برای افزایش تولید نیروی الکتریکی به منظور منبع سوخت وسایل مختلف باشد.
- محل‌های دفن به تنهایی ۳-۱۹٪ از گاز متان تولید شده در جهان را ایجاد می‌کند [۱۱۶].

۲-۳-۷- دفع

پس از جمع‌آوری مواد زائد از سطح شهرها بخش حائز اهمیت در مدیریت پسماند مسئله دفع آن است [۱۴، ۵۲، ۱۰۹، ۴۷ و ۶۰]. در اغلب کشورها دفن مهم‌ترین روش دفع زباله است [۶۶] و در کشورهایی نظیر یونان و ایرلند، تنها روش دفع زباله می‌باشد [۹۵]. هم‌اکنون نگرش عمومی در سطح دنیا این است که دفن

کامل مواد زائد جامد روشی کارآمد برای مدیریت پسماند نمی‌باشد و علت آن دسترسی محدود به زمین بخصوص در شهرهای بزرگ است که ارزش زمین در آنها در طی دهه‌های گذشته بدلیل رشد جمعیت افزایش چشمگیر داشته است [۹۰ و ۹۹].

روش‌های مختلفی جهت دفع زباله وجود دارد از قبیل ریختن در سطح زمین و آب، مخلوط کردن با خاک، تغذیه دام و طیور، سوزاندن، دفن بهداشتی، دفن بهداشتی و زباله‌سوزی روش‌های متداول دفع هستند.

۲-۳-۷-۱- سوزاندن زباله

نخستین کارخانه زباله سوز در سال ۱۸۷۰ در انگلیس احداث گردید ولی طی دو دهه اخیر تغییرات عمده‌ای جهت فناوری‌های جدید و احداث صنایع عظیم مرتبط با این فعالیت اتفاق افتاده است. به دلیل آن‌که پسماند ناشی از این فرآیند بسیار محدود بوده است و عملاً از ۱۰٪ مواد ورودی به کارخانه تجاوز نمی‌کرد، بخش عمده‌ای از مسائل و مشکلات شهرها و بویژه کلان شهرها را به دلیل عدم نیاز به اراضی مناسب برای دفن بهداشتی زباله حل می‌کرد [۱۱۰].

مشخصات مناسب زباله نیاز برای سوزاندن شامل موارد زیر می‌گردد:

۱. ارزش حرارتی بالا (حداقل 5000 kJ/kg)

۲. رطوبت پایین (حداکثر ۴۵٪)

۳. کربن ثابت کمتر از ۱۵٪

۴. مواد خنثی کمتر از ۳۵٪

۵. مواد آلی (فرار) بیش از ۴۰٪

با توجه به این که رطوبت زباله‌های ایران ۶۵-۷۰٪ و ارزش حرارتی آن‌ها کمتر از ۵۰۰۰ است. بنابراین زباله‌های کشور برای تبدیل به انرژی مناسب نیستند و فناوری زباله‌سوز با تبدیل انرژی انطباق با شرایط کشور ندارد. البته فناوری زباله‌سوزی با سوخت کمکی در شرایط ایران می‌تواند برای مناطقی نظیر شمال کشور بدلیل هزینه بالای زمین مناسب دفن مطلوب باشد [۴۴]. بیشترین آمار استفاده از روش سوزاندن زباله مربوط به اروپا و ژاپن است. به‌گونه‌ای که در اروپا به طور متوسط ۲۳٪ و در ژاپن در حدود ۶۰٪ زباله را می‌سوزانند. این رقم در امریکا ۱۶٪ است، در سوئیس ۸۰٪ و در سوئد ۲۵ ایستگاه تولید انرژی از زباله وجود دارد و رقمی معادل ۸۰٪ زباله تبدیل به انرژی می‌شود [۵۰]. جدول (۲-۲) مزایا و معایب روش زباله‌سوزی را به اختصار نشان می‌دهد.

جدول (۲-۲) - مزایا و محدودیت‌های روش زباله‌سوزی [۳۸، ۸۰ و ۱۰۸]

مزایا	معایب
۱. بهداشتی بودن این روش در مقایسه با سایر روش‌های دفع	۱. هزینه خرید، نصب و نگهداری دستگاه‌های زباله سوز بیشتر از روش‌های دیگر دفع است.
۲. کاهش حجم زباله‌ها تا ۹۰٪	۲. در صورتیکه فیلترهای هوا خوب کار نکرده و یا عملیات سوزاندن زباله بخوبی انجام نشود هوای اطراف توسط گرد و غبار، دود، خاکستر و گازهای سمی به شدت آلوده می‌شود.
۳. تولید برق از حرارت حاصله	۳. روش کاملی برای دفع زباله محسوب نمی‌شود زیرا نیاز به زمین برای دفع خاکستر همچنان وجود دارد.
۴. از بین رفتن تمام مواد ارگانیکی با سوزاندن	۴. بدلیل آزادسازی گازهای سمی بخصوص در هنگام سوزاندن، باعث ایجاد آلودگی هوا و خطرات زیادی بر روی محیط زیست می‌شود و باعث افزایش مقدار قابل توجهی از CO ₂ به فضا می‌گردد.
۵. در دماهای بالا (C ۱۷۰۰ _ ۳۰۰۰) اجزاء خطرناک زباله‌ها شکسته شده و به مقدار زیادی تولید گاز دی اکسید کربن و آب	۵. سوزاندن پلاستیک می‌تواند مقدار زیادی گاز کلر و سولفید هیدروژن تولید نماید که هم خاصیت سمی و هم خوردگی دارند و همچنین سیانید هیدروژن که کشنده است تولید کند.
۶. مواد فرار حاصل از اجزاء خطرناک مواد سوزانده شده حاوی عناصر سمی فرار از قبیل جیوه، سرب، کادمیوم، کرم، روی و... می‌باشند که به شدت خاصیت خوردگی دارند.	

۲-۳-۷-۲- دفن بهداشتی

دفن، آخرین مرحله از مدیریت پسماند می‌باشد. دفع زباله از هر طریقی که به انجام رسد در نهایت پسماندی باقی خواهد گذاشت که لازمست دفن شود. در دهه ۱۹۵۰ با پیشقدم شدن امریکا روش دفن در گودال‌ها و حفرات نزدیک محل زندگی جای خود را به دفن بهداشتی زباله داد که نوع بسیار پیشرفته‌ای از دفن زباله در زمین می‌باشد که تقریباً تمام پارامترهای مهندسی در آن رعایت شده است و کمترین آسیب را بر محیط زیست اطراف وارد می‌کند [۱۱۰]. دفن بهداشتی عبارتست از تخلیه زباله داخل ترانشه،

متراکم کردن آن و پوشاندن آن با خاک یا سایر مواد مناسب به روش کاملاً سیستماتیک، به نحوی که زباله کاملاً در داخل کیسول محصور شود و امکان نفوذ شیرابه و گاز به اطراف سلول وجود نداشته باشد [۹۳]. دفن بهداشتی زباله نیازمند فضایی است که در عین رعایت کردن معیارهای زیست‌محیطی توانایی و ظرفیت لازم برای دفع و دفن را هم داشته باشد. باید توجه داشت که زباله مناسب‌ترین محیط زیست پرندگان، جوندگان و حشرات است. لایه پوششی به طور موثر از تماس حشرات، جوندگان و حیوانات دیگر و پرندگان با مواد زائد جلوگیری به عمل می‌آورد. همچنین از انتقال آب و هوا به درون مواد زائد جلوگیری می‌نماید [۵۷]. برخی از مزایا و معایب دفن بهداشتی در جدول (۲-۳) قابل مشاهده است.

اهمیت دفع به صورت دفن و انبار بهداشتی زمانی بیشتر می‌شود که به طور مثال بدانیم یک جفت موش از نوع *Rattus Rattus* که از موش‌های خانگی کمی بزرگتر است می‌تواند جمعیت خود را در طی ۳ سال به ۲۵۰۰۰ عدد برساند، عمدتاً در این محل‌های انباشت گذران عمر می‌کند. دفن بهداشتی با قدمتی بیش از ۷۰ سال در جهان هنوز به عنوان روشی متداول در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه محسوب می‌شود [۵۰].

جدول (۲-۳) - مزایا و معایب دفن بهداشتی [۱۲ و ۴۹]

مزایا	معایب
۱. در جایی که زمین در دسترس می‌باشد معمولاً روش دفن بهداشتی، اقتصادی‌ترین روش دفع مواد زائد می‌باشد.	۱. در جوامع پر جمعیت ممکن است در فاصله نزدیک زمین مناسب جهت دفن مواد موجود نباشد.
۲. در مقایسه با روش‌های دیگر دفع، سرمایه گذاری اولیه آن کمتر می‌باشد.	۲. روش دفن بهداشتی اگر همراه با استاندارد های بهداشتی و روزانه انجام نگیرد به روش غیر بهداشتی تلنبار در فضای باز تبدیل خواهد شد.
۳. در مقایسه با روش‌های دیگر، دفن بهداشتی نوعی دفع نهایی می‌باشد.	۳. اگر زمین های دفن بهداشتی در مجاورت مناطق مسکونی باشد ایجاد مزاحمت می کند.
۴. در این روش انواع مواد زائد را می توان دفن بهداشتی نمود و به جداسازی مواد نیاز نمی‌باشد.	۴. زمین های دفن تکمیل شده پس از مدتی نشست می کند. به جهت احتمال نشست زمین تکمیل شده ساختن ساختمان باید از طراحی خاصی برخوردار باشد.
۵. در مقایسه با سایر روش‌ها، روش دفع بهداشتی در پذیرش مقادیر مختلف مواد زائد از قابلیت و انعطاف بیشتری برخوردار است.	۵. در نتیجه تجزیه بی هوازی مواد زائد متان (قابل احتراق) و هم چنین سایر گازها حاصل می شود که در زمین های دفن می تواند موجب آتش سوزی گردد.

۲-۴- معیارهای مکان‌یابی محل دفن پسماند

به طور کلی محل دفن باید در اماکنی استقرار یابد که از جهات گوناگون اعم از زیست‌محیطی و اجتماعی کم‌ترین ضرر را به وجود آورد. مکان‌یابی صحیح می‌تواند بیش از نیمی از مشکلات و نگرانی‌های موجود در یک محل دفن را مرتفع سازد. ترتیب تقدم گروهی و پدیده‌های مورد ارزیابی بستگی به شرایط اجتماعی هر جامعه دارد.

۱. شرایط اقلیمی و شرایط خاک

برهم کنش اثرات باد، بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی بر محل دفن زباله پارامترهایی است که باید در نظر گرفته شود. از نظر شرایط آب و هوایی، مناطقی با تبخیر بالا، بارندگی کم و فاقد بادهای شدید، بهترین شرایط را برای دفن پسماندها دارا می‌باشند [۸۱ و ۸۵]. خاک‌شناسی به عنوان یک پارامتر که ارتباط مستقیمی با زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه دارد، تاثیر بسیار مهمی در انتخاب محل دفن پسماندها دارد. مهم‌ترین ویژگی که در مطالعات مکان‌یابی بدان توجه می‌شود ویژگی تراوایی خاک می‌باشد. بدین معنا که هرچه درصد شن در ساختار خاک منطقه بیشتر باشد، میزان نفوذپذیری آن نیز بیشتر می‌گردد و در مقابل افزایش درصد رس در خاک نه تنها از میزان نفوذپذیری آن می‌کاهد بلکه وجود کلوئیدها به نحو موثری در تبادلات کاتیونی شرکت کرده و زمینه ساز پدیده فیلتراسیون جریان سیال می‌گردد که از درون آن می‌گذرد [۹۹]. در جدول (۲-۴) خاک‌ها به لحاظ نفوذپذیری و قطر دانه با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول (۲-۴) - دسته بندی نفوذپذیری خاک‌ها برای دفن پسماند [۳۰]

شرایط محل دفن نفوذپذیری	کاملاً نامناسب	نامناسب	تقریباً نامناسب	کمی مناسب	مناسب	کاملاً مناسب
	۰/۶ <	۰/۱ - ۰/۶	۰/۲ - ۰/۱	۰/۰۰۲ - ۰/۱	۰/۰۰۱ - ۰/۰۰۲	۰/۰۰۱ <
قطر اصلی دانه mm						
فاکتور K (cm/ sec)	۰/۰۰۰۲ <	-۰/۰۰۰۲ - ۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۲ - ۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۲ - ۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۲ - ۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۲ <

۲. منابع آب و زمین‌شناسی

شرایط زمین‌شناسی، آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی جهت انجام مکانیابی محل دفن بسیار مهم است. ویژگی‌های رواناب سطحی به همراه سیل خیزی منطقه محل دفن از مقوله‌هایی است که باید

بررسی گردد [۲۵]. مهم‌ترین عوامل زمین‌شناسی به منظور اینکه یک لایه بتواند بعنوان سد زمین‌شناسی عمل کند، نفوذپذیری، تخلخل، ضخامت زیاد و توانایی جذب طبیعی برای مواد زائد خطرناک می‌باشد [۸۷]. خلل و فرج بالای خاک‌های آبرفتی با شن و ماسه و ریگ به عنوان مواد اصلی مستعد برای آبخوان-ها با قابلیت هدایت بالا و بهای کم هستند. مادامیکه این گونه خاک‌های مستعد برای آبخوان حضور دارند، زمین برای سایت دفن مناسب نمی‌باشد، زیرا پسماند جامد خطر بالایی برای آلودگی آبخوان دارد.

روش‌های DRASTIC^۱ و GOD^۲ و CALOD به منظور ارزیابی حساسیت آبخوان برای آلودگی توسعه یافته‌اند. اگرچه این روش‌ها کاربرد گسترده در ارزیابی کیفیت ذخایر آب زیرزمینی دارند، اما به طور کلی در فرآیند گزینش سایت دفن پسماند جامد به کار برده نشده‌اند [۱۰۷]. علاوه بر جنس و نفوذپذیری واحدهای زمین‌شناسی، شرایط ساختمانی منطقه نیز فاکتور مهمی در انتخاب یک مدفن مناسب می‌باشد.

از جمله این شرایط می‌توان به گسل‌ها، درزه و شکاف‌ها و تاقدیس و ناودیس‌ها اشاره کرد. برای محدود کردن پخش شیرابه باید از احداث محل‌های دفن در محور تاقدیس‌ها و یا ساختارهای گنبدی شکل اجتناب کرد [۳۰]. در مقابل ناودیس‌ها و یا سایر ساختارهای فرورفته به ویژه اگر بالاترین لایه در کمان درونی ناودیس نفوذناپذیر باشد، مکان‌های مناسبی برای جمع آوری شیرابه‌های نشت کرده از بستر محل دفن پسماند می‌باشند و از انتشار آلودگی به محیط اطراف جلوگیری می‌کند. وقوع گسلش و لرزه-های حاصل از زمین لرزه می‌تواند باعث تخریب لندفیل به عنوان یک سازه مهندسی شده که خود سبب به مخاطره افتادن سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست پیرامون لندفیل می‌شود [۸۹]. جدول (۲-۵) به طبقه-بندی ترکیب سنگ‌ها و کانی‌ها برای محل دفن می‌پردازد.

^۱. Aller(1987)

^۲. Foster(1998)

جدول (۲-۵) - طبقه‌بندی زمین‌شناسی محل دفن پسماندها بر اساس ترکیب سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی،

بافت سنگ و رسوبات [۹۶]

شرایط محل دفن	کاملاً نامناسب	نامناسب	تقریباً نامناسب	کمی مناسب	مناسب	کاملاً مناسب
رسوبات ناپیوسته	آواری ها	آواری‌ها ۸۰٪	رسوبات آواری	سنگ‌های	مقداری	-
کانی‌های رسی	به همراه کوارتز، فلدسپار	کنگلومرا و فلدسپار	تحکیم یافته	آواری با سیمان رسی و	سنگ‌ها و رسوبات ته	-
کربنات‌ها	فاقد کانی رسی	۵-۸٪ کانی رسی به همراه فلدسپار	۱۵-۱۰٪ کانی رسی	وجود کانی-های رسی	درصد بالای ترکیبات رسی و سایر ترکیبات	درصد بالای ترکیبات رسی و سایر ترکیبات
سایر ترکیبات	حاوی کربنات (به همراه ماسه سنگ و	کربنات‌های دانه ای به همراه ماسه	وجود سنگ‌های ماسه ای سیلتی ریزدانه	سنگ‌های سیلتی، رسی و ماسه ای ریز	-	-
	وجود ترکیبات مختلف پیریت	وجود ۱۲ - ۱۵٪ پیریت	حاوی ۵-۱۲٪ پیریت	کمتر از ۵٪ ترکیبات پیریتی	وجود مارن و رس	وجود سنگ‌های بدون درزه و شکاف

۳. شیب زمین

توپوگرافی و به عبارت دیگر شیب زمین نیز نقش زیادی در میزان حرکت شیرابه و هم چنین تاثیر زیادی در حرکت آب‌های سطحی به محل دفن دارد. مناطقی با شیب بیش از ۱۵٪ برای دفن پسماندها

مناسب نمی‌باشد. علاوه بر این مناطق پست مستعد آب‌گرفتگی و سیلاب اجتماعی- اقتصادی هستند و برای محل دفن مناسب نیستند و مناطق با شیب زیاد هزینه عملیات اجرایی احداث لندفیل را افزایش می‌دهند [۷۲].

۴. شرایط اقتصادی- اجتماعی

اگر محل دفن زباله در نزدیکی مناطق مسکونی و صنعتی قرار گرفته است باید توجه زیادی به تاثیرات زیست محیطی آن انجام داد. ترافیک، سروصدا، بو، گرد و خاک، آلودگی آب زیرزمینی، کنترل حشرات، خطر بر روی سلامت و غیره از پارامترهای تاثیرگذار است. رعایت فاصله مناسب از راه‌ها و مناطق شهری و مسکونی، دسترسی آسان به تسهیلات برق رسانی، آب و کنترل هزینه‌ها و مسائل اقتصادی از پارامترهای مهم در این بخش محسوب می‌شود [۲۵].

۲-۵- آماده سازی محل دفن

شکست یا موفقیت عملیات دفن بهداشتی، تا حد زیادی به وسعت عملیات و چگونگی آماده سازی به طبیعت محل، موقعیت آن، حجم عملیات بهره برداری و بودجه قابل دسترس بستگی دارد [۴۰ و ۱۵]. روش‌های مختلفی برای دفن مواد زائد جامد وجود دارد. وظیفه تیم طراحی انتخاب اقتصادی‌ترین، عملی-ترین و ساده‌ترین روش دفن مناسب با شرایط منطقه می‌باشد [۳۸]. روش‌های معمول دفن مواد زائد شامل حالت‌های زیر است [۳۰، ۱۷ و ۲۵]:

۱. روش ترانشه‌ای

در مناطقی که مواد کافی برای پوشاندن زباله‌ها وجود دارد و همچنین در محلی که سطح آب زیر-زمینی نزدیک به سطح نمی‌باشد قابل استفاده است. مواد زائد در سلول‌ها یا ترانشه‌هایی در خاک قرار می‌گیرد. برای پوشش نهایی و روزانه از خاک موجود در محل استفاده می‌شود. ترانشه‌ها عموماً با رس با نفوذ پذیری کم، ژئوممبرین^۱ یا ترکیبی از این دو پوشیده شده تا حرکت شیرابه و گاز به بیرون جایگاه را محدود کند.

این روش در مناطقی که خاک به اندازه مورد نیاز در دسترس بوده و سطح آب زیرزمینی بقدر کافی پایین است مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترانشه‌های بطول ۳۰-۱۲۰ متر عمق ۱-۴ متر عرض ۴/۵-۱۵ متر حفر می‌شود. زباله به صورت لایه‌های نازک ۴۵-۶۰ سانتی متر فشرده شده و هر لایه بایستی تا آخر روز با حداقل ۱۵ سانتی متر خاک پوشانیده شود. جمعاً قسمت حاوی زباله ۱۸۰-۳۰۰ سانتی متر است که در هر ۶۰ سانتی متر یک لایه خاک روی زباله ریخته شده است. وقتی ترانشه پر شد ۶۰ سانتی متر خاک روی آن می‌ریزند.

۲. روش دره‌ای

در این روش، دره‌ها، مسیل‌ها، حوزه‌های خشک و معادن استخراج شده برای محل دفن استفاده می‌شود. کنترل آب‌های سطحی یک فاکتور مهم در روش دره‌ای است. پرشدن محل‌های دره‌ای در چند مرحله صورت می‌گیرد. مواد پوشش دهنده از دیواره‌ها و کف قبل از اینکه سیستم لایه بندی نصب شود تهیه می‌شود. گودال‌ها و معادن متروکه به اندازه کافی مواد پوشاننده برای سلول‌های میانی ندارند. کمپوست تولید شده از زباله‌های خانگی می‌تواند به عنوان پوشش میانی برای زباله‌ها استفاده گردد.

۳. روش سطحی

^۱Geomembrance

در این روش زباله‌ها بعد از تخلیه به صورت نوارهای باریکی به ضخامت ۴۰-۷۰ سانتی‌متر در روی زمین تسطیح گردیده و لایه‌های زباله فشرده می‌شوند. هر لایه در طول روز فشرده می‌شود و لایه بعدی روی لایه فشرده قرار می‌گیرد تا ضخامت آن‌ها به ۱۸۰-۳۰۰ سانتی‌متر در روز برسد. از این مرحله به بعد روی لایه‌های آماده شده قشری از خاک به ضخامت ۱۵-۳۰ سانتی‌متر گسترده و فشرده می‌شود. شایان ذکر است که قبل از شروع عملیات دفن در جلوی محلی که زباله‌ها باید دفن شوند، اقدام به ساختن سد خاکی می‌گردد. عرض هر لایه فشرده شده زباله نباید از ۲۴۰-۶۰۰ سانتی‌متر تجاوز کند.

۴. روش سرایشی

اغلب در مواردی که مقدار کمی خاک برای پوشش زباله در دسترس باشد استفاده می‌شود. مساعدترین منطقه در این روش کوهستان با شیب کم است. زاویه شیب مورد نظر در این روش ۳۰٪ بوده و عرض باریکه‌های پر شده با توجه به شیب سطح در طول عملیات به کمک متخصصین نقشه برداری طراحی می‌گردد.

۵. روش دره‌ای با شیب نسبتاً زیاد

در مناطقی که گودال‌ها یا دره‌های مصنوعی موجود است می‌توان به نحو موثری مبادرت به دفن بهداشتی زباله‌ها نمود. بنابراین دره‌های تنگ و باریک، گودال‌های ناشی از خاک‌برداری از معادن و مناطق کوهستانی با شیب نسبتاً زیاد می‌توانند به منزله محل دفن به روش دره‌ای مورد استفاده قرار گیرند.

۶. دفن در زمین‌های باتلاقی

از زمین‌های مرطوب و باتلاقی در مواقع اجبار می‌توان به عنوان محل دفن استفاده نمود ولی توجهات ویژه‌ای در زمینه کنترل آلودگی آب‌ها لازم است. زهکشی مناسب محل، احداث سد مطمئن با مصالح مناسب جهت جلوگیری از ورود آب به خصوص در مناطق ساحلی و ایزولاسیون کف برکه‌ها یا باتلاق‌ها با

کمک ۳۰-۴۰ سانتی متر خاک رس کوبیده از اقدامات لازم جهت کنترل آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است.

۷. دفن در زمین‌های ساحلی

اصول کار مثل روش دفن در زمین‌های باتلاقی است. عملیات دفن باید با توجه به سطح آب زیرزمینی، میزان و نوع زباله انجام شود. برای تامین خاک در این روش می‌توان خاک مرطوب محل حفاری را ذخیره نمود تا رطوبت خود را از دست بدهد و سپس استفاده کرد. شیب محل ملایم تامین می‌گردد و ایزوله کردن محل و زهکشی برای جلوگیری از جریان یافتن آب‌ها به محل دفن ضروری می‌باشد.

۲-۶- انواع مدفن

مدفن‌ها از نظر میزان کار مهندسی انجام شده و وضعیت هیدرولوژیکی زمین طبیعی و لایه آبدار با هم متفاوتند. به طور کلی مدفن زباله را به دو نوع خودپالا و بهداشتی تقسیم می‌کنند [۲۵ و ۳۰].

۱. مدفن خودپالا

مدفن‌های خودپالا، بر این اصل استوارند که آب زباله نفوذی از کف مدفن، به وسیله لایه خاکی سیراب نشده زیر بستر خود پالائی می‌یابد. اما امروزه ثابت شده است که لایه خاک سیراب نشده زیر لندفیل پاک‌کننده کامل مواد آلاینده به شمار نمی‌آید و تصفیه کننده کامل نمی‌باشد، لذا جزء پسماندهای بی‌خطر هیچ گونه پسماند دیگری را نمی‌توان در این محل‌ها دفن کرد. ساخت و بهره برداری از لندفیل-های خود پالا، دو شیوه به کار گرفته می‌شود:

الف) گودال گسترده

در این روش سطح زمین را گودبرداری نموده و ریختن پسماند را از یک سو آغاز می‌کنند. در این گونه مراکز دفن پسماند، سطح آب زیرزمینی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

ب) گودال باریک یا ترانشه

در این روش هر باریکه جدا خاک‌برداری شده، پسماندها در آن ریخته و روی آن‌ها پوشانده می‌شود. زمین مورد نیاز در این شیوه گسترش کمتری دارد. اما چون به هنگام بارندگی تمام سطح پسماندها خیس می‌شوند، آب زباله با کیفیتی نامناسب‌تر ایجاد می‌گردد، از این رو، گزینش هر یک از این دو شیوه بستگی به ارزش زمین دارد [۲۵].

۲. مدفن بهداشتی

الف_ مدفن با حداقل کار مهندسی: گرادیان هیدرولیکی به خارج از مدفن می‌باشد. این مدفن تنها دارای یک لایه زهکش و یک لایه پوشش در بالای زباله می‌باشد. لایه زهکش از سنگدانه‌هایی به قطر ۲۰-۵۰ سانتیمتر و به ضخامت تقریبی ۴۰ سانتی‌متر در کف و دیواره‌های زمین حفاری شده ساخته می‌شود. شیرابه داخل لایه زهکش جمع شده و در اثر اختلاف پتانسیل بین سطح شیرابه در لایه زهکش و سطح آب در لایه آبدار زیرین به داخل لایه آبدار انتقال می‌یابد. در اینجا زمین طبیعی در جلوگیری از انتقال مواد به لایه آبدار مهم است.

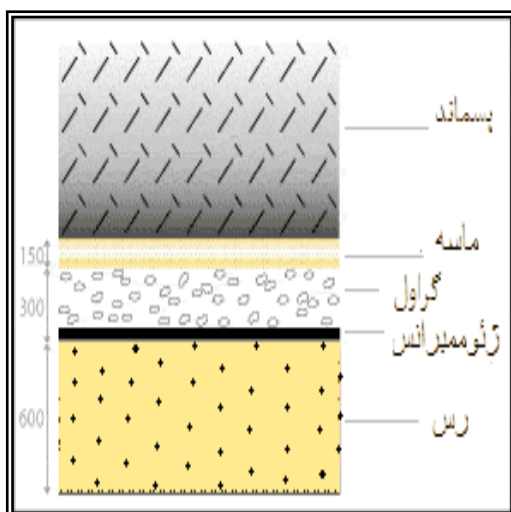
ب_ مدفن دارای یک لایه زهکش و یک لایه رس متراکم شده: این مدفن علاوه بر لایه زهکش دارای یک لایه آستری رسی به ضخامت تقریبی ۱ متری با حداقل نفوذ پذیری $10^{-2} \times 1$ متر بر ثانیه در زیر لایه زهکش می‌باشد که وظیفه آن جلوگیری از حرکت شیرابه به خارج از مدفن است. در بالای لایه رسی نیز می‌توان از لایه مصنوعی استفاده نمود.

ج_ مدفن دارای دو لایه زهکش و یک لایه رسی متراکم شده به همراه تله هیدرولیکی

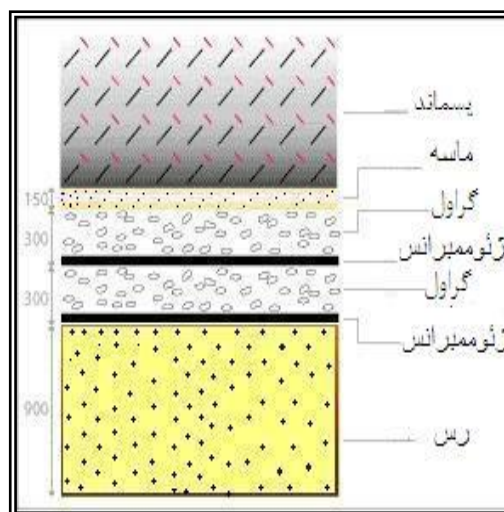
این نوع مدفن همانند نوع "ب" می‌باشد با این تفاوت که آب به داخل لایه زهکش ثانویه پمپ شده و با بالا رفتن ارتفاع پیرومتریک در این لایه جریان آب معکوس شده و به داخل مدفن یعنی لایه زهکش اولیه انتقال می‌یابد. این حالت به تله هیدرولیکی مهندسی معروف است.

ه_ مدفن با دولایه زهکش و دو لایه آستری مرکب

این گزینه که از نظر درجه مهندسی از بقیه بالاتر است دارای دو لایه زهکش و دو لایه آستری مرکب می‌باشد. این لایه آستری مرکب از لایه رسی و لایه مصنوعی از نوع ژئوممبرین بوده و به منظور جلوگیری از حرکت رو به پایین شیرابه می‌باشد [۱۰۰ و ۳۰].



شکل (۲-۱-ب)- مدفن نوع "ه"



شکل (۲-۱-الف)- مدفن نوع "ج"

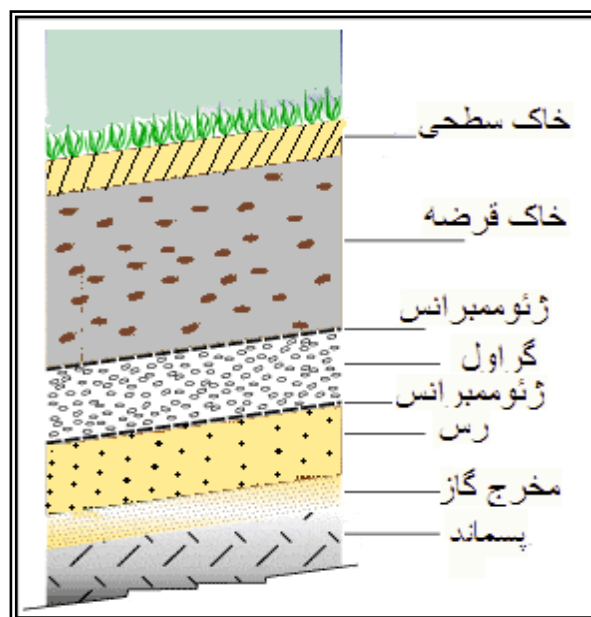
۲-۷- لایه نهایی پوشش مدفن

لایه‌های متراکم باعث کاهش هدایت هیدرولیکی می‌شوند و به همین منظور به طور گسترده جهت جلوگیری از حرکت شیرابه در محل دفن به عنوان پوشش روزانه و نهایی به کار می‌روند. حرکت و جریان شیرابه مهم‌ترین عامل استفاده از پوشش می‌باشد. دلایل اصلی برای استفاده از پوشش نهایی عبارتند از [۱۲]:

۱. کاهش جریان آب باران و برف به درون محل دفن بعد از تکمیل شدن
 ۲. محدود کردن آزادسازی گازهای محل دفن
 ۳. از بین بردن و کنترل تکثیر حشرات
 ۴. فراهم کردن سطح نامناسب برای رویش گیاهان در محل
 ۵. استفاده از زمین محل دفن پس از بسته شدن مانند پارکینگ و ...
- برای دست یابی به این امر پوشش محل دفن باید:
- ✓ توانایی تحمل شرایط آب و هوایی (گرم، سرما، رطوبت، خشکی، یخ بستن) را داشته باشد.
 - ✓ در برابر فرسایش آبی و بادی مقاومت کند.
 - ✓ در برابر ریزش، ترک خوردن و لغزش و خزش پایدار باشد.
 - ✓ در برابر اثرات مختلف فرونشست که بوسیله آزاد سازی گاز ناشی از محل دفن و فشردگی مواد زائد و خاک مبنا ایجاد می شود مقاومت باشند.
 - ✓ کاهش حجم در اثر عملیات دفن مانند بارگذاری اضافی و حرکت وسایل سنگین را تحمل نماید.
 - ✓ در برابر تغییر شکل بوسیله زمین لرزه مقاومت کند.
 - ✓ تغییراتی که بوسیله خوردگی گاز روی مواد ایجاد می شود تحمل کند.

یک پوشش کامل و پیشرفته برای محل دفن مطابق شکل (۲-۲-الف) می‌باشد که از چندین لایه مختلف تشکیل گردیده است. این لایه‌ها به ترتیب شامل: مخرج گاز، رس، ژئوتکستایل، شن، خاک قرضه، ژئوتکستایل و خاک سطحی است. به منظور تراز کردن سطح محل دفن از یک لایه خاک پی استفاده می‌شود. در بعضی از پوشش‌ها لایه جمع‌آوری گاز در زیر لایه پی قرار می‌گیرد تا گاز محل دفن جمع‌آوری گردد. لایه سدی به منظور محدود کردن حرکت مایعات به درون محل دفن و آزاد سازی گاز در طول پوشش می‌باشد.

