«بسم الله الرّحمن الرّحيم»

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای نوید مقدم پایان نامه ۸ واحدی خود را **با عنوان تصفیه شیرابه محلّ دفن با استفاده از فرآیند هوازی ترموفیلیک** در تاریخ ۱۳۸۸/۲/۱۳ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محسن نصرتی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر سید عباس شجاع الساداتی	استاد	
استاد ناظر	دکتر سمیره هاشمی نجف آبادی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر سیدمحمدرضا علوی مقدم	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر سمیره هاشمی نجف آبادی	استادیار	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی شیمی – بیوتکنولوژی است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محسن نصرتی، مشاوره جناب آقای دکتر سید عباس شجاع الساداتی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب نوید مقدم دانشجوی رشته مهندسی شیمی– بیوتکنولوژی مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: نوید مقدم

تاریخ و امضا: ۱۳۸۸/۴/۲۴

دانشکده فنی

بخش مهندسی شیمی

گروه بیوتکنولوژی

تصفیه شیرابه محل دفن با استفاده از فرآیند هوازی ترموفیل

نگارش:

نوید مقدم

استاد راهنما :

دکتر محسن نصرتی

استاد مشاور :

دکتر سید عباس شجاع الساداتی

اردیبهشت ۱۳۸۸

تقدیم به

مادر مهربانم

پدر دلسوزم

و

خواهر و برادران عزیزم

تشکروقدردانی:

از راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرانقدر آقای دکتر محسن نصرتی و مساعدت‌های استاد بزرگوار آقای دکتر سید عباس شجاع الساداتی کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از سرکارخانم فاطمه تیموری، مسئول ارجمند آزمایشگاه، دوستان عزیز آقایان مهندس حسین شکی، مهندس احسان حسنانی و مهندس مسلم توکل که در مراحل مختلف پشتیبان و همیار من بودند، بسیار سپاسگزارم.

چکیده

تصفیه زیستی شیرابه محل‌دفن به روش هوازی و در شرایط گرمادوست به‌عنوان یک روش جهت کاهش میزان آلاینده‌های این نوع پساب غلیظ به‌شمارمی‌رود. در این پژوهش ابتدا تصفیه‌پذیری شیرابه محل‌دفن به‌صورت ناپیوسته و در شرایط معتدل‌دوست و گرمادوست، در قالب عوامل جامدات کل (TS)، کل جامدات محلول (TDS)، کل جامدات معلق (TSS) و اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) مورد بررسی قرار گرفته است. سپس با استفاده از یک راکتور هوازی همزده‌شده لجن فعال به شکل لوله‌ای و به‌صورت پیوسته، میزان تصفیه‌پذیری شیرابه محل‌دفن تحت شرایط معتدل‌دوست (دمای ۴۰°C به مدت ۱۵ روز) و شرایط گرمادوست (دمای ۵۵°C به‌مدت ۲۰ روز) بررسی شد. این بیوراکتور، COD شیرابه ورودی را در شرایط معتدل دوست و در سرعت‌های بارگذاری آلی حجمی $kg/m^3.d$ ۱۰/۱۴، ۱۶/۹ و ۳۲/۹۶ به‌ترتیب ٪۴۴، ٪۳۳ و ٪۳۲ و در شرایط گرمادوست و در سرعت‌های $kg/m^3.d$ ۵، ۱۰/۱، ۱۷/۳۷و ۳۲/۹۶ به‌ترتیب ٪۵۴، ٪۴۹، ٪۴۴ و ٪۴۳ کاهش داده است. مقادیر عوامل سینتیکی بهره (Y_T)، ثابت سرعت میرایی (K_d)، ثابت بیشینه سرعت رشد (μ_m) و ثابت سرعت معادله مونود (K_s) به ترتیب برابر با ۰/۳۱ kgMLSS/kgCOD، ۰/۳۸ d^{-1}، ۳/۱۱ d^{-1} و ۱۳۱۱ mgCOD/l در شرایط معتدل‌دوست (۴۰°C) و ۰/۲۴ kgMLSS/kgCOD، ۰/۶۰d^{-1}، ۶/۵۱ d^{-1} و ۱۲۱۰ mgCOD/l در شرایط گرمادوست (۵۵°C) بدست آمده است.

