

تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران

گرایش محیط زیست

بررسی کارایی روش استخراج بخارات از خاک در پاکسازی خاک های آلوده به مواد نفتی

استاد راهنما:

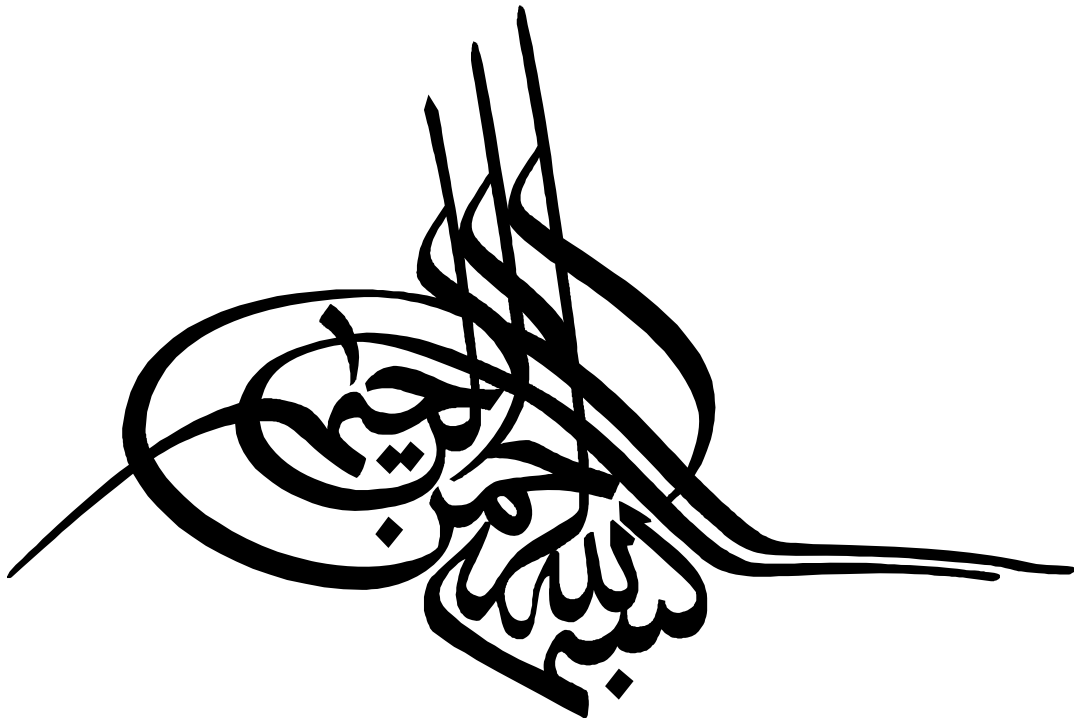
دکتر محمد رضا صبور

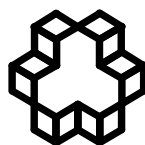
دکتر حسن قاسم زاده

نمادش:

بهجت رضایی

بهار ۱۳۸۹





تأسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

تأیید هیأت داوران

هیأت داوران پس از مطالعه‌ی پایان‌نامه و شرکت در جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه‌ی تهیه‌شده با عنوان «بررسی کارایی روش استخراج بخارات از خاک در پاکسازی خاک‌های آلوده به مواد نفتی» توسط خانم بهجت رضایی، صحت و کفایت تحقیق انجام‌شده را برای اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی عمران، گرایش مهندسی محیط زیست مورد تأیید قرار می‌دهند.

۱- اساتید راهنما : آقای دکتر محمد رضا صبور امضاء

آقای دکتر حسن قاسم‌زاده امضاء

۲- استاد مشاور: آقای مهندس محمد گنابادی امضاء

۳- ممتحن خارجی : آقای دکتر احمد خدادادی دربان امضاء

۴- ممتحن داخلی : آقای دکتر حمید شاملو امضاء

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده : آقای دکتر حمید شاملو امضاء

تأیید پایان نامه کارشناسی ارشد توسط دانشجو

موضوع پایان نامه: بررسی کارایی روش استخراج بخارات از خاک در پاکسازی خاک های آلوده به مواد نفتی

اساتید راهنما: دکتر محمدرضا صبور - دکتر حسن قاسم زاده

دانشجو: بهجت رضایی

شماره ی دانشجویی: ۸۶۰۲۱۷۴

اینجانب بهجت رضایی، دانشجوی دوره ی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش مهندسی محیط زیست، دانشکده ی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، گواهی می نمایم که تحقیقات ارایه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام گرفته و صحت و اصالت مطالب نگاشته شده، مورد تأیید است و در موارد استفاده از کار دیگر محققان، به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. هم چنین گواهی می کنم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارایه نشده است و در تدوین متن پایان نامه، ساختار مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده ام.

