



دانشگاه گیلان

دانشکده علوم زمین

ارزیابی زیست محیطی محل های دفن زباله مشهد

نگارش

سمیه پارویی

اساتید راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

دکتر ناصر حافظی مقدس

فرورد ۱۳۸۵

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سپاسگذاری

با سپاس بیکران به درگاه خداوندی که مسیر انجام این تحقیق را هموار نمود، بر خود لازم می دانم که در ابتدا از زحمات آقایان دکتر غلامحسین کرمی و دکتر ناصر حافظی مقدس که در طول انجام پایان نامه از راهنمایی های ایشان برخوردار گشتم، تشکر نمایم. از آقای دکتر باقریان، ریاست محترم دانشکده شیمی دانشگاه صنعتی شاهرود که در امر انجام آزمایشات مرا یاری نمودند، قدردانی می نمایم. ریاست محترم شورای شهر مشهد، جناب آقای مهندس خادمی و همکاران وی مساعدت های صمیمانه ای در خصوص حمایت های مالی و علمی از این پایان نامه انجام داده اند که از آنها سپاسگذاری می نمایم. از پرسنل محترم سازمان بازیافت و تبدیل مواد به خصوص آقایان اوقاضیان و آدینه صمیمانه سپاسگذارم. از سرکار خانم سعیدی، کارشناس محترم گروه زمین شناسی به خاطر همکاری های بی دریغ آنها سپاسگذارم. از آقای شاکری، مسئول آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، جهت همکاری هایشان در انجام آنالیزهای خاک بسیار متشکرم. از دوستان خوبم خانم ها ناجی، دولت، نادمی، فارسی و زرین دست که مرا یاری نمودند متشکرم.

از خانواده ام بزرگوارم، بخصوص خواهران و برادرانم که در طول تحصیل از کمک های بی دریغ آنها بهره مند گردیده ام، صمیمانه قدردانی می نمایم.

سمیه پارویی

خرداد ۱۳۸۵

چکیده

در تحقیق حاضر اثرات زیست محیطی محل های قدیمی و فعلی دفن زباله مشهد شامل فرونشست زمین و آلودگی منابع آب و خاک مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ابتدا تاریخچه دفن زباله در شهر مشهد شامل روند رشد تولید زباله، نوع زباله و محل های دفن زباله در گذشته و در حال حاضر مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به عدم وجود اطلاعات مستند در خصوص مکانهای دفن قدیمی موقعیت این محل ها و وسعت آن ها بر اساس تصاویر هوایی و اطلاعات محلی مشخص شد. سپس وضعیت زمین شناسی، بافت خاک و خصوصیات آب زیرزمینی در محدوده های اطراف محل های دفن زباله مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت ارزیابی وضعیت آلودگی در پایین دست محل های دفن ۷ نمونه آب زیر زمینی و نه نمونه خاک جمع آوری و مورد تجزیه شیمیایی و میکروبی قرار گرفتند. در محل قدیمی دفن، غلظت نیترات و فسفات به طور متوسط به ترتیب برابر با ۱۹۰ و ۰/۲۵ میلی گرم در لیتر بوده است که از حد مجاز برای آب آشامیدنی بسیار بالاتر است. در محل جدید دفن زباله مقادیر نیترات و فسفات هم تحت تأثیر محل دفن زباله و هم تحت تأثیر فعالیتهای کشاورزی بوده است. مقدار H_2S در محل های دفن جدید و قدیم به ترتیب برابر با ۱/۴ و ۱۵ میلی گرم در لیتر می باشد که از استاندارد آن برای آب آشامیدنی بسیار بالاتر است. در مورد خاک های منطقه غلظت عناصر فلزی در نزدیکی محل دفن زباله نسبتاً بالا و با فاصله از محل دفن زباله کاهش پیدا می کند. بر اساس ابعاد و حجم خاکچال ها، خصوصیات زباله ها و نیز بسته شدن خاکچال محاسبات نشست ثانویه برای خاکچال های طرق و امت صورت گرفت و منحنی فرونشست- زمان برای یک دوره ۳۰ سال ترسیم شده است و این منحنی ها نشان می دهد که تا ۳۰ سال آینده، حداکثر ۳/۵ متر نشست زمین در منطقه طرق خواهیم داشت.

کلمات کلیدی: اثرات زیست محیطی، محل دفن زباله، آب زیرزمینی، آلودگی، فرونشست، مشهد

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست اشکال.....	هفت
فهرست جداول.....	نه
فصل اول - کلیات.....	۱
۱-۱- اهداف مطالعه.....	۱
۱-۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه.....	۱
۱-۳- وضعیت آب و هوایی محدوده مورد مطالعه.....	۱
۱-۴- زمین شناسی عمومی منطقه.....	۴
۱-۴-۱- محل های قدیمی دفن زباله مشهد.....	۴
۱-۴-۲- محل فعلی دفن زباله.....	۶
فصل دوم - مدیریت زباله های شهری.....	۸
۲-۱- منشأ زباله های شهری.....	۸
۲-۲- ترکیب زباله های شهری.....	۹
۲-۳- مدیریت زباله های شهری.....	۱۰
۲-۳-۱- بازیافت.....	۱۱
۲-۳-۲- سوزاندن.....	۱۳
۲-۳-۳- دفن.....	۱۳
۲-۴- معیارهای مکان یابی دفن بهداشتی زباله.....	۱۵
۲-۴-۱- شرایط اقلیمی.....	۱۵
۲-۴-۲- هیدروژئولوژی و زمین شناسی.....	۱۶
۲-۴-۳- شرایط خاک و توپوگرافی.....	۱۶
۲-۴-۴- شرایط محیط زیست محلی.....	۱۶
۲-۵- روش های دفن.....	۱۷

۱۷	 ۲-۵-۱- روش ترانسه ای
۱۸	 ۲-۵-۲- روش سطحی یا ناحیه ای
۱۹	 ۲-۵-۳- روش دره ای
۱۹	 ۲-۶-۱- لایه نهایی
۲۰	 ۲-۷-۱- اثرات زیست محیطی محل دفن زباله
۲۰	 ۲-۷-۱- شیرابه
۲۸	 ۲-۷-۲- گاز
۳۱	 ۲-۷-۳- فرونشست
۳۳	 ۲-۷-۴- سایر اثرات زیست محیطی محل دفن زباله

فصل سوم- وضعیت زباله در شهرستان مشهد..... ۳۴

۳۴	 ۳-۱- تاریخچه و نحوه دفن زباله در مشهد
۳۵	 ۳-۱-۱- محل های قدیمی دفن زباله
۳۷	 ۳-۱-۲- محل فعلی دفن زباله
۳۹	 ۳-۲- کیفیت زباله های شهری مشهد
۴۲	 ۳-۳- آنالیز زباله های شهری مشهد
۴۴	 ۳-۴- وضعیت زباله مشهد در مقایسه با شهرهای ایران
۴۵	 ۳-۵- بازیافت در مشهد

فصل چهارم- اثرات زیست محیطی محل های دفن زباله شهر مشهد..... ۴۷

۴۷	 ۴-۱- روش انجام مطالعات
۴۷	 ۴-۱-۱- مطالعه زمین شناسی منطقه
۴۷	 ۴-۱-۲- مطالعه خواص فیزیکی و شیمیایی خاک های منطقه
۵۰	 ۴-۱-۳- مطالعه خواص فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی
۵۳	 ۴-۱-۴- آنالیز شیمیایی شیرابه محل دفن
۵۴	 ۴-۲- بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی در پایین دست محل دفن زباله
۵۴	 ۴-۲-۱- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری
۵۸	 ۴-۲-۲- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه

۶۳	 ۳-۲-۴- تیپ آب های مورد مطالعه.
۶۶	 ۳-۴- بررسی منابع خاک پایین دست محل دفن زباله
۶۶	 ۳-۴- ۱- بافت خاک منطقه مورد مطالعه
۶۶	 ۳-۴- ۲- آنالیزهای انجام شده بر روی خاکهای منطقه
۶۷	 ۳-۴- ۳- توزیع مکانی عناصر مختلف در منطقه مورد مطالعه
۶۷	 ۳-۴- ۴- ارزیابی اثرات زیست محیطی عناصر سنگین در منطقه مورد مطالعه
۷۳	 ۴-۴- فرونشست
۷۵	 ۴-۵- شیرابه
۷۶	 ۴-۵- ۱- آنالیز شیمیایی شیرابه محل دفن زباله مشهد
۷۷	 ۴-۵- ۲- آلودگی ناشی از شیرابه
۷۹	 ۴-۵- ۳- حجم شیرابه تولید شده در مدفن
۸۰	 ۴-۶- آلودگی میکروبی

۸۳ فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهاد

۸۳	 ۵-۱- نتیجه گیری
۸۴	 ۵-۲- پیشنهادات
۸۶	 فهرست مراجع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- محدوده های دفن قدیمی (الف) و فعلی (ب) به همراه نقشه زمین شناسی منطقه..... ۲
- شکل ۲-۱- نمودار های تغییرات آب و هوایی شهر مشهد در فاصله سال های ۱۳۶۳-۱۳۸۴ ۳
- بر اساس آمار سازمان هواشناسی مشهد..... ۳
- شکل ۳-۱- لوگ زمین شناسی مربوط به محل دفن قدیمی مشهد مجاور پارک امت ۵
- شکل ۴-۱- رز دیاگرام شیب درزه ها (الف) و امتداد درزه ها (ب) در محدوده مورد مطالعه ۷
- شکل ۱-۲- سیستم دفن بهداشتی ۱۵
- شکل ۲-۲- لایه های تشکیل دهنده پوشش نهایی محل دفن زباله ۲۰
- شکل ۳-۲- وابستگی عناصر مختلف به pH (Vander Sloot and Dijkstra 2004) ۲۶
- شکل ۴-۲- فازهای مختلف تولید گاز در محل دفن زباله (Reinhart and Grosh 1998) ۲۹
- شکل ۱-۳- موقعیت کوره های آجرپزی و محلهای دفن قدیمی مشهد در سال ۱۳۴۷ ۳۵
- شکل ۲-۳- موقعیت کوره های آجرپزی و محلهای دفن قدیمی مشهد در سال ۱۳۸۴ ۳۵
- شکل ۳-۳- مقطع زمین شناسی محل دفن فعلی زباله مشهد ۳۷
- شکل ۴-۳- جایگاه های مختلف دفن زباله در محل فعلی دفن زباله مشهد ۳۸
- شکل ۵-۳- انواع زباله های شهری و درصد آن ها در زباله های مشهد ۳۹
- شکل ۶-۳- نمودار تغییرات زباله در مشهد ۱۳۷۹-۱۳۸۴ ۴۰
- شکل ۷-۳- گسترش شهر مشهد در طی سال های ۱۳۳۵-۱۳۸۵ ۴۱
- شکل ۱-۴- نمودار شولر مربوط به مقادیر هدایت الکتریکی آب در چاه های مورد مطالعه ۵۶
- شکل ۲-۴- نمودار شولر مربوط به مقادیر دی اکسید کربن آب در چاه های مورد مطالعه ۵۷
- شکل ۳-۴- نمودار شولر مربوط به مقادیر سولفید هیدروژن آب در چاه های مورد مطالعه ۵۸
- شکل ۴-۴- نمودار شولر مربوط به مقادیر کاتیونهای آب در چاه های مورد مطالعه ۶۱
- شکل ۵-۴- نمودار شولر مربوط به مقادیر آنیونهای آب در چاه های مورد مطالعه ۶۳
- شکل ۶-۴- تعیین نوع آب نمونه های برداشت شده با استفاده از نمودار پایپر ۶۴
- شکل ۷-۴- تعیین نوع آب نمونه های برداشت شده با استفاده از نمودار استیف ۶۵
- شکل ۸-۴- تغییرات غلظت فلزات مختلف با فاصله از محل دفن زباله ۶۸
- شکل ۹-۴- مقادیر غنی شدگی برای نمونه های مورد مطالعه ۷۱
- شکل ۱۰-۴- منحنی تغییرات فرونشست در مدت زمان ۳۰ سال در محل دفن کنونی ۷۴

- شکل ۴-۱۱- منحنی تغییرات فرونشست در مدت زمان ۳۰ سال در مدفن قدیمی (پارک امت) ۷۵
- شکل ۴-۱۲- حوضچه تثبیت شیرابه در پایین دست محل دفن زباله ۷۶
- شکل ۴-۱۳- بند خاکی ایجاد شده برای تثبیت شیرابه (آبان ۱۳۸۴) ۷۸
- شکل ۴-۱۴- شیرابه جریان یافته در آبراهه پایین دست محل دفن زباله و مجاورت آن با زمین های کشاورزی (آبان ۸۴) ۷۸
- شکل ۴-۱۵- شیرابه جریان یافته در آبراهه پایین دست محل دفن زباله (مرداد ۱۳۸۴) ۷۹
- شکل ۴-۱۶- شیرابه باقیمانده در گودی ها در مسیر آبراهه (آبان ۱۳۸۴) ۷۹

فهرست جداول

جدول ۱-۲- منابع و ترکیب زباله های شهری (Tchobanoglous <i>et al.</i> 1993).....	۹
جدول ۲-۲- انواع زباله های شهری در کشورهای با درآمد کم، متوسط و زیاد.....	۱۰
جدول ۳-۲- معیارهای مکانیابی دفن بهداشتی زباله.....	۱۷
جدول ۴-۲- مشخصات شیرابه زباله در برخی از کشورها.....	۲۴
جدول ۵-۲- غلظت اجزاء مختلف شیرابه زباله های شهری.....	۲۵
جدول ۶-۲- مقادیر مختلف ضرایب تراکم پذیری و نشست پذیری مواد زاید (Andersen <i>et al.</i> 2004).....	۳۴
جدول ۱-۳- حجم و مساحت محل های دفن زباله مشهد.....	۳۶
جدول ۲-۳- انواع زباله های دفن شده در محل دفن زباله و حجم آن ها.....	۳۸
جدول ۳-۳- انواع زباله شهری تولید شده در مشهد ۱۳۷۹-۱۳۸۴.....	۴۰
جدول ۴-۳- برآورد افزایش جمعیت مشهد در فاصله زمانی ۱۳۵۵-۱۳۹۵.....	۴۲
جدول ۵-۳- برآورد افزایش جمعیت زائر مشهد در فاصله سالهای ۱۳۵۵-۱۳۹۵.....	۴۲
جدول ۶-۳- آنالیز زباله های مشهد (۱۳۸۱ و ۱۳۸۳).....	۴۳
جدول ۷-۳- مقایسه وضعیت زباله مشهد با برخی از شهرهای ایران.....	۴۴
جدول ۱-۴- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری (نمونه های آب زیر زمینی).....	۵۴
جدول ۲-۴- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه (mg/l) در نمونه های آب زیر زمینی.....	۵۸
جدول ۳-۴- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه بر حسب (meq/l) در نمونه های آب زیر زمینی ...	۵۹
جدول ۴-۴- نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، کل جامدات محلول؛ سختی و قلیائیت نمونه ها.....	۶۰
جدول ۵-۴- سختی آب و محدوده تغییرات آن (نفری ۱۳۸۲).....	۶۱
جدول ۶-۴- بافت خاک در نمونه های برداشت شده.....	۶۶
جدول ۷-۴- نتایج مربوط به مقدار عناصر سنگین در خاک های پایین دست محل دفن زباله (ppm).....	۷۱
جدول ۸-۴- مقادیر زمینه (ppm) مربوط به استانداردهای کشورهای آمریکا و انگلیس.....	۶۹
جدول ۹-۴- محاسبه فاکتور غنی شدگی برای عناصر مختلف در خاک های منطقه.....	۷۰
جدول ۱۰-۴- مقادیر شاخص زمین انباشتگی در آلودگی خاک (Muller 1979 as cited in Eby 2004) ...	۷۲
جدول ۱۱-۴- مقادیر زمین انباشتگی در خاکهای مورد مطالعه.....	۷۳
جدول ۱۲-۴- برآورد میزان فرونشست در سلولهای مختلف محل دفن فعلی.....	۷۴
جدول ۱۳-۴- آنالیز شیمیایی شیرابه محل دفن زباله مشهد.....	۷۷

جدول ۴-۱۴- برآورد شیرابه تولید شده در محل دفن زباله مشهد پس از ۳۰ سال ۸۰

جدول ۴-۱۵- انواع باکتری های موجود در نمونه های آب..... ۸۱

فصل اول - کلیات

۱-۱- اهداف مطالعه

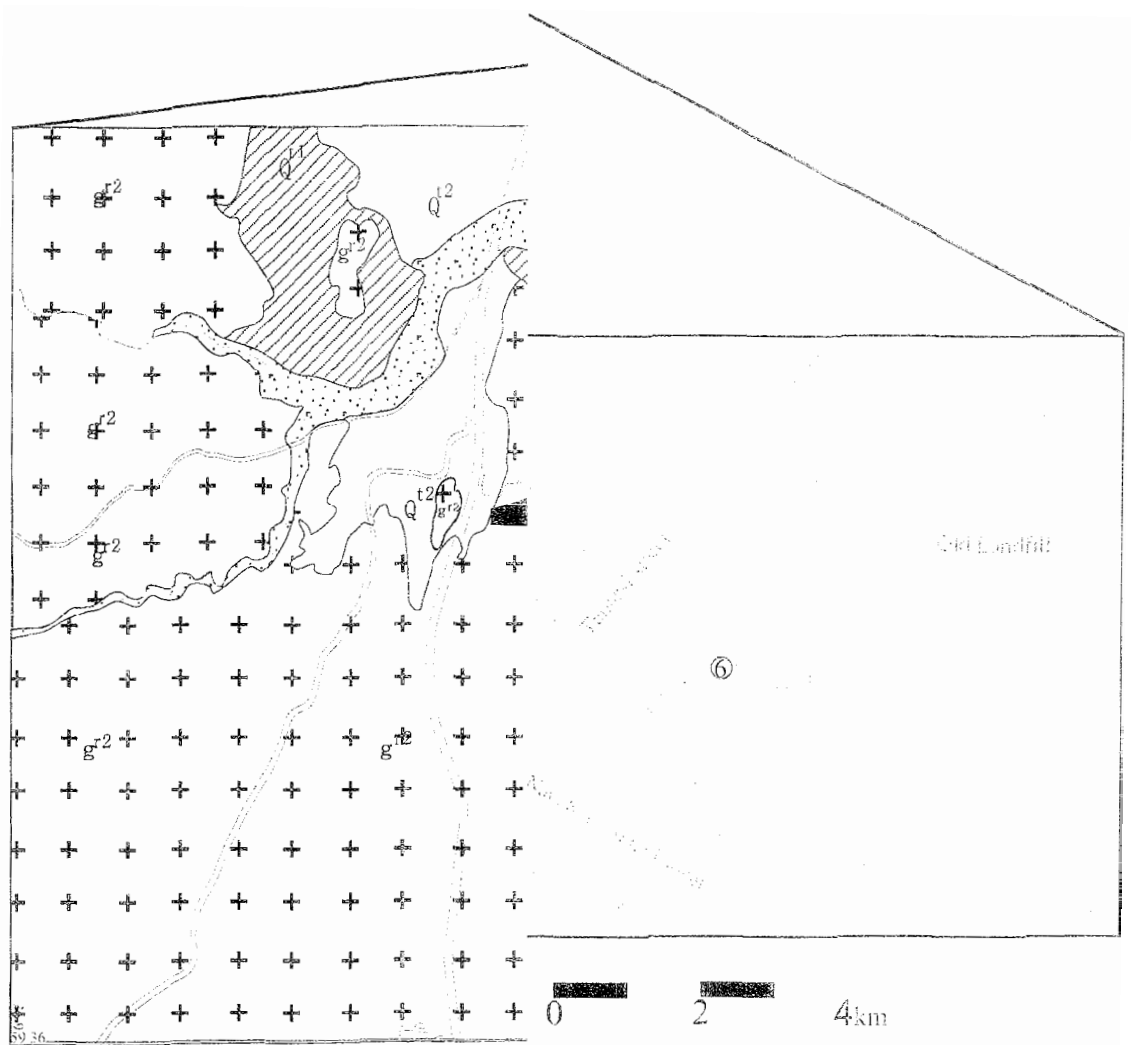
هدف این مطالعه بررسی تأثیرات زیست محیطی محل های دفن زباله در گذشته و استفاده از این تجربیات جهت انتخاب مکان مناسب برای دفن زباله های شهر مشهد و همچنین دیگر شهرها در آینده می باشد. بعلاوه با توجه به نوع و میزان آلودگیهای صورت پذیرفته در محیط زیست توصیه‌هایی جهت پیشگیری از مشکلات فوق در آینده ارائه گردیده است.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شامل دو بخش، محل های دفن زباله قدیمی و محل فعلی دفن زباله شهر مشهد می شود. شکل ۱-۱، موقعیت جغرافیایی محل های مورد مطالعه را نشان می دهد. همان طور که در شکل مزبور مشاهده می گردد، محل های دفن قدیمی زباله شهر مشهد امروزه در محدوده شهری قرار گرفته اند و تبدیل به پارک های فجر و مطهر شده است، محل فعلی دفن زباله در محدوده شهری و جنوب شهر واقع شده است. مختصات جغرافیایی این محل $33^{\circ}38'59''$ طول شرقی و $36^{\circ}10'45''$ عرض شمالی می باشد؛ و ارتفاع آن از سطح دریا ۹۸۰ متر است.

۱-۳- وضعیت آب و هوایی محدوده مورد مطالعه

با توجه به اینکه محدوده مورد مطالعه در نزدیکی یا داخل شهر قرار دارد، شرایط آب و هوایی یکسان و مشابه با شهر مشهد را دارا می باشد (شکل ۱-۲). جهت باد غالب در منطقه شمالی-جنوبی است. در تابستان ها بادهای شرقی این منطقه را تحت تأثیر قرار می دهد. در طی ماه های دی و بهمن جهت باد



(ب)

(الف)

به سمت شمال غرب می باشد. متوسط بارندگی سالانه ۲۵۱ میلی متر و متوسط دمای سالانه ۱۵ درجه سانتی گراد است که با توجه به طبقه بندی آمبرژه- دمارتن اقلیم مشهد از نوع سرد و خشک می باشد (بر اساس آمار ۲۱ سال ایستگاه هواشناسی مشهد ۱۳۶۳-۱۳۸۴).

شکل ۱-۲- نمودارهای مربوط به متوسط بارندگی-تبخیر، بارندگی-درجه حرارت و رطوبت- درجه حرارت محدوده مورد مطالعه می باشد. با توجه به این نمودارها بیشترین مقدار درجه حرارت ۱۷ و کمترین مقدار ۱۳/۶ درجه سانتیگراد می باشد، و حداکثر و حداقل بارندگی به ترتیب ۳۶۸/۸ و ۱۳۹/۴ میلیمتر و حداکثر و حداقل مقدار رطوبت به ترتیب ۶۴ و ۴۸ درصد می باشد.

دقت در نمودار بارندگی و تبخیر، نشان می دهد که تفاوت بسیار زیادی بین میزان بارندگی و تبخیر وجود دارد، که این امر از نقش رطوبت در ایجاد مشکلات ناشی از دفن زباله بویژه تولید شیرابه می کاهد.

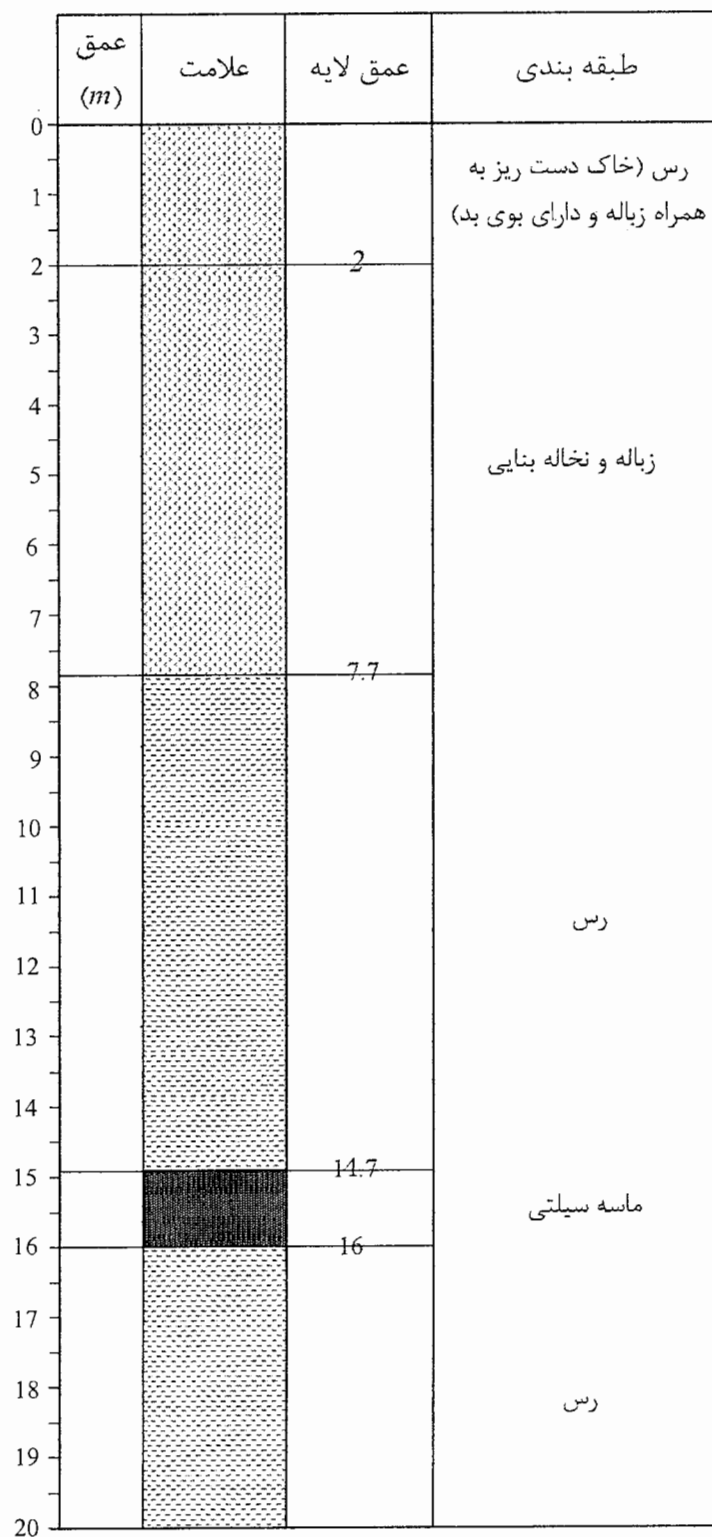
۱-۴- زمین شناسی عمومی منطقه

شکل ۱-۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می گردد محل های قدیمی بر روی آبرفت در دشت مشهد واقع شده و محل فعلی دفن زباله بر روی پی سنگ گرانیتی جنوب مشهد واقع شده است. توده گرانیتی در محدوده محل دفن و پایین دست آن به وسیله آبرفت های جوان دشت مشهد پوشیده شده است. در ادامه چینه شناسی و زمین شناسی این محل ها بیان می شود.

۱-۴-۱- محل های دفن قدیمی مشهد

محل های قدیمی دفن زباله مشهد بر روی آبرفت عهد حاضر قرار گرفته اند. آبرفت فوق شامل رسوبات دامنه ای و پادگانه های آبرفتی کم ارتفاع می باشد. پادگانه های آبرفتی کم ارتفاع از دیدگاه لیتولوژیکی شامل کنگلومرای سست با ضخامت کم است که در مقایسه با سازند قدیمی تر هزاردره خاک کمتری داشته، تمیزتر بوده و فضای خالی آنها به راحتی دیده می شود. افق های هوازده در این نهشته ها به ندرت دیده می شود و در صورت وجود دارای ضخامت کمی است. فرسایش اندک، و آبراهه ها چندان ژرف نمی باشند. از این مناطق به عنوان زمین های کشاورزی استفاده می گردد. شکل ۱-۳- پروفیل زمین شناسی مربوط به محل دفن پارک امت را نشان می دهد. بافت خاک در این محل

عمدتاً شامل رس و به مقدار کمتر ماسه و سیلت می باشد.



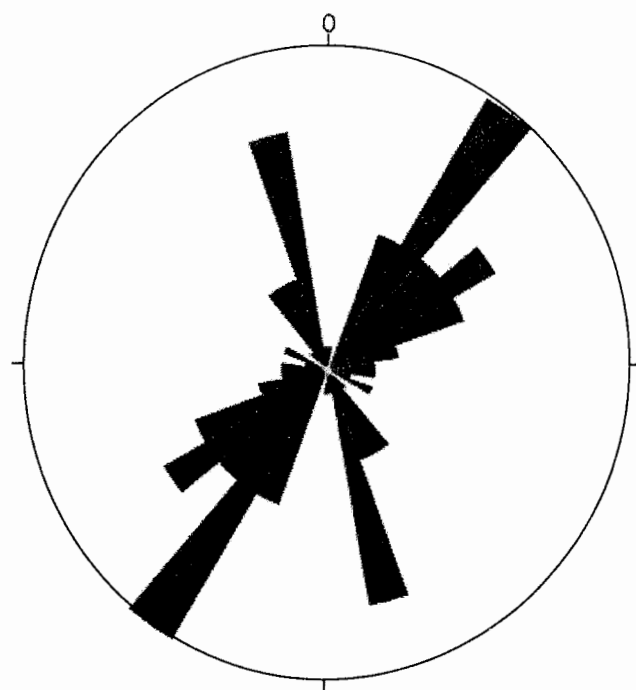
شکل ۱-۳- لوگ زمین شناسی مربوط به محل دفن قدیمی مشهد (پارک امت)

همان طور که مشاهده می گردد بیش از ۷/۵ متر ضخامت فوقانی، خاک دست ریز می باشد که بیانگر این است که عمق محل دفن زباله قدیمی حداقل ۷/۵ متر می باشد. در قسمت های پایین تر لایه رس نفوذ ناپذیر وجود دارد که بر طبق حفاری انجام شده تا عمق ۲۰ متری این لایه ادامه دارد.

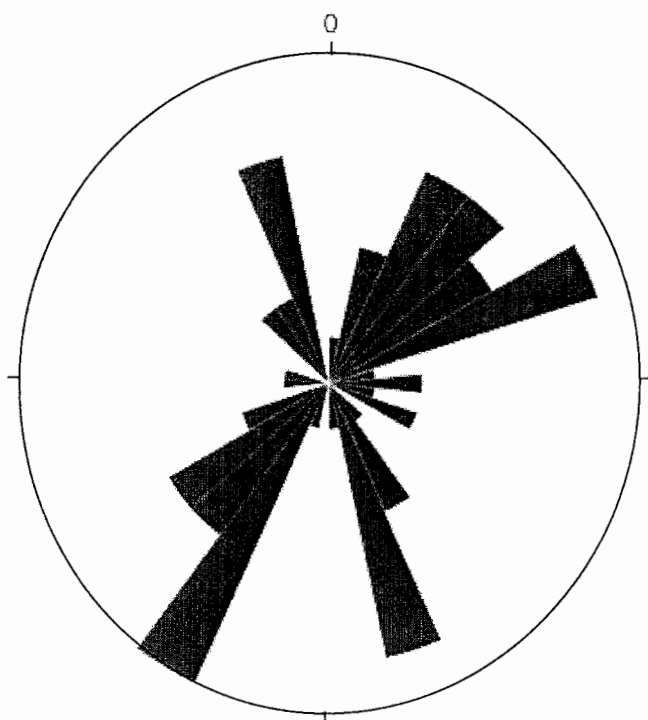
۱-۴-۲- محل فعلی دفن زباله

محل فعلی دفن زباله مشهد در منطقه طرق بر روی پی سنگ گرانیتوئیدی قرار دارد و توسط رسوبات عهد حاضر پوشیده شده است. گرانیتوئید مشهد شامل پگماتیت، آپلیت، لکوگرانیت، گرانیت، گرانودیوریت و گابرویدیوریت می باشد. این مجموعه همزمان با برخورد دو ورق ایران و توران، همزمان با کوهزایی سیمرین می باشد و همزمان با این برخورد ماگمای گرانیتی از نوع برخوردی در لبه برخورد تشکیل شده و به داخل منشور فزاینده و سنگ های مجاور آن نفوذ می کند. این گرانیت ها در جنوب مشهد، در طرqbه و شمال وکیل آباد وجود دارد. سن ژوراسیک زیرین و میانی را به گرانیتوئیدهای مشهد نسبت می دهند.

