٨٧١٠٦٧١٧
٨٧١٢٠٢٦

بسم الله الرحمن الرحيم

١٠٨٧٧٤

۸۷/۱/۱۰۶۷۱۷
۸۷_۱۲_۲۶

معادل سازی استفاده از GCL و لاینر رسی متراکم در یک لندفیل مهندسی

کاوه دهقانیان

دانشکده فنی

گروه عمران

شهریور ۱۳۸۷

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

۱۳۸۷ /۱۲/ ۲۱

استاد راهنما: دکتر کاظم بدو

۱۰۸۷۷۴

پایان نامه خانم/آقای کاوه رضائیان ... به تاریخ ۸۷/۶/۳۱
شماره ۹۴-۲-ف مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی
و نمره ۱۹/۰ قرار گرفت.

۱ - استاد راهنما و رئیس هیئت داوران : دکتر کاظم یدی

۲ - داور خارجی : دکتر مهدی بهاری

۳ - داور داخلی : دکتر صدیقه وسمه گیری

٤ - نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر مجید منتظری

حق چاپ و نشر برای دانشگاه ارومیه محفوظ می باشد.

تقدیم به

پدر و مادرم، که همیشه راهنمای من بودند

برادرم، که مرا در تهیه پایان نامه یاری نمود و

دوستان خوبم در دانشکده فنی دانشگاه ارومیه،

که همیشه پشتیبان و یاری گر من بودند.

تقدیر و تشکر

اکنون که در پایان دوران تحصیلم در دانشگاه ارومیه هستم، چون به گذشته می نگرم پی به این نکته می برم که بهترین دوران عمرم را در کنار اساتید و دوستان عزیزم سپری نموده ام و مسلما انجام این تحقیق و آماده‌سازی آن بدون کمکهای این عزیزان امکان پذیر نبود. بر خود لازم می‌دانم تشکر و قدردانی خود را تقدیم این عزیزان بنمایم.

- استاد عزیزم جناب آقای دکتر کاظم بدو که با راهنماییهای ارزشمندشان مرادر انجام این تحقیق یاری نمودند.
- اساتید گرانقدر دانشکده فنی، آقایان دکتر بهادری، دکتر تاروردیلو، دکتر مومیوند، دکتر محمدی، دکتر قلندر زاده و سایر اساتید که در طول تحصیل مرا یاری نمودند.
- از تک ستاره آسمان زندگیم، سمیرا توفیقی، که در طول تحصیل صمیمانه مرا یاری نمود.
- از همکلاسیها و دوستان عزیزم خانمها و آقایان ابرزاده، شیرزادیان، محمد زاده، حسینی، امامی، علی ناصر، جعفرشاینده، جعفر واحدی، امین یونسی‌اقدم، خلیل عفتی داریانی، مهدی اسکندر زاده، آرش فرجادی، قلی اسد زاده، محسن آقابراتی، سعید حرفت، مهدی اخگر، سلطان زاده، رضوان نایب زاده، مهدی سبحانی، حامد محله ای، روح‌الله فارسیمدان، میرحبیب محمودی، علی اقدمی، فرشید سعد آبادی، محمد بخت شکوهی، مهدی حسینی، تومیک صیادیان، تقی تقی زاده، افخمی فرد، رامین رجبیون، مجتبی رضوی، هادی ولیزاده، سعید موحد، محمد ضیائی، کیوان محمودیان، احمد عدادی، سروش آزادی، آیدین علیزاده، بهزاد صدیق، تقی مهینی، مسعود نبی زاده، نادر صولتی فر، محمد جواد زاده، فرهاد تقی زاده، مهدی فرازمند، بردیا مرجانی، فخرالدین قهرمانی، کیوان زینالی، امیر عبدالهی، حسن احمدی، اژدر احمدی، کاوه احمدی، حسین پور، سیامک امیر فخری، هادی لهفتان، امیر رفعت‌نژاد و سایر دوستان و تمامی کارکنان دانشکده فنی که در کنار آنها لحظات دلنشین و خاطره‌انگیزی را سپری نمودم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست اشکال وجداول VII

چکیده XI

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: لایه عایق رسی- ژئوسینتتیک و لایه عایق رسی متراکم ۳