کلمات کلیدی: شیرابه محل‌دفن، تصفیه هوازی گرمادوست، فرآیند لجن فعال

فهرست مطالب	صفحه
مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
تعاریف و کلیات	۵
۲-۱- تولید شیرابه	۶
۲-۲- مشخصات فیزیکی–شیمیایی شیرابه	۸
۲-۲-۱- فازهای تجزیه هوازی	۹
۲-۲-۲- فازهای تجزیه بی‌هوازی	۱۰
۲-۳- مشخصات میکروبیولوژیکی شیرابه	۱۴
۲-۳-۱- باکتری‌ها	۱۵
۲-۳-۲- ویروس‌ها	۱۵
۲-۳-۳- قارچ‌ها	۱۵
۲-۳-۴- انگل‌ها	۱۶
۲-۴- تصفیه‌ی زیستی	۱۶
۲-۴-۱- تصفیه‌ی هوازی	۱۶
۲-۴-۱-۱- فرآیندهای رشد معلق توده‌زیستی	۱۷
۲-۴-۱-۱-۱- لاگون‌کردن	۱۷
۲-۴-۱-۱-۲- فرآیندهای لجن فعال	۱۸
۲-۴-۱-۱-۳- راکتورهای هوازی ناپیوسته متوالی	۲۲
۲-۴-۱-۲- فرآیندهای رشد چسبیده توده‌زیستی	۲۲
۲-۴-۱-۲-۱- فیلترهای چکنده	۲۲
۲-۴-۱-۲-۲- راکتور بیوفیلمی بستر متحرک	۲۳
۲-۴-۲- تصفیه بی‌هوازی	۲۴
۲-۴-۲-۱- فرآیندهای رشد معلق توده‌زیستی	۲۵
۲-۴-۲-۱-۱- هاضم	۲۵
۲-۴-۲-۱-۲- راکتورهای بی‌هوازی ناپیوسته متوالی	۲۷
۲-۴-۲-۱-۳- راکتور بستر لجن بی‌هوازی جریان رو به بالا	۲۸
۲-۴-۲-۲- فرآیندهای رشد چسبیده توده‌زیستی	۲۹
۲-۴-۲-۲-۱- فیلتر بی‌هوازی	۲۹
۲-۴-۲-۲-۲- فیلتر بستر هیبرید	۳۰

۲-۴-۲-۲-۳- راکتور بستر سیال ۳۰
۲-۵- مروری بر فرآیند لجن فعال ۳۰
۲-۵-۱- مقدمه ۳۰
۲-۵-۲- ملاحظات طراحی فرآیند ۳۲
۲-۵-۲-۱- انتخاب نوع راکتور ۳۳
۲-۵-۲-۲- روابط سینتیکی ۳۳
۲-۵-۲-۳- انتخاب معیار بارگذاری و زمان اقامت جامدات ۳۳
۲-۵-۲-۴- زمان اقامت جامدات ۳۴
۲-۵-۲-۵- نسبت غذا به ریزسازواره ۳۵
۲-۵-۲-۶- سرعت بارگذاری آلی حجمی ۳۵
۲-۵-۲-۷- تولید لجن ۳۵
۲-۵-۲-۸- اکسیژن مورد نیاز ۳۹
۲-۵-۲-۹- مواد مغذی مورد نیاز ۴۰
۲-۵-۲-۱۰- دیگر مواد شیمیایی مورد نیاز ۴۱
۲-۵-۲-۱۱- خواص ته‌نشینی مخلوط لیکور ۴۱
۲-۶- میکروبیولوژی فرآیندهای گرمادوست ۴۲
۲-۷- قابلیت ته‌نشینی لجن گرمادوست ۴۴
۲-۸- سامانه‌های لجن فعال هوازی گرمادوست ۴۸
۲-۸-۱- تاثیرات دما روی تصفیه زیستی پساب‌ها ۴۸
۲-۸-۲- راه اندازی فرآیندهای تصفیه هوازی گرمادوست ۵۰
۲-۹- عملکرد تصفیه‌ی پساب‌ها به شیوه هوازی گرمادوست ۵۲
۲-۹-۱- سرعت‌های بارگذاری ۵۲
۲-۹-۲- حذف COD ۵۳
۲-۹-۳- کیفیت خروجی ۵۶
۲-۹-۴- تولید لجن هوازی گرمادوست ۵۷
۲-۱۰- جمع‌بندی ۵۹
مواد و روش ها ۶۰
۳-۱- مواد ۶۱
۳-۱-۱- خوراک ورودی (شیرابه محل‌دفن) ۶۱
۳-۱-۲- مایه تلقیح (لجن فعال هوازی) ۶۱