امضای دانشجو :

تاریخ : ۱۳۸۹/۳/۱۷

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده‌ی آن می‌باشد و هر گونه نسخه برداری از کل پایان نامه یا بخشی از آن، تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه‌ی دانشکده‌ی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز است.

۲- تمام حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است و بدون اجازه‌ی کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

۳- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه با ذکر مرجع مجاز است.

۴- نویسنده بدین وسیله آمادگی خود را جهت هرگونه همکاری با دانشجویان و محققان در زمینه‌های مرتبط اعلام می‌دارد.

پست الکترونیک: **btrezaie@gmail.com**

تشکر و قدردانی

پس از سپاس از خداوند مهربان که لطف و کرمش همیشه شامل حال این بنده حقیر بوده است، بر خود لازم می دانم که صمیمانه و خاضعانه تشکر و تقدیر بعمل آورم از:

❖ استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر صبور؛ که همواره در حل مسایل و مشکلات موجود مرا راهنمایی نمودند و به انجام رسیدن این پایان نامه را مرهون زحمات و الطاف بیدریغ ایشان می دانم.

❖ جناب آقای دکتر قاسم زاده؛ که با راهنمایی ها ایشان این پژوهش به انجام رسید؛

❖ سرکار خانم مهندس بزاززاده، که الطاف و راهنمایی هایشان را، فراتر از حد وظیفه، از من دریغ نداشتند؛

❖ جناب آقای دکتر شاملو و جناب آقای دکتر خدادادی، ممتحنین محترم، به پاس نظرات گرانبهایشان جهت تکمیل کار پایان نامه؛

❖ مسؤولان محترم آزمایشگاه مکانیک خاک دانشکده ی عمران دانشگاه نصیرالدین طوسی، جناب آقای مهندس گنابادی و جناب آقای منافی؛ به جهت زحماتشان در انجام آزمایش های خاک؛

و خانواده ام که همواره با شکیباییشان در برابر مشکلات و زحمات، مشوق من بوده اند.

در پایان از کلیه عزیزانی که به نحوی در به ثمر رسیدن کار تحقیقاتی حاضر نقش داشته اند تشکر نموده و برای همگی آنان آرزوی موفقیت می نمایم.

چکیده پایان نامه به فارسی

چکیده

امروزه، آلودگی خاکها و آبهای زیر زمینی توسط آلاینده‌های آلی خطرناک، به‌عنوان یک معضل زیست محیطی، در گستره‌ی وسیعی، مطرح شده و رفع ترکیبات آلی از این محیط‌ها مورد توجه زیاد قرار گرفته است.

از مهم ترین آلاینده های خاک، مواد مرتبط با صنایع نفتی است. از دیدگاه زیست محیطی فرآورده های ناشی از استخراج و پالایش نفت خام، محصولات فرعی، مواد زاید و پساب های حاصل از این فعالیت ها از آلاینده های بسیار خطرناک محسوب شده که به مقدار زیادی در منابع مختلف پراکنده شده اند. پیشگیری از ورود این مواد به محیط، همچنین کنترل و برطرف نمودن آلاینده های موجود در کشورهایی که از این صنعت بهره می برند همواره مساله ای جدی بوده است. پاکسازی خاک های آلوده به این مواد از سالیان گذشته مورد توجه قرار گرفته و روش های متعددی نیز در این راستا ابداع و بکارگرفته شده است. با توجه به آنکه ایران، کشوری نفت خیزی می باشد، به میزان زیادی در معرض آلوده شدن محیط زیست به هیدروکربن های نفتی قرار دارد. بنابراین توجه به مسأله ای آلودگی های زیست محیطی هیدروکربن های نفتی و ارائه ی راه حل مناسب جهت حل این معضل، امری بسیار ضروری است.

در این تحقیق اجرای روش استخراج بخارات از خاک بعنوان پر کاربرد ترین روش درجای پاکسازی خاک مورد بررسی قرار گرفته و کارایی این تکنولوژی بر روی سه نوع خاک و دو نوع آلاینده ارزیابی شد. پس از ساخت پایلوت مورد نظر آزمایشات بر روی خاک های ماسه بادی، ماسه سیلیسی و سیلت (لای) آلوده به نفت سفید و گازوئیل، که از فراوان ترین آلاینده های نفتی محسوب می شوند، انجام گردید. در هر مرحله از انجام آزمایش ها نمونه هایی از خاک گرفته شد. فاکتورهای ژئوتکنیکی نمونه ها از طریق آزمایش های مشخصات فیزیکی خاک های مورد استفاده بدست آمد. به منظور تعیین میزان ترکیبات آلیفاتیک موجود در نمونه ها در مجموع ۸۰ آزمایش کروماتوگرافی گازی انجام شده و نتایج مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند.