۲-۱- ژئوسینتتیکها ۳

۲-۱-۱- مقدمه ۳

۲-۱-۲- پلیمر های مورد استفاده در ژئو سینتتیک ها ۳

۲-۱-۳- عملکرد ژئوسینتتیکها ٤

۲-۱-٤- تقسیم بندی ژئوسینتتیکها ٥

۲-۱-٤-۱- ژئوتکستایلها ۷

۲-۱-٤-۲- عایق های رسی- ژئوسینتتیک(Geosynthetic Clay Liners) ۷

۲-۱-٥- انواع GCLها ۸

۲-۲- اجزای تشکیل دهنده GCLها ۸

۲-۲-۱- بنتونیت ۱۰

۲-۲-۲- ترکیبات بنتونیت ۱۰

۲-۲-۳- کانی شناسی رس ۱۱

۲-۲-۳-۱- منتموریلونیت ۱۱

۲-۲-۳-۲- ظرفیت تبادل کاتیونی ۱٤

۲-۲-۳-۳- اندرکنش آب و بنتونیت ۱٤

۲-۲-۳-٤- لایه دوگانه ۱٦

۲-۲-٤- بنتونیت سدیمی و کلسیمی ۱۹

۲-۲-٤-۱- تاثیر یون موجود و تبادل یونی بر ریز ساختار ۲۰

۲-۲-٤-۲- مقایسه بین نفوذپذیری بنتونیت کلسیمی و بنتونیت کلسیمی تبادل یونی شده ۲۰

۲-۲-۵- تشخیص کیفیت بنتونیت ۲۱
۲-۲-۶- بنتونیت با تورم بالا ۲۱
۲-۳- خواص GCLها و روشهای آزمایش ۲۲
۲-۳-۱- خواص فیزیکی ۲۲
۲-۳-۲- خواص هیدرولیکی ۲۳
۲-۳-۳- خواص مکانیکی ۲۴
۲-۳-۴- خواص دوام ۲۴
۲-۳-۵- نحوه تهیه نمونه های GCL صنعتی ۲۵
۲-۴- کاربرد GCLها ۲۶
۲-۵- مطالعات انجام شده در زمینه رفتار هیدرولیکی عایقهای رسی- ژئوسینتتیک ۲۹
۲-۶- مطالعات انجام شده در زمینه رفتار عایقهای رسی متراکم شده ۳۲
۲-۷- عوامل فیزیکی وشیمیایی مؤثر برعملکرد CCL ها ۳۴

فصل سوم: ادبیات فنی و پیشینه موضوع معادل سازی لایه های عایق.....۳۶

۳-۱- مقدمه ۳۶
۳-۲- معادل سازی لایه های عایق مرکب ۳۹
۳-۲-۱- مسائل اجرایی ۳۹
۳-۲-۲- معادل سازی هیدرولیکی لایه های عایق مرکب ۳۹
۳-۲-۳- معادل سازی انتقال آلاینده ها از لایه های عایق مرکب ۴۰
۳-۲-۴- ارزیابی معادل سازی زیست محیطی لایه های عایق مرکب ۴۱
۳-۲-۴-۱- اثر متقابل رس- شیرابه ۴۲
۳-۲-۴-۲- انتشار مولکولی از لایه های عایق رسی ـ ژئوسینتتیک ۴۲
۳-۲-۴-۳- تراوش از ژئوممبرین ۴۳
۳-۲-۴-۴- انتشار مولکولی از ژئوممبرین ۴۵
۳-۲-۴-۵- عمر مفید ژئوممبرین ۴۵
۳-۲-۵- عملکرد طولانی مدت سیستم های جمع آوری شیرابه ۴۵
۳-۲-۵-۱- انسداد در ژئوتکستایل ۴۸

فصل چهارم:مکانیزم های انتقال آلودگی و معرفی نرم افزار POLLUTE.....۵۰

۴-۱- آلودگی خاکها ۵۰
۴-۲- مکانیزمهای انتقال جریان ۵۲

٤-٢-١- انتقال به طریقه فرارفت ٥٣
٤-٢-٢- انتقال به طریقه انتشار مولکولی ٥٤
٤-٢-٢-١- انتشارمولکولی محلول آزاد ٥٤
٤-٢-٢-٢- پدیده انتشارمولکولی در خاک ٥٦
٤-٢-٢-٣- انتشارمولکولی یکنواخت و غیر یکنواخت از میان خاک ٥٨
٤-٢-٣- انتقال به طریقه فرارفت- انتشارمولکولی ٥٩
٤-٢-٣-١- عمل پخش شدگی ٥٩
٤-٢-٣-١- مکانیزم های کند کننده ٦٠
٤-٢-٤- معادلات دیفرانسیل حاکم ٦٠
٤-٢-٤-١- شرایط مرزی ٦١
٤-٣- نرم افزار POLLUTE ٦٢
٤-٣-١- پنجره فایل ٦٣
٤-٣-٢- پنجره ورود داده ها ٦٤
٤-٣-٢-١- داده های مواد رسوبی ٦٤
٤-٣-٢-٢- اطلاعات و داده های لایه ٦٦
٤-٣-٢-٣- شرایط مرزی ٧٠
٤-٣-٢-٤- ویژگیهای خاص ٧٣
٤-٤- حل معادلات حاکم ٨٦
٤-٤-١- روش معادله اوگاتا – بنکس ٨٦
٤-٤-٢- روش بوکر – رو ٨٩
٤-٥- مدل کردن مدفن D ٩١
٤-٥-١- دفع زباله های خطرناک ٩١
٤-٥-٢- مدفن زباله جامد شهری ٩٣

