





دانشکده علوم طبیعی
گروه زمین شناسی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی

موضوع:

حذف آلاینده های نفتی از خاک به روش اکسایش پیشرفته

اساتید راهنما

دکتر علی کدخدائی

دکتر مجید بغدادی

استاد مشاور

دکتر اصغر اصغری مقدم

مشاور صنعتی

مهندس رضا مرادی

پژوهشگر

الهام عظیمیان

پاییز ۱۳۹۲

نام خانوادگی دانشجو: عظیمیان	نام: الهام
عنوان پایان نامه: حذف آلاینده‌های نفتی از خاک به روش اکسایش پیشرفته	
اساتید راهنما: دکتر علی کدخدائی و مجید بغدادی	اساتید مشاور: اصغر اصغری مقدم و رضا مرادی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: زمین شناسی
دانشکده: علوم طبیعی	گرایش: زیست محیطی
کلید واژه‌ها: آلاینده‌های نفتی، اکسایش پیشرفته، خاک، مسجد سلیمان، پاکسازی	تعداد صفحات: ۱۴۰
<p>چکیده:</p> <p>آلوده شدن محیط زیست به ترکیبات نفتی از بدو استخراج نفت، مصرف و انباشته شدن آن در محیط می‌تواند سلامتی منابع آب و خاک را تهدید نماید. نفت خام ترکیبات بی نهایت پیچیده‌ای از هیدرو کربن‌ها می‌باشد، که معمولا دارای مقادیر ناچیزی از عناصر می‌باشد. از جمله این عناصر می‌توان به نیتروژن، اکسیژن، سولفور و فلزاتی همچون نیکل و وانادیوم اشاره کرد. از سویی بسیاری از این ترکیبات برای سلامتی انسان و اکولوژی خاک مضر است. با توجه به حضور میدان‌های نفتی عظیمی در جنوب کشور، آلوده شدن محیط با ترکیبات نفتی بسیار رایج است. از اینرو تکنولوژی‌های مختلفی برای پاکسازی خاک‌های آلوده شده توسط ترکیبات نفتی توسعه یافته است. روش‌هایی که تنها به انتقال آلاینده از فازی به فاز دیگر اکتفا نکرده بلکه آلاینده‌ها را به ترکیباتی با خطر کمتر تبدیل می‌کند. همچنین قادر به حذف با راندمان بالا می‌باشند.</p> <p>روش‌های شیمیایی می‌توانند باعث اکسید و معدنی شدن آلاینده‌ها شوند. اکسایش پیشرفته نه تنها هدف تخریب آلاینده‌های محیط را دارند بلکه باعث کاهش تبدیل آنها به مواد با سمیت کمتر و قابل پاکسازی زیستی به وسیله میکروارگانیسم‌های بومی در محیط شود. تکنولوژی‌های اکسایش پیشرفته مبتنی بر تولید گونه‌های اکسید کننده قوی از قبیل رادیکال‌های هیدروکسیل و رادیکال‌های سولفات می‌باشند. که به طور گسترده ای در دهه‌های اخیر برای حذف آلاینده‌های پایدار در آب و خاک استفاده شده‌اند. در کشور ما اکثر مطالعات توسط این روش‌ها در بخش‌های آلودگی آب صورت گرفته است، و در بخش خاک فعالیتی محدودی صورت گرفته است. این پژوهش به صورت تلفیقی از هر دو علم زمین شناسی و شیمی برای کاهش آلودگی مواد نفتی می‌باشد، که می‌تواند پایه‌ای برای تحقیقات بعدی نیز باشد. بنابراین هدف ما بررسی تاثیر فرایند اکسایش پیشرفته بر حذف آلاینده‌ها نفتی از خاک‌های آلوده منطقه مسجد سلیمان می‌باشد.</p> <p>در این پژوهش شهرستان مسجد سلیمان واقع در استان خوزستان انتخاب گردیده است. این شهر بر روی میدان نفتی واقع شده است. و چشمه‌های نفتی در مناطق مسکونی (سی برنج و نفتون) باعث آلودگی خاک‌ها در این مناطق گردیده است. دو نوع خاک آلوده و غیر آلوده برای آزمایش از محدوده مورد مطالعه نمونه برداری شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفته اند. استخراج ترکیبات نفتی در خاک به روش سوکسله و اندازه گیری به روش وزن سنجی انجام گردید. میزان ترکیبات نفتی در خاک نمونه برداری شده ۶/۸ درصد تعیین شد. همچنین از روش کروماتوگرافی در این پژوهش استفاده شده است. بر مبنای آزمایش طراحی شده، به ازای هر نمونه ۴ گرمی خاک ۴CC آب اکسیژنه به اضافه ۰/۱۵ گرم پتاسیم پرسولفات به همراه ۵ CC اضافه شده است و در دمای ۵۰ درجه در آن قرار داده شده سپس به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتری مقدار کل ترکیبات آلی آنها اندازه گیری گردیده سپس با مقایسه با نمونه آلوده اولیه مقدار حذف ترکیبات نفتی مشخص شد.</p> <p>نتایج حاصل از آزمایش نشان می‌دهد که فرایند اکسایش پیشرفته قادر به حذف ترکیبات نفتی از خاک‌های مورد مطالعه می‌باشد. همچنین بهترین روش حذف برای افزایش راندمان توسط روش اکسایش پیشرفته مشخص شده است با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌تواند از آن به عنوان روش قابل اجرا در سطح وسیع تری استفاده نمود. نتایج نشان داده است که در حدود ۵۰ درصد از کل آلودگی ترکیبات نفتی در طی سه روز به وسیله این روش قابل حذف بوده است.</p>	

پس پروردگار منان را به خاطر لطف بیکران، مهربانی های بی دینش که بچ گاه مراد مرا ل زندگیم فراموش نکرده و بزرگترین یاری دهنده من بوده است.