لایه زهکش نیز وظیفه دارد تا آب باران و برف ذوب شده را از مواد پوشش دهنده دور نماید و فشار آب بر روی لایه سدی را کاهش دهد. لایه محافظ به عنوان لایه سدی و زهکش عمل می‌کند. لایه سطحی نیز به منظور مسطح کردن مدفن بعد از بسته شدن آن استفاده می‌شود. باید توجه داشت که در همه موارد لایه‌های فوق برای پوشش محیط نیاز نیست. در شرایط مرطوب به علت این که متراکم نمودن رس بسیار مشکل است یک ژئوممبرین بر روی لایه نصب می‌کنند تا به عنوان لایه سدی عمل کند [۱۲].



پوشش کامل محل دفن

شکل (۲-۲)

۸-۲- اثرات زیست محیطی محل دفن زباله

جهت طراحی خاکچال‌های بهداشتی و به منظور داشتن برنامه‌ریزی مفید و سودمند باید از واکنش‌هایی که بعد از دفن زباله در زمین رخ می‌دهند آگاهی داشت زیرا مواد زائد که در زمین دفن قرار می‌گیرند، به لحاظ شرایط بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی تغییر می‌یابند. اهم تغییرات عبارتند از:

- تجزیه بیولوژیکی مواد آلی و قابل فساد به صورت هوازی و بی‌هوازی همراه با ایجاد گازها و شیرابه‌ها
 - اکسیداسیون شیمیایی مواد
 - فرار گاز از سلول‌ها و انتشار آن از جدار سلول‌ها
 - حرکت شیرابه توسط اختلاف ارتفاع
 - حل و تراوش مواد آلی و غیر آلی توسط آب و شیرابه از سلول پر شده
 - حرکت مواد حل شده توسط تغییرات تراکم و عمل اسمزی
 - نشست زمین در نتیجه ترکیب مواد در حفره‌های آن
- تحت تاثیر باکتری‌های موجود ترکیبات قابل تجزیه در مواد زائد تجزیه می‌گردند. مواد موجود در خاکی که به عنوان پوشش روزانه و نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، پس از تکمیل دفن، منبع اصلی موجودات زنده جهت تجزیه هوازی و بی‌هوازی مواد می‌باشد [۱۰۵].

۸-۲-۱- شیرابه

شیرابه به‌عنوان مایعی تعریف می‌شود که در طول عمر محل دفن تا چندین سال پس از بسته شدن آن به وسیله عوامل داخلی و خارجی تشکیل می‌شود و حاوی مواد معلق و محلول بسیار زیادی است. ویژگی‌های شیرابه تولید شده بسیار متغیر بوده و به عواملی مانند ترکیب و مقدار مواد زائد، هیدرولوژی

محل، پوشش روزانه، سن مواد دفن شده، برهم کنش شیرابه و محیط پیرامون آن، طراحی و عملکرد مدفن بستگی دارد [۱۱۳].

در قانون بازیافت و حفاظت از منابع (RCRA) آژانس حفاظت ایالات متحده توصیه می‌شود که مواد زائد به صورت خشک دفن شوند، که اگر به این صورت باشد مواد زائد تخمیر و تثبیت نخواهند شد و نیز تولید گاز و شیرابه نیز محدود می‌شود. در زمین دفن بهداشتی سنتی و مرسوم یا تثبیت رخ نمی‌دهد و یا اگر رخ دهد ممکن است حدود ۵۰ سال طول بکشد در صورتی که در خاکچال با سلول‌های زیستی این عمل طی ۱۰ سال رخ می‌دهد امروزه یک وفاق و اجماع عمومی وجود دارد که زمین‌های دفن خشک می-بایست ممنوع شوند. چه اینکه مواد زائد جامد شهری می‌بایست تصفیه و حذف شوند چون اجزاء این مواد در آینده می‌توانند از زمین نشت کرده و آب‌های زیرزمینی را آلوده کنند. در این سیستم‌ها رطوبت به مواد زائد دفن شده اضافه می‌شود تا تثبیت و تخمیر مواد آلی تقویت شود و آبشویی کردن مواد شیمیایی که قابلیت شیرابه شدن دارند باعث می‌شود آب‌های زیرزمینی از اثرات سوء در امان باشند. یک منبع بالقوه جهت تخمیر، شیرابه تولیدی در خاکچال می‌باشد.

شیرابه مواد زائد جامد شهری از مواد شیمیایی خطرناک مختلفی تشکیل شده است. آلودگی آب‌های زیر زمینی با آلاینده‌ها باعث می‌شود این آب‌ها جهت استفاده خانگی قابل اطمینان نباشند. در آمریکا ۵۵۰۰۰ خاکچال وجود دارد که عامل ۷۵٪ از آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی است [۵۰]. غلظت مواد در محل زباله با افزایش عمق زیادتر می‌شود زیرا آب نفوذ کرده به زباله‌های در هنگام حرکت به سمت پایین با مواد زائد بیشتری در تماس خواهد بود. به عبارتی در جایگاه‌های عمیق تماس بین فاز جامد و مایع طولانی‌تر است که تولید شیرابه را افزایش می‌دهد [۱۱۰].

۲-۸-۲- مشخصات ساختمانی و نشست زمین‌های دفن

نشست زمین به عواملی از قبیل فشردگی اولیه مواد، مشخصات مواد زائد، درجه تجزیه شدن مواد و اثرات ناشی از تشکیل مواد فشرده شده با آب و هوای منطقه بستگی دارد. طی بررسی‌های مختلف بدین نتیجه رسیده‌اند که ۹۰٪ از نشست نهایی در مدت ۵ سال اولیه پس از بسته شدن مدفن اتفاق می‌افتد [۲۱].

در اثر تجزیه مواد، گازهای مختلف نظیر: دی‌اکسیدکربن، متان، نیتروژن، هیدروژن و هیدروژن سولفور حاصل می‌شود. حداکثر میزان گاز در ۲۰ سال اول حاصل می‌شود و به تدریج میزان آن کاهش می‌یابد. البته تولید گاز ممکن است تا ۲۵ سال ادامه یابد. میزان تجزیه مواد با اندازه‌گیری میزان گاز حاصله محاسبه می‌گردد. میزان متان تولیدی بوسیله میزان رطوبت موجود در مواد زائد کنترل می‌شود [۲۱].

۲-۹- پسماندهای پزشکی و بیمارستانی

۲-۹-۱- تعریف پسماند پزشکی و روش‌های دفع

پسماندهای پزشکی عموماً به هر گونه مواد زائد مایع یا جامد که از تشخیص، درمان و ایمن سازی انسان‌ها در تحقیقات مربوط به آن و آزمایش‌های زیست شناختی حاصل می‌شوند اطلاق می‌گردد. پسماندهای پزشکی طیف وسیعی از مواد شیمیایی خطرناک تا پسماندهای غذایی، کاغذهای باطله و سایر انواع پسماندهای بیمارستانی شامل پسماندهای عفونی، پرتوزا و پسماندهای معمولی دیگر را در بر می‌گیرد [۶۲].

پسماندهای پزشکی بر مبنای منشاء و خطرات بالقوه ناشی از آن به صورت زیر تقسیم می‌شوند:

۱. پسماندهای کلینیکی

۲. پسماندهای آزمایشگاهی

۳. زباله‌های غیر کلینیکی

۴. پسماندهای آشپزخانه

طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی^۱ WHO تقریباً ۸۵٪ از پسماندهای پزشکی در واقع خطرناک نیستند، حدود ۱۰٪ عفونت‌زا هستند و در حدود ۵٪ غیر عفونی و خطرناک هستند [۸۲].

۲-۴-۱- تکنولوژی انهدام پسماندهای پزشکی [۶]:

۱. سوزاندن^۲

۲. سیستم‌های دما پایین_ گرم کردن خشک^۳

۳. سیستم‌های دما بالا_ پیرولیز^۴

۴. سیستم‌های دما بالا_ تکنولوژی پلاسما^۵

۵. اتوکلاو^۶

۶. سیستم‌های دما پایین_ میکروویو^۷

۷. سیستم‌های دما پایین_ ماکروویو

۸. استفاده از بخار آب و خرد کردن

^۱. World Health Organization

^۲. Incineration

^۳. Dry Heat

^۴. Pyrolysis

^۵. Plasma

^۶. Autoclave

^۷. Microwave

۹. ضد عفونی کردن شیمیایی

۱۰. دفن عمیق

۲-۹-۲- وضعیت پسماندهای بیمارستانی در ایران

قانون مدیریت پسماندهای کشور توسط سازمان حفاظت محیط زیست در ۲۳ ماده تهیه شده و در تاریخ ۱۳۸۳/۲/۱۵ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. مطابق این قانون مخلوط کردن پسماندهای پزشکی با سایر پسماندها ممنوع اعلام شده است. همچنین دستورالعمل تفکیک و جمع‌آوری و حمل و دفع پسماندهای پزشکی توسط سازمان حفاظت محیط زیست در ۱۵ ماده در ۸۱/۱۰/۱ تهیه شده است. در این دستورالعمل پسماندهای ویژه شامل سه نوع پسماندهای زباله تیز و برنده، پسماندهای عفونی و شیمیایی و پسماندهای پرتوزا و رادیواکتیو می‌باشد. در ماده ۲ این دستورالعمل نحوه جداسازی و نگهداری موقت پسماندهای پزشکی بدین نحو ذکر شده است:

۱. پسماندهای معمولی یا شبه خانگی بایستی در کیسه زباله مقاوم مشکی رنگ جمع‌آوری و در مخزن آبی رنگ قابل شستشو نگهداری شود.

۲. پسماندهای برنده در محفظه قرمز رنگ مقاوم با علامت مخصوص به طوری که مانع تماس مستقیم این پسماندها با بدن شخص شود جمع‌آوری گردد.

۳. پسماندهای عفونی و شیمیایی باید در کیسه زباله محکم و زرد رنگ جمع‌آوری و در محفظه‌های پلاستیکی زرد رنگ دارای علامت مخصوص قابل شستشو و ضد عفونی نگهداری شود.

۴. پسماندهای پرتوزا و رادیواکتیو بر اساس دستورالعمل‌های سازمان انرژی اتمی و زیر نظر مسئول بهداشت پرتوهای بخش مربوطه نگهداری و دفع می‌گردند [۲۶].

براساس برآوردها حدود ۶۳۰ نوع ماده شیمیایی و دارویی در بیمارستان‌ها مصرف می‌شود که حدوداً ۳۰۰ نوع آن‌ها خطرناک و سمی می‌باشند. کشور ما حدوداً دارای بیش از ۸۰۰ بیمارستان، ۷۰۸۹ واحد بهداشتی درمانی، ۱۶۲۸۵ خانه بهداشت و ۳۷۰۱ آزمایشگاه می‌باشد که روزانه بالغ بر ۲۸۵ تن پسماند بیمارستانی تولید می‌کند. با توجه به حجم بالای پسماندهای بیمارستانی و نیز خطرناک بودن آن‌ها، دفع پسماندهای بیمارستانی نیازمند مدیریت صحیح و رعایت اصول بهداشتی و مهندسی می‌باشد [۶۸].

فصل سوم

مدیریت پسماندهای جامد شهری

در شهرستان شاهرود

۳-۱- مقدمه

سیستم گردآوری زباله در شهرستان شاهرود اکنون نسبتاً منظم و مناسب است. طرح تفکیک در این شهرستان انجام نمی‌شود اما سطل‌های مخصوص جمع‌آوری زباله در سطح شهر نسب گردیده و شهروندان یا زباله تولیدی خود را در طول روز در این ظروف، یا پیش از جمع‌آوری شبانه مامورین در پیاده رو قرار می‌دهند.

جمع‌آوری و دفن پسماند در شهر شاهرود در زمان انجام این مطالعه (سال ۱۳۸۷) توسط مامورین بخش خدمات شهری شهرداری شاهرود، ابتدای شب در ساعت ۲۰:۳۰ آغاز می‌شود. جمع‌آوری توسط ۲۷ دستگاه خودرو مخصوص جمع‌آوری زباله و ۱۱۰ نفر پرسنل خدمات شهری صورت می‌گیرد که ۵۰٪ این خودروها مکانیزه‌اند. زباله‌های مربوط به شهرک‌های مسکونی امام حسین و بهارستان نیز در روز توسط ۲۰ کارگر جمع‌آوری می‌گردد.

ایستگاه موقت در سطح شهر وجود ندارد. تنها یک ایستگاه مادر در ۷ کیلومتری شاهرود تعبیه شده و مخصوص بافت قدیم شهر می‌باشد. زباله‌ها داخل خودروهای جمع‌آوری یا بصورت مستقیم و یا پس از تحویل بار در ایستگاه مادر به محل دفن برده می‌شوند.

تا زمان نگارش این پایان نامه (بهار ۱۳۸۸) شهر شاهرود فاقد سیستم مدون تفکیک و بازیافت زباله است و درصدی از مواد قابل بازیافت توسط کارگران شهرداری و یا زباله‌گردها جمع‌آوری می‌شود. این در حالی است که بر اساس آنالیز فیزیکی انجام شده در طی طرح و بازدید از محل دفن، مشخص گردید که حجم بالایی از مواد زائد منتقل شده به محل دفن قابل بازیافت است. بنابراین تنها روش مورد استفاده در دفع پسماندها در این شهرستان، دفن پسماندها می‌باشد.

۳-۲- تاریخچه دفن پسماند در شهرستان شاهرود

محل دفن کنونی در ۱۳ کیلومتری شمال شرق شاهرود واقع گردیده است و مساحت این محدوده ۱۴۲ هکتار است که از حدود ۵۰ هکتار آن در دفن استفاده می‌گردد. از ابتدای تأسیس شهرداری در شهرستان پسماندها را در صحرای جلالی دفن می‌نموده‌اند. از حدود ۲۲ سال قبل محل دیوی زباله شهری شاهرود، به مکان کنونی تغییر کرده است. در گذشته دفن پسماندها در بالادست مکان فعلی بدون هیچ گونه تمهیداتی انجام می‌گردیده است.

از سال ۸۲ دفن زباله در این مکان ساماندهی شده و ترانشه‌هایی بدین منظور حفر شد. محل دفن کنونی که در پایین دست و بدون فاصله از دفن روباز سابق قرار گرفته، شامل ۱۰ ترانشه، به طول ۱۰۰ متر، عمق ۹ متر و عرض ۱۵ متر و با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی است. فاصله بین ترانشه‌ها ۲۴ متر می‌باشد. راه دسترسی به محل دفن بصورت آسفالت‌ه بوده و دسترسی به این محل براحتی امکان‌پذیر است. در این ترانشه‌ها به صورت روزانه و پس از هر مرحله سطح پسماندها با خاک پوشانده می‌شود. هر کانال در مدت زمان ۵-۶ ماه پر می‌گردد. شکل (۳-۱) نمایی از یک ترانشه حفر شده را نشان می‌دهد.

در هر لندفیل سه لایه پسماند قرار می‌گیرد. پس از هر لایه روی پسماندها با ۳۰-۵۰ سانتی‌متر خاک محل پوشانده می‌شود. پس از پر شدن روکش نهایی با خاک رس و شن دار انجام می‌شود که این لایه ضخیم‌تر از لایه‌های قبلی در نظر گرفته می‌شود. با توجه به خطر انفجار، برای استخراج گازهایی که پس از دفن تجمع می‌یابند لوله گذاری قبل از دفن انجام می‌گردد (شکل ۲-۳).

اخيراً درختکاری در پایین دست محل دفن آغاز گردیده و حدود ۳ هکتار زمین به این امر اختصاص داده شده است که بدلیل عدم وجود منبع آب طبیعی (چشمه، قنات، رودخانه)، آبیاری آن از طریق تانک-های ذخیره آب انجام می‌شود (شکل ۳-۳).



شکل (۳-۱) - نمایی از ترانشه دفن



شکل (۲-۳) - نحوه قرار گیری لوله‌های جمع‌آوری گاز



شکل (۳-۳) - درختکاری در پایین دست محل دفن

۳-۳- برآورد کمیت پسماندهای شهری

از مهم‌ترین فاکتورهای موثر در تولید زباله در جوامع مختلف می‌توان به موقعیت جغرافیایی، فصول سال، عادات غذایی و وضعیت اقتصادی مردم، قوانین موجود و همچنین طرز تلقی مردم اشاره نمود. حجم زباله‌های شهری تابعی از سرانه تولید پسماند و میزان رشد سالانه جمعیت می‌باشد. طبق طرح انجام شده در سال ۱۳۸۰، سرانه تولید زباله برای هر نفر در این شهرستان، ۷۱۰ گرم در روز می‌باشد [۱۳]. در مطالعه دیگری در سال ۱۳۸۴ در منطقه شهرنما این رقم تأیید گردیده است [۲۲]. در مطالعه حاضر نیز بررسی جداگانه‌ای در خصوص سرانه پسماندها به عمل آمده است. برای این منظور کیسه‌های پلاستیکی به همراه فرم‌های آماری خانوار تهیه شده و بین ۳۰۰ خانوار در یک روز توزیع گردید. نتایج حاصله میزان

محدوده	سال ۱۳۷۵	سال ۱۳۸۵	میانگین نرخ رشد ۲۵ ساله [۵۸]	بر آورد سال ۱۴۱۲
--------	----------	----------	---------------------------------	---------------------

متوسط سرانه پسماند هر نفر را در حدود ۷۰۰ گرم تأیید می‌نماید. لذا با توجه به برآورد جمعیت نفوس و مسکن و نرخ رشد جمعیت، در سال ۱۳۸۸ میانگین تولید سالانه زباله ۴۷/۸ هزار تن خواهد بود. همچنین چگالی زباله در شهر ۳۱۶/۹ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین گردیده است. جدول (۳-۱) برآورد نرخ رشد جمعیت شهرستان شاهرود و شهر بسطام را بر اساس جمعیت دو دهه گذشته را تا سال ۱۴۲۰ نشان می‌دهد. بر این اساس نرخ رشد جمعیت این شهر در حدود ۲/۱٪ می‌باشد. نکته قابل توجه در این جدول رشد جمعیت شهری می‌باشد که طبعاً علاوه بر توسعه شهر، تولید بیشتر پسماند و نیاز به فضای دفن بیشتر را سبب می‌شود. برای بدست آوردن حجم کل زباله سالیانه و نیز در ۲۵ سال آینده، لازمست جمعیت دانشجویی و جمعیت شهر بسطام به آمار اضافه شود.

جدول (۳-۱) - محاسبه جمعیت بر مبنای نرخ رشد

شهر شاهرود	۱۳۰۱۶۵	۱۳۲۳۷۹	٪۲/۱۸	۳۳۵۷۲۸
شهر بسطام	۶۹۹۴	۷۷۲۴	٪۲/۳۵	۱۷۴۱۵

با توجه به اینکه دانسیته پسماندهای شهری شاهرود ۳۱۶/۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد، میزان زباله تولیدی در سال و حجم زباله در طی ۲۵ سال (تا سال ۱۴۲۰) مطابق جدول (۲-۳) می‌باشد. هم چنین حجم زباله فشرده شده با فرض این که حجم زباله به نصف کاهش یابد، در این جدول محاسبه گردیده است.

جدول (۲-۳) - محاسبه میزان زباله تولیدی تا سال ۱۴۲۰

سال	شهری	جمعیت	وزن کل زباله تولیدی	حجم زباله تولیدی	حجم زباله فشرده
۱۳۸۸		۱۴۰۱۰۳	47815	۱۵۰۸۸۴	۷۵۴۴۲
۱۳۹۸		۱۷۳۹۸۳	57582	۱۸۱۷۰۶۵	۹۰۸۵۳۳
۱۴۰۸		۲۱۶۰۶۰	120960	۳۸۱۶۹۷۷	۱۹۰۸۴۸۸
۱۴۲۰		۲۹۹۰۱۰	214617	۶۷۷۲۴۰۳	۳۳۸۶۲۰۲

۳-۴ - محاسبه فضای مورد نیاز برای دفن

برای محاسبه زمین مورد نیاز برای دفن از حجم زباله تولیدی برآورد شده در جدول (۲-۳) استفاده می‌شود. با فرض اینکه دانسیته زباله ورودی به محل دفن پس از فشرده شدن حداقل به دو برابر مقدار دانسیته در کامیون زباله (۶۳۳/۸ کیلوگرم بر متر مکعب) برسد، حجم زباله ورودی به ترانشه در سال ۱۴۲۰ در حدود ۶۷۷۲۴۰۳ متر مکعب و حجم زباله فشرده، ۳۳۸۶۲۰۲ متر مکعب خواهد بود. اگر عمق ترانشه‌های مورد استفاده در دفن ۶ متر در نظر گرفته شود، سطح مورد نیاز برای دفن در ۲۵ سال آینده، ۶۰۰۷۹۷ متر مربع و به عبارت دیگر در حدود ۶۱ هکتار بدست می‌آید. این فضا با محاسبه زمین مورد نیاز برای تاسیسات مورد نیاز حدوداً به دو برابر مقدار محاسبه شده یعنی در حدود ۱۲۰ هکتار می‌رسد.

۵-۳- وضعیت کیفی و آنالیز فیزیکی زباله‌های شهری

جهت کسب اطلاعات در خصوص کیفیت مواد زائد جامد شهری شهرستان آنالیز فیزیکی زباله در منطقه در یک دوره یک ماهه از ۱۷ مهرماه تا ۸ آبان ماه، شامل چهار هفته در محل دفن انجام گردید.

جهت انجام عملیات تفکیک، ابتدا حجم مشخصی از زباله، بصورت تصادفی از کامیون مواد زائد در محل دفن جدا شده، و اجزاء موجود در آن شامل: مقوا، کاغذ، PET^۱، منسوجات و پارچه، فلزات آهنی، فلزات غیر آهنی، شیشه، نخاله ساختمانی، استخوان، نان خشک، پلاستیک و مواد آلی فساد پذیر تفکیک و وزن آنها اندازه‌گیری و در فرم‌های مخصوص ثبت گردید. نتایج حاصل در جدول (۳-۳) قابل رویت می‌باشد.

نتایج آنالیزهای سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۰ در شکل (۳-۴) و (۳-۵) نشان داده شده است. تغییر اندکی در درصد مواد آلی در این دو زمان مشاهده می‌شود که مربوط به تغییر فصل می‌باشد. با توجه به آمار جدول (۳-۳) کاغذ دومین جزء با ارزش در این پسماندها بوده و پلاستیک در رتبه سوم قرار دارد. جهت مقایسه نتایج بررسی حاضر با سایر نقاط جهان، درصد مواد اجزاء موجود در پسماندهای شهری برخی از شهرهای

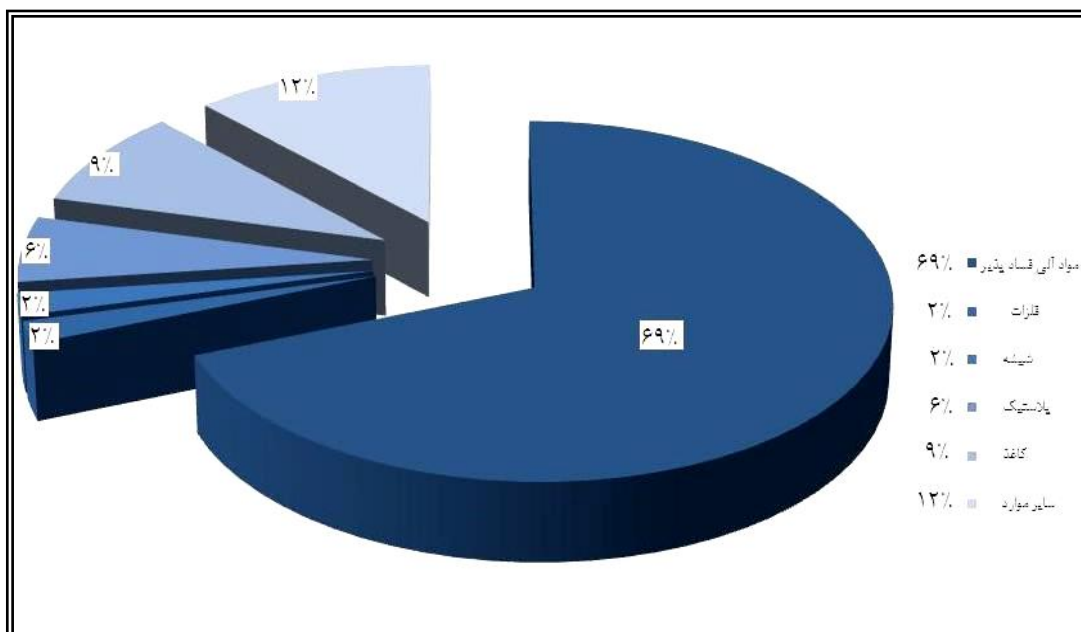
زمان \ نوع	۱۷ مهر	۲۴ مهر	۱ آبان	۸ آبان	میانگین
کاغذ	۹	۷	۷	۱۰	۸

^۱ Polyethylene Terephthalate

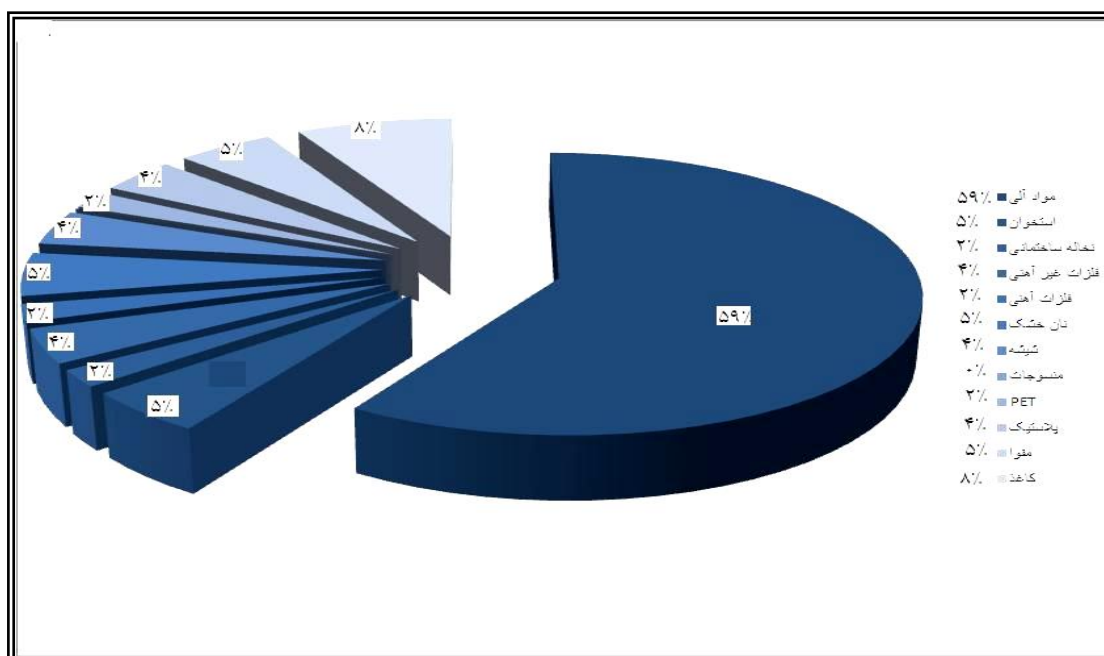
مقوا	۵	۷	۳	۳	۵
پلاستیک	۳	۶	۲	۴	۴
PET	۵	۲	۳	۰	۲
منسوجات	۰	۱	۰	۰	۰
شیشه	۱	۶	۴	۵	۴
نان خشک	۵	۳	۵	۶	۵
فلزات آهنی	۴	۰	۰	۵	۲
فلزات غیرآهنی	۲	۳	۴	۶	۴
نخاله ساختمان	۱	۰	۳	۵	۲
استخوان	۳	۷	۵	۶	۵

ایران و جهان در جدول (۳-۴) ذکر گردیده است.

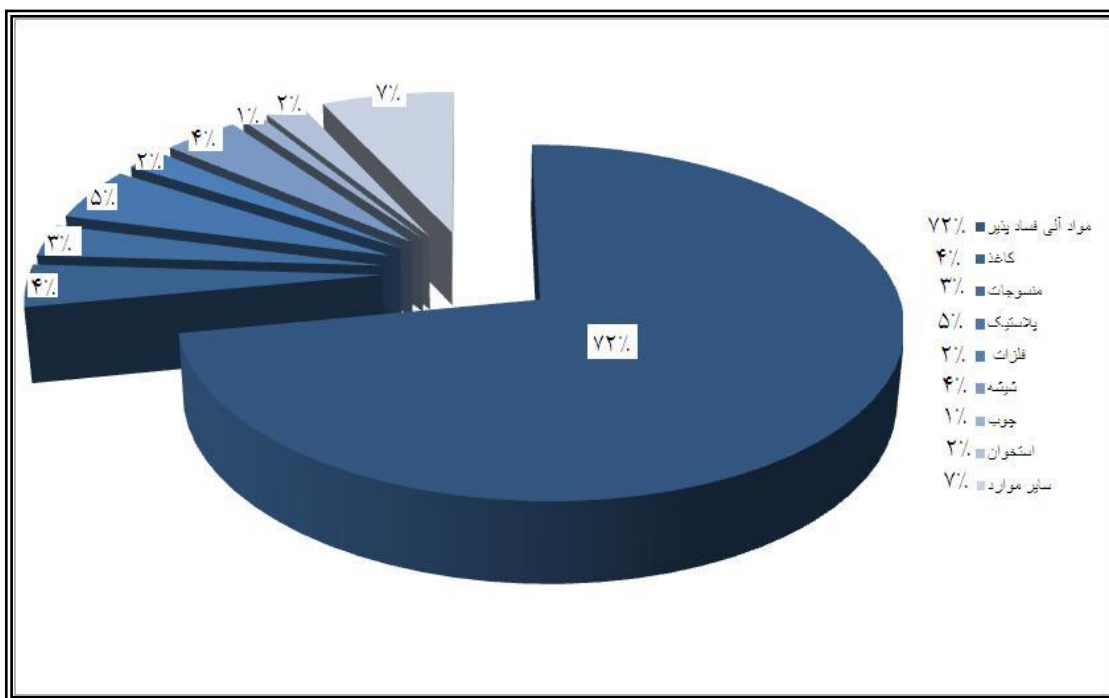
جدول (۳-۳) - تفکیک مواد زائد انجام شده در این تحقیق (مهر و آبان ۱۳۸۷)



شکل (۳-۴) - نمودار تفکیک مواد زائد در سال ۱۳۸۰



شکل (۳-۵) - نمودار تفکیک مواد زائد انجام شده در مطالعه حاضر (مهر و آبان ۸۷)



شکل (۳-۶) - تفکیک مواد زائد ارائه شده توسط شهرداری در سال ۱۳۸۷

جدول (۳-۴) - تفکیک اجزاء پسماند در برخی شهرهای ایران و جهان [۴۳]

اجزاء	مواد فساد	کاغذ و چوب	فلزات	شیشه	پلاستیک، لاستیک	منسوجات	سایر موارد
اصفهان	۶۸/۲۲	۳/۳۹	۲/۶۵	۹/۲۴	۲/۵۲	۵/۶۷	۷/۹
تبریز	۷۷	۹/۴	۲/۸	۲/۵	۴	۰	۴/۳
تهران	۶۸/۴۶	۱۱/۲۴	۱/۵۳	۱/۸۸	۶/۵۴	۳/۲۱	۷/۱۴
مشهد	۶۵/۷۲	۱۶/۵۴	۳/۹۷	۲/۸۴	۵/۹	-	۵/۰۲
بنگلور	۷۵/۲	۱/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۹	۳/۱	۱۹
پاریس	۱۶/۳	۴۰/۹	۳/۹	۹/۴	۸/۴	۴/۴	۷۷/۴
سنئول	۲۲/۲	۱۶/۲	۱/۴	۱۰/۶	۸/۶	۳/۸	۳۳/۴
مانیل	۴۵/۵	۱۴/۵	۴/۹	۲/۷	۳/۵	۱/۳	۲۷/۵
مکزیکوسیتی	۵۹/۸	۱۱/۹	۱/۱	۳/۳	۷	۰/۴	۲۰
وین	۲۳/۳	۳۳/۶	۳/۷	۱۰/۴	۹/۶	۳/۱	۱۸/۹
شاهرود	۶۶/۶	۷/۳	۳/۳	۳/۳	۵/۶	۳	۹

با مقایسه آمار جدول (۳-۴) ملاحظه می‌شود که میزان مواد آلی موجود در پسماندهای شهری شهرستان شاهرود مانند سایر شهرهای کشور بخش اعظم پسماندهای شهری را به خود اختصاص داده و از سوی دیگر این مقدار به مراتب بیش از سایر کشورهاست. لذا با توجه به این امر می‌توان با احداث تاسیسات بازیافت و یا کمپوست مواد، حجم مواد زائد دفنی را به مراتب کاهش داده و از آثار زیانبار آنها جلوگیری نمود.