گسله جنوب مشهد نزدیک ترین گسل به محل دفن می باشد که روند شمال غرب- جنوب شرق دارد و از جنوب منطقه عبور می کند و طول آن ۴۷ کیلومتر می باشد. این گسله مرز برخورد سنگ های دگرگونی جنوب غرب مشهد و گرانیت، گرانودیوریت و لکوگرانیت های جنوب مشهد و رسوبات آبرفتی کواترنر دشت مشهد است. برش های موجود در راستای گسله و برش هایی که به وسیله رودخانه ها در نزدیکی آن ایجاد گشته اند، هیچ گونه نشانه ای از درز، شکستگی و یا جنبش تازه و جوان را نشان نمی دهد. علاوه بر این درز و ترک های موجود ساختار گرانیتوئید مشهد بسیار شاخص بوده که که آن را به فعالیت های زمین ساختی دوران پالئوزوئیک نسبت می دهند. شیب درزه ها در بازه ۰-۹۰ درجه بیشترین مقدار را دارا می باشد (شکل ۱-۴ الف). روند و امتداد درزه ها بر اساس شکل (۱-۴ ب) شمال شرق- جنوب غرب است.



الف



ب

شکل ۱-۴- رز دیاگرام شیب درزه ها (الف) و امتداد درزه ها (ب) در محدوده مورد مطالعه

فصل دوم- مدیریت زباله های شهری

زباله های شهری مهمترین بخش زباله های تولید شده در یک جامعه شهری را تشکیل می دهند. این نوع زباله ها عمدتاً از مواد قابل فساد تشکیل شده اند. ترکیب و نوع زباله در مدیریت و تعیین روش دفع نقش بسیار زیادی دارد. به عبارتی دانستن منابع و انواع مواد زاید جامد، همراه با داده های مربوط به ترکیب و میزان تولید آنها اساس طراحی و عملکرد عوامل مرتبط با مدیریت مواد زاید است. بسته به ترکیب زباله آلودگی هایی که ایجاد می شود متفاوت است. این آلودگی ها به صورت مستقیم بر روی سلامت و بهداشت مردم و به صورت غیر مستقیم بر روی محیط زیست مؤثر می باشند. دفع مواد زاید یکی از مهمترین موضوعات مرتبط با محیط زیست می باشد که در هر کشوری با توجه به استانداردهای خاصی روش دفع انتخاب و در جهت حذف مواد زاید از محیط اقدام می گردد.

۲-۱- منشأ زباله های شهری

منابع تولید زباله های شهری عبارت از: خانگی، تجاری و اداری، ساخت و ساز، سرویس های شهری و تصفیه خانه ها است (جدول ۲-۱).

زباله های خانگی، دارای ترکیبی از مواد آلی و غیرآلی می باشد. بخش آلی زباله های خانگی شامل موادی مانند مواد غذایی، انواع مختلف کاغذ، مقوا، منسوجات، چرم و چوب است، که به دلیل داشتن رطوبت به سرعت فاسد شده و بوی زننده ای ایجاد می کنند. بخش غیرآلی زباله های خانگی شامل مواردی مانند شیشه، سفال، قوطی های حلبی، آلومینیوم، آهن، و خاک است. هرچند که به دلیل استفاده از مواد مختلف مانند شوینده ها، زباله های خطرناک نیز در زباله های خانگی یافت می شود. منابع زباله های اداری ادارات و سازمان های دولتی و خصوصی نظیر مدارس، زندانها، دانشگاه ها، وزارتخانه ها، شرکت های خصوصی و غیره می باشند. این زباله ها ترکیبی شبیه زباله های خانگی دارند.

جدول ۲-۱- منابع و ترکیب زباله های شهری (Tchobanoglous et al. 1993)

منبع	انواع مواد زاید
خانگی	مواد غذایی، کاغذ، پلاستیک، منسوجات، چرم، چوب، شیشه، فلزات (آلومینیوم، آهن و غیره) وسایل خانگی (وسایل الکتریکی فرسوده، گاز، کمد و غیره)، تایر
اداری و تجاری	مواد غذایی، کاغذ، پلاستیک، چوب، شیشه، فلزات (آلومینیوم، آهن)، زباله های بیمارستانی
ساخت و ساز	چوب، فلز، سیمان، خاک، شن، سنگ و آجر و غیره
سرویسهای شهری	زباله های ناشی از رفت و روب خیابان ها، خرده های گیاهان و چوب درختان، خاک، زباله های ناشی از مکان های عمومی مانند پارک ها و نواحی عمومی
تصفیه خانه ها	زباله های مختلف مخصوصاً لجن باقیمانده از تصفیه

زباله های ساختمانی زباله های ناشی از فعالیت های مختلف ساخت و ساز مانند ساختمان سازی، تعمیر و تخریب ساختمان ها، بزرگراه ها و دیگر فعالیت های عمرانی است. این زباله ها از نظر زیست محیطی آلودگی کمی تولید می نمایند و به مقدار زیاد قابل بازیافت می باشند.

زباله های بیمارستانی نوع دیگری از زباله هایی می باشد که در شهر تولید می شوند. این زباله ها در بخش زباله های سازمانی جای می گیرند، ولی به دلیل داشتن طبیعت بسیار خطرناک به صورت مجزا جمع آوری و دفع می شوند و عموماً با عنوان زباله های خطرناک از آنها یاد می شود.

۲-۲- ترکیب زباله های شهری

ترکیب زباله ها بر اساس درصد وزنی آنها بیان می شود. دانستن ترکیب زباله ها به منظور ارزیابی کردن وسایل، برنامه ها و طرح های مدیریتی بسیار مهم می باشد. مثلاً چنانچه عمده زباله های تولیدی یک جامعه کاغذ باشد، برنامه بازیافت کاغذ بخش مهمی در مدیریت زباله شهری خواهد داشت. زباله های قابل تجزیه باعث استفاده وسیع از روش کود آلی به عنوان روش بازیافت مواد زاید می شود و یا در صورتی که مقدار قابل ملاحظه ای از فلزات آهنی در زباله وجود داشته باشد، نصب یک جداکننده مغناطیسی برای بازیافت فلز آهن لازم به نظر می رسد (عبدلی ۱۳۷۲). در جوامع مختلف انواع زباله های شهری با هم تفاوتی ندارد، بلکه تفاوت در مقادیر آنها است (جدول ۲-۲)، که این امر ناشی از شرایط اقتصادی و اجتماعی، موقعیت جغرافیایی، آب و هوای منطقه، فصول سال و میزان

بازیافت قانونی و غیرقانونی است.

جدول ۲-۲- انواع زباله های شهری در کشورهای با درآمد کم، متوسط و زیاد (Tchobanoglous *et al.* 1993)

اجزای مواد زاید(%)	کشورهای پر درآمد	کشورهای با درآمد متوسط	کشورهای کم درآمد
مواد غذایی	۳۰-۶	۶۵-۲۰	۸۵-۴۰
کاغذ	۴۵-۲۰	۳۰-۸	۱۰-۱
مقوا	۱۵-۵	-	-
پلاستیک	۸-۲	۶-۲	۵-۱
منسوجات	۶-۲	۱۰-۲	۵-۱
چرم	۲-۰	۴-۱	۵-۱
چوب	۲۰-۱۰	۱۰-۱	۵-۱
شیشه	۱۲-۴	۱۰-۱	۱۰-۱
آلومینیوم	۱-۰	۵-۱	۵-۱
خاک و خاکستر و غیره	۱۰-۰	۵-۱	۴۰-۱

همانطور که مشاهده می شود قسمت عمده زباله های موجود در هر سه گروه از کشورها، زباله های قابل تجزیه می باشد و در مرتبه دوم کاغذ و پلاستیک نیز درصد قابل توجهی از زباله ها را تشکیل می دهند.

۳-۲- مدیریت زباله های شهری

روش های متفاوتی برای دفع مواد زاید شهری وجود دارد. انتخاب این روش ها برای دفع مواد زاید جامد یک منطقه به فاکتورهای زیادی بستگی دارد. مهم ترین فاکتورها در انتخاب روش دفع عبارت از: کمیت و کیفیت تولید، جنبه های مدیریتی، مسائل بهداشتی، شرایط آب و هوایی، مسائل اقتصادی، بازیافت مواد و انرژی، محدودیت ها و قابلیت های منطقه ای و شرایط فرهنگی، سیاسی و اجتماعی می باشد. البته باید توجه داشت یک روش دفع به تنهایی نمی تواند از همه نظر بهترین شرایط را داشته باشد. بنابراین در هر مورد گزینه های دفع معرفی و با توجه به آنالیز سود و زیان و نیز با در نظر گرفتن سیستم مدیریت مواد زاید بهترین گزینه معرفی می گردد (عبدلی ۱۳۸۰). روش های متداول در حذف

مواد زاید از محیط، شامل بازیافت، زباله سوزی و دفن می باشد.

۲-۳-۱- بازیافت

یکی از روش هایی که در سال های اخیر جهت کاهش حجم زباله، استفاده می شود فرایند بازیافت است. بازیافت به معنای عبور ماده از سیستمی است که این سیستم باعث استفاده مجدد آن ماده می شود. این امر میزان مواد مصرفی لازم برای تولید محصول جدید و مصرف انرژی را کاهش می دهد و باعث صرفه جویی در مصرف مواد خام می گردد (مرتضایی ۱۳۸۱). نتایج حاصل از استحصال مواد، بطور معمول شامل کودآلی (کمپوست) و انرژی (گاز) می شود. در ضمن باید توجه داشت که بازیافت فقط به مسئله جمع آوری زباله نمی پردازد، بلکه بستری برای ایجاد و توسعه بازار فروش مواد بازیافتی نیز می باشد. مواد قابل بازیافت از زباله ها شامل کاغذ، شیشه، قوطی های فلزی (آلومینیوم و آهن) و انواع پلاستیک می باشند. با بازیافت کاغذ ۷۴ درصد آلودگی هوا و ۳۵ درصد آلودگی آب از بین می رود. بازیافت علاوه بر کاهش حجم زباله ها، کاهش انرژی مصرفی برای تولید انواع مواد را نیز در پی دارد. بازیافت بطری های پلاستیکی ۵۰ تا ۶۰ درصد انرژی مصرفی برای ساختن بطری های نو را کاهش می دهد. ساخت فولاد از ماشین آلات اوراق شده، انرژی لازم را تا ۷۵ درصد و استفاده از آلومینیوم کهنه به جای سنگ معدن بوکسیت مصرف انرژی برای ساخت آن را به میزان ۹۵ درصد کاهش می دهد (عمرانی ۱۳۶۳). مختصری درباره کود آلی و انرژی حاصل از بازیافت ارائه می شود.

الف- کود آلی: کود آلی بقایای تخمیر مواد زاید جامد آلی است که به وسیله باکتری های هوازی و غیر هوازی تجزیه شده و به حالت پایدارتری رسیده باشند. تشکیل کود آلی یک فرایند نسبتاً کند است و به سطح زیادی نیاز دارد. از کود آلی برای اصلاح و تقویت خاک، رشد گیاهان، و پوشش محل دفن زباله استفاده می شود (Lee and Jones-Lee 1999, Torabian and Mahjouri 2003). زباله های خانگی بهترین گزینه جهت تهیه کود آلی برای فعالیت های کشاورزی می باشند. این کمپوست بیش از ۵۰ درصد موادآلی دارد که موجب افزایش مواد مغذی خاک، افزایش جذب آب توسط خاک، کاهش چگالی خاک، افزایش توانایی تبادللی خاک و افزایش pH خاک می گردد (Torabian and Mahjouri 2003). با توجه به حجم زیاد مواد قابل فساد در زباله های شهری این روش می تواند در کنار سایر روش ها به عنوان یک روش دفع مواد زاید از محیط و کاهش حجم زباله ها باشد. گزارشات معدودی مبنی بر

سمیت کودهای ناشی از مواد زاید خانگی وجود دارد، البته مصرف مواد مختلف شیمیایی و سمی در مصارف خانگی (صابون، شوینده ها، مواد آرایشی، چرم و غیره) که حاوی مقادیر زیادی از فلزات سنگین مختلف شامل کادمیوم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی می باشند و وجود موادی از قبیل شیشه، سنگ و پلاستیک، کیفیت کود حاصله را کاهش می دهد. مهم ترین مصرف کود در کشاورزی است و با توجه به اینکه زمین های کشاورزی عمدتاً در مناطقی واقع هستند که آب زیرزمینی نزدیک به سطح می باشد و خاک نفوذپذیری نیز دارند آبیاری این زمین ها می تواند این مواد را به سرعت به لایه های پایین تر منتقل ساخته و موجب آلودگی آب زیرزمینی گردد. در ضمن بر روی کیفیت تولیدات کشاورزی نیز تأثیر می گذارد (Torabian and Mahjouri 2003).

ب- انرژی: با اجرایی شدن پروتکل کیوتو و توافق نامه مراکش در سال ۲۰۰۱ که طی آن کشورهای در حال توسعه متعهد به کاهش ایجاد گاز گلخانه ای شدند، کشورها در صدد برآمدن تا راه حلی جهت کاهش اثرات اجتماعی- اقتصادی گاز محل دفن بیابند. کشورهای مختلفی از جمله اسپانیا و اندونزی با تعبیه کردن وسایل جمع آوری گاز بهترین روش را به کار بردند تا علاوه بر کاهش اثرات گلخانه ای و کاهش آلودگی محیط زیست، یک منبع انرژی جدید جهت مصارف مختلف به دست آورند (Zamorano et al. 2005). در اغلب کشورهای پیشرفته نیز مانند آمریکا، فرانسه، انگلستان و ژاپن تحقیقات بر روی این گاز به مرحله نهایی رسیده است. ایجاد برق از گاز محل دفن مهمترین تحقیقی است که بر روی بیوگاز انجام گردیده است. بیشترین مقدار گاز ناشی از محل دفن زباله در ۲۰ سال اول بعد از بسته شدن محل دفن تولید می شود، در حالی که انتشار گاز ممکن است برای ۵۰ سال یا بیشتر ادامه داشته باشد. جهت از بین بردن تأثیرات گاز محل دفن معمولاً دو روش استفاده می شود:

۱- استخراج و سوزاندن گاز به منظور کاهش فشار و از بین بردن بوی آن که این روش معمولاً در گذشته استفاده می گردید و یا هم اکنون در محلهای دفن کوچک که جمع آوری گاز صرفه اقتصادی ندارد استفاده می گردد. ۲- بازیافت و استفاده مجدد از این گاز می باشد. گاز استحصال از محل دفن می تواند به عنوان یک سوخت مکمل یا اولیه برای افزایش تولید نیروی الکتریکی به منظور منبع سوخت وسایل مختلف باشد. از جمله از این گاز می توان برای تولید گرما و دی اکسید کربن برای گلخانه ها و فرایندهای مختلف صنعتی استفاده نمود. استفاده از گاز به عنوان منبع انرژی از لحاظ زیست محیطی نیز بسیار حائز اهمیت است، زیرا باعث کاهش استفاده از منابع پایان پذیر سوخت های

فسیلی می گردد و همچنین اثرات گلخانه ای را کاهش داده به ویژه در مورد متان که یکی از دو گاز بسیار مهم دارای اثرات گلخانه ای است. محل‌های دفن به تنهایی ۳-۱۹ درصد از گاز متان تولید شده در جهان را تولید می کنند (Zamorano et al. 2005). در ایران تا کنون ملاحظات جبهه استحصال این گاز صورت نگرفته و اولین مطالعات در حال انجام می باشد. هم اکنون در بیشتر محل های دفن زباله به منظور مهار کردن اثرات مختلف این گاز از روش سوزاندن استفاده می گردد که بدین منظور لوله هایی تعبیه شده است تا گاز را به سطح آورده و سپس سوزانده شود.

۲-۳-۲- سوزاندن

سوزاندن مواد زاید از روش هایی است که باعث کاهش حجم زباله ها تا ۹۰ درصد می شود. این روش راه حل بسیار مناسبی جهت دفع زباله از محیط می باشد ولی به دلیل آزاد سازی گازهای سمی باعث ایجاد آلودگی هوا و خطرات زیادی بر روی محیط زیست می شود و باعث افزایش مقدار قابل توجهی از دی اکسید کربن به فضا می شود. در دمای متوسط سوزاندن زباله ممکن است گازهای سمی مختلفی را تولید کند که بستگی به ماده ای دارد که سوزانده می شود. سوزاندن پلاستیک، می تواند مقدار زیادی گاز کلر و سولفید هیدروژن تولید نماید که هم خاصیت سمی و هم خاصیت خوردگی دارند و همچنین تولید کننده سیانید هیدروژن است که کشنده است. سوختن مواد آلی غنی از سولفور و نیتروژن، گاز دی اکسید سولفور و گازهای نیتروژنی NO_x را تولید می کند که نقش زیادی در ایجاد باران های اسیدی دارند. در دماهای بالا (۱۷۰۰-۳۰۰۰ سانتیگراد) اجزا خطرناک زباله ها شکسته شده و به مقدار زیادی تولید گاز دی اکسید کربن و آب می نماید. دی اکسید کربن دارای اثرات گلخانه ای می باشد و یکی از گازهای بسیار مهم در تغییرات آب و هوایی جهان است (Dijkgraaf and Vollebergh 1997). مواد فرار حاصل از اجزاء خطرناک مواد سوزانده شده حاوی عناصر سمی فرار از قبیل جیوه، سرب، کادمیوم، کرم، روی و غیره می باشند که به شدت خاصیت خوردگی دارند (Sorum et al. 2004).

۲-۳-۳- دفن

دفن ساده ترین و اقتصادی ترین روش دفع زباله از محیط است که کمترین خطر زیست محیطی را ایجاد می نماید (Tchobanoglous et al. 1993). در اغلب کشورها این روش مهمترین روش مدیریت زباله

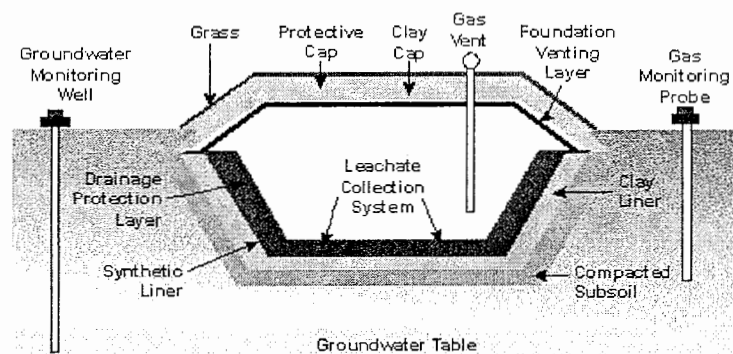
است (Lee and Jones-Lee 1993, Dorhofer and Siebert 1998, Al-Yaqout and Hamoda 2003). و در کشورهای یونان و ایرلند تنها روش دفع زباله می باشد (Koufodimos and Samaras 2002). حتی با اجرا عملیات بازیافت، سوزاندن و تبدیل زباله ها دفن مواد باقیمانده بخش مهمی از روش مدیریت زباله را تشکیل می دهد (Tchobanoglous *et al.* 1993). محل دفن زباله جایگاه فیزیکی می باشد که برای دفن زباله های باقیمانده در سطح و یا نزدیک به سطح زمین استفاده می شود. در گذشته زباله ها پس از جمع آوری، در گودال ها و حفرات نزدیک محل زندگی تخلیه می شده است. این گونه محل ها که بسیار متداول بوده مشکلات فراوانی مانند بو، حشرات، بیماری های مختلف (بیماریهای عفونی، روده ای و سرطان)، آلودگی آب زیرزمینی و خاک را در مناطق مجاور محل دفن ایجاد کرده است (Lee and Jonse-Lee 1994). در دهه ۱۹۵۰ با پیشقدم شدن آمریکا روش جدیدی به نام دفن بهداشتی زباله ارائه شد که در واقع نوع بسیار پیشرفته ای از دفن زباله در زمین می باشد که تقریباً تمام پارامترهای مهندسی در آن رعایت شده و کمترین آسیب را بر محیط زیست اطراف محل وارد می کند (Tchobanoglous *et al.* 1993). در این روش زباله ها در پایان هر روز به وسیله خاک پوشیده و متراکم می شوند. این عمل باعث جلوگیری از حرکت و پراکنش زباله ها شده و مانع تکثیر حشرات می شود. سیستم های جمع آوری شیرابه و گاز در آن تعبیه شده است تا کمترین آسیب را به محیط وارد کند. در پایان عمر، محل دفن نیز به وسیله یک لایه ضخیم پوشیده می شود (شکل ۱-۲).

دفن بهداشتی: در این نوع دفن ارتباط بین محیط اطراف و زباله کاملاً قطع است. بسته به نوع مواد زائد دفن شده و درجه خطرناکی آنها پوشش کف و جداره به صورت یک لایه یا چند لایه می باشد. سیستم ایده آل در این روش شامل بخش های لایه رس تحتانی، دو لایه زهکش و جمع آوری شیرابه و دو لایه فیلتر می شود (شکل ۱-۲). بعضاً بجای رس از لایه ژئوممبرین استفاده می گردد. ژئوممبرین لایه ای نفوذ ناپذیر می باشد که بر روی زمین پخش شده و مانع عبور آب یا بخار آب می گردد. این لایه از جنسهای مختلف ساخته می شود که عبارتند از:

HDPE, CSPE-R (Chloro fonated poly ethylen-reinforced), P.V.C (Polyvinyl chloride)
 VLDPE (Very low density poly ethylen), (High density poly ethylen) که نفوذپذیری آن بین

$$0.5 \times 10^{-10} > K \geq 0.5 \times 10^{-13} \text{ cm/sec}$$

تغییر می کند.



شکل ۱-۲- سیستم دفن بهداشتی زباله

معمولاً برای راحتی کار و رفتارنگاری مناسب، زباله بصورت سلول هایی دفن می شوند که اندازه آنها بر اساس زباله هایی که در آنها دفن می شود تعریف می گردد. پس از پر شدن هر سلول که معمولاً به صورت روزانه انجام می شود به منظور جلوگیری از پراکنش زباله، تجمع حشرات و غیره بر روی زباله ها پوششی از خاک قرار می دهند. این امر تا پایان عمر محل دفن ادامه دارد. برای استفاده از محل دفن پس از بسته شدن، پوششی را روی آن قرار می دهند که بسته به نوع کاربرد میزان ضخامت و سایر ویژگی های آن فرق می کند.

۲-۴- معیارهای مکان یابی دفن بهداشتی زباله

یکی از مشکل ترین مراحل کار در دفن زباله یافتن محل استقرار جایگاه می باشد. معیارهایی که جهت یافتن محل دفن زباله برای مدت زمان طولانی باید مد نظر باشد شامل موارد زیر می باشند:

۲-۴-۱- شرایط اقلیمی

برهمکنش اثرات باد، بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی بر محل دفن زباله پارامترهایی است که باید در نظر گرفته شود (Ekpo *et al.* 2000, EPA 2001). رطوبت از عوامل بسیار مهمی است که حتی باعث تغییر در محل دفن زباله می شود. مثلاً در مکانهایی که شرایط یخبندان حاکم است دسترسی به موادپوششی بدلیل سخت بودن زمین معمولاً با مشکل مواجه می شود (Tchobanoglous *et al.* 1993) در مناطق گرمسیر به طور طبیعی حرارت و رطوبت برای محل دفن مناسب است. در این مکانها وزش باد از پارامترهای تأثیرگذار بر مدفن زباله است که باید مورد توجه قرار گیرد (EPA 2001).

۲-۴-۲- هیدروژئولوژی و زمین شناسی

شرایط زمین شناسی، هیدروژئولوژی و همچنین هیدروژئولوژی آب های سطحی و زیرزمینی جهت انجام مکان یابی محل دفن بسیار مهم است. ویژگیهای رواناب سطحی به همراه سیلخیزی منطقه محل دفن از مقوله هایی است که باید بررسی گردد (Tchobanoglous *et al.* 1993). مهم ترین عوامل از نقطه نظر زمین شناسی به منظور اینکه یک لایه بتواند به عنوان سد زمین شناسی عمل کند، نفوذپذیری، تخلخل، ضخامت زیاد و توانایی جذب طبیعی برای مواد زاید خطرناک می باشد (Ekpo *et al.* 2000). شکستگی ها و ترک های موجود در سنگ و خاک، شرایطی را جهت بالا بردن تغذیه آب زیرزمینی و افزایش پتانسیل برای آلودگی آب های زیرزمینی و سطحی به وسیله آلاینده ها به وجود می آورند (Ekpo *et al.* 2000, Lee and Jonse-Lee 1999).

۲-۴-۳- شرایط خاک و توپوگرافی

به دلیل پوشش روزانه مواد زاید و همچنین جهت پوشش نهایی نیاز به بررسی های خاکشناسی در انتخاب محل دفن می باشد. اگر از خاک محل دفن استفاده می شود باید بررسی های لازم جهت تعیین ویژگی های خاک انجام گیرد (Tchobanoglous *et al.* 1993). ویژگیهای خاک محل دفن به وسیله واکنش های شیمیایی و بیولوژیک مواد دفن شده یا به وسیله محصولات آنها تأثیر می پذیرد (Ekpo *et al.* 2000). توپوگرافی زمین نیز نقش زیادی در میزان حرکت شیرابه و همچنین تأثیر زیادی در حرکت آبهای سطحی به محل دفن دارد (Ekpo *et al.* 2000). در مکان های با شیب تند، بارندگی باعث ایجاد رواناب و فرسایش خاک می شود و در مناطق پست نفوذ باران تولید شیرابه می کند و باعث ایجاد آلودگی های آب و خاک می شود (عبدلی ۱۳۷۲).

۲-۴-۴- شرایط محیط زیست محلی

اگر محل دفن زباله در نزدیکی مناطق مسکونی و صنعتی قرار گرفته است باید توجه زیادی به تأثیرات زیست محیطی آن انجام داد. ترافیک، سر و صدا، بو، گرد و خاک، آلودگی آب زیرزمینی، کنترل حشرات، خطرات بر روی سلامتی و بهداشت انسان، پوشش گیاهی و جانوری و غیره از پارامترهای تأثیر گذار است که با کنترل صحیح می توان از پیامدهای آن جلوگیری نمود (Tchobanoglous *et al.* 1993).

فاصله تا محل دفن، راه های دسترسی، کاربری اراضی، مقدار زمین مورد استفاده و هزینه های مختلف در مراحل مختلف کار از دیگر پارامترهایی هستند که در انتخاب محل دفن مؤثرند (جدول ۲-۳).

جدول ۲-۳- معیارهای مکانیابی دفن بهداشتی زباله (Tchobanoglous et al. 1993)

فاصله تا محل دفن	بر روی رفتارنگاری بهینه در سیستم مدیریت مواد زاید تأثیر دارد.
محدودیت‌های مکانی	شامل مکانهایی که استقرار محل دفن در آنها یا نزدیک به آنها به بررسی زیادی نیازمند است. مانند فرودگاه ها، دشت سیلابی، گسل ها، مناطق تحت تأثیر فعالیت های لرزه خیزی و نواحی ناپایدار. فرودگاه: محل دفن زباله باید بین ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر از فرودگاه ها فاصله داشته باشد. اگر محل دفن نزدیکتر بنا گردد باید در مورد خطر ناشی از پرندگان تجمع کننده در محل دفن، برای هواپیما تمهیدات لازم را به کار برد. دشت سیلابی: دوره بازگشت سیل باید حداکثر ۱۰۰ سال باشد. محل دفن در جایی بناگردد که در مقابل عبور جریان آب مقاومت نکند در ضمن باعث تجمع موقتی آب و شسته شدن مواد زاید نگردد. نواحی گسلی: در مناطق با فاصله کمتر از ۲۰۰ متر تا گسلی که در هولوسن فعالیت داشته قرار نگیرد. مناطق لرزه خیز: تمام تجهیزات شامل سیستم جمع آوری شیرابه، کنترل آبهای سطحی، پوشش نهایی و غیره باید طوری طراحی گردند که در برابر حداکثر شتاب افقی محتمل مقاومت نمایند. مناطق ناپایدار شامل مناطق با خطر لغزش بالا، مناطق کارستی و مناطق مستعد فرونشست در بالای معادن زیرزمینی
راههای دسترسی	نزدیک راه های اصلی و شهرها نباشد. چنانچه نزدیک به راه آهن باشد در مناطق با فاصله زیاد می توان برای حمل و نقل زباله از قطار استفاده نمود.

۲-۵- روش های دفن

روش های معمول دفن مواد زاید شامل سه روش ترانشه ای، ناحیه ای (سطحی) و روش دره ای می باشد (Tchobanoglous et al. 1993).

۲-۵-۱- روش ترانشه ای

روش ترانشه ای در مناطقی که مواد کافی برای پوشاندن زباله ها وجود دارد و همچنین در محلی که

سطح آب زیرزمینی نزدیک به سطح نمی‌باشد قابل استفاده است. مواد زاید در سلول ها یا ترانشه‌هایی در خاک قرار می گیرند. برای پوشش روزانه و نهایی از خاک موجود در محل استفاده می شود. ترانشه‌ها عموماً با ژئوممبرین لایه بندی شده، رس با نفوذپذیری کم یا ترکیبی از این دو پوشیده شده تا حرکت شیرابه و گاز را به بیرون جایگاه محدود کند.

۲-۵-۲- روش سطحی یا ناحیه ای

روش ناحیه ای زمانی استفاده می شود که منطقه مورد نظر برای حفر ترانشه نامناسب است و در ضمن سطح آب زیرزمینی بالا است. آماده سازی محل شامل نصب لایه پوشاننده و سیستم کنترل شیرابه می باشد. پوشش مواد در این روش معمولاً از نقطه دیگری تأمین می شود. در مکان های با محدودیت قابلیت استفاده از مواد پوششی از کود آلی تولید شده از زباله های خانگی به عنوان پوشش میانی می توان استفاده نمود. استفاده از مواد پوشاننده قابل حمل مانند خاک و ژئوممبرین از دیگر روش ها و تکنیک های مورد استفاده است. خاک و ژئوممبر به طور موقت بر روی سلول های کامل شده قرار می گیرد و قبل از این که سلول بعدی را پر نمایند می تواند برداشته شود. به عبارتی در روش اخیر پوشش میانی بین سلول ها وجود ندارد.

۲-۵-۳- روش دره ای

در این روش دره ها، مسیل ها، حوزه های خشک و معادن استخراج شده برای محل دفن استفاده می شود. تکنیکهای مورد استفاده در این روش به منظور جایگیری و فشردگی مواد زاید در روش دره‌ای با ژئومتری محل متغیر است. ویژگیهای مواد پوششی، هیدرولوژی و زمین‌شناسی محل، نوع وسایل کنترل گاز و شیرابه تولید شده برای ارزیابی محل لازم است. کنترل آب های سطحی یک فاکتور مهم در روش دره ای است. پر شدن محل های دره ای در چند مرحله صورت می گیرد. برای استفاده موفق از روش دره ای مواد پوشش دهنده به صورت مجزا باید برای هر بخش انجام شود. مواد پوشش دهنده از دیواره ها و کف قبل از این که سیستم لایه بندی نصب شود تهیه می شود. گودال ها و معادن متروکه به اندازه کافی مواد پوشاننده برای سلول های میانی ندارند، بنابراین ممکن است مواد پوشاننده از جای دیگری آورده شوند. کمپوست تولید شده از زباله های خانگی می تواند به عنوان پوشش میانی

برای زباله ها استفاده گردد.