در ابتدا وظیفه خود میدانم که از تمامی اساتید خود در طی این دوره تحصیلی تشکر و قدردانی نمایم و تمامی زحمات آنها را با تشکر از سوی خود ارج نهم.

بر خود واجب می دانم که از اساتید راهبهای خود جناب دکتر علی که خدائی و دکتر حمید نهدادی کمال تشکر و سپاس را داشته باشم که در طول به غایت رسیدن این پیمان نامه، همواره مریادی رسانند و من در کنار این بزرگان در سخت کوشی را نیز فرودا کنم.

همچنین از اساتید مشهور خود جناب آقای دکتر اصغر اصغری مقدم و جناب مهندس رضامرادی مشهور صنعتی این جانب نیز قدردانی نمایم که همواره در حد توان و امکان مریادی رسانند.

از خانواده عزیزتر از جانم به خصوص برادر و نوه بزرگوارم سپاس گزار می باشم که وجود آنها بهترین نعمت خداوند برای من بوده است.

همچنین از جناب دکتر موافقی، دکتر اوسان، دکتر سالاری، جناب مهندس رفیعی، سرکار خانم پرچی، سرکار خانم رفیعی، سرکار خانم معماری و جناب آقای جنر پور و جناب مهندس اروچی، سرکار خانم نرگش، کمال تشکر را دارم.

از تمامی دوستان و همکامی هایم که زندگی در کنار آنها تجربه های بسیار ارزنده ای را برای من به همراه داشت است، تشکر میکنم.

در پیمان برای تمامی آنها آرزوی توفیقات روز افزون و سلامتی را خواهم.

ج	فهرست.....
	فصل اول: تعاریف و کلیات.....
۱-۱	مقدمه..... ۲
۲-۱	ضرورت تحقیق..... ۲
۳-۱	اهداف پژوهش..... ۳
۴-۱	اهمیت خاک..... ۳
۵-۱	پروفیل خاک..... ۴
۶-۱	ساختار خاک..... ۶
۶-۱	بر هم کنش خاک و آلاینده..... ۷
۷-۱	تعریف آلودگی..... ۸
۸-۱	منابع آلاینده خاک..... ۸
۸-۱	۲-آلودگی ناشی از فعالیت انسان..... ۹
۹-۱	نفت..... ۱۱
۱۰-۱	شیمی نفت..... ۱۱
۱۱-۱	هیدروکربنها..... ۱۲
۱۱-۱-۱	پارافینها..... ۱۲
۱۱-۱-۲	نفتنها..... ۱۲
۱۱-۱-۳	آروماتیکها..... ۱۲
۱۲-۱	مدلهای نشت نفت..... ۱۷
۱۳-۱	رفتار نفت در خاک..... ۱۷
۱۴-۱	روش اکسیداسیون شیمیایی..... ۱۹
۱۴-۱-۱	جایگاه روش اکسیداسیون شیمیایی در بین روش های پاکسازی محوطه های آلوده..... ۱۹
۱۴-۱-۲	معرفی روش اکسایش پیشرفته..... ۲۳
۱۴-۱-۳	روشهای اکسایش پیشرفته..... ۲۴
۱۴-۱-۳-۱	روشهای غیر فتو شیمیایی..... ۲۴
۱۴-۱-۳-۲	روشهای فتو شیمیایی..... ۲۴
۱۴-۱-۴	فرایند فنتون..... ۲۵

۲۷	۵-۱۴-۱- مکانیزم اکسایش ترکیبات آلی مقاوم
۲۷	۱-۵-۱۴-۱- سینتیک واکنش فنتون
۳۰	۱۵-۱- پیشینه تحقیق.....
۳۰	۱-۱۵-۱- مطالعات داخلی
۳۰	۲-۱۵-۱- مطالعات خارجی

فصل دوم: مطالعه منطقه

۳۴	۱-۲- مقدمه.....
۳۶	۲-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه.....
۳۶	۱-۲-۲- موقعیت جغرافیایی مسجد سلیمان
۳۷	۲-۲-۲- محدوددهی شهرستان مسجد سلیمان
۳۸	۳-۳-۲- اقلیم
۳۸	۱-۳-۳-۲- اقلیم نمای آمبرژه
۳۸	۲-۳-۳-۲- تغییرات فصلی و نوسانات دمایی در منطقه
۴۰	۴-۳-۲- ژئومرفولوژی مسجد سلیمان
۴۱	۵-۳-۲- زمین شناسی مسجد سلیمان
۴۱	۱-۵-۳-۲- سازند آواری آجاجاری
۴۲	۲-۵-۳-۲- سازند میشان
۴۲	۳-۵-۳-۲- سازند تبخیری گچساران
۴۲	۴-۵-۳-۲- سازند آسماری
۴۳	۵-۵-۳-۲- سازند کنگلومرایی بختیاری
۴۵	۴-۳-۲- خاکشناسی

فصل سوم: مواد و روش

۴۷	۱-۳- مقدمه.....
۴۷	۲-۳- مطالعات صحرائی و آزمایشگاهی
۴۷	۱-۲-۳- جمع آوری اطلاعات و مطالعات دفتری اولیه
۴۷	۲-۲-۳- نمونه برداری از خاک و نفت
۴۸	۳-۳- تعیین خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک مورد استفاده.....
۴۹	۱-۳-۳- دانه بندی با الک