بررسی نتایج حاصله نشان می دهد که در میان خاک های مورد استفاده، راندمان نهایی پاکسازی در ماسه بادی بیش از سایرین و در خاک سیلتی کمتر از همه بوده است. نتایج آزمایش های دانه بندی نشان دهنده دانه بندی غیر یکنواخت ماسه بادی است که خود سبب می شود که حرکت آلاینده ها از منافذ خاک بهتر انجام شود. همچنین با توجه به اینکه ذرات سیلت ریزدانه تر از دو خاک قبل می باشد، سطح مخصوص بیشتری داشته و آلاینده بیشتری را به خود جذب می کند به همین دلیل هیدروکربن های آزاد کمتری در خاک وجود خواهد داشت که سبب می گردد که راندمان حذف پایین تری داشته باشد.

همچنین مقایسه راندمان نهایی پاکسازی خاکها از نفت سفید و گازوئیل نشان می دهد که در ماسه بادی و ماسه سیلیسی اگرچه راندمان نهایی نفت سفید بیشتر است، ولی اختلافشان قابل ملاحظه نمی باشد (۲٪ در ماسه بادی و ۵٪ در ماسه سیلیسی). در حالت سیلت این اختلاف بارزتر بوده و به حدود ۷٪ رسیده است.

در مجموع می توان گفت که اثر جنس خاک بر روی بازدهی روش، بیش از اثر نوع آلاینده بوده است. از آنجا اختلاف متوسط راندمان حاصل شده پس از ۱۰ ساعت برای ماسه بادی و سیلت ۱۷٪، برای ماسه بادی و ماسه سیلیسی ۸/۵٪ و برای ماسه سیلیسی و سیلت ۸/۵٪ و بوده است. در حالی که این مقدار برای نفت و گازوئیل کمتر از ۵٪ بدست آمده است.

کلمات کلیدی: استخراج بخار، پاکسازی خاک، نفت سفید، گازوئیل، خاک آلوده

فهرست

- (۱) پیش گفتار ۲
- (۱-۱) کلیات ۲
- (۲-۱) هدف از انجام تحقیق ۵
- (۳-۱) ساختار پایان نامه ۶
- (۲) مبانی نظری مروری بر تحقیقات پیشین ۹
- (۱-۲) مقدمه ۹
- (۲-۲) روش های پاکسازی خاک های آلوده ۹
- (۱-۲-۲) تقسیم بندی روش های پاکسازی از جهت نوع فرآیند ۱۰
- (۱-۱-۲-۲) روش های پاکسازی بیولوژیکی ۱۰
- (۲-۱-۲-۲) روش های پاکسازی شیمیایی ۱۱
- (۳-۱-۲-۲) روش های پاکسازی فیزیکی ۱۲
- (۲-۲-۲) تقسیم بندی روش های پاکسازی از جهت طریقه اجرا ۱۳
- (۳-۲) استخراج بخارات از خاک (SVE) ۱۵
- (۱-۳-۲) مزایای روش ۱۶
- (۴-۲) اصول اساسی استخراج بخارات از خاک ۱۸
- (۱-۴-۲) انتقال و حذف آلاینده ها ۱۸
- (۱-۱-۴-۲) فرآیندهای مهم در محیط های زیر سطحی ۱۹
- (۲-۱-۴-۲) فرآیندهای موثر در استخراج بخارات ۲۲
- (۲-۴-۲) ویژگی های محیط متخلخل (خاک) ۲۴
- (۱-۲-۴-۲) انواع خاک ها ۲۴
- (۲-۲-۴-۲) خصوصیات تاثیرگذار خاک بر حرکت آلاینده ها ۲۵
- (۳-۴-۲) ویژگی های مواد آلاینده ۲۹
- (۱-۳-۴-۲) فشار بخار ۲۹
- (۲-۳-۴-۲) قانون هنری ۳۱