۳-۶- پسماندهای بیمارستانی

شهرستان شاهرود دارای سه مرکز درمانی مهم و مطب‌های پراکنده در سطح شهر می‌باشد. بیمارستان امام حسین بزرگترین بیمارستان شهر بوده و بیمارستان خاتم و فاطمیه دو مرکز درمانی مهم دیگر شهر هستند. در زیر به تفکیک به بررسی پسماندهای این مراکز پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است این آمار بر اساس مذاکرات شفاهی نگارنده با مسئولین ذیربط بیمارستان‌ها بوده و اطلاعات مستندی وجود ندارد.

۱. بیمارستان امام حسین (ع):

این بیمارستان که بزرگ‌ترین بیمارستان موجود در منطقه شهری شاهرود می‌باشد، در حاشیه شمال-شرق شاهرود واقع گردیده است. طبق آمار ارائه شده پسماند عادی بیمارستان ۴۰۰-۵۰۰ کیلوگرم و پسماند عفونی آن ۴۵۰-۴۰۰ کیلوگرم در روز می‌باشد. زباله‌سوز این مرکز از رده خارج گردیده و از دستگاه اتوکلاو استفاده می‌کنند. جمع‌آوری پسماند مرکز توسط شهرداری انجام می‌شود. این مرکز دارای چاه دفنی و نیز سیستم تصفیه فاضلاب می‌باشد. هم‌چنین طرح تفکیک از مبدا در این بیمارستان در حال اجرا می‌باشد.

۲. بیمارستان خاتم:

پسماند عادی بیمارستان ۱۵۰-۱۳۰ کیلوگرم در روز و پسماند عفونی ۴۰-۳۰ کیلوگرم در روز است. بیمارستان فاقد اتوکلاو و زباله‌سوز بوده و پسماندهای آن به صورت پیمانکاری در نزدیکی سمنان دفن می‌شود. این بیمارستان فاقد سیستم تصفیه فاضلاب است و پسماندهای آسیب شناسی (شامل: تکه‌های بدن، جفت و...) داخل چاه ریخته شده و روی آن آهک ریخته می‌شود که فاقد گزارش و مطالعات زیست محیطی می‌باشد.

۳. بیمارستان فاطمیه:

بر طبق نظرات مسئولین بیمارستان پسماند عادی این مرکز در حدود ۳۵۰ کیلوگرم در روز و پسماند عفونی آن ۱۷۵ کیلوگرم در روز می‌باشد. بیمارستان فاقد سیستم تصفیه فاضلاب بوده، لیکن طرح تفکیک از مبدا در این بیمارستان اجرا می‌شود.

۴. مطب‌های داخل شهر و درمانگاه‌ها:

نظارت دقیق و مکفی بر روی این مکان‌ها انجام نمی‌شود. سازمان نظام پزشکی فقط بخشی از این مراکز شامل دندانپزشکی‌ها، متخصصین بیماری‌های عفونی و تزریقات را تحت پوشش جمع‌آوری قرار می‌دهد که البته زباله‌های این اماکن بدون هماهنگی و نظارت شهرداری و بدون بی‌خطر سازی به مکان دفن زباله شاهرود تخلیه می‌شود. پسماند بقیه مطب‌ها نیز در زمره پسماندهای عادی قرار گرفته و توسط شهرداری جمع‌آوری می‌گردد.

فصل چهارم

ارزیابی اثرات زیست محیطی

محل دفن پسماندهای کنونی

مهم‌ترین اثرات زیست محیطی دفن پسماندهای شهری، آلودگی میکروبی و فلزات سنگین به آب و خاک منطقه می‌باشد. BOD پسماندهای خانگی بیش از سایر پسماندها بوده و به حداکثر ۲۰۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیز می‌رسد. درحالی‌که از نظر استاندارد، BOD آب آشامیدنی باید کمتر از ۵۰ میلی گرم بر لیتر باشد. دفن پسماندهای صنعتی و ویژه همراه با پسماندهای شهری منجر به افزایش فلزات سنگین شیرابه خواهد شد. هم چنین شیرابه‌های اسیدی می‌تواند فلزات را در خود حل نماید [۹۱]. آلودگی با فلزات سنگین در مقایسه با آلودگی میکروبی بسیار خطرناک‌تر می‌باشد زیرا به‌سادگی تجزیه نشده و برای دوره‌های طولانی در محیط باقی می‌مانند و می‌توانند وارد زنجیره غذایی انسان شده و سبب ایجاد اختلال در متابولیسم بدن شوند. حرکت شیرابه در محیط‌های متخلخل اثرات آلودگی آب و خاک در طولانی مدت ظاهر می‌گردد [۷۵].

با توجه به مطالب ذکر شده، در این فصل کوشش شده است تا ارزیابی اجمالی در مورد محل دفن کنونی پسماندهای جامد شهری در شهرستان صورت گرفته و به بررسی اثرات زیست محیطی ناشی از دفن بی‌رویه پسماندهای شهری به ویژه به لحاظ فلزات سنگین پرداخته شود. در این راستا اقدامات زیر صورت پذیرفته است:

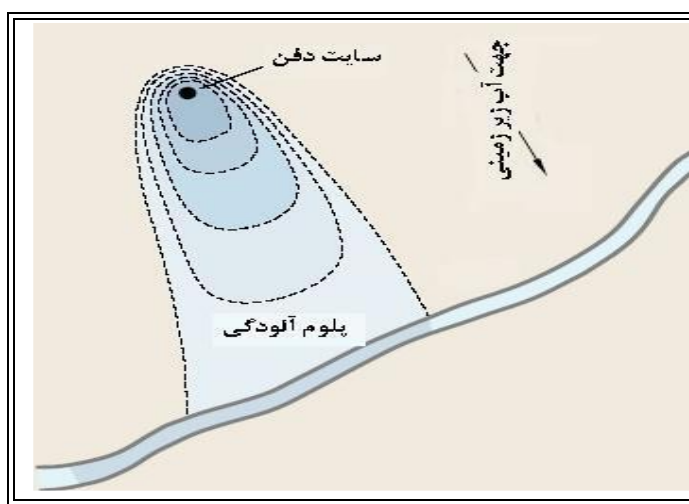
۱. مطالعه روش‌های نشت و نفوذ شیرابه و پارامترهای موثر بر روی آن
۲. مطالعه و بررسی اختصاصات محل دفن کنونی از قبیل: زمین شناسی و خاک شناسی
۳. مطالعه خواص شیمیایی شیرابه خام تولید شده از پسماندهای شهری شهرستان
۴. ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی در محل دفن در اثر نفوذ شیرابه
۵. ارزیابی آلودگی خاک محل دفن کنونی

۱-۴- مطالعه روش‌های نشت و نفوذ شیرابه

پیش‌بینی چگونگی حرکت و انتقال مواد مایع و جامد در محیط متخلخل امری است که ما را در مدیریت و بهینه‌سازی و محافظت از منابع و محیط زیست یاری می‌دهد. به این منظور لازم است تا جهت حرکت، حدود تغییرات جرم و غلظت آلاینده‌ها را که همگی پارامترهایی دینامیک هستند، در هر نقطه‌ای از زمان و مکان پیش‌بینی کنیم. در ادامه به برشمردن انواع فرآیندهای انتقال در خاک می‌پردازیم.

۱-۲-۴- فرآیند آدوکشن

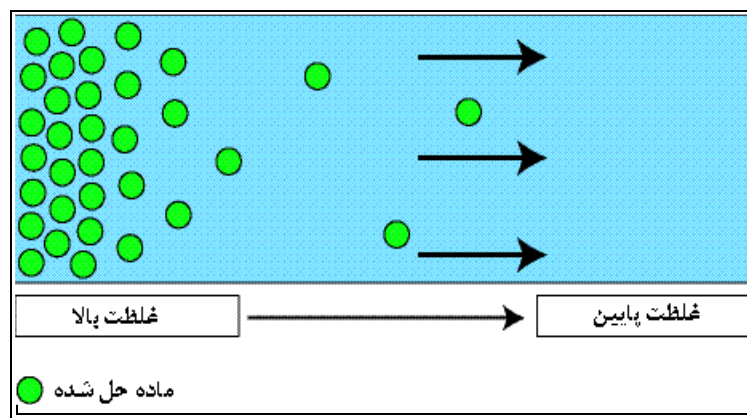
انتقال آلودگی به همراه انتقال خود مایع را آدوکشن گویند. در این فرآیند مواد به صورت جریانی توده‌ای و با سرعت معادل سرعت تراوش منتقل می‌شوند. در شکل (۱-۴) چگونگی حرکت آلاینده‌ها در اثر حرکت توده دیده می‌شود. این نوع انتشار به خصوصیات آبخوان، نفوذپذیری و تخلخل موثر، گرادیان هیدرولیکی بستگی دارد و غیر وابسته به خواص آلاینده است [۱].



شکل (۱-۴)- شکل شماتیک حرکت آلاینده‌ها در جهت حرکت آب‌های زیرزمینی

۴-۲-۲- فرآیند انتشار

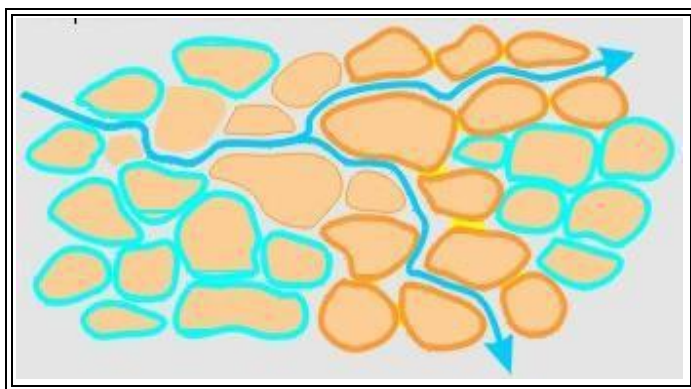
انتقال به دلیل اختلاف غلظت را انتشار گویند. در این فرآیند که نیازی به حرکت خود سیال ندارد، در واقع مواد از نقطه‌ای با غلظت بیشتر به نقطه‌ای با غلظت کمتر می‌روند (شکل ۴-۲). این نوع انتشار به خواص آلاینده و گرادیان غلظت بستگی دارد و در محیط‌های با نفوذپذیری بسیار کم، فرآیند غالب است [۱].



شکل (۴-۲) - شکل شماتیک نحوه انتقال آلاینده‌ها به روش انتشار

۴-۲-۳- فرآیند پراکنش فیزیکی

در این فرآیند تغییرات موضعی سرعت جریان مایع، موجب انتقال آلاینده‌ها می‌شود. پراکنش در اثر سه حالت مختلف در سطح میکروسکوپی صورت می‌گیرد. شکل (۴-۳) اولین فرآیند بدین دلیل است که سرعت جریان در وسط هر مجرا بیشتر از کناره‌های آن است. دومین فرآیند، تغییرات سرعت جریان به دلیل تغییر در قطر مجرای عبور در طول حرکت است و سومین فرآیند مربوط به تغییرات سرعت در اثر طبیعت چرخشی و پیچشی مسیر جریان در مواد متخلخل است. در مقیاس بزرگ می‌توان تصور کرد که پراکنش فیزیکی از سرعت‌های مختلف جریان ناشی می‌شود. این فرآیند به خواص آبخوان وابسته بوده و به خواص آلاینده بستگی ندارد و سبب اختلاط آلودگی و کاهش غلظت آن می‌گردد [۸۷ و ۱۱۵].



شکل (۴-۳) - فرآیندهای پراکنش فیزیکی در مقیاس میکروسکوپی

۴-۳-۴ - فرآیندهای کاهش آلودگی

این فرآیندها به انواع جذب سطحی، تجزیه بیولوژیکی و رادیواکتیوی تقسیم می‌شوند:

- جذب سطحی مربوط به انتقال و جذب مواد آلوده از محلول به ذرات خاک است. مثلاً می‌توان به تبادل یون‌های مثبت مثل Ca^{2+} ، Cu^{2+} ، Pb^{2+} ، از شیرابه با Mg^{2+} از خاک اشاره کرد. این فرآیند به خواص اجزاء جامد آبخوان، چگالی خشک، سطح ویژه، تخلخل کل و خواص آلاینده بستگی دارد و موجب کاهش سرعت انتقال و کاهش غلظت آلاینده می‌گردد [۷۷].
- تجزیه بیولوژیکی و رادیواکتیوی، تبدیل برخی از عناصر به عناصر سبک‌تر و واکنش‌های اکسیداسیون و احیای میکروبی که باعث تجزیه آلاینده می‌گردد می‌باشد و می‌تواند به صورت هوازی و بی‌هوازی باشد. این فرآیند وابسته به خواص شیمی آب زیرزمینی، جمعیت میکروبی و خواص آلاینده بستگی دارد و می‌تواند موجب فساد کلی و حذف آلاینده شود [۹].

۴-۲ - پارامترهای موثر در انتقال آلودگی

۱. پارامترهای مربوط به لندفیل: نوع، ابعاد، میزان بارندگی و نفوذ آب، ارتفاع، نوع زباله، ارتفاع شیرابه، میزان زهکشی و غلظت اولیه شیرابه [۱۰].

۲. پارامترهای مربوط به خاک مابین لندفیل و سفره آب زیرزمینی

مشخصات مکانیکی خاک‌های طبیعی مهم‌ترین پارامتر است که نوع خاک، ضریب نفوذپذیری هیدرولیکی، سرعت تراوش موجود در لایه خاک و ارتفاع لایه‌ها را شامل می‌شود. نوع خاک در انتقال آلودگی بسیار مهم است. در خاک‌های درشت‌دانه چون ضریب نفوذپذیری هیدرولیکی بالا دارند و شدت جریان آب از میان آن‌ها بالا می‌باشد، پدیده غالب در انتقال آلودگی پدیده ادوکشن است. ولی در خاک-های ریزدانه بدلیل پایین بودن ضریب نفوذپذیری، شدت جریان پایین بوده و پدیده غالب پخش است. ضریب نفوذپذیری با میزان انتقال آلودگی رابطه مستقیم دارد و با افزایش آن سرعت داری آب در میان لایه خاک افزایش یافته و انتقال یون آلوده کننده با فرآیند ادوکشن افزایش می‌یابد. در مورد مشخصات فیزیکی خاک باید به این نکته دقت کرد که اگر نفوذپذیری ناحیه غیر اشباع کمتر از 10^{-7} سانتی متر باشد، این خاک برای تضعیف شیرابه مناسب نیست زیرا نفوذپذیری پایین منجر به جمع شدن شیرابه و در نتیجه تراوش آن از مرزهای خاک می‌گردد [۱۰۵].

۳. پارامترهای مربوط به سفره آب زیرزمینی شامل: ضخامت سفره، تخلخل، ضریب هدایت هیدرولیکی، دانسیته خشک خاک، درجه رطوبت حجمی، گرادیان هیدرولیکی و سرعت جریان آب در سفره [۱۱].

۴-۳- بررسی اختصاصات محل دفن کنونی شهرستان شاهرود

۴-۳-۱- زمین‌شناسی محل دفن

از نظر زمین‌شناسی محدوده اطراف محل دفن از واحدهای زیر تشکیل شده است (شکل ۴-۴):

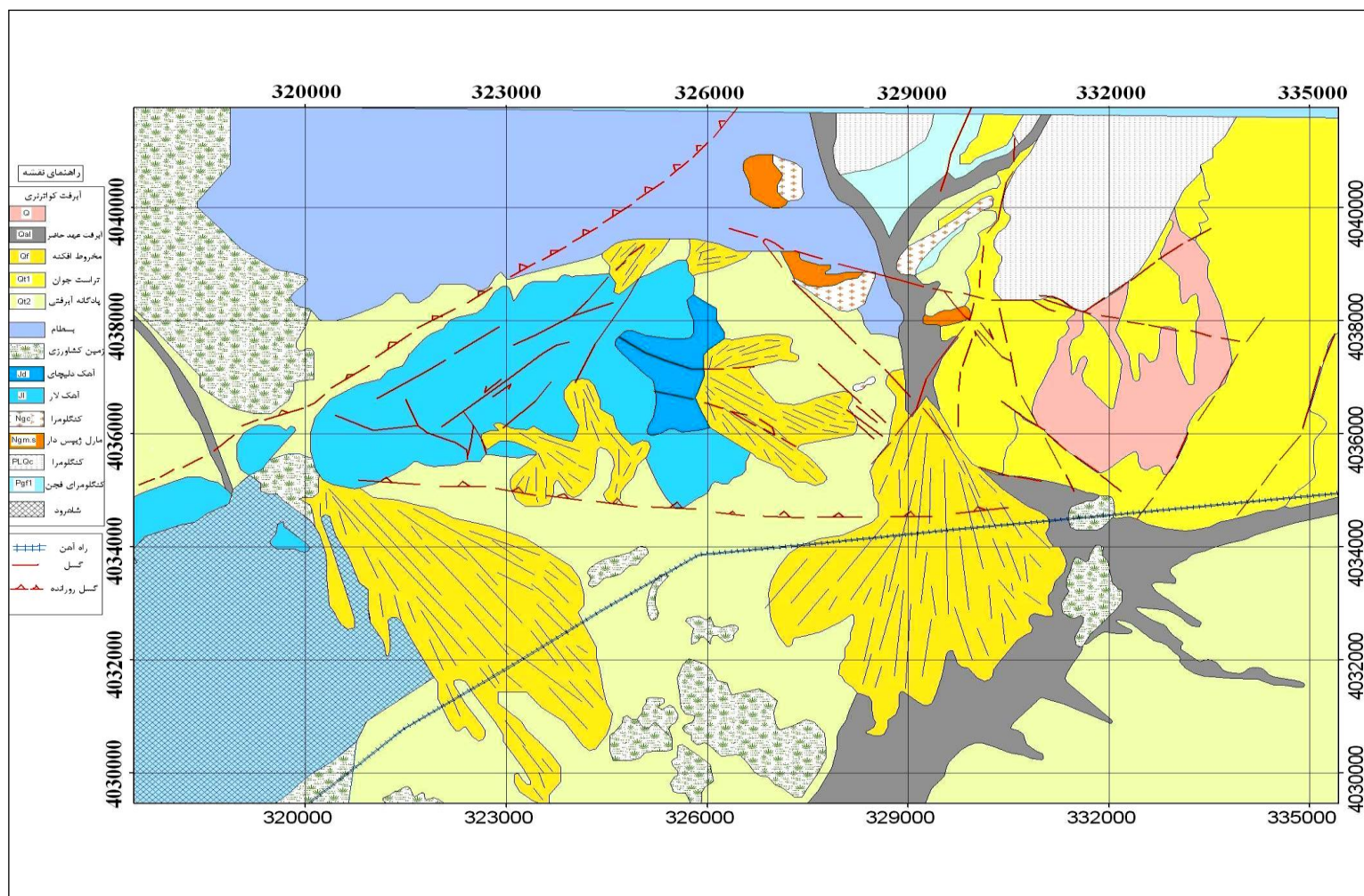
- سازند دلیچای (Jd)
- سازند لار (Al)
- مخروط افکنه (Qf)

- پادگانه‌های آبرفتی (Qt2)

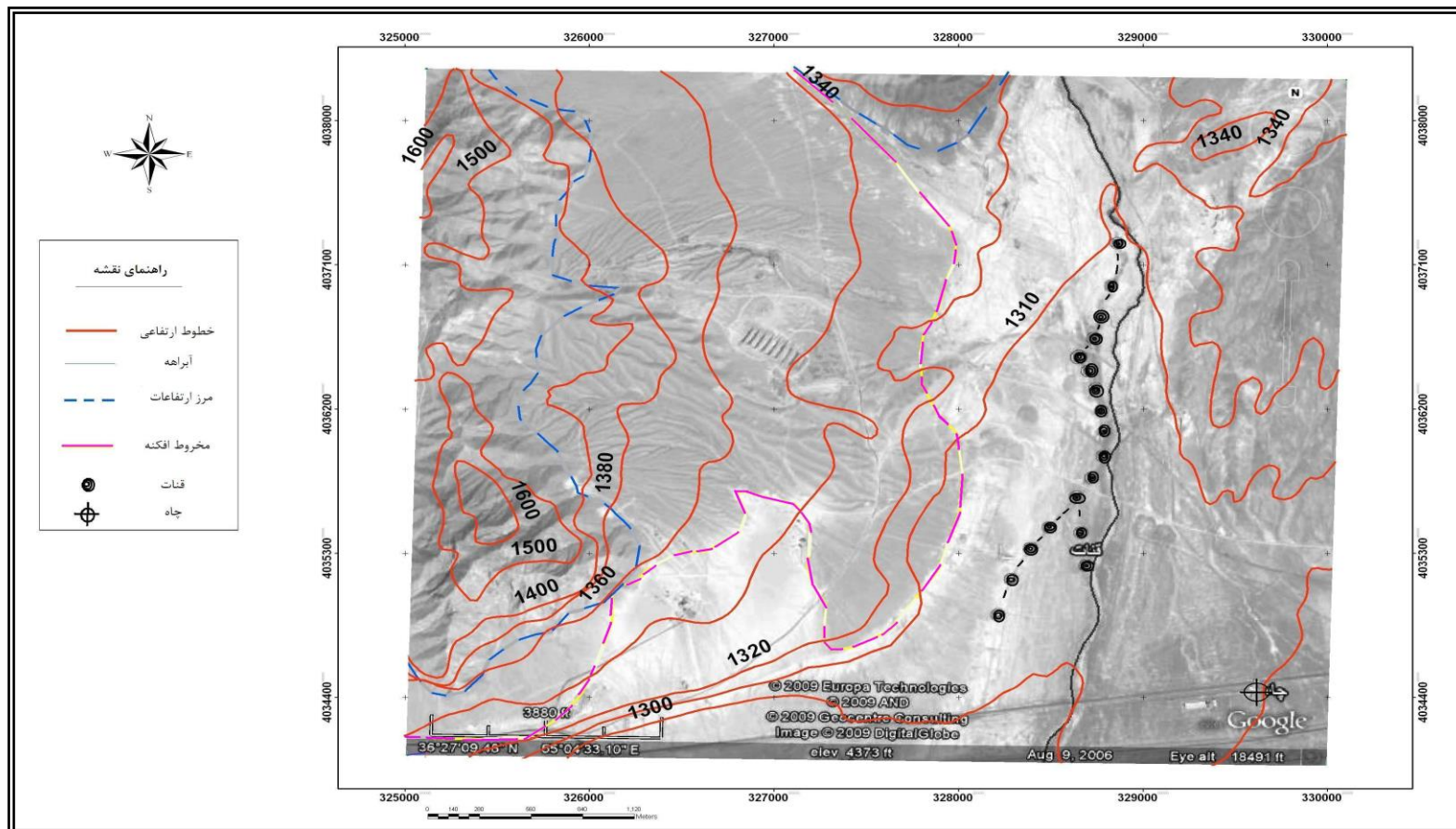
سنگ بستر محل دفن را سنگ آهک سازند دلیچای تشکیل می‌دهد که روی آن ضخامت زیادی رسوبات دامنه‌ای و مخروط افکنه قرار گرفته است. سازند دلیچای در مقطع تیپ شامل هفت متر ماسه آهکی متعلق به محیط‌های ساحلی در قاعده می‌باشد که بر روی آن مارن‌های سبز با میان لایه‌هایی از سنگ آهک خاکستری دارای آمونیت فراوان قرار دارد که سن آن را باتونین-کالوین تعیین می‌کند. در نهایت بر روی تناوب‌های یاد شده تناوب سنگ آهک خاکستری روشن با مارن‌های سبز زیتونی آمونیت دار که حجم بیشتر توالی با سنگ آهک است قرار می‌گیرد [۲۹]. نهشته‌های مخروط افکنه‌ای پوشاننده سازند آهکی دلیچای درشت دانه بوده و میزان نفوذ و حرکت آب در آن به‌خصوص در جهت افقی زیاد است. هم چنین مدفن مورد نظر در حاشیه یک مسیل به مساحت تقریبی ۲۲۰ کیلومترمربع با شیبی در حدود ۳ درجه که زهکش دامنه در بالادست قرار گرفته، احداث شده است. ضخامت نهشته‌های آبرفتی پس از ۲۰ متر تخمین زده می‌شود و دارای میان لایه‌های ماسه سیلتی-رسی است که نفوذپذیری کمتری دارد. این شرایط خاص سبب می‌شود که حرکت افقی شیرابه خیلی سریع‌تر از حرکت عمودی آن باشد و به صورت بین لایه‌ای شیرابه خیلی سریع به سفره آب زیرزمینی در پایین دست می‌رسد.

۴-۳-۲- بررسی خواص فیزیکی خاک محل دفن

بافت خاک نشان‌دهنده تغییرات اندازه ذرات تشکیل دهنده آن است و نفوذپذیری خاک را که در انتقال شیرابه نقش بسزایی دارد، کنترل می‌کند. علاوه بر این درصد مواد آلی و رسی موجود در خاک در جذب عناصر و کاهش آلودگی نقش مهمی ایفا می‌کند. برای بررسی بافت خاک دو نمونه خاک از کف ترانشه‌ها برداشت گردید و بافت خاک و نفوذپذیری آن به صورت آزمایشگاهی تعیین شد.



شکل (۴-۴) - نقشه زمین شناسی محدوده مدفن (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ بسطام)



شکل (۴-۵)- نقشه موقعیت محل دفن در منطقه

۴-۳-۳- نتایج آزمایش‌های شناسایی خاک

در شکل (۴-۶) تصویر یکی از ترانشه‌ها نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد، ذرات خاک زاویه‌دار و نسبتاً صفحه‌ای شکل بوده و عمدتاً از جنس آهک و آهک مارنی می‌باشد. در حدود ۰/۵ متری از کف ترانشه رنگ افق خاک از خاکستری به قرمز تغییر می‌یابد که نشان دهنده درصد بالاتر ریزدانه خاک می‌باشد. از نظر زمین شناسی تغییر بافت خاک در نهشته‌های دامنه‌ای امری عادی می‌باشد. عوامل متعددی نظیر تغییر در میزان و شدت بارندگی، تغییر در شدت هوازدهی، تغییر در شیب دامنه‌ای در اثر فرآیندهای تکتونیکی، می‌تواند منجر به تغییر اندازه دانه‌ها و بافت خاک شود.

آزمایش دانه‌بندی بر مبنای استاندارد ASTM-D-422 [67] انجام پذیرفت و مطابق با آن خاک مورد نظر در کف ترانشه از نوع GW یا شن خوب دانه‌بندی شده، با درصد ریزدانه کم می‌باشد که از نفوذپذیری بالایی برخوردار است (شکل ۴-۶).

جهت تعیین نفوذپذیری از دو روش آزمایش نفوذپذیری با روش ارتفاع ثابت و نیز روش صحرایی استوانه مضاعف استفاده گردید. در روش آزمایشگاهی نمونه اخذ شده از کف ترانشه، مشابه با چگالی صحرایی آن حدود ۱/۸ گرم بر سانتی متر مکعب با رطوبت ۸٪ متراکم گردیده و آزمایش به روش ارتفاع ثابت انجام شد. ضریب نفوذپذیری در این روش برابر با $9/5 \times 10^{-2}$ سانتی متر بر ثانیه بدست آمده است که حاکی از نفوذپذیری زیاد نمونه مورد نظر می‌باشد. نتایج روش صحرایی تعیین نفوذپذیری با استفاده از استوانه مضاعف به علت سختی زیاد خاک و فرار آب از حلقه تغییرات زیادی داشت و به طور میانگین بدست آمد.

لازم به ذکر است برای تعیین دقیق‌تر نفوذپذیری محل دفن نیاز به حفر گمانه و اندازه‌گیری نفوذپذیری به صورت افقی و قائم در مقاطع مختلف می‌باشد. اما با توجه به شرایط زمین‌شناسی و واقع

شدن محل دفن بر روی نهشته‌های دامنه‌ای، انتظار می‌رود که نفوذپذیری افقی خیلی بیشتر از نفوذپذیری قائم باشد و شیرابه به‌صورت افقی خیلی سریع به پایین دست حرکت کند. البته از این خصوصیت می‌توان بهره گرفت و با حفر چاله‌هایی در پایین دست شیرابه را جمع‌آوری نمود و در حوضچه‌های تبخیر قرار داد و یا مجدداً به مدفن برگشت داده شود تا تجزیه شده و مانع از آلودگی آب در پایین دست شود.

با توجه به دانه‌بندی خاک منطقه و این نکته که اثرات منفی و نشت و نفوذ عناصر تا سال‌ها پس از بسته شدن مدفن ادامه می‌یابد، لذا انتظار تمرکز بالای عناصر در نتیجه نفوذ بالای شیرابه در منطقه وجود دارد.

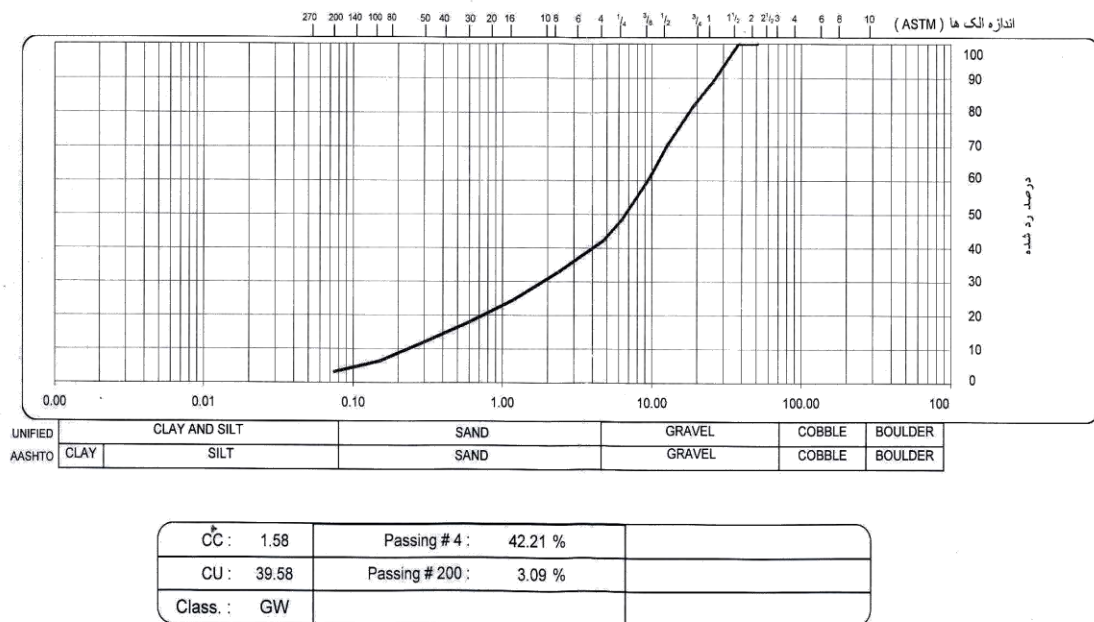


شکل (۴-۶)- نمایی از خاک لایه زیرین ترانشه

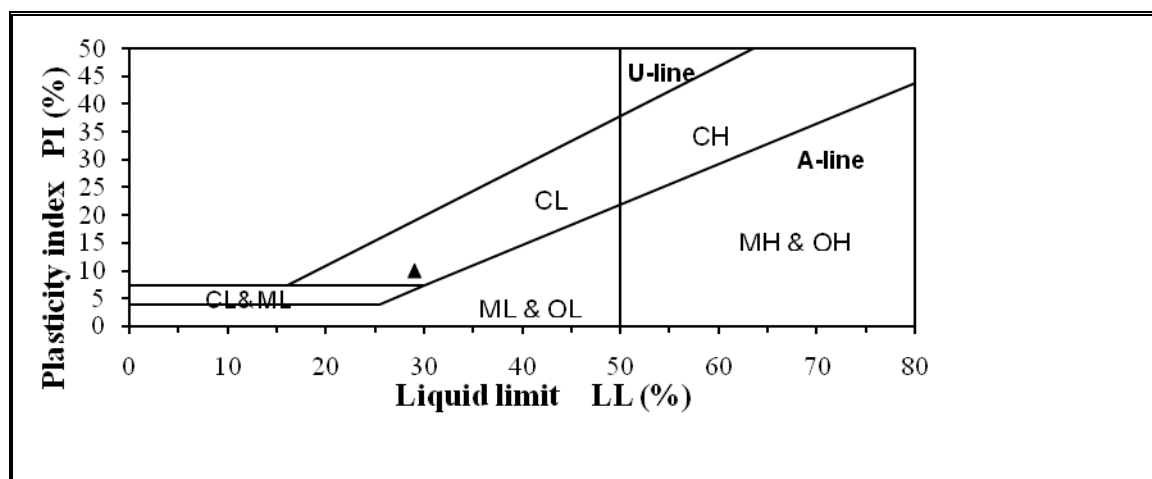
آزمایش حدود آتربرگ بر روی ریزدانه خاک بر اساس استاندارد ASTM D-4318 [68] انجام شد. حد روانی و شاخص پلاستیسیته در نمودار کاساگرانده در شکل (۴-۸) نشان داده شده است. بر این اساس حد روانی ۲۹ درصد و شاخص پلاستیسیته ۱۰ درصد می‌باشد که در محدوده خاک‌های با پلاستیسیته کم (CL) قرار می‌گیرد.