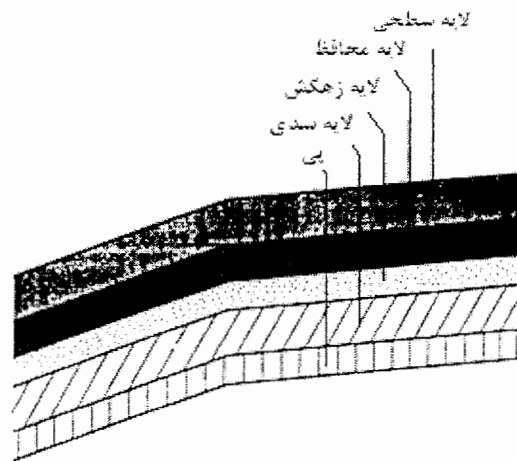
۲-۶- لایه نهایی

لایه های متراکم باعث کاهش هدایت هیدرولیکی می شوند و به همین منظور به طور گسترده جهت جلوگیری از حرکت شیرابه در محل دفن به عنوان پوشش روزانه و نهایی بکار می روند. حرکت و جریان شیرابه مهمترین عامل استفاده از پوشش می باشد (EPA 2001).

دلایل اصلی برای استفاده از پوشش نهایی عبارتند از: (Tchobanoglous et al. 1993)

- ۱- کاهش جریان آب باران و برف به درون محل دفن بعد از تکمیل شدن
 - ۲- محدود کردن آزاد سازی گازهای محل دفن
 - ۳- از بین بردن و کنترل تکثیر حشرات
 - ۴- فراهم کردن سطح مناسب برای رویش مجدد گیاهان در محل
 - ۵- استفاده از زمین محل دفن پس از بسته شدن مانند پارکینگ، زمین کشاورزی و غیره
- برای دست یابی به این امر، پوشش محل دفن زباله باید:
- ۱- توانایی تحمل شرایط آب و هوایی (گرما و سرما، رطوبت و خشکی، یخ بستن) را داشته باشد
 - ۲- در برابر فرسایش آبی و بادی مقاومت کند
 - ۳- در برابر ریزش، ترک خوردن و لغزش و خزش پایدار باشد
 - ۴- در برابر اثرات مختلف فرونشست که به وسیله آزادسازی گاز ناشی از محل دفن و فشردگی مواد زاید و خاک مبنا ایجاد می شود مقاوم باشد
 - ۵- کاهش حجم در اثر عملیات دفن مانند بارگذاری اضافی و حرکت وسایل سنگین را تحمل نماید
 - ۶- در برابر تغییر شکل به وسیله زمین لرزه مقاومت کند
 - ۷- تغییراتی را که به وسیله خوردگی گاز، روی مواد ایجاد می شود تحمل کند
- یک پوشش کامل و پیشرفته برای محل دفن مطابق شکل ۲-۲ می باشد که از چندین لایه مختلف تشکیل یافته است که هر کدام دارای عمل ویژه ای می باشند.
- به منظور تراز کردن سطح محل دفن از یک لایه خاک (پی) استفاده می شود. در بعضی از پوشش ها لایه جمع آوری گاز در زیر لایه پی قرار می گیرد تا گاز محل دفن جمع آوری گردد. لایه سدی به

منظور محدود کردن حرکت مایعات به درون محل دفن و آزاد سازی گاز در طول پوشش می باشد. 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 محافظ لایه سدی و زهکش عمل می کند.



شکل ۲-۲- لایه های تشکیل دهنده پوشش نهایی محل دفن زباله

لایه سطحی نیز به منظور مسطح کردن مدفن بعد از بسته شدن آن استفاده می شود. باید توجه داشت که در همه موارد لایه های فوق برای پوشش محل نیاز نیست. به عنوان مثال، در جائیکه سیستم جمع آوری و بازیافت گاز وجود دارد نیازی به لایه جمع آوری گاز نیست. در بعضی مواقع از لایه زیرین محل دفن به عنوان لایه سدی استفاده می شود. معمولاً از لایه های رسی جهت لایه سدی استفاده می شود. در شرایط مرطوب به علت اینکه متراکم نمودن رس، بسیار مشکل است یک ژئوممبر بر روی لایه رس نصب می کنند تا به عنوان لایه سدی عمل کند.

۲-۲- اثرات زیست محیطی محل دفن زباله

مهمترین مشکلات مربوط به دفن بهداشتی در یک ناحیه، شیرابه، گاز و فرونشست زمین می باشند.

۲-۲-۱- شیرابه

الف- عوامل مؤثر بر تولید شیرابه: شیرابه به عنوان مایعی تعریف می شود که در طول عمر محل دفن و حتی تا چندین سال پس از بسته شدن آن به وسیله عوامل داخلی (تجزیه مواد زاید) و خارجی

(زهکش سطحی، باران، آب زیرزمینی و غیره) تشکیل می شود و حاوی مواد معلق و محلول بسیار زیادی است. در یک محل دفن زباله فرایند های پیچیده فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک اتفاق می افتد که باعث تجزیه و یا انتقال مواد زاید می شود. مکانیسم های انتقال و حرکت آلاینده ها شامل شسته شدن مواد جانشین شده، محصولات تجزیه ملکول های پیچیده و واکنش های شیمیایی و همچنین شسته شدن ذرات ریز و معلق می باشد. ویژگی های شیرابه تولید شده بسیار متغیر بوده و به عواملی مانند ترکیب و مقدار مواد زاید، هیدرولوژی محل، پوشش روزانه، سن مواد دفن شده، برهمکنش شیرابه و محیط پیرامون آن، طراحی و عملکرد محل دفن بستگی دارد (Reinhart and Grosh 1998). تولید شیرابه توسط فاکتورهای زیادی کنترل می شود که از جمله به ترکیب و عمق مواد زاید، قابلیت استفاده رطوبت و اکسیژن، دفن همزمان مواد زاید و لجن تصفیه خانه ها می توان اشاره نمود.

ترکیب مواد زاید: ترکیب و عمق مواد زاید دفن شده وسعت فعالیت های بیولوژیک را درون مدفن زباله تعیین می کنند (Pisolkar 1996). پسماندهای غذایی و اجساد حیوانات و محصولات کشاورزی به افزایش مواد آلی موجود در شیرابه کمک می کند. مواد غیرآلی در شیرابه عمدتاً ناشی از خاکستر و نخاله های ساختمانی می باشد (Reinhart and Grosh 1998). افزایش مقدار کاغذ در مواد زاید باعث کاهش تجزیه مواد می شود، زیرا لیگنین که ماده اولیه کاغذ است در شرایط تجزیه بی هوازی بسیار مقاوم است (Chen and Bowerman 1976 as cited by Reinhart and Grosh 1998). غلظت مواد در محل زباله با افزایش عمق زیادتر می شود زیرا آب نفوذ کرده به زباله ها در هنگام حرکت به سمت پایین با مواد زاید بیشتری در تماس خواهد بود به عبارتی در جایگاه های عمیق تماس بین فاز جامد و مایع طولانی تر است که تولید شیرابه را افزایش می دهد (Reinhart and Grosh 1998).

رطوبت: کاهش رطوبت در محل دفن زباله فعالیت های بیولوژیک را کاهش می دهد و زمان لازم برای رسیدن به پایداری طولانی تر می شود (Reinhart and Grosh 1998, Bengtsson 1994). که در بعضی موارد این مدت تا ۱۸ سال نیز گزارش شده است (Bengtsson 1994). آب مهمترین فاکتور تاثیرگذار بر پایداری مواد زاید و کیفیت شیرابه می باشد به طوری که بدون رطوبت، شیرابه ای نیز تولید نخواهد شد (Bengtsson 1994). رطوبت درون جایگاه به عنوان یک واکنشگر در واکنش های هیدرولیز، انتقال آنزیم ها و رقیق کردن اجزای مختلف عمل می کند. رطوبت کم زمان ورود بخش

مهمی از آلاینده ها را به شیرابه کم کرده و باعث شدت عمل شرایط بی هوازی بر روی مواد آلی شیرابه می شود (Reinhart and Grosh 1998).

میزان اکسیژن در دسترس: مقدار اکسیژن آزاد، نوع تجزیه (هوازی و بی هوازی) را در محل دفن تعیین می کند. تجزیه هوازی در طی جایگزینی اولیه مواد زاید حاصل می شود. وقتی که اکسیژن وجود دارد، تجزیه هوازی در بخشهای پایین تر گودال نیز ادامه پیدا می کند. مواد شیمیایی که از تجزیه هوازی آزاد می شود با موادی که در طی کاهش بی هوازی ایجاد می شود متفاوت است. در طی تجزیه هوازی میکروارگانیسم ها مواد آلی را به دی اکسید کربن و آب و به طور جزئی به مواد آلی پایدارتر و گرمای قابل توجه تبدیل می کنند. در صورتیکه اسیدهای آلی با غلظت بسیار بالا، آمونیوم، هیدروژن، دی اکسید کربن، متان و آب موادی است که در طی فرایند بی هوازی ایجاد می شوند (Pisolkar 1996). تغییرات فازی در محل به علت کاهش مقدار اکسیژن است. برای مثال فاز انتقال هنگامی که اکسیژن کاهش می یابد انجام می شود و در طی آن شرایط بی هوازی در محیط گسترش می یابد.

دما و حرارت: الیاکوت و هامدا (۲۰۰۳) دما را به عنوان یکی از فاکتورهای مؤثر در تولید شیرابه در آب و هوای گرم و خشک بیان می کنند. درجه حرارت محل دفن فاکتور غیر قابل کنترلی است که بر روی کیفیت و تولید شیرابه تأثیرگذار است که با تغییرات فصلی تغییر می کند. درجه حرارت بر روی رشد باکتریها و واکنش های شیمیایی درون محل دفن تأثیر می گذارد. واکنش های انجام شده توسط میکروارگانیسم ها در شرایط دمایی متفاوت صورت می گیرد و هر گونه انحراف از دما رشد آنها را که مربوط به عدم فعالیت و از هم پاشیدگی سلول باکتری است کاهش می دهد. انحلال بسیاری از نمکها مانند NaCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ با دما افزایش می یابد و بالعکس. در مورد برخی از مواد شیرابه مانند CaCO_3 و CaSO_4 حلالیت آنها با افزایش دما کاهش می یابد (Reinhart and Grosh 1998).

دفن همزمان مواد زاید شهری و لجن: دفن همزمان لجن تصفیه خانه ها و مواد زاید شهری (مسکونی و تجاری، سازمانی، ساخت و ساز) عاملی است که تولیدشیرابه و پایداری بیولوژیکی را در طی اضافه شدن رطوبت افزایش می دهد (Reinhart and Grosh 1998, Al Yaqout and Hamoda 2003). میکروب ها و مواد مغذی که به وسیله لجن ایجاد می شوند بجز کاهش اسیدیته شیرابه به دلیل

داشتن غلظت بالای BOD (اکسیژن مورد نیاز جهت تجزیه مواد آلی) تغییر زیادی در ترکیب شیمیایی شیرابه ایجاد نمی نمایند. دانه بندی مواد زاید به مقدار زیادی روی ویژگی های شیرابه تأثیرگذار است. میزان تجزیه با اندازه مواد زاید رابطه مثبت دارد. قدرت نگهداری آب توسط زایدات با کاهش اندازه آنها کاهش می یابد و در نتیجه درصد حرکت مجدد آلاینده ها ناشی از تجزیه مواد زاید در واحد حجم شیرابه نسبت به زایدات درشتتر افزایش می یابد (Reinhart and Grosh 1998).

ب- اثرات زیست محیطی شیرابه: نشت شیرابه از محلهای دفن زباله بسته شده و فعال یکی از منابع آلاینده آبهای زیرزمینی و سطحی می باشند (Lee and Jones-Lee 1994, Bengtsson *et al.* 1994, Critto *et al.* 2002, Al Yaqout and Hamoda 2003, Isidori *et al.* 2003, Slack *et al.* 2004). شیرابه ناشی از محل دفن غلظت بسیار بالایی از مواد شیمیایی دارد که اصطلاحاً تحت عنوان سوپ شیمیایی خوانده می شود که مقدار کمی از آن می تواند حجم قابل توجهی از آب زیرزمینی را آلوده سازد و در نتیجه این آب برای استفاده های مختلف از جمله شرب و حتی کشاورزی نامناسب شود (Lee and Jones-Lee 1994). تفاوت در ترکیب مواد زاید بر روی غلظت و مقدار عناصر مختلف در شیرابه تأثیر می گذارد (جدول ۲-۴). بیش از ۲۰۰ نوع از ترکیبات آلی در شیرابه محل دفن زباله شهری وجود دارد که بیش از ۳۵ نوع از آنها بر روی سلامتی انسان و آلودگی محیط زیست تأثیر منفی دارند (Slack *et al.* 2004). بر اساس مطالعات انجام شده توسط Kjeldsen *et al.* (2002) بیش از ۱۰۰۰ نوع ترکیب شیمیایی در آب زیرزمینی آلوده شده توسط شیرابه زباله مشخص شده است. و بخش مهمی از آنها شناخته نشده است که این امر به دلیل پیچیدگی ترکیب شیرابه است و دیگر اینکه آزمایشات معمولی که برای شناخت ترکیب شیرابه انجام می شود، منجر به شناخت آلاینده های کمی می شود (Isidori *et al.* 2003).

بطور کلی محدوده تغییرات شیرابه براساس بررسیهای (Lee and Jones-Lee 1994) به صورت جدول ۲-۵ می باشد. داده های مزبور از بررسی شیرابه ۱۸۵ محل دفن زباله آمریکا به دست آمده است. آلاینده هایی که به صورت عادی در شیرابه وجود دارد و معمولاً در آزمایشات اندازه گیری می شوند شامل کل جامدات حل شده (TDS)، سختی، قلیائیت، کلر، سولفات آهن، منگنز، سولفید هیدروژن می باشد. علاوه بر این، اجزای آلی تحت عنوان BOD، COD و TOC (کل کربن آلی) نیز برای تعیین آلودگی اندازه گیری می گردند (Lee and Jones-Lee 1994, Kjeldsen *et al.* 2002).

جدول ۲-۴- مشخصات شیرابه زباله در برخی از کشورها

اجزا	فنلاند	آلمان	کویت	آمریکا
TDS	۹۹	-	۲۸۹۵	-
Conductivity	۲۴۰	-	-	-
pH	۷/۱	۸/۱-۵/۸	۷/۵	۶/۹-۵/۱
BOD	۳۰۰	۴۵۹۰۰-۴۰۰	۶۰۰	۱۳۴۰۰
COD	۶۰۰	۶۳۷۰۰-۱۶۳۰	۲۲۴۰	۱۸۱۰۰-۱۳۴۰
Cl	۲۵۰	-	-	-
Fe	۴۲	۷۹-۸	۱۸/۱	۱۱۸۵-۴/۲
Mg	۴۱/۸	۲۷۰-۱۰۰	۹/۲	۴۱۰-۲۳۳
Ca	۱۷۰	۲۹۰-۷۰	۸/۸	۲۳۰۰-۲۵۴/۱
Zn	۰/۵	-	۰/۲	۶۷-۱۸/۸
Pb	۰/۰۲۹	-	۰/۱	۴/۴۶-۰
Cu	۰/۰۳۱	-	۰	۰/۱-۰

هدایت الکتریکی بر حسب $\mu\text{mhos/cm}$ pH بدون واحد و سایر پارامترها بر حسب (mg/l) می باشد.

نسبت بین COD و BOD یکی از پارامترها در تعیین کیفیت آب می باشد که باید کمتر از ۰/۱ باشد (Rooker 2000). افزایش ورود شیرابه به آب زیرزمینی باعث کاهش شدید کیفیت آن می گردد. به عنوان مثال BOD و COD مشکلات مربوط به مزه، بو و همچنین کاهش اکسیژن را در آب زیرزمینی ایجاد می نمایند. امروزه به دلیل دفن همزمان زایدات خانگی و صنعتی مواد بسیار سمی در محل های دفن زباله تولید می شود که قبلاً وجود نداشته است (Lee and Jones-Lee 1994). از مهمترین ترکیباتی که بر روی کیفیت آب زیرزمینی تأثیر می گذارند فلزات سنگین می باشند. فلزات سنگین به عنوان بخشی از مواد غیر آلی موجود در شیرابه می باشد که طبیعت بسیار خطرناکی دارند. فلزات سنگینی که در شیرابه وجود دارند عبارتند از روی، مس، سرب، نیکل، کروم، آهن و جیوه (Reinhart and Grosh 1998, Critto et al. 2002, Isidoriet et al. 2003, Jain et al 2004) که فلز روی نسبت به سایر فلزات سنگین بیشترین مقدار را در ترکیب شیرابه ها دارد (Slack et al. 2004).

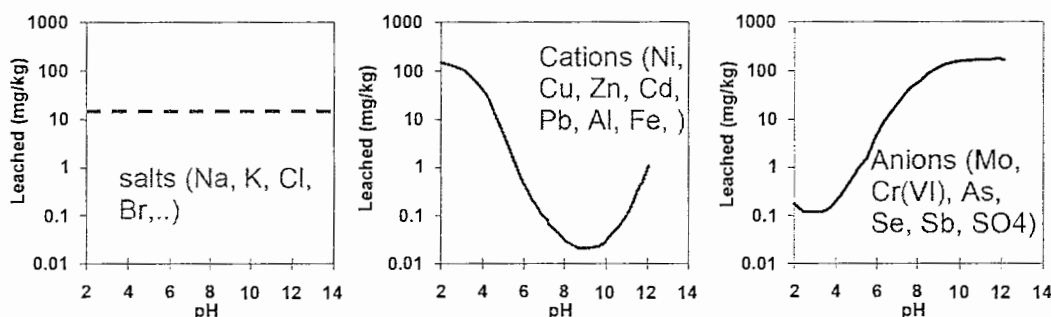
فلزات سنگین به صورت کلوئیدی و کمپلکس مخصوصاً به صورت ترکیب با مواد آلی در شیرابه وجود داشته و انتقال می یابند (Slack *et al.* 2004, Ostman *et al.* 2005). برخی محققان معتقدند هرچند فلزات سنگین ذاتاً خطرناک می باشند ولی بدلیل اینکه در واکنش‌های جذب و رسوب شرکت می‌کنند میزان انتقال و ورود آنها به شیرابه کم است و آلودگی آب زیرزمینی را باعث نمی شوند. همچنین آلودگی توسط فلزات سنگین در یک آبخوان اغلب به صورت ترکیبات قابل حل از کمپلکس مواد آلی بسیار سنگین رخ می دهد (Slack *et al.* 2004)

جدول ۲-۵- غلظت اجزاء مختلف شیرابه زباله های شهری (Lee and Jones-Lee 1994)

پارامتر	دامنه تغییرات	مقدار متوسط
BOD	۱۰۰۰-۳۰۰۰۰	۱۰۵۰۰
COD	۱۰۰۰-۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰
نیتрат	۱-۱۰۰	۴
کل فسفات	۵-۵۰	۳۰
قلیائیت	۵۰-۱۰۰۰۰	۳۶۰۰
سختی	۵۰-۱۰۰۰۰	۴۲۰۰
کل جامدات حل شده	۱۰۰۰-۲۰۰۰۰	۱۱۰۰۰
هدایت الکتریکی	۲۰۰۰-۸۰۰۰	۶۷۰۰
PH	۵-۷/۵	۶/۳
سدیم	۲۰۰-۱۵۰۰	۷۰۰
کلسیم	۱۰۰-۳۰۰۰	۱۰۰۰
منیزیم	۳۰-۵۰۰	۳۰۰
مس	۰/۲-۱	۰/۵
سرب	۱-۰/۱	۰/۵
نیکل	۱-۰/۱	۱/۲
آهن	۱۰-۱۰۰۰	۴۳۰
روی	۵-۳۰	۲۱
سولفات	۱۰-۱۰۰۰	۰/۹

هدایت الکتریکی بر حسب $(\mu mhos / cm)$ pH بدون واحد و سایر پارامترها بر حسب (mg/l) می باشد.

میزان pH مواد و محیط اطراف محل دفن زباله یکی از فاکتورهای مؤثر در توزیع عناصر در محیط پیرامون مدفن است. به عبارتی هر عنصری وابستگی متفاوتی را با منحنی پخش در pH متفاوت نشان می‌دهد (شکل ۲-۴). اثرات زیاد pH به دلیل تجزیه متفاوت مواد و همچنین فرایند جذب سطحی است (Vander Sloot and Dijkstra 2004).



شکل ۲-۳- وابستگی عناصر مختلف به pH (Vander Sloot and Dijkstra 2004)

شرایط اکسیداسیون - احیا محیط بر روی ویژگیهای مختلف عناصر بویژه شکل آن ها مؤثر است. در مورد فلزات سنگین حالت اکسایش مواد باعث ته نشین شدن آنها از محیط می گردد، در حالیکه احیا تأثیر برعکس دارد. (Vander Sloot and Dijkstra 2004). نیتروژن موجود در ترکیبات آمونیایی موجود در شیرابه از دیگر مواردی است که نگرانی های زیادی را در رابطه با آب زیرزمینی ایجاد می نماید. میزان نیترات بیش از ۱۰ میلی گرم در لیتر در آب باعث ایجاد بیماری های مختلفی از جمله Blue baby می شود (Lee and Jones-Lee 1994 و غضبان ۱۳۸۱). آمونیوم از ترکیباتی است که در طولانی مدت اثرات آلودگی خود را نشان می دهد. بر اساس مطالعات انجام شده استفاده طولانی مدت از آب حاوی نیترات بالا، احتمال افزایش سکته قلبی را در بیماران مبتلا به بیماری های قلبی افزایش می دهد (Nakamura *et al.* 2005).

افزایش یافتن غلظت کل جامدات حل شده (TDS)، سختی، قلیائیت، کلر، سولفات، آهن، منگنز، سولفید هیدروژن در می توانند استفاده از آب زیرزمینی را برای اهداف مختلف محدود نماید. حتی اگر غلظت مواد به سطح آلودگی نرسد هزینه های مربوط به تصفیه افزایش خواهد یافت. به طور کلی آب با TDS بالا و سختی زیاد برای لوله ها بسیار خورنده است و عمر لباس ها، ماشینهای ظرف شویی و غیره را کاهش می دهند (Lee and Jones-Lee 1994) اگر میزان آهن در آب بیشتر از ۰/۳ میلی گرم

در لیتر باشد بسیار نگران کننده است درحالی که میزان آن در شیرابه بین ۱۰-۱۰۰ میلی گرم درلیتر تغییر می کند (Lee and Jones-Lee 1994 و غضبان ۱۳۸۱).

آب های زیر زمینی فاقد اکسیژن تمایل به حل کردن آهن و منگنز از لایه های زمین شناسی و مواد تشکیل دهنده سفره دارند. آهن و منگنز در غلظت بالا علاوه بر طعم دهندگی به آب باعث ایجاد لکه بر روی پارچه ها، لباس ها و دیگر مواد می شوند. آب زیر زمینی آلوده شده به وسیله شیرابه باعث کاهش یافتن اکسیژن و تبدیل سولفات به سولفید می شود که بوی بسیار زننده ای، شبیه بوی تخم مرغ گندیده را در غلظت های پایین ایجاد می نماید و همچنین باعث افزایش خوردگی در لوله ها می گردد (Lee and Jones-Lee 1994).

خاک محل دفن نیز توسط شیرابه تأثیر زیادی می پذیرد. شیرابه به دلیل اینکه قادر به طی مسافت زیادی می باشد خاک اطراف را به مقدار قابل توجهی آلوده می نماید (Critto *et al.* 2002). شیرابه به دلیل داشتن ترکیبات بسیار خطرناک مانند فلزات سنگین، ترکیبات شیمیایی و غیره بر روی کیفیت خاک اطراف محل دفن تأثیر می گذارد و باعث کاهش کیفیت خاک می شود. اگر خاک استفاده کشاورزی داشته باشد، بر روی کیفیت محصولات تأثیر زیادی دارد. اگر میزان شیرابه تولیدی کم باشد، به عبارتی رطوبت کم باشد نقش ویژگی های خاک در انتقال آلاینده ها کم خواهد بود.

ج - مدیریت شیرابه: مدیریت شیرابه در واقع روش های حذف شیرابه از محل دفن زباله است تا کمترین آلودگی را بر سفره های آب زیرزمینی تحمیل کند. روش های متداول جهت مدیریت شیرابه و جمع آوری آن از محل دفن شامل چرخش شیرابه، تبخیر شیرابه و تخلیه به سیستم جمع آوری فاضلاب می باشد (Tchobanoglous *et al.* 1993).

چرخش شیرابه: یکی از روشهای موثر برای تصفیه شیرابه جمع آوری و بازگرداندن و چرخش مجدد آن در محل دفن می باشد. شیرابه حاوی مقادیر زیادی BOD، COD و TOC، مواد مغذی و فلزات سنگین می باشد. هنگامی که شیرابه چرخش می کند، مقدار مواد به وسیله فعالیت های بیولوژیک و دیگر واکنش های شیمیایی و فیزیکی درون محل دفن زباله کاهش می یابد. برای مثال، اسیدهای آلی ساده در شیرابه به CO₂ و CH₄ تبدیل می شوند. افزایش CH₄ منجر به افزایش pH و رسوب فلزات خواهد شد. چرخش شیرابه همچنین میزان گاز تولید شده را افزایش می دهد. برای جلوگیری از آزادسازی کنترل نشده گاز مدفن هنگامی که شیرابه برای تصفیه چرخش می کند، جایگاه باید مجهز به

تجهیزات جمع آوری گاز باشد.

تبخیر شیرابه: یکی از ساده ترین سیستم های مدیریت شیرابه استفاده از استخرهای تبخیر شیرابه می باشد. بدین ترتیب که شیرابه را در استخرهایی آزاد کرده تا در مقابل نور خورشید تبخیر شود. بخشی از شیرابه که تبخیر نمی شود، در سلول های کامل شده، پخش می شود. در محل های با بارندگی زیاد فضای جمع آوری شیرابه پوشیده می شود تا از ورود باران به آنها جلوگیری شود. شیرابه تجمع یافته در فصل زمستان به وسیله تبخیر در طی فصل های گرم تابستان، و به وسیله پخش کردن شیرابه بر روی سطح و در سلول های کامل شده جایگاه از محیط خارج می شود. در طی زمستان هنگامی که استخرها سرپوشیده هستند، برای کنترل بو، هوا دهی سطحی انجام می شود. اگر استخر ذخیره زیاد بزرگ نباشد می تواند در طول سال پوشیده بماند. روش دیگر ذخیره در زمستان و رها کردن در نزدیکی محل دفن زباله در تابستان و تبخیر آن است. چنانچه محلی با وسعت زیاد در اختیار باشد، پخش شیرابه به صورت متوالی حتی در هنگام بارندگی می تواند انجام شود.

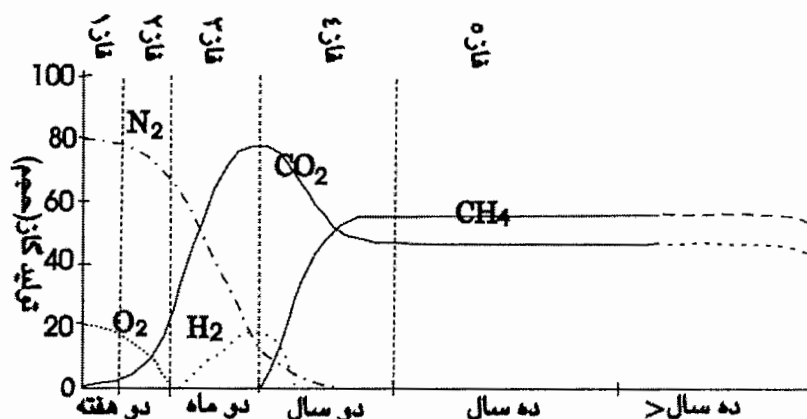
تخلیه به سیستم جمع آوری فاضلاب: در جایی که محل دفن در نزدیکی سیستم جمع آوری فاضلاب قرار دارد شیرابه می تواند به درون فاضلاب تخلیه شود. در بیشتر موارد برای استفاده از این روش قبل از تخلیه به فاضلاب باید رقیق سازی در مواد آلی صورت گیرد.

۲-۷-۲- گاز

بخش اصلی گاز محل دفن را متان ($\sim 60\%$) و دی اکسید کربن ($\sim 40\%$) تشکیل می دهند و مقادیر اندکی از گاز محل دفن زباله شامل اجزاء بسیار خطرناک می باشد. نیتروژن، اکسیژن، هیدروکربن های پارافینی، هیدروکربن های حلقوی، هیدروژن، سولفات هیدروژن، منوکسیدکربن، تری کلرو اتیلن، کلرو بنزن، تولوئن، تتراکلرواتیلن، اتیل بنزن، اگزپیلن و بسیاری از گازهای دیگر همراه با متان و دی اکسیدکربن وجود دارند که اثرات مهمی را بر روی سلامتی انسان و محیط زیست اعمال می کنند (منوری ۱۳۸۱، Lee and Jones-Lee 1994). تولید گاز طی فازهای مختلف صورت می گیرد، که در ادامه شرح داده می شوند.

الف- تولید گاز: تولید گاز متان در ۵ فاز شامل فاز تجزیه هوازی، فاز انتقال، فاز اسیدی، فاز تولید گاز متان و فاز تکمیل تولید متان صورت می گیرد (Reinhart and Grosh 1998, Kumar *et al.* 2004).

که در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.



شکل ۲-۴ - فازهای مختلف تولید گاز در محل دفن زباله (Reinhart and Grosh 1998).

فاز اول یا فاز تجزیه هوازی: در این فاز شرایط تجزیه هوازی غالب است، زیرا هوای به دام افتاده در مواد زاید زیاد می باشد. این فاز مرتبط با جانشینی اولیه مواد زاید و تجمع رطوبت در محل دفن است. این مرحله منبع عادی تأمین کننده ارگانیسم های هوازی و بی هوازی برای تجزیه مواد زاید خاک می باشد که در طی پوشش روزانه و نهایی وارد مواد زاید می شود (Tchobanoglous *et al.* 1993). در طی این مرحله مواد آلی به CO_2 و H_2O ، مواد آلی و گرما تبدیل می شوند.

فاز دوم یا فاز انتقال: انتقال از شرایط هوازی به بی هوازی در این مرحله صورت می گیرد. به دلیل اینکه اکسیژن به دام افتاده در مواد زاید کاهش می یابد و شرایط درون محل دفن بی هوازی می شود، نیترات و سولفات به عنوان پذیرنده الکترون عمل می نمایند و واکنش های برگشتی اتفاق می افتد، و تولید نیتروژن و گاز سولفید را می نمایند.

فاز سوم یا فاز اسیدی: در این مرحله فعالیت میکروبی شروع شده در فاز دوم شدت می گیرد که همراه با تولید مقادیر قابل توجهی از اسیدهای آلی است. در ضمن مقدار گاز هیدروژن تولیدی نیز کاهش می یابد. در این مرحله هیدرولیز ترکیبات بزرگتر مانند پلی ساکاریدها، لیپیدها و پروتئین به عنوان منبع انرژی و کربن توسط میکرو ارگانیسم ها صورت می گیرد. اسید استیک و اسید فولیک از دیگر ترکیباتی است که در این مرحله تولید می شود و به اسیدی شدن بیشتر محیط کمک می نماید. دی اکسید کربن بیشترین گازی است که در این مرحله تولید می شود.

فاز چهارم یا تولید متان: انتقال از فاز تشکیل اسید به تولید متان در فاصله ۴-۱۰ سال بعد از دفن زباله و بعضاً بیشتر به طول می انجامد. در طی فاز ۴ اسیدهای آلی به وسیله باکتریهای تولید کننده متان مصرف می شوند، و تولید متان و دی اکسید کربن می نمایند. کاهش pH در این مرحله بر رفتار بعضی از مواد تأثیر گذاشته و باعث انحلال یا ته نشین شدن آنها می شود.

فاز پنجم یا فاز تکمیل تولید متان: میزان تولید گاز در این مرحله به دلیل اینکه عمده مواد مغذی جهت تولید گاز در مرحله قبل استفاده شده، زیاد نیست. گازهای تولیدی این مرحله عمدتاً CH_4 و CO_2 می باشند. در این مرحله میزان مواد مغذی بسیار کاهش یافته است و فعالیت های بیولوژیک تقریباً تمام می شود. اکسیژن و سایر گونه های اکسیدی ممکن است دوباره به آهستگی ظاهر شوند.