۵۰.....	۳-۳-۲- دانه بندی به روش هیدرومتری
۵۱.....	۳-۳-۳- ترکیب داده ها
۵۱.....	۳-۴- تعیین بافت خاک
۵۳.....	۳-۵- pH خاک
۵۳.....	۳-۶- اندازه گیری مقدار کلسیت
۵۴.....	۳-۷- اندازه گیری کربن آلی خاک
۵۵.....	۳-۸- اندازه گیری رطوبت خاک
۵۵.....	۳-۹- مشخصات دستگاهای مورد استفاده جهت آنالیز
۵۵.....	۳-۹-۱- دستگاه GC-MS
۵۶.....	۳-۹-۲- دستگاه طیف سنج نوری
Error! Bookmark not defined.	۳-۹-۲-۱- کالیبراسیون
۵۸.....	۳-۹-۳- سوکسله
Error! Bookmark not defined.	۳-۹-۳-۱- کارایی روش
Error! Bookmark not defined.	۳-۹-۳-۲- میزان مصرف حلال
Error! Bookmark not defined.	۳-۹-۳-۳- نکات مهم در روش سوکسله
۵۹.....	۳-۹-۴- وزن سنجی
Error! Bookmark not defined.	۳-۹-۴-۱- روش رسوب
Error! Bookmark not defined.	۳-۹-۴-۲- روش تخییری
۶۱.....	۳-۱۰- خصوصیات نمونه آلوده
۶۱.....	۳-۱۱- طراحی آزمایش
۶۲.....	۳-۱۲- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کاتالیزورها و سایر مواد مورد استفاده
۶۲.....	۳-۱۲-۱- تهیه نانو ذرات آهن
۶۴.....	۳-۱۱-۲- طریقه سنتز آهن صفر
۶۴.....	۳-۱۲-۳- طریقه تبدیل آهن صفر به آهن II
۶۴.....	۳-۱۲-۴- درصد آهن خاک آلوده
۶۶.....	۳-۱۳- طراحی آزمایش برای یافتن کاتالیزور مناسب
۷۱.....	۳-۱۴- آزمایش مرحله‌ای حضور سولفات مس
۶۷.....	۳-۱۶- تعیین درصد پارامترهای موثر در آزمایش پاکسازی
۶۸.....	۳-۱۶-۲- بهینه کردن دما

۶۸	۳-۱۶-۳- بهینه کردن مقدار پتاسیم پر سولفات
۶۸	۳-۱۶-۴- بهینه کردن مقدار آب اکسیژنه (هیدروژن پر اکسید)
۶۹	۳-۱۷- افزایش درصد حذف آلودگی در شرایط بهینه
۶۹	۳-۱۸- آزمایش اصلی طراحی شده
۷۰	۳-۱۸-۱- آزمایش اصلی سه مرحله‌ای
۷۰	۳-۱۸-۲- آزمایش اصلی دو مرحله‌ای
۷۱	۳-۱۹- آزمایش شستشوی خاک آلوده به وسیله حلال
فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری	
۷۴	۴-۱- مقدمه
۷۴	۴-۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه
۷۴	۴-۳- ویژگی نمونه های آلوده حاصل از آنالیز
۷۵	۴-۴- طراحی آزمایش برای یافتن کاتالیزور مناسب
۷۶	۴-۵- خصوصیات ایدال مورد نیاز برای آزمایش
۷۶	۴-۶- آزمایش مرحله‌ای حضور سولفات مس
۷۷	۴-۷- افزایش درصد حذف آلودگی در شرایط بهینه
۷۷	۴-۸- آزمایش های اصلی طراحی شده
۷۸	۴-۹- آزمایش شستشوی خاک آلوده
۷۸	۴-۱۰- تاثیر اکسایش پیشرفته و شستشوی خاک
۸۰	۵-۱- نتایج
۸۳	منابع

فهرست جداول

فصل اول: تعاریف و کلیات

- جدول ۱-۱- اندازه ذرات مختلف تشکیل دهنده خاک
- جدول ۲-۱- انواع مختلفی از ترکیبات نفتی و مشتقات نفتی
- جدول ۳-۱- ترکیبات طبقه‌بندی شده‌ای از انواع ترکیبات نفتی و مشتقات آن
- جدول ۴-۱- پارامترهای فیزیکی برای بخش‌های آلیفاتیک TPH
- جدول ۵-۱- پارامترهای فیزیکی برای بخش‌های آروماتیک TPH
- جدول ۶-۱- خصوصیات نفت‌های متفاوت و تاثیر آنها بر روی محیط زیست
- جدول ۷-۱- انواع روش‌های معمول فرایند اکسایش پیشرفته
- جدول ۸-۱- قدرت نسبی اکسید کننده‌های مختلف نسبت به کلر
- جدول ۹-۱- انواعی از ترکیباتی که قابل حذف به وسیله روش اکسایش پیشرفته

فصل دوم: مطالعه منطقه

- جدول ۱-۲- وضعیت جوی ایستگاه‌های مسجد سلیمان در پنج سال متوالی
- جدول ۲-۲- داده‌های بدست آمده برای اقلیم منطقه
- جدول ۳-۲- خصوصیات توپوگرافی مسجد سلیمان

فهرست اشکال

فصل اول: تعاریف و کلیات

- شکل ۱-۱- طرح شماتیک از پروفیل فرضی خاک

شکل ۱-۲- واژگان توصیفی برای افق‌های پروفیل خاک

شکل ۱-۳- رودخانه نفتی شده ناشی از گسترش یک نفت‌های وارد شده به محیط زیست

شکل ۱-۴- پروژه‌های پالایش منابع آلاینده خاک در ایالات متحده

شکل ۱-۵- فناوری‌های نوین مورد استفاده برای پاکسازی منابع آلاینده خاک در ایالات متحده