نتایج آزمایش دانه بندی

ASTM : D 422



شکل (۷-۴) - نمودار لگاریتمی دانه بندی خاک کف ترانشه



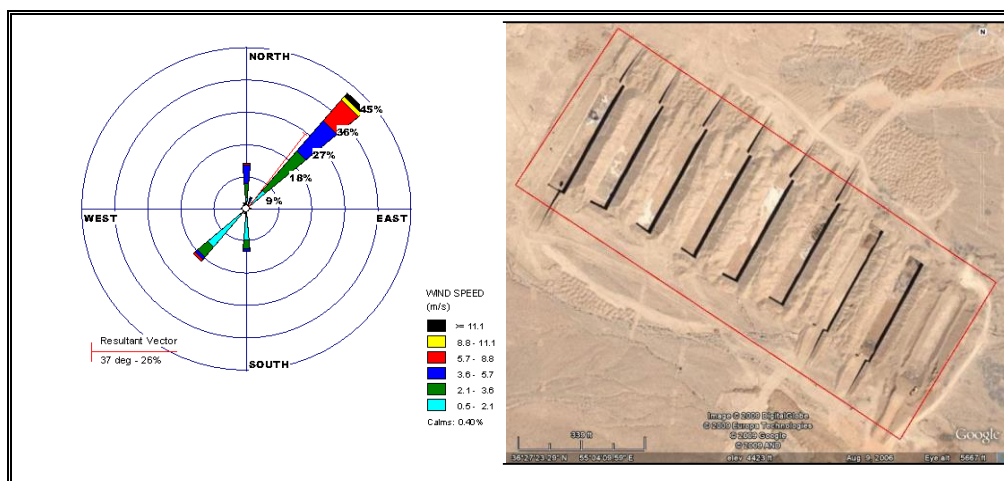
شکل (۸-۴) - حد روانی و شاخص پلاستیسیته در نمودار کاساگرانده

۴-۳-۵- بررسی مشکلات موجود در محل دفن

۴-۳-۵-۱- کنترل قطعات سبک زباله

به منظور جلوگیری از پراکندگی قطعات سبک زباله می‌بایست تمهیداتی اندیشیده شود که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- فنس کشی منطقه
 - احداث ترانشه به گونه‌ای که طول آن در جهت عمود بر باد غالب قرار گیرد.
 - درخت‌کاری یا احداث خاکریز
- همانگونه که در فصل اول اشاره گردید جهت باد غالب در محدوده شهرستان شاهرود شمال شرقی است که از اسفند ماه شروع شده و سرعت و شدت آن کم‌کم رو به افزایش گذاشته و در تابستان به حداکثر می‌رسد. باد شمال در بهار و تابستان از حیث سرعت و شدت دارای اهمیت بوده و باد جنوب غربی نیز در زمستان و بهار دارای اهمیت می‌باشد.



شکل (۴-۹)- جهت وزش باد غالب و روند ترانشه‌ها

باتوجه به این نکته مشاهده می‌شود که راستای ترانشه‌های احداث شده در محل در جهت دو باد غالب منطقه است و جهت باد از محل دفن به سمت شهر می‌باشد و هم اکنون مشکلاتی را برای ساکنین شرق شاهرود در شهرک‌های امام حسین و گل‌ها ایجاد نموده است (شکل ۴-۹). از سوی دیگر عدم فنس‌کشی و یا احداث پشته موجبات بادبردگی قطعات کاغذ و پلاستیک را تا فاصله دور در منطقه ممکن می‌سازد که اثرات آن در منطقه مشاهده می‌شود.

۴-۳-۵-۲- عدم تفکیک زباله عفونی، بی‌خطر و فساد پذیر

همانگونه که در فصل قبلی اشاره شد، هیچ گونه طرح بازیافتی در شهرستان شاهرود اجرا نگردیده و پسماندها، پس از جمع‌آوری مستقیماً به محل دفن برده می‌شوند. با توجه به رقم 59-72 درصدی حجم پسماندهای تر، تولید شیرابه از این پسماندها رقم بالایی دارد. با توجه به نفوذ بالای خاک کف، دفن این پسماندها حجم بالایی از شیرابه حاصله در مدت زمان کوتاه به آب‌های زیرزمینی می‌پیوندد (شکل ۴-۱۰). شکل (۴-۱۱) چاله حفر شده در یک ترانشه خالی در جوار یک ترانشه بسته شده را نشان می‌دهد. حرکت افقی شیرابه در لایه کف قابل رویت است.

از سوی دیگر طبق بررسی‌های به عمل آمده پسماندهای حاصل از کشتارگاه‌ها و نیز پسماندهای بیمارستانی مستقیماً به مکان دفن برده شده و در ترانشه‌ها به همراه سایر پسماندها دفن می‌شود که این موضوع می‌تواند آلودگی‌های انگلی و میکروبی بسیاری به همراه داشته باشد (شکل ۴-۱۲). با توجه به کیفیت پسماندهای ورودی به مدفن، بررسی و نظارت بر نوع پسماندهای ورودی و نیز اجرای طرح مکانیزه بازیافت علاوه بر جلوگیری خطرات آلودگی بسیار بالا برای آب و خاک منطقه، می‌تواند صرفه اقتصادی به همراه داشته باشد.



شکل (۴-۱۰) - نمایی از شیرابه خروجی در اثر فشرده شدن هنگام دفن



شکل (۴-۱۱) - جاری شدن شیرابه در لایه زیرین ترانشه



شکل (۴-۱۲) - تخلیه پسماندهای کشتارگاه به ترانشه

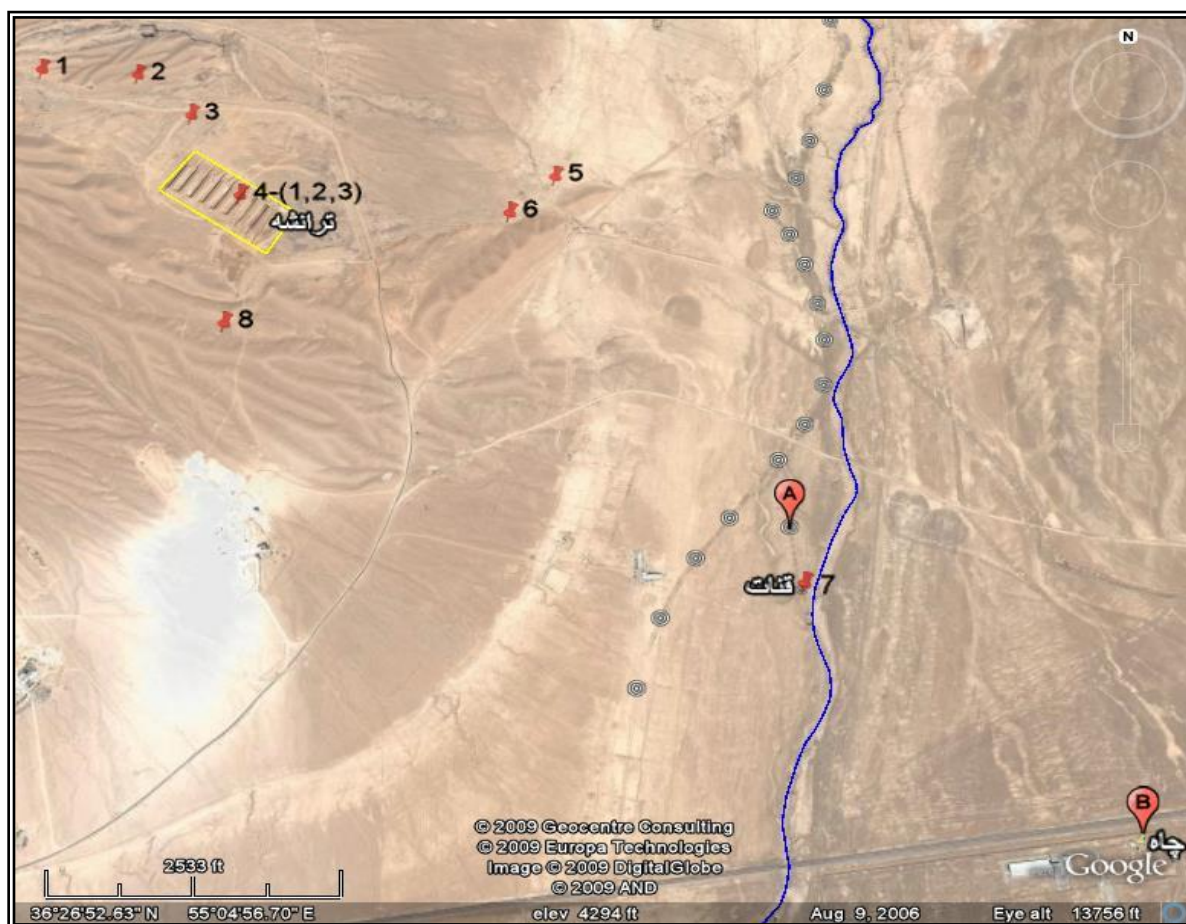
۴-۳-۵-۳- عدم پوشش سطحی زباله‌های قدیمی

همانطور که ذکر گردید تا چند سال قبل زباله‌ها بر روی زمین بالادست تخلیه شده است. این موضوع سبب گردیده تا در طی سالیان پس از دفن، پسماندهای دفن شده رخنمون یافته و علاوه بر ایجاد نمای بد، توسط باد جابجا شده و تا دوردست‌ها پراکنده شوند. لذا خاکریزی مجدد بر روی این قسمت امری ضروری به نظر می‌رسد. شکل (۴-۱۳) تصویری از برونزد پسماندها را در محل نشان می‌دهد.



شکل (۴-۱۳) - نمایی از برونزد پسماندهای قدیمی

به منظور بررسی آلودگی ناشی از دفن زباله و نشت و نفوذ شیرابه، لازم است از آب و خاک منطقه نمونه گیری شده و به لحاظ آلودگی مورد بررسی قرار گیرند. در شکل (۴-۱۴) موقعیت نقاط نمونه برداری نشان داده شده است. با توجه به عدم دسترسی به نمونه شیرابه نشتی، نمونه شیرابه به صورت خام و از کامیون حمل زباله برداشت گردید. برای بررسی غلظت آلاینده‌ها بویژه عناصر فلزی در نزدیکی محل دفن، با توجه به عدم وجود چاه آب در نزدیکی محل ترانشه‌ها، از چاه موجود در محل سیلوی گندم در فاصله ۳ کیلومتری از ترانشه‌ها و هم‌چنین از قنات موجود در پایین دست محل دفن در فاصله ۲ کیلومتری نمونه برداری انجام شد. جهت نمونه برداری آب، از بطری‌های پلی اتیلنی ۲۵۰ میلی لیتری با رعایت موازین نمونه برداری (از قبیل شستشو با آب مورد نظر و پرشدن کامل بطری) استفاده شد. نمونه‌ها پس از بدست آوردن pH, EC در آزمایشگاه رسوب شناسی دانشکده علوم زمین، برای بدست آوردن میزان BOD و COD به پارک علم و فناوری استان سمنان- شاهرود، و نیز برای اندازه‌گیری عناصر سنگین، به آزمایشگاه Acme کانادا ارسال گردید.



شکل (۴-۱۴) - موقعیت نقاط نمونه برداری (نمونه‌های خاک با شماره و نمونه‌های آب A, B نامگذاری گردیده است). برای تعیین ترکیب عناصر موجود در خاک منطقه تعداد ۱۱ نمونه خاک از نواحی مختلف محل دفن برداشت شد. نمونه‌گیری پس از کنار زدن خاک سطحی انجام گردید و پس از عبور از الک شماره ۶۰ نمونه‌ها به آزمایشگاه Acme ارسال شدند. در این آزمایشگاه آنالیز برای ۳۵ عنصر در نمونه‌های خاک و برای ۴۲ عنصر در نمونه‌های آب انجام شد. شکل (۴-۱۴) موقعیت نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

غلظت عناصر و فلزات سنگین موجود در نمونه‌ها توسط روش ICP-MS^{۲۸} و دستگاه ICP (پلاسمای جفت شده القایی) تعیین شده است. ICP-MS، یک سیستم آنالیز عنصری است که نوع طیف‌بینی آن، طیف بینی نشری و روش اتم سازی آن از طریق پلاسما صورت می‌گیرد. پلاسما، مجموعه‌ای از الکترون‌ها

^{۲۸}. Inductively coupled plasma mass spectrometry

و یون‌های مثبت گاز آرگن دارای انرژی بالا و دمایی در حدود 10000^{K} است. این محیط به وسیله امواج رادیویی (RF)^{۲۹} با توان بالا ایجاد می‌شود. این روش علاوه بر توانایی اندازه‌گیری تمامی عناصر کمیاب، ایزوتوپ‌ها را نیز تعیین می‌نماید. در این روش یون‌های موجود در پلاسما از طریق یک سوراخ بسیار ریز به داخل سیستم خلاء کشیده شده و توسط یک عدسی یونی در درون طیف سنج جرمی متمرکز شده و تعیین می‌گردد. میزان حداقل مایع مورد نیاز جهت استفاده در این روش ۵۰ میلی لیتر و حداقل نمونه خاک مورد نیاز ۳۰ گرم می‌باشد که می‌بایست از الک شماره ۶۰ عبور داده شده باشد [78].

۳-۴- ارزیابی خصوصیات شیرابه

به طور کلی کیفیت شیرابه تولیدی از زباله بسیار متغیر بوده و تحت تاثیر عواملی مانند ترکیب زباله و نحوه جمع‌آوری آن، شرایط و مدت زمان نگهداری، روش‌های دفع، عادات غذایی، فصل سال و شرایط اقلیمی قرار دارد. آلاینده‌هایی که در شیرابه مواد زائد شهری بیشتر موجب نگرانی می‌شوند عبارتند از مس، سرب، قلع، آهن، آمونیوم، پتاسیم، سدیم، منیزیم، COD، BOD، نیتрат، کلراید و سولفات [45].

نتایج آنالیز ICP شیرابه در جدول (۲-۴) مشاهده می‌شود. مقایسه نتایج حاصل از آنالیز شیرابه با استانداردهای موجود در جدول (۱-۴) نشان می‌دهد که میزان عناصر Na, Mn, Mg, Fe, Cl, Ca بالاتر از حد استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و زیرزمینی و عناصر K, Zn, Br, Si, Sr در آن‌ها نیز مقادیر بالایی به خود اختصاص داده است. غلظت بالای این عناصر احتمالاً از عدم تفکیک پسماندهای صنعتی و کارگاهی حاصل می‌شود. میزان بر (B) در نمونه شیرابه بالاتر از حد استاندارد آشامیدن و کشاورزی بوده، میزان کبالت (Co) نیز بالاتر از حد مجاز تخلیه برای آب کشاورزی است.

^{۲۹}. Radio Frequency

۴-۴ - ارزیابی آلودگی منابع آبی در پایین دست محل دفن

در جدول (۲-۴) نتایج آنالیز نمونه‌های آب با حذف اسامی عناصری که غلظت آن‌ها پایین تر از دقت دستگاه گزارش شده، آورده شده است.

با مقایسه این مقادیر با استانداردهای حد مجاز آب آشامیدنی در جدول (۱-۴) مشاهده می‌شود که عناصر: Br, B, Ca, Cl, K, Na, Si, Sr, Mg مقادیری بالاتر از استاندارد آب آشامیدنی را دارا هستند. از سوی دیگر با مقایسه میزان عناصر موجود در آب محل با نتایج حاصل از آنالیز شیرابه خام دیده می‌شود که عناصری از قبیل: Zn, Si, Sr, P, Na, Mn, Mg, K, Fe, Ca که غلظت بالایی در شیرابه دارند در نمونه‌های آب منطقه نیز بالا می‌باشند. لازم به ذکر است که این عناصر می‌توانند از دو منشأ خاک منطقه و در درجه بعدی شیرابه باشند. در این میان تنها میزان عنصر منیزم در چاه آب بالاتر از قنات می‌باشد و در سایر موارد غلظت عناصر در قنات که فاصله نزدیک‌تری دارد و دقیقاً در پایین دست محل دفن قرار دارد، بالاتر است.

لازم به ذکر است بدلیل دور بودن فاصله نمونه‌های برداشتی از ترانشه‌ها (۲-۳ کیلومتر) و نیز مدت زمان کم دفن در ترانشه‌ها (۶ سال) انتظار مشاهده آلودگی در چاه آب در فاصله ۳ کیلومتری وجود ندارد. هم‌چنین با توجه به نتایج جدول (۲-۴) مشاهده می‌شود که غلظت B, Ba, Br, Ca, K, Mg, Si, Sr, Fe, Cl در آب قنات بیشتر از چاه می‌باشد که دلیل اصلی آن فرصت بیشتر آب قنات جهت انحلال عناصر بوده است. البته تعدادی از عناصر نظیر Na, Zn در نمونه چاه بیشتر از قنات بوده است.

استاندارد	(۳۳) حد مجاز تخلیه			(۱۰۱) آب آشامیدنی						
	آب سطحی	آب زیرزمینی	کشاورزی	Norway Shd	Russia MoH	Canada cwqt	US. EPA	Netherland VROM	WHO	EU
Ag	1	0/1	0/1	-	-	-	-	-	-	-
Al	5	5	5	-	-	-	0/2	-	0/2	0/2
As	0/1	0/1	0/1	0/01	0/05	0/05	0/05	-	0/01	0/01
B	2	1	1	0/3	0/5	0/5	-	-	0/3	1
Ba	5	1	1	0/1	0/1	1	2	-	0/3	-
Be	0/1	1	0/5	-	0/0002	-	0/004	-	-	-
Ca	75	-	-	21-15	-	-	-	-	-	-
Cd	0/1	0/1	0/1	0/005	-	-	0/005	-	0/003	0/005
Cl	600	600	600	25	-	250	-	-	-	-
Co	1	1	0/05	-	0/1	-	-	0/1	-	-
Cr	2	2	2	0/05	0/1	0/05	0/05	0/03	0/05	0/05
Cu	1	1	0/2	-	1	1	-	0/075	2	2
Fe	3	3	3	0/2	0/3	0/3	-	-	-	0/2
Li	2/5	2/5	2/5	-	0/03	-	-	-	-	-
Mg	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Mn	1	1	1	0/05	0/1	0/05	-	-	0/5	0/05
Mo	0/01	0/01	0/01	-	0/25	-	-	-	0/07	-
Ni	2	2	2	0/05	0/1	-	0/1	0/075	0/02	0/02
Pb	1	1	1	0/02	0/03	0/05	0/015	0/075	0/01	0/01
Se	1	0/1	0/1	0/01	0/01	0/01	0/05	-	0/01	0/01
V	0/1	0/1	0/1	-	0/1	-	-	-	-	-
BOD	50	50	100	-	-	-	-	-	-	-
COD	100	100	200	-	-	-	-	-	-	-
pH	6/5- 8/5	5-9	6/5- 8/5	-	-	-	-	-	-	-

جدول (۴-۲) - نتایج آنالیز عناصر آب و شیرابه

عنصر(ppb)	شیرابه	چاه	قنات
Al	2628	20	<10
As	24/8	<5	<5
B	2138	671	747
Ba	63/65	8/36	12/83
Br	1792	1101	1470
Ca	1554427	117072	309549
Cd	5/28	</5	</5
Ce	2/51	</1	</1
Cl	5559000	1377	1532
Co	82/22	0/23	0/27
Cr	487	36/7	16/8
Cs	2/08	0/18	</1
Cu	69/1	9/4	8/6
Fe	916200	<100	327
Ga	3/51	</5	</5
K	2787000	9639	13798
Li	119/2	121/5	167/6
Mg	244231	151614	400875
Mn	9786/84	12/28	</5
Mo	39/1	1/6	7/7
Na	3397282	1608581	948537
Ni	872/3	<2	<2
P	120756	<200	<200
Pb	28/1	<1	<1
Rb	751/37	2/67	2/83
Re	0/17	0/14	1/03
S	359000	813	1014
Sb	37/69	3/64	4/42
Sc	35	<10	<10
Se	19/2	10/1	50/2
Si	69931	9375	13440
Sn	23/97	</5	</5
Sr	6809/75	4000/71	16008/11
Ti	509	<100	<100
U	0/44	3/51	13
V	39/9	9/2	9/8
W	22/13	</2	</2
Zn	12893	694/7	8/3

۴-۵- ارزیابی آلودگی خاک

نتایج حاصل از آزمایشات بر روی خاک، در جدول (۴-۳) دیده می‌شود. همبستگی عناصر مختلف با یکدیگر می‌تواند نشان از وجود منشاء مشترک برای عناصر باشد. به این منظور، با استفاده از نرم افزار SPSS، دندوگرام آنالیز خوشه‌ای عناصر^{۳۰} مورد مطالعه بین عناصر در خاک‌های منطقه رسم گردید (شکل ۴-۱۵). خاک‌های منطقه آهکی می‌باشند و درصد فلزات سنگین در این سنگ‌ها معمولاً بالا نیست. ناخالصی‌های مهم موجود در سنگ آهک شامل Mn، Al، Si و Mg می‌باشد. لذا همبستگی عناصری از قبیل Ca، Mg، Al و K در منطقه تا حدود زیادی مربوط به منشاء آهکی آن‌ها بوده و در درجه دوم به همراه سایر عناصر همبسته در ارتباط با مکان دفن مورد مطالعه است.

گروه‌بندی عناصر موجود در خاک‌های منطقه در جدول (۴-۴) ملاحظه می‌گردد. لازم به ذکر است قرار داشتن مدفن بر روی واریزه‌های درشت‌دانه و نفوذپذیری بالای این نوع خاک‌ها، مقادیری کمتر از میزان واقعی وارد شده عناصر به محیط را نشان می‌دهند.

در این جدول، عناصر به چهار دسته تقسیم گردیده است که گروه ۱ و ۲ بر اساس همبستگی بیش از ۹۰٪ تعیین شده است و گروه ۳ با توجه به تغییرات نمونه‌ها تخمین زده می‌شود (شکل ۴-۱۵). گروه ۴ مواردی است که تغییرات غلظت عناصر در نمونه‌ها زیاد بوده است.

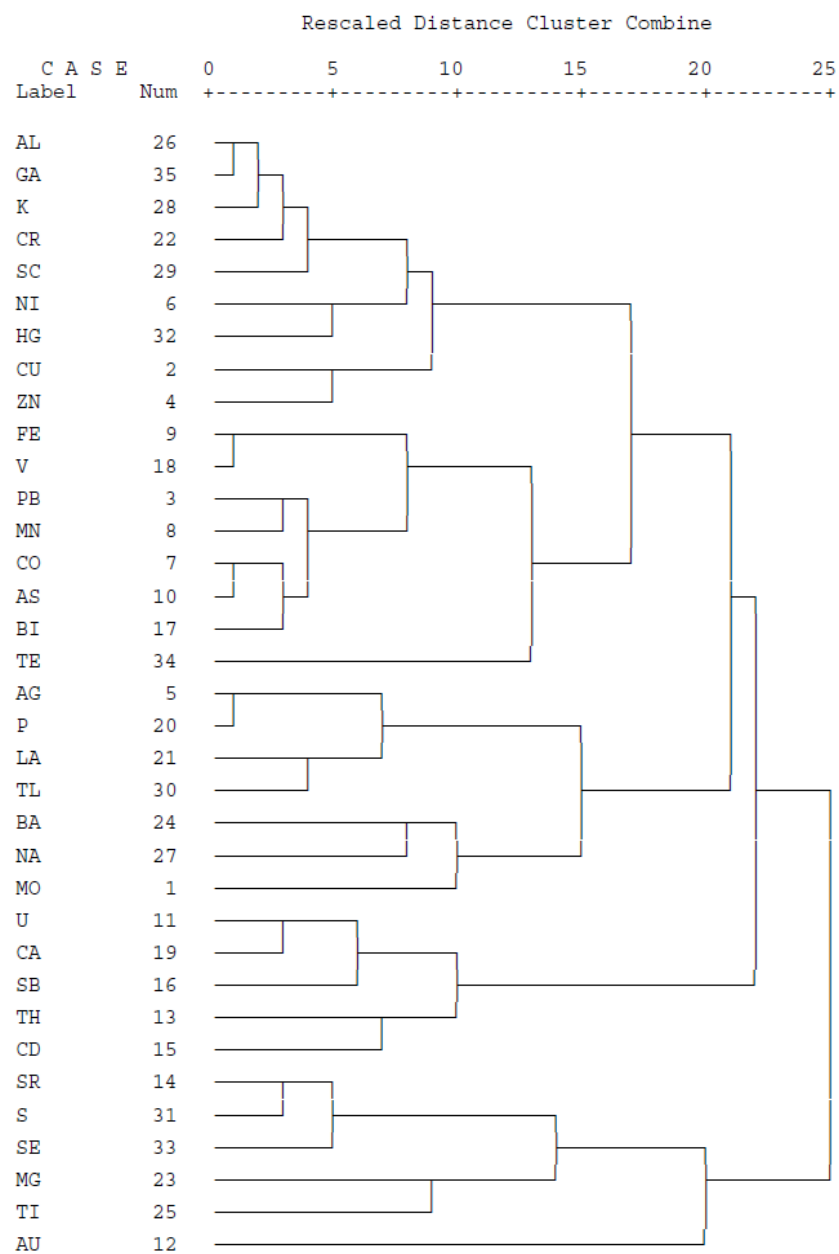
^{۳۰}. Hierarchical Cluster Analysis

جدول (۴-۳) - نتایج آنالیز عناصر خاک

عنصر	واحد	متر ۱ و ۲ و ۳ و ۴ در ترائشه				۱	۲	۳	۵	۶	۷	۸	میانگین	ضریب ب
		۱-۴	۲-۴	۳-۴	۴-۴									
M	PP	0/8	1/0	0/7	0/9	0/7	0/7	0/6	1/2	0/6	1/4	0/6	0/88	0/3
Cu	PP	18	17/	18/	17/	19/	23/	19/	18/	15/	17/	21/	18/7	0/1
Pb	PP	14/	16/	20/	15/	14/	18/	14/	15/	15/	15/	17/	16/1	0/1
Zn	PP	46	54/	59/	49/	61/	90/	50/	56/	51/	58/	60/	58/0	0/2
Ag	PP	13	14	10	9	26	25	13	20	39	70	26	24/0	0/7
Ni	PP	27/	33/	34/	31/	41	37/	34/	35/	29	26/	42/	33/9	0/1
Co	PP	10/	11/	13/	10/	10/	11/	10/	10/	8/8	10/	11/	10/7	0/1
M	PP	52	63	80	59	60	63	53	58	51	66	65	611/	0/1
Fe	%	1/8	2/1	2/4	2/1	2/3	2/2	2/0	2/1	1/9	2/3	2/3	2/18	0/0
As	PP	8/3	9/3	12/	8/7	7/8	9/4	8/6	7/6	6/7	6/6	9	8/55	0/1
U	PP	0/9	1/3	0/8	0/9	0/4	0/9	0/9	0/8	0/6	0/7	0/6	0/80	0/2
Au	PP	1/5	0/9	1/5	1/3	1/9	1/7	1/5	1/5	1/5	0/9	0/6	1/35	0/2
Th	PP	2/1	2/4	2/4	2/9	2/1	2/9	2/6	2/5	2	2/3	2/7	2/45	0/1
Sr	PP	71	19	23	29	18	26	23	35	42	45	21	324/	0/4
Cd	PP	0/1	0/2	0/1	0/2	0/1	0/2	0/2	0/1	0/2	0/1	0/2	0/20	0/1
Sb	PP	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/12	0/3
Bi	PP	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/13	0/1
V	PP	37	41	45	41	47	42	39	40	36	43	44	41/3	0/0
Ca	%	10/	14/	13/	13/	8/2	12/	11/	11/	11/	9/7	10/	11/5	0/1
P	%	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/06	0/1
La	PP	8/5	9/9	10	11/	9/7	11	9/8	11/	10/	14/	11/	10/6	0/1
Cr	PP	23/	26/	23/	30/	32/	33	30/	33/	28/	29/	34/	29/6	0/1
M	%	1/0	0/6	0/6	0/8	1/0	0/9	0/9	1/0	1/0	1/0	1/1	0/94	0/1
Ba	PP	12	19	11	16	12	81/	63/	14	10	15	13	128/	0/2
Ti	%	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/03	0/1
Al	%	0/7	0/8	0/8	0/9	1/2	1/0	0/9	1/0	0/8	0/9	1/2	0/99	0/1
Na	%	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/05	0/7
K	%	0/1	0/1	0/1	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/3	0/23	0/2
Sc	PP	3/1	3/1	3/3	3/4	3/5	3/6	3/2	3/4	3	3/3	3/7	3/33	0/0
Tl	PP	0/0	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	0/1	0/10	0/1
S	%	0/3	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/09	1/1
Hg	pp	7	12	11	8	16	16	6	6	12	6	19	10/8	0/4
Se	PP	0/8	0/4	0/4	0/2	0/4	0/5	0/3	0/6	0/6	0/5	0/5	0/47	0/3
Te	PP	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/04	0/4
Ga	PP	2/6	3	2/9	3	3/7	3/5	3/2	3/5	2/8	3/6	4/1	3/26	0/1

***** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *****

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



شکل (۴-۱۵) - دندوگرام آنالیز خوشه‌ای عناصر مورد مطالعه

جدول (۴-۴) - گروه‌بندی نتایج آنالیز خاک

گروه	عنصر	منشاء
۱	Al, Ga, K, Cr, Sc, Ni, Hg,	احتمالاً شیرابه
۲	Mn, Co, As, Bi, Pb, V	آهکی
۳	Zn, Ag, Ni, Fe, Sr, Ca, La, Ba, Bi	احتمالاً دو منشاء
۴	Mo, U, Au, Th, Cd, Sb, P, Mg, Ti, Na, S, Se, Te	احتمالاً شیرابه

۴-۶ - نتایج BOD، COD شیرابه و آب پایین دست

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول (۴-۵)، pH شیرابه کمتر از ۷ بوده و نشانگر شرایط اسیدی آن است. اسیدی یا قلیایی بودن شیرابه بر روی نوع و میزان گازهای تولیدشده نقش دارد. شرایط اسیدی محیط را برای تولید گازهایی از قبیل H_2S و اسیدهای آلی فرار مساعد می‌سازد، در حالی که شرایط بازی متساعد شدن گازهایی از قبیل آمونیاک را تسریع می‌کند. همچنین pH از جمله پارامترهایی است که بر میزان حلالیت ترکیبات فلزی تاثیر می‌گذارد. بسیاری از ترکیبات فلزی در pH قلیایی رسوب نموده ولی در pH اسیدی به صورت محلول در می‌آیند. این امر به خصوص در بحث آلودگی‌های مربوط به فلزات سنگین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۸].

جدول (۴-۵) - مقادیر pH، BOD، COD در نمونه‌های آب و شیرابه

	<i>BOD</i>	<i>COD</i>	<i>pH</i>
شیرابه	۴۰۰۰۰	۹۲۰۰۰	۶/۵
چاه آب	۵۰۰	۵۵	۷/۷۶
قنات	۱۰	۲۰	۸/۱۷

محتوای مواد آلی موجود در شیرابه توسط شاخص‌های BOD و COD اندازه‌گیری گردیده است. مقایسه این مقادیر با استانداردهای ذکر شده در جدول (۴-۱) دلالت بر این دارد که از نظر غلظت مواد آلی شیرابه شهری مقادیر بسیار بالاتر از حد استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و زیرزمینی و کشاورزی بوده و در زمره فاضلاب‌های بسیار قوی محسوب می‌شود. لازم به ذکر است به مرور و با تثبیت مواد آلی زباله، غلظت BOD، COD کاهش می‌یابد [20].

فصل پنجم

مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری

دفن، در واقع آخرین گزینه دفع در مدیریت مواد زائد جامد می‌باشد. نسبت به دیگر روش‌های دفع، هنوز دفن مواد زائد جامد از اهمیت و مطلوبیت بیشتری برخوردار است و تا کنون جایگزین کامل و مناسبی برای آن یافت نشده است. چرا که دیگر روش‌های مرسوم نظیر کمپوست و زباله سوزی، فرآیندی کند بوده و هزینه بالایی را در بر دارد. همچنین به نوعی گزینه نهایی به حساب نمی‌آیند. در هر صورت با توجه به جایگاه دفن (خصوصاً نوع بهداشتی آن) لزوم انجام مطالعات و تحقیقات در زمینه مکانیابی و احداث مکان‌های دفن بیش از پیش احساس می‌شود.

در این میان مکانیابی از مهم‌ترین مراحل است. چرا که مکانیابی مناسب می‌تواند بسیاری از مشکلات زیست محیطی قابل پیش‌بینی در محل دفن را به شکل قابل توجهی مرتفع سازد. بدین لحاظ شناخت و دسته‌بندی معیارها و محدودیت‌های مکانیابی محل دفن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. انتخاب محل دفن مناسب در مقیاس ناحیه‌ای نیازمند پهنه‌بندی محدوده مطالعاتی از نظر قابلیت دفن پسماند می‌باشد.