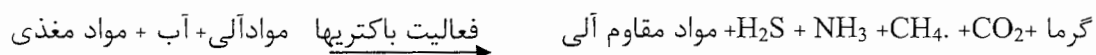
ب- اثرات زیست محیطی گاز تولید شده: تولید گاز در بسیاری موارد برای مدت زمان ۲۵ سال یا بیشتر، بعد از بسته شدن محل دفن ادامه می یابد (Tchobanoglous *et al.* 1993). گاز محل دفن دارای اجزاء مختلف مانند متان، دی اکسیدکربن، نیتروژن، اکسیژن، هیدروکربن های پارافینی، هیدروکربن های حلقوی هیدروژن، سولفات هیدروژن، منوکسیدکربن، تری کلرواتیلن، کلروبنزن، تولوئن، تتراکلرواتیلن، اتیل بنزن، اگزین، دی کلرواتیلن و گازهای دیگر است که سمیت و خوردگی بسیار بالایی دارند که مهم ترین گاز تولید شده در فرایند تجزیه مواد زاید در محل دفن زباله، گاز متان می باشد (منوری ۱۳۸۱، Slack *et al.* 2004, Lee and Jones-Lee 1994) و در تمرکز بیش از ۵ درصد موجب انفجار می شود (منوری ۱۳۸۱، Lee and Jones-Lee 1994). معمول ترین مشکل مرتبط با گاز تولیدی از محل دفن مشکل بو می باشد. درحالی که متان و دی اکسیدکربن گازهای بی بو می باشند، گاز انتشاری از مواد زاید جامد شامل مقادیر زیادی از ترکیبات بودار می باشد که در غلظت پایین نیز بسیار زننده می باشد (Lee and Jones-Lee 1994). این گاز دارای اثر گلخانه ای ۳۰ برابر دی اکسید کربن است و از شاخص های آلودگی هوا و کاهش کیفیت محیط زیست در داخل و خارج محل های دفن مواد زاید جامد بشمار می رود که در شرایط عدم کنترل گازها پیامدهای مخربی مانند آتش سوزی، حرکت به سمت ساختمان ها و مزارع و تولید بوی نامطبوع دارد. حداکثر مهاجرت گاز متان ۴۵۰ متر گزارش شده است (منوری ۱۳۸۱). نفوذ گاز متان به منطقه ریشه در پوشش نهایی محل دفن منجر به مرگ گیاه و از بین رفتن پوشش گیاهی آن می گردد (Lee and Jones-Lee 1994).

۲-۷-۳- فرونشست

فرونشست یکی دیگر از مشکلات مرتبط با محل دفن زباله است که از طریق تحکیم، تجزیه و واپاشی مواد در محل دفن ایجاد می شود.

فرونشست چهار فرایند (۱) مکانیکی (خمش، سستی و نرمی مواد زاید)، (۲) جابجایی (قرارگیری مواد زاید کوچکتر در لابلای مواد زاید بزرگتر)، (۳) تغییرات فیزیکی و شیمیایی (خوردگی و اکسیداسیون) و (۴) تجزیه مواد آلی را شامل می شود (Pisolkar 1996, Novak 2002, Ouvry and Page 2004).

مقدار مواد زاید برای تجزیه بیوشیمیایی به مقدار کربن مواد بستگی دارد. مطالعات انجام شده توسط Barlez et al 1989 as cited in Pisolkar 1996 نشان می دهد که زباله های شهری شامل ۴۰ تا ۵۰ درصد سلولز، ۱۰-۱۵ درصد لیگنین، ۱۲ درصد همی سلولز و ۴ درصد پروتئین می باشد. سلولز و همی سلولز مهمترین بخش ها جهت تجزیه می باشند. این بخش ها در شرایط بی هوازی طبق معادله زیر تجزیه می شوند:



این واکنشها باعث تولید گاز و خارج شدن آن از محیط می شوند و در نتیجه کاهش حجم را در پی دارند. دما، رطوبت، تولید گاز از فاکتورهای محیطی تأثیرگذار بر بزرگی فرونشست در محل می باشد. فرونشست همچنین به وسیله چگالی مواد اولیه، میزان حفرات، محتوای مواد قابل تجزیه، ارتفاع محل و میزان تولید شیرابه و نوسان آن تأثیر می پذیرد (Novak 2002). فرونشست مواد باعث ایجاد درز و شکاف در مدفن شده، راهی را جهت انتقال سریع تر آلاینده ها به آب های زیر زمینی فراهم می آورد (Lee and Jones-Lee. 1999; Novak 2002).

ایجاد فرونشست به سه مرحله مجزا تقسیم می شود (Sowers 1973 as cited in Novak 2002):
مرحله ۱- فشردگی فوری: این مرحله از فرونشست مرتبط با کاربرد و استعمال بار بر روی مواد زاید است که باعث ایجاد فشردگی می شود. هنگامی که بار گذاری اتفاق می افتد کاهش ناگهانی در حجم صورت می گیرد که به طور اولیه مرتبط با خروج هوا از فضای بین حفرات است و از رابطه ۱-۲ بدست می آید.

$$S_i = \frac{\Delta \sigma \times H_0}{E} \quad (1-2)$$

S_i = فرونشست فوری (m)
 $\Delta\sigma$ = تغییرات تنش در لایه زباله (kN/m^2)
 E = مدول الاستیسیته (kN/m^2)
 H_0 = ارتفاع اولیه مواد زاید (m)

مرحله ۲- فشردگی ابتدایی یا اولیه: این کاهش مربوط به خارج شدن آب از حفرات است، که تحت عنوان تحکیم اولیه خوانده می شود. در یک مدفن کامل شده، در طی سی روز فرونشست اولیه رخ می دهد. اگر ماده زاید اشباع یا نزدیک به اشباع باشد، بخش اصلی تغییرات مربوط به تحکیم اولیه است؛ در حالیکه اگر درصد اشباع خیلی کم باشد تغییرات حجم مربوط به خروج هوا از حفرات و مقداری نیز مرتبط با حرکت آب است که از معادله زیر به دست می آید:

$$S_p = H_1 C'_e \log[(p_0 + \Delta p)p_0] \quad (2-2)$$

S_p = فرونشست اولیه (m)
 H_1 = ارتفاع مواد زاید پس از فرونشست اولیه (m)
 C'_e = ضریب تراکم پذیری
 p_0 = شروع اولیه فشار در قسمت میانی لایه
 Δp = تفاوت فشار اولیه و نهایی

مرحله ۳- فشردگی ثانویه: این مرحله طولانی ترین مرحله فرونشست می باشد که ۲۰-۳۰ سال بعد از بسته شدن محل دفن ادامه خواهد داشت و اغلب مربوط به خزش و تجزیه بیولوژیک مواد زاید است. این مرحله ترکیبی از فشار مکانیکی ثانویه، فرایندهای فیزیکی شیمیایی و واپاشی بیولوژیکی است، که بر اساس معادله زیر محاسبه می گردد:

$$S_s = H_1 C'_\alpha \log\left(\frac{t}{t_1}\right) \quad (3-2)$$

t = زمان مورد نظر برای محاسبه فرونشست
 t_1 = سن محل دفن
 C'_α = ضریب نشست پذیری
 S_s = فرونشست ثانویه

ضرایب فرونشست بر اساس محاسبات آزمایشگاهی و یا رفتارنگاری صحرایی به دست می آید. در جدول ۲-۶ مقادیر ضریب نشست پذیری برای زباله که تا کنون ارائه شده نشان داده شده است.

جدول ۲-۶- مقادیر مختلف ضرایب تراکم پذیری و نشست پذیری مواد زاید (Andersen et al. 2004)

مرجع	C'_c	C'_α
Sowers; 1973	0.1-0.41	0.02-0.07
Zoino; 1974	0.15-0.33	0.013-0.03
Burlingame; 1985	0.15-0.35	0.04
Wall and Zeiss; 1995	0.21-0.25	0.033-0.56
Landva et al; 2000	0.17-0.24	0.01-0.016
Lo; 2003	0.16	0.34

۲-۴- سایر اثرات زیست محیطی محل دفن زباله

سایر پدیده های مرتبط با محل دفن که بر روی انسان و محیط زیست تأثیر می گذارد عبارتند از: آتش سوزی، پرندگان و جانوران مختلف، گرد و غبار، بو، حشرات، سر و صدا، ترافیک و کاهش دید در اثر پراکنش مواد زاید که در داخل یا خارج محل دفن می تواند ایجاد گردد (EPA 2001).

حیوانات و پرندگان: در بسیاری از محل های دفن زباله به دلیل اینکه بین دفن و پوشاندن زباله فاصله زمانی وجود دارد؛ پرندگان و حیوانات به راحتی می توانند به این منابع غذایی دست یافته و از آن تغذیه نمایند. حیواناتی مانند موش و سگ از جمله مهمترین حیواناتی هستند که منبع غذایی آنها اینگونه مواد می باشد.

پراکنش زباله ها: در محل دفن زباله مخصوصاً در مناطق بادخیز زباله های سبک به وسیله باد به هوا بلند شده و به مناطق اطراف دفن زباله برده می شوند که این امر علاوه بر آلودگی هوا در کاهش دید بسیار مؤثر است.

بو: مهمترین مشکل ساکنان اطراف محل دفن زباله می باشد (Lee and Jonse-Lee 1994). گودالهای حاوی مواد آلی زیاد، شیرابه مواد زاید که خود ذاتاً بدبو هستند، زایدات صنعتی و کشاورزی، لجن فاضلابها، شیرابه راکد در گودال ها و سایر محیط های جمع شونده ایجاد بوهای زننده می نمایند.

ترافیک: به منظور تردد ماشین ها و وسایل سنگین انتقال زباله به محل دفن نیاز به وجود جاده های اختصاصی است که علاوه بر کاهش ترافیک از آلودگی جاده های عمومی نیز جلوگیری نماید. این جاده ها باید در تمام فصول سال قابل استفاده باشد. همچنین شرایط به گونه ای باشد که از خروج آلودگی (مثلاً خروج گل یا زباله به وسیله تایر های ماشین) جلوگیری نماید.

فصل سوم- وضعیت زباله در شهرستان مشهد

در شهرستان مشهد خدمات شهرداری در ۱۱ منطقه و همچنین منطقه ثامن که شامل اطراف حرم مطهر می باشد، صورت می گیرد. میزان زباله تولیدی در شهر وابسته به فصل سال و تعداد زائران متغیر است. به طور متوسط تولید روزانه زباله ۱۶۳۰ تن (بر اساس آمار سال ۱۳۸۴) است. با ایجاد سازمان بازیافت و تبدیل مواد در سال ۱۳۷۶ فعالیت های مربوط به جمع آوری، بازیافت و همچنین تعیین موقعیت جدید محل دفن زباله به این سازمان سپرده شد. در مورد مقادیر زباله مشهد تا سال های قبل از ۱۳۷۷ آمار و اطلاعات دقیقی در دست نمی باشد و از این سال به بعد میزان و مقدار زباله های ورودی به محل دفن زباله به صورت مستند موجود می باشد. آمار ارائه شده در این تحقیق بر اساس اطلاعات سال های ۱۳۷۹-۱۳۸۴ می باشد.

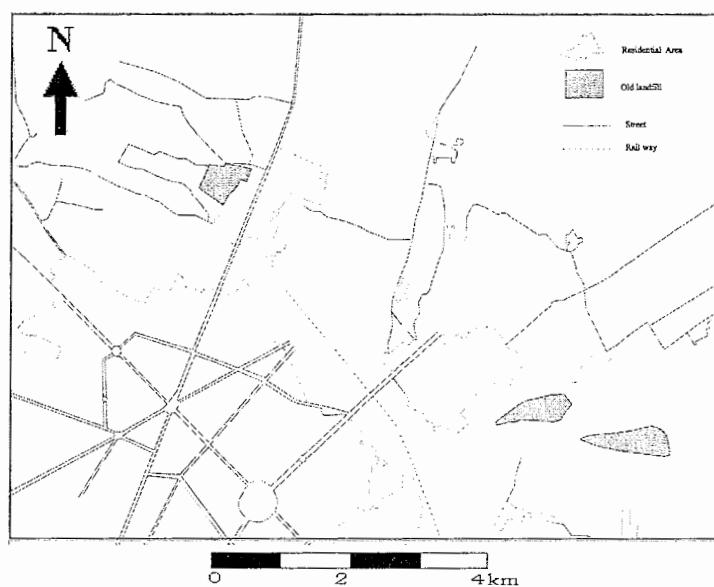
۳-۱- تاریخچه و نحوه دفن زباله در مشهد

اولین گام جهت دفن زباله بهداشتی مشهد با تاسیس اداره تنظیف و روشنایی در مشهد در سال ۱۲۹۴ برداشته شد. در سال ۱۲۹۷ به منظور جمع آوری زباله از گاری هایی که به وسیله اسب یا الاغ حمل می شدند استفاده می کردند و زباله های جمع آوری شده را در حاشیه شهر می ریختند. این امر ادامه داشت تا اینکه با ورود ماشین به سیستم حمل و نقل، زباله ها در محلی انباشته شده و به محل دورتری انتقال می یافت. در این بین با توجه به فعالیت های کشاورزی که به صورت گسترده در محدوده شهر صورت می گرفت، بعضی از کشاورزان به منظور تأمین کود زمین های خود بخشی از زباله ها را از محل انباشت جمع آوری کرده و یا به صورت مستقیم از کارگران خریداری می نمودند. یکی از فعالیتهای گسترده ای که در مشهد انجام می گرفت تولید آجر به روشی سنتی بوده است. این محل ها کوره هایی بودند که تمرکز آنها عمدتاً در حاشیه شرقی شهر بوده است، که با وسعت و

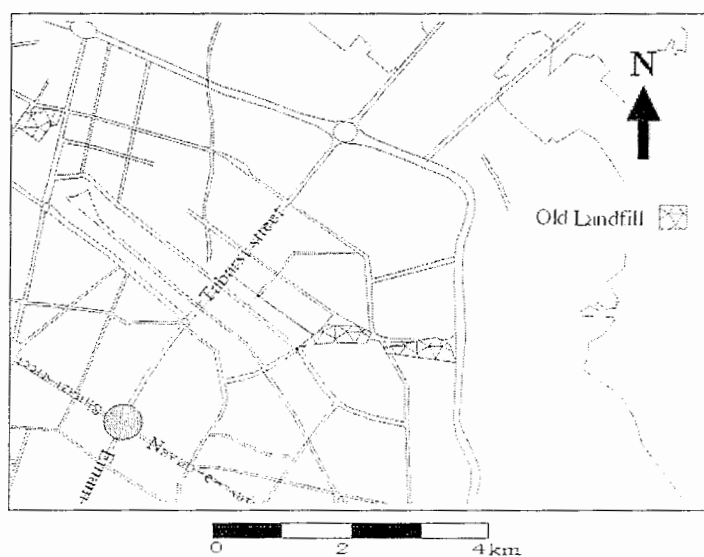
گسترش شهر به تدریج این کوره ها غیرفعال شده و از آنجایی که وسعت زیادی را در بر می گرفتند تخریب و سپس برای مدت زمان زیادی به عنوان محل دفن مورد استفاده قرار می گرفتند.

۳-۱-۱- محل های دفن قدیمی زباله

محل های دفن زباله مشهد در گذشته و حال حاضر بترتیب در شکل های ۱-۳ و ۲-۳ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- موقعیت کوره های آجرپزی و محل های قدیمی دفن زباله مشهد در سال ۱۳۴۷



شکل ۳-۲- موقعیت کوره های آجرپزی و محل های قدیمی دفن زباله مشهد در سال ۱۳۸۴

همان طور که مشاهده می شود بر طبق شکل ۳-۱ محدوده های دفن قدیمی در حاشیه شهر و در مناطق با تراکم جمعیتی کم واقع شده بودند. با گسترش شهر این محدوده ها در بافت شهری قرار گرفته و محل دفن به مکانهای جدید انتقال یافته است. جدول ۳-۱ ویژگیهای این مناطق را نشان می دهد.

جدول ۳-۱- حجم و مساحت محل های دفن زباله مشهد

ردیف	محل دفن	مساحت (m^2)	حجم زباله (m^3)	زمان دفن (سال)	کاربری فعلی
۱	امت و فجر	۲۵۸۲۰۰/۲	۱۹۳۶۵۰۲	۱۱	پارک
۲	مطهر	۴۲۹۰۳/۹	۲۱۴۵۱۹/۵	۲	پارک
۳	طرق	۳۹۱۲۲۳	۴۴۳۹۱۰۱	۳۰	محل دفن

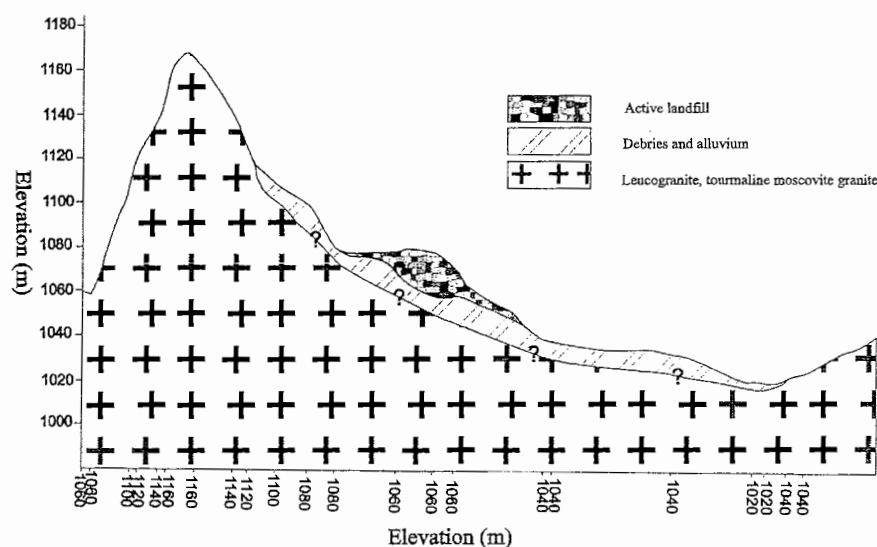
الف: پارک امت و فجر: مهمترین و رسمی ترین محل قدیمی دفن زباله شهری در مشهد پارک های امت و فجر می باشند. این منطقه در داخل و شرق شهر قرار گرفته است و با داشتن مساحتی در حدود ۲۵۸۲۰۰ متر مربع یکی از مهم ترین محل های دفن زباله طی سال های ۱۳۵۳-۱۳۶۷ بوده است. در حال حاضر بخش عمده محل دفن تبدیل به پارک شده است و بخشی از آن را مناطق مسکونی در بر گرفته است. با توجه به موقعیت آن که در دشت واقع شده است بافت خاک تناوب رس و ماسه با تراکم پایین می باشد. بر اساس لوگهای زمین شناسی آب زیرزمینی در عمق بین ۳۰-۴۰ متر قرار دارد. این محل که قسمت غربی آن محل دفن زباله های خانگی و در قسمت شرقی زباله های ساختمانی دفن می شده است در دو مرحله بسته شده که ابتدا بخش شرقی آن در فاصله زمانی ۱۳۶۷-۱۳۶۴ بسته شده و تبدیل به پارک های امت و فجر شده است. بخش غربی که مربوط به محل دفن زباله های ساختمانی بوده در سال ۱۳۶۷-۱۳۷۱ بسته شده و هم اکنون بعنوان پارکینگ و تعمیرگاه خودرو از آن استفاده می شود.

ب: پارک مطهر: یکی دیگر از محل های دفن زباله مشهد پارک مطهر بوده است. این محل نیز کوره ای با وسعت ۴۲۹۰۴ متر مربع بوده است که به منظور مسطح کردن در آن زباله تخلیه می شده است. اطراف آن به دلیل واقع بودن در بافت شهری منطقه مسکونی می باشد. این محل در مدت دو سال پر شده است که مربوط به سالهای ۱۳۵۹-۱۳۶۰ می باشد. زمین شناسی و سایر موارد در این محل

مطابق پارک امت می باشد با این تفاوت که مدت زمان دفن در آن کوتاه و به مدت دو سال بوده است. وسعت پارک ایجاد شده ۳۶۵۰۰ متر مربع می باشد و بقیه مساحت آن مناطق مسکونی است.

۳-۱-۲- محل فعلی دفن زباله

محل فعلی دفن زباله مشهد که به عنوان محل دفن اصلی زباله های شهر بشمار می رود در ۵ کیلومتری جنوب شرقی و در مجاورت جاده قدیم مشهد- نیشابور واقع شده است. کاربری های اطراف آن گارگاه های مکانیکی، مرغداری و کشاورزی می باشد. سطح آب زیرزمینی در فاصله ۸۰-۱۰۰ متری قرار گرفته است. این محل دره ای عمیق در محدوده زمین های آستان قدس رضوی بوده که با خرید آن توسط شهرداری از سال ۱۳۵۴ شروع به فعالیت کرده است و تا کنون ۳۰ سال از عمر آن می گذرد. روش دفن به صورت سطحی می باشد و هم اکنون به دلیل طولانی مدت زباله در آن به صورت مسطح در آمده است. مقطع زمین شناسی این محدوده در شکل ۳-۳ نشان داده شده است. مساحت کل این محل معادل ۱۳۳۸۹۵۹ متر مربع است که مساحتی برابر با ۳۹۱۲۲۳ متر مربع مربوط به محل دفن زباله ها می باشد و تا کنون ۴۴۳۹۱۰۱ تن زباله در آن دفن شده است. بقیه مساحت مربوط به کارخانه کود آلی، ساختمان اداری و راهها است. دفن زباله در ۶ سلول جداگانه صورت پذیرفته است (جدول ۳-۲). شکل ۳-۴ این محل ها را نشان می دهد.

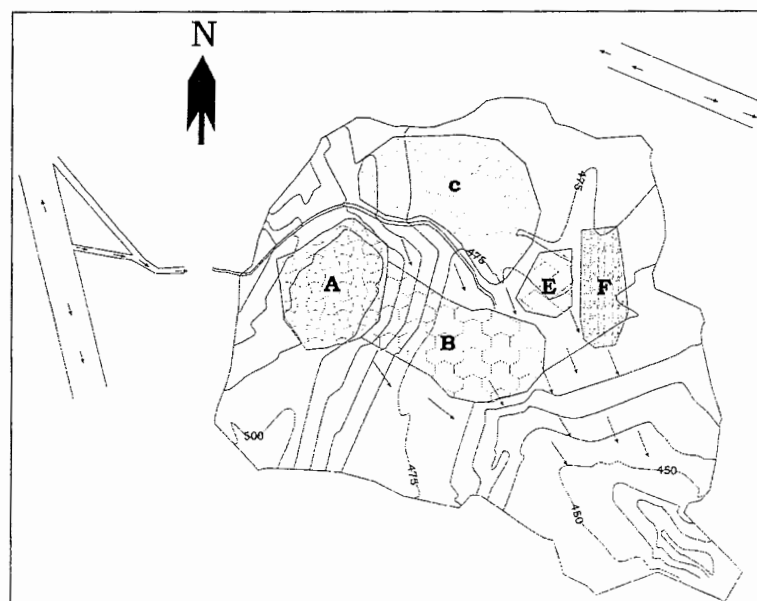


شکل ۳-۳- مقطع زمین شناسی محل دفن فعلی زباله مشهد

جدول ۳-۲- انواع زباله های دفن شده در محل دفن زباله و حجم آن ها

شماره سلول	نوع زباله	مدت دفن	تعداد لایه	مساحت	ارتفاع	حجم زباله $\times 10^3 m^3$
A	خانگی-بیمارستانی-صنعتی	۱۳۷۵-۱۳۵۴	۱	۸۲۷۶۵	۲۵-۲۰	۵۴۷۵۰۰
B	خانگی	۱۳۸۰-۱۳۷۵	۲	۱۰۸۵۴۳	۶	۱۲۰۴۵۰۰
C	خانگی	۱۳۸۰-۱۳۷۸	۲	۱۲۹۲۸۴	۴	۸۷۶۰۰۰
E	بیمارستانی	۱۳۷۹-۱۳۷۵	۱	۲۱۷۲۳	۴	۱۰۲۲۰
F	صنعتی	۱۳۸۰-۱۳۷۵	۱	۳۷۰۴۱	۴	۳۲۸۵۰۰
D	بیمارستانی	۱۳۸۰ تا کنون	۱	۸۹۶	۴	۱۴۶۰

لازم به ذکر است که با توجه به مشاهدات صحرایی، لایه های مختلف معرفی شده در جدول ۳-۲ بصورت مجزا در محل دفن وجود ندارد و زباله های منتقل شده در ادامه لایه های مختلف فوق دفن می گردند. بعبارتی زباله های خانگی هم اکنون بر روی لایه C، صنعتی در روی لایه F و زباله های بیمارستانی در لایه D دفن می گردند.

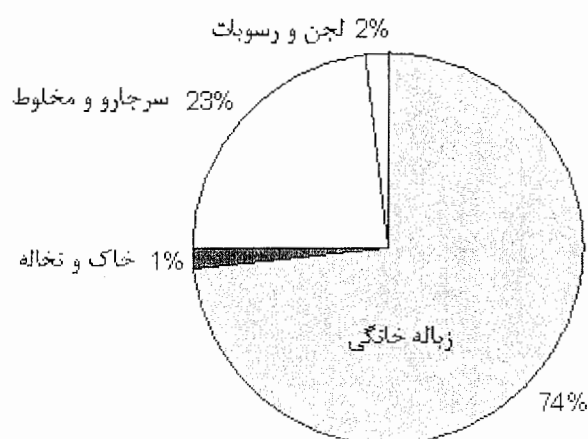


شکل ۳-۴- جایگاه های مختلف دفن زباله در محل فعلی دفن زباله مشهد

۲-۳- کیفیت زباله های شهری مشهد

زباله های شهری مشهد به دو گروه (۱) زباله های خانگی، سرجارو و مخلوط، لجن و رسوبات و خاک و نخاله (۲) زباله های بیمارستانی و صنعتی تقسیم می شوند که هر گروه به طور مجزا جمع آوری و دفع می شوند. انواع مختلف زباله های تولیدی در مشهد در یک مکان دفن می شود، ولی روش دفن انواع مختلف با یکدیگر متفاوت است. زباله های شهری به صورت سطحی دفن می گردند و در دفن زباله های بیمارستانی از روش ترانشه ای استفاده می شود.

بر اساس آخرین آمار شهرداری مشهد در پایان سال ۱۳۸۴ روزانه ۱۶۳۰ تن زباله جمع آوری شده است، که ۱۱۹۷ تن مربوط به زباله خانگی، ۲۴ تن خاک و نخاله، ۳۷۷ تن سرجارو و مخلوط و در نهایت ۳۱ تن نیز مربوط به لجن و رسوبات جمع آوری شده از سطح شهر بوده است. با توجه به آمار سال ۱۳۸۴، ۷۴ درصد زباله های جمع آوری شده مربوط به زباله های خانگی است. بیش از ۱ درصد زباله ها را نخاله ها و خاک جمع آوری شده از سطح شهر تشکیل می دهد. مواد زاید ناشی از ساخت و ساز (نخاله های بنایی) به طور مجزا و توسط مدیریت خاک و نخاله جمع آوری می گردد. دو درصد لجن و ۲۳ درصد را مواد متفرقه تشکیل می دهد که تحت عنوان سرجارو و مخلوط توسط شهرداری جمع آوری می شود. شکل ۳-۵ نمودار درصد زایدات مختلف را نشان می دهد.



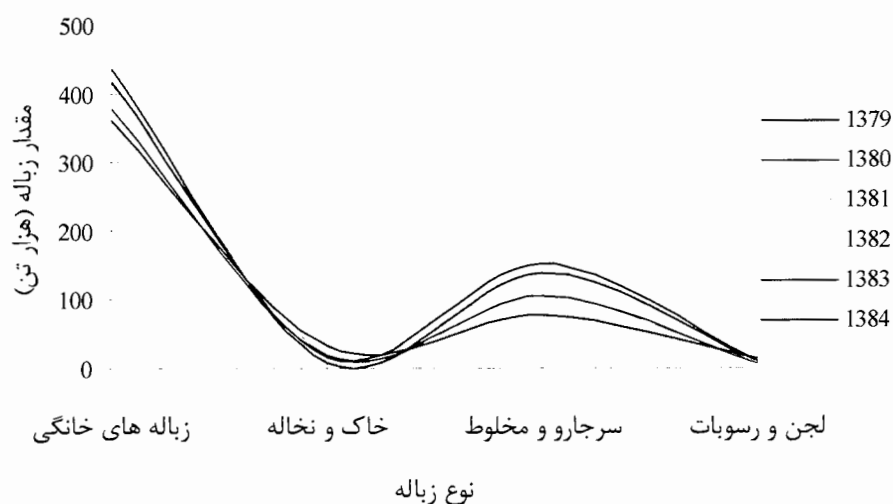
شکل ۳-۵- انواع زباله های شهری و درصد آن ها در زباله های مشهد

جدول ۳-۳ آمار مربوط به زباله های شهری را در فاصله زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۴ نشان می دهد. بر طبق این جدول و شکل ۳-۶ روند تولید زباله مشهد افزایشی می باشد، که این امر مربوط به افزایش

جمعیت شهرستان و همچنین افزایش سرانه زباله است. به دلیل موقعیت مذهبی شهر مشهد سالانه بر میزان جمعیت آن افزوده می شود.

جدول ۳-۳- انواع زباله شهری تولید شده در مشهد ۱۳۷۹-۱۳۸۴ (شهرداری مشهد ۱۳۸۵)

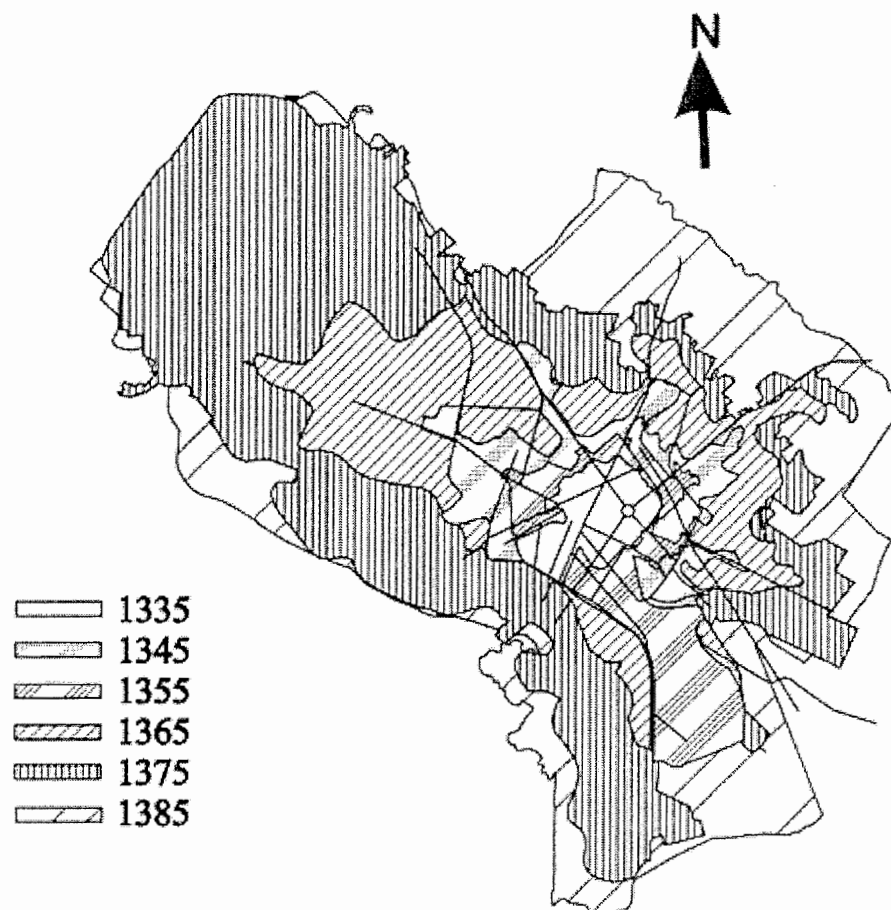
انواع زباله (تن)	خانگی	خاک و نخاله	سرجارو و مخلوط	لجن و رسوبات
۱۳۷۹	۳۶۲۲۵	۳۴۳۸۹	۷۶۶۴۲	۱۳۰۸۷
۱۳۸۰	۴۷۷۸۹۵	۱۸۵۰۱	۱۰۵۵۶۴	۸۲۸۶
۱۳۸۱	۴۱۸۳۳۶	۲۰۶۷۸	۱۰۶۹۳۴	۶۷۳۶
۱۳۸۲	۴۰۴۵۳۰	۲۱۷۳۵	۱۲۸۵۵۲	۵۸۴۰
۱۳۸۳	۴۱۶۶۵۹	۱۵۵۱۹	۱۵۲۳۱۹	۱۰۲۷۶
۱۳۸۴	۴۳۶۸۵	۸۹۲۳	۱۳۷۶۶۸	۱۱۴۶۲



شکل ۳-۶- نمودار تغییرات زباله در مشهد ۱۳۷۹-۱۳۸۴

شکل ۳-۷ گسترش شهر مشهد را در طی سالهای ۱۳۳۵-۱۳۸۵ نشان می دهد. همان طور که از شکل بر می آید گسترش شهر در طی سالهای ۱۳۳۵-۱۳۵۵ محدود می باشد. در طی سالهای ۱۳۵۵-۱۳۷۵ با افزایش واگذاری زمین ها به مردم روند گسترش شهر شدت بیشتری به خود گرفت. و

در دهه ۱۳۷۵-۱۳۸۵ از شدت گسترش شهر کاسته شده است.