شکل ۱-۶- روش‌های نوین مورد استفاده در پاکسازی سایت‌های آلوده

فصل دوم: مطالعه منطقه

شکل ۲-۱- چاه‌ها و چشمه نفتی مسجد سلیمان

شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و تصویر ماهواره‌ای

شکل ۲-۲- راه‌های دسترسی به مسجد سلیمان

شکل ۲-۳- موقعیت مسجد سلیمان در اقلیم نمای آمبرژه

شکل ۲-۴- ستون چینه شناسی زاگرس از زمان کامبرین تا ترشیاری

شکل ۲-۵- نقشه زمین شناسی مسجد سلیمان

شکل ۲-۶- شکلی سه بعدی از وضعیت زمین شناسی منطقه



فصل اول

کلیات و تعاریف



۱-۱- مقدمه

در کشور ما ایران به دلیل نفت خیز بودن و مصرف بالای مواد نفتی، آلوده شدن منابع طبیعی محیط زیست یکی از معضلات اساسی به شمار می آید (ایرانمنش، ۱۳۸۸)، متأسفانه این امر هیچ گاه جدی تلقی نشده تا جایی که انباشت آلودگی به مرور زمان باعث بروز اختلال و دگرگونی در شرایط تعادلی و متعارف منابع پایه، به ویژه خاک، آب گردیده و بحران‌های زیست محیطی را به همراه داشته است. از این رو اکنون بیش از هر زمان دیگر، برگزیدن راه‌حل‌های علمی و کاربردی برای پاکسازی محیط زیست در مسیری هماهنگ با سیاست‌های زیست محیطی، احساس می‌شود.

۱-۲- ضرورت تحقیق

در کشور نفت خیزی چون ایران آلودگی خاک با ترکیبات نفتی موضوع جدیدالوقوع نیست. این مسئله از بدو استحصال نفت وجود داشته تا جایی که انباشتگی این آلودگی در اثر مرور زمان مشکلات حادی را در زمان حاضر به دنبال داشته و هشدار را برای سلامتی افراد جوامع و محیط زیست در مناطق آلوده به وجود آورده است. با توجه به جایگاه محیط زیست برای شرکت‌های نفتی و اختصاص دادن بخشی با عنوان HSE^۱ در شرکت‌های نفت، دلیل بر اهمیت حذف آلاینده نفتی می‌باشد، و تا به امروز هم کارهای زیادی پیرامون بررسی و روش‌های حذف آلاینده‌ها در زمینه آلودگی‌های نفتی تحت نظر شرکت نفت صورت گرفته است. این پژوهش‌ها برای بهبود محیط زیست در مراحل مختلف آلودگی، استخراج، بهره برداری، حمل و نقل محصولات نفتی که ممکن است رخ دهد انجام گردیده است.

روش‌های مختلفی جهت تصفیه خاک و آب‌ها در دسترس است اما تاثیر تمام این روش‌ها با هم یکسان نیست و به آلودگی مورد نظر و شرایط محیطی بستگی دارد. معمولاً در مکان‌های نزدیک به سطح غالباً از خاکبرداری تحت عنوان روش تصفیه غیر درجا استفاده می‌شود، اما این روش هزینه‌بر و کند می‌باشد، به خصوص که برای مناطق، مسکونی، زمین‌های کشاورزی و آبخوان‌ها مناسب نیست. روش اکسایش پیشرفته به عنوان روش جدید و سریع جهت حذف و رفع آلودگی‌های خاک و آب‌های زیرزمینی پا به عرصه گذاشته است. در کشور ما اغلب از این روش در بخش حذف آلاینده‌های نفتی در آب پژوهش‌هایی صورت گرفته، و در بخش پاکسازی خاک از آلاینده‌های نفتی مطالعات محدودی صورت گرفته است. اغلب کارهای انجام شده به صورت آزمایشگاهی بوده است. اما این روش به صورت تلفیقی از هر دو علم زمین‌شناسی و شیمی

برای حذف آلاینده‌های نفتی از خاک جدید می‌باشد، که می‌تواند پایه‌ای برای تحقیقات بعدی نیز فراهم نماید.

۱-۳- اهداف پژوهش

علیرغم تلاش‌هایی که برای رفع آلودگی نفتی به روش‌های مختلف صورت گرفته است. اما تاکنون از روش اکسایش پیشرفته برای حذف آلاینده‌های نفتی در خاک‌ها از نظر زمین شناسی زیست محیطی کاری انجام نشده است. بنابراین هدف ما بررسی کارایی فرایند اکسایش پیشرفته بر حذف آلاینده‌ها در خاک می‌باشد. اینکه این آیا می‌توان از نتایج این روش برای مقیاس‌های وسیعی از جمله برای میدان‌های نفتی و آلودگی ناشی از حوادث رخ داده در بخش حمل و نقل ترکیبات نفتی استفاده کرد. اکسایش پیشرفته مبتنی بر استفاده از ازن، آب اکسیژنه، اشعه ماوراءبنفش، ازناسیون در حضور کاتالیزورهای مختلف بررسی قرار گرفته برای تخریب آلاینده‌های آلی حل شده مثل هیدروکربن‌های حاوی هالوژن (تری کلرو اتان، تری کلرو اتیلن)، ترکیبات آروماتیکی (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلین یا^۱ BTEX) پنتا کلروفنل (PCP^۲) نیترو فنل‌ها مواد شوینده، آفت کش‌ها و غیره در آب مورد بررسی قرار گرفته اند. همچنین اکسایش پیشرفته می‌تواند برای اکسید کردن ترکیبات معدنی مثل سیانید، سولفید و نیتريت مورد استفاده قرار گیرند. سیستم‌های مختلف اکسایش پیشرفته به طور موفقیت آمیزی برای حذف آلاینده‌های آلی فرار (بنزن، استون، دی-کلرواتان، تترا کلرواتان، غیره) با راندمان ۹۰٪ استفاده شده است. همچنین فرایند اکسایش پیشرفته باعث حذف آلاینده در مدت زمان کوتاهی می‌شود که به صورت درجا در محیط انجام پذیر می‌باشد. حال با توجه به اهمیت خاک، به عنوان یکی از منابع مهم و ارزشمند طبیعت است. بررسی کاربرد این روش در خاک و تاثیر آن بر روی آلاینده‌های نفتی مورد توجه در این پژوهش می‌باشد.