۳۱	 نقطه جوش (۳-۳-۴-۲)
۳۲	 ضریب توزیع در خاک (۴-۳-۴-۲)
۳۳	 حلالیت (۵-۳-۴-۲)
۳۵	 محاسبه غلظت جزیی و غلظت کل ماده آلاینده در خاک (۴-۴-۲)
۳۶	 تئوری جریان گاز در محیط های متخلخل در استخراج بخارات (۵-۴-۲)
۳۹	 آشنایی با فرآورده های نفتی (۵-۲)
۳۹	 انواع هیدروکربن های نفتی (۱-۵-۲)
۳۹	 هیدروکربن های تجاری (بازرگانی) (۱-۱-۵-۲)
۴۰	 هیدروکربن های غیر تجاری (۲-۱-۵-۲)
۴۱	 آلاینده های نفتی شاخص در منابع خاک و آب زیرزمینی (۲-۵-۲)
۴۱	 مجموع هیدروکربن های نفتی (۱-۲-۵-۲)
۴۱	 هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (۲-۲-۵-۲)
۴۲	 BTEX (۳-۲-۵-۲)
۴۳	 اثرات آلاینده های نفتی بر سلامتی (۳-۵-۲)
۴۵	 فازهای مختلف هیدروکربنی و رفتار هر فاز در زیر زمین (۶-۲)
۴۵	 فازهای مختلف هیدروکربن ها در محیط های زیرسطحی (۱-۶-۲)
۴۵	 هیدروکربن های فاز جامد (۱-۱-۶-۲)
۴۵	 هیدروکربن های فاز مایع (۲-۱-۶-۲)
۴۶	 هیدروکربن های فاز محلول (۳-۱-۶-۲)
۴۶	 هیدروکربن های فاز بخار (۴-۱-۶-۲)
۴۸	 رفتار فازهای مختلف هیدروکربنی در محیط های زیرسطحی (۲-۶-۲)
۴۸	 فاز مایع (۱-۲-۶-۲)
۴۹	 فاز محلول (۲-۲-۶-۲)
۵۰	 فاز بخار (۳-۲-۶-۲)
۵۱	 مروری بر فعالیتهای پیشین (۷-۲)

۵۱	 ۱-۷-۲) مروری بر اجرای طرح های گوناگون پاکسازی خاک
۵۲	 ۲-۷-۲) استخراج بخارات از خاک
۵۳	 ۱-۲-۷-۲) پژوهش های خارجی
۵۶	 ۲-۲-۷-۲) پژوهش های داخلی
۶۴	 ۳) مواد و روش تحقیق
۶۴	 ۱-۳) مقدمه
۶۴	 ۲-۳) خاک های مورد استفاده
۶۵	 ۱-۲-۳) آزمایشات انجام شده بر روی خاک
۶۵	 ۱-۱-۲-۳) آزمایش دانه بندی با الک
۶۸	 ۲-۱-۲-۳) آزمایش هیدرومتری
۷۳	 ۳-۱-۲-۳) تعیین درصد رطوبت
۷۵	 ۴-۱-۲-۳) تعیین چگالی ویژه ذرات خاک
۷۷	 ۳-۳) ترکیبات نفتی مورد استفاده
۷۷	 ۱-۳-۳) نفت سفید
۷۸	 ۲-۳-۳) گازوئیل
۸۰	 ۱-۲-۳-۳) اثرات زیست محیطی فرآورده گازوئیل
۸۲	 ۴-۳) پایلوت آزمایشگاهی استخراج بخارات از خاک
۸۲	 ۱-۴-۳) ستون ها
۸۳	 ۲-۴-۳) دمنده هوا
۸۴	 ۳-۴-۳) پمپ مکنده
۸۴	 ۴-۴-۳) اندازه گیری فشار در سیستم
۸۴	 ۵-۳) پاکسازی خاک به روش استخراج بخارات در مقیاس آزمایشگاهی
۸۵	 ۱-۵-۳) آماده سازی خاک
۸۵	 ۲-۵-۳) آلوده سازی نمونه ها

۸۷	نحوه انجام آزمایشات و نمونه گیری.....	۳-۵-۳
۸۸	اندازه گیری ترکیبات نفتی خاک.....	۳-۶-۳
۸۸	آماده سازی مواد شیمیایی و وسایل مورد نیاز.....	۳-۶-۱
۹۱	استخراج هیدروکربن های نفتی.....	۳-۶-۲
۹۴	حذف گوگرد از محلول استخراج.....	۳-۶-۳
۹۶	حذف آب از نمونه.....	۳-۶-۴
۹۶	تغلیظ نمونه های استخراج شده.....	۳-۶-۵
۹۷	جدا سازی ترکیبات نفتی (فراکسیون گیری).....	۳-۶-۶
۱۰۱	سنجش هیدروکربن های نفتی.....	۳-۶-۷
۱۰۱	محاسبه غلظت آلاینده ها.....	۳-۶-۸
۱۰۲	محاسبه بازدهی حذف.....	۳-۶-۹
۱۰۴	بررسی نتایج آزمایش ها.....	۴-۱۰
۱۰۴	مقدمه.....	۴-۱-۱
۱۰۴	نتایج آزمایشات انجام شده بر روی خاک های آلوده به نفت سفید.....	۴-۲-۱
۱۰۵	ماسه بادی.....	۴-۲-۱-۱
۱۰۵	تغییر غلظت کل هیدروکربن های الیفاتیک.....	۴-۲-۱-۱-۱
۱۰۶	تغییر غلظت برش های مختلف هیدروکربن های الیفاتیک.....	۴-۲-۱-۲-۱
۱۰۸	ماسه سیلیسی.....	۴-۲-۲-۱
۱۰۸	تغییر غلظت کل هیدروکربن های الیفاتیک.....	۴-۲-۲-۱-۱
۱۰۹	تغییر غلظت برش های مختلف هیدروکربن های الیفاتیک.....	۴-۲-۲-۲-۱
۱۱۱	سیلت (لای).....	۴-۲-۳-۱
۱۱۱	تغییر غلظت کل هیدروکربن های الیفاتیک.....	۴-۳-۲-۱-۱
۱۱۲	تغییر غلظت برش های مختلف هیدروکربن های الیفاتیک.....	۴-۳-۲-۲-۱