شکل ۳-۷- گسترش شهر مشهد در طی سال های ۱۳۳۵-۱۳۸۵

مهمترین عامل در خدمت رسانی شهری جمعیت می باشد که در مشهد با توجه به اهمیت آن از نظر مذهبی بیشتر مورد توجه است.

جمعیت مشهد طبق آمارهای سال ۱۳۵۵ معادل ۶۶۷۷۷۰ نفر بوده است و در سال ۷۵ این رقم به ۱۸۸ ۷۴۰۵ نفر بالغ گردیده است. تخمین زده می شود که در سال ۱۳۸۵ حدود ۲۵۰۰۰۰ نفر در مشهد ساکن باشند (جدول ۳-۴). از طرف دیگر بعثت جاذبه مذهبی مرقد شریف امام رضا (ع) سالانه تعداد زیادی زائر وارد شهر می شوند (جدول ۳-۵). از اینرو حفظ بهداشت و محیط زیست کلان شهر مذهبی ایران از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

جدول ۳-۴- برآورد افزایش جمعیت مشهد در فاصله زمانی ۱۳۵۵-۱۳۹۵

سال	جمعیت (نفر)	درصد افزایش جمعیت
۱۳۵۵	۶۶۷۷۷۰	
۱۳۶۵	۱۴۶۳۵۰۸	۱۱۹
۱۳۷۰	۱۷۵۹۲۸۷	۲۰
۱۳۷۵	۱۸۸۷۴۰۵	۷
۱۳۸۰	۲۱۵۶۳۴۰	۱۴
۱۳۸۵	۲۴۳۹۷۰۰	۱۳
۱۳۹۰	۲۷۳۳۴۷۱	۱۲
۱۳۹۵	۳۰۳۲۷۹۵	۱۰

جدول ۳-۵- برآورد افزایش جمعیت زائر مشهد در فاصله سالهای ۱۳۵۵-۱۳۹۵

سال	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۰	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
جمعیت زائر (۱۰ ^۳) نفر	۶۷۸۰	۹۱۰۰	۱۱۹۲۵	۱۳۶۲۹	۱۵۵۷۶	۱۷۵۲۳	۱۹۴۷۰	۲۱۴۱۷

۳-۳- آنالیز زباله های شهری مشهد

بررسی کمی زباله های مشهد نشان می دهد که قسمت عمده زباله های تولیدی شهرستان زباله های تجزیه پذیر می باشد. کاغذ، پلاستیک، شیشه، چوب، استخوان، لاستیک و چرم در رده های بعدی قرار می گیرند. جدول ۳-۶ آنالیز زباله های مشهد را در طی دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳ نشان می دهد. مقایسه بین این دو آنالیز کاهش قابل توجه ای را در مواردی از قبیل کاغذ، شیشه و خاک و نخاله در مدت ۳ سال نشان می دهد. همچنین نشان دهنده افزایش مواد زاید فاسد شدنی و پلاستیک است. بیشترین سهم مواد زاید مربوط به مواد زاید فساد پذیر می باشد. در آنالیز سال ۱۳۸۱ کاغذ در رده دوم قرار داشته است که در سال ۱۳۸۳ در رده سوم و بعد از پلاستیک قرار می گیرد.

جدول ۳-۶- آنالیز زباله های مشهد (۱۳۸۱ و ۱۳۸۳)

ردیف	نوع مواد	درصد	
		عبدلی (۱۳۸۱)	پاپلی (۱۳۸۳)
۱	مواد فسادپذیر	۶۳/۹۲	۷۶/۵۲
۲	کاغذ و مقوا	۱۴/۴۱	۴/۸۷
۳	پلاستیک	۴/۲۲	۶/۷۱
۴	شیشه	۲/۸۴	۱/۶۹
۵	خاک و نخاله	۲/۴	۱/۵۹
۶	لاستیک	۰/۸۷	۰/۶۶
۷	فلزات	-	۲/۱۸
۸	منسوجات	-	۲/۳۴
۹	استخوان	۱/۶۹	-
۱۰	چوب	۲/۱۳	-
۱۱	چرم	۰/۶۶	-
۱۲	سایر موارد	۶/۸۶	۳/۴۴

مواد فساد پذیر و قابل تخمیر: این مواد مهمترین بخش مواد زاید را در هر شهری تشکیل می‌دهند. میزان مواد زاید فساد پذیر در مشهد در سال ۱۳۸۱، ۶۳/۹۲ درصد بوده است که این بخش مواد زاید در سال ۱۳۸۳ به میزان حدود ۱۳ درصد افزایش یافته است و به ۷۶/۵۲ درصد رسیده است. در ضمن بنظر میرسد که در آمار سال ۱۳۸۳ چوب و استخوان بعنوان زباله فسادپذیر طبقه‌بندی شده باشد. **کاغذ و مقوا:** این مواد کاهش چشمگیری را در بین زایدات مشهد نشان می‌دهد و مقدار آن از ۱۴ درصد به ۴ درصد رسیده است.

پلاستیک: افزایش دو درصدی در میزان پلاستیک شهر به دلیل افزایش از ظروف یک بار مصرف و بسته بندی های جدیدی که جهت حفظ بهداشت توسط صنایع مختلف صورت می گیرد، باشد. **شیشه:** شیشه به عنوان یکی از بخشهای اقتصادی زباله می باشد. بازیافت شیشه به دلیل مخلوط بودن این جزء با سایر اجزاء زباله باید صورت گیرد، به دلیل اینکه شیشه بر روی کیفیت کود ناشی از مواد قابل تجزیه بسیار تأثیر گذار است. بازیافت شیشه اصولاً توسط وسایل مکانیزه صورت می‌گیرد تا علاوه

بر رعایت بهداشت، کمترین زمان و در نتیجه کاهش هزینه و زمان را باعث گردد.

لاستیک: تفاوت اندک در کاهش میزان لاستیک در زباله های خانگی مشهود نشان دهنده عدم بازیافت این مواد می باشد. تا سال ۱۳۸۲ در مشهد هیچگونه تفکیکی بر روی لاستیک انجام نشده است (پاپلی یزدی ۱۳۸۳).

خاک و نخاله: میزان آن نسبت به آنالیز اولیه در سال ۱۳۸۱ کاهش نسبی نشان می دهد که به دلیل بازیافت آن توسط مردم می باشد. در ضمن خاطر نشان می شود که منظور از خاک و نخاله در اینجا عمدتاً خاک و نخاله ای است که همراه زباله های شهری بوده و قسمت عمده آن از مکان های عمومی ناشی می گردد. خاک و نخاله ساختمانی توسط سازمان بازیافت و تبدیل مواد جمع آوری شده و مابقی صرف پرکردن چاله های اطراف شهر می شود.

فلزات: فلزات بخش بسیار مهمی را در ترکیب زباله شهر مشهد دارند. همانطور که از جدول ۳-۶ پیدا است ۲/۱۸ درصد زباله را تشکیل داده و در بازیافت زباله نیز بسیار قابل توجه است.

۳-۴- وضعیت زباله مشهد در مقایسه با شهرهای ایران

جدول زیر نشان دهنده وضعیت فیزیکی زباله های برخی از شهرهای ایران می باشد. با توجه به این جدول و مقایسه آن با جدول ۲-۲ ایران در بین کشورهای کم درآمد قرار می گیرد.

جدول ۳-۷- مقایسه وضعیت زباله مشهد با برخی از شهرهای ایران

اجزاء (%)	تهران	اصفهان	اهواز	شیراز	مشهد
مواد فساد پذیر	۷۳/۳	۶۸/۶	۸۱/۱	۷۴/۲	۷۶/۵۲
کاغذ و مقوا	۱۰/۱	۴/۴	۸/۶	۱۰/۸	۴/۸۷
پلاستیک	۴/۶	۶/۶	۳/۴	۶/۶	۶/۷۱
فلز	۲/۲	۱/۳	-	۲/۱	۲/۱۸
شیشه	۲/۸	۵/۵	۱/۸	۲	۱/۶۹
منسوجات	۲/۳	۳/۲	۲/۴	۱/۱	۱/۲
چوب	۱/۲	۲/۱	-	-	-
سایر موارد	۴/۳	۸/۳	۲/۷	۳/۲	۳/۴۴

همان طور ملاحظه می شود در تمام آمارها میزان زباله های فسادپذیر مهمترین بخش زباله ها را تشکیل می دهد. درضمن بالا بودن میزان مقوا و کاغذ نشان دهنده عدم بازیافت مناسب در این بخش از زباله ها می باشد.

۳-۵- بازیافت در مشهد

مقایسه بین زباله های سال ۱۳۸۱ و سال ۱۳۸۳ نشان دهنده درصد قابل توجهی از مواد قابل بازیافت می باشد. میزان زباله هایی را که می توان دوباره مورد استفاده قرار داد بیش از ۸۲/۵ درصد (مجموع مواد فسادپذیر و کاغذ) می باشد (جدول ۳-۶). این بدین معنی است که با بازیافت این مواد حجم بسیار زیادی از زباله کم می شود. درصد بسیار بالای زباله های قابل تخمیر می تواند نیاز بسیاری از کشاورزان را در زمینه کود آلی مرتفع سازد. بازیافت کاغذ نیز اثرات اقتصادی بسیار مثبتی را به دنبال خواهد داشت. علاوه بر روش دفن زباله، در سالهای اخیر روشهایی دیگر نیز به سیستم دفن زباله شهر مشهد اضافه گردیده است. در مشهد هم اکنون ۱۲۷ کارگاه بازیافت مواد وجود دارد که در اطراف شهر پراکنده می باشند و بیشتر فعالیت آنها در زمینه بازیافت شیشه و فلز می باشد و تمرکز آنها در حاشیه شرقی و شمال شهر مشهد می باشد (پاپلی ۱۳۸۳).

علاوه بر این محل ها، مکان های وسیع تر و گسترده تری جهت بازیافت مواد زاید تجزیه پذیر نیز در مشهد وجود دارد که شامل کارخانه کود آلی و کارخانه تولید کاغذ از کاغذ باطله می شود.

کارخانه کود آلی در کنار محل دفن زباله و در واقع در ورودی محل می باشد. عملیات اجرایی آن مربوط به سال ۱۳۵۱ می باشد ولی تا سال ۱۳۷۵ به دلایل مختلف فنی و غیره آماده بهره برداری نشده بود. در سال ۱۳۷۶ با راه اندازی کامل، این کارخانه بخشی از زباله را به صورت کود از محیط خارج می کند. ظرفیت روزانه این کارخانه ۵۰۰ تن می باشد که در مدت سه ماه با طی کردن مراحل مختلف به کود تبدیل می شود و مازاد آن (اگر زباله ورودی قابل تبدیل به کود بیش از ۵۰۰ تن باشد) به صورت مستقیم دفن می شود. این کارخانه از بخشهای مختلفی تشکیل شده است. قسمت اول آن سیلوی تفکیک زباله ها می باشد بدین ترتیب که مواد قابل بازیافت مانند پلاستیک، فلزات که بصورت حلی، قوطی ها و ظروف می باشد را جدا می نمایند. بعد از مرحله جداسازی زباله وارد سیلوی تخمیر شده که به کمک آبدهی و حرارت تخمیر اولیه صورت می گیرد. در این محل زباله ها با وسایل

مکانیکی به صورت منظم زیر و رو می شوند تا تخمیر زباله تسریع گردد. جهت جلوگیری از انباشت شیرابه، کانال هایی تعبیه شده که شیرابه به وسیله این کانالها به حوضچه هایی هدایت شده و در نهایت به بیرون از سالن منتقل می شود. مرحله تخمیر در سالن ۲۲ روز بطول می انجامد و سپس مواد از سرندهای ۱۲ و ۶ میلیمتری رد می شوند. موادی که از سرند ۶ میلی متری رد می شوند بصورت کود نهایی بسته بندی می گردند و آنهایی که قطر آنها بین ۶-۱۲ میلی متر است به مدت دو ماه در فضای آزاد انباشته می شوند تا مواد آلی باقیمانده آنها تجزیه گردد. بعد از این مدت مجدداً در الکهای ۶ میلیمتری سرند می شوند. باقیمانده آنها که از این الک عبور نمی کنند به محل دفن برده شده و دفن می گردند.

لازم به توضیح است علاوه بر کارخانه کودآلی کارخانه تولید کاغذ نیز فعالیت خود را از سال ۱۳۸۳ با هدف تهیه کاغذ و مقوا از کاغذ باطله شروع کرده است.

فصل چهارم-اثرات زیست محیطی محل های

دفن زباله شهر مشهد

۴-۱- روش انجام مطالعات

در این بخش کلیه اقداماتی که برای مطالعه اثرات زیست محیطی مربوط به محل دفن زباله مشهد صورت گرفته به طور مختصر بیان شده است. به طور کلی در این تحقیق موارد ذیل انجام شده است:

الف- تهیه نقشه زمین شناسی

ب- مطالعه خواص فیزیکی و شیمیایی خاک های منطقه

پ- مطالعه خواص فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی در منطقه

ت- مطالعه خواص شیمیایی شیرابه تولید شده در محل دفن زباله

۴-۱-۱- تهیه نقشه زمین شناسی

با توجه به نقشه های زمین شناسی موجود منطقه (۱/۱۰۰۰۰۰)، عکسهای هوایی ۱/۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره ای و مشاهدات مربوط به بازدیدهای صحرایی، نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ تهیه و تکمیل شده است. برای این منظور از نرم افزار ArcView استفاده شده است.

۴-۱-۲- مطالعه خواص فیزیکی و شیمیایی خاک های منطقه

به منظور بررسی غلظت عناصر سنگین در خاک های منطقه مجاور محل دفن زباله و پایین دست آن،

تعداد ۹ نمونه خاک برداشت گردید. به منظور دوری از اثرات سطحی و همچنین مواد آلی، نمونه برداری از عمق ۱۵ الی ۳۰ سانتی متری انجام شد. از هر کدام از نقاط ۳-۳/۵ کیلو گرم خاک برداشته شد و در کیسه های پلاستیکی قرار گرفت. حدود یک کیلوگرم از خاک ها جهت آنالیز فلزات سنگین به آزمایشگاه فرستاده شد و بقیه جهت تعیین بافت خاک و تهیه عصاره اشباع برای اندازه گیری اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) مورد استفاده قرار گرفت.

الف- تعیین بافت خاک: برای تعیین بافت نمونه های خاک از روش هیدرومتری استفاده شد. این اندازه گیری در آزمایشگاه آب و خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام گرفت. برای تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری به صورت زیر عمل شده است:

ابتدا نمونه ها از الک ۲ میلی متری گذرانده و ۵۲ گرم از خاک در داخل بشر ریخته می شود. سپس نمونه را با آب مقطر مخلوط کرده و به مدت ۱۵-۳۰ دقیقه هم می زنیم. در مرحله بعد به نمونه ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک با نرمالیه ۰/۱ و ۱۰ میلی لیتر آب اکسیژنه اضافه می شود و دوباره به مدت ۱۵ دقیقه هم زده و سپس بر روی هیتر قرار داده می شود. به منظور جدا شدن ذرات تشکیل دهنده خاک، قبل از این که مواد بر روی هیتر قرار داده شود، ۲ گرم هگزا متا فسفات سدیم (کالگون) به محلول اضافه کرده و عمل هم زدن را ادامه می دهیم تا محلول به جوش آید. اگر محلول در طی عمل هم زدن کف کرده و سطح آن بالا بیاید مقداری الکل به آن اضافه می شود تا محلول سر ریز نکند. سپس محلول به یک بشر پلاستیکی انتقال داده شده و با استفاده از همزن برقی به مدت ۵ دقیقه محلول کاملاً مخلوط شده تا محلول همگنی بدست آید. محلول را به یک استوانه مدرج ۱۰۰۰ میلی لیتری منتقل کرده و با آب مقطر به حجم می رسانیم. در مرحله بعد با استفاده از یک همزن دستی، نمونه را کاملاً در داخل استوانه هم می زنیم و بعد همزن را خارج می کنیم و به مدت ۳۰ ثانیه محلول به حال خود رها می شود و در ثانیه سیام هیدرومتر در داخل استوانه قرار داده می شود. پس از گذشت ۱۶ ثانیه هیدرومتر قرائت شده و همزمان دمای سوسپانسیون نیز قرائت می گردد. سپس سوسپانسیون را برای ۲ ساعت کنار گذاشته و مجدداً اندازه گیری های فوق تکرار می گردد.

اعداد R_1 (قرائت اولیه از روی هیدرومتر با توجه به تصحیح درجه حرارت)، T_1 (درجه حرارت اولیه) R_2 (قرائت هیدرومتر بعد از گذشت ۲ ساعت با توجه به تصحیح درجه حرارت)، T_2 (درجه حرارت بعد از گذشت ۲ ساعت) و w (وزن خاک خشک) پارامترهای مورد نیاز جهت تعیین درصد ذرات رس، سیلت

و شن می باشند. از آنجایی که درجه حرارت استاندارد برای هیدرومتر بکار گرفته شده برابر با ۲۰ درجه سانتیگراد می باشد، اگر دمای محلول از ۲۰ درجه سانتیگراد بیشتر و یا کمتر باشد، به ازای هر درجه سانتیگراد کمتر، از قرائت هیدرومتر ۰/۳۶ کاسته می شود و بالعکس به ازای هر درجه سانتیگراد بیشتر از درجه حرارت استاندارد (۲۰ درجه سانتیگراد)، ۰/۳۶ به قرائت هیدرومتر افزوده می شود. در نهایت با استفاده از روابط ذیل درصد ذرات رس، سیلت و شن محاسبه می شوند:

$$\%(Silt + Caly) = \frac{R_1}{w} \times 100 \quad (1-4)$$

$$\%(Caly) = \frac{R_2}{w} \times 100 \quad (2-4)$$

$$\%(Silt) = \%(Silt + Clay) - \%(Clay) \quad (3-4)$$

$$\%(Sand) = 100 - \%(Silt + Clay) \quad (4-4)$$

بعد از محاسبه درصد ذرات رس، سیلت و شن که ذرات اصلی تشکیل دهنده خاک می باشند، با مراجعه به مثلث بافت خاک (Soil Texture Triangle)، بافت خاک برای نمونه ها تعیین می شود.

ب- تهیه عصاره اشباع: جهت تهیه عصاره اشباع (Saturation Extract) از خاک های منطقه، ۵۰۰ گرم از خاک رد شده از الک ۲ میلیمتری را با آب مقطر مخلوط کرده و آنقدر هم می زنیم تا هنگامی که اگر بوسیله تیغه ای نازک شیار به پهنای ۰/۵ سانتیمتر در گل ایجاد کنیم، شیار ایجاد شده در گل براحتی بسته شود. در ضمن گل ایجاد شده باید سطحی براق داشته و لغزنده باشد. به منظور بهتر ساخته شدن گل به مدت ۸-۱۰ ساعت پس از همزدن در گوشه ای ساکن قرار داده شده و سپس مجدداً به مدت دو ساعت بهم می زنیم. سپس گل را به داخل قیف بوختر ریخته، و این قیف بر روی یک ارلن مایر متصل می شود. خروجی ارلن به پمپ خلأ متصل می گردد و به مدت ۲-۳ ساعت عصاره اشباع گل، توسط پمپ خلأ از گل خارج شده و در ارلن مایر ذخیره می شود. آب ذخیره شده جهت استفاده برای اندازه گیری اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) استفاده می شود.

ج- اندازه گیری خواص شیمیایی خاک: در تمام نمونه های خاک غلظت عناصر آهن (Fe)، منگنز (Mn)، مس (Cu)، سرب (Pb)، کبالت (Co) و روی (Zn) با روش جذب اتمی (Atomic Absorption) در آزمایشگاه شیمی پارک علم و فناوری استان سمنان اندازه گیری شده است.

۴-۱-۳- مطالعه خواص فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی

با توجه به عدم وجود آب های سطحی در منطقه در زمان نمونه برداری ، نمونه برداری ها محدود به آب های زیرزمینی منطقه گردید. به این ترتیب که از آب های زیرزمینی ۷ نمونه آب برداشت گردید که ۵ نمونه مربوط به چاه های پایین دست منطقه فعلی دفن زباله شهر مشهد و دو نمونه مربوط به محل های قدیمی دفن زباله در داخل شهر بود. جهت نمونه برداری، از بطری های پلی اتیلنی ۲۵۰ میلی لیتری دارای دو درپوش استفاده گردید که در هنگام نمونه برداری حداقل سه بار با آب مورد نظر شستشو داده شدند. سپس نمونه برداری به گونه ای انجام گردید که بطری کاملاً از آب پر شود و هیچگونه حباب هوایی وارد ظرف نمونه برداری نشود.

پارامترهای اندازه گیری شده برای آب را می توان به دو گروه پارامترهای اندازه گیری شده در محل شامل اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، درجه حرارت (T) و گازهای هیدروژن سولفور (H₂S) و دی اکسید کربن محلول در آب (CO₂) و پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه شامل غلظت آنیون ها و کاتیون های عمده طبقه بندی کرد.

الف - پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری: همانطور که گفته شد پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته، دمای آب و دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن محلول در آب در محل نمونه برداری اندازه گیری شدند. نحوه اندازه گیری این پارامترها به طور مختصر در زیر ارائه می شود:

اندازه گیری هدایت الکتریکی آب: مقدار هدایت الکتریکی (EC) برای تمام نمونه های آب در محل نمونه برداری، توسط دستگاه EC متر ساخت شرکت HACH اندازه گیری شده است. این اندازه گیری در آبان ماه ۱۳۸۴ که حدوداً پایان دوره خشک می باشد صورت گرفت. دقت این دستگاه برای اندازه گیری هدایت الکتریکی در محدوده کمتر از ۲۰۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر برابر با یک میکرو موس بر سانتیمتر و در محدوده بزرگتر از ۲۰۰۰ میکرو موس بر سانتی متر برابر با ۱۰ میکرو موس بر سانتی متر می باشد.

اندازه گیری اسیدیته: اندازه گیری مقدار اسیدیته یا pH برای تمام نمونه های آب همانند هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری انجام شد. برای اندازه گیری کردن اسیدیته از دستگاه pH متر مدل HACH استفاده شده است. دقت این دستگاه برای اندازه گیری pH برابر با ۰.۱/ واحد می باشد.

لازم به ذکر است که قبل از اندازه گیری pH، با استفاده از محلول های بافر ۴ و ۷، pH متر مذکور واسنجی شده است.

اندازه گیری درجه حرارت آب: درجه حرارت برای تمام نمونه ها در محل نمونه برداری همزمان با دو پارامتر فوق الذکر (هدایت الکتریکی و اسیدیته) اندازه گیری شده است. این اندازه گیری به وسیله دستگاه EC متر مجهز به دماسنج در محل نمونه برداری آب انجام شده است. دقت اندازه گیری درجه حرارت توسط این دستگاه برابر با ۰/۱ درجه سانتیگراد است.

اندازه گیری دی اکسید کربن محلول در آب: به منظور اندازه گیری این پارامتر، ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه آب در یک بشر ۲۰۰ میلی لیتر ریخته شد، و ۵ الی ۶ قطره فنل فتالین به آن اضافه شده و سپس با محلول سود سوز آور (NaOH) ۰/۰۲ نرمال تیترا شده است. این عمل تا تغییر رنگ آب از بی رنگ به صورتی کم رنگ ادامه داده می شود. در لحظه ای که تغییر رنگ ایجاد شد مقدار مصرفی سود قرائت شده و سپس با استفاده از رابطه زیر مقدار گاز دی اکسید کربن محلول در آب محاسبه می شود (Merk 1970):

$$CO_2(mg/l) = \frac{A \times N \times 44000}{V_w} \quad (۵-۴)$$

که در آن، A مقدار سود (mg)، N نرمالیه سود، V_w حجم نمونه آب در آزمایش می باشد. **اندازه گیری سولفید هیدروژن محلول در آب:** سولفید هیدروژن پارامتر دیگری است که در محل نمونه برداری اندازه گیری شد. بدین منظور ۲۰ میلی لیتر از نمونه در داخل یک بشر ۱۰۰ میلی لیتری ریخته شده و به آن یک میلی لیتر معرف چسب نشاسته اضافه گردید. سپس مخلوط آب و چسب نشاسته به وسیله محلول ۰/۰۰۱ مولار ید تیترا شد. با تغییر رنگ از بی رنگ به آبی کم رنگ میزان ید مصرفی یادداشت گردید. با به دست آوردن میزان ید و داشتن غلظت آن با استفاده از فرمول زیر میزان سولفید هیدروژن نمونه ها محاسبه می شود (Merk 1970):

$$H_2S(mg/l) = \frac{M_{I_2} \times V_{I_2} \times 34 \times 1000}{V_w} \quad (۶-۴)$$

که در آن M_{I_2} : غلظت ید، V_{I_2} : حجم ید مصرفی و V_w : حجم نمونه آب در آزمایش می باشد.

ب- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه: برای تمام نمونه های آب غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی شامل: فسفات (PO_4^{3-})، کلر (Cl^-)، کلسیم (Ca^{+2})، منیزیم (Mg^{+2})، سدیم (Na^+)، بی کربنات (HCO_3^-)، کربنات (CO_3^{2-})، سولفات (SO_4^{2-}) و نیترات (NO_3^-) به فاصله ۴۸ ساعت از نمونه برداری در آزمایشگاه پارک علم و فناوری استان سمنان مورد اندازه گیری قرار گرفتند. با استفاده از نتایج حاصله پارامترهای زیر محاسبه شدند:

درصد خطا آزمایش: برای محاسبه درصد خطای آزمایش از معادله زیر استفاده می شود.

$$\%Error = \frac{\left| \sum Cat - \sum Ani \right|}{\frac{\sum Cat + \sum Ani}{2}} \times 100 \quad (۷-۴)$$

که در آن $\sum Cat$ و $\sum Ani$ به ترتیب مجموع کاتیونها و آنیونها برحسب میلی اکی والان بر لیتر می باشد. نسبت جذب سدیم: نسبت جذب سدیم (Sodium Adsorption Ratio) یکی از پارامترهایی است که برای بیان مقدار سدیم موجود در آب مورد استفاده قرار می گیرد و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}} \quad (۸-۴)$$

غلظت تمامی کاتیون ها برحسب میلی اکی والان بر لیتر بیان می شود (Todd 1980).

درصد سدیم: برای محاسبه درصد سدیم (Sodium percentage) از معادله زیر استفاده می شود:

$$\%Na = \frac{Na^+}{Na^+ + Ca^{+2} + K^+ + Mg^{+2}} \times 100 \quad (۹-۴)$$

غلظت کاتیون های کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم برحسب میلی اکی والان بر لیتر می باشد.

سختی: سختی (Hardness) طبق رابطه زیر به دست می آید:

$$H = 2.5Ca^{2+} + 4.1Mg^{2+} \quad (۱۰-۴)$$

که در آن H سختی بر حسب میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم می باشد. Ca و Mg به ترتیب غلظتهای کلسیم و منیزیم بر حسب میلی گرم در لیتر است (Todd 1980).
قلیائیت: برای محاسبه قلیائیت (Alkalinity) از معادله ۴-۱۱ استفاده می شود.

$$A = [CO_3^{2-}] + [HCO_3^{-}] \quad (۴-۱۱)$$

که در آن A مقدار قلیائیت بر حسب (mg/l) و غلظت هر دو یون کربنات و بی کربنات بر حسب میلی گرم بر لیتر بیان می گردد (Todd 1980).

کل جامدات محلول: محاسبه کل جامدات محلول (Total Dissolved Solid) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود

$$TDS = \sum Ions \quad (۴-۱۲)$$

که در آن TDS و غلظت تمام آنیون ها و کاتیون ها بر حسب میلی گرم بر لیتر می باشد.

۴-۱-۴- آنالیز شیمیایی شیرابه محل دفن

جهت تعیین آلودگی ناشی از شیرابه محل فعلی دفن زباله های شهر مشهد، دو نمونه ۲۵۰ میلی لیتری از شیرابه تولیدی از محل دفن که در حوضچه تثبیت شیرابه جمع شده بود، نمونه برداری گردید. سپس نمونه های برداشت شده با هم مخلوط شده و از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد تا یک محلول نسبتاً همگن و بدون ذرات معلق به دست آید. سپس برای محلول به دست آمده غلظت عناصر سرب (Pb)، روی (Zn)، نیکل (Ni)، مس (Cu)، آهن (Fe)، سدیم (Na)، منیزیم (Mg) و کلسیم (Ca) با روش جذب اتمی (Atomic Absorption) در آزمایشگاه شیمی دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه گیری شد. روش اندازه گیری برای تمام عناصر مشابه بود که در ذیل بطور مختصر توضیح داده می شود:

در تمام موارد برای به دست آوردن غلظت ابتدا ۵ استاندارد تهیه شده و برای تمام این استانداردها با دستگاه جذباتمی قرائت انجام شد. سپس برای نمونه مورد نظر، نیز با روش جذب اتمی، قرائت انجام شد. با داشتن غلظت استانداردهای تهیه شده و قرائت دستگاه مربوط به استانداردها، نمودار واسنجی (غلظت- قرائت دستگاه) تهیه شده و با عنایت به قرائت دستگاه برای نمونه مورد نظر، غلظت مربوط به

آن محاسبه گردید.

۴-۲- بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی در پایین دست محل دفن زباله

به منظور بررسی کیفی آبهای زیرزمینی در پایین دست محل دفن زباله مشهد از ۷ حلقه چاه موجود در پایین دست محل فعلی دفن زباله شهر مشهد و محل های قدیمی در تاریخ ۱۳۸۴/۸/۱۴ نمونه برداری انجام گردید. شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی این چاه ها را نشان می دهد. در محل نمونه برداری هدایت الکتریکی (EC)، درجه حرارت آب (T)، اسیدیته (pH) و مقادیر گازهای سولفید هیدروژن (H_2S) و دی اکسید کربن (CO_2) محلول در آب اندازه گیری شدند و در آزمایشگاه کاتیونها و آنیونهای اصلی اندازه گیری گردیدند.

۴-۲-۱- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری

همانطور که گفته شد برای نمونه های آب چاه های موجود در محل های دفن زباله پارامترهای درجه حرارت (T)، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، دی اکسید کربن (CO_2) و سولفید هیدروژن (H_2S) محلول در آب در محل اندازه گیری شدند. نتایج بدست آمده در جدول (۴-۱) ارائه شده است.