۱-۴- اهمیت خاک

خاک یکی از مهم ترین بخش‌های محیط زیست است، که همه مناظر محیط زیست به طور بالقوه با آن در ارتباط متقابل هستند. برای مثال ما به خاک‌های حاصلخیز برای فراهم کردن غذای خود نیازمند هستیم، که این مهم به وسیله فراهم بودن شرایط مناسب برای رشد در خاک تعیین می‌شود. (Keller, 2007)

خاک پیکره‌ای طبیعی و پویاست که بیرونی ترین قشر لیتوسفر زمین در قاره‌ها را تشکیل داده، که بر اثر فرآیندها و عوامل خاک‌ساز تشکیل شده و در برگیرنده مواد معدنی و آلی است. خاک از منابع تجدیدپذیر به شمار می‌رود اما هنگامی که سرعت تولید آن را با سرعت تخریب آن مقایسه کنیم، آنگاه اهمیت حفاظت

1 -Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, Xylene

2 -Pentachlorophenol

خاک بیشتر جلوه می‌نماید. براساس مراجع مختلف تشکیل هر سانتیمتر خاک در شرایط مختلف آب و هوایی از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سال طول می‌کشد (اسماعیلی، ۱۳۹۰).

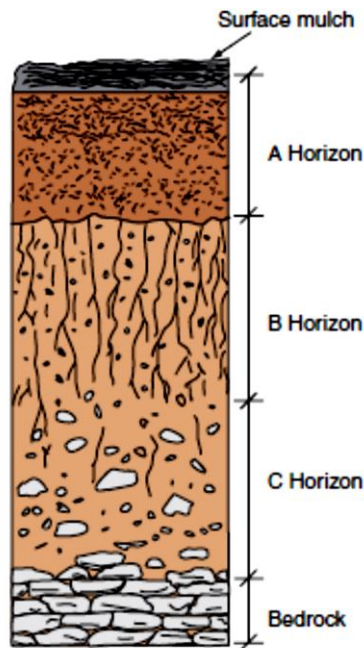
خاک‌ها به عنوان یک پالاینده‌ی طبیعت محسوب می‌شوند. علاوه بر اینکه تأمین کننده مواد غذایی هستند، خاصیت تصفیه‌کنندگی نیز دارد. این خاصیت خاک، در اثر خواص فیزیکی آن (عمل نفوذ آب از منافذ)، خواص شیمیایی آن (جذب سطحی و تبخیر) و خواص زیستی آنها (تجزیه و فساد مواد آلی) حاصل می‌گردد (هدایتی، ۱۳۸۹). خاک هم کارخانه طبیعی تصفیه آلاینده‌ها و هم خود یک آلاینده است. خاک به عنوان یک فیلتر فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و جاذب عمل می‌کند. اگر چه خاک بزرگترین تصفیه کننده طبیعت است ولی ظرفیت آن نامحدود نیست. ممکن است بسیاری از مواد سمی که به آن اضافه می‌شوند به حد خطرناک رسیده و انسان، احشام یا گیاهان را مسموم کنند.

اصولاً وقتی غلظت یک ماده مضر در خاک به حد خطرناک می‌رسد که میزان اضافه شده به خاک بیش از شدت تجزیه آن باشد ممکن است این ماده برای میکروارگانیسم‌های خاک نیز مضر بوده و با از بین رفتن یا کند شدن فعالیت آنها، سرعت تجزیه آن در خاک باز هم کاهش یابد. همان‌گونه که آلاینده‌های موجود در خاک از محیط‌های دیگر (هوا و آب) وارد آن می‌شوند، آلاینده‌های اضافه شده به خاک نیز می‌تواند وارد منابع آب و هوا گردیده و در آن محیط‌ها مشکلاتی را به وجود آورد.