۳-۱-۳- سامانه ناپیوسته ۶۲
۳-۱-۴- بیوراکتور لوله‌ای رشد معلق ۶۳
۳-۲- روش‌های آزمایشگاهی ۶۶
۳-۲-۱- آنالیز مقدار جامدات ۶۶
۳-۲-۱-۱- اندازه‌گیری مقدار کل جامدات (TS) ۶۶
۳-۲-۱-۲- اندازه‌گیری مقدار کل جامدات معلق (TSS) ۶۶
۳-۲-۱-۳- اندازه‌گیری مقدار کل جامدات محلول (TDS) ۶۷
۳-۲-۱-۴- اندازه‌گیری مقدار جامدات فرار (VS) و مقدار جامدات ثابت (FS) ۶۸
۳-۲-۲- آنالیز مقدار اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) ۶۹
۳-۲-۳- آنالیز مقدار اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD_5) ۷۲
۳-۲-۴- pH ۷۶
۳-۲-۵- اکسیژن محلول ۷۶
نتایج و بحث ۷۷
۴-۱- تصفیه در حالت ناپیوسته ۷۸
۴-۲- تصفیه در حالت پیوسته ۸۶
۴-۲-۱- تصفیه معتدل‌دوست ۸۶
۴-۲-۲- تصفیه گرمادوست ۹۰
۴-۲-۳- محاسبه ثوابت سینتیکی با استفاده از بیوراکتور پیوسته ۹۸
۴-۳- نتیجه‌گیری ۱۰۵
پیشنهادها ۱۰۷
۵-۱- پیشنهادها ۱۰۸
فهرست منابع ۱۱۰
واژه نامه ۱۱۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱: ترکیب‌درصد شیرابه در مناطق مختلف جهان ۱۲
جدول ۲-۲: ترکیب‌درصد فلزات مختلف در شیرابه ۱۳
جدول ۲-۳: دسته‌بندی شیرابه بر مبنای سن محل‌دفن ۱۴
جدول ۲-۴: عملکرد سیستم‌های لاگونی ۱۸
جدول ۲-۵: عملکرد راکتورهای گوناگون هوازی ۲۰
جدول ۲-۶: عملکرد راکتورهای گوناگون بی‌هوازی ۲۵
جدول ۲-۷: محدوده‌های نمونه حداقل SRT در تصفیه لجن فعال ۳۴
جدول ۲-۸: قابلیت ته‌نشینی لجن (SVI) در فرآیندهای تصفیه هوازی گرمادوست و معتدل‌دوست ۴۷
جدول۲-۹: تغییرات فیزیکی – شیمیایی آب در شرایط گرمادوست ۴۸
جدول۲-۱۰: مزایای افزایش دما در تصفیه زیستی هوازی پساب‌ها ۵۰
جدول۲-۱۱: تصفیه‌ی ترموفیل پساب‌های مختلف با استفاده از لجن فعال معلق ۵۳
جدول ۲-۱۲: مقایسه فرآیندهای تصفیه‌ی لجن فعال گرمادوست و معتدل‌دوست ۵۵
جدول ۲-۱۳: مقایسه تولید لجن در فرآیندهای تصفیه به صورت هوازی در دماهای مختلف ۵۸
جدول ۳-۱: مشخصات شیرابه محل‌دفن ۶۱
جدول ۳-۲: مشخصات لجن فعال ۶۱
جدول ۳-۳: مقادیر نمونه و واکنشگرها برای ویال‌ها و لوله‌های مختلف ۷۱
جدول ۴-۱: بازدهی حذف COD در شرایط معتدل‌دوست و گرمادوست ۸۱
جدول ۴-۲: ثابت سرعت مصرف و مقدار r^2 منحنی توانی ۸۵
جدول ۴-۳: شرایط عملیاتی و نتایج تجربی در شرایط معتدل‌دوست ۹۵
جدول ۴-۴: شرایط عملیاتی و نتایج تجربی در شرایط گرمادوست ۹۶
جدول ۴-۵: فرآیندهای لجن فعال استفاده شده برای شیرابه محل دفن و دیگر پساب‌های غلیظ ۹۷
جدول ۴-۶: داده‌های استفاده شده برای محاسبه Y و K_d در شرایط معتدل‌دوست ۱۰۰
جدول ۴-۷: داده‌های استفاده شده برای محاسبه μ_m و K_S در شرایط معتدل‌دوست ۱۰۱
جدول ۴-۸: داده‌های استفاده شده برای محاسبه Y و K_d در شرایط گرمادوست ۱۰۲
جدول ۴-۹: داده‌های استفاده شده برای محاسبه μ_m و K_S در شرایط گرمادوست ۱۰۳
جدول ۴-۱۰: مقایسه بین ثوابت سینتیکی در شرایط دمایی معتدل‌دوست و گرمادوست ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: چرخه آب در یک محل‌دفن زباله ۷
شکل ۲-۲: موازنه COD جزء آلی در یک محل‌دفن زباله ۸
شکل ۲-۳: فازهای تثبیت زباله ۱۱
شکل ۲-۴: نمای کلی فرآیند لجن فعال ۳۱
شکل ۳-۱: بیوراکتور ناپیوسته آزمایشگاهی ۶۲
شکل ۳-۲: جریان‌های ورودی و خروجی در بیوراکتور ۶۳
شکل ۳-۳: بیوراکتور لوله‌ای بفل‌دار ۶۴
شکل ۳-۴: بیوراکتور لوله‌ای پر شده از آب در حال هوادهی ۶۴
شکل ۳-۵: اسپارژر میله‌ای مورد استفاده برای هوادهی ۶۵
شکل ۳-۶: زلال‌ساز به کار گرفته شده در تصفیه پیوسته ۶۵
شکل ۴-۱: تغییرات COD مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت‌های حجمی مختلف در دمای ۲۵°C ۷۸
شکل ۴-۲: تغییرات TSS مخلوط شیرابه و لجن فعال در نسبت‌های حجمی مختلف در دمای ۲۵°C ۷۹
شکل ۴-۳: تغییرات COD مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت‌های حجمی مختلف در دمای ۵۵°C ۸۰
شکل ۴-۴: تغییرات TSS مخلوط شیرابه و لجن فعال در نسبت‌های حجمی مختلف در دمای ۵۵°C ۸۰
شکل۴-۵: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۹۰٪-۱۰٪ در دمای ۲۵°C ۸۳
شکل۴-۶: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۸۰٪-۲۰٪ در دمای ۲۵°C ۸۳
شکل۴-۷: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۷۰٪-۳۰٪ در دمای ۲۵°C ۸۳
شکل۴-۸: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۶۰٪-۴۰٪ در دمای ۲۵°C ۸۳
شکل۴-۹: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۵۰٪-۵۰٪ در دمای ۲۵°C ۸۳
شکل۴-۱۰: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۹۰٪-۱۰٪ در دمای ۵۵°C ۸۴
شکل۴-۱۱: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۸۰٪-۲۰٪ در دمای ۵۵°C ۸۴
شکل۴-۱۲: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۷۰٪-۳۰٪ در دمای ۵۵°C ۸۴
شکل۴-۱۳: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۶۰٪-۴۰٪ در دمای ۵۵°C ۸۴
شکل۴-۱۴: تغییرات TDS/TDS_0 مخلوط شیرابه و لجن فعال با نسبت حجمی ۵۰٪-۵۰٪ در دمای ۵۵°C ۸۴
شکل ۴-۱۵: تغییرات MLSS و MLVSS لجن فعال معتدل‌دوست در دمای ۴۰°C ۸۶
شکل ۴-۱۶: تغییرات MLSS و MLVSS بیوراکتور در شرایط معتدل‌دوست (دمای ۴۰°C) ۸۷
شکل ۴-۱۷: تغییرات غلظت COD ورودی به بیوراکتور و خروجی از زلال‌ساز در شرایط معتدل‌دوست (دمای ۴۰°C) ۸۸
شکل ۴-۱۸: تغییرات بازدهی کاهش COD با افزایش بارآلی حجمی اعمال‌شده در شرایط معتدل‌دوست (دمای ۴۰C) ۸۸
شکل ۴-۱۹: تغییرات درصد حذف COD ورودی بر حسب زمان در شرایط معتدل‌دوست (دمای ۴۰°C) ۸۹
شکل ۴-۲۰: تغییرات میزان حذف بار آلی حجمی ورودی به سامانه بر حسب زمان در شرایط معتدل‌دوست (دمای ۴۰°C) ۹۰