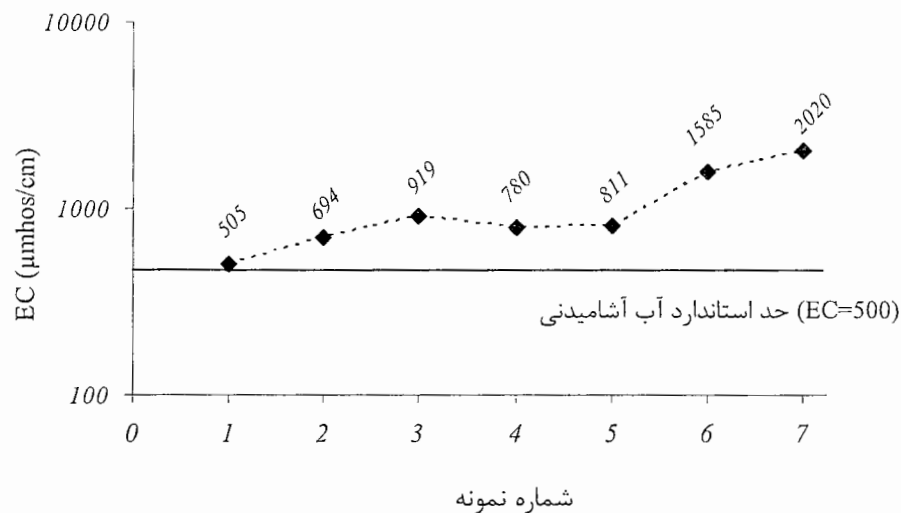
جدول ۴-۱- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری (نمونه های آب زیر زمینی)

شماره نمونه	موقعیت جغرافیایی	EC $\mu S/cm$	pH	T (C°)	CO_2 (mg/l)	H_2S (mg/l)	فاصله از محل دفن (m)
۱	59°39'55" 36°10'53"	۵۰۵	۸/۱۸	۲۱	۰/۹	۲/۴	۲۵۰۰
۲	59°40'54" 36°10'40"	۶۹۴	۸/۲۲	۲۰/۸	۰/۴	۱/۲	۳۷۰۰
۳	59°41'57" 36°10'11"	۹۱۹	۸/۲۵	۲۵/۲	۰/۱	۱/۴	۵۴۵۰
۴	59°43'2" 36°10'41"	۷۸۰	۸/۳۲	۲۱/۷	۳/۱	۱/۵	۶۵۰۰
۵	59°42'10" 36°12'1"	۸۱۱	۷/۷	۲۱/۸	۳/۲	۱/۵	۶۰۰۰
۶	59°38'38" 36°17'6"	۱۵۸۵	۷/۱۹	۱۹/۸	۵/۲	۱۶/۲	-
۷	59°36'56" 36°19'12"	۲۰۲۰	۷/۳۵	۲۰/۱	۵/۷	۱۴/۵	-

نتایج مندرج در جدول ۴-۱ را می توان بدین صورت تفسیر کرد:

الف- درجه حرارت: درجه حرارت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه به استثناء نمونه شماره ۳ از حدود ۱۹/۸ تا ۲۱/۸ درجه سانتیگراد متغیر است که این اختلاف اندک به عمق سطح ایستابی و همچنین زمان اندازه گیری مربوط می شود. در مورد نمونه شماره ۳ که دمای آب برابر با ۲۵/۲ درجه سانتی گراد است، علی رغم اختلاف در زمان اندازه گیری و عمق سطح ایستابی احتمالاً آب زیرزمینی از سفره ای دیگر سرچشمه می گیرد.

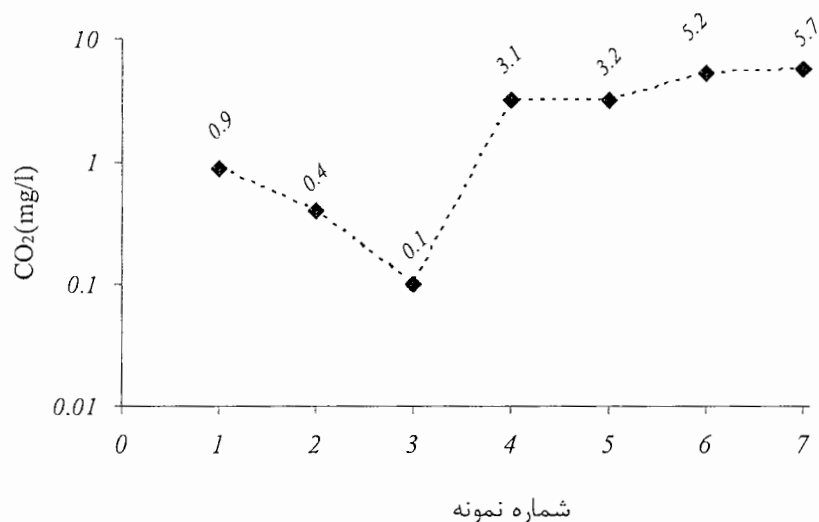
ب- هدایت الکتریکی: مقدار هدایت الکتریکی در نمونه ها از ۵۰۵ تا ۲۰۲۰ میکرو موس بر سانتی متر تغییر می کند. همان طور که شکل ۱-۱ نشان می دهد، نمونه های ۱، ۲، ۴ و ۵ که به ترتیب مربوط به چاه های عمیق موجود در آبراهه پایین دست منطقه دفن زباله شهر مشهد می باشند، هدایت الکتریکی آنها از بالادست آبراهه به پایین دست افزایش پیدا نموده که امری کاملاً طبیعی می باشد. به این ترتیب که از بالادست آبراهه به سوی پایین دست آن، طول مسیری که آب در زیرزمین طی کرده است، افزایش پیدا می کند و این امر باعث افزایش زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی و انحلال بیشتر مواد می شود. انحلال بیشتر مواد توسط آب باعث افزایش املاح محلول در آب می شود که با هدایت الکتریکی آب رابطه مستقیمی دارد. در مورد نمونه شماره ۳ که هدایت الکتریکی ۹۱۹ میکرو موس بر سانتی متر می باشد، همان طور که درجه حرارت آب این چاه با بقیه چاه ها متفاوت است، احتمالاً مربوط به سفره آب دیگری می باشد. در مورد چاه های شماره ۶ و ۷، این نمونه ها در داخل شهر (پارک های امت و مطهر، محل های قبلی دفن زباله مشهد) واقع شده اند، که تحت تأثیر جریان آب زیرزمینی می باشد که از مناطق دور دست وارد دشت مشهد شده اند و زمان تماس آب زیرزمینی با مواد تشکیل دهنده لایه آبدار نسبتاً طولانی بوده است. شکل ۴-۱ نمودار شولر (Schuler) مربوط به مقادیر هدایت الکتریکی آب را در چاه های مورد مطالعه نشان می دهد. در ضمن مقدار هدایت الکتریکی برای آب های آشامیدنی طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) برابر با ۵۰۰ میکرو موس بر سانتی متر می باشد؛ که این مقدار به صورت خط راست در نمودار ارائه شده است. این پارامتر برای آب کشاورزی ۲۰۰۰-۳۰۰۰ میکرو موس بر سانتی متر است.



شکل ۴-۱- نمودار شولر مربوط به مقادیر هدایت الکتریکی آب در چاه های مورد مطالعه

ج- **اسیدیته:** به استثناء نمونه های ۵، ۶ و ۷ pH بقیه نمونه ها در محدوده ۸/۲ می باشد (جدول ۴-۱). در محدوده pH برابر با ۸/۲ بخش اندکی از قلیائیت آب مربوط به CO_3^{2-} و بخش اصلی آن مربوط به HCO_3^- می شود. در pH های کمتر از ۸/۲ تقریباً تمام قلیائیت آب مربوط به یون بی کربنات می شود. هر قدر pH بالاتر از ۸/۲ باشد کربنات آب افزایش پیدا می کند. مقادیر به دست آمده با نتایج آنالیز شیمیایی آب (مقادیر CO_3^{2-} و HCO_3^-) کاملاً هم خوانی دارد.

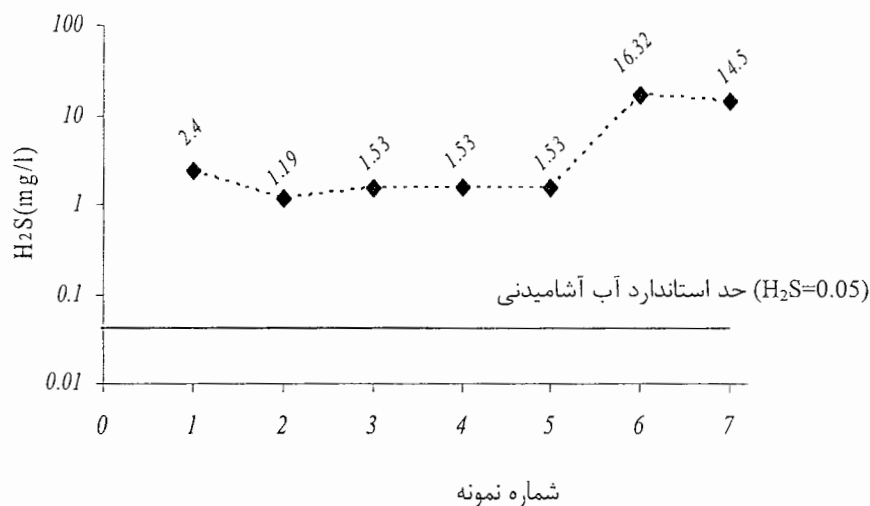
د- **دی اکسید کربن:** مقدار دی اکسید کربن محلول در آب در منطقه مورد مطالعه بسیار متغیر بوده و از حدود ۰/۱ تا ۵/۷ میلی گرم در لیتر متغیر می باشد. در مورد نمونه های ۱، ۲ و ۳ علت کمبود دی اکسید کربن محلول به خاطر مصرف شدن این گاز در حین انحلال کربنات کلسیم موجود در سفره آب زیرزمینی می باشد. در نمونه های ۴، ۵، ۶ و ۷ که مربوط به چاه هایی هستند که در دشت واقع شده اند و زمین ها در این مناطق کاربری کشاورزی دارند، علت بالا بودن نسبی دی اکسید کربن محلول در آب این چاه ها بالا بودن دی اکسید کربن هوای به دام افتاده در خاک (به علت فعالیت میکروارگانیسم ها و ریشه گیاهان) می باشد که سبب بالا رفتن غلظت دی اکسید کربن آب های برگشتی کشاورزی به داخل سفره آب زیرزمینی می شوند (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- نمودار شولر مربوط به مقادیر دی اکسید کربن آب در چاه های مورد مطالعه

ه- سولفید هیدروژن: با عنایت به نتایج مندرج در جدول ۴-۱ ملاحظه می شود که در تمام نمونه ها گاز سولفید هیدروژن کم و بیش وجود دارد که بیانگر آلودگی آب زیرزمینی توسط زباله ها می باشد. نمونه های ۶ و ۷ بیشترین غلظت گاز سولفید هیدروژن را دارند (۱۶/۲ و ۱۴/۵ میلی گرم در لیتر) که دلیل آن قرار داشتن این چاه ها در داخل شهر (پارک های امت و مطهر، محل های قبلی دفن زباله مشهد) و تأثیر آن ها از چاه های فاضلاب مجاور می باشد. در مورد بقیه چاه ها، اگر چه غلظت گاز سولفید هیدروژن در مقایسه با چاه های شماره ۶ و ۷ به مراتب کمتر است (به دلیل این که این چاهها تحت تأثیر چاه های فاضلاب نمی باشند) ولیکن در مورد چاه شماره ۱ غلظت گاز سولفید هیدروژن نسبت به بقیه به طور قابل توجهی بالاتر است. علت این امر ممکن است نشت شیرابه از محل دفن زباله باشد زیرا این چاه در مجاورت آبراهه ای قرار گرفته است که از محل دفن زباله سرچشمه می گیرد و در بسیاری از موارد در آن (آبراهه) شیرابه ناشی از زباله ها جاری می باشد و علاوه بر این نزدیک ترین چاه به محل دفن زباله است. شکل ۴-۳، نمودار شولر مربوط به مقادیر گاز سولفید هیدروژن را نشان می دهد.

در ضمن لازم به ذکر است که استاندارد غلظت گاز سولفید هیدروژن در آب ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر می باشد (WHO).



شکل ۴-۳- نمودار شولر مربوط به مقادیر سولفید هیدروژن آب در چاه های مورد مطالعه

۴-۲-۲- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه

علاوه بر پارامترهای هدایت الکتریکی، درجه حرارت، اسیدیت، و گازهای دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن محلول در آب که در محل نمونه برداری اندازه گیری شدند کاتیون ها و آنیون های اصلی موجود در آب شامل سدیم، کلسیم، منیزیم، بی کربنات، کلر، سولفات، کربنات، نیترات و فسفات در آزمایشگاه اندازه گیری شدند که نتایج حاصله در جدول ۴-۲ ارائه شده اند:

جدول ۴-۲- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه (mg/l) در نمونه های آب زیر زمینی

شماره نمونه	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
۱	۵	۱۹۵	۳۴	۶۵	۹/۶	۰/۰۸	۳۲	۹	۹۸/۸
۲	۵	۱۸۵	۶۸	۱۱۰	۱۷/۶	۰/۱۸	۴۴	۱۲	۱۱۲
۳	۱۰	۲۵۵	۱۱۰	۱۷۰	۱۶/۸	۰/۴۳	۳۶	۷	۱۸۸
۴	۱۰	۲۱۸	۷۰	۱۲۱	۱۲/۹	۰/۳۱	۱۹/۵	۹/۸	۱۴۲/۳
۵	۰	۲۴۰	۷۳	۱۲۴	۱۲/۸	۰/۲۹	۲۰	۱۰	۱۴۴/۵
۶	۰	۳۵۰	۲۳۰	۱۶۵	۱۸۰	۰/۲۱	۳۵	۴۸	۱۹۴/۲
۷	۰	۳۴۲	۲۹۵	۲۰۸	۱۹۵	۰/۳	۳۴	۵۶	۲۶۲/۱

درصد خطای آزمایش، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، تیپ آب و ترسیم نمودارهای پایپر و استیف بر اساس میلی اکلی والان بر لیتر صورت می گیرد، بنابراین غلظت عناصر بر حسب میلی اکلی والان بر لیتر محاسبه و در جدول ۳-۴ ارائه شده است. در ادامه نتایج به دست آمده برای هر یک از عناصر به طور مجزا بررسی شده است:

جدول ۳-۴- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه بر حسب (meq/l) در نمونه های آب زیر زمینی

شماره نمونه	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	PO_4^{3-}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	Error %
۱	۰/۱۶	۳/۱۹	۰/۹۵	۱/۳۵	۰/۱۵	۰/۰۰۳۶	۱/۶	۰/۷۵	۴/۳	۱۳
۲	۰/۱۶	۳/۰۳	۱/۹۱	۲/۲۹	۰/۲۷	۰/۰۰۸۱	۲/۲	۱	۴/۸	۴/۷
۳	۰/۳۳	۴/۱۸	۳/۰۹۸	۳/۵۴	۰/۲۶	۰/۰۱۹۵	۱/۸	۰/۵۸	۸/۱۷	۸
۴	۰/۳۳	۳/۵۷	۱/۹۷	۲/۵	۰/۲	۰/۰۱۴	۰/۹۷	۰/۸۱	۶/۱۸	۷/۷
۵	۰	۴۰	۲/۰۲۵	۲/۶	۰/۲	۰/۰۱۳۱	۱	۰/۸۳	۶/۲۸	۸/۰۱
۶	۰	۵/۷۳	۶/۴۷	۳	۲/۸۵	۰/۰۰۹۵	۱/۷۵	۴	۸/۴	۲۶/۶
۷	۰	۵/۷	۸/۳	۴/۳	۳/۱۴	۰/۰۱	۱/۷	۴/۶	۱۱/۴	۱۸/۶

سدیم: همان طور که در جدول ۲-۴ ملاحظه می گردد مقادیر سدیم بین ۹۸/۹ - ۲۶۲/۱ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد. غلظت سدیم در آب شرب معمولاً کمتر از ۲۰ میلی گرم در لیتر می باشد، ولی در بعضی مناطق می تواند از این مقدار نیز تجاوز نماید. تا کنون رهنمودهای بهداشتی برای آن ارائه نگردیده است، ولی غلظت های بالاتر از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر ممکن است طعم غیرقابل قبولی را ایجاد نمایند. البته دستورالعملهای مجمع اروپایی، از سال ۱۹۸۴ غلظت معادل ۲۰ میلی گرم در لیتر را به عنوان راهنما پیشنهاد می کند و حداکثر غلظت را از ۱۷۵ به ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر کاهش داده است (نفری ۱۳۸۲). در تحقیقات انجام شده در هلند افزایش تدریجی فشار خون بین ۳-۵ میلی متر جیوه بر اثر غلظت ۱۲۸-۱۶۸ میلی گرم در لیتر سدیم آب نسبت به غلظت ۲۲ میلی گرم در لیتر ثابت شده است (اسماعیل ساری ۱۳۸۱). با توجه به اینکه نمونه های مختلف برداشت شده در ۴ مورد دارای مصرف آب شرب می باشند (نمونه های ۱، ۴، ۲ و ۶) این منابع آبی از لحاظ سدیم دچار آلودگی

شده اند. در ضمن باید توجه داشت که سدیم از عناصر تأثیرگذار در کشاورزی می باشد. سدیم به دو علت یکی از پارامترهای بسیار مهم در آب آبیاری قلمداد می شود، دلیل اول، تأثیری است که بر ویژگی های فیزیکی خاک می گذارد و باعث کاهش نفوذ پذیری خاک می گردد و دلیل دوم تأثیر شیمیایی بر روی گیاه است که بالا بودن غلظت آن باعث اختلال در متابولیسم گیاهی می شود. به منظور بررسی غلظت سدیم در خصوص آب آبیاری از دو پارامتر SAR (نسبت جذب سدیم) و $\text{Na}/\%$ (درصد سدیم) استفاده می شود. جدول ۴-۴ محاسبات مربوط به SAR و $\text{Na}/\%$ را با استفاده از فرمولهای ۴-۸ و ۴-۹ نشان می دهد. نمودار شولر مربوط به این عنصر در شکل ۴-۴ ارائه شده است.

منیزیم: غلظت منیزیم در آب های مورد مطالعه از ۷ تا ۵۶ میلی گرم بر لیتر متغیر است. غلظت استاندارد منیزیم با توجه به میزان سولفات آب سنجیده می شود، بدین ترتیب که اگر مقدار سولفات بیش از ۲۵۰ میلی گرم در لیتر باشد، میزان منیزیم حداکثر باید ۳۰ میلی گرم در لیتر باشد. چنانچه میزان سولفات کمتر از ۲۵۰ میلی گرم در لیتر باشد منیزیم تا ۱۲۵ میلی گرم بر لیتر می تواند تغییر کند (UNESCO1972 as cited in Brown *et al.* 1972). غلظت این کاتیون بر اساس استاندارد ارائه شده توسط مؤسسه تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران ۵۰ میلی گرم در لیتر و حداکثر مقدار مجاز آن ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر می باشد. اهمیت غلظت منیزیم تأثیر بر روی سختی آب است، به این ترتیب که سختی آب با توجه به غلظت یون های کلسیم و منیزیم تعیین می شود. مقدار سختی آب با توجه به فرمول (۴-۱۰) محاسبه و در جدول ۴-۴ ارائه شده است. بر اساس سختی آب ها به ۶ دسته تقسیم می شوند (جدول ۴-۵).

جدول ۴-۴- نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، کل جامدات محلول؛ سختی و قلیائیت نمونه ها

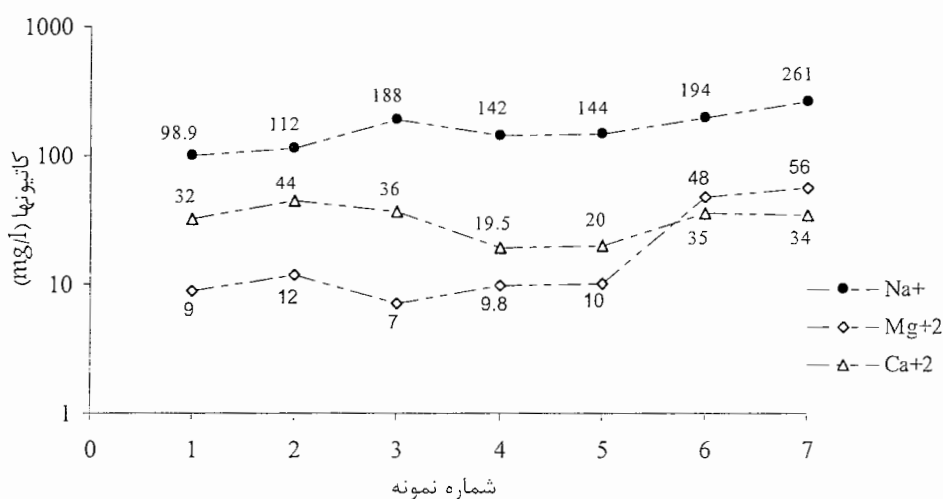
شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
SAR	۳/۹۶	۳/۸۴	۷/۴۸	۶/۵۳	۶/۵۶	۴/۹۷	۶/۳۸
$\text{Na}/\%$	۶۴	۶۰	۷۷/۴	۷۷/۵	۷۷/۴	۵۹	۶۴
(mg/l)TDS	۴۴۹	۵۵۴	۷۹۳	۶۰۳	۶۲۴	۱۲۰۲	۱۳۹۱
(mg/l)Hardness	۱۱۷	۱۹۵	۱۱۹	۸۹	۹۱	۲۸۴	۳۱۷
(mg/l) Alkalinity	۲۰۰	۱۹۰	۲۶۵	۲۲۸	۲۴۰	۳۵۰	۳۴۲

جدول ۴-۵- سختی آب و محدوده تغییرات آن (نفری ۱۳۸۲)

سبک	نیمه سبک	کمی سخت	نیمه سخت	سخت	بسیار سخت
۵۰-۰	۱۰۰-۵۰	۱۵۰-۱۰۰	۲۰۰-۱۵۰	>۲۰۰	>۳۰۰

آب های سبک تر از ۳۰-۵۰ میلی گرم در لیتر میل به خوردنگی نشان می دهند و باید همواره از نقطه نظر قابلیت حل کردن سرب در خود آزمایش شوند (نفری ۱۳۸۲). همچنین بین سختی آب و تعداد بیماران قلب و عروقی رابطه ای آماری وجود دارد، بدین ترتیب که در مناطقی که از آب شرب سبک استفاده می شود، تعداد بیماران مبتلا به قلب و عروق یا ترکیبی از این بیماری ها به طور قابل ملاحظه ای بیشتر است (امیر بیگی ۱۳۸۱). بر طبق پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۷۱ بالاترین حد مطلوب سختی برابر ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم است. طبق دستور العمل های مجمع اروپایی در سال ۱۹۸۰، حداقل غلظت سختی ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم است. در نمونه های مورد آزمایش نمونه های ۴ و ۵ نیمه سبک می باشند، نمونه های ۱ و ۳ کمی سخت، نمونه ۲ نیمه سخت، نمونه ۶ سخت و نمونه ۷ بسیار سخت می باشند.

کلسیم: غلظت کلسیم در نمونه ها بین ۱۹ تا ۴۴ میلی گرم در لیتر تغییر می کند که با توجه به استانداردهای ارائه شده آلودگی نشان نمی دهد. محدوده مناسب کلسیم برای آب شرب بین ۷۰ تا ۲۰۰ تغییر می کند (UNESCO 1972 as cited in Brown *et al.* 1972).



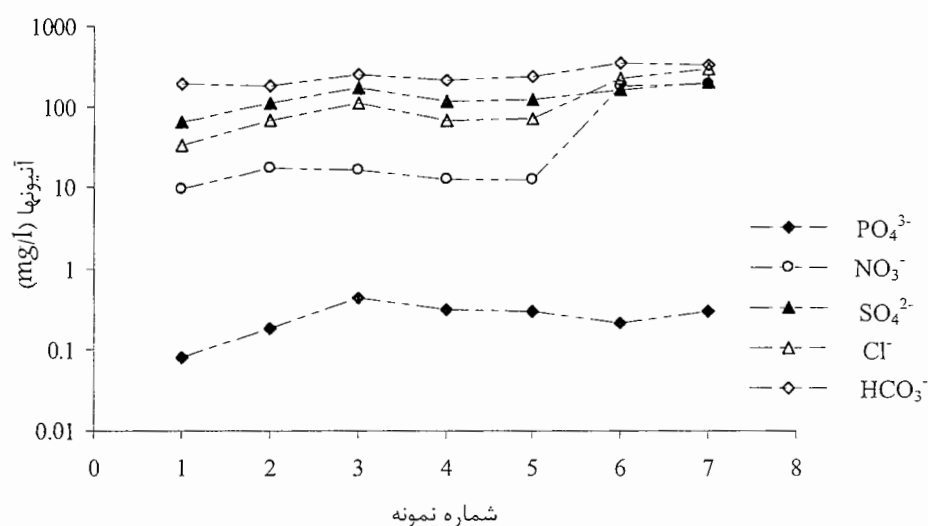
شکل ۴-۴- نمودار شولر مربوط به مقادیر کاتیونهای آب در چاه های مورد مطالعه

فسفات: همانطور که از شکل ۳-۴ بر می آید غلظت یون فسفات بین ۰/۰۸ تا ۰/۴۳ میلی گرم در لیتر متغیر است. فسفات از طریق فاضلاب های خانگی که حاوی پاک کننده های واجد ترکیبات فسفات، می باشند، از پساب های کشاورزی که از زمین های با کود معدنی عبور کرده باشند و یا از فاضلابهای صنعتی آب های سطحی را آلوده می نماید. آب های زیر زمینی مقدار جزئی فسفات دارند مگر اینکه به دلایلی آلوده شده باشند. حد استاندارد این پارامتر در منابع کیفیت آب ۰/۳۵ میلی گرم بر لیتر عنوان شده است (European Community 1980). استاندارد جهانی آن ۰/۰۲ میلی گرم بر لیتر می باشد (Hounslow 1995) که در تمام نمونه های در محدوده مورد مطالعه بر اساس این استاندارد آلودگی ایجاد شده است. بر اساس استاندارد ارائه شده توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۷۰) غلظت مجاز فسفات بین ۰/۱ - ۰/۲ میلی گرم در لیتر است. با توجه به اینکه منبع فسفات در آب زیرزمینی در شرایط غیر آلوده تشکیلات زمین شناسی می باشد و در محل مورد مطالعه تشکیلات فسفات دار وجود ندارد، لذا می توان نتیجه گرفت که وجود فسفات در نمونه ها احتمالاً ناشی از محل دفن زباله، که در بالادست این چاه ها واقع شده، می باشد. علاوه بر این کودهای فسفاته که در زمینهای کشاورزی منطقه مورد استفاده قرار گرفته اند نیز از دلایل افزایش غلظت فسفات است.

نیتрат: غلظت نیترات بین ۹ تا ۱۹۵ میلی گرم در لیتر تغییر می کند. نیترات یکی از معیارهای مهم در تعیین آلودگی آب زیرزمینی می باشد که بالا بودن میزان آن برای انسان و بخصوص کودکان زیان آور است. غلظت این یون در آب باید کمتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر باشد تا به عنوان آب شرب مورد استفاده قرار گیرد (USEPA 2000 and UNESCO 1972 as cited in Brown *et al.* 1972). بر اساس استاندارد ارائه شده توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۷۰) حداکثر مقدار مجاز نیترات موجود در آب آشامیدنی از ۴۵ میلی گرم در لیتر بر حسب یون نیترات (NO_3^-) کمتر است. همان طور که نمودار نشان می دهد بجز نمونه اول سایر نمونه ها از حد استاندارد نیترات برای آب آشامیدنی بالاترند. از ۷ نمونه ۴ نمونه (۱، ۲، ۴ و ۶) استفاده آب شرب دارد و در نمونه شماره ۶ این آلودگی، بسیار نگران کننده است.

سولفات و کلر: غلظت یونهای سولفات و کلر بوسیله فرایندهای ژئوشیمیایی تحت تأثیر قرار نمی گیرند

اما می توانند کاهش دهنده اثرات شیرابه بر روی آب های نفوذی به منطقه غیر اشباع و همچنین آب های زیرزمینی باشند که توسط شیرابه تأثیر پذیرفته اند (Deutsch 1997). حد استاندارد این دو یون ۲۵۰ میلی گرم در لیتر است (USEPA 2000 and UNESCO 1972 as cited in Brown *et al.* 1972). که هر دو یون برای تمام نمونه ها در محدوده استاندارد جهانی می باشند. بر اساس استاندارد ارائه شده توسط مؤسسه تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران (۱۳۷۰) غلظت سولفات بین ۲۰۰-۴۰۰ میلی گرم در لیتر و غلظت کلر بین ۲۰۰-۶۰۰ میلی گرم بر لیتر می تواند تغییر کند.