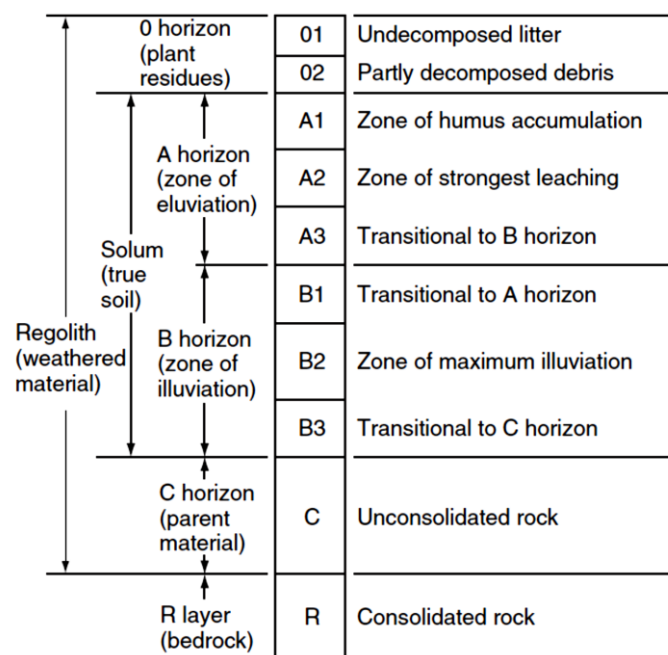
۱-۵- پروفیل خاک

به نسبت افزایش عمق، لایه‌هایی مجزایی در خاک قابل تشخیص هستند. این لایه‌ها را افق خاک^۱ می‌نامند. لایه‌ی رویی که نوعاً چندین اینچ ضخامت دارد، افق A یا رو خاک نامیده می‌شود. این لایه دارای حداکثر فعالیت بیولوژیکی است و مقداری زیادی از مواد آلی را در خود نگه می‌دارد. یون‌های فلزی و ذرات رس موجود در این افق در عرض آب شستگی قابل توجهی دارند. لایه‌ی بعدی افق B است. این لایه موادی مانند ترکیبات آلی، نمک‌ها یا ذرات رس شسته شده را از روی افق A دریافت می‌کند. افق C از سنگ بستر هوازده که خاک از آن تشکیل می‌گیرد منشاء گرفته است. این افق‌ها و زیر بخش‌های آن پروفیل^۳ خاک را تشکیل می‌دهند. (ماناهان ۱۳۷۹) پروفیل خاک در شکل ۱-۱ نشان داده شده است (Hillel, 2004).

1- Contamnation
2- Horizon
3- Porofil soil



شکل ۱-۱- طرح شماتیک از پروفیل فرضی خاک (Hillel, 2004)



شکل ۱-۲- واژگان توصیفی برای افق‌های پروفیل خاک (Hillel, 2004)

۱-۶- ساختار خاک

اطلاع از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک برای انتخاب یک روش پاکسازی مناسب و نیز طراحی پارامترهای مربوط به روش مورد نظر، بسیار مهم می‌باشد. اطلاع از مکانیزم‌های درهم کنش بین خاک و آلاینده نیز مهم هستند. خاک را می‌توان به این صورت تعریف کرد: ماده‌ای ناهمگن که از سنگ‌های هوازده و سایر کانی‌ها و نیز ماده‌ی آلی تشکیل شده و مساحت زیادی از سطح زمین را می‌پوشاند. خاک از سه فاز جامد، مایع و گاز تشکیل شده است. خاک‌ها از نظر حجمی به طور معمول شامل ۵۰٪ مواد معدنی ۲۵٪ آب، ۲۰٪ هوا، و ۵٪ درصد ماده‌ی آلی می‌باشند. اندازه‌ی ذرات تشکیل دهنده خاک، را می‌توان با استفاده از جدول ۱-۱ نشان داد (Winegardner, 1995).

جدول ۱-۱- اندازه ذرات مختلف تشکیل دهنده خاک (Winegardner, 1995).

نوع ذره	قطر ذره (میلی متر)
ماسه درشت	۲ تا ۰/۲
ماسه ریز	۰/۲ تا ۰/۰۲
سیلت	۰/۰۲ تا ۰/۰۰۲
رس	< ۰/۰۰۲

بر اساس وزن خشک، تقریباً ۹۲ تا ۹۳ درصد خاک‌ها را مواد معدنی و باقیمانده‌ی آن را مواد آلی تشکیل می‌دهد. به استثناء خاک‌های آلی که بخش بسیار کمی از خاک‌ها را در بر می‌گیرد. قسمت عمده‌ی خاک، مواد معدنی بوده و از تجزیه فیزیکی-شیمیایی سنگ‌ها مشتق شده است. (Paria, 2008). قسمت معدنی خاک غالباً برحسب توزیع اندازه‌ی ذرات آن توصیف می‌گردد و دامنه‌ی تغییرات اندازه‌ی دانه‌ها وسیع است. بسیاری از خواص فیزیکی خاک، توسط اندازه، شکل و ترکیبات شیمیایی دانه‌های آن تعیین می‌شود (Winegardner, 1995). بر حسب اندازه‌ی دانه‌ها، خاک‌ها معمولاً شن، ماسه، لای و رس نامیده می‌شوند. مقادیر نسبی هر یک از این مواد معدنی خصوصیتی از خاک را تعریف می‌کند که به بافت خاک موسوم است (داس، ۱۳۷۹). بخش آلی خاک ناشی از بافت‌های تجزیه شده یا نیمه تجزیه شده‌ی حیوانی و گیاهی می‌باشد. بیشتر این مواد (۸۵ تا ۹۰٪) شامل مواد هیومیک و پلیمرهای پیچیده با وزن مولکولی بالا می‌باشد که از تجزیه‌ی مواد آلی به دست می‌آید (هدایتی، ۱۳۸۹). اگرچه اغلب خاک‌ها دو تا پنج درصد،

مواد آلی دارند ولی این مقادیر می‌تواند از کمتر یک درصد تا بیشتر از ۸۰٪ متغیر باشد. خاک‌های به شدت آلی، غالباً با عنوان خاک نباتی شناخته می‌شوند.