فصل پنجم: محاسبات معادل‌سازی برای گزینه‌های مختلف مدفن ٩٦

٥-١- مقدمه ٩٦
٥-٢- مدلسازی و تحلیل مدفن غیرمهندسی شهری با استفاده از کد رایانه‌ای POLLUTE ٩٧
٥-٢-١- مدفن غیر مهندسی ٩٧
٥-٢-٢- روش و محاسبات گزینه‌های مختلف مدلسازی شده ٩٨

۵-۲-۲-۱- مدفن زباله غیر مهندسی با لایه عایق رسی متراکم ۹۹
۵-۲-۲-۲- مدفن زباله غیر مهندسی با لایه عایق رسی- ژئوسینتتیک ۱۰۱
۵-۲-۲-۳- مدفن زباله غیر مهندسی با لایه عایق مرکب ۱۰۲
۵-۲-۲-٤- مدفن زباله غیر مهندسی با لایه عایق رسی افزایش یافته ۱۰۳
۵-۲-۲-۵- مدفن زباله غیر مهندسی ۱۰٤
۵-۳- نمودارهای حاصل از تحلیل نرم افزار برای مدفن غیر مهندسی ۱۰۵
۵-۳-۱- نتایج حاصل از نمودارهای تحلیل نرم افزاری برای مدفن غیر مهندسی ۱۰۸
۵-٤- مدلسازی و تحلیل مدفن مهندسی شهری با یک زهکش با استفاده از کد رایانه‌ای POLLUTE ۱۱۰
۵-٤-۱- مدفن زباله مهندسی با عایق رسی- ژئوسینتتیک ۱۱۰
۵-٤-۲- مدفن زباله مهندسی با عایق رسی ۱۱۲
۵-٤-۳- مدفن زباله مهندسی با لایه عایق مرکب ۱۱۳
۵-٤-٤- مدفن زباله مهندسی با لایه عایق رسی افزایش ضخامت یافته ۱۱٤
۵-۵- نمودارهای حاصل از تحلیل نرم افزار برای مدفن مهندسی ۱۱۵
۵-۵-۱- نتایج حاصل از نمودارهای تحلیل نرم افزاری برای مدفن مهندسی ۱۱۹
۵-٦- مدلسازی و تحلیل مدفن مهندسی شهری با زهکش مرکب با استفاده از کد رایانه‌ای POLLUTE ۱۲۱
۵-٦-۱- مدفن زباله مهندسی با عایق رسی- ژئوسینتتیک منفرد و زهکش مرکب ۱۲۱
۵-٦-۲- مدفن زباله مهندسی با عایق رسی- ژئوسینتتیک و زهکش مرکب ۱۲۳
۵-٦-۳- مدفن زباله مهندسی با عایق رسی متراکم شده و زهکش مرکب ۱۲۵
۵-٦-٤- مدفن زباله مهندسی با عایق رسی متراکم شده و رسی- ژئوسینتتیک و زهکش مرکب ۱۲۷
۵-٦-۵- مدفن زباله مهندسی با عایق رسی متراکم شده مرکب و با افزایش ضخامت و زهکش مرکب ۱۲۹
۵-۷- نمودارهای حاصل از تحلیل نرم افزار برای مدفن مهندسی با زهکش مرکب ۱۳۰
۵-۷-۱- نتایج حاصل از نمودارهای تحلیل نرم افزاری برای مدفن مهندسی با زهکش مرکب ۱۳۳
فصل ششم: خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۳۵
٦-۱- خلاصه ۱۳۳
٦-۲- نتیجه گیری ۱۳٦
٦-۳- پیشنهادات ۱۳۷
مراجع ۱۳۸