شکل ۴-۲۱: تغییرات MLSS و MLVSS لجن فعال گرمادوست در دمای ۵۵°C ۹۱
شکل ۴-۲۲: تغییرات MLSS و MLVSS بیوراکتور در شرایط گرمادوست (دمای ۵۵°C) ۹۲
شکل ۴-۲۳: تغییرات غلظت COD ورودی به بیوراکتور و خروجی از زلال‌ساز در شرایط گرمادوست (دمای ۵۵°C) ۹۳
شکل ۴-۲۵: تغییرات درصد حذف COD ورودی بر حسب زمان در شرایط گرمادوست (دمای ۵۵°C) ۹۴
شکل ۴-۲۶: تغییرات میزان حذف بار آلی حجمی ورودی به سامانه بر حسب زمان در شرایط گرمادوست (دمای ۵۵°C) ۹۴
شکل ۴-۲۷: موازنه جرمی توده‌زیستی حول بیوراکتور ۹۸
شکل ۴-۲۸: نمودار رسم‌شده برای محاسبه Y_T و K_d در شرایط معتدل‌دوست ۱۰۰
شکل ۴-۲۹: نمودار رسم‌شده برای محاسبه μ_m و K_S در شرایط معتدل‌دوست ۱۰۲
شکل ۴-۳۰: نمودار رسم‌شده برای محاسبه Y_T و K_d در شرایط گرمادوست ۱۰۳
شکل ۴-۳۱: نمودار رسم‌شده برای محاسبه μ_m و K_S در شرایط گرمادوست ۱۰۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