تاکنون سیستم‌های متعددی برای طبقه بندی خاک‌ها با ویژگی‌های مختلف ابداع شده است (داس، ۱۳۷۹). در حال حاضر، متداول ترین سیستم، سیستم طبقه بندی متحد خاک می‌باشد. طبق این سیستم طبقه بندی که مورد پذیرش اداره استاندارد امریکا^۱ (ASTM) نیز می‌باشد، ذرات بزرگتر از ۴/۷۵ میلی متر را شن، ۴/۷۵ تا ۰/۰۷۵ را ماسه و کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلی متر را لای و رس می‌نامند (ASTM, 1993). شن، خرده سنگ همراه با دانه‌هایی از جنس کوارتز، فلدسپار و سایر کانی‌ها و ماسه می‌باشد. لای، ذرات ریز خاک است که از دانه بسیار ریز کوارتز و ذرات پولکی شکل حاصل از متلاشی شدن کانی‌های میکادار تشکیل می‌گردد و رس نیز ذرات بسیار ریز پولکی شکل میکا، کانی‌های رس و سایر کانی می‌باشد کانی‌های رس سیلیکات‌های آلومینیوم پیچیده‌ای می‌باشند که از یکی از دو واحد پایه‌ی چهار وجهی سیلیکا و هشت وجهی آلومینا تشکیل یافته‌اند. مهمترین کانی‌های رس عبارتند از: کائولینیت، ایلیت و مونت موریلونیت. وقتی کانی‌های رس در خاک‌های ریز دانه ظاهر شود، با مرطوب کردن، خاک حالت خمیری به خود می‌گیرد و آن را می‌توان بدون خرد شدن شکل داد. این خاصیت چسبندگی، به علت آب جذب شده‌ای می‌باشد که ذرات رس را احاطه کرده است (داس، ۱۳۷۹).

۱-۶- برهم کنش خاک و آلاینده

اشکال مختلفی از درهم کنش بین آلاینده‌های آلی و ذرات خاک رخ می‌دهد که تعیین کننده‌ی سرنوشت نهایی و چگونگی انتقال این آلاینده در محیط می‌باشند. برهم کنش ذرات خاک و آلاینده در مورد آلاینده آلی پیچیده‌تر از آلاینده‌های غیر آلی می‌باشد. در مورد آلاینده‌های آلی عامل میکروبی و فعالیت زیستی نقش مهمی در انتقال و ماندگاری آلاینده‌ها، در خاک بازی می‌کند.

حضور و انتقال آلاینده‌های شیمیایی آلی در خاک توسط فرایندهای مثل: الف) واکنش‌های شیمیایی بین خود مواد آلی با یکدیگر (ب) واکنش با مواد مختلف موجود در خاک و ج) آبکافت^۲، نورکافت^۳، و تجزیه‌ی زیستی، کنترل می‌شود (پریا، ۲۰۰۸). به طور کلی درهم کنش بین خاک و آلاینده برای هر دو دسته‌ی آلاینده‌های آلی و غیر آلی شامل فرایند زیر است:

۱. جذب^۴، عمدتاً در نتیجه‌ی واکنش‌های تبادل یونی، نیروهای واندروالس، و جذب سطحی رخ می‌دهد.

1-American Society for Testing and materials

2-Hydrolysis

3-Photolysis

4-Sorptoin

۲. تشکیل کمپلکس^۱، تشکیل کمپلکس با لیگاندهای آلی و غیر آلی
 ۳. ته نشست(رسوب)، به عنوان مثال تجمع مواد (محلول یا غیر محلول) در سطح مواد جامد خاک و تشکیل مواد جامد غیر محلول جدید. به علاوه ویژگی‌های خاک و آلاینده و نیز شرایط میکروبی محیط نیز تعیین کننده فرایندهای موثرتر خواهند بود(Yong, 2001).

۱-۷- تعریف آلودگی

هر آنچه که باعث کاهش کیفیت یک پدیده طبیعی (آب، هوا، خاک) شود آلاینده نامیده می‌شود. مهمترین راه مبارزه با آلاینده، کاهش غلظت (مقدار) آنها در محیط است. بطوری که به حد کمتر از حد خطرناک برسند. مدیریت اجرای این امر را کنترل آلودگی نامیده‌اند. معمولا برای پاکسازی هر نوع آلاینده چندین راه حل وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایبی می‌باشند و بستگی به جنبه‌های آلاینده و نیز اهداف و شرایط محیط روش یا روش‌هایی برای کنترل آلودگی انتخاب می‌شوند.
 دو رکن اصلی آلودگی عبارتند از: عامل آلاینده و محیط آلوده شده، که در اینجا به انواع منابع آلاینده‌ها اشاره می‌شود.

۱-۸- منابع آلاینده خاک

آلاینده‌ها از راه‌های مختلفی تولید و وارد طبیعت می‌شوند. در یک تقسیم بندی می‌توان آلاینده‌ها را بر اساس منبع و منشاء ایجاد به دو دسته آلاینده‌های طبیعی^۲ که در ساختار کانی‌های خاک وجود دارند و آلاینده‌های غیرطبیعی که منشاء انسانی^۳ دارند، تقسیم نمود. در تقسیم بندی دیگر می‌توان منابع آلاینده‌ها را به دو دسته نقطه‌ای^۴ و غیر نقطه‌ای^۵ تقسیم نمود که تفاوت آنها تنها در گسترش مکانی و نیر منشاء تولید آنها می‌باشد. آلودگی نقطه‌ای در یک نقطه متمرکز بوده و می‌تواند منشاء طبیعی یا منشاء انسانی داشته باشند. آلاینده‌های غیر نقطه‌ای منشاء مشخصی ندارند و در بیشتر موارد متأثر از فعالیت‌های انسانی هستند. این نوع آلاینده‌ها دارای غلظت کمتر و دامنه انتشار وسیع تر هستند و یک مشکل جهانی محسوب می‌شوند زیرا به سادگی و به وسیله حد و مرزهای بین کشورها قابل کنترل نمی‌باشند. در حال حاضر منابع آلاینده غیر نقطه‌ای به عنوان مهمترین عوامل آلوده کننده آب و خاک در مقیاس جهانی به شمار می‌روند و کشاورزی و حمل و نقل بیشترین سهم را در ایجاد آلاینده‌ها دارند.