۴-۲-۴	مقایسه روند پاکسازی در حذف نفت سفید از خاک های مختلف	۱۱۴
۵-۲-۴	مقایسه روند پاکسازی مجموع برش های نرمال و مجموع هیدروکربن های الیفاتیک در حذف نفت سفید از خاک های مختلف	۱۱۵
۳-۴	نتایج آزمایشات انجام شده بر روی خاک های آلوده به گازوئیل	۱۱۷
۱-۳-۴	ماسه بادی	۱۱۷
۱-۱-۳-۴	تغییر غلظت کل هیدروکربن های الیفاتیک	۱۱۷
۲-۱-۳-۴	تغییر غلظت برش های مختلف هیدروکربن های الیفاتیک	۱۱۸
۲-۳-۴	ماسه سیلیسی	۱۲۱
۱-۲-۳-۴	تغییر غلظت کل هیدروکربن های الیفاتیک	۱۲۱
۲-۲-۳-۴	تغییر غلظت برش های مختلف هیدروکربن های الیفاتیک	۱۲۱
۳-۳-۴	سیلت (لای)	۱۲۴
۱-۳-۳-۴	تغییر غلظت کل هیدروکربن های الیفاتیک	۱۲۵
۲-۳-۳-۴	تغییر غلظت برش های مختلف هیدروکربن های الیفاتیک	۱۲۵
۴-۳-۴	مقایسه روند پاکسازی در حذف گازوئیل برای خاک های مختلف	۱۲۸
۵-۳-۴	مقایسه روند پاکسازی مجموع برش های نرمال و مجموع هیدروکربن های الیفاتیک در حذف گازوئیل از خاک های مختلف	۱۲۹
۴-۴	بررسی اثر نوع فرآورده نفتی بر روی بازدهی حذف هیدروکربن ها	۱۳۱
۵-۴	مقایسه رفتار هیدروکربن های نرمال در پاکسازی خاک های مختلف از نفت سفید و گازوئیل	۱۳۳
۵	جمع بندی و نتیجه گیری	۱۴۳
۱-۵	مقدمه	۱۴۳
۲-۵	نتیجه گیری	۱۴۳
۱-۲-۵	بررسی اثر جنس خاک بر راندمان حذف	۱۴۳
۲-۲-۵	بررسی اثر نوع آلاینده بر راندمان حذف	۱۴۴
۳-۵	پیشنهادهات	۱۴۶

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): درصد استفاده از روش‌های درجا طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۵..... ۱۵
- شکل (۲-۲): شکل شماتیک سیستم استخراج بخارات از خاک..... ۱۶
- شکل (۳-۲): مکانیسم‌های انتقال و حذف آلاینده‌ها در استخراج بخارات..... ۱۹
- شکل (۴-۲): کارایی تقریبی روش استخراج بخارات در خاک‌های مختلف براساس نفوذپذیری ذاتی آنها..... ۲۷
- شکل (۵-۲): کارایی تقریبی روش استخراج بخارات در فرآورده‌های نفتی براساس قابلیت تبخیر آنها.. ۳۲
- شکل (۶-۲): فازبندی آلاینده‌ها در خاک..... ۳۶
- شکل (۷-۲): منحنی تغییر غلظت آلاینده در گاز خروجی حین اجرای استخراج بخارات از خاک..... ۳۸
- شکل (۸-۲): مقایسه اجزای موجود در خاک پاک و خاک آلوده..... ۴۵
- شکل (۹-۲): میزان تحرک پذیری فازهای گوناگون هیدروکربنی در خاک..... ۴۷
- شکل (۱۰-۲): مقایسه درصد استفاده از تکنولوژی‌های درجا و برون‌جا..... ۵۲
- شکل (۱۱-۲): مقایسه درصد استفاده از تکنولوژی‌های مختلف..... ۵۳
- شکل (۱-۳): نمودار دانه بندی ماسه بادی و ماسه سیلیسی..... ۶۸
- شکل (۲-۳): هیدرومتر ۱۵۲H..... ۶۹
- شکل (۳-۳): عمق هیدرومتر در زمان‌های مختلف..... ۶۹
- شکل (۴-۳): نمودار دانه بندی ماسه بادی (بخش ریز دانه) و سیلت..... ۷۳
- شکل (۵-۳): دمای $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ برای خشک کردن خاک در گرمکن..... ۷۴
- شکل (۶-۳): کوره‌ی مورد استفاده..... ۷۶
- شکل (۷-۳): تصویر شماتیک ستون آزمایش..... ۸۲
- شکل (۸-۳): ستون‌های مورد استفاده و درپوش آنها..... ۸۳
- شکل (۹-۳): دمنده مورد استفاده در آزمایش و نحوه اتصال آن به ستون ها..... ۸۳
- شکل (۱۰-۳): پمپ مکش مورد استفاده در آزمایش..... ۸۴
- شکل (۱۱-۳): ترازوی دیجیتالی مورد استفاده..... ۸۵
- شکل (۱۲-۳): ظرف‌های اختلاط خاک..... ۸۶