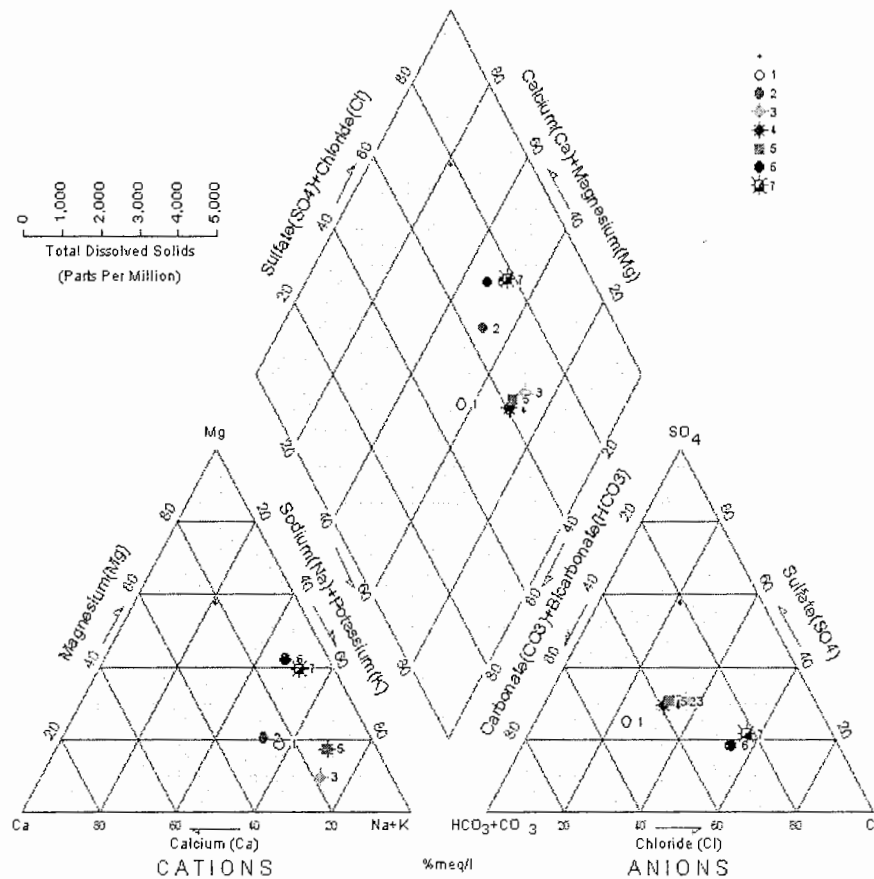


شکل ۴-۵- نمودار شولر مربوط به مقادیر آنیونهای آب در نمونه های مورد مطالعه

۴-۲-۳- تیپ آب های مورد مطالعه

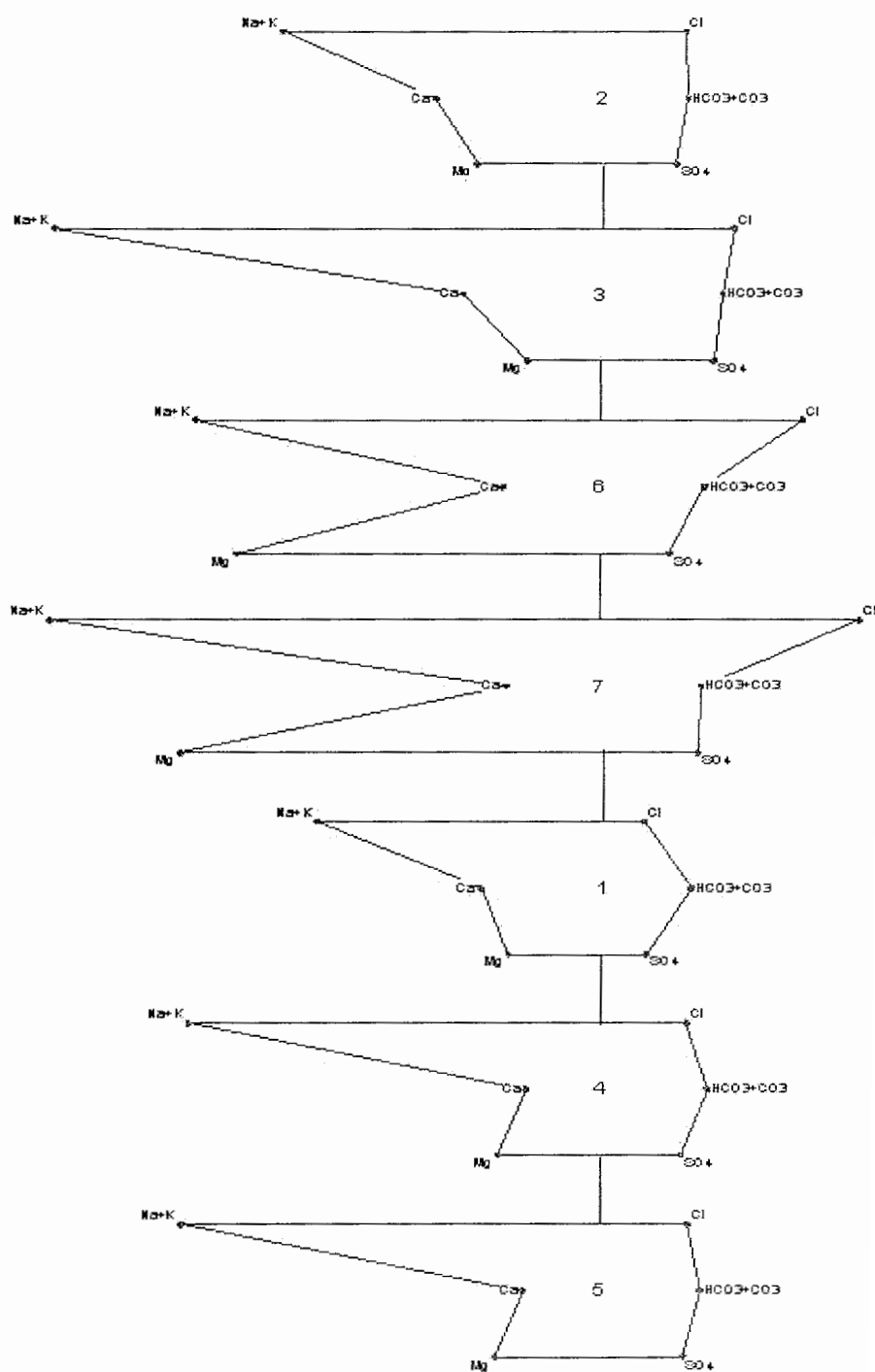
به منظور تعیین نوع آب (فرمول یونی) در نمونه های برداشت شده از محل های مورد مطالعه از نمودارهای استیف و پایپر استفاده گردید که با توجه به کاتیون و آنیون غالب نوع آب مشخص شد. در نمودار پایپر غلظت عناصر بر حسب میلی اکی والان بر لیتر می باشد. این نمودار آب ها را بر اساس قرار گیری در ۴ گوشه لوزی تقسیم بندی می نماید. نمونه هایی که در بالای لوزی قرار گیرد میزان $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ و $SO_4^{2-} + Cl^-$ آن بالا می باشد و سختی دائم دارند. نمونه هایی که در سمت چپ قرار می گیرند مقادیر $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ و HCO_3^- آن بالا است و دارای سختی موقت می باشند. آبهای غنی از $Na^+ + K^+$ و $CO_3^{2-} + HCO_3^-$ در گوشه پایینی قرار می گیرند و در دسته آلكالی کربنات می باشند.

و نهایتاً نمونه های قرار گرفته در سمت راست غنی از $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ و $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ هستند و در دسته آب های شور قرار می گیرند. شکل ۴-۶ نمودار پایپر مربوط به نمونه های محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد که نمونه های ۱، ۴ و ۵ بیکربناته سدیک و نمونه های ۲، ۳، ۶ و ۷ کلرید سدیک می باشند



شکل ۴-۶- تعیین نوع آب نمونه های برداشت شده با استفاده از نمودار پایپر

نمودار استیف از دیگر نمودارهایی است که به منظور بیان نوع آب به کار می رود. در این نمودار اجزای $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ، $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$ ، $\text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ و $\text{Fe}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ به صورت موازی با یکدیگر در گوشه های این نمودار قرار می گیرند. شکل ۴-۷ نمودارهای استیف نمونه های منطقه را نشان می دهد که مانند نتایج به دست آمده از شکل ۴-۶ نمونه های ۱، ۴ و ۵ بی کربناته سدیک و نمونه های ۲، ۳، ۶ و ۷ کلرید سدیک می باشند.



شکل ۴-۷- تعیین نوع آب نمونه های برداشت شده با استفاده از نمودار استیف

۳-۴- بررسی منابع خاک پایین دست محل دفن زباله

به منظور بررسی آلودگی خاک در پایین دست محل دفن زباله مشهد ۹ نمونه خاک در طول آبراهه پایین دست برداشت گردید و در آزمایشگاه پارک و فناوری استان سمنان جهت آنالیز عناصر سنگین مورد آزمایش قرار گرفت. شکل ۴-۸ محل های مربوط به نمونه گیری را نشان می دهد.

۱-۳-۴- بافت خاک منطقه مورد مطالعه

به منظور تعیین بافت نمونه های خاک، با توجه به فواصل نمونه برداری ۶ نمونه انتخاب و درصد مواد تشکیل دهنده آنها اندازه گیری شد. براساس درصد رس، سیلت و شن بافت خاک تعیین و در جدول ۴-۶ ارائه شده است.

جدول ۴-۶- بافت خاک در نمونه های برداشت شده

شماره نمونه	درصد رس	درصد سیلت	درصد ماسه	بافت خاک	pH	EC ($\mu S / cm$)
۱	۱۴/۲	۳۳/۴	۵۲/۴	لومی	۷/۳۲	۱۰۵۰
۳	۱۹/۹	۲۷/۸	۵۲/۳	لوم ماسه رسی	۷/۷	۱۹۷۰
۴	۱۷/۶	۲۴/۸	۵۷/۶	لوم ماسه ای	۷/۴۱	۲۶۲۰
۶	۱۸/۸	۳۸/۵	۴۲/۷	لومی	۷/۷	۳۰۸۰
۷	۸/۲	۳۵/۴	۵۶/۴	لوم ماسه ای	۷/۱	۳۹۰۰
۹	۱۹/۶	۳۸	۴۲/۴	لومی	۷/۲	۴۰۹۰

همانطور که مشاهده می گردد میزان ماسه در تمام نمونه ها بیشترین مقدار می باشد که در نمونه های ۱، ۲، ۴ و ۷ بیش از ۵۰ درصد خاک را تشکیل می دهد. سیلت در رده بعدی قرار می گیرد و رس کمترین مقدار را دارا می باشد. به طور کلی می توان اظهار نمود که بافت خاکهای منطقه بافت نسبتاً سبکی است که دلیل آن جنس سنگ مادری و نزدیکی به توده سنگی می باشد.

۲-۳-۴- آنالیزهای انجام شده بر روی خاکهای منطقه

در آزمایشگاه غلظت عناصر سنگین شامل مس (Cu)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، روی (Zn)، کبالت (Co) و سرب (Pb) برای نمونه های خاک مورد مطالعه به روش جذباتمی اندازه گیری شد است. نتایج

حاصل از این اندازه گیری در جدول ۷-۴ ارائه شده است.

جدول ۷-۴- نتایج مربوط به مقدار عناصر سنگین در خاک های پایین دست محل دفن زباله (ppm)

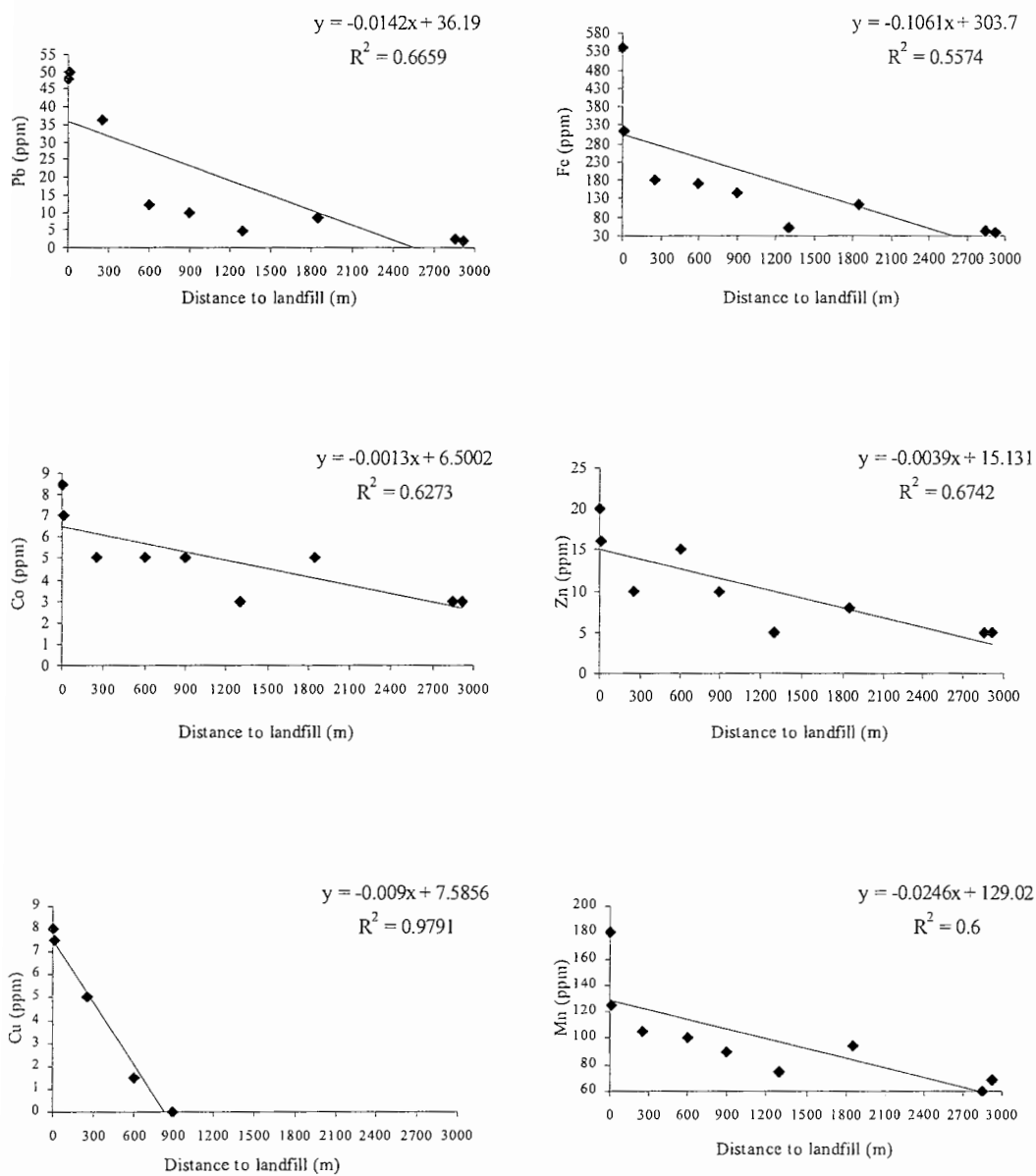
عنصر	شماره نمونه								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
Cu	۸	۷/۵	۵	۱/۵	۰	۰	۰	۰	۰
Fe	۵۴۰	۳۱۵	۱۸۰	۱۷۰	۱۴۵	۵۰	۱۱۵	۴۵	۴۰
Mn	۱۸۰	۱۲۵	۱۰۵	۱۰۰	۹۰	۷۵	۹۵	۶۰	۶۸
Zn	۲۰	۱۶	۱۰	۱۵	۱۰	۵	۸	۵	۵
Co	۸/۵	۷	۵	۵	۵	۳	۳	۳	۳
Pb	۴۸	۵۰	۳۶/۵	۱۲	۱۰	۴/۸	۸/۵	۲/۳	۲

۴-۳-۳- توزیع مکانی عناصر مختلف در منطقه مورد مطالعه

به منظور بیان روند تغییرات عناصر مختلف نمودار تغییرات این عناصر با فاصله از منبع آلودگی در شکل ۸-۴ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد مقدار تمام عناصر با فاصله از محل دفن کاهش می یابد. فلز مس روند کاملاً کاهشی دارد و از نمونه ۵ مقدار صفر را نشان می دهد. در مورد سایر عناصر تا نمونه ۵ روند کاهشی است و در نمونه ۶ ناگهان افزایش می یابد و مجدداً روند کاهشی نشان می دهد. این امر به دلیل این است که نمونه شماره ۶ در فاصله دورتری از آبراهه نمونه برداری شده است.

۴-۳-۴- ارزیابی اثرات زیست محیطی عناصر سنگین در منطقه مورد مطالعه

با توجه به اینکه در ایران استاندارد تعریف شده ای برای تعیین آلودگی توسط فلزات سنگین وجود ندارد در این تحقیق از استانداردهای سایر کشورها استفاده می شود. از رایج ترین استانداردهایی که تا کنون در خصوص غلظت عناصر سنگین موجود در خاک ارائه گردیده است، می توان به استانداردهای (United State Environmental Protection Agency) USEPA (Great London Council) G.L.C اشاره نمود. مقادیر زمینه عناصر سنگین در این استانداردها در جدول ۸-۴ ارائه شده است.



شکل ۴-۸- تغییرات غلظت فلزات مختلف با فاصله از محل دفن زباله

جدول ۴-۸- مقادیر زمینه (ppm) مربوط به استانداردهای کشورهای آمریکا و انگلیس

Cu	Fe	Mn	Zn	CO	Pb	استاندارد
۳۰	NR	۶۰۰	۵۰	۸	۱۰	USEPA
NR	NR	۵۰۰	۲۵۰	NR	۲۰	G.L.C
۴۵	۴۷۲۰۰	۸۵۰	۹۵	۱۹	۲۰	میانگین جهانی در شیل

NR: ثبت نشده

مقایسه نتایج مربوط به آنالیزهای انجام شده در منطقه مورد مطالعه و استانداردهای ارائه شده در جدول ۴-۸ نشان می دهد که در مقایسه با استاندارد آمریکا مقادیر سرب در نمونه های ۱، ۲، ۳ و ۴ بیشتر از حد استاندارد است. نمونه شماره ۵ بر روی خط استاندارد یعنی ۱۰ ppm می باشد. در مورد کبالت فقط نمونه اول تغییرات جزئی بیشتر از استاندارد نشان می دهد. در بقیه عناصر تغییرات بالاتر از حد استاندارد EPA دیده نمی شود. در مقایسه با استاندارد G.L.C فقط در نمونه های ۱، ۲ و ۳ در مورد فلز سرب آلودگی مشاهده می گردد. علاوه بر استانداردهای مذکور، معیارهایی هم برای بررسی میزان آلودگی خاک ارائه شده است که می توان بر اساس آنها به وجود یا عدم وجود آلودگی خاک پی برد. از جمله این معیارها می توان به فاکتور غنی شدگی (Enrichment factor) و شاخص زمین انباشتگی (Geoaccumulation index) اشاره نمود (Muller 1979 as cited in Eby 2004).

الف- فاکتور غنی شدگی: بر اساس این فاکتور می توان مقدار عناصر را نسبت به مقدار طبیعی خود سنجید، این فاکتور از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Ef = \frac{Sc}{Rc} \quad (۴-۱۳)$$

Ef فاکتور غنی شدگی، Sc غلظت عنصر در خاک (ppm) و Rc غلظت عنصر در ماده مرجع (ppm) می باشد.

غلظت ماده مرجع میانگین جهانی غلظت عناصر موجود در شیل می باشد (جدول ۴-۸). جدول ۴-۹ مقدار غنی شدگی را در خاک های منطقه برای عناصر Cu, Mn, Zn, Fe, Co و Pb نشان می دهد. در این فرمول، از غلظت هایی که توسط مر و شرفی به نقل از (Turekian and Wedepohl 1969) ارائه

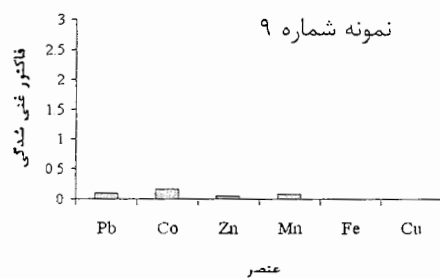
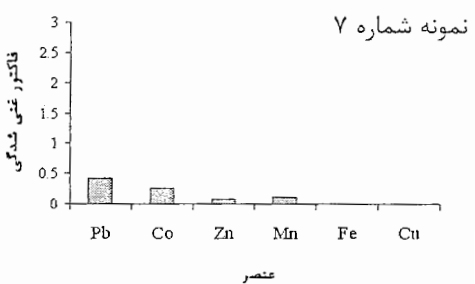
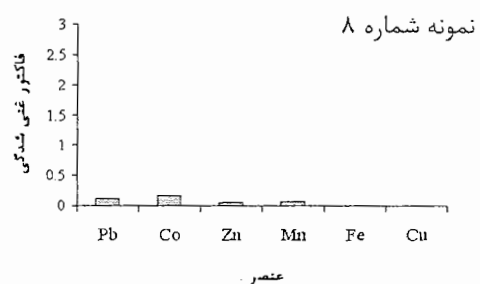
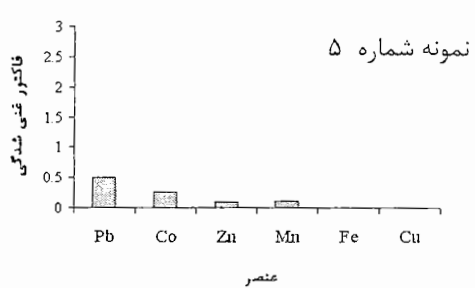
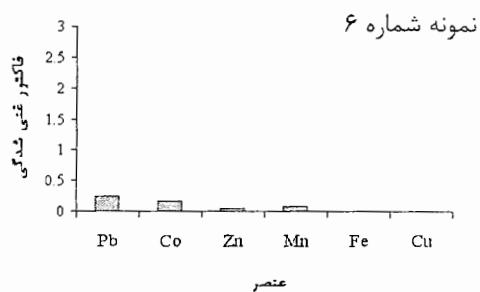
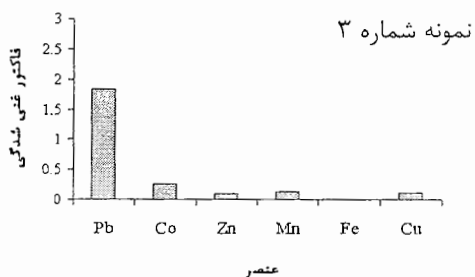
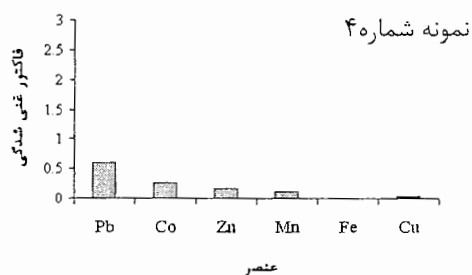
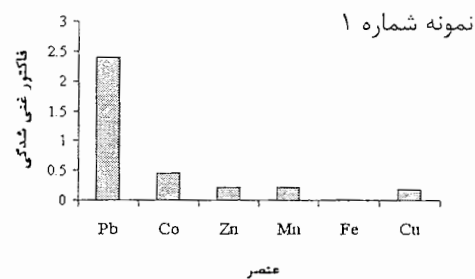
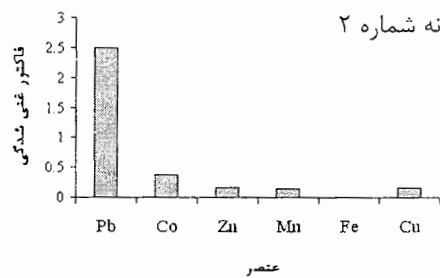
گردیده استفاده شده است (جدول ۹-۴).

مقادیر غنی‌شدگی موجود در جدول ۹-۴ برای هر نمونه خاک به صورت نمودار در شکل ۹-۴ آمده است.

به نظر می‌رسد، غنی‌شدگی Pb ، Co در تمامی نمونه‌ها نسبت به بقیه عناصر بیشتر می‌باشد. سپس Zn و Mn غنی‌شدگی بیشتری را نشان می‌دهند. Cu در سه نمونه ۱، ۲ و ۳ غنی‌شدگی نشان می‌دهد و Fe کمترین غنی‌شدگی را نشان می‌دهد.

جدول ۹-۴- محاسبه فاکتور غنی‌شدگی برای عناصر مختلف در خاک‌های منطقه

عنصر	نمونه‌های خاک								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
Pb	۲/۴	۲/۵	۱/۸۲۵	۰/۶	۰/۵	۰/۲۴	۰/۴۲۵	۰/۱۱۵	۰/۱
Co	۰/۴۴۸	۰/۳۶۹	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳	۰/۱۵۸	۰/۲۶۳	۰/۱۵۸	۰/۱۵۸
Zn	۰/۲۱	۰/۱۶۸	۰/۱۰۵	۰/۱۵۷	۰/۱۰۵	۰/۰۵۲	۰/۰۸۴	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲
Mn	۰/۲۱۲	۰/۱۴۷	۰/۱۲۳	۰/۱۱۷	۰/۱۰۶	۰/۰۸۹	۰/۱۱۱	۰/۰۷	۰/۰۸
Cu	۰/۱۷۸	۰/۱۶۷	۰/۱۱۱	۰/۰۳۳	.	.	.	.	.
Fe	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸



شکل ۴-۹- مقادیر غنی شدگی برای نمونه های مورد مطالعه

ب- شاخص زمین انباشتگی: شاخص زمین انباشتگی که توسط مولر معرفی شده است، شاخص دیگری است که درجه آلاینده‌گی خاک را تعیین می‌کند (Muller 1979 as cited in Eby 2004) و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right) \quad (14-4)$$

که در این رابطه، I_{geo} شاخص انباشتگی، C_n غلظت در رسوب و خاک و B_n غلظت زمینه است. مولر (1979) بر اساس این شاخص، خاک‌ها را از نظر درجه آلودگی به شش کلاس طبق بندی نموده است. جدول ۴-۱۰ طبقه بندی مذکور را نشان می‌دهد. با استفاده از رابطه ۴-۱۴، شاخص زمین انباشتگی برای نمونه های خاک مورد مطالعه محاسبه شده و نتایج حاصله در جدول ۴-۱۱ ارائه شده اند. برای غلظت زمینه همانند فاکتور غنی‌شدگی از غلظت متوسط در شیل (جدول ۴-۸) استفاده شده است.

جدول ۴-۱۰- مقادیر شاخص زمین انباشتگی در آلودگی خاک (Muller 1979 as cited in Eby 2004)

شاخص زمین انباشتگی	درجه آلودگی خاک
کمتر از صفر	غیر آلوده
۱-۰	غیر آلوده تا کمی آلوده
۲-۱	کمی آلوده
۳-۲	کمی آلوده تا خیلی آلوده
۴-۳	خیلی آلوده
۵-۴	خیلی آلوده تا شدیداً آلوده
بزرگتر از ۵	شدیداً آلوده

با توجه به نتایج، مدفن زباله تا حدودی فقط در مورد سرب و مس آن هم در سه نمونه اول و به مقدار کم خاک را آلوده نموده است. و هرچه از محل دفن دور می‌شویم غلظت عناصر کاهش می‌یابد. با توجه به استانداردهای جهانی و شاخص زمین انباشتگی می‌توان گفت که خاک‌های منطقه تقریباً از نظر فلزات سنگین آلودگی نداشته است.

جدول ۴-۱۱- مقادیر زمین انباشتگی در خاکهای مورد مطالعه

عنصر	نمونه های خاک								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
Pb	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۲۸	-۱/۳۲	-۱/۵۸	-۲/۶۴	-۱/۸۱	-۳/۷	-۳/۹
Co	-۱/۷۴	-۲/۰۲	۲/۵	-۲/۵	-۲/۵	-۳/۲	-۲/۵	-۳/۲	-۳/۲
Zn	-۲/۸۳	-۳/۱۵	-۳/۸۳	-۳/۲۴	-۳/۸۳	-۴/۸۳	-۴/۱۵	-۴/۸۳	-۴/۸۳
Mn	-۲/۸۲	-۳/۳۵	-۳/۶۰	-۳/۶۷	-۳/۸۲	-۴/۰۸	-۳/۷۴	-۴/۴۰	-۴/۲۲
Cu	-۳/۰۷	-۳/۱۶	-۳/۷۵	-۵/۴۹	۰	۰	۰	۰	۰
Fe	-۷/۰۳	-۷/۸۱	-۸/۶	-۸/۷	-۸/۹	-۱۰/۴	-۹/۲	-۱۰/۶	-۱۰/۷

دلیل این امر این است که بخش بسیار ناچیزی از مواد زاید شهر مشهد زباله های فلزی می باشد. بیشترین بخش زباله های مشهد را زباله های فسادپذیر و قابل تجزیه مانند کاغذ و مواد غذایی تشکیل می دهد که این امر منجر به تولید گاز سولفید هیدروژن می شود که نتایج مربوط به آب به خوبی بیانگر این موضوع می باشد.

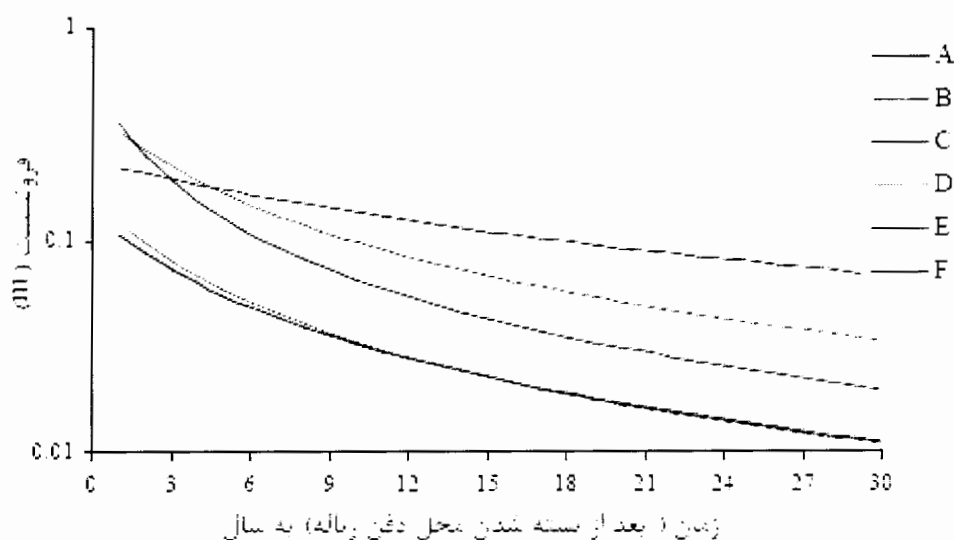
۴-۴- فرونشست

فرونشست یکی دیگر از اثرات منفی ناشی از دفن زباله می باشد که از زمان شروع دفن تا سالها بعد از بسته شدن محل دفن ادامه دارد و شامل سه مرحله فرونشست آنی، اولیه و ثانویه می شود. به منظور اندازه گیری فرونشست اطلاعات ضریب تراکم پذیری زباله، ارتفاع و نسبت فضاهای خالی اولیه آن مورد نیاز می باشند. در مورد محل دفن زباله مشهد با توجه به قدمت آنها فرونشست اولیه به اتمام رسیده و نشست باقیمانده ثانویه خواهد بود. جهت تخمین نشست ثانویه با توجه به عدم امکان اندازه گیری صحرایی ضریب نشست پذیری و همچنین عدم آزمایش تحکیم قالب بزرگ بر روی نمونه ها از ضرایب تحکیم C'_α ارائه شده توسط (Lo 2003) برای منطقه هنک گنک که مشابه با زباله های مشهد دارای دو درصد لجن همراه با زباله می باشد استفاده شده است. با فرض $C'_\alpha = ۰/۴۳$ و با استفاده از رابطه $S_r = H_1 C'_\alpha t/t_1$ میزان فرونشست برای سلول های مختلف دفن زباله در مدفن جدید و قدیم شهر مشهد و برای زمان های مختلف برآورد شده است. در این فرمول H_1 ارتفاع زباله در سالهای

مختلف، t سن مدفن در زمان شروع نشست و t_1 سن مدفن در زمان مورد نظر می باشد. نتایج مربوط به فرونشست در جدول ۱۲-۴ آورده شده است و اشکال ۱۰-۴ و ۱۱-۴ تغییرات فرونشست با زمان را به ترتیب برای محل جدید و قدیم (پارک امت) نشان می دهند.

جدول ۱۲-۴- برآورد میزان فرونشست در سلولهای مختلف محل دفن فعلی

شماره سلول	مدت دفن	ارتفاع	مقدار فرونشست (m)
A	۱۳۷۵-۱۳۵۴	۲۵-۲۰	۳/۵۶
B	۱۳۸۰-۱۳۷۵	۱۲	۲/۸
C	۱۳۸۰-۱۳۷۸	۸	۲/۱۴
E	۱۳۷۹-۱۳۷۵	۴	۱
F	۱۳۸۰-۱۳۷۵	۴	۰/۹۴
D	۱۳۸۰ تا کنون	۴	۰/۹۴

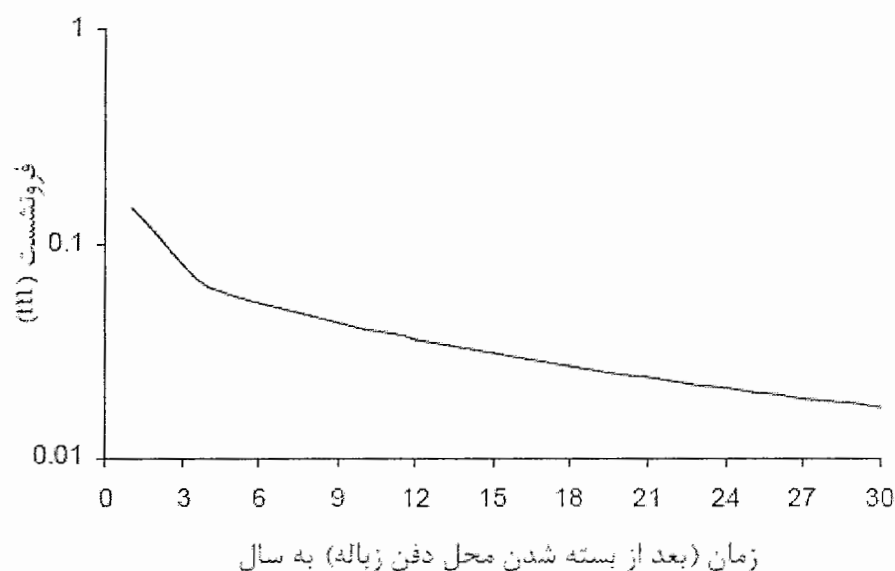


شکل ۱۰-۴- منحنی تغییرات فرونشست در مدت زمان ۳۰ سال در محل دفن کنونی

با توجه به شکل ۱۰-۴ مشاهده می گردد که فرونشست در سلول A که مدت زمان طولانی تری زباله در آن دفن شده، به حالت پایداری رسیده است. با توجه به شکل هم اکنون ۱/۵ متر فرونشست در این

انجام شده است (مجموع مقدار فرونشست در ۱۰ سال ۱۳۷۵-۱۳۸۵) و تا ۲۰ سال آینده نیز در حدود دو متر فرونشست خواهیم داشت.

سلول B با ۱۲ متر ارتفاع از زمان بسته شدن تا ۳۰ سال آینده ۲/۸ متر فرونشست خواهد داشت. و این مقدار برای سلول های C تا F به ترتیب ۲/۱۴، ۱، ۰/۹۴ و ۰/۹۴ است. دقت در مقادیر سلول های E و F نشان دهنده این مطلب است که هرچه سن مدفن بیشتر باشد مقدار فرونشست کمتر و زمان رسیدن به تعادل نیز کمتر است.