چکیده انگلیسی..... ۱٤٤

فهرست اشکال

شکل (۲ – ۱) : انواع ژئوسینتتیک های موجود ٦
شکل (۲ – ۲) : مقطع عرضی GCLهای معمول ۹
شکل (۲ – ۳) : ریز ساختار کانیهای رسی ۱۲
شکل (۲ – ٤) : (الف) ساختمان اتمی مونتموریلونیت (ب) نمایش ورقه ای هدارالها (ج) نمایش ورقه ای منتموریلونیت ۱۳
شکل (۲ – ٥) : خصوصیت دو قطبی بودن ملکول آب ۱٥
شکل (۲ – ٦) : لایه دوگانه ۱٥
شکل (۲ – ۷) : جذب ملکولهای دو قطبی در سطح ذرات رسی ۱٦
شکل (۲ – ۸) : آب جذب شده در سطح ذرات رس ۱٦
شکل (۲ – ۹) : مدل لایه دوگانه Helmholtz ۱۷
شکل (۲ – ۱۰) : مدل لایه دوگانه Gouy- Chapman ۱۸
شکل (۲ – ۱۱) : مدل لایه دوگانه Stern Gouy-Chapman ۱۸
شکل (۲–۱۲) : تغییر بنتونیت سدیمی به کلسیمی ۲۰
شکل (۲–۱۳) : سمت چپ بنتونیت سدیمی و سمت راست بنتونیت کلسیمی ۲۰
شکل (۲–۱٤) : نمای شماتیک تولید کارخانه ای GCLهای اصلاح شده حرارتی ۲٥
شکل(۲– ۱٥) : شکل شماتیک نحوه تولید GCLهای (a) پیوند داده شده با چسب (b)دوخته شده در کارخانه ۲٦
شکل (۲–۱٦) : : کاربرد GCLها در (الف) جاده و فرودگاه ب)کانالها و استخرها (ج) زیر مخازن (د) مانع هیدرولیکی در پشت دیوارهای حایل (ه) سرپوش لندفیلها و (و) سدهای خاکی ۲۷
شکل(۳– ۱) : انتقال آلاینده ها در لایه عایق مرکب ۳۷
شکل(۳– ۲) : شکل شماتیک لایه عایق مرکب منطبق با استاندارد آمریکا و اروپا ۳۷
شکل(۳–۳) : شکل شماتیک لایه عایق مرکب منطبق با استاندارد کانادا ۳۸
شکل(۳– ٤) : شکل شماتیک لایه عایق مرکب همراه با زهکشهای مدرن ٤٦
شکل (۳– ٥) : پروفیل انتشار مولکولی در سفره ماسه ای و لایه عایق رسی متراکم شده زیرین در لندفیل Keele Valley بعد از ٤ سال الف) کلرید و ب) ترکیبات شیمیایی فرار ٤۷
شکل(٤– ۱): سمت راست بیان ریاضی انتقال فرارفت و سمت چپ بیان انتقال بطریقه فرارفت ٥۳
شکل(٤–۲): نمودار ضریب انتشار مولکولی آزاد– درجه حرارت برای یون های مختلف ٥٥
شکل(٤–۳): انتشار ملکولی آلودگی(انتقال انتشار مولکولی) ٥٦
شکل(٤–٤): انتشار مولکولی بصورت تابعی از زمان و فاصله ٥۸
شکل (٤ – ٥) : نمودار ضریب توزیع ٦۸

شکل (٤ — ٦): نمودار جذب غیر خطی فروند لیخ ٧٦
شکل (٤ — ٧): نمودار جذب غیر خطی لانگ موير ٧٨
شکل (٤ — ٨): حوضچه غیر فعال(آرامش) ٨١
شکل (٤ — ٩): توزیع نرمال و نرمال لگاریتمی ٨٦
شکل (٤ — ١٠): راه حل گرافیکی اوگاتا - بنکس ٨٨
شکل (٤ — ١١): نمودار گرافیکی تابع(x) Φ ٩٠
شکل (٤ — ١٢): سیستم لایه عایق مدفن زباله نوع C برای زباله های خطرناک ٩٢
شکل (٤ — ١٣): سیستم پوشش مدفن زباله نوع C برای زباله های خطرناک ٩٣
شکل(٤-١٤): سیستم لایه عایق مدفن زباله نوع D برای زباله های غیر خطرناک ٩٤
شکل(٤ — ١٥): سیستم پوشش مدفن زباله نوع D برای زباله های غیر خطرناک ٩٥
شکل(٥ — ١): مدفن غیر مهندسی با لایه عایق رسی ٩٩
شکل (٥-٢): مدفن زباله با عایق رسی- ژئوسینتتیک ١٠١
شکل (٥-٣): مدفن مهندسی با لایه عایق مرکب ١٠٢
شکل(٥- ٤): مدفن زباله با لایه عایق رسی با ضخامت افزایش یافته ١٠٣
شکل(٥-٥): مدفن زباله غیر مهندسی ١٠٤
شکل (٥-٦): نمودار غلظت- زمان با جرم محدود شیرابه ١٠٦
شکل (٥-٧): نمودار غلظت - عمق با جرم محدود شیرابه بعد از ٥٠ سال ١٠٦
شکل (٥ — ٨) : نمودار غلظت - زمان با غلظت ثابت شیرابه ١٠٧
شکل (٥ — ٩): نمودار غلظت - عمق با غلظت ثابت شیرابه بعد از ٥٠ سال ١٠٧
شکل (٥ — ١٠): مدفن زباله مهندسی با لایه عایق رسی- ژئوسینتتیک ١١١
شکل (٥ — ١١): مدفن زباله مهندسی با لایه عایق رسی متراکم شده ١١٢
شکل (٥ — ١٢): مدفن زباله مهندسی با لایه عایق مرکب ١١٣
شکل (٥ — ١٣): مدفن زباله مهندسی با لایه عایق رسی با ضخامت افزایش یافته ١١٤
شکل (٥ — ١٤): نمودار های غلظت- زمان با جرم محدود شیرابه در چهار گزینه ١١٥
شکل (٥ — ١٥): نمودار های غلظت- عمق با جرم محدود شیرابه بعد از ٥٠ سال در چهار گزینه مدفن ١١٦
شکل (٥ — ١٦): نمودار های غلظت- زمان با غلظت ثابت شیرابه در چهار گزینه مدفن ١١٦
شکل(٥-١٧): نمودار های غلظت- عمق با غلظت ثابت شیرابه بعد از ٥٠ سال در چهار گزینه مدفن ١١٧
شکل (٥ —١٨): نمودار های غلظت- زمان با جرم محدود شیرابه در چهار گزینه در حالت گرفتگی زهکش ١١٨
شکل(٥ — ١٩): نمودار های غلظت- عمق با جرم محدود شیرابه بعد از ٥٠ سال در چهار گزینه مدفن در حالت گرفتگی زهکش ١١٨
شکل (٥-٢٠): مدفن زباله مهندسی با عایق رسی- ژئوسینتتیک ١٢١
شکل (٥-٢١): مدفن زباله مهندسی با عایق رسی-ژئوسینتتیک و زهکش مرکب ١٢٣
شکل (٥-٢٢): مدفن زباله مهندسی با عایق رسی-متراکم شده و زهکش مرکب ١٢٥