- شکل (۳-۱۳): ستون های آماده پر شده از خاک ۸۷
- شکل (۳-۱۴): پشم شیشه آزمایشگاهی و سولفات سدیم ۹۰
- شکل (۳-۱۵): نمودار طرح کلی سوکسله ۹۲
- شکل (۳-۱۶): کارتوش ۹۳
- شکل (۳-۱۷): فرایند استخراج به کمک سوکسله ۹۴
- شکل (۳-۱۸): آماده کردن پودر مس جهت گوگرد زدایی ۹۵
- شکل (۳-۱۹): دستگاه تقطیر در خلأ گردشی، جهت تغلیظ نمونه ها ۹۷
- شکل (۳-۲۰): نمودار طرح کلی ستون کروماتوگرافی ۹۹
- شکل (۳-۲۱): پایان مرحله فراکسیونگیری ۱۰۰
- شکل (۳-۲۲): فراکسیون های به دست آمده (الیفاتیک ها بدون رنگ و اروماتیک ها سبز کمرنگ) .. ۱۰۱
- شکل (۴-۱): روند حذف کل هیدروکربن های الیفاتیک در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۵
- شکل (۴-۲): روند حذف N-C10 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۶
- شکل (۴-۳): روند حذف N-C11 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۶
- شکل (۴-۴): روند حذف N-C12 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۶
- شکل (۴-۵): روند حذف N-C13 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۶
- شکل (۴-۶): روند حذف N-C14 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۶
- شکل (۴-۷): روند حذف N-C15 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۶
- شکل (۴-۸): روند حذف N-C16 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۶
- شکل (۴-۹): روند حذف N-C17 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۶
- شکل (۴-۱۰): روند حذف N-C18 در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۷
- شکل (۴-۱۱): مقایسه تغییر غلظت برش های نرمال در هر مرحله در پاکسازی ماسه بادی از نفت سفید ۱۰۷
- شکل (۴-۱۲): روند حذف کل هیدروکربن های الیفاتیک در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۸
- شکل (۴-۱۳): روند حذف N-C9 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۹
- شکل (۴-۱۴): روند حذف N-C10 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۹

- شکل (۴-۱۵): روند حذف N-C11 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۹
- شکل (۴-۱۶): روند حذف N-C12 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۹
- شکل (۴-۱۷): روند حذف N-C13 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۹
- شکل (۴-۱۸): روند حذف N-C14 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۹
- شکل (۴-۱۹): روند حذف N-C15 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۹
- شکل (۴-۲۰): روند حذف N-C16 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۰۹
- شکل (۴-۲۱): روند حذف N-C17 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۱۰
- شکل (۴-۲۲): روند حذف N-C18 در پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۱۰
- شکل (۴-۲۳): مقایسه تغییر غلظت برش های نرمال در هر مرحله از پاکسازی ماسه سیلیسی از نفت سفید ۱۱۰
- شکل (۴-۲۴): روند حذف کل هیدروکربن های الیفاتیک در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۱
- شکل (۴-۲۵): روند حذف N-C9 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۲
- شکل (۴-۲۶): روند حذف N-C10 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۲
- شکل (۴-۲۷): روند حذف N-C11 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۲
- شکل (۴-۲۸): روند حذف N-C12 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۲
- شکل (۴-۲۹): روند حذف N-C13 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۲
- شکل (۴-۳۰): روند حذف N-C14 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۲
- شکل (۴-۳۱): روند حذف N-C15 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۲
- شکل (۴-۳۲): روند حذف N-C16 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۲
- شکل (۴-۳۳): روند حذف N-C17 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۳
- شکل (۴-۳۴): روند حذف N-C18 در پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۳
- شکل (۴-۳۵): مقایسه تغییر غلظت برش های نرمال در هر مرحله از پاکسازی سیلت از نفت سفید ۱۱۳
- شکل (۴-۳۶): مقایسه روند حذف مجموع هیدروکربن ها در پاکسازی خاک های مختلف از نفت سفید ۱۱۴