رشد روزافزون شیوه‌های مصرف‌گرایانه زندگی امروزی و رشد صنعتی و اقتصادی کشورها در گوشه‌کنار جهان، افزایش چشمگیری را در مقدار پسماندهای جامد شهری و صنعتی به دنبال داشته است. در اواخر دهه ۹۰ میلادی، سرانه تولید زباله در کشورهای توسعه‌یافته حدود ۳۰۰ کیلوگرم در سال و در بقیه کشورها حدود ۲۰۰ کیلوگرم در سال بوده است. بر طبق آخرین آمار موجود، سرانه تولید زباله در ایران ۰/۶۶ کیلوگرم در روز و یا ۲۴۱ کیلوگرم در سال برآورد شده است (سپهری، ۱۳۸۴). رایج‌ترین روش دفع زباله های جامد، دفن بهداشتی آن است. از بزرگترین معایب دفن بهداشتی زائدات، اثرات سوء زیست‌محیطی شیرابه تولیدی حاصل از آن است. مایع تولیدشده در اثر تلنبارکردن، متراکم‌شدن و فعل و انفعالات شیمیایی درون توده زائدات جامد را شیرابه می‌گویند. همچنین در فرآیند تبدیل زباله‌های شهری به کمپوست و به دلیل میزان بالای رطوبت در زباله‌های خانگی ایران، مقدار بالایی از شیرابه تولید می‌شود. برای نمونه کارخانه کود آلی اصفهان با تبدیل روزانه ۷۰۰ تن زباله به کمپوست، به طور میانگین حدود ۱۲۵۰۰۰ لیتر شیرابه تولید می‌کند (گندمکار و همکاران، ۱۳۸۲).