پهنه‌بندی از ۵ مرحله شناسایی، حذف مناطق ممنوعه، رده‌بندی و امتیازدهی به پارامترها، انتخاب روش ترکیب پارامترها و انتخاب معیار قضاوت نهایی تشکیل شده است. انتخاب نوع پارامترهای موثر در پهنه‌بندی قابلیت احداث لندفیل، تابعی از شرایط منطقه مطالعاتی می‌باشد. هدف نهایی از این معیارها یافتن مکانی است که کمترین اثرات سوء زیست‌محیطی را برای محیط طبیعی و منطقه اطراف لندفیل داشته باشد. روش‌های متعددی برای مکانیابی لندفیل‌ها پیشنهاد شده است. در این تحقیق کوشش به عمل آمده است تا با تلفیق دو روش تحلیل سلسله مراتبی و وزن‌دهی افزودنی ساده در مرحله ابتدایی بهترین مکان‌ها انتخاب شده و سپس با استفاده از دو روش تحلیل سلسله مراتبی و

ماتریس زیست محیطی لئوپولد به انتخاب بهترین گزینه در بین گزینه‌ها پرداخته شود. لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده برای این منظور عبارتند از:

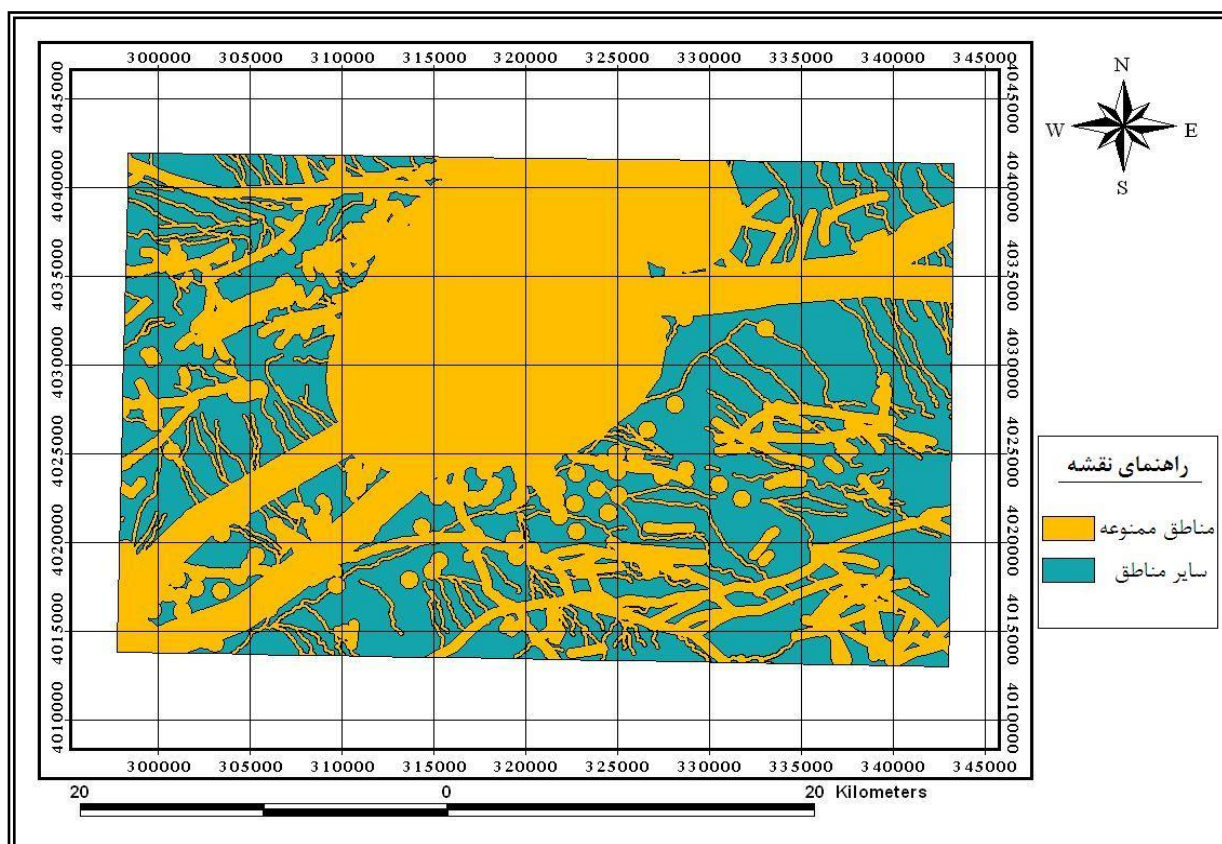
- زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی، گسل)
 - توپوگرافی (نقشه شیب)
 - هیدرولوژی (آبهای سطحی)
 - هیدروژئولوژی (چاه، چشمه، قنات، کیفیت و عمق آب زیرزمینی)
 - راه‌های دسترسی
 - مراکز جمعیتی
 - خاک شناسی
- محدوده مورد بررسی منطقه ای به شعاع ۳۰-۲۰ کیلومتر از شهر شاهرود می‌باشد.

۵-۲- شناسایی و حذف مناطق ممنوعه

به منظور حفظ سلامت آب، خاک و جلوگیری از صدمات زیست‌محیطی مدفن، باید از برخی مکان‌ها از قبیل: مراکز مسکونی، مناطق حفاظت شده طبیعی و باستانی، راه‌ها و جاده‌ها، منابع آب زیر-زمینی و سطحی و گسل‌ها اجتناب گردد و حریم‌های ممنوعه مناسب برای آنها در نظر گرفته شود. رعایت این حریم‌ها با توجه به شرایط منطقه می‌باشد. در این زمینه کارشناسان و سازمان‌های مختلف نظرات متعددی ارائه نموده‌اند که در جدول (۵-۱) به برخی از آنها اشاره شده است. حریم‌های مورد نظر در این مرحله با توجه به مطالعه دیگر نقاط ایران و جهان انجام و سپس در محیط نرم افزار GIS و توسط ابزار Buffering اجرا گردیده است. نتیجه حاصله در جدول (۵-۲) و شکل (۵-۱) قابل مشاهده است.

جدول (۵-۱) - حریم‌های ممنوعه ارائه شده توسط سازمان‌ها و کارشناسان مختلف (فواصل به متر است).

معیار	محیط شهری	گسل فعال	آب سطحی		چاه، چشمه، قنات	خطوط انتقال نیرو	شاهراه	راه شهری	شیب نامناسب
			آبراهه فصلی	رودخانه دائمی					
Criteria2005 [۱۰۳]	-	100	-	100	300	50	-	-	>30%
Koo1996 [۹۳]	500	500	-	300	600	-	-	-	>30%
Serwan2005 [۱۰۶]	1000	-	-	500-1000	-	-	500	<200	-
Lolos1997 [۹۸]	400	-	-	1600	800	-	<600	<300	-
Cantwall1999 [۷۳]	5000	-	50	500	1000	30	2000	30	-
Jesus1997 [۸۹]	-	60-2000	-	100	365	-	300	-	-
Bagchi1994 [۶۹]	-	-	-	30-90	365	-	300	-	-
Tecninvent [۱۱۱]	400	-	-	600	-	-	600	300	>25%
Costa1997 [۷۶]	-۶۰۰۰	۲۰۰۰	-	500	-	-	500	-	>10%
Chalkias1997 [۷۴]	500	-	-	500	-	-	-	-	>24%
Allen et al2001 [۶۵]	400-1500	-60-2000	30	50-200	300-1000	30	30-600	-30-600	>20^
Allen , Dillon1997 [۶۴]	<5000	-	-	-	>2000	-	1000	-	>15^
basak2005 [77]	5000	-	-	-	-	-	500	100	>15^
Pretty2008 [106]	1600	-	-	300	-	-	-	-	100
Zuqutte1994 [122]	-	-	-	-	500	-	-	-	>12%
حداکثر	۶۰۰۰	۲۰۰۰	۵۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰<	۵۰	۲۰۰۰	۶۰۰	%۳۰<



شکل (۵-۱) - نقشه حریم‌های ممنوعه در طرح

جدول (۵-۲) - حریم‌های مورد استفاده برای مناطق ممنوعه

مناطق ممنوعه	حریم مناطق (m)	مرجع
مناطق شهری	۵۰۰	<i>Custa, Basak sener.</i>
شبکه ارتباطی	۱۰۰	<i>Allen, cantwall Allen</i>
گسل	۳۰۰	سازمان محیط زیست (۲۳)
چاه، چشمه، قنات	۵۰	<i>Zuqutte</i>
خط انتقال نیرو	۵۰	<i>Criteria</i>
آبراهه اصلی	۳۰۰	<i>Koo</i>
آبراهه فرعی	۱۰۰	<i>EPA</i>
جاده فرعی	۳۰۰	<i>Tecninvent, lolos</i>

۵-۳- رده‌بندی و امتیازدهی به پارامترها

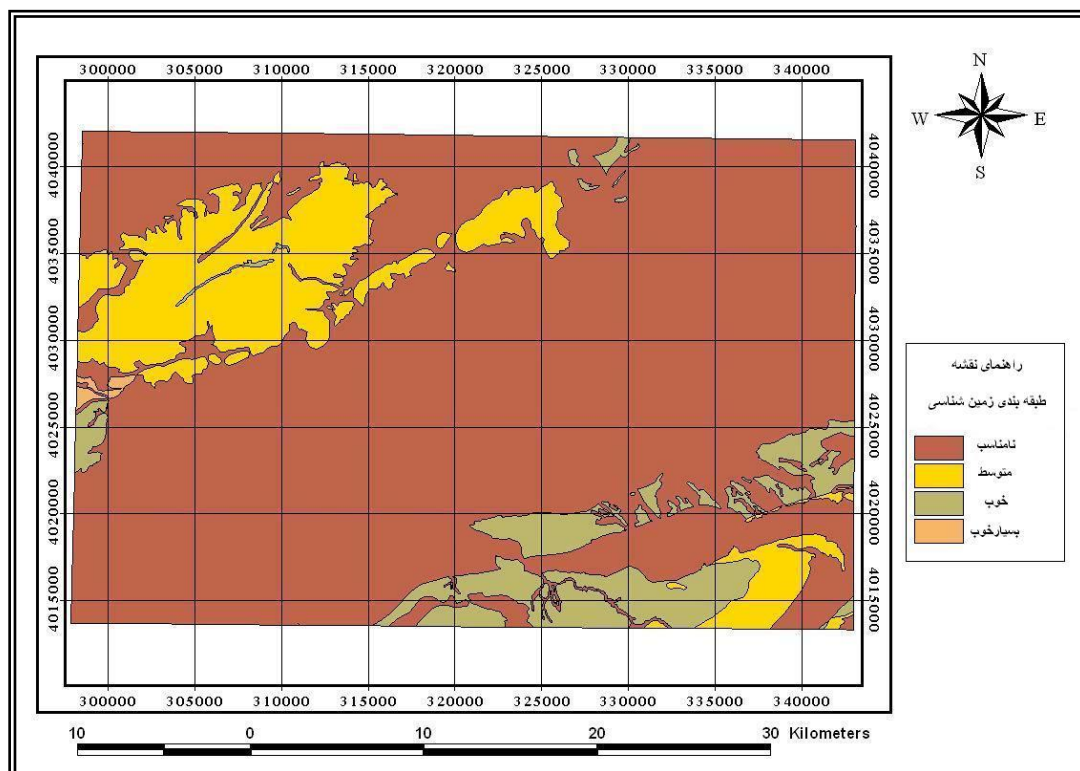
پس از تهیه لایه حریم‌های ممنوعه لایه‌های اطلاعاتی انتخاب می‌گردند. در مطالعه کنونی از اطلاعات و نقشه‌های زمین‌شناسی (سنگ شناسی)، توپوگرافی (شیب)، خاک‌شناسی، کیفیت آب زیرزمینی، عمق آب زیرزمینی، فاصله از شهر، فاصله از خطوط ارتباطی، فاصله از خطوط انتقال نیرو و منابع قرضه استفاده گردید. نقشه‌های فوق در محیط GIS رقومی شده و به صورت لایه‌های اطلاعاتی مجزا مورد استفاده قرار گرفته است.

۵-۳-۱- زمین‌شناسی (سنگ شناسی)

در مبحث سنگ‌شناسی هدف انتخاب سنگ بستر با نفوذپذیری پایین و حداقل درز و شکاف به منظور ایجاد کمترین اثرات زیست محیطی بر روی آب و خاک منطقه و کمترین نشت و نفوذ شیرابه به محیط اطراف می‌باشد. سنگ بستر از لحاظ مبداء و منشا به سه گروه عمده تقسیم می‌شوند: سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی. سنگ‌های آذرین، یکپارچه و متراکم و دارای قابلیت نفوذ کمی می‌باشند. از سوی دیگر سنگ‌های رسوبی برای ذخیره آب‌های زیرزمینی قابلیت بالایی دارند و با این- که سهم این سنگ‌ها در ساختمان پوسته بسیار کم است (حدود ۰.۵٪)، نزدیک به ۹۵٪ از آب‌های زیرزمینی را در خود جای داده‌اند. در میان این سنگ‌ها رفتار متفاوتی به لحاظ نفوذپذیری دیده می‌شود. سنگ‌های دانه‌درشت مانند کنگلومرا و ماسه‌سنگ بدلیل درشت‌دانه بودن و سنگ‌های آهکی بدلیل نفوذپذیری و واکنش بالا نامناسبند. زمین‌های رسی از نظر منابع آب زیرزمینی ضعیف و برای دفن بیشتر مناسبند [۷۲]. در این مرحله از نقشه‌های زمین‌شناسی مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی (ورقه شاهرود و بسطام) استفاده گردید. نحوه طبقه‌بندی زمین‌شناسی منطقه در جدول (۵-۳) و نقشه طبقه‌بندی آن در شکل (۵-۲) دیده می‌شود.

جدول (۵-۳) - نحوه تقسیم بندی محدوده برمبنای لایه‌های سنگ شناسی

سنگ شناسی	توصیف	طبقه بندی
بسیار خوب	A	مارن ژئپسی، رس، رس سیلتی، مارن آلتزه، مارن فسیلی، مارن سبز
خوب	B	ماسه سنگ شیلی مارن دار، تناوب آهک و مارن
متوسط	C	تناوب شیل میکادار و ماسه سنگ و کوارتز، ماسه سنگ کوارتزی، ماسه سنگ در قاعده مارن در بالا، تناوب آهک و شیل فسیلی، توف هوازده و ماسه، کوارتز میکرودیوریت،
نامناسب	D	آبرفت، مخروط افکنه آبرفتی، کنگلومرا، میکروکنگلومرا، آهک، ماسه سنگ



شکل (۵-۲) - طبقه بندی سنگ شناسی منطقه

5-3-2- توپوگرافی (شیب)

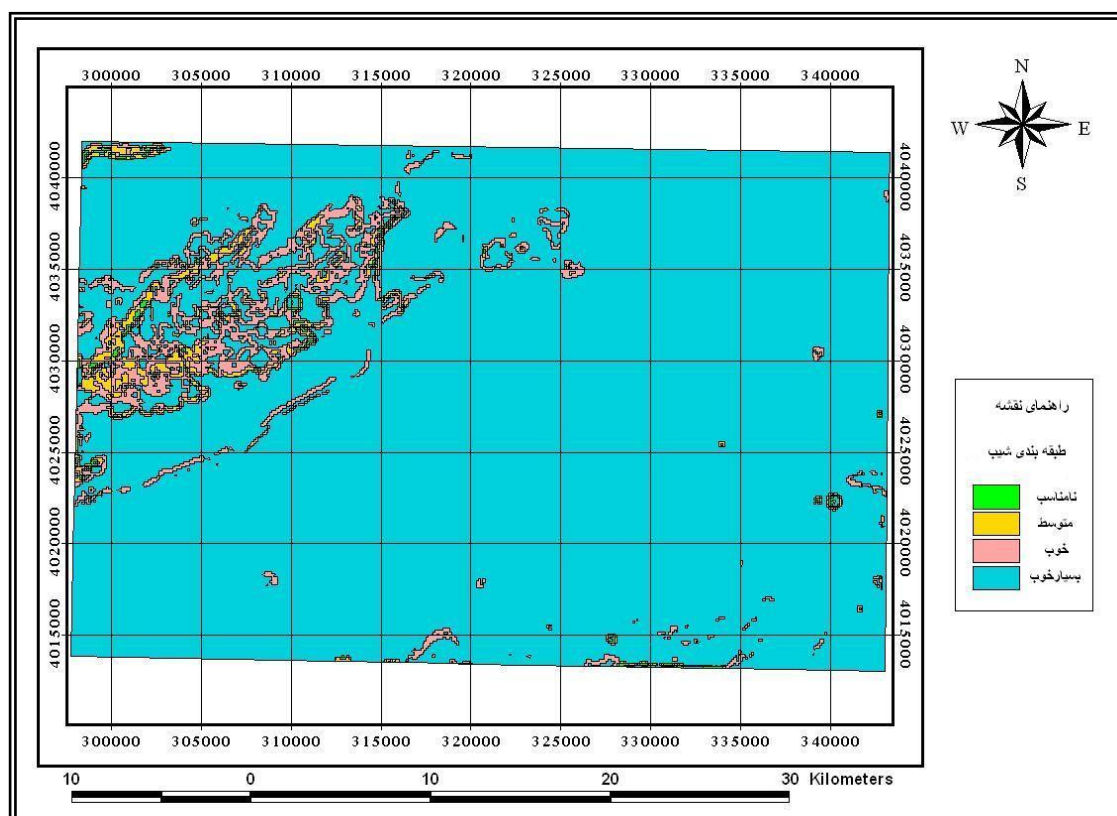
از مهم‌ترین عوامل در مکانیابی، شیب منطقه می‌باشد. درخصوص شیب مناسب احداث مدفن نظرات متفاوتی وجود دارد. با توجه به شرایط منطقه در این مطالعه شیب ۰-۱۲٪ مناسب‌ترین شیب برای مدفن انتخاب شده است. بالا رفتن شیب منجر به ایجاد هزینه‌های بالا برای ساخت مدفن و دشواری نقل و انتقال گردیده و از سوی دیگر بدلیل سرعت بالای حرکت آب و بویژه شیرابه احتمال خطراتی از قبیل لغزش و فرسایش بالاتر خواهد بود [۷۲ و ۱۰۳ و ۸۴ و ۱۱۲].

به‌منظور تهیه نقشه شیب منطقه در این بخش از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه استفاده گردید. در محیط Arcview و ابزار Spatial Analyst با استفاده از میان‌یابی نقشه DEM ارتفاعی ساخته‌شد.

نحوه طبقه بندی شیب در جدول (۴-۵) و نقشه آن در شکل (۳-۵) دیده می‌شود. همانطور که ملاحظه می‌شود بخش عمده‌ای از منطقه دارای شیب مناسب برای احداث محل دفن می‌باشد.

جدول (۴-۵)- نحوه تقسیم بندی محدوده بر مبنای معیار شیب

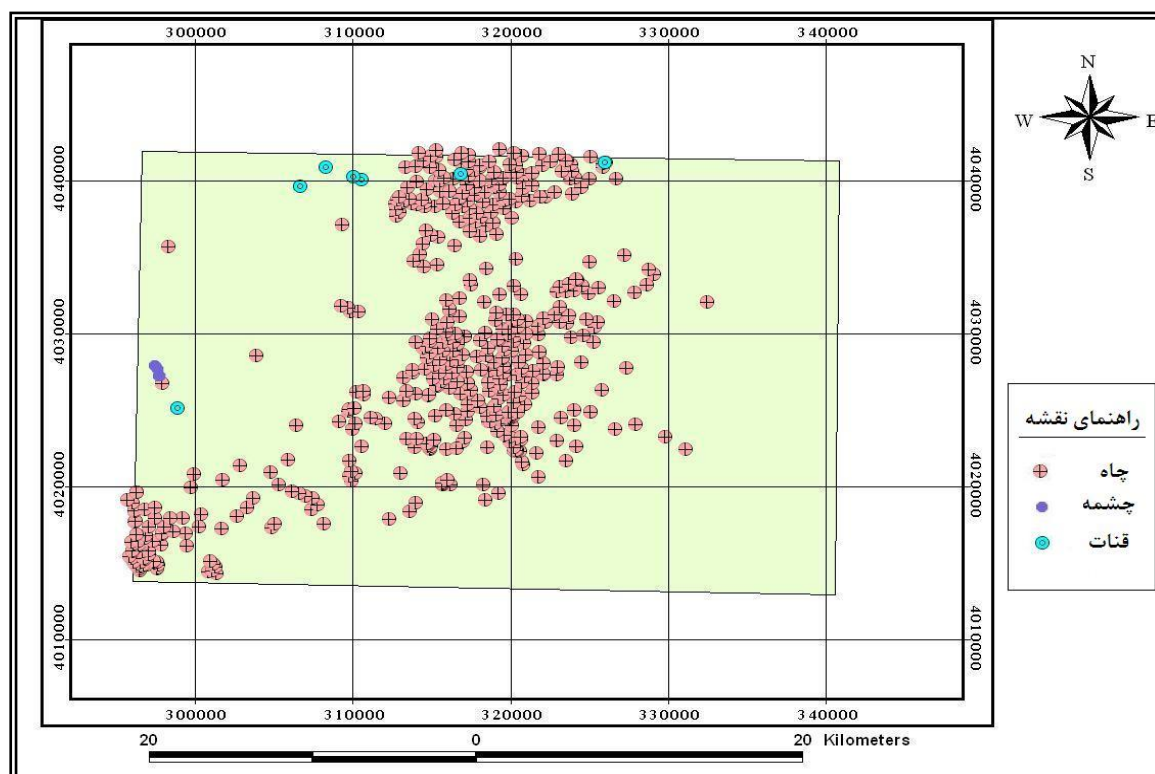
شیب (%)	توصیف	طبقه‌بندی
۰-۵	بسیار خوب	A
۵-۱۵	خوب	B
15-30	متوسط	C
>۳۰	نامناسب	D



شکل (۵-۳) - طبقه بندی شیب منطقه

۳-۳-۵ - عمق آب زیرزمینی

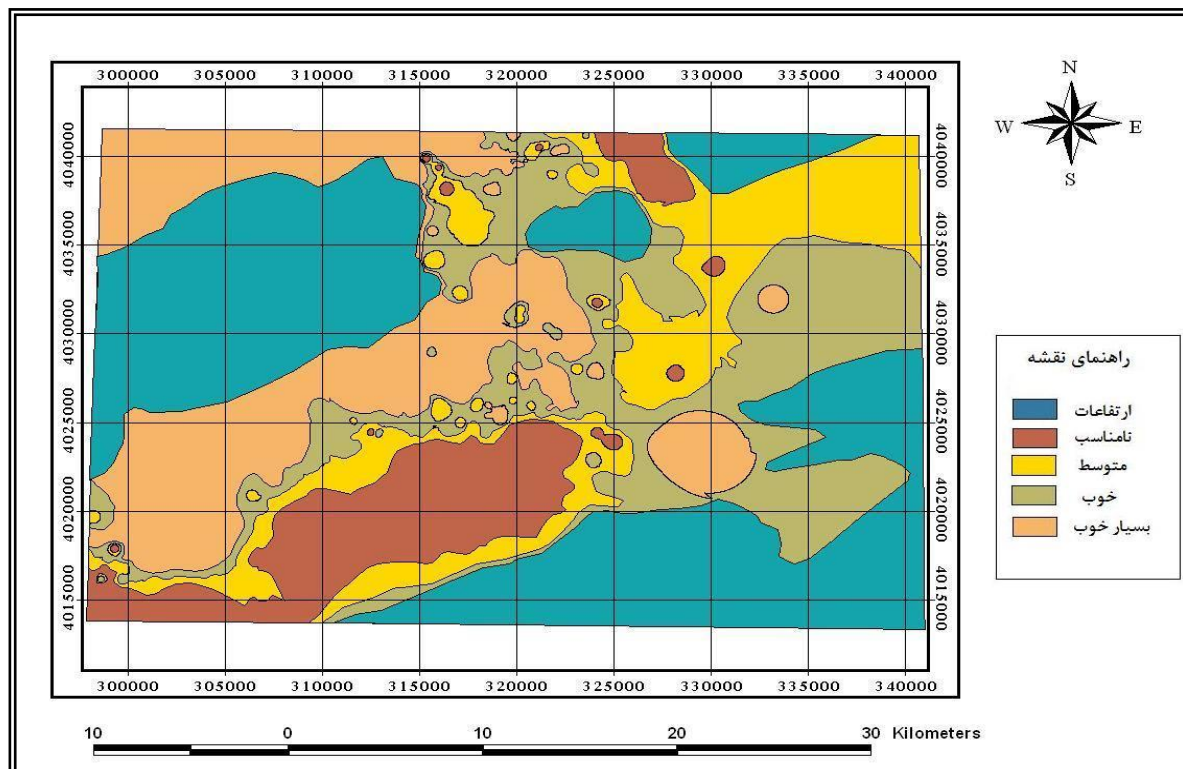
به جهت امکان نشت و نفوذ شیرابه در طی سالیان دفن و پس از بسته شدن مدفن به آب زیرزمینی، پارامتر عمق آب زیرزمینی حائز اهمیت بالایی است [۷۲ و ۱۰۳]. شکل (۵-۴) موقعیت چاه‌های منطقه را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر با استفاده از اطلاعات مربوط به چاه‌های منطقه نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی ترسیم گردیده است. نامناسب‌ترین موقعیت جهت احداث مدفن در شرایطی است که خط ایستابی آب‌های زیر زمینی نزدیک به کف سلول بوده و شیرابه با آب در تماس قرار گیرد. بیشترین عمق آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی مربوط به چاه شربی در شهر بسطام با عمق ۱۹۷ متر بوده و کمترین مقدار آن ۲-۳ متر در بخش مرکزی شاهرود است. جدول (۵-۵) نحوه طبقه‌بندی عمق آب زیرزمینی و شکل (۵-۵) نقشه آن را نشان می‌دهد.



شکل (۵-۵) - نقشه موقعیت منابع آبی منطقه

جدول (۷-۵) - نحوه تقسیم بندی بر مبنای عمق آب زیرزمینی

طبقه بندی	توصیف	عمق آب (m)
A	بسیار خوب	> 70
B	خوب	$50 - 70$
C	متوسط	$30 - 50$
D	نامناسب	< 30



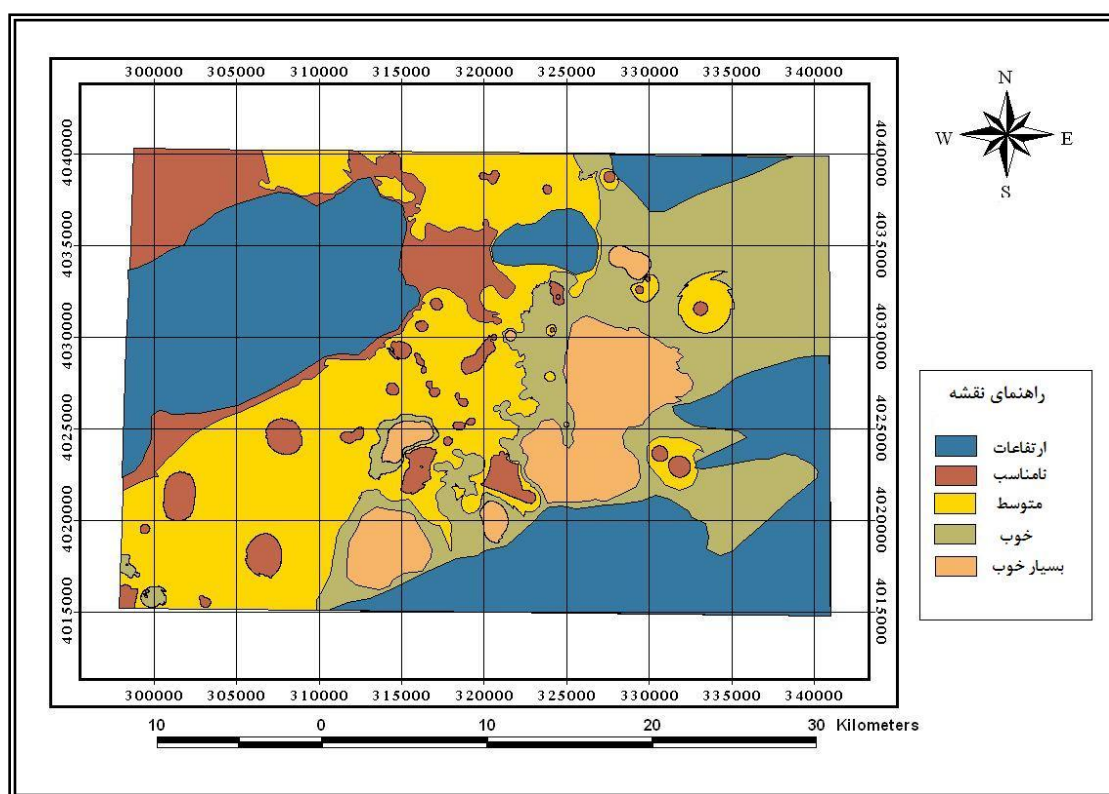
شکل (۵-۵) - طبقه‌بندی عمق آب منطقه

۵-۳-۴- کیفیت آب زیرزمینی

از جمله پارامترهای موثر بر روی مکانیابی محل دفن کیفیت آب زیر زمینی می‌باشد. جایی که آب زیرزمینی دارای کیفیت مناسبی برای شرب یا کشاورزی است، نامناسب و در سفره‌های آب شور یا بدون کیفیت، بیشترین ارجحیت را دارد. نحوه طبقه‌بندی کیفیت آب منطقه در جدول (۵-۶) دیده می‌شود. با استفاده از داده‌های EC چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها نقشه طبقه‌بندی کیفیت منطقه تهیه گردید (شکل ۵-۶). با توجه به آمار بدست آمده از اداره آب‌های زیرزمینی استان، بیشترین EC منطقه مطالعاتی ۱۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در ناحیه ابر در بسطام بوده و کمترین میزان آن ۳۹۰ میکروموس بر سانتی‌متر در پلیس‌راه شاهرود (بخش مرکزی شاهرود) می‌باشد.

جدول (۵-۶) - نحوه طبقه بندی محدوده بر مبنای کیفیت آب (EC)

هدایت	توصیف	طبقه بندی
$3000 <$	بسیار خوب	A
۱۵۰۰-۳۰۰۰	خوب	B
۵۰۰-۱۵۰۰	متوسط	C
< 500	نامناسب	D



شکل (۵-۶) - طبقه بندی کیفیت آب منطقه

۵-۳-۵- فاصله از شهر

طبیعی است که به منظور جلوگیری از به خطر افتادن سلامتی انسان‌ها و بهداشت محیط، محل دفن همواره باید در خارج از شهر و دور از مراکز جمعیتی قرار گیرد و با توجه به عمر محل دفن که حداقل ۱۵-۲۰ سال برآورد شده است، محل دفن نباید در مسیر توسعه آتی شهر قرار گیرد. از سوی دیگر به منظور کاهش هزینه‌ها و زمان حمل و نقل، حتی‌المقدور باید در مکان نزدیک‌تری نسبت به محل تولید قرار گیرد. با توجه به این‌که حریم شهر در مرحله اول حذف گردیده است، در این مرحله نزدیک‌ترین فاصله مناسب‌تر می‌باشد [۱۱۲]. در جدول (۷-۵) نحوه تقسیم بندی فاصله از شهر نشان داده شده است.

جدول (۷-۵)- تقسیم بندی محدوده بر مبنای فاصله از انتهای حریم شهر

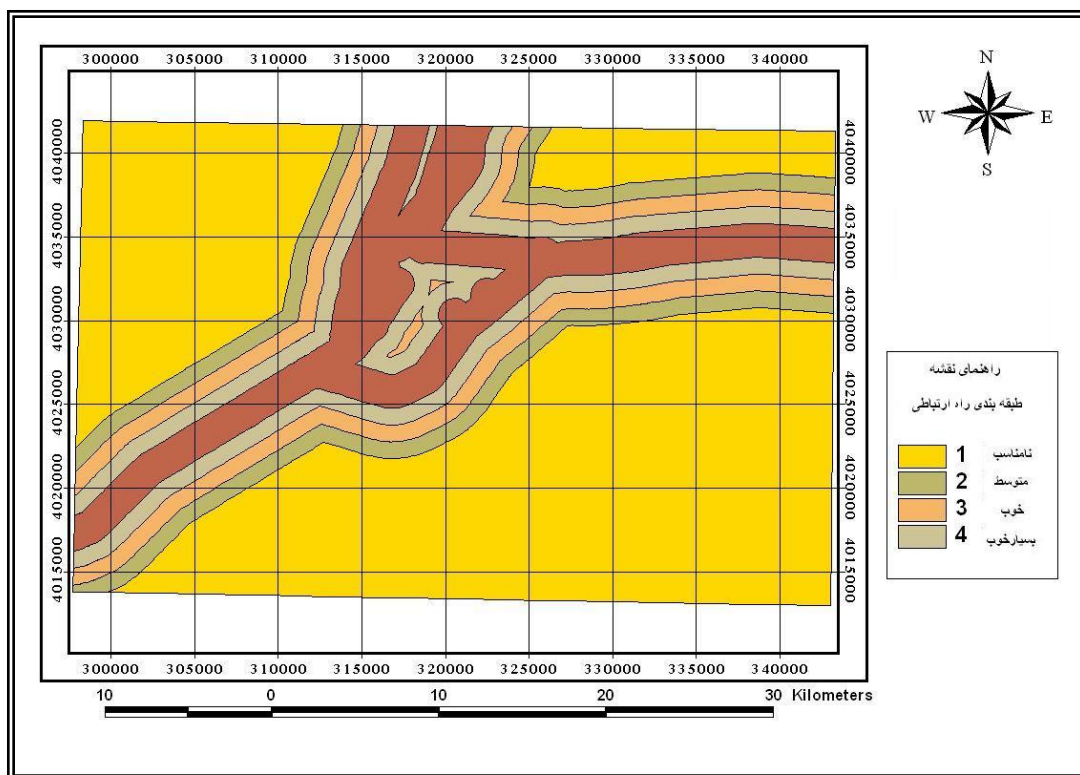
طبقه‌بندی	توصیف	فاصله از شهر (km)
A	بسیار خوب	0-10
B	خوب	10-20
C	متوسط	20-30
D	نامناسب	>۳۰

۵-۳-۶- فاصله از خطوط ارتباطی

به‌منظور دسترسی آسان به محل دفن و رفت و آمد ماشین آلات و از سوی دیگر حفظ جنبه زیبایی شناختی و سلامتی و بهداشت، فاصله مناسب از جاده‌ها می‌بایست رعایت شود لذا فواصل خیلی دور و خیلی نزدیک نامناسبند. با توجه به حذف حریم خطوط ارتباطی، هرچه فاصله کمتر باشد هزینه اجرایی کمتر خواهد بود [۱۱۲ و ۱۱۸]. بر این اساس طبقه‌بندی فاصله از خطوط ارتباطی انجام گرفت (جدول ۵-۸) و نقشه آن در شکل (۷-۵) قابل رویت است.