- شکل (۴-۳۷): مقایسه روند حذف مجموع هیدروکربن ها و مجموع برش های نرمال در پاکسازی خاک
 های مختلف از نفت سفید..... ۱۱۶
- شکل (۴-۳۸): روند حذف کل هیدروکربن های الیفاتیک در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۷
- شکل (۴-۳۹): روند حذف N-C10 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۸
- شکل (۴-۴۰): روند حذف N-C11 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۸
- شکل (۴-۴۱): روند حذف N-C12 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۸
- شکل (۴-۴۲): روند حذف N-C13 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۸
- شکل (۴-۴۳): روند حذف N-C14 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۸
- شکل (۴-۴۴): روند حذف N-C15 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۸
- شکل (۴-۴۵): روند حذف N-C16 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۴۶): روند حذف N-C17 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۴۷): روند حذف N-C18 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۴۸): روند حذف N-C19 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۴۹): روند حذف N-C20 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۵۰): روند حذف N-C21 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۵۱): روند حذف N-C22 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۵۲): روند حذف N-C23 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۵۳): روند حذف N-C24 در پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل ۱۱۹
- شکل (۴-۵۴): مقایسه تغییر غلظت برش های نرمال در هر مرحله از پاکسازی ماسه بادی از گازوئیل
 ۱۲۰
- شکل (۴-۵۵): روند حذف کل هیدروکربن های الیفاتیک در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۱
- شکل (۴-۵۶): روند حذف N-C10 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۵۷): روند حذف N-C11 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۵۸): روند حذف N-C12 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۵۹): روند حذف N-C13 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲

- شکل (۴-۶۰): روند حذف N-C14 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۶۱): روند حذف N-C15 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۶۲): روند حذف N-C16 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۶۳): روند حذف N-C17 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۶۴): روند حذف N-C18 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۶۵): روند حذف N-C19 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۲
- شکل (۴-۶۶): روند حذف N-C20 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۳
- شکل (۴-۶۷): روند حذف N-C21 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۳
- شکل (۴-۶۸): روند حذف N-C22 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۳
- شکل (۴-۶۹): روند حذف N-C23 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۳
- شکل (۴-۷۰): روند حذف N-C24 در پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۳
- شکل (۴-۷۱): مقایسه تغییر غلظت برش های نرمال در هر مرحله از پاکسازی ماسه سیلیسی از گازوئیل ۱۲۴
- شکل (۴-۷۲): روند حذف کل هیدروکربن های ایفاتیک در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۵
- شکل (۴-۷۳): روند حذف N-C11 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۷۴): روند حذف N-C12 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۷۵): روند حذف N-C13 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۷۶): روند حذف N-C14 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۷۷): روند حذف N-C15 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۷۸): روند حذف N-C16 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۷۹): روند حذف N-C17 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۸۰): روند حذف N-C18 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۸۱): روند حذف N-C19 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۸۲): روند حذف N-C20 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۶
- شکل (۴-۸۳): روند حذف N-C21 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۷

- شکل (۴-۸۴): روند حذف N-C22 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۷
- شکل (۴-۸۵): روند حذف N-C23 در پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۷
- شکل (۴-۸۶): مقایسه تغییر غلظت برش های نرمال در هر مرحله از پاکسازی سیلت از گازوئیل ۱۲۷
- شکل (۴-۸۷): مقایسه روند حذف مجموع هیدروکربن ها در پاکسازی گازوئیل از خاک های مختلف ۱۲۸
- شکل (۴-۸۸): مقایسه روند حذف مجموع هیدروکربن ها و مجموع برش های نرمال در پاکسازی خاک های مختلف از گازوئیل ۱۲۹
- شکل (۴-۸۹): مقایسه روند حذف گازوئیل و نفت سفید از ماسه بادی ۱۳۱
- شکل (۴-۹۰): مقایسه روند حذف گازوئیل و نفت سفید از ماسه سیلیسی ۱۳۲
- شکل (۴-۹۱): مقایسه روند حذف گازوئیل و نفت سفید از سیلت ۱۳۲
- شکل (۴-۹۲): روند حذف N-C10 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۳
- شکل (۴-۹۳): روند حذف N-C11 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۴
- شکل (۴-۹۴): روند حذف N-C12 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۴
- شکل (۴-۹۵): روند حذف N-C13 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۵
- شکل (۴-۹۶): روند حذف N-C14 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۵
- شکل (۴-۹۷): روند حذف N-C15 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۶
- شکل (۴-۹۸): روند حذف N-C16 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۶
- شکل (۴-۹۹): روند حذف N-C17 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۷
- شکل (۴-۱۰۰): روند حذف N-C18 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۷
- شکل (۴-۱۰۱): روند حذف N-C19 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۸
- شکل (۴-۱۰۲): روند حذف N-C20 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۸
- شکل (۴-۱۰۳): روند حذف N-C21 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۹
- شکل (۴-۱۰۴): روند حذف N-C22 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۳۹
- شکل (۴-۱۰۵): روند حذف N-C23 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۴۰
- شکل (۴-۱۰۶): روند حذف N-C24 در حالت های گوناگون پاکسازی ۱۴۰