شیرابه‌ها حاوی مقادیر بسیار بالای مواد آلی (زیست‌تخریب‌پذیر به دوشکل آسان و دشوار تخریب شونده)، عمدتاً به شکل ترکیبات هیومیک، و نیز نیتروژن آمونیاکی، فلزات سنگین، نمک‌های معدنی و آلی کلردار می‌باشند. حذف مواد آلی بر مبنای کاهش مقدار اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)[1]، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)[2] و آمونیاک؛ پیش‌زمینه لازم برای تخلیه شیرابه به منابع طبیعی آب است. آنالیز سمیت که با استفاده از تست–سازواره‌های متعدد (*Vibrio fisheri*، *Daphnia similes*، *Artemia salina*، *Brachydanio rerio* و...) انجام شده، خطر بالقوه شیرابه‌های محل دفن را تایید و بر ضرورت تصفیه آن تاکید کرده است (Marttinen *et al.*, 2002).

تاکنون در سراسر جهان، موارد زیادی از آلودگی آب های زیرزمینی توسط محل‌های دفن زباله گزارش شده است. ازآنجاکه در هر محل دفن بهداشتی، انواع مواد زائد جامد از جمله مواد زائد

[1] Chemical Oxygen Demand
[2] Biochemical Oxygen Demand

خطرناک و همچنین عوامل بیماری‌زا وجود دارد، پتانسیل خطرات ناشی از نفوذ این مایع آلوده به سفره‌های آب زیرزمینی و آب‌های سطحی در حد بسیار بالایی وجود خواهد داشت.

راهکارهای متنوعی مانند کنترل کمیت و کیفیت زائدات ورودی به محل دفن، کنترل آب‌های سطحی و تسریع در فرآیند تجزیه زیستی زباله (مانند برگشت مجدد شیرابه به محل دفن) جهت کنترل و مدیریت شیرابه تولیدی در محل دفن بهداشتی پیشنهاد شده است. اما هیچ‌یک از راهکارهای مذکور نمی‌تواند پتانسیل آلودگی شیرابه را از بین ببرد. بنابراین تنها راه حل ممکن، کنترل نهایی و تصفیه شیرابه تا حد استانداردهای قابل قبول است (Christensen *et al.*, 1992).

روش‌های معمول تصفیه شیرابه به سه گروه عمده تقسیم می‌شود: الف) انتقال شیرابه، شامل بازگشت و تصفیه همراه با پساب شهری ب) روش‌های زیستی شامل فرآیندهای هوازی و بی‌هوازی و ج) روش-های فیزیکی–شیمیایی شامل اکسیداسیون شیمیایی، جذب سطحی، رسوب‌دهی شیمیایی، انعقاد و لخته‌سازی، ته‌نشینی و شناورسازی و دفع توسط هوا (Renoua *et al.*,2008).

به‌دلیل اطمینان‌پذیری، سادگی و بازدهی اقتصادی مناسب؛ تصفیه زیستی (رشد معلق و چسبیده) جهت حذف عمده آلاینده های آلی موجود درشیرابه، به ویژه شیرابه‌های حاوی مقادیر بالای BOD_5 مورد استفاده قرار می‌گیرد. تخریب‌زیستی توسط ریزسازواره‌ها انجام می‌گیرد که در شرایط هوازی قادر به تجزیه مواد آلی به دی‌اکسیدکربن و لجن و تحت شرایط بی‌هوازی به بیوگاز، مخلوط گازی که عمدتاً شامل دی‌اکسیدکربن و متان است، می‌باشند. فرآیندهای زیستی در حذف مواد آلی و نیتروژن‌دار از شیرابه‌های جوان (دارای نسبت های BOD_5/COD بالاتر از ۰/۵) کارآیی بسیار خوبی را نشان می‌دهند. با گذشت زمان، حضور عمده‌ی ترکیبات سخت–زیست‌تخریب‌پذیر (عمدتاً اسیدهای هیومیک و فولویک) بازدهی فرآیند را پایین می‌آورد (Renoua *et al.*,2008).