جدول (۵-۸) - طبقه بندی محدوده بر مبنای فاصله از راه

طبقه بندی	توصیف	فاصله از راه (Km)
A	بسیار خوب	۱-۲
B	خوب	۲-۳
C	متوسط	۳-۴
D	نامناسب	>۴



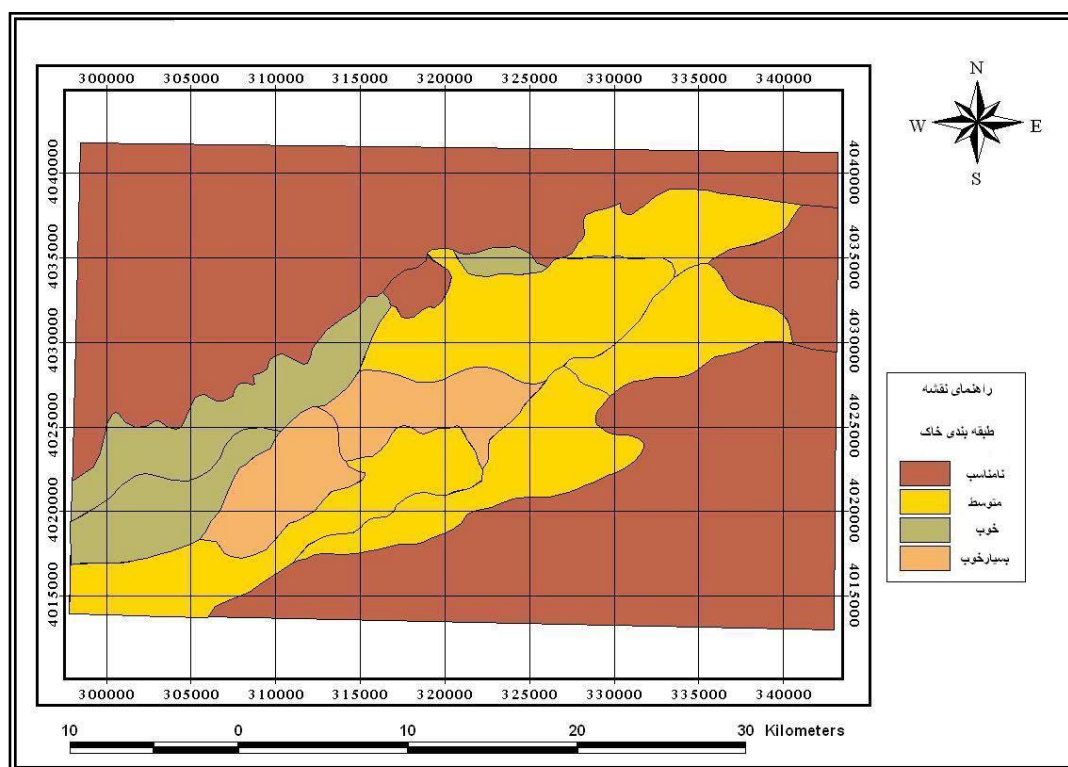
شکل (۵-۷) - طبقه بندی منطقه به لحاظ فاصله از راه

۵-۳-۷ - خاک شناسی

بافت خاک سرعت تراوش شیرابه، میزان جذب آلاینده‌ها و نیز نفوذ آب‌های سطحی به داخل مدفن را کنترل می‌کند [۱۱۲]. لذا این پارامتر در گزینش ساختگاه مناسب اهمیت زیادی دارد. در مطالعه حاضر از نقشه‌های طبقه‌بندی خاک مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ استفاده شده است. در جدول (۵-۹) نحوه تقسیم‌بندی خاک منطقه به لحاظ بافت و نفوذپذیری نشان داده شده است و نقشه آن در شکل (۵-۸) دیده می‌شود.

جدول (۵-۹) - نحوه تقسیم بندی محدوده برمبنای خاک منطقه (به لحاظ نفوذپذیری و بافت) [۵۶]

طبقه بندی	توصیف	گروه خاک شناسی
A	بسیار خوب	خاک خوریان (بافت سنگین)
B	خوب	خاک دهملا (بافت متوسط)
C	متوسط	خاک سعدآباد (بافت متوسط)
D	نامناسب	خاک خیرآباد (بافت سبک)



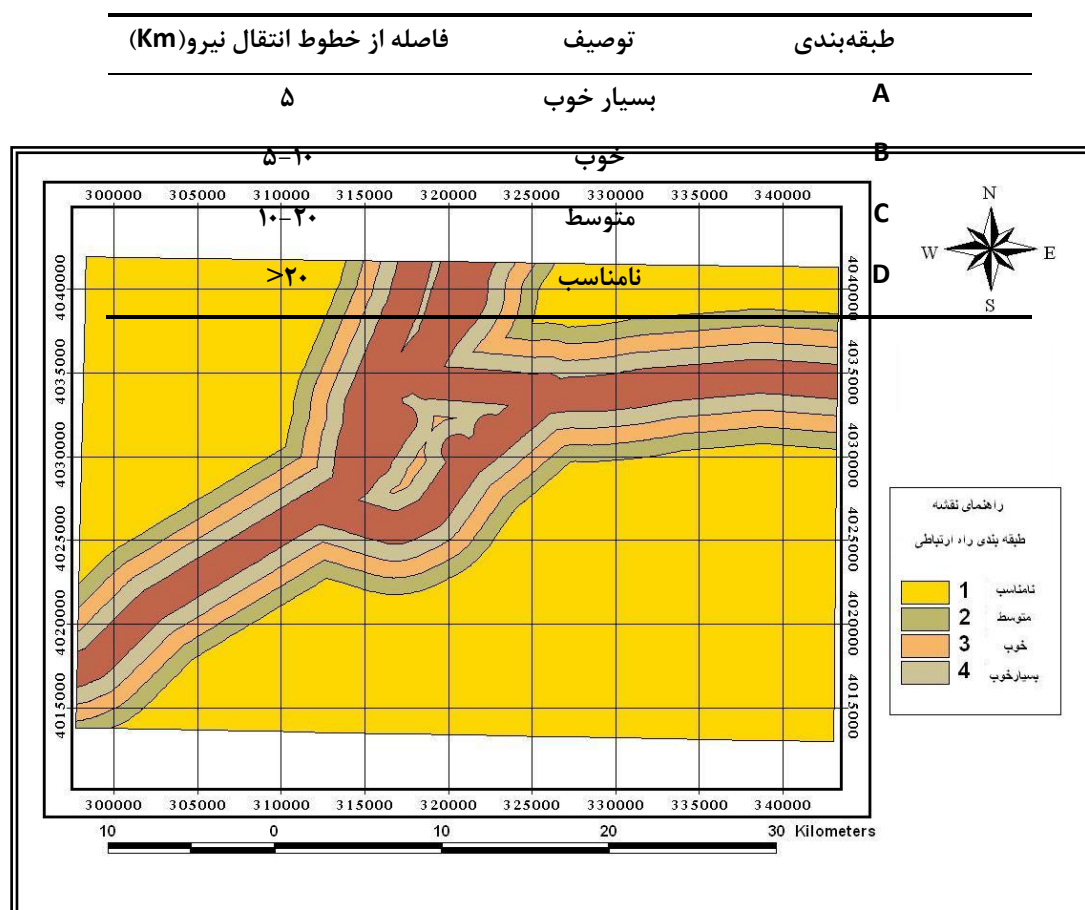
شکل (۵-۸) - طبقه بندی خاک منطقه

۵-۳-۸ - خطوط انتقال نیرو

به منظور تامین انرژی مورد نیاز و تسهیل در عملیات ساخت و بهره‌برداری از لندفیل (با رعایت حریم ممنوعه)، محل انتخاب شده باید فاصله مناسبی تا خطوط انتقال نیرو داشته باشد [112 و 18]. طبقه‌بندی فاصله از خطوط انتقال نیرو در جدول (۵-۱۰) و نقشه آن در شکل (۵-۹) دیده می‌شود.

شکل (۵-۷) - طبقه‌بندی منطقه به لحاظ فاصله از راه

جدول (۵-۱۰) - طبقه‌بندی محدوده بر مبنای فاصله از خطوط انتقال نیرو



۵-۳-۹- منابع قرضه

از آنجا که برای ساخت و به ویژه زمان بهره‌برداری از لندفیل نیاز به خاک پوشاننده با خصوصیات مناسب در محل است، لذا فاصله از خاک‌های مناسب برای پوشش حائز اهمیت می‌باشد [۱۸].

۵-۴- انتخاب روش تحلیل

هدف از این مرحله، انتخاب بهترین یا ارجح‌ترین گزینه و یا مرتب نمودن گزینه‌ها به صورت درجه نزولی ارجحیت می‌باشد. قواعد تصمیم‌گیری متعددی در این زمینه وجود دارند که شناخته شده‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- روش وزن‌دهی افزودنی ساده^۱
- روش‌های تابع مقدار - سودمندی^۲
- فرآیند سلسله مراتب تحلیلی^۳
- روش‌های نقطه ایده‌آل^۴
- روش‌های مطابقت^۵

۵-۴-۱- وزن‌دهی افزودنی ساده (SAW)

هدف از وزن دادن به معیارها (صفت یا هدف) بیان نمودن اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر است. چندین روش وزن‌دهی به معیار بر مبنای قضاوت تصمیم‌گیران در منابع پیشنهاد شده است. این روش‌ها در دقت، سهولت کاربرد و قابل فهم بودن برای تصمیم‌گیران و در اصول تئوریک متفاوت‌اند. روش‌های وزن‌دهی افزودنی ساده از متداول‌ترین تکنیک‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی هستند.

^۱. Simple Additive Weighthing Method

^۲. Value/Utility Function

^۳. Analitic Hierarchy Process

^۴. Ideal Point Method

^۵. Accordance Method

به این تکنیک‌ها هم چنین تلفیق خطی-وزنی (WLC)^۱ یا روش‌های امتیازبندی^۲ گفته می‌شود که بر- مبنای میانگین وزنی می‌باشند. تصمیم‌گیر بطور مستقیم وزن‌های اهمیت نسبی^۳ را به هر صفت تخصیص می‌دهد. سپس یک امتیاز کلی برای هر گزینه از طریق ضرب نمودن وزن اهمیت تخصیص یافته برای هر صفت در مقدار مقیاس بندی شده که برای گزینه در آن صفت معلوم می‌باشد و جمع نمودن نتایج حاصله ایجاد می‌شود. وقتی امتیازات کلی برای گزینه‌ها محاسبه شدند، گزینه دارای بیشترین امتیاز کلی انتخاب می‌شود.

برای هر گزینه داریم:

$$A_i = \sum_j w_j x_{ij} \quad (۵-۱)$$

که در آن $x_{i,j}$ امتیاز گزینه i ام بارعایت صفت j ام و وزن w_j یک وزن نرمال شده می‌باشد. $\sum w_j = 1$ و اهمیت نسبی صفات را نشان می‌دهد. ارجح‌ترین گزینه بوسیله تعیین بیشترین مقدار R_i برای $(i=1.2.3....n)$ انتخاب می‌شود. روش SAW بر مبنای GIS شامل مراحل زیر است:

۱- تعریف معیارهای ارزیابی (لایه‌های نقشه) و مجموعه گزینه‌های ممکن

۲- استاندارد نمودن هر لایه نقشه معیار

۳- تعریف وزن‌های هر معیار (یعنی یک وزن نسبی به هر نقشه معیار مستقیماً تخصیص داده می‌شود).

۴- ساختن لایه‌های نقشه استاندارد شده در وزن‌های متناظر

^۱. weighted Linear Combination

^۲. Scoring Method

^۳. Relative Importance

۵- ایجاد امتیاز نهایی هر گزینه با استفاده از مرتب نمودن گزینه‌ها مطابق با امتیاز ارجحیت کلی

گزینه دارای بیشترین امتیاز بهترین است. روش‌های SAW می‌توانند با استفاده از هر سیستم GIS دارای قابلیت‌های روی هم گذاری لایه‌ها انجام شوند. این روش‌ها در هر دو محیط GIS (رستری و برداری) قابل اجرا هستند [۴۹ و ۱۸].

۵-۴-۲- نحوه مکانیابی به روش SAW در محدوده شهرستان شاهرود

۵-۴-۲-۱- امتیازدهی به لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله ابتدا می‌بایست اهمیت نسبی پارامترها در مقایسه با یکدیگر تعیین شده و وزن نسبی بر اساس اولویت به پارامترها داده شود. لایه‌های اطلاعاتی باقی‌مانده شامل زمین‌شناسی، توپوگرافی (شیب)، خاک، عمق آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی، فاصله از شهر، فاصله از راه ارتباطی و فاصله از خطوط انتقال نیرو می‌باشند.

در این مرحله با استفاده از روش AHP به مقایسه دوتایی معیارهای مورد نظر با یکدیگر پرداخته شده و وزن نسبی پارامترها محاسبه گردید. سپس لایه‌ها به صورت جداگانه براساس میزان اهمیت آن‌ها در مکان‌یابی به ۴ رده A (بسیار خوب)، B (خوب)، C (متوسط) و D (نامناسب) تقسیم‌بندی گردیدند. بدین ترتیب هر لایه اطلاعاتی بر اساس اولویت دفن به چهار منطقه تقسیم گردیده است. شیوه طبقه بندی لایه‌های اطلاعاتی برای پارامترهای معرفی شده در ادامه ارائه می‌گردد. برای محاسبه امتیاز هر پلی‌گون از رابطه (۵-۱) که در بخش قبل توضیح داده شد استفاده می‌شود.

جدول (۵-۱۱) - نحوه امتیاز دهی به لایه‌های اطلاعاتی زیست محیطی

امتیاز نهایی (S)	وزن (WI)	امتیاز (SIJ)	طبقه بندی	لایه اطلاعاتی اثرات زیست محیطی
۱۲۰	۴۰	۳	A	زمین شناسی
۸۰		۲	B	
۴۰		۱	C	
۰		۰	D	
۹۰	۳۰	۳	A	شیب
۶۰		۲	B	
۳۰		۱	C	
۰		۰	D	
۱۵۰	۵۰	۳	A	نفوذ پذیری
۱۰۰		۲	B	
۵۰		۱	C	
۰		۰	D	
۲۱۰	۷۰	۳	A	عمق آب زیرزمینی
۱۴۰		۲	B	
۷۰		۱	C	
۰		۰	D	
۳۰۰	۱۰۰	۳	A	کیفیت آب
۲۰۰		۲	B	
۱۰۰		۱	C	
۰		۰	D	

جدول (۵-۱۲) - نحوه امتیاز دهی به لایه‌های اطلاعاتی اقتصادی

امتیاز نهایی (S)	وزن (Wi)	امتیاز (Sij)	طبقه بندی	لایه اطلاعاتی اثرات مصنوعی
۶۰	۱۵	۴	A	فاصله از شهر
۴۵		۳	B	
۳۰		۲	C	
۱۵		۱	D	
۴۰	۱۰	۴	A	فاصله از راه
۳۰		۳	B	
۲۰		۲	C	
۱۰		۱	D	
۳۰	۷/۵	۴	A	فاصله از خطوط انتقال نیرو
۲۲/۵		۳	B	
۱۵		۲	C	
۷/۵		۱	D	

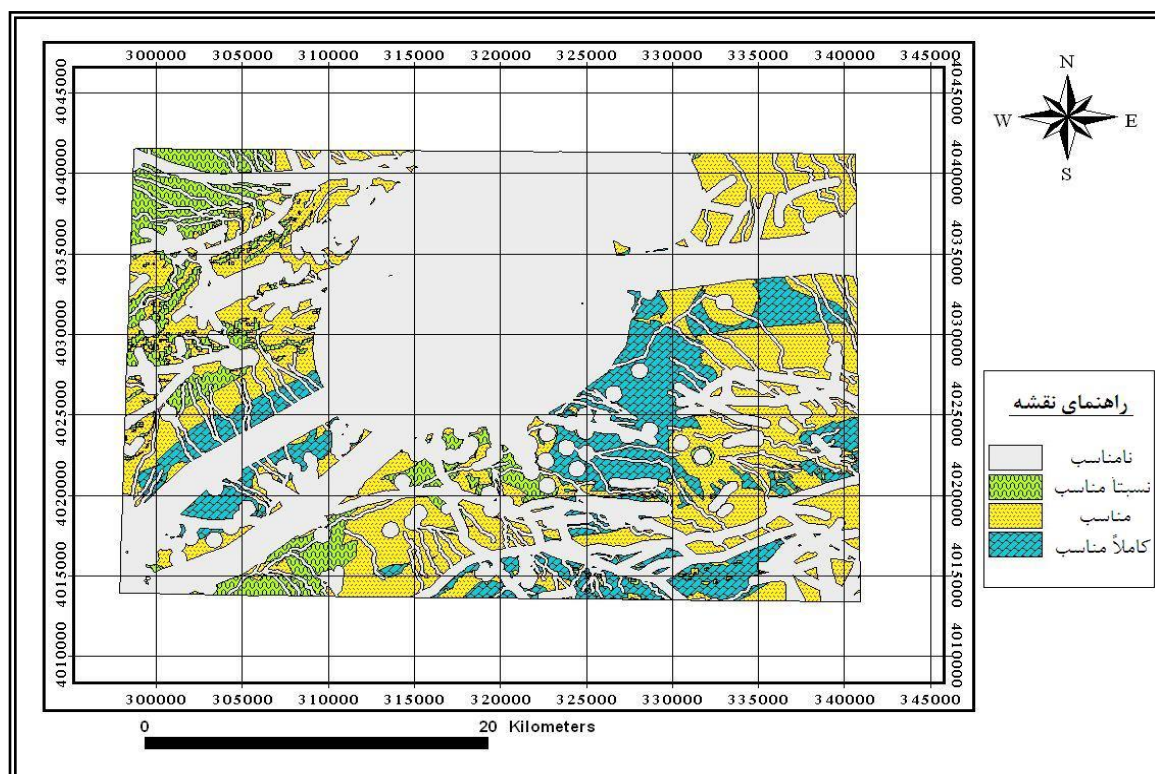
۵-۴-۲-۳- همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی

در این بخش، ۸ لایه اطلاعاتی که امتیاز نهایی برای آن‌ها محاسبه شده بود، در محیط GIS بر روی هم قرار می‌گیرند، با انجام این کار در عمل امتیازهای نهایی هر طبقه با یکدیگر جمع می‌شود و نقشه واحدی حاصل می‌گردد که شامل مناطق ممنوعه، حریم‌ها و نقشه امتیاز نهایی پلی‌گون‌ها می‌باشد. با روی هم قرار دادن لایه‌های اطلاعاتی، شکل (۵-۹) به دست آمد که دارای پلی‌گون‌هایی با امتیاز بین ۰ تا ۷۲۲ بوده که در ۴ کلاس نامناسب، نسبتاً مناسب، و مناسب و کاملاً مناسب طبقه بندی شده است (جدول ۵-۱۳).

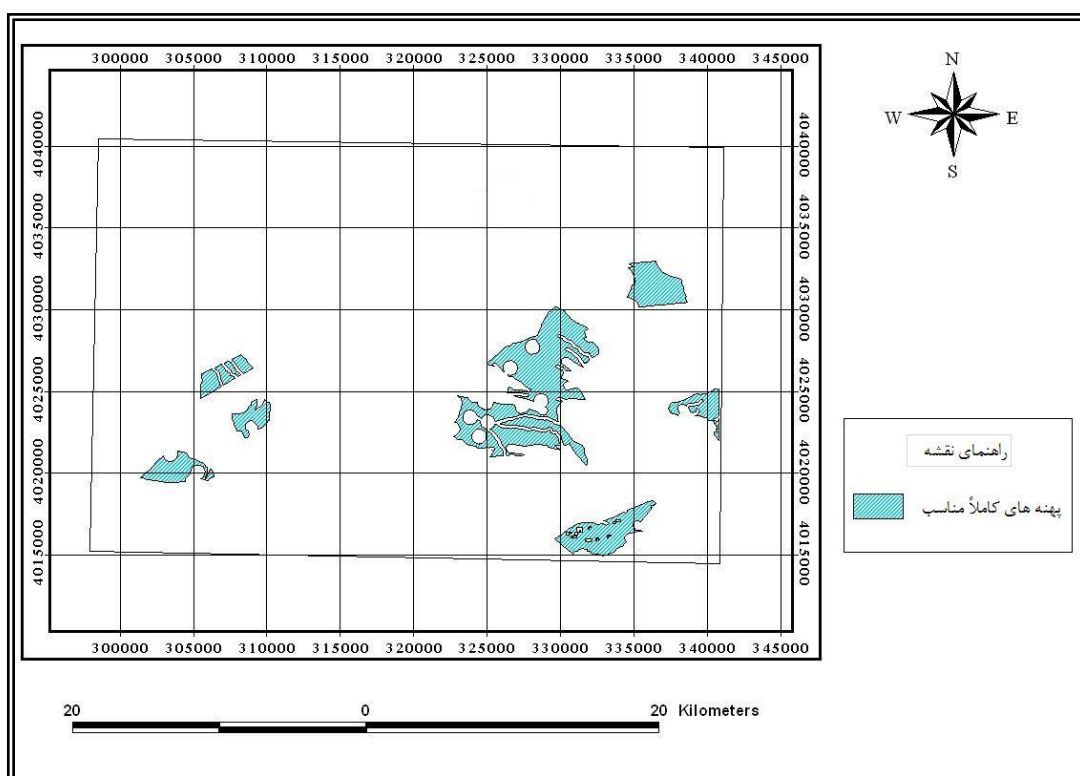
جدول (۵-۱۳) - رده بندی نهائی امتیازات

امتیاز (درصد)	۰ - ۱۸۰	۱۸۱ - ۳۶۱	۳۶۲ - ۵۴۱	۵۴۲ - ۷۲۲
توصیف	نامناسب	نسبتاً مناسب	مناسب	کاملاً مناسب
رده	D	C	B	A

در مناطق کاملاً مناسب و مناسب نیز با توجه به حجم پسماندهای جامد در شهرستان و همچنین در نظر گرفتن این مطلب که معمولاً لندفیل برای استفاده در مدت ۱۵ الی ۲۰ سال احداث می گردد، محدوده‌هایی که دارای حداقل وسعت ۲ کیلومتر مربع باشند برگزیده می‌شوند. در شکل (۵-۱۰) مناطق نهایی انتخابی برای دفن دیده می‌شود.



شکل (۵-۹) - نقشه همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی



شکل (۵-۱۰) - پهنه‌های انتخابی نهایی برای دفن پسماند

۵-۴-۲- فرآیند سلسله مراتب تحلیلی^۱ (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نمایند. هم‌چنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. بعلاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول نهایی بنا نهاده شده است که در ادامه به بیان این اصول می‌پردازیم. توماس ساعتی^۲ (بنیان‌گذار این روش) چهار اصل زیر را به عنوان اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است. این اصول عبارتند از:

اصل (۱) - شرط معکوس^۳: اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر $1/n$ خواهد بود.

اصل (۲) - اصل همگنی^۴: عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند بی‌نهایت یا صفر باشد.

اصل (۳) - وابستگی^۵: هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

^۱. در مطالب این بخش عموماً از کتاب "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP" [۵۱] استفاده شده است.

^۲. T. Saati

^۳. Reciprocal Condition

^۴. Homogeneity

^۵. Dependency

اصل ۴)- انتظارات^۱: هر گاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد، پروسه ارزیابی باید مجدداً انجام گیرد.

تصور کنید که از بین سه اتومبیل C. B. A می‌خواهیم یکی را انتخاب کنیم چهار معیار قیمت، مصرف سوخت، راحتی و مدل مطرح می‌باشد. حل این مثال را طی قدم‌های زیر تشریح می‌شود:

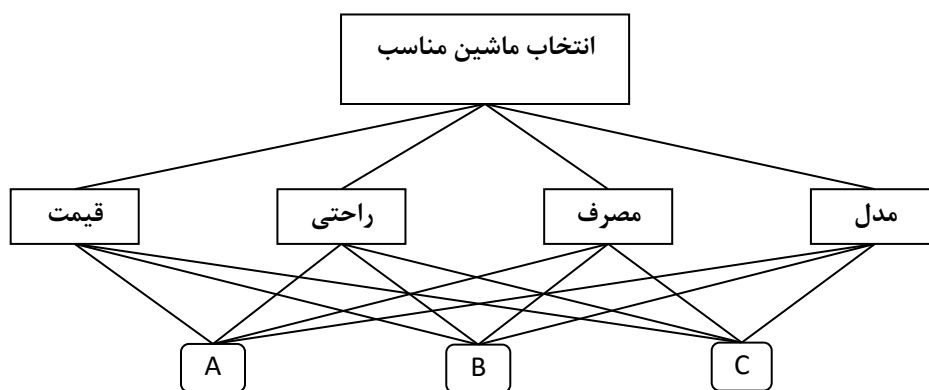
- ساختن سلسله مراتب

- محاسبه وزن

- سازگاری سیستم

۱- ساختن سلسله مراتب

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسائل می‌باشد که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. شکل (۵-۱۱) نمایش گرافیکی سلسله مراتب انتخاب ماشین مناسب را نشان می‌دهد. سطح یک در سلسله مراتب هدف را نشان داده که انتخاب بهترین اتومبیل است و در سطح دوم چهار معیار مساله که قیمت، مصرف سوخت، راحتی و مدل می‌باشند مطرح گشته و در سطح آخر گزینه‌ها (اتومبیل‌های C. B. A) نشان داده شده‌اند.



شکل (۵-۱۱)- نمایش گرافیکی سلسله مراتب انتخاب ماشین مناسب

^۱. Expectations

۲- محاسبه وزن

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد. که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامیم. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد که آن را وزن مطلق می‌نامیم. ابتدا اتومبیل‌ها از نظر قیمت، مصرف، راحتی و مدل به طور جداگانه مقایسه شده و وزن هر کدام نسبت به این معیارها مشخص می‌گردد. سپس وزن معیارها نیز نسبت به هدف تعیین شده و با ترکیب آنها وزن نهایی اتومبیل‌ها مشخص می‌گردد.

کلیه مقایسه‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد به طور مثال اگر بخواهیم اتومبیل‌ها را از نظر راحتی مقایسه کنیم ابتدا اتومبیل A را با B از این نظر مقایسه کرده و سپس این مقایسه را در مورد A با C و B نیز انجام می‌دهیم. در این مقایسه‌ها تصمیم گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده نخواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود تصمیم گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات زیر است:

- کاملاً برتر

- خیلی برتر

- برتر

- کمی برتر

- بدون برتری (اهمیت یکسان)

این قضاوت‌ها توسط ساعتی به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند که در جدول (۵-۱۴) آورده شده‌اند.

جدول (۵-۱۴) - مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی بین پارامترها

میزان اهمیت	تعریف (قضاوت شفاهی)
۱	اهمیت برابر
۲	اهمیت برابر تا متوسط
۳	اهمیت متوسط
۴	اهمیت متوسط تا قوی
۵	اهمیت قوی
۶	اهمیت قوی تا بسیار قوی
۷	اهمیت بسیار قوی
۸	اهمیت بسیار تا فوق العاده
۹	اهمیت فوق العاده

به طور مثال تصور کنید که در مقایسه ماشین A با B از نظر راحتی، تصمیم گیرنده معتقد است که ماشین A بر ماشین B ترجیح دارد. سپس از او خواسته می‌شود که ترجیح خود را با استفاده از جداول بیان کند. اگر او معتقد باشد که ماشین A به طور قوی بر B ترجیح دارد مقدار ۵ انتخاب می‌شود. اگر او ترجیح را خیلی قوی تشخیص دهد عدد ۷ انتخاب شده و در حالت کاملاً برتر عدد ۹ انتخاب می‌گردد. مقادیر ۲، ۴، ۶ و ۸ به عنوان مقادیر میانی برای مقیاس انتخاب شده و مقدار یک در حالتی انتخاب می‌گردد که هر دو با هم برابر باشند و A ترجیحی بر B نداشته باشد.

هم اکنون اتومبیل‌ها را از نظر راحتی زوجی مقایسه کرده و وزن آن‌ها (وزن نسبی آن‌ها) را نسبت به این معیار محاسبه می‌نمائیم. سپس سایر مقایسه‌ها را انجام داده و وزن‌های نسبی اتومبیل‌ها نسبت به سایر معیارها و همچنین معیارها نسبت به هدف را محاسبه کرده و در نهایت وزن گزینه‌ها را محاسبه می‌نمایم.

تصور کنید که فرد تصمیم گیرنده ترجیح A بر B را بین مساوی و کمی مرجح انتخاب کند مقدار عددی این قضاوت ۲ می باشد. همچنین اگر ماشین A بر C بین ترجیح خیلی قوی و کاملاً مرجح باشد که در این صورت مقدار عددی این قضاوت برابر ۸ خواهد بود و در ترجیح B بر C بین ترجیح قوی و ترجیح خیلی قوی قضاوت شد که عدد ۶ برای آن انتخاب گردد در اینصورت مقایسه های زوجی این قضاوت را می توان به صورت جدول ۵-۱۵ نشان داد.

جدول (۵-۱۵) - مقادیر ترجیحات برای مقایسه های زوجی بین پارامترها

	اتومبیل A	اتومبیل B	اتومبیل C
اتومبیل A /	۱	۲	۸
اتومبیل B /		۱	۶
اتومبیل C /			۱

باید توجه داشت که در مقایسه زوجی، ترجیح هر عنصر بر خودش، برابر یک می باشد. بنابراین تمامی عناصر روی قطر ماتریس مقایسه زوجی برابر یک هستند. همچنین این نکته نیز قابل قبول است که اگر A بر B دارای ترجیح ۲ باشد، ترجیح B بر A برابر ۰/۵ خواهد بود در این صورت ماتریس مقایسه زوجی را می توان به صورت جدول (۵-۱۶) کامل نمود.

جدول (۵-۱۶) - مقادیر ترجیحات برای مقایسه های زوجی بین پارامترها

	اتومبیل A	اتومبیل B	اتومبیل C
اتومبیل A /	۱	۲	۸
اتومبیل B /	۱/۲	۱	۶
اتومبیل C /	۱/۸	۱/۶	۱

هنگامی که ماتریس مقایسه زوجی تشکیل گردید، می توان وزن هر گزینه را محاسبه کرد به عبارت دیگر با استفاده از مقایسه های زوجی که در ماتریس مقایسه زوجی بیان شده است می خواهیم

وزن هر اتومبیل را نسبت به راحتی به دست آوریم. برای محاسبه وزن هر گزینه از ماتریس مقایسه زوجی (وزن نسبی) چندین روش پیشنهاد شده است که اهم آن‌ها عبارتند از:

- روش حداقل مربعات معمولی

- روش حداقل مربعات لگاریتمی

- روش بردار ویژه

- روش‌های تقریبی

روش حداقل مربعات معمولی، یکی از روش‌های معمولی، ساده و پرکاربرد برای محاسبه وزن پارامترها است. این روش شامل سه مرحله زیر است:

مرحله اول: مقادیر هر یک از ستون‌ها را با هم جمع می‌کنیم.

مرحله دوم: هر عنصر در ماتریس مقایسه زوجی را به جمع ستون خودش تقسیم کرده تا ماتریس مقایسه زوجی نرمالیز شود.

مرحله سوم: مقدار متوسط (میانگین) عناصر در هر سطر از ماتریس نرمال شده را محاسبه می‌کنیم تا مقادیر متوسط یک تخمین از وزن‌های مورد نظر به دست آید.

جهت روشن شدن مطلب، مراحل محاسباتی این الگوریتم را برای جداول (ماتریس مقایسه زوجی سه اتومبیل نسبت به راحتی) در جداول زیر آورده شده است.