فهرست جداول

جدول (۱-۲): حدود جدا کننده‌ی اندازه‌ی خاک	۲۴
جدول (۲-۲): هدایت هیدرولیکی انواع خاک ها.....	۲۸
جدول (۳-۲) فشار بخار برخی مواد نفتی.....	۳۰
جدول (۴-۲) ثابت قانون هنری برای برخی مواد نفتی.....	۳۱
جدول (۱-۳) نتایج حاصل از دانه بندی ماسه بادی بوسیله الک	۶۶
جدول (۲-۳) نتایج حاصل از دانه بندی ماسه سیلیسی بوسیله الک	۶۷
جدول (۳-۳) نتایج حاصل از هیدرومتری ماسه بادی	۷۱
جدول (۴-۳) نتایج حاصل از هیدرومتری سیلت.....	۷۲
جدول (۶-۳) نتایج حاصل از انجام آزمایش تعیین درصد رطوبت	۷۴
جدول (۷-۳) نتایج حاصل از انجام آزمایش تعیین چگالی ویژه.....	۷۵
جدول (۷-۳) نتایج حاصل از انجام آزمایش تعیین درصد مواد آلی	۷۶
جدول (۸-۳) : ویژگی‌های نفت سفید	۷۷
جدول (۹-۳) : ویژگی‌های فرآورده گازوئیل	۷۸
جدول (۱۰-۳) : مشخصات مواد شیمیایی استفاده شده.....	۸۹
جدول (۱۱-۳) : ویژگیهای واکنشگرهای به کار رفته	۸۹
جدول (۱۲-۳) : ویژگیهای جاذب های به کار رفته در این تحقیق	۹۰

فصل اول

پیش گفتار

(۱) پیش گفتار

۱-۱) کلیات

آلودگی محیط زیست از جمله مهم ترین مباحث سالیان اخیر محسوب می شود. تاثیر فعالیت های بشر بر محیط پیرامونش با توسعه صنعتی و تکنولوژیکی تا حد زیادی افزایش یافته است. پیشرفت هایی که در عرصه های گوناگون زندگی بشر صورت گرفته است، بطور ناخودآگاه با تخریب محیط زیست همراه بوده و سبب وارد آمدن خسارات جبران ناپذیری بر پیکره کره خاکی شده است. در سالیان اخیر و با روشن شدن تاثیر سوء این گونه فعالیت ها، بشر بیش از پیش به ضرورت حفظ محیط زیست پیرامون خود واقف گشته است. در این راستا فعالیت های چشمگیری با در نظر داشتن دو هدف اصلی در حال انجام است؛ توقف فعالیت هایی که سبب تخریب محیط زیست می گردند و بهبود وضعیت در نواحی آلوده.

خاک از مهم ترین منابع زیست محیطی بوده و انسان ناگزیر از حفظ و نگهداری آن است. خاک بستر اصلی حیات بشر و محیط نگهدارنده آب به شمار می رود. آلوده شدن خاک از سویی به دلیل تماس مستقیم با انسان ها و از سوی دیگر به سبب ورود آلاینده ها به چرخه های غذایی موجودات زنده موجب ایجاد مشکلات و معضلات بهداشتی و زیست محیطی فراوانی می گردد. بشر امروزه بیش از پیش به اهمیت حفاظت از این منابع خدادادی واقف گشته و کوشش های زیادی را جهت پاکسازی نواحی آلوده آغاز نموده است.

از مهم ترین آلاینده های خاک، مواد مرتبط با صنایع نفتی است. صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در میان صنایع مختلف جایگاه مهمی را به خود اختصاص داده اند. گستردگی استفاده از فرآورده های این صنایع سبب توسعه و رشد قابل توجه آنها در سالیان گذشته بوده است. از دیدگاه زیست محیطی فرآورده های ناشی از استخراج و پالایش نفت خام، محصولات فرعی، مواد زاید و پساب های حاصل از این فعالیت ها از آلاینده های بسیار خطرناک محسوب شده که به مقدار زیادی در منابع مختلف پراکنده شده اند. آلودگی خاک از طریق فرآورده های نفتی اغلب از طریق نشت یا تراوش از مخازن نگهداری، لوله ها و تجهیزات توزیع ایجاد می شوند، با این وجود تصادفات، سوانح و سهل انگاری نیز