به‌طورکلی هدف از تصفیه هوازی، حذف جزئی آلاینده های آلی زیست‌تخریب‌پذیر و نیز نیترات زایی[۳] نیتروژن آمونیاکی است. فرآیندهای زیستی هوازی مبتنی بر رشد معلق توده‌زیستی مانند فرآیندهای لجن فعال، لاگون‌های هوادهی و راکتورهای ناپیوسته متوالی؛ به‌طورگسترده مورد مطالعه و

[3] Nitrification

کاربرد قرار گرفته‌اند. سامانه‌های رشد چسبیده اخیراً مورد توجه زیادی قرارگرفته‌است. نمونه‌هایی از این سامانه‌ها عبارتند از راکتورهای بیوفیلمی بستر متحرک و بیوفیلترها. ترکیب تکنولوژی جداسازی توسط غشاءها و بیوراکتورهای هوازی که عمدتاً بیوراکتورهای غشایی نامیده می‌شوند؛ چشم‌انداز جدیدی را در تصفیه شیرابه به‌وجود آورده است (Renoua *et al.*,2008).

تصفیه زیستی را می‌توان در شرایط معتدل‌دوست[۴] و یا گرمادوست[۵] انجام داد. از دیدگاه میکروزیستی، ریزسازواره‌هایی گرمادوست نامیده می‌شوند که بتوانند در دماهای ۶۰-۵۵ درجه سانتیگراد رشد کنند. اما از دیدگاه علم تصفیه، فرآیندهایی که در دمای بالاتر از ۴۵ درجه سانتیگراد انجام پذیرند، گرمادوست نامیده می‌شوند. مزایای استفاده از تصفیه هوازی گرمادوست عبارتند از: سرعت بالای تخریب‌زیستی، میزان کم تولید لجن، غیرفعال‌سازی سریع عوامل بیماریزا و نیز سرعت بالای بارگذاری که به کاهش زمان لازم برای تصفیه و هزینه‌های سرمایه‌گذاری می‌انجامد.در برابر این مزایا، معایبی نیز برای تصفیه گرمادوست مشاهده می‌شود که عبارتست از: لخته‌سازی و ته‌نشینی ضعیف توده زیستی گرمادوست، بالا بودن کدورت جریان خروجی، تولید کف و نیاز به منبع انرژی خارجی (Visvanathana *et al*., 2006).

هدف از تحقیق حاضر بررسی میزان تصفیه‌پذیری شیرابه محل دفن تحت شرایط معتدل‌دوست و گرمادوست بوده است. شوک‌های آلی بالا به سیستم اعمال شد تا کارآیی و بازدهی سامانه در این شرایط مورد ارزیابی قرار گیرد. به علاوه ثوابت سینتیکی در شرایط معتدل دوست و گرمادوست با استفاده از سامانه پیوسته به دست آمد.

مطالب بررسی شده در فصول آتی به صورت زیر است:

در فصل دوم، مروری بر ترکیب فیزیکی–شیمیایی شیرابه محل‌دفن، فرآیندهای هوازی و بی هوازی و انواع روش‌های تصفیه زیستی انجام می‌گیرد. در فصل سوم، مواد، تجهیزات و روش‌های آنالیز آورده شده است. فصل چهارم به بیان نتایج و بحث در مورد آنها می‌پردازد و در پایان پیشنهادات لازم به منظور افزایش کارآیی سامانه در فصل پنجم ارائه شده است.

---

[4] Mesophil
[5] Thermophil

فصل دوم

تعاریف و کلیات

۲-۱- تولید شیرابه

سازوکارهایی که باعث انتقال جرم از مواد زائد جامد به فاز مایع شده و به تولید شیرابه می‌انجامد به سه دسته‌ی الف) هیدرولیز مواد زائد جامد و تجزیه زیستی ب) حلالیت نمک های محلول موجود در مواد زائد و ج) لایروبی مواد ذره‌ای تقسیم می‌گردد که دو دسته‌ی اول بیشترین تاثیر را در کیفیت شیرابه تولیدی در محل دفن دارد (Andreottola *et al.*, 1992). با توجه به استفاده روزافزون از محل‌های دفن برای مدیریت زائدات، کنترل حجم شیرابه ضروری است. به منظور بررسی تاثیر گزینه‌های مختلف بر تعیین زمان و تغییرات حجمی تولید شیرابه، مدل‌های پیش‌بینی کننده‌ای توسعه یافته که متغیرهای متعددی همچون تغییرات زائدات ورودی، تراکم، زمین‌شناسی محل، شیب سطحی، تاثیر پوشش های میانی، نهایی و تغییرات میزان مایعات ورودی را در نظر می‌گیرد. چنین داده‌هایی پیش شرط طراحی تاسیسات تصفیه شیرابه و دفع آن می‌باشد. حجم شیرابه و طول مدت تولید آن در اندازه تصفیه‌خانه‌ها و از این رو در هزینه سرمایه‌گذاری و راهبری موثر است. اکثر مدل ها فقط بر روی پیش‌بینی حجم شیرابه متمرکز است. پیش بینی دوام تولید شیرابه بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از ترکیبات مشخص شیرابه صورت می‌گیرد. با این حال در سامانه‌های مدیریت و کنترل شیرابه به صورت نسبی از مدل‌ها و تجربه حاصل از بهره‌برداری از محل‌های مختلف نیز استفاده می‌گردد.