شکل (۵-۲۳): مدفن زباله مهندسی با عایق رسی-متراکم شده ورسی-ژئوسینتتیک و زهکش مرکب ۱۲۷
شکل (۵-۲٤): مدفن زباله مهندسی با عایق رسی-متراکم شده با افزایش ضخامت و زهکش مرکب ۱۲۹
شکل (۵-۲۵): نمودار های غلظت- زمان با جرم محدود شیرابه در پنج گزینه مدفن ۱۳۰
شکل (۵-۲٦): نمودار های غلظت- عمق با جرم محدود شیرابه در پنج گزینه مدفن پس از ۵۰ سال ۱۳۱
شکل(۵-۲۷): نمودار های غلظت- زمان با غلظت ثابت شیرابه در پنج گزینه مدفن ۱۳۱
شکل(۵-۲۸): نمودار های غلظت- عمق با غلظت ثابت شیرابه در پنج گزینه مدفن پس از ۵۰ سال ۱۳۲
شکل (۵ – ۲۹) : نمودار های غلظت- زمان با جرم محدود شیرابه در پنج گزینه مدفن پس از گرفتگی زهکش ۱۳۲
شکل (۵ – ۳۰): نمودار های غلظت- عمق با جرم محدود شیرابه در پنج گزینه مدفن پس از گرفتگی زهکش پس از ۵۰ سال ۱۳۳

فهرست جداول

جدول (۲ – ۱) انواع پلیمرهای مورد استفاده در تولید ژئوسینتتیکها و وزن مخصوص نسبی آنها ٤

جدول (۲ – ۲) فاکتورهای کنترل ژئوتکستایلهای تولید شده در کارخانه ۸

جدول (۲ – ۳) فاکتورهای مورد کنترل بر روی محصولات GCL تولید شده درکارخانه ۲۵

جدول (۲ – ٤) خواص مصالح مناسب برای لایه عایق رسی متراکم شده ۳۲

جدول(٤–۱) ضریب انتشارمولکولی آزاد در آب برای یونهای مختلف موجود در شیرابه ۵۵

جدول (٤–۲) داده های ورودی مورد نیاز برای بدست آوردن نتایج تئوریک (خروجی) در نرم افزار POLLUTE ٦۳