مرحله اول: جمع مقادیر در هر ستون

	اتومبیل A	اتومبیل B	اتومبیل C
اتومبیل A	۱	۲	۸
اتومبیل B	$\frac{۱}{۲}$	۱	۶
اتومبیل C	$\frac{۱}{۸}$	$\frac{۱}{۶}$	۱
جمع هر ستون	$\frac{۱۳}{۸}$	$\frac{۱۹}{۶}$	۱۵

مرحله دوم: تقسیم هر عنصر از ماتریس به جمع کل ستون همان عنصر

	اتومبیل A	اتومبیل B	اتومبیل C
اتومبیل A	$\frac{۸}{۱۳}$	$\frac{۱۲}{۱۹}$	$\frac{۸}{۱۵}$
اتومبیل B	$\frac{۴}{۱۳}$	$\frac{۶}{۱۹}$	$\frac{۶}{۱۵}$
اتومبیل C	$\frac{۱}{۱۳}$	$\frac{۱}{۱۹}$	$\frac{۱}{۱۵}$

مرحله سوم: محاسبه متوسط عناصر در هر سطر (مقادیر به صورت اعشاری بیان شده اند)

	اتومبیل A	اتومبیل B	اتومبیل C	متوسط
اتومبیل A	۰/۶۱۵	۰/۶۳۱	۰/۵۳۳	۰/۵۹۳
اتومبیل B	۰/۳۰۸	۰/۳۱۶	۰/۴۰۰	۰/۳۴۱
اتومبیل C	۰/۰۷۷	۰/۰۵۳	۰/۰۶۷	۰/۰۶۶
جمع کل	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

بنابراین می‌بینیم که با در نظر گرفتن راحتی، اتومبیل A (با ارجحیت ۰/۵۹۳) برترین اتومبیل است. اتومبیل B (با ارجحیت ۰/۳۴۱) دومین و به دنبال آن اتومبیل C (با ارجحیت ۰/۰۶۶) قرار دارد.

۳- سازگاری سیستم

یکی از مزایای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کنترل سازگاری تصمیم است به عبارت دیگر همواره در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان میزان سازگاری تصمیم را محاسبه نموده و نسبت به خوب و بد بودن و یا قابل قبول و مردود بودن آن قضاوت کرد.

اگر A دو برابر B اهمیت داشته باشد و B سه برابر C مهم باشد چنانچه A شش برابر C اهمیت داشته باشد این قضاوت را سازگار می‌گوییم در عمل اینگونه نیست که تصمیمات و قضاوت‌های انسان همواره سازگار باشد. مثلاً در مورد یک نفر که سیب را دو برابر پرتقال و پرتقال را سه برابر موز ترجیح می‌دهد لزوماً نمی‌توان گفت که این شخص سیب را شش برابر موز ترجیح می‌دهد. در عمل ممکن است ترجیح سیب بر موز نزد این شخص برابر شش یا مخالف شش باشد.

از آنجا که مسأله سازگاری و ناسازگاری در مسائل چند منظوره حائز اهمیت می‌باشد وجود تکنیکی که بتواند نسبت به سازگاری و ناسازگاری هر تصمیم اظهار نظر کند از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از مزایای مهم فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اندازه‌گیری و کنترل سازگاری هر ماتریس و تصمیم اتخاذ شده می‌باشد.

محدوده قابل قبول ناسازگاری در هر سیستم به تصمیم‌گیرنده بستگی دارد اما در حالت کلی ساعتی پیشنهاد می‌کند که ناسازگاری تصمیم کمتر از $0/1$ باشد. شاخص ناسازگاری^۱، شاخص ناسازگاری تصادفی^۲ و نرخ ناسازگاری^۳ سلسله مراتبی با توجه به روابط زیر محاسبه می‌شود:

^۱ - Inconsistency Index

^۲ - Random Inconsistency Index

^۳ - Inconsistency Ratio

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2-3)$$

$$R.I.I = 1.98 \frac{n - 2}{n} \quad (3-3)$$

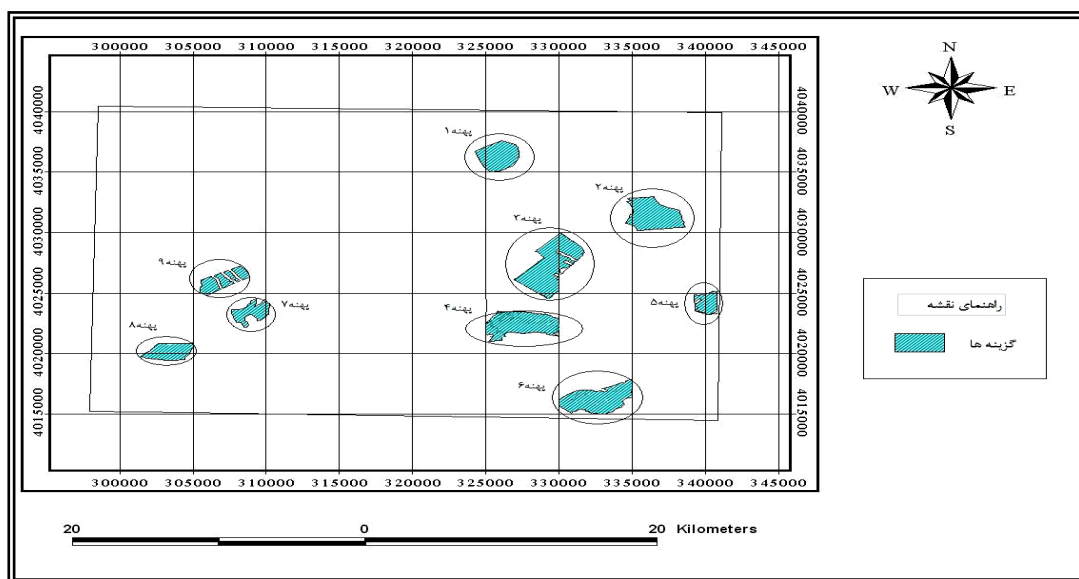
$$I.R. = \frac{I.I.}{R.I.I} \quad (4-3)$$

که در این روابط $I.I.$ شاخص ناسازگاری، $R.I.I$ شاخص ناسازگاری تصادفی، $I.R.$ نرخ ناسازگاری، $\lambda_{\max}$ بزرگترین مقدار ویژه ماتریس و n اندازه ماتریس می باشد.

۵-۴-۳- مکانیابی به روش AHP در شهرستان شاهرود

۵-۴-۳-۱- ساختن سلسله مراتب

همانگونه که ذکر گردید در این بخش هدف، معیارها و گزینه‌ها در سطح خود نشان داده می‌شوند. مکان‌ها با توجه به نقشه نهایی بدست آمده از طریق روش SAW انتخاب گردیده‌اند. همچنین مکان دفن فعلی پسماندها برای مقایسه و امتیاز دهی به عنوان پهنه شماره یک، در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با سایر مناطق مقایسه گردید. شکل (۵-۱۲) پهنه‌های انتخابی را نشان می‌دهد.



شکل (۵-۱۲)- گزینه‌های در تحلیل سلسله مراتبی مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری

۵-۴-۳-۲- امتیاز دهی به معیارها

در این مرحله وزن نسبی معیارها نسبت به یکدیگر نشان داده می‌شود. معیارهای در نظر گرفته شده در این بخش شامل ۱۰ معیار بوده و همانطور که ملاحظه می‌شود، معیارهای مربوط به آب زیرزمینی به دلیل شرایط منطقه و اهمیت بالای آب زیرزمینی از بیشترین امتیاز برخوردار شده‌اند. جدول (۵-۱۷) وزن نسبی معیارها و جدول (۵-۱۸) وزن نهایی معیارهای مکانیابی را نشان می‌دهد.

جدول (۵-۱۹) - وزن نهایی هر معیار

انتقال نیرو	فاصله از خطوط	فاصله از راه	منابع قرضه	فاصله از شهر	شیب	جهت باد	سنگ کف	نفوذپذیری	تراز آب	کیفیت آب
7	7	6	6	6	5	5	4	3	2	1
7	6	6	5	4	4	4	3	2	1	0
6	6	5	4	3	3	3	2	1	0/5	0/3
6	5	4	3	2	2	2	1	0/5	0/3	0/2
5	4	3	2	1	1	1	0/50	0/3	0/2	0/2
5	4	3	2	1	1	1/00	0/50	0/3	0/2	0/2
4	3	2	1	0/50	0/50	0/50	0/33	0/2	0/2	0/1
3	2	1	0/50	0/33	0/33	0/33	0/25	0/2	0/1	0/1
2	1	1	0/33	0/25	0/25	0/25	0/20	0/1	0/1	0/1
	1		0/33	0/25	0/20	0/20	0/17	0/1	0/1	0/1
46	38/50	30/8	24/0	17/2	17/2	17/2	11/9	7/9	5/0	3/1
10	3	8	8	8	8	8	5	5	1	0

۳- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب معیار

در این مرحله بر اساس روش مقایسه ساعتی که در جدول (۵-۱۴) ذکر شد، پهنه‌های مورد نظر برای دفن پسماندها از نظر هر معیار بصورت جداگانه با یکدیگر بصورت دوتایی مقایسه گردید. حل این ماتریس‌ها در پنج مرحله انجام گردید:

۱. مرحله اول: جمع مقادیر در هر ستون

۲. مرحله دوم: تقسیم هر عنصر از ماتریس به جمع کل ستون همان عنصر

۳. مرحله سوم: محاسبه متوسط عناصر در هر سطر (مقادیر به صورت اعشاری بیان شده‌اند)

۴. مرحله چهارم: تعیین وزن نسبی گزینه‌ها برای معیار مورد نظر

۵. مرحله پنجم: محاسبه نرخ ناسازگاری برای هر ماتریس

تمامی مراحل ذکر شده برای نه منطقه و ده پارامتر مدنظر انجام گردیده است. بدلیل تعدد معیارهای مورد نظر، از ذکر تمامی مقایسات خودداری می‌گردد و ماتریس‌های مربوط به معیار کیفیت آب بصورت نمونه در ادامه نشان داده می‌شود.

• مرحله اول جمع مقادیر در هر ستون

کیفیت	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹
منطقه ۱	1	1/4	1/6	1/6	1/5	1/5	2	2	1
منطقه ۲	4	1	1/5	1/5	1/2	1/2	5	5	4
منطقه ۳	7	5	1	1	5	5	6	6	7
منطقه ۴	7	5	1	1	5	5	7	7	8
منطقه ۵	5	2	1/5	1/5	1	1	4	4	5
منطقه ۶	5	2	1/5	1/5	1	1	4	4	5
منطقه ۷	1/2	1/5	1/6	1/7	1/4	1/4	1	1	2
منطقه ۸	1/2	1/5	1/6	1/7	1/4	1/4	1	1	2
منطقه ۹	1	1/4	1/7	1/8	1/5	1/5	1/2	1/2	1
میانگین	31	15.90	3.24	3.18	13.40	13.40	30.50	30.50	35.00

• مرحله دوم و سوم و چهارم

وزن	میانگین	منطقه ۹	منطقه ۸	منطقه ۷	منطقه ۶	منطقه ۵	منطقه ۴	منطقه ۳	منطقه ۲	منطقه ۱	کیفیت
0/04	0/34	0/03	0/07	0/07	0/01	0/01	0/05	0/05	0/02	0/03	منطقه ۱
0/09	0/83	0/11	0/16	0/16	0/04	0/04	0/06	0/06	0/06	0/13	منطقه ۲
0/28	2/50	0/20	0/20	0/20	0/37	0/37	0/31	0/31	0/31	0/23	منطقه ۳
0/29	2/60	0/23	0/23	0/23	0/37	0/37	0/31	0/31	0/31	0/23	منطقه ۴
0/11	0/97	0/14	0/13	0/13	0/07	0/07	0/06	0/06	0/13	0/16	منطقه ۵
0/11	0/97	0/14	0/13	0/13	0/07	0/07	0/06	0/06	0/13	0/16	منطقه ۶
0/03	0/29	0/06	0/03	0/03	0/02	0/02	0/04	0/05	0/01	0/02	منطقه ۷
0/03	0/29	0/06	0/03	0/03	0/02	0/02	0/04	0/05	0/01	0/02	منطقه ۸
0/02	0/22	0/03	0/02	0/02	0/01	0/01	0/04	0/04	0/02	0/03	منطقه ۹

• مرحله پنجم

λ	CI	CR
9/750347	0/093793	0/064685

۴. امتیاز نهایی گزینه‌ها

امتیاز نهایی هر کدام از گزینه‌ها از مجموع حاصل ضرب وزن هر گزینه در وزن معیار مربوطه بدست می‌آید. همانطور که مشاهده می‌شود پهنه شماره ۴ و سپس ۳ و ۸ بهترین امتیاز نهایی را در زمینه دفن پسماندها با روش AHP به خود اختصاص داده‌اند.

جدول (۵-۲۰) - امتیاز نهایی

پهنه	امتیاز نهایی
۱	۰/۵۶۱
۲	۰/۸۹۰
۳	۱/۳۶۳
۴	۱/۵۷۲
۵	۱/۰۴۹
۶	۰/۹۶۵
۷	۱/۳۴۹
۸	۱/۲۷۵
۹	۱/۰۹۲

۵-۴-۴ - ارزیابی اثرات زیست محیطی

ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA)^۱ عبارت است از فرایند شناخت، پیش بینی و کاهش اثرات بیوفیزیکی، اجتماعی و دیگر اثرات وابسته طرح پیشنهادی توسعه پیش از آنکه فرد تصمیمی اتخاذ کند. مهم‌ترین هدف از انجام ارزیابی اثرات زیست محیطی، اطمینان یافتن از رعایت سیاست‌ها و اهداف تعیین شده در یک طرح یا پروژه در راستای ضوابط، معیارها و مقررات دولتی می‌باشد. بررسی

^۱ . Environmental Impact Assessment

سابقه انتخاب روش‌های ارزیابی نشان می‌دهد که در ابتدا ۵ روش اصلی مورد استفاده کارشناسان ارزیابی قرار می‌گرفته است. این روش‌ها عبارتند از:

۱. روش کارشناسی (تخصصی ویژه)^۱

۲. صورت ریزها^۲

۳. ماتریس‌ها^۳

۴. شبکه‌ها^۴

۵. روی هم گذاری صفحات^۵

لیکن در فرآیندهای پیشرفته روش‌شناسی ارزیابی، روش‌های پیچیده و علمی‌تری که اکثراً با استفاده از کامپیوتر طراحی شده است ارائه گردید. این روش‌ها شامل موارد زیر می‌گردد:

۱. مدل‌های شبیه سازی^۶

۲. سیستم دیاگرام‌ها یا نمودارهای سیستم^۷

۳. روش های تجزیه و تحلیل هزینه- فایده^۸

۴. شاخص‌های زیست محیطی^۹

۵. روش الکترو^{۱۰}

۶. مدل‌های کارگاهی^{۱۱}

۷. ارزشیابی زیست محیطی^{۱۲}

^۱ . Ad hoc

^۲ . Check lists

^۳ . Matrices

^۴ . Networks

^۵ . Overlay

^۶ . Simulation Modeling

^۷ . System Diagrams

^۸ . Cost _ benefit Analysis

^۹ . Environmental Indices

^{۱۰} . Electre Method

^{۱۱} . Modeling Work shop

^{۱۲} . Environmental Evaluation

۸. مدل‌های تطابقی و مدیریت^۱

۵-۴-۵- ماتریس زیست محیطی

روش‌شناسی ماتریس‌ها در واقع شکل تکامل یافته‌ای از صورت ریزهای دو بعدی است که در یک بعدشان انواع فعالیت‌های مرتبط با پروژه و در بعد دیگرشان فهرستی از پارامترهای زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی که ممکن است تحت تاثیر فرآیند اجرای پروژه قرار گیرند تنظیم شده است. برتری روش‌شناسی ماتریس‌ها بر روش صورت ریزها در این است که می‌تواند پی‌آمدهای زیست محیطی هر پروژه را در مقاطع زمانی مختلف با توجه به نوع فعالیت در آن مقطع ارزیابی بنماید. ماتریس‌ها در واقع رابطه علت و معلولی بین یک حرکت و اثر آن بر اجزاء محیط زیست را بیان می‌کنند.

یکی از انواع متکامل و متداول ماتریس‌ها که برای نخستین بار توسط لئوپولد^۲ و همکاران در سال ۱۹۷۱ جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات در ارزیابی زیست محیطی تهیه و تدوین شد ماتریس لئوپولد نام گرفته است. این روش شامل ۱۰۰ نوع فعالیت مشخص روی محور افقی و ۸۸ مورد عوامل زیست محیطی محور عمودی است. ماتریس بیشتر پروژه‌ها عموماً ۲۵ تا ۵۰ خانه‌ای است. برای استفاده از ماتریس لئوپولد پس از مشخص کردن عوامل مورد بررسی در محورها، تاثیر هر فعالیت بر پارامترهای زیست محیطی سنجیده می‌شود. در آرایه‌ها از دو محور فعالیت‌های پروژه که در حقیقت فعالیت‌های بالقوه و اثرگذار در حین انجام عملیات دفن مواد زائد می‌باشند و دیگری از اثرات و فاکتورهای زیست محیطی - اجتماعی که شامل نتیجه عملکرد پروژه در محیط پیرامون مدفن می‌باشد، استفاده می‌گردد. سپس با رسم قطر این خانه مربع شکل برای دو ویژگی مقدار عددی (معمولاً بین ۱-۱۰) دو بخش این مربع منظور می‌گردد. با تعیین مجموعه ارقام حاصل از هر ستون می‌توان تاثیر جزء به جزء

^۱ . Adaptive Environmental Assessment and Management

^۲ Leopold

فعالیت‌های مرتبط با پروژه در مقاطع زمانی مربوطه شناسایی و ارزیابی نمود. از دیگر ماتریس‌ها می‌توان به ماتریس مور، قدم به قدم و سه بعدی اشاره نمود [۲۸].

۵-۴-۱- فاکتورهای فیزیکی

فاکتورهای فیزیکی عبارتند از اثراتی که در کلیه مراحل مکان‌یابی، احداث و بهره‌برداری از یک لندفیل بر محیط فیزیکی پیرامون آن (مانند خاک، آب و هوا) ایجاد می‌شود.

۱. **آلودگی خاک:** آلودگی خاک در اثر نشت شیرابه و حرکات قائم آن به وسیله خاصیت موئینگی در بین ذرات خاک بوجود می‌آید. امکان ایجاد آلودگی خاک در مرحله دفن روزانه و متراکم سازی پسماندها بیشتر می‌باشد.

۲. **فرسایش خاک:** در طی عملیات احداث لندفیل به خصوص در مراحل خاک‌برداری، تسطیح و استخراج منابع قرضه، امکان فرسایش خاک و از بین رفتن پوشش سطحی آن و آسیب وارد شدن به لایه‌های خاک وجود دارد.

۳. **کیفیت آب‌های سطحی:** ورود هرگونه آلاینده و یا شیرابه به داخل آب‌های سطحی موجب تغییر و از بین رفتن کیفیت آب‌های سطحی می‌شود. ورود شیرابه و مواد زائد به داخل آب‌های سطحی باعث افزایش فلزات سنگین در آب شده علاوه بر آلودگی آب، سبب تغییر در اکوسیستم محیط آبی نیز می‌گردد [۳۶].

۴. **کیفیت آب زیرزمینی:** آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع جهت تامین آب شرب و کشاورزی هستند. در طی مراحل دفن و متراکم سازی امکان نفوذ شیرابه حاصل از پسماندها، از بین خلل و فرج ذرات خاک به آب‌های زیرزمینی وجود دارد که می‌تواند باعث اسیدی یا قلیائی شدن آب، افزایش فلزات سنگین، ورود چربی و میکروارگانیسم‌ها در آب شود که خطرات زیادی

را به طور مستقیم از طریق مصرف آب و یا به شکل غیر مستقیم از طریق مصرف گوشت دام‌ها و یا گیاهان منطقه برای ساکنان ایجاد می‌کند [۳۷].

۵. **تولید گرد و غبار:** یکی از اثرات مستقیم که در طی مراحل احداث و بهره برداری از لندفیل‌ها، بر روی سلامتی افراد محلی تاثیر نامطلوب دارد، گرد و غبار حاصل از ایجاد لندفیل و دفن پسماندها می‌باشد. گرد و غبار بیشتر در مراحل خاک‌برداری، تسطیح و استخراج منابع قرضه تولید و می‌تواند سبب ایجاد مشکلات تنفسی گردد [۳۶].

۶. **ایجاد بوی نامطبوع:** تجزیه و فساد بیوشیمیایی مواد زائد در محل دفن، گازهایی را مانند متان، دی‌اکسید کربن و اسیدهای آلی فرار ایجاد می‌کند. گازهای تولیدی سبب ایجاد بوی نامطبوع در محیط و آزار ساکنین محلی خواهد گشت [۴۸].

۵-۴-۵-۲- فاکتورهای بیولوژیکی

فاکتورهای بیولوژیکی به آن دسته از اثرات مراحل مختلف احداث و بهره برداری لندفیل‌ها بر روی محیط‌زیست گیاهی و جانوری و بهداشت و سلامت انسان‌های پیرامون محل‌های دفن پسماند اطلاق می‌شود.

۱. **گیاهان و جانوران:** گیاهان و جانورانی که در معرض آلاینده‌ها و پسماندها می‌باشند از طریق مکانیسم‌هایی همچون هضم، بلعیدن، تماس و جذب پوستی، فرایندهای غشائی در میکروارگانیسم‌ها، رسوب غبار بر روی برگ‌ها و جذب توسط ریشه می‌توانند فلزات سنگین و عناصر خطرناک را به خود جذب کنند که خطرات زیادی برای محیط زیست و سلامت انسان‌ها دارد [۳۶].

۲. **بهداشت و سلامتی:** یکی از مهمترین اثرات بیولوژیکی تاثیر بر بهداشت و سلامت عموم می-باشد. هدف از احداث لندفیل‌ها، پیشگیری از ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی و مخاطرات بهداشتی برای سلامت انسان‌ها می‌باشد، لذا در احداث و به کارگیری لندفیل‌ها، می‌بایست تمام تلاش برای حفظ سلامت و بهداشت مردم اطراف صورت گیرد. همچنین در صورت عدم استفاده به موقع از پوشش روزانه پسماندها، شرایط برای اجتماع پرندگان و سایر جانوران موذی فراهم گشته و در نتیجه امکان انتقال بیماری از طریق این جانوران وجود دارد [۴۸].

۵-۴-۵-۳- شرایط اجتماعی و اقتصادی

۱. **شرایط اقتصادی:** استقرار پروژه باعث ایجاد تغییراتی در الگوی اقتصادی منطقه می‌شود. از آن جایی که با ایجاد لندفیل و نیاز به نیروی کار افزایش می‌یابد، می‌توان از افراد محلی استفاده کرد که باعث اشتغال در منطقه می‌گردد، از مهم‌ترین اثرات پروژه بر محیط اجتماعی - اقتصادی، می‌توان به کاهش قیمت اراضی مجاور منطقه به دلیل نگرانی‌های اجتماعی از ایجاد آلودگی آب و خاک منطقه، انتشار بوی نامطبوع، اجتماع پرندگان - حشرات و تردد بالای وسایل نقلیه سنگین اشاره نمود [۳۴].

از دیگر فاکتورهای اقتصادی، تاثیر احداث لندفیل بر شرایط کشاورزی و دامپروری منطقه می‌باشد. کاهش گونه‌های گیاهی منطقه، آلودگی خاک و آب و نگرانی مردم از احتمال وجود آلودگی در محصولات کشاورزی و دامی از جمله عواملی می‌باشند که می‌توانند سبب کاهش میزان تولیدات کشاورزی و دامپروری گردد و به اقتصاد منطقه ضربه وارد کند [۳۴].

۲. **شرایط اجتماعی:** احداث و بهره‌برداری از لندفیل‌ها افزایش بار ترافیکی راه‌های منطقه و تردد ماشین‌های سنگین را به همراه دارد. پارامترهای مختلفی از جمله محل قرارگیری لندفیل و

فاصله آن تا مراکز تولید پسماندهای خطرناک در میزان تردد وسایل نقلیه نقش دارد. از طرف دیگر با افزایش بار ترافیکی، احتمال وقوع تصادفات رانندگی و به خطر افتادن جان و مال مردم نیز افزایش می‌یابد. از دیگر پیامدهای احداث لندفیل، تاثیر بر چشم انداز منطقه را می‌توان نام برد [۳۷].

۳. **عملیات احداث لندفیل:** این آرایه شامل مکان‌یابی محل دفن پسماندها، ایجاد راه دسترسی، تسطیح و خاک برداری، ایجاد زیر ساخت‌ها (خطوط انتقال برق، آب و تلفن)، ساخت لندفیل، دفن روزانه پسماند، پوشش نهائی لندفیل، کنترل گاز و شیرابه حاصله توسط پسماندها و استفاده مجدد از لندفیل‌ها می‌شود. بدین وسیله مشخص می‌گردد که در هر مرحله از انجام پروژه چه میزان احتمال وقوع اثرات زیست‌محیطی برای فاکتورهای مطرح شده در محور دیگر در منطقه مورد نظر وجود دارد [۳۷].

۵-۴-۶- ارزیابی زیست محیطی پهنه‌های منتخب در مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری شهرستان شاهرود با استفاده از ماتریس لئوپولد

در این مرحله با استفاده از روش ماتریس لئوپولد به بررسی اثر عملیات احداث لندفیل بر روی فاکتورهای زیست‌محیطی پرداخته می‌شود، تا بدین وسیله از بین ۹ پهنه معرفی شده منطقه‌ای که دارای کم‌ترین اثرات سوء زیست‌محیطی می‌باشد به عنوان مناسب‌ترین منطقه جهت احداث لندفیل در شهرستان معرفی گردد. در این ماتریس هر واحد از ۲ جزء تشکیل شده است. شدت و اهمیت اثرات در بالای کسر و دامنه اثرات در پایین کسر آورده می‌شود. در مطالعه حاضر دامنه تغییرات برای شدت اثرات از +۵ تا -۵ و برای دامنه اثرات از ۱ تا ۵ در نظر گرفته شده است. رابطه مثبت نشانگر تاثیر مثبت فعالیت پروژه بر اثرات و رابطه منفی، تاثیر مضر و مخرب فعالیت پروژه را بر فاکتورها نمایش می‌دهد.

جدول (۵-۲۱)- ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۱ (محل دفن کنونی)

[illegible]

جدول (۵-۲۲) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۲

عملیات پروژه			فیزیک		بیولوژیکی		اجتماعی - اقتصادی																					
ایجاد راه دسترسی	خاک برداری	تسطیح	زیرساخت (برق و تلفن)	ساخت لندفیل	دفن روزانه	استخراج منابع قرضه	تردد ماشین های سنگین	نشت گاز	نشت شیرابه	الودگی خاک	فرسایش خاک	کیفیت آب سطحی	کیفیت آب زیرزمینی	تولید گردوغبار	ایجاد بوی نامطبوع	گونه های گیاهی	گونه های جانوری	بهداشت عمومی	انتقال بیماری توسط حشرات و پرندگان	ایجاد شغل	کشاورزی	دامداری	ارزش زمین	توسعه آینده	ایجاد ترافیک	زیبایی منظر	گردشگری منطقه	افزایش تصادفات

جدول (۵-۲۳) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۳

عملیات پروژه									
ایجاد راه دسترسی	خاک برداری	تسطیح	زیرساخت (برق و تلفن)	ساخت لندفیل	دفن روزانه	استخراج منابع قرضه	تردد ماشین‌های	نشت گاز	نشت شیرابه
فیزیکی	آلودگی خاک								
	فرسایش خاک								
	کیفیت آب سطحی								
	کیفیت آب زیرزمینی								
	تولید گردوغبار								
	ایجاد بوی نامطبوع								
بیولوژیکی	گونه‌های گیاهی								
	گونه‌های جانوری								
	بهداشت عمومی								
	انتقال بیماری توسط								
اجتماعی - اقتصادی	ایجاد شغل								
	کشاورزی								
	دامداری								
	ارزش زمین								
	توسعه آینده								
	ایجاد ترافیک								
	زیبایی منظر								
	گردشگری منطقه								
	افزایش تصادفات								

جدول (۵-۲۴) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۴

اثرات زیست محیطی		عملیات پروژه		ایجاد راه دسترسی	خاک برداری	تسطیح	زیرساخت (برق و تلفن)	ساخت لندفیل	دفن روزانه	استخراج منابع قرضه	تردد ماشین های سنگین	نشت گاز	نشت شیرابه	
فیزیکی	۱-۱	آلودگی خاک												
		فرسایش خاک												
	۱-۲	کیفیت آب سطحی												
		کیفیت آب زیرزمینی												
	۱-۳	تولید گردوغبار												
		ایجاد بوی نامطبوع												
بیولوژیکی	۲-۱	گونه های گیاهی												
		گونه های جانوری												
	۲-۲	بهداشت عمومی												
		انتقال بیماری توسط												
	اجتماعی - اقتصادی	۳-۱ <td>ایجاد شغل</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	ایجاد شغل											
			کشاورزی											
دامداری														
ارزش زمین														
اجتماعی	۳-۲ <td>توسعه آینده</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	توسعه آینده												
		ایجاد ترافیک												
		زیبایی منظر												
		گردشگری منطقه												
		افزایش تصادفات												

جدول (۵-۲۵) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۵

اثرات زیست محیطی		فیزیکی		بیولوژیکی		اجتماعی-اقتصادی	
عملیات پروژه	آلودگی خاک	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	فرسایش خاک	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	کیفیت آب سطحی	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	کیفیت آب زیرزمینی	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	تولید گردوغبار	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	ایجاد بوی نامطبوع	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	گونه‌های گیاهی	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	گونه‌های جانوری	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	بهداشت عمومی	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	انتقال بیماری توسط حشرات و پرندگان	۱	۱	۱	۱	۱	۱
ایجاد راه دسترسی	ایجاد شغل	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	کشاورزی	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	دامداری	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	ارزش زمین	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	توسعه آینده	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	ایجاد ترافیک	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	زیبایی منظر	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	گردشگری منطقه	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	افزایش تصادفات	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

جدول (۵-۲۶) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۶

اثرات زیست محیطی		عملیات پروژه		ایجاد راه دسترسی		خاک برداری		تسطیح		زیرساخت(برق و تلفن)		ساخت لندفیل		دفن روزانه		استخراج منابع قرضه		تردد ماشین‌های سنگین		نشت گاز		نشت شیرابه	
فیزیکی	۵-۱	آلودگی خاک																					
		فرسایش خاک																					
	۶-۲	کیفیت آب سطحی																					
		کیفیت آب زیرزمینی																					
بیولوژیکی	۷-۳	تولید گردوغبار																					
		ایجاد بوی نامطبوع																					
	۸-۴	گونه‌های گیاهی																					
		گونه‌های جانوری																					
اجتماعی- اقتصادی	انسان	بهداشت عمومی																					
		انتقال بیماری توسط حشرات مینندگان																					
	اقتصادی	ایجاد شغل																					
		کشاورزی																					
دامداری																							
اجتماعی	ارزش زمین																						
	توسعه آینده																						
	ایجاد ترافیک																						
	زیبایی منظر																						

										گردشگری منطقه		
										افزایش تصادفات		

جدول (۵-۲۷) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۷

عملیات پروژه										اثرات زیست محیطی	
ایجاد راه دسترسی	خاک برداری	تسطیح	زیرساخت (برق و تلفن)	ساخت لندفیل	دفن روزانه	استخراج منابع قرضه	تردد ماشین های سنگین	نشت گاز	نشت شیرابه	فیزیکی	
										۱۰	آلودگی خاک
											فرسایش خاک
										۱۱	کیفیت آب سطحی
											کیفیت آب زیرزمینی
										۱۲	تولید گردوغبار
ایجاد بوی نامطبوع											
بیولوژیکی	محیط زیست	گونه های گیاهی									
		گونه های جانوری									
	انسان	بهداشت عمومی									
		انتقال بیماری توسط									
اجتماعی - اقتصادی	اقتصادی	ایجاد شغل									
		کشاورزی									
		دامداری									
		ارزش زمین									
	اجتماعی	توسعه آینده									
		ایجاد ترافیک									
		زیبایی منظر									

										گردشگری منطقه		
										افزایش تصادفات		

جدول (۵-۲۸) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۸

عملیات پروژه	اثرات زیست محیطی										
	فیزیکی	زیست محیطی	انسان	اقتصادی	اجتماعی	اقتصادی	اجتماعی	اقتصادی	اجتماعی	اقتصادی	اجتماعی
آلودگی خاک	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
فرسایش خاک	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
کیفیت آب سطحی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
کیفیت آب زیرزمینی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
تولید گردوغبار	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
ایجاد بوی نامطبوع	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
گونه‌های گیاهی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
گونه‌های جانوری	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
بهداشت عمومی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
انتقال بیماری توسط حشرات و پرندگان	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
ایجاد شغل	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
کشاورزی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
دامداری	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
ارزش زمین	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
توسعه آینده	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
ایجاد ترافیک	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲

					-2					زیبایی منظر		
					2					گردشگری منطقه		
					-2					افزایش تصادفات		
		-3			3							
		3										

جدول (۵-۲۹) - ماتریس لئوپولد مربوط به پهنه شماره ۹

عملیات پروژه												
نشت شیرابه	نشت گاز	تردد ماشین های سنگین	استخراج منابع قرضه	دفن روزانه	ساخت لندفیل	زیرساخت (برق و تلفن)	تسطیح	خاک برداری	ایجاد راه دسترسی			
-2				-2						ف	ا	زی
3				3			-2	-2				
							3	3		ب	ا	زی
-3				-3						ب	ا	زی
4				4								
-3				-3						ب	ا	زی
5				5								
			-2				-2	-3		ب	ا	زی
			2				2	2				
	-3									ب	ا	زی
2												
					-1		-1	-1	-1	ب	ا	زی
					2		2	2	2			
		-1								ب	ا	زی
		3										
-2	-2		-3							ب	ا	زی
			-3									
			3							ب	ا	زی
					1	2			1			
					2	2			2	ب	ا	زی
									1			
					-1	2			2	ب	ا	زی
					1	1						

					-2	2			1	ارزش زمین		
					-1	1			1	توسعه آینده		
					2	1			1	ایجاد ترافیک		
		-2								زیبایی منظر		
		3			-3					گردشگری منطقه		
					-3					افزایش تصادفات		
					2							
		-3										
		3										

پس از بررسی پهنه های منتخب و انعکاس آن در قالب جداول ماتریسی طراحی شده، رتبه بندی آنها از لحاظ کمی جهت تعیین درجه مناسب بودن آنها انجام شد. نتایج حاصل از آرایه هر پهنه که به صورت حاصل ضرب صورت در مخرج هر کسر و جمع جبری تمام سلول ها با یکدیگر حاصل می گردد، در جدول (۵-۳۰) ارائه شده است. جمع جبری فاکتورها و دامنه اثرات، میزان مناسب بودن هر عامل بر اساس امتیازات و قضاوت کارشناسی را بیان می کند.