شکل ۴-۱۱- منحنی تغییرات فرونشست در مدت زمان ۳۰ سال در مدفن قدیمی (پارک امت)

شکل ۴-۱۱ نیز بیان می دارد که تا کنون ۶۰ سانتی متر فرونشست داشته (مجموع مقدار فرونشست در طی ۲۰ سال بعد از بسته شدن محل دفن زباله و در ۱۵ سال آینده نیز ۳۰ سانتی متر فرونشست خواهد کرد).

۴-۵- شیرابه

سیستم مدیریت شیرابه در محل دفن زباله مشهد به روش حوضچه تثبیت شیرابه و لجن می باشد. بدین ترتیب که در دو کیلومتری پایین دست محل دفن زباله، بند خاکی احداث نموده اند که شیرابه زباله در این محل تجمع یافته و تبخیر می شود. ارتفاع بند ۲/۵ متر و حجم مخزن آن ۱۸۰۰ متر

مکعب است (شکل ۴-۱۲). عامل تولید شیرابه در مدفن زباله، علاوه بر وجود ترکیبات حاوی آب زیاد (مواد زاید فسادپذیر) که آب آن ها بین ۳۰- ۸۰ درصد از وزن آن ها را تشکیل می دهد. دفن همراه با هم مواد زاید جامد و لجن می باشد که بیش از ۹۹ درصد آن را آب تشکیل می باشد که در زباله های مشهود بیش از دو درصد زباله های منتقل شده به محل دفن را تشکیل می دهد. همچنین بارندگی نیز به عنوان یک عامل خارجی مناسب در تولید شیرابه مؤثر است.



شکل ۴-۱۲- حوضچه تثبیت شیرابه در پایین دست محل دفن زباله

۴-۵-۱- آنالیز شیمیایی شیرابه محل دفن زباله مشهود

همان طور که در بخش ۴-۱-۴ بیان گردید، یک نمونه از شیرابه محل دفن زباله در آزمایشگاه شیمی دانشگاه صنعتی شاهرود آنالیز گردید که نتایج حاصل از اندازه گیری انجام شده در جدول ۴-۱۳ ارائه شده است.

نسبت بین BOD و COD در محلهای دفن بین ۰/۱ تا ۰/۵ تغییر می نماید این نسبت برای محل مورد مطالعه ۰/۵۴ می باشد. سایر پارامترها شامل EC، و کاتیون های اصلی نیز مقادیر آنها در شیرابه بالا می باشد. فلزات سدیم، منیزیم و کلسیم به دلیل انحلال بالا مقادیر بسیار زیادی را نشان می دهند. نمک های سدیم همگی محلول می باشند و در نتیجه غلظت این عنصر در شیرابه بسیار زیاد است. مقدار فلزات سنگین در شیرابه با توجه به نتایج به دست آمده بسیار اندک می باشد که به دلیل فرایندهای مختلف جذب، رسوب، کمپلکس سازی و غیره است.

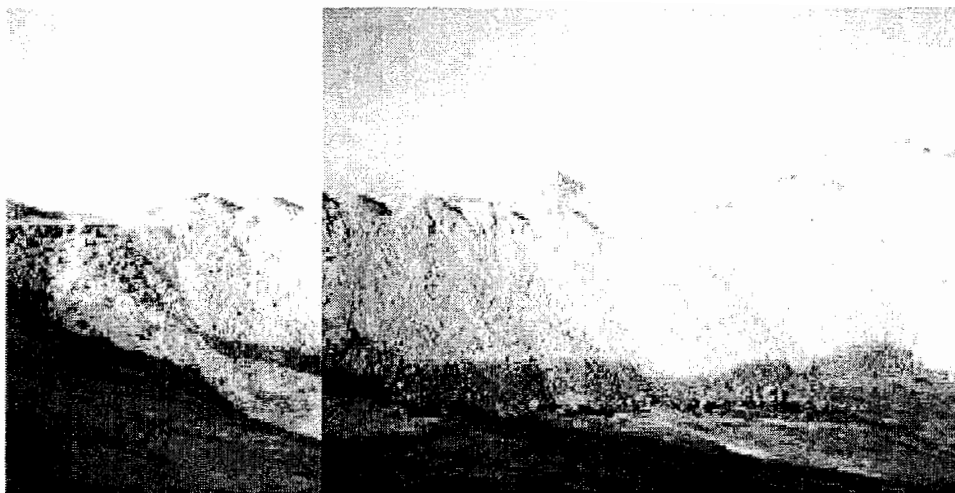
جدول ۴-۱۳- آنالیز شیمیایی شیرابه محل دفن زباله مشهد

غلظت مواد (mg/l)	پارامتر اندازه گیری شده
۲۳/۵	T (C°)
۶/۳۲	pH
۲۰۰۰۰	BOD*
۳۶۴۴۸/۲۸	COD*
۲۵۰۸۵	TDS*
۴۸۴۰	EC (μmhos / cm)
۲۹۸۷/۵	Na
۸۳۷/۵	Mg
۱۱۲۰/۴	Ca
۰/۴۰۱	Fe
۰/۳۵۴	Zn
۰/۲۱۳	Ni
۰/۱۱۱	Cu
<۰/۱	Pb

* اعداد اندازه گیری شده توسط شهرداری مشهد

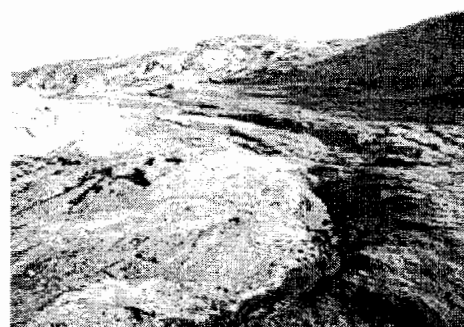
۴-۵-۲- آلودگی ناشی از شیرابه

همانطور که گفته شد شیرابه محل دفن زباله مشهد در حوضچه تثبیت شیرابه قرار گرفته و تبخیر می گردد. مانعی که جهت جلوگیری از نشت و انتقال شیرابه به عنوان سد استفاده شده است، بند خاکی رسی می باشد. این بند نقش بسیار زیادی در جلوگیری از انتقال شیرابه به پایین دست محل دفن دارد، با این وجود مقداری از شیرابه از بند نشت نموده و در آبراهه ای جاری می گردد (شکل ۴-۱۳). آبراهه در تماس با زمینهای کشاورزی قرار دارد که به طور مستقیم باعث آلودگی زمین ها و در نتیجه محصولات کشاورزی می شود. این امر در فصل تر شدت بیشتری می گیرد. زیرا بارندگی باعث جریان یافتن شیرابه به صورت جریان باریکی در آبراهه می شود و در بعضی مواقع قسمتی از زمینهای کشاورزی را دربر می گیرد (شکل های ۴-۱۴ تا ۴-۱۶). همچنین وجود گودیاها و فرورفتگی های فراوان



شکل ۴-۱۳- بند خاکی ایجاد شده برای تثبیت شیرابه (آبان ۱۳۸۴)

در طول مسیر آبراهه باعث ماندگاری بیشتر شیرابه و در نتیجه نفوذ آن به درون زمین می شود، که بر شدت آلودگی می افزاید. بارندگی یکی از عوامل مهم در تولید شیرابه، نشت آن از بند و جریان یافتن آن در آبراهه می باشد. زیرا بارندگی علاوه بر اینکه در تولید و جریان شیرابه نقش دارد باعث می گردد که مواد باقیمانده در فصل خشک در فصل تر مجدداً توسط باران حل شده و به جریان در آیند.



شکل ۴-۱۴- شیرابه جریان یافته در آبراهه پایین دست محل دفن زباله و مجاورت آن با زمین های کشاورزی

(آبان ۱۳۸۴)



شکل ۴-۱۵- شیرابه جریان یافته در آبراهه پایین دست محل دفن زباله (مرداد ۱۳۸۴)



شکل ۴-۱۶- شیرابه باقیمانده در گودی ها در مسیر آبراهه (آبان ۱۳۸۴)

۴-۵-۳- حجم شیرابه تولید شده در مدفن

درصد اشباع مواد زاید مشهود مشابه با سایر نقاط ایران در حدود ۴۰ درصد می باشد. با توجه به میزان فرونشست به دست آمده در بخش ۴-۳-۲ و متوسط سطح مقطع هر سلول میزان شیرابه تولید شده از رابطه زیر به دست می آید:

$$V_L = A \times H \times S_r \quad ۱۵-۴$$

که V_L حجم شیرابه تولیدی، A متوسط سطح مقطع، H کاهش ارتفاع زباله در سال و S_r درصد اشباع زباله می باشد.

بر طبق فرمول ۴-۱۵ حجم شیرابه تولید شده در ۳۰ سال پس از بسته شدن سلول ها در محل دفن فعلی زباله محاسبه و در جدول ۴-۱۴ آورده شده است، که برابر با ۳۷۵۰۳۲/۱ متر مکعب می باشد. که در حدود ۱۷۵۳۱۶ متر مکعب تولید شده است. لازم به توضیح است که حجم زباله بدون در نظر گرفتن میزان بارندگی می باشد.

جدول ۴-۱۴- برآورد شیرابه تولید شده در محل دفن زباله مشهد پس از ۳۰ سال

شماره سلول	مدت دفن	تعداد لایه	مساحت m^2	ارتفاع لایه	حجم شیرابه m^3
A	۱۳۷۵-۱۳۵۴	۱	۸۲۷۶۵	۲۵-۲۰	۱۱۷۹۶۸/۸
B	۱۳۸۰-۱۳۷۵	۲	۱۰۸۵۴۳	۶	۱۲۲۹۸۹/۲
C	۱۳۸۰-۱۳۷۸	۲	۱۲۹۲۸۴		۱۱۱۱۸۴/۲
E	۱۳۷۹-۱۳۷۵	۱	۲۱۷۲۳	۴	۸۲۰۴/۷۱
F	۱۳۸۰-۱۳۷۵	۱	۳۷۰۴۱	۴	۱۳۹۹۰/۲۸
D	۱۳۸۰ تا کنون	۱	۸۹۶	۴	۳۰۰/۶۷

۴-۶- آلودگی میکروبی

به منظور تعیین آلودگی میکروبی در نمونه های آب پایین دست محل دفن زباله و محل های قدیمی این نمونه ها در آزمایشگاه تشخیص طبی بیمارستان ۱۷ شهریور مشهد مورد آنالیز قرار گرفت. در تمامی نمونه ها عوامل بیماری زا مربوط به بیماری های عفونی شامل باکتری های کلیسیا پونومونیه (Klebsiella Pneumonia)، اشرشیاکلی (Escherichi coli)، باسیل گرم مثبت و سودوموناس آئروژینوزا (Pseudomonas aerugiosa) تشخیص داده شد که این باکتریها در نمونه های مختلف مقادیر متفاوتی را نشان دادند (جدول ۴-۱۵).

در نمونه شماره ۱ باکتری کلیسیا پونومونیه بیش از حد استاندارد می باشد. این ارگانیزم در روده و دستگاه تنفس انسان و بعضی از حیوانات در آب، خاک و حتی حبوبات یافت می شوند. در بینی و روده ۵ درصد افراد سالم و در ریه مبتلا به بیماری های تنفسی، آنفولانزا، سل، خون و عفونت های سایر قسمت های بدن یافت می شود. در حدود دو درصد بیماریهای ریوی باکتریایی در اثر این میکروب

می باشد. این ارگانسیم یکی از عوامل مهم ایجادکننده عفونت های ادراری است. در نمونه شماره ۲ آلودگی باکتری اشرشیاکلی از سایر موارد بیشتر می باشد و خارج از حد استاندارد برای سلامتی انسان است. این میکروب در شرایط معمولی هفته ها و یا ماه ها در آب زنده می ماند. به صورت طبیعی در روده بزرگ انسان و حیوانات وجود دارد ولی اگر در سایر قسمت های دیگر مانند دستگاه ادراری تناسلی، آپاندیس، کیسه صفرا، زخم ها، دستگاه تنفسی، منتر و رحم وارد گردد به تنهایی یا به کمک سایر باکتری ها ایجاد عفونت می کند. در صورت اختلال در سیستم ایمنی بدن وارد گردش خون می شود. بیش از ۸۵ درصد عفونت های دستگاه های ادراری را باعث می گردد. مننژیت های حاصل از این باکتری در نوزادان نارس و کودکان ضعیف مشاهده می شود که این مننژیت ها غالباً بدخیم بوده و مرگ و میر ناشی از آن ۴۰ تا ۸۰ درصد می باشد. این باکتری در نتیجه بعضی بیماریها وارد خون شده و عفونت های خونی را موجب می گردد. این بیماری ها ناشی از مصرف آب آلوده، به دلیل آلوده شدن منابع آبرسانی با مدفوع، به ویژه در مواقعی که گندزدایی به کمک کلر انجام نشده باشد رخ می دهد.

جدول ۴-۱۵- انواع باکتری های موجود در نمونه های آب

شماره نمونه	نوع باکتری
۱	کلپسیا پونومونیه
۲	اشرشیاکلی
۳	سودوموناس آئروژینوزا
۴	سودوموناس آئروژینوزا
۵	باکتری های گرم مثبت
۶	سودوموناس آئروژینوزا
۷	سودوموناس آئروژینوزا

نمونه های ۳، ۴، ۶ و ۷ از لحاظ باکتری سودوموناس آئروژینوزا آلودگی بالایی را نشان می دهند. این باکتری در طبیعت انتشار وسیعی دارد، و در آب، فاضلاب، گرد و غبار هوا تشخیص داده شده است و

در روده و پوست انسان و حیوانات زندگی می کند. در مدفوع ۵ درصد اشخاص سالم می توان این باکتری را یافت و نسبت به آنتی بیوتیک های متداول و ضد میکروبی مقاومت از خود نشان می دهد، اما قدرت بیماری زایی آن برای انسان به تنهایی نسبتاً کم است. این باکتری از لحاظ تقسیم بندی بهداشتی در دسته باکتری های با اهمیت بهداشتی متوسط قرار می گیرد. این باکتری در کسانی که دفاع آن ها دستخوش اختلال گردیده است، مانند سوختگی ها، افرادی که بیماری بدخیم دارند و یا تحت عمل جراحی و یا اشعه قرار گرفته اند به علت شرایط مساعد می تواند عفونت شدید ایجاد نماید. تورم گوش خارجی و سینوزیت در برخی بیماران مشاهده می شود. در بعضی موارد در افراد مبتلا به برونشست مزمن این باکتری یافت می شود. این ارگانیزم عامل اسهال اپیدمی در کودکان و گاستروانتریت همراه با تب و اسهال و درد عضلانی بخصوص در نواحی گرمسیر می باشد. این باکتری پس از ضربه های مغزی فعال شده و مننژیت را حادث می نماید.

فصل پنجم - نتیجه گیری و پیشنهاد

۵-۱- نتیجه گیری

شهر مشهد طی ۵۰ سال گذشته رشد فزاینده ای داشته است به طوریکه وسعت آن از ۲۲۳۴ مترمربع به ۲۲۱۴۵ مترمربع رسیده است. زباله شهر مشهد تا قبل از تاریخ ۱۳۵۴ به صورت پراکنده در اطراف شهر و بخصوص فرو چالهای کوره های آجرپزی دفن می شده است. و از سال ۱۳۵۴ دفن زباله در محل کنونی آن در مجاورت جاده طرق به متمرکز شده است. دو محدوده بزرگ دفن زباله در گذشته تبدیل به پارک های امت و مطهر شده است. افزایش جمعیت ۱۳ درصدی شهر مشهد بعلاوه رشد ۲۸ درصدی جمعیت زائرین حضرت رضا (ع) منجر به افزایش زباله بیش از ۵۰ درصدی در سال شده است براساس آمار سال ۱۳۸۴ میزان زباله شهر مشهد ۱۶۳۰ تن در روز بوده است. آنالیز نمونه های آب و خاک از اطراف محل دفن زباله کنونی و پارک امت و مطهر حاکی از آلودگی میکروبی و شیمیایی این مناطق در اثر نشت شیرابه زباله می باشد.

میزان H_2S در تمامی نمونه ها بالا و بیش از ۱۰ برابر استاندارد لازم برای آب شرب است. دو نمونه بیشترین آلودگی را از لحاظ سولفید هیدروژن دارند و آلودگی آن ها ۲۹۲ و ۳۲۴ بار بیش از آب سالم آشامیدنی می باشند.

از لحاظ آلودگی توسط کاتیونهای اصلی آخرین حد مجاز را در بعضی نمونه ها نشان می دهند به این ترتیب که از لحاظ سدیم یک نمونه آلوده شده و یک نمونه در محدوده آخرین حد مجاز می باشد. از لحاظ منیزیم و کلسیم آلودگی مشاهده نشد. در مورد آنیونها دو آنیون نیترات و فسفات نشان دهنده آلودگی توسط مدفون زباله می باشند. نیترات در یک نمونه در آخرین حد مجاز برای آب آشامیدنی

است و در سایر نمونه ها از حد استاندارد خارج شده است فسفات نیز بر حسب استاندارد اعمال شده در ایران درنمونه یک درآخرین حد استاندارد و در سایر نمونه ها آلودگی را نشان می دهد.

نمونه های آب از لحاظ سختی مقادیر متغیری از آب نیمه سبک تا بسیار سخت را نشان می دهند. بدین ترتیب که دو نمونه نیمه سبک می باشند، دو نمونه کمی سخت یک نمونه نیمه سخت، یک نمونه سخت و یک نمونه نیز در محدوده آب های بسیار سخت قرار می گیرد.

شیرابه محل دفن غلظت بسیار پایین از فلزات سنگین را نشان می دهد که این امر علاوه بر اینکه نوع مواد دفن شده را نشان می دهد بیانگر شرکت فلزات در فرایندهای مختلف جذب و رسوب می باشد که غلظت این مواد را در شیرابه کاهش می دهد.

مقادیر بسیار بالا BOD COD شیرابه نشان دهنده تجزیه میکروبی بسیار زیاد می باشد که این امر نیز بیانگر وجود ترکیبات تجزیه پذیر به مقدار زیاد در مواد دفن شده می باشد که توسط میکروب ها و باکتری ها تجزیه می گردد.

از لحاظ غنی شدگی عناصر در خاک از نزدیک محل دفن به سمت پایین میزان عناصر کاهش می یابد که دلیل این امر از این قرار است که با افزایش فاصله از منشأ فرایندهای جذب و رسوب بیشتر می گردد و عناصر از محیط خارج می شوند. با توجه به نتایج حاصله از آنالیزهای خاک از لحاظ انباشتگی آلودگی اندکی در خاک های نزدیک به محل دفن مشاهده گردید. با توجه به مقادیر پایین فلزات سنگین در شیرابه این امر کاملاً طبیعی است.

با توجه به آنالیزهای میکروبی انجام گرفته بر روی نمونه های آب وجود ارگانیسم ها و باکتری های مولد آلودگی در آن ها شناخته شد، که منجر به ایجاد انواع بیماری های عفونی و حتی عفونت خون می گردد.

نتایج بررسی حاضر نشان می دهد که فرونشست و تولیدشیرابه با توجه به محاسبات انجام شده تا بیش از ۳۰ سال پس از بسته شدن مدفن ادامه دارد که باعث می گردد آلودگی همچنان تداوم داشته باشد.

۵-۲- پیشنهادات

۱- با توجه به اینکه در زمینهای اطراف محل دفن زباله محصولات خوراکی (سبزیجات و صیفی جات به همراه گندم) کاشته می شود، انجام آنالیزهای شیمیایی جهت تعیین عناصر مختلف در این گیاهان

ضروری به نظر می‌رسد.

۲- بند خاکی که به منظور جلوگیری از نشت و جریان شیرابه تعبیه شده با توجه به ارتفاع کم و وسعت کم مخزن آن به طور کامل مانع از جریان شیرابه مخصوصاً در فصول بارندگی نمی‌شود، و نیاز به اصلاح دارد.

۳- با توجه به تداوم فرونشست زمین تا حداقل ۳۰ سال بعد از بسته شدن محل دفن، بهترین گزینه جهت احیا محل دفن زباله تبدیل منطقه به فضای سبز با استفاده از گیاهان مقاوم در برابر آلودگی می‌باشد.

۴- جهت تعیین سطح آلودگی هوا آنالیز هوا پیشنهاد می‌گردد.

۵- تولید گاز در محل دفن زباله برای سال‌ها ادامه خواهد داشت لذا جهت جلوگیری از آلودگی هوا و نیز ممانعت از آتش‌سوزی احتمالی لازم است که فرایند جمع‌آوری گاز ادامه داشته باشد.

فهرست مراجع

- ۱- ادیب‌فر، پ (۱۳۸۱). میکروب شناسی پزشکی تهران: نوردانش، ۸۰۲ صفحه.
- ۲- اسماعیل ساری، ع (۱۳۸۱). آلاینده ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. تهران: نقش مهر، ۷۶۷ صفحه.
- ۳- امیر بیگی، ح (۱۳۸۱). اصول بهداشت محیط. تهران: اندیشه رفیع، ۲۲۰ صفحه.
- ۴- پاپلی یزدی، م.، وثوقی ف (۱۳۸۳). ساماندهی صنایع بازیافت مواد زاید جامد در شهر مشهد، لزوم ایجاد شهرک بازیافت، مجله جغرافیا و توسعه (۳) ۱۴۷-۱۶۶.
- ۵- سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد (۱۳۸۰). دفترچه شناسایی محل دفن زباله های مشهد از سال ۱۳۵۴-۱۳۸۰.
- ۶- سازمان زمین شناسی ایران (۱۳۷۴). نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ مشهد.
- ۷- عبدلی، م (۱۳۸۰). طرح دفن بهداشتی مواد زاید جامد شهر مشهد. سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد.
- ۸- عبدلی، م (۱۳۷۲). سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری و روشهای کنترل آن. سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران ۲۳۹ صفحه.
- ۹- عمرانی، ق (۱۳۶۳). دفن بهداشتی زباله. تهران: دانشگاه تهران. ۴۶۷ صفحه.
- ۱۰- غضبان، ف (۱۳۸۱). زمین شناسی محیط زیست تهران: دانشگاه تهران ۴۱۶ صفحه.
- ۱۱- قلی کندی، گ (۱۳۸۱). میکروبیولوژی کاربردی آب و فاضلاب. تهران: نوپردازان ۳۴۴ صفحه.
- ۱۲- قلی کندی، گ (۱۳۷۴). شیرابه های محل دفن زباله. مجله آب و محیط زیست (۱۸) ۳۰-۳۵.
- ۱۳- مرتضایی، ع (۱۳۸۱). تجربه بازیافت زباله در انگلستان. ویژه نامه مدیریت مواد زاید، شماره ۲.
- ۱۴- منوری، م (۱۳۸۱). الگوی ارزیابی اثرات زیست محیطی محل های دفن زباله شهری. تهران: سینه سرخ، ۱۷۹ صفحه.
- ۱۵- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۷۰). ویژگیهای آب آشامیدنی، شماره ۱۰۵۳، چاپ چهارم.

۱۶- میسون، ب.، کارلتون، ب ترجمه مر، ف.، شرفی، ا (۱۳۷۲). اصول ژئوشیمی. جلد اول شیراز: دانشگاه شیراز ۳۲۱ صفحه.

۱۷- نفری، م (۱۳۸۲). بررسی روش های ضد عفونی آب های آشامیدنی، بهداشتی و صنعتی. تهران: نوپردازان، ۴۳۰ صفحه.

مراجع لاتین

- 18- Al Yaqout, F.A (2002). *Assessment and analysis of industrial liquid waste and sludge disposal at unlined landfill sites in arid climate*. Waste Management 23: 817–824.
- 19- 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.
- 20- Andersen E., Lorne Balanko L.A., M.Lem J and H.Davis D (2004). *Field monitoring of the compressibility of municipal solid waste and soft alluvium*. Fifth international conference of case histories in geotechnical engineering.
- 21- Bengtsson L., Bendz D., Hogland W., Rosqvist H and Akesson M (1994). *Water balance for landfills of different age*. Journal of Hydrology 158(3-4): 203-217.
- 22- Brown R.H., Konoplyantsev A.A., Ineson J. and Kovalevsky V.S (1972). *Groundwater studies: An international guide for reserch and practice*. Studies and reports in Hydrology .UNESCO, Paris.
- 23- Critto A., Carlon C., Marcomini A and Nathanai P (2001). *Risk based characterisation of contaminated industrial site using multivariate and geostatistical tools*. Environmental Pollution 111(3):417-427.
- 24- Dijkgraaf E and R.J. Vollebergh (1997). *Burn or Bury? A Social Cost Comparison of Final Waste Disposal Methods* Social Science Research Network Electronic Paper Collection. http://papers.ssrn.com/abstract_id
- 25- Dorhofer G and Siebert H (1998). *The Search for landfill sites requirements and implementation in lower Saxony, Germany*. Environmental Geology 35(1): 55-65.
- 26- Deutsch W 1997. *Groundwater Geochemistry: fundamentals and applications to contamination*. Lewis Publishers. CRC Press. Inc 221p.
- 27- Eby G. N (2004). *Principles of environmental geochemistry*. Thomson Learning Academic Resource Center.
- 28- Ekpo b.o., Ibok U.J and Umoh. N.D (2000). *Geochemical evaluation of 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.

- 29- Environmental Protection Act (2000). *Edition of the drinking water standard and health advisories*.
- 30- Environmental Protection Act (2001). *Municipal Solid Waste in The United States*. www.epa.org.
- 31- European Community (1980). Official gazette. No.L229/11-229/29, - European Communities, Luxembourg.
- 32- Grosh C.J and Reinhart D.R (1998). *Analysis of Florida MSW Landfill Leachate Quality* Florida center for solid and hazardous waste. 107p
<http://www.floridacenter.org/publications/bytitle.htm>
- 33- Hounslow A (1995). *Water quality data*. Lewis publishers, CRC Press, Inc 362p
- 34- Isidori M., Lavorgna M., Nardelli A and Parrella A (2003). *Toxicity identification evaluation of leachates from municipal solid waste landfills: a multispecies approach*. Chemosphere 52(1):85-94.
- 35- Jain p., Kim H and G.Townsend T (2004). *Heavy metal content in solid reclaimed from a municipal solid waste landfill*. Waste Management xxx-(1-11).
- 36- Jiangyang l., Dimin X., Youcal Z., Shaowei C., Guojian L and Qi Z (2004). *Long term Monitoring and prediction for settlement and composition of refuse in Shanghai Laogang Municipal Landfill*. Environmental Management 34(3):441-448.
- 37- Kjeldsen P., A. Barlaz M., P. Rooker A., Baun A., Ledin A and H. Christensen T (2002). *Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review* Environmental Science and Technology, 32(4): 297-336.
- 38- Kumar S., Mondal A.N., Gaikwad S.A., Devotta S and Singh R.N (2004). *Qualitative assessment of methane emission inventory from municipal solid waste disposal sites: a case study*. Atmospheric Environment 38(29): Pages 4921-4929.
- 39- Koufodimos G and Samaras Z (2002). *Waste management options in southern Europe using field and experimental data*. Waste Management 22(1): 47-59.
- 40- Lee G.F and Jonse-Lee A (1999). *Evaluation of surface water quality impacts of hazardous chemical site 1*. The journal of Environmental clean up costes, technologies and techniques 9: 87-118.
- 41- Lee G.F and Jones-Lee A (1994). *Impact of Municipal and Industrial Non-Hazardous Waste Landfills on Public Health and the Environment: An Overview*, prepared for California EPA Comparative Risk Project, Sacramento, CA.
- 42- Lee G. F and Jones-Lee A (1993). *Groundwater Pollution by Municipal Landfills: Leachate Composition, Detection and Water Quality Significance*. Proc. Sardinia '93 IV International Landfill Symposium, Sardinia, Italy, 1093-1103.

- 43- LO M.C (2003). *Environmental and Landfill Operational Aspects of Co-disposal of Dewatered Sewage Sludge and Municipal Solid Waste*. Department of Civil Engineering. Hong Kong University of Science and Technology.
[www.hkie- env.org/downloads/2003BestEnvironmental]
- 44- Merk, E.(1970). *The testing water, a selection of chemical methods for practical use.*, Darmstadt, Germany, 107p.
- 45- Nakamura M., Tanaka F., Sato K., Segawa T and Masahide Nagano (2005) *B-Type Natriuretic Peptide Testing for Structural Heart Disease Screening: A General Population-Based Study*. Journal of Cardiac Failure 11(9): 705-712.
- 46- Novak T (2002). *Evaluation of stability parameters for landfills*. M.scThesis, 54p.
- 47- Ouvry J.F and Page B (2004). *Settlement of waste packaged in chaffs in a domestic waste disposal*. 4th Kansai Int'l Geotechnical Forum, IIAS, Kyoto, Japan.
- 48- Ostman M., Wahlberg O., gren S. A and Martensson A (2004). *Metal and organic matter contents in a combined household and industrial landfill*. Waste Management 26: 29–40.
- 49- Pisolkar S (1996). *Biodigratioin and settlement in landfill*. M.scThesis, New Jersey Institute of technology 64p.
- 50- Rooker A.P (2000). *A critical evaluation of factors required to terminated the post-closure moitoring period at solid waste landfills*. M.scThesis, Carolina State University 191p.
- 51- Slack R.J., Gronow J.R and Voulvoulis N (2004). *Hazardous components of household waste. Critical Reviews*. Environmental Science and Technology 34 (5):419-445.
- 52- Sorum L., J.Frandsen F and E.Hustad J (2004). *On the fate of heavy metals in municipal solid waste combustion. Part II. From furnance to filter*. Fuel 83: 1703-1710.
- 53- Tchobanoglous G., Theisen H. and Vigil S.1993. *Integrated solid waste management, engineering Principales and managements isses*. McGraw-Hill,Inc
- 54- Todd D.K (1980). *Groundwater Hydrology*. 2nd edition, John Wiley & sons, New York, 539p.
- 55- Torabian A and Mahhjouri M (2003). *Environmental and health concerns associated with compost products in Iran*. Internathinal Journal Environment studies 60(2):135-144.
- 56- van der Sloot H.A and Dijkstra J.J (2004). *Development of Horizontally Standardized Leaching Tests For Construction Material Based or Release Based Approach? Identical leaching mechanisms for different materials.*, Fossil fules,1-56.
- 57- World Health Organzation (1971). *Surveillance of drinking water Quality*.

Abstract

In this research, the environmental effects resulting from former and present landfills of Mashhad including the water and soil contaminations and ground subsidence have been studied. For this purpose, first of all the history of waste disposal including waste production growth, type of waste, and former and present landfills in Mashhad have been reviewed. Since there is no documentary information about previous landfills of Mashhad, their positions and extents have been specified using aerial photographs. Then, the geological setting, soil texture, and groundwater characteristics in the vicinity of landfills have been evaluated. In order to evaluate the contamination in the vicinity of landfills, seven water samples and nine soil samples were taken and analysed for chemical and microbiological constituents. In the former landfills concentration of NO_3^- and PO_4^{3-} is about 190 and 0.25 mg/l, respectively. These concentrations are much higher than concentrations allowed for drinking waters. In the active landfill, the concentration of NO_3^- and PO_4^{3-} are influenced by both landfill and agricultural activities. The values of H_2S in former and present landfills are respectively about 15 and 1.4 mg/l, which are greater than standard limits for drinking waters. Concentrations of heavy metals in soils in the vicinity of active landfill are relatively high and they decrease with distance from landfill. On the basis of dimensions and volume of depression, waste characteristics, and closing time of depression, land subsidence for depressions in former and present landfills was calculated and the subsidence time relationship for 30 years period plotted. According to the obtained results, it may be argued that the maximum land subsidence in the present landfill will be 3.5 m.

Key word: Environment effects, landfill, groundwater, pollution, subsidence, Mashhad

- 58- Zamorano M., Ignacio Pérez Pérez G., Aguilar Pavés I and Ramos Ridao Á (2005). *Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- 59- www.gflee.com
- 60- <http://www.floridacenter.org/publications/bytitle.htm>