جدول (۵–۱) پارامترهای ورودی به نرم افزار POLLUTE در محاسبات معادل سازی ۹۹

جدول (۵–۲) پارامترهای ورودی به نرم افزار POLLUTE در محاسبات معادل سازی ۱۱۰

چکیده

شیرابه موجود در مدفن های زباله شهری حاوی عناصر شیمیائی مضری است، لذا تاثیر سیستم لاینر مدفن های زباله شهری مدرن از نظر کاهش تاثیر آلاینده های موجود در شیرابه مهم است. استفاده از لایه های رسی- ژئوسینتتیک (GCLs) در مدفن های زباله (لندفیل ها) به طور روز افزونی گسترش یافته است. استفاده از لایه های رسی متراکم شده (CCLs) نیز در مدفن ها متداول و اغلب اقتصادی است. لیکن در مناطقی که خاک رسی کافی در دسترس نیست، استفاده از مواد رسی- ژئوسینتتیک به عنوان جایگزین میتواند مورد استفاده قرار گیرد. لاینر های مرکب از یک لاینر ژئوممبرین و یک لاینر رسی متراکم شده یا یک لاینر ژئوممبرین و لاینر رسی- ژئوسینتتیک به منظور کاهش انتقال آلاینده ها از مدفن های زباله جامد شهری به سفره آب زیر زمینی زیرین، تشکیل می شود. طراحی لاینر جایگزینی برای لاینر های متداول در مدفن نوع D، که توسط سازمان محیط زیست آمریکا توصیه شده و پیشرفت لاینر های رسی- ژئوسینتتیک در زمینه استفاده در سیستم لاینر مرکب، منجر به پیدایش نیاز به استفاده از روشهایی برای مقایسه سیستم های لاینر جایگزین برای مدفن ها شده است. آئین نامه های موجود نوع لاینر را تعیین کرده و اجازه استفاده از یک لاینر جایگزین را به شرطی که این لاینر حداقل با لاینر توصیه شده توسط آئین نامه هم ارز و معادل باشد، می دهند. ارزیابی معادل سازی باید شامل فاکتور های موثر در انتقال آلاینده ها از سیستم لاینر همچون دیفیوژن، ادوکشن، جذب و تجزیه شیمیایی باشد.

در این مطالعه، از یون کلر به عنوان یون حرکتی و از مدل ادوکشن- دیفیوژن به عنوان معادله حرکتی استفاده گردید. روش استفاده شده در این مطالعه معادل سازی توسط نرم افزار POLLUTE بر اساس مقایسه میزان نشت از لاینر های متفاوت و لاینر معادل سازی شده می باشد. استفاده از لاینر های رسی و رسی- ژئوسینتتیک به صورت منفرد و ترکیبی و لاینر دو گانه مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج حاصله حاکی از کاهش قابل توجه ضخامت لاینر رسی و میزان شیرابه عبوری از لاینر مرکب و دوگانه می باشد. همچنین مدفن زباله شهری با یک زهکش و زهکش ثانویه (مضاعف)، مدل سازی و بررسی شد و مشاهده گردید که در صورت استفاده از زهکش ثانویه، میزان آلاینده های نشت یافته به سفره آب زیر زمینی کاهش می یابد. این نتایج با نتایج حاصل از مدل سازی یک لندفیل غیر مهندسی مقایسه شد. نتیجه مقایسه حاکی از کاهش قابل توجه آلودگی آب زیر زمینی در صورت استفاده از مدفن مهندسی با لاینر و زهکش مرکب(لاینر و زهکش اولیه و ثانویه) بود. در پایان همچنین پدیده گرفتگی زهکش و اثر آن روی میزان آلودگی آب زیر زمینی بررسی و تحلیل شد.

کلمات کلیدی: لاینر مرکب، مدفن زباله، معادل سازی، لاینر رسی متراکم شده، لاینر رسی- ژئوسینتتیک

فصل اول

مقدمه

دفن صحیح زباله ها یکی از مسائل با اهمیتی است که امروزه در کشورهای پیشرفته توجه زیادی به آن شده و تحقیقات گسترده ای در مورد آن انجام می پذیرد. از میان روشهای مختلف دفع زباله، دفن آن متداولترین روش مورد استفاده می باشد . مدفن های زباله حاصل یک فرآیند مهندسی هستند که زباله ها در داخل آن به طریقهٔ صحیح انباشته می شوند . با وجود تکنولوژیهای پیشرفته بازیافت واستحصال مواد در کشورهای صنعتی هنوز هم دفن زباله های باقیمانده از مصرف استفاده از مدفنها را ناگزیر می سازد . یک مدفن مهندسی دارای قسمتهای مختلفی شامل پوششها (پوششهای ابتدایی ، روزانه ، نهایی)، سیستم زهکشی وجمع آوری شیرابه ، سیستم جمع آوری گاز و سیستم های کنترل می باشد. محلهای دفن زباله یکی از اماکن آلوده کننده منابع آب زیرزمینی محسوب می شوند . شیرابه تولید شده از زباله ها حاوی ترکیبات متعدد شیمیایی است که باید با روشهای مهندسی از کف مخزن مدفن زباله جمع آوری وتصفیه شود. عدم جمع آوری شیرابه باعث حرکت یونهای شیمیایی از کف مدفن به طرف سفره آب زیرزمینی از طریق لایه های خاک زیر مدفن شده و باعث آلودگی منابع آب زیرزمینی منطقهٔ مدفن می شود.

اهمیت جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی وقتی روشن می شود که بدانیم ۳٪ آبهای موجود در کرهٔ زمین قابل شرب بوده و۷۵٪ این آبهای قابل شرب به صورت یخ در قطب شمال وجنوب قراردارند وکمتر از ۲٪ آن به صورت آبهای آزاد هستند . مقدار ناچیزی از آب نیز در قسمت نیمه اشباع خاکهای سطحی واقع شده ونزدیک به ۲۲٪ از این آبهای قابل شرب به صورت آبهای زیرزمینی هستند [۱].