بیشترین اثرات زیست محیطی مربوط اثرات فیزیکی می باشد که احداث و بهره برداری از لندفیل می تواند در منطقه و اراضی مجاور ایجاد کند. جدول (۵-۳۰) مقایسه شرایط زیست محیطی ۹ پهنه را با یکدیگر نمایش می دهد. همانطور که مشاهده می شود مجموع امتیازات در پهنه شماره ۴ مناسب ترین گزینه برای محل دفن می باشد. همچنین پهنه دفن کنونی (پهنه شماره ۱) نامناسب ترین گزینه جهت دفن پسماندها تعیین گردیده است.

جدول (۵-۳۰) - نتایج ماتریس اثرات زیست محیطی ۹ پهنه انتخابی

شرایط زیست محیطی					شماره پهنه
فیزیکی	بیولوژیکی	اجتماعی	جمع کل	توصیف	

نامناسب ترین	-۱۸۲	-۸	-۴۰	-۱۳۴	پهنه شماره ۱
-	-۱۶۴	-۱۴	-۴۳	-۱۰۷	پهنه شماره ۲
مناسب	-۱۳۹	-۱۴	-۳۱	-۹۴	پهنه شماره ۳
مناسب ترین	-۱۳۴	-۱۲	-۳۳	-۸۹	پهنه شماره ۴
-	-۱۵۷	-۹	-۳۷	-۱۱۱	پهنه شماره ۵
-	-۱۶۲	-۱۹	-۴۰	-۱۰۹	پهنه شماره ۶
نسبتاً مناسب	-۱۵۱	-۴	-۴۰	-۹۹	پهنه شماره ۷
-	-۱۵۳	-۱۰	-۴۰	-۱۰۲	پهنه شماره ۸
-	-۱۵۸	-۱۰	-۴۰	-۱۰۸	پهنه شماره ۹

فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهرستان شاهرود

در مطالعه حاضر مدیریت پسماندهای شهری در شهرستان شاهرود مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا کمیت و کیفیت پسماندهای شهری براساس نمونه‌گیری از منازل و نیز نمونه‌گیری از محل دفن مورد ارزیابی قرار گرفته است. ارزیابی حجم زباله از ۳۰۰ خانوار نشان می‌دهد که میانگین زباله تولیدی در حدود ۷۰۰ گرم برای هر نفر در هر شبانه روز می‌باشد. همچنین برآورد کیفی از زباله‌های شهری شاهرود که با نمونه‌گیری تصادفی در طی یک دوره یک ماهه انجام شده نشان می‌دهد که میزان کاغذ و مقوا در زباله‌ها حدود ۵-۱۳٪، پلاستیک ۶-۵٪، فلزات ۶٪، شیشه ۴٪ و میزان مواد آلی ۵۹-۷۲٪ می‌باشد.

۶-۲- ارزیابی اثرات زیست محیطی در محل دفن کنونی

در مطالعه حاضر ۱۱ نمونه خاک و دو نمونه آب از اطراف محل دفن برداشت گردید و به همراه یک نمونه شیرابه جهت تعیین فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز نمونه‌های آب نشان می‌دهد که قنات واقع در ۲ کیلومتری پایین دست لندفیل آلودگی اندکی نشان می‌دهد، در حالی که چاه آب واقع در ۳ کیلومتری جنوب محدوده فاقد آلودگی می‌باشد. لذا با توجه به عمر کوتاه لندفیل بنظر می‌رسد سفره آب سطحی در پایین دست آلوده شده ولی آب‌های عمیق هنوز آلودگی ندارد. نمونه خاک اطراف لندفیل نیز همگی آثار آلودگی به شیرابه را نشان می‌دهد. محل دفن کنونی بر روی نهشته‌های مخروط افکنه و دامنه‌ای در حاشیه ارتفاعات آهکی قرار گرفته است. آزمایشات انجام شده خاک کف مدفن را شن خوب دانه‌بندی شده با نفوذپذیری $9/5 \times 10^{-2}$ سانتی متر بر ثانیه نشان می‌دهد که نفوذپذیری نسبتاً بالایی است. وجود میان لایه‌های با ریزدانه بیشتر منجر به ناهمگنی در نفوذپذیری شده بطوری‌که نفوذپذیری افقی بسیار بیشتر از نفوذپذیری قائم می‌باشد. این حالت منجر به حرکت سریع شیرابه بصورت افقی و به آب زیرزمینی می‌گردد.

۳-۶- مکانیابی محل دفن پسماندهای جامد شهری

با توجه به مشکلات محل دفن کنونی در مطالعه حاضر، مطالعات مکانیابی جهت پیشنهاد محل دفن مناسب انجام گردید. برای این منظور ابتدا به روش وزن‌دهی ساده ۸ محدوده مناسب تعیین گردید و در مرحله بعد با استفاده از روش AHP و ماتریس لئوپولد محدوده‌ها همراه با محل دفن کنونی مورد ارزیابی و اولویت بندی قرار گرفتند. نتایج ماتریس لئوپولد در جدول (۶-۱) نشان می‌دهد پهنه شماره ۴، واقع شده در جنوب شرق منطقه، به‌عنوان بهترین پهنه برای دفن از هر دو روش می‌باشد. هم‌چنین از نظر اثرات زیست‌محیطی منطقه کنونی بیشترین امتیاز منفی را دارا می‌باشد.

جدول (۶-۱) - نتایج ماتریس لئوپولد

توصیف	جمع کل	اجتماعی	بیولوژیکی	فیزیکی	شرایط زیست محیطی
					پهنه
نامناسب ترین	-۱۸۲	-۸	-۴۰	-۱۳۴	پهنه شماره ۱
-	-۱۶۴	-۱۴	-۴۳	-۱۰۷	پهنه شماره ۲
مناسب	-۱۳۹	-۱۴	-۳۱	-۹۴	پهنه شماره ۳
مناسب ترین	-۱۳۴	-۱۲	-۳۳	-۸۹	پهنه شماره ۴
-	-۱۵۷	-۹	-۳۷	-۱۱۱	پهنه شماره ۵
-	-۱۶۲	-۱۹	-۴۰	-۱۰۹	پهنه شماره ۶
نسبتاً مناسب	-۱۵۱	-۴	-۴۰	-۹۹	پهنه شماره ۷
-	-۱۵۳	-۱۰	-۴۰	-۱۰۲	پهنه شماره ۸
-	-۱۵۸	-۱۰	-۴۰	-۱۰۸	پهنه شماره ۹

پهنه پیشنهادی در جنوب شرقی شاهرود و در جنوب بزرگراه تهران- مشهد قرار گرفته است. کیفیت آب زیرزمینی این پهنه بسیار بد و در محدوده با $EC > 3000$ میکروموس بر سانتی‌متر قرار

می‌گیرد که از نظر احداث لندفیل کاملاً مناسب است. عمق آب زیرزمینی بیش از ۵۰ متر می‌باشد. فاصله آن از شهر حدود ۱۰-۲۰ کیلومتر، از راه ارتباطی اصلی ۳-۴ کیلومتر و از خطوط انتقال نیرو، ۵-۱۰ کیلومتر است.

۴-۶- پیشنهادات

- در زمینه مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهرستان با توجه به درصد بالای مواد فسادپذیر و قابل بازیافت اجرای طرح تفکیک پسماندهای دفنی، ایجاد کارخانه کمپوست و بازیافت در منطقه دارای صرفه اقتصادی خواهد بود.
- در محل دفن، نیاز به خاکریزی محل دفن قدیمی و فنس‌کشی محدوده می‌باشد. همچنین با توجه به نفوذپذیری نسبتاً بالای خاک در محل دفن کنونی و شیب دار بودن لایه‌ها و محل دفن، توصیه می‌شود با احداث کانال عمیق (با عمق پایین‌تر از کف ترانشه‌های دفن) و عمود بر جهت شیب عمومی زمین، بخش عمده‌ای از شیرابه جمع‌آوری شده و در حوضچه‌های سطحی تبخیر شود تا از شدت آلودگی منابع آب کاسته شود.
- به منظور تکمیل مطالعات مکانیابی دفن پسماندها، انجام مطالعات ژئوتکنیکی در محل دفن جدید و بررسی دقیق‌تر خصوصیات زیرسطحی توصیه می‌گردد.

فهرست منابع و مآخذ

۱. ابوالفضل زاده، م.، گیتی پور، س.، (۱۳۸۶)، "بررسی میزان جذب و نشت MTBE در خاک‌های رسی معمولی و اصلاح شده"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.
۲. احمدی زاده، س. (۱۳۸۵)، "مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ویژه استان خراسان جنوبی"، پایان-نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند.
۳. احمدی، ح.، (۱۳۶۷)، "ژئومورفولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۹۲ صفحه.
۴. ادریسی، م.، (۱۳۸۴)، "اصول حفاظت محیط زیست"، موسسه دانش پویان جوان، چاپ اول.
۵. اسلامی، م.، (۱۳۸۴)، "گزارشی از کارخانه‌های زباله‌سوز برای بازیابی انرژی در ونکوور کانادا"، مجله شهرداری‌ها، سال سوم، شماره ۳۲.
۶. افتخار، ل.، (۱۳۸۵)، "تکنولوژی‌های مدیریت پسماندهای پزشکی و بررسی وضعیت در ایران"، سومین همایش ملی روز زمین پاک مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه ریزی شهری- تهران.
۷. امیریگی، ح.، (۱۳۸۱)، "اصول بهداشت محیط"، انتشارات اندیشه رفیع، ۲۲۰ صفحه.
۸. امینی، م.، (۱۳۸۵)، "مکانیابی دفع مواد زائد جامد شهری با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان ساری)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی.
۹. بای بوردی، م.، (۱۳۸۶)، "فیزیک خاک"، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۰. بدو، ک.، (۱۳۸۴)، "ارزیابی طرح بهینه برای مدفن زباله از طریق محاسبات انتقال آلودگی"، مجله علمی-پژوهشی استقلال، سال ۲۴، شماره ۱. جلد اول ۱۳۵-۱۵۳.
۱۱. بدو، ک.، (۱۳۸۷)، "ارزیابی پارامترهای موثر بر انتقال آلودگی از مدفن‌های زباله به سفره‌های آب زیرزمینی"، چهارمین همایش ملی مدیریت پسماند- تهران.
۱۲. پارویی، س.، (۱۳۸۵)، "ارزیابی اثرات زیست محیطی محل‌های دفن زباله مشهد" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱۳. جاوید، ا.، (۱۳۸۰)، "طرح مدیریت پسماندهای شهری شهرستان شاهرود"، شهرداری شاهرود.
۱۴. چوبانوگلاس، ج و همکاران، (۱۳۷۰)، "مدیریت مواد زائد جامد"، مترجم مجلسی، م.، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری، جلد سوم.
۱۵. چوبانوگلاس، ج و همکاران، (۱۳۷۱)، "مدیریت مواد زائد جامد"، مترجم مجلسی، م.، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری، جلد دوم.
۱۶. چوبانوگلاس، ج.، (۱۳۸۰)، "مدیریت مواد زائد جامد اصول مهندسی و مباحث مدیریتی"، مترجم عبدلی، م.، ع.، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران - جلد اول.
۱۷. حلم سرشت، پ.، دل‌پیشه، ا.، (۱۳۸۶)، "بهداشت زباله: نگرشی بر سیستم‌های نوین مدیریت مواد زائد جامد شهری در جهان"، انتشارات چهر.
۱۸. حیدرزاده، ن.، (۱۳۸۰)، "مکانیابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS برای شهر تهران"، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس.
۱۹. خسروتهرانی، خ.، (۱۳۶۷)، "کلیاتی درباره چینه‌شناسی ایران و مقاطع تیپ تشکیلات"، انتشارات دانشگاه تهران.
۲۰. دانش، ش.، یزدانبخش، م.، (۱۳۸۶)، "بررسی خصوصیات شیرابه زباله‌های شهری (مطالعه موردی_ زباله‌های شهر مشهد)"، چهارمین همایش ملی مدیریت پسماند- تهران.
۲۱. درویشی، ر.، (۱۳۸۵)، "بررسی استفاده مناسب از شیرابه بازیافتی در زمین‌های دفن مواد زائد جامد شهری"، سومین همایش روز ملی زمین پاک مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه ریزی شهری- تهران.
۲۲. رودباری، ع.، شهبواری، ه.، (۱۳۸۴)، "تفکیک زباله از مبداء تولید در شهرستان شاهرود، منطقه شهینما"، سومین همایش روز ملی زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه‌ریزی شهری- تهران.

۲۳. سازمان حفاظت محیط زیست، (۱۳۸۰)، "دستورالعمل مکانیابی محل دفن بهداشتی - مهندسی پسماندها"، دفتر بررسی آلودگی آب و خاک.
۲۴. سازمان زمین شناسی کشور، "گزارش پشت نقشه نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی شاهرود"، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.
۲۵. سازمان مدیریت و برنامه ریزی، معاونت امور پشتیبانی، (۱۳۸۰)، "طراحی، اجرا، نگهداری و بهره برداری از خاکچال های بهداشتی برای زباله های شهری"، مرکز مدارک علمی و انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی.
۲۶. سازمان مدیریت و برنامه ریزی، (۱۳۸۶)، "بررسی مدیریت پسماندهای بیمارستانی"، هفته نامه خبری-تحلیلی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، شماره ۲۱۴.
۲۷. شریعت پناهی، م.، (۱۳۷۳)، "مبانی بهداشت محیط"، انتشارات دانشگاه تهران
۲۸. شریعت، م.، منوری، م.، (۱۳۷۵)، "مقدمه ای بر ارزیابی اثرات زیست محیطی"، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست.
۲۹. شفیع زاده، م.، (۱۳۸۱)، "چینه نگاری و چینه نگاری زیستی سازند دلیچای در غرب شاهرود"، ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران-تهران.
۳۰. شیخی نارانی، ط.، (۱۳۸۶)، "مکانیابی محل دفن پسماندهای خطرناک استان قم"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
۳۱. شیرازی نژاد، ع.، (۱۳۷۵)، "بررسی وضعیت موجود در جمع آوری و حمل و دفع زباله های بیمارستانی استان فارس و ارائه روش های مناسب دفع"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
۳۲. شیرزادی، ه.، (۱۳۸۵)، "ارائه راهکارهای اجرایی مدیریت پسماند شهرهای ایران و جذب مشارکت خصوصی در اجرای طرح های آن". سومین همایش ملی روز زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه ریزی شهری-تهران.

۳۳. صائم، م.ع.، (۱۳۷۵)، "سیمای تاریخی و وضعیت منابع آبی شاهرود"، ستاد فنی - تخصصی فرمانداری شاهرود.
۳۴. صالحی، ع.، (۱۳۸۱)، "بررسی و ارزیابی اثرات زیست محیطی محل دفن زباله شهری شیراز"، پایان نامه کارشناسی دانشگاه شیراز.
۳۵. طالب زاده، ز.، (۱۳۸۷)، "گزیده‌ای از قوانین زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست"، اداره کل حفاظت از محیط زیست استان خراسان شمالی، انتشارات یاس، چاپ اول.
۳۶. عباس پور، م.، (۱۳۷۷)، "مهندسی محیط زیست"، انتشارات علمی دانشگاه آزاد، چاپ دوم، جلد اول (۲۷۳-۲۷۵) و جلد دوم (فصل پنجم).
۳۷. عبدلی م.ع.، (۱۳۷۲)، "سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری و روش‌های کنترل آن"، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران.
۳۸. عبدلی، م.ع.، (۱۳۷۹)، "طرح جامع بازیافت و دفع مواد زائد جامد شهری مدیریت دفع و بازیافت مواد زائد جامد شهری در ایران"، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، جلد دوم.
۳۹. عبدلی، م.ع.، (۱۳۷۹)، "مدیریت مواد زائد جامد شهری، دفع و بازیافت مواد زائد جامد شهری در جهان"، انتشارات سازمان شهرداری کشور، جلد اول.
۴۰. عبدلی، م.ع.، (۱۳۸۰)، "طرح جامع بازیافت و دفع مواد زائد جامد شهری تدوین شیوه‌های مناسب دفن بهداشتی و تهیه کمپوست"، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، جلد سوم.
۴۱. عبدلی، م.ع.، (۱۳۸۲)، "شناسایی روش‌ها و تجهیزات تفکیک از مبدا و بازیافت مواد انرژی از زباله‌های شهری"، انتشارات وزارت کشور، تهران.
۴۲. عبدلی، م.ع.، (۱۳۸۴)، "بازیافت مواد زائد شهری (کاهش، استفاده مجدد و بازچرخش)"، انتشارات دانشگاه تهران ۳۶۴ صفحه.
۴۳. عبدلی، م.ع.، (۱۳۸۵)، "بازیافت مواد زائد جامد شهری"، انتشارات دانشگاه تهران.

۴۴. عبدلی، م.ع.، (۱۳۸۶)، "ارزیابی توانایی انطباق فناوری‌های نو مدیریت پسماندها در کشور"، مجله محیط شناسی، سال سی و سوم، شماره ۴۲، صفحه ۵۱-۶۲.
۴۵. عبدلی، م.ع.، (۱۳۸۶)، "بررسی کارایی لاینرهای رسی متراکم شده در حذف طبیعی آلاینده-های شیرابه تولیدی در محل دفن زباله‌های شهری مطالعه موردی: محل دفن کهریزک"، نخستین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست- تهران.
۴۶. عمرانی، ق.ع.، (۱۳۶۳)، "مواد زائد جامد (زباله‌سوزها، بازیافت مواد و روش‌های جمع‌آوری و دفع مواد سمی)"، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.
۴۷. عمرانی، ق.، (۱۳۷۷)، "مواد زائد جامد"، (جلد دوم)، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.
۴۸. عمرانی، ق.ع.، (۱۳۸۲)، "مواد زائد جامد، زباله سوزها، بازیافت مواد و روش‌های جمع‌آوری، دفع مواد سمی و خطرناک"، جلد دوم، انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.
۴۹. فرهادی، م.، (۱۳۸۶)، "مدیریت پسماندهای جامد شهری در منطقه ویژه اقتصادی پارس"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود.
۵۰. فواد مرعشی، م.، (۱۳۸۴)، "تحلیلی بر مدیریت سیستم مواد زائد جامد شهری"، همایش عمران، معماری و شهرسازی- کرمان.
۵۱. قدسی پور، ه.، (۱۳۷۹)، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.
۵۲. قلی‌کندی، گ.، (۱۳۷۴)، "شیرابه‌های محل دفن زباله"، مجله آب و محیط زیست (۱۸)، صفحه ۳۰-۳۵.
۵۳. کوپایی، ع.، (۱۳۸۴)، "بررسی آلودگی منابع آب زیرزمینی اطراف جایگاه لندفیل اصفهان"، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران- کرمان.

۵۴. گیاهی یزدی، ح.، (۱۳۷۸)، "مطالعه سنگ‌شناسی و محیط رسوبی سازند دلیچای و لار در ناحیه البرز خاوری (غرب شاهرود)"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
۵۵. مختارانی، ن.، (۱۳۷۹)، "بهینه سازی فرآیند کمپوست"، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان تهران.
۵۶. مساواتی، ا.، (۱۳۷۰)، "مطالعات اجمالی خاکشناسی و طبقه بندی اراضی منطقه شاهرود"، موسسه تحقیقات خاک و آب.
۵۷. منوری، م.، (۱۳۸۱)، "الگوی ارزیابی اثرات زیست محیطی محل‌های دفن زباله شهری"، انتشارات سینه سرخ.
۵۸. مهندسین مشاور عمران- زاوه، (۱۳۸۶)، "خلاصه گزارش طرح توسعه و عمران (جامع) شاهرود- دامغان"، سازمان مسکن و شهرسازی استان سمنان.
۵۹. میریان، س.، صوفی س.، (۱۳۸۵)، "بازیافت کاغذ"، سومین همایش ملی روز زمین پاک مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه ریزی شهری- تهران.
۶۰. نبی بیدهندی، غ.ر.، (۱۳۸۴)، "بهینه سازی سیستم بازیافت مواد زائد جامد بر اساس استراتژی‌های مدیریت محیط زیستی به روش SWOT"، سومین همایش روز زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه‌ریزی شهری- تهران.
۶۱. نتایج سرشماری نفوس و مسکن، (۱۳۸۵)، www.sci.org.ir
۶۲. یزدی، ج.، (۱۳۷۵)، "سیمای محیط زیست شهرستان شاهرود"، ستاد فنی- تخصصی فرمانداری شاهرود.

63. Akter, N., (2000), *Medical Waste Management: A Review*, Asian Institute of Technology, Thailand.
64. Allen, A. R.; Dillon, A.; O'Brien M., (1997), "Approaches to landfill site selection in Ireland". In Marinos, Koukis, Tsiambaos & Stournaras (eds), *Engineering Geology and the Environment*. Balkema, Rotterdam. p. 1569-1574.
65. Allen A. (2001), "*The Development of GIS Model for the location of Landfill Sites in Ireland and Portugal. Final project report*". Atlantic Area Inter-reg-II C.
66. Al-Yaqout F.A and Hamoda M.f, (2003), "Evaluation of landfill leachate in arid climate – a case study". *Environment International* 29(5): 593-600.
67. ASTM Committee D-18 on soil and rock, (2000), "*Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of soils*".
68. ASTM Committee D-18 on soil and rock, (2002), "*Standard Test Method for Particle-Size Analysis of soil*".
69. Bagchi, A., (1994), "*Design, Construction and Monitoring of Landfills*". 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. p.7-19.
70. Bagchi, A., (2004), "*Design of landfills and Integrated Solid Waste Management*". John Wiley and sons, Inc., New Jersey. 3 ed., P: 509 -532.
71. Basak K. Taseli, (2007), "The impact of the European Landfill Directive on waste management strategy and current legislation in Turkey's Specially Protected Areas". *Resource Conservation and Recycling* 52:119-135
72. Basak,S., (2005), "*Land fill site selection by using geographic information system*", M.s.c thesis, METU, 114 P.
73. Cantwell, R., (1999), "*Putting Data to Work – GIS and Site Selection Studies for Waste Management Facilities*". Eurogise Conference Proceedings.
74. Chalkias, C.N.; Stournaras, G., (1997), "*G.I.S. application for the selection of sanitary waste disposal landfills and quarries sites in major Sparti area, Greece*". In Marinos, Koukis, Tsiambaos & Stournaras (eds), *Engineering Geology and the Environment*. Balkema, Rotterdam.

75. Chirila E. Rakimberi P., (2008), *“Contamination of Soil Waste Deposits”*, Chemistry Department, Ovidiu University, 500036 Brasov, Romania.
76. Costa, C., (1997), *“Metodologia para a selecção de locais para aterros de residuos industrialis”* (in Portuguese). Seminário sobre Resíduos Sólidos. Instituto Politécnico de Castelo Branco. 13 pp.
77. Daniol D.E. (1993), *“Geotechnical Practice for Waste Disposal”*, Chompan and Hall.
78. Date, A.R., and Jarvis K.E, (1989), *“The application of ICP-MS in the earth science in Data A.R. and Gray A.L(Eds)”*, *the application of inductivity coupled plasma mass spectrometry Blackie, Glasgow*, pp:43-70.
79. Department of the Army technical manual *“Sanitary Landfill”*, (1994), , 5-814-5
80. Dijkgraaf E. and R.J. Vollebergh, (1997), *“Burn or buy”*. A social Cost Comparison Collection. [Http://Paper.ssrn.com/abstract-id](http://Paper.ssrn.com/abstract-id).
81. Ekpo B.O., Idok U.J and Umoh N.D, (2000), *“Geochemical evaluation on suitability of sites for hazardous waste disposal”*: A case study of recent and old waste disposal sites in Calabar Municipality, *SE Nigeria. Environmental Geology* 39:1286-1294
82. Emerging Technologies for The Treatment Of Medical Waste, (2006), *Waste Management Medical Waste Technologies*.
83. Environmental Protection Agency, (1971), *“Guidline for local government on Solid waste Manegment”*, U.S, publication, and Welfore, Public Health
84. Environmental Protection Agency, (1992), *“Characterization of Municipal Solid Waste in the United States”*. U.S, publication, and Welfore, Public Health.
85. Environmental Protection Agency, (2001), *“Municipal Solid Waste in the United States”*.
86. Environmental Protection Agency Landfill Manuals, (2006), *“Manual on site selection draft for consultation”*.
87. Fratolocchi, E. Manassero, M. and Pasqualini, E., (1995), Micropore- *“Permeability of Compacted Clay Liners”*, Proceeding of the Symposium Gren93, *Geotechnics Related to the Environment Bolton*, United Kingdom, A.A. Balkema

88. Grosh CJ and Reinhart D.R, (1998), "Analysis of Florida MSW Landfill Leachate Quality". *Florida center for solid and hazardous waste*. 107p.
89. Jesus, C. Costa, C., (1997), "Geoenvironmental Crisis Management and Public Participation". In Machado, J.; Ahern, J., *Environmental Challenges in an Expanding Urban World and the Role of Emerging Information Technologies.*, CNIG, Lisboa. p. 207-213.
90. Jin, J., Wang, Z., Ran, S., (2006), "Solid waste management in macro practice and Challenges". *Wast Management*. 26, 1045-1051.
91. Kassasi .A., Rakimbei P., karragianidis A., (2008). "Soil contaminated by heavy metals": Measurement from a closed unlined landfill, *Bioresource technology* 99(2008)8578-8584.
92. Kassim, S.M. Ali, M., (2006), "Solid waste collection on by the private sector house holds perspective". Finding from a case study in Dares Salaam city, *Tanzanian. Habitate International*. 30. 769-780.
93. Kjeldsen, P.A., Barlz, M., Rooker, A., Baun A., Ledin, A. and Christensent, (2002), "Present and Long-Term Compostion of MSW Landfill Leachate" :A Review.
94. Koo, J.H., Hoonchi, K., (2007) "Landfill siting using Fuzzy Set Theory and Analytic Hierarchy Process". Department of Earth and Environmental sciences , Korea University, Seuol 136-701
95. Koufodimos G. and Samaras Z., (2002), "Waste management option in southern Europe using Field and experimental data". *Waste Management* 22(1):47-59
96. Langer, M., (1995), "Engineering geology and waste disposal", *Bulletin of the International Association Engineering Geology*, Paris, No, 51
97. Lee G.F and Jones-Lee A., (1999), "Evaluation of surface water quality impacts of hazardouse chemical site". *The journal of Environmental clean up costes , Technologies and Techniques* 9:87-118.
98. Lolos G., Tsombanidis, C.; Paschali, K.; Stappas, N. and Loizides, M., (1997), "A multicriteria decision support system for landfill site selection". In Marinos, Koukis, Tsiambaos & Stournaras (eds), *Engineering Geology and the Environment*. Balkema, Rotterdam.

99. Mahdavi damghani A., Savarypour GH. (2007). "Municipal solid waste management in Tehran: current practice, opportunities and challenges". *International Journal of Integrated Waste Management*, Science and Technology.Measurement from a closed unlined landfill", *Bioresource technology* 998578-8584
100. Pisolkar S., (1996), "Bio degradation and settlement in landfill". M.sc Thesis, New Jersey Institue of technology 64p.
101. Pretty. P., (2008), "*Environmental Standard for Municipal solid waste Landfill site*", Guidance document. Government of NewFoundland and Labrador, Department of Environment and Construction.
102. Project Ashcroft, (2003), "*Report on Landfill Siting within Ashcroft*". B.C, Creater Vancouver Regional District Policy and Planning Department 4330 Kingsway. Bornaby.B.C V5H4G8.
103. Regional center for training and technology transfer for the Arab State in Egypt, (2005), "*Preparation of a set of tools for the selection, design and operation of hazardous waste landfill in hyper-dry areas. Guide line for hazardous waste landfill site selection and environmental impact assessment in the hyper arid areas*". (BCRC-Egypt)
104. Reimann C., Caritate P., (1998), "*Chemical Element in the Environment*", Factsheet for the Geochemist and Environmental Scientist, Springer Verlag Berlin Heidelberg Printed in Germany.
105. 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.
106. Serwan M. J., Flannagan. B.,(1998) "Developing and Implementing GIS assisted Constraints Criteria for Planning Landfill Sites in the UK" [*Planning Practice and Research*](#), Volume [13](#), Issue , pages 139-151.
107. Simsek S., Kincal C., (2006), "A solid waste disposal procedure based on groundwater vulnerability mapping" , original article, *Environ Geol* 44: 620- 633

108. Sorum L., Frandsen F., and E. Hustad J., (2004), on the fat of: "*Heavy metal in municipal solid waste combustion*". PartII. From furnace to filter. Fuel 83: 1703-1710
109. T.chobanoglous, G.H, Theisen, H and Vigil, S., (1993), "*Integrated Solid Waste Management*". Mc Craw- HillBook Co. NewYork.
110. T.chobanoglous, G. Theisen, H. and Eliassen, R., (1977), "*Solid Waste Engineering Principles and Management Issues*", McGraw Hill book,
111. Tecninvest., (1994), "*Treatment of Industrial Wastes. Study to characterisation locals for controlled landfills*" (in Portuguese). D.G.A. Lisboa. 1-26.
112. Thoso, M., (2007), "*The construction of a Geographic Information System (GIS) Model for landfill site selection*". A dissertation submitted in partial fulfillment for the requirement for the degree of Magister Artium in the department of geography at the university of the free state. 17-25.
113. Torabian A. and Mahjouri M., (2003), "Environmental and health concern associated with compost products in Iran". *International Journal Environment studies* 60(2):135-144.
114. U.S Environmental Protection Agency, (2002), RCRA, "Orientation manual: executive summary". The U.S EPA office of solid waste communication, *information and resources management division*. EPA 530-R- 02-016-Washington, D.C.
115. Wiedemeier T.H, Rifa H., Sand C.J, and Wilson J.T., (1999), "*Natural Attenuation of Fues and Chlorinated Solvent in Subsurface*", John Wileyand Sons.
116. Zamarano M., Ignacio Perez G., Aguilar Paves I and Ramos Radio A., (2005), "*Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain*". Renewable and Sustainable Energy Reviews.
117. Zuquette, L.V.; Pejon, O.J.; Sinelli, O.; Gandolfi, N., (1994), "*Methodology of specific engineering geological mapping for selection of sites for waste disposal*". In 7th International IAEG Congress. Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 503 8. p. 2481-2489.

Abstract

Shahrood county with 51419 Km² space, is the biggest county in Semnan province and tend to the geographic situation, also ling in Tehran- Mashhad traverse, have increasing situation. Beside in the reason of water resource leakage in local, custody of surface and ground water had upside importance. Regard to the solid waste material management and discover the proper place for sanitary landfill immediately is being.

Present research was accomplished with a view to assessment the modern qualification in county, assessment the environmental affect of present waste burial site and then offer the executive method for improvement the waste management in county. Tend to this purpose, caught the real data from waste qualification of Shahrood municipality and quantity and quality of solid waste with taking pieces of them was nominated. Study of the local waste was shown that before 90% of county waste had the resumption ability and before 60% of this extent is organic matter that is able to reduction to compost. For assessment of soil and surface and ground water probable treatment was take the 11 samples from soil and 2 samples of water of environs of burial site and survey the several parameters such as BOD, COD and heavy metals. The results were showing that soil and surface water treatment in local. The transcending of soil lateral permeability is one of the reasons for quick transmission to the surface water. Also in this research, with the portion of parameters such as: geology, soil, topography, surface and ground water resources, range path and power transmittal lines that have high importance in landfill site selection and with the GIS method product the tendency map for burial. The municipal waste in the 30Km beam of Shahrood city and then offer the best place for landfilling in study confine.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Science

M.Sc Thesis

Municipal Solid Waste Management In shahrood city

Mehri Bagher Kazemi

Supervisor:

Dr. N. Hafezi Moghaddas

Advisor:

Dr. H. Ghorbani

Dr. N. Haj Mohammadi

Summer 2009