پیش‌بینی حجم شیرابه تولیدی از زائدات شهری به روش‌های گوناگونی صورت گرفته، اما راهکارهای ارائه‌شده توسط متخصصین در این روش‌ها، بر اساس اصل مشترک موازنه جرمی آب یا اصل باجت[6] بنا نهاده شده که دارای فاکتورهای اصلی زیر است:

- موازنه ماهیانه بین اجزاء مایع ورودی به محل‌دفن و خروجی از آن
- تغییر در رطوبت و مشخصه‌های انتقالی زائدات بصورت نفوذ از لایه‌های متوالی

برای یک محل‌دفن، همانند شکل، این فاکتورها به صورت معادله زیر بیان می‌شود:

[6] Budget

(معادله ۲-۱) (Lema *et al*., 1988)

$$E = P - R - I - E_V$$

E: مقدار تولید حجمی شیرابه

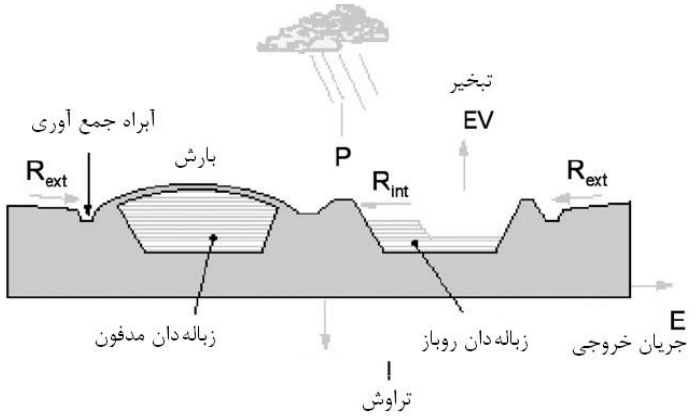
P: میزان بارش برف و باران

R: رواناب‌های سطحی

I: نفوذ شیرابه به داخل خاک منهای نفوذ آب‌های زیرزمینی به درون محل‌دفن

E_V: تبخیر از سطوح خاکی و یا تعریق از پوشش گیاهی

دو فاکتور تعیین‌کننده مشخصه یک جریان مایع، شدت جریان حجمی و ترکیب درصد اجـزاء آن می باشد. شکل ۲-۱ چرخه آب را در یک محل‌دفن نشان می‌دهد. شیوه‌های دفن ماننـد پوشـش‌هـای ضد آب، سامانه‌های جمع‌آوری و زهکشی و ایجاد تراکم بالای زباله در محل؛ از تمهیـدات اولیـه بـرای کنترل میزان آب تولید شده می‌باشد. تغییرات آب و هوایی تاثیر زیادی در میـزان تولیـد شـیرابه دارد چرا که بر میزان بارش برف و باران (P) و تبخیر (E_V) تاثیرگذار است. مقدار تولید شـیرابه، بـه طبیعـت زباله، در قالب محتوای آب و میزان تراکم آن نیز بستگی دارد. هر چه میزان تراکم بیشتر باشد، میـزان تولید آب نیز کمتر خواهد بود، چرا که تراکم، میزان تراوش را پایین می‌آورد (Lema *et al*., 1988).



شکل ۲-۱: چرخه آب در یک محل‌دفن زباله (Renoua *et al.*,2008)