ارزیابی چگونگی انتقال آلودگی وتخمین کمی وکیفی آلودگی در سفره آب زیرزمینی زیر مدفن زباله با دانستن اطلاعات هیدروژئولوژیک منطقهٔ مدفن زباله، خصوصیات فیزیکی وشیمیایی شیرا به ولایه های خاک طبیعی ویا مهندسی زیر مدفن وبا انجام آزمایشات برای تعیین پارامترهای کلیدی ومحاسبات انتقال آلودگی میسر است.

لاینرهای مرکب برای کاهش انتقال آلودگی در مدفن های زباله شهری به کار می روند. در کشورما همچنان از مدفن های غیرمهندسی در اغلب شهرها استفاده می شود. در مدفن های غیرمهندسی از لایه زهکش شیرابه استفاده نمی شود وزباله ها در تماس با زمین طبیعی هستند. مدفن های مدرن شهری به سیستم های جمع آوری شیرابه به طریقهٔ مهندسی ولاینر بستر برای کاهش انتقال آلاینده ها از مدفن به سفره آب زیرزمینی زیرین، متکی هستند . به طور معمول لایه های بستر از قبیل لاینرهای رس متراکم شده (CCLS) ولاینرهای رسی ـ ژئوسینتتیک (GCLS) برای کاهش انتقال آلاینده ها از سیستم های لاینر وژئوتکستایل برای محافظت از این لاینرها در برابر سوراخ شدگی به کار می روند. در بعضی مناطق استفاده از رس مقرون

به صرفه نیست ولاینرهای رسی ـ ژئوسینتتیک به تنهایی یا به صورت ترکیبی بارس استفاده می شوند تا استاندارد لازم برای حداقل ضریب نفوذ پذیری مورد نیاز برای لاینر را کسب نمایند. در بسیاری آیین نامه ها که انعطاف پذیری در مورد استفاده از GCL وجود دارد ، وظیفهٔ طراح است که معادل سازی نفوذ پذیری این لاینرها را با CCL بررسی نماید. به هر حال چون وظیفه اصلی بستر کاهش انتقال آلاینده ها از مدفن است، ارزیابی معادل سازی باید حداقل شامل ارزیابی انتقال آلاینده ها باشد. ارزیابی معادل سازی باید فاکتورهای مؤثر در انتقال آلاینده ها از سیستم لاینر همچون انتشار مولکولی (دیفیوژن)، فرار رفت (ادوکشن) ،پخش شدگی (دیسپرژن) ،جذب وتجزیهٔ شیمیایی (در صورت وجود) را در بر گیرد.

در این تحقیق معادل سازی لاینرهای رسی ـ ژئوسینتتیک بالاینرهای رسی متراکم شده توسط نرم افزار POLLUTE مدلسازی و تحلیل شده است.

این پایان نامه مشتمل بر٦ فصل می باشد . در فصل دوم لاینرهای رسی ـ ژئوسینتتیک و لاینرهای رسی متراکم شده معرفی شده و قسمتهای مختلف آن توضیح داده شده و در ادامه تاریخچه ای از مطالعات انجام گرفته روی GCLها وCCLها ارائه شده است. در فصل سوم به مبحث معادل سازی پرداخته شده است وپیشینه موضوع معادل سازی لاینرها ومطالعات انجام گرفته ونتایج بدست آمده بحث وبررسی شده اند. در فصل چهارم نرم افزارPOLLUTE به عنوان کد رایانه ای مورد استفاده معرفی شده وسپس امکانات وقابلیت های مدلسازی انتقال آلودگی توسط این نرم افزار توضیح داده شده است.

در فصل پنجم ، محاسبات معادل سازی برای گزینه های مختلف مدفن که در این مطالعه سه گزینه کلی شامل یک مدفن غیرمهندسی ، یک مدفن مهندسی با یک زهکش ومدفن مهندسی با لاینر وزهکشهای مرکب می باشد ارائه شده ونتایج حاصل از تحلیل کد رایانه ای به صورت نمودار ارائه شده است. در فصل ششم ، با بحثی در نتایج ، از مجموعهٔ حاضر نتیجه گیری شده وبا ارائه پیشنهاداتی به این مطالعه خاتمه داده شده است.

فصل دوم

لایه عایق رسی- ژئوسینتتیک ولایه عایق رسی متراکم

۲-۱- ژئوسینتتیکها[۱]

۲-۱-۱- مقدمه

کلمه ژئو(Geo) اشاره به زمین دارد و کلمه سینتتیک (Synthetic) به دلیل این که این مواد توسط فرد در کارخانه تولید می شود اطلاق می گردد. طبق تعریف ASTM 4439 ژئوسینتتیک ها محصولات کارخانه ای مسطح می باشد که از مواد پلیمری[۲] ساخته شده و در خاک، سنگ، زمین یا سایر مصالح وابسته به مهندسی ژئوتکنیک به عنوان قسمت جامعی از سیستمها، سازه ها و پروژه های ساخت بشر مورد استفاده قرار می گیرند. کلمه پلیمر یک کلمه ای یونانی می باشد که مرکب از دو قسمت «پلی» به معنای زیاد و «meros» به معنای اجزاء می باشد. بنابراین مواد پلیمری شامل اجزاء زیاد می باشد این اجزا با اتصال به همدیگر پلیمر ها را می سازند. هر جزء یا واحد منومر[۳] نامیده می شود. منومر ترکیب ملکولی می باشد که برای تولید پلیمر بکار می رود [۲].

۲-۱-۲- پلیمر های مورد استفاده در ژئو سینتتیک ها

پلیمرهای زیر در تولید ژئوسینتتیک ها مورد استفاده قرار می گیرند. از این گروهها پلی پروپیلن ها بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند و بعد از آن پلی استرها نسبت به موارد دیگر کاربرد بیشتری دارند.

---

[۱] Geosynthetic
[۲] Polymer
[۳] Monomer

جدول ۲-۱: انواع پلیمرهای مورد استفاده در تولید ژئوسینتتیکها و وزن مخصوص نسبی آنها

نوع پلیمر	وزن مخصوص نسبی(Gs)
پلی استر ها (Polyesters)	۱/۲۲-۱/۳۸
پلی الفین ها (Polyolefins)	
پلی پروپیلن ها (Polypropylenes)	۰/۹۰-۰/۹۱
پلی اتیلن ها (Polyetheylenes)	
[۴] VLDPE -	<۰/۹۱
[۵] LDPE -	۰/۹۱-۰/۹۲۵
[۶] LLDPE or MDPE-	۰/۹۲۵-۰/۹۴۵
[۷]HDPE-	۰/۹۴۵-۰/۹۶۵
[۸]PVC -	
پلی آمیدها (Polyamide)	۱/۱۴

۲-۱-۳- عملکرد ژئوسینتتیکها

ژئوسینتتیکها پنج عملکرد عمده در مهندسی ژئوتکنیک دارند که عبارتند از:

جداسازی[۹]: عبارتست ازتعبیه ژئوسینتتیک (عموما ژئوتکستایل) بین دو ماده غیر مشابه به طوری که خصوصیات و کارآئی هر دو مواد دست نخورده باقی مانده یا بهبود یابد.

---

[۴] Very Low Density Polyethylene
[۵] Low Density Polyethylene
[۶] Linear Low Density Polyethylene
[۷] High Density Polyethylene
[۸] Polyvinyl chloride
[۹] Separation

مسلح سازی[10]: چون خاک دارای مقاومت کششی بسیار پایین می باشد با بکار بردن این مصالح می توان خواص مقاومتی آن را بهبود بخشید.

زهکشی[11]: مواد ژئوسینتتیکی نظیر ژئوتکستایلهای نابافته به علت نفوذپذیری صفحه ای این قابلیت را دارند که آب حفره ای ایجاد شده را زهکشی کرده و از اثرات مخرب آن بکاهند.

فیلتراسیون[12]: عبارت است از فراهم کردن جریان آزاد توسط این مصالح در جهت عمود بر سطح آن و محدود کردن عبور ذرات جامد خاک همراه با جریان آب.

جلوگیری از نشت و عایق بندی[13]: در سازه های انتقال آب یا مخازن نگهداری سیالات برای جلوگیری از فرار این سیالات می توان از این مصالح استفاده نمود.

در هریک از این عملکردها ممکن است یک یا چند نوع ژئوسینتتیک برای برآورده شدن هدف بکار رود. در استفاده از ژئوسینتتیکها دو هدف عمده دنبال میگردد. این دو هدف عبارتند از بهتر کردن عملکرد و اقتصادی کردن پروژه.

۲-۱-٤- تقسیم بندی ژئوسینتتیکها

ژئوسینتتیکها عمدتا در گروههای زیر دسته بندی می گردند و غالبا از هر گروه یا ترکیبی از آنها در یک عملکرد خاص استفاده می شود:

- ژئوتکستایلها[14]
- ژئوممبرینها [15]
- ژئوگریدها [16]
- ژئولوله ها [17]
- عایق های رسی-ژئوسینتتیک[18]
- ژئوکامپوزیتها[19]
- ژئونتها[20]

در شکل(۲-۱) انواع ژئوسینتتیک های موجود مشاهده می گردد[۲].

---

[10] Reinforcement
[11] Drainage
[12] Filtration
[13] Liquid barrier
[14] Geotextiles
[15] Geomemberanes
[16] Geogrids
[17] Geopipes
[18] Geosynthetic Clay Liners
[19] Geocomposites
[20] Geonets