1-Coplexation

2-Geogenic Pollutant

3 Anthropogenic Pollutant

4-Point

5 Nonpoint

۱-۸-۱- آلودگی ناشی از منابع طبیعی

غلظت طبیعی عناصر در پوسته زمین و در خاک بستگی به تغییرات زمین شناسی و جغرافیایی منطقه دارد. پوسته زمین از ۹۵ درصد سنگ‌های آذرین و ۵ درصد سنگ‌های رسوبی تشکیل شده است. سنگ‌های آذرین بازیک عموماً دارای غلظت‌های بالایی از فلزات سنگین مثل مس، روی، کروم، کبالت و نیکل هستند. شیل‌ها رسوبات ریزی هستند که دارای مقادیر زیادی از فلزات سنگین نظیر مس، روی، منگنز، آهن، سرب، آرسنیک، نقره، کادمیوم، مولیبدن، اورانیوم و وانادیوم هستند. بطور کلی رس‌ها و شیل‌ها بدلیل توانایی جذب یون‌های فلزی، حاوی مقادیر بالایی از فلزات سنگین هستند و ماسه سنگ‌ها عموماً حاوی مقادیر کمتری می‌باشند.

۱-۸-۲- آلودگی ناشی از فعالیت انسان

در دهه گذشته ورود آلاینده‌ها با منشاء انسانی مانند کودهای شیمیایی، فلزات سنگین، مشتقات نفتی و سموم به داخل اکوسیستم‌های خاکی به مقدار زیادی افزایش یافته است. که در اینجا به نمونه ناشی از این فعالیت‌های اشاره شده است (زرأسوندی و حیدری، ۱۳۹۰) (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸).

وسایل نقلیه موتوری: وسایل نقلیه از یک سو با تولید منواکسید کربن هوا را آلوده می‌کند و از سوی دیگر روغن، براده‌های لاستیک و لنت‌های ترمز آنها که حاوی آزبست است، منابع خاک و محیط زیست را نابود می‌کنند.

فلزات سنگین: یکی از مشکلات فاضلاب‌ها و پسماندهای صنعتی که وارد خاک می‌شود فلزات سنگین است. فلزات سنگین همچون سرب، کادمیوم، سلنیوم و غیره که در کلوئیدهای خاک ذخیره می‌شوند، بسیار خطرناک هستند و با ورود به چرخه غذایی زیان‌های جبران ناپذیری را به جای می‌گذارند.

باران اسیدی: یکی دیگر از موارد آلودگی خاک باران‌های اسیدی است که در اثر آلودگی و دود کارخانه‌ها در شهرهای صنعتی و پر جمعیت دیده می‌شود. باران اسیدی در آلودگی‌های خاک بدترین نوع آلودگی محسوب می‌شود: چرا که در وهله اول باعث از بین رفتن پوشش‌های جنگلی و در وهله دوم باعث آلودگی منابع آب در حد وسیع می‌شود.

زباله‌ها: زباله یکی از مهم‌ترین منابع آلوده سازی خاک‌ها محسوب می‌شود. زباله‌ها می‌توانند به داخل زمین نفوذ و منابع آبی را نیز آلوده کنند. این در حالی است که همه کشورهای پیشرفته زباله‌ها را طلای کثیف می‌نامند و با بازیافت و تولید کمپوست به زباله‌ها ارزش افزوده می‌دهند. یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین زباله‌های شهری، زباله‌های بیمارستانی است که که بخشی از بافت بدن یک بیمار، سوزن‌های آلوده به بیماری‌های خطرناک، تیغ‌های جراحی بیمارستان حاوی بیماری‌های ایدز و غیره، قسمتی از زباله‌هایی است

که از بیمارستان، همراه با صدها هزار تن زباله معمولی جمع آوری می‌شود. دفن زباله‌های بیمارستانی آب-های زیر زمینی را آلوده می‌کند.

شوینده‌ها: وجود شوینده‌ها در فاضلاب نفوذ پذیری خاک را افزایش می‌دهند و میکروارگانیزم‌ها و حتی مولکول‌هایی که به طور معمول نمی‌توانند از صافی‌های خاک عبور کنند در حضور شوینده‌ها قادر خواهند بود از خلل و فرج لایه‌های متوالی و مختلف خاک عبور کنند و موجب آلودگی میکروبی آب‌های می‌شوند که در فاصله زیاد نسبت به سطح زمین قرار دارند.

آلودگی کشاورزی: استفاده بیش از حد سموم و کودهای کشاورزی، آنتی بیوتیک‌ها و هورمون‌ها در دام و آبیاری مزارع با فاضلاب‌های آلوده از عوامل موثر در آلودگی خاک کشاورزی می‌باشد. در ایران کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات اغلب به صورت غیر اصولی مورد استفاده قرار می‌گیرند و باعث مسمومیت آب و خاک می‌شوند. سرطان، بیماری عصبی و تنفسی و پوستی از اثرات دراز مدت آفت کش‌ها بر انسان است. آفت کش‌ها از راه‌های مختلفی وارد خاک می‌شود که شامل کاربرد مستقیم آنها در خاک، سمپاشی و برگشت مستقیم ذرات سموم معلق در هوا به زمین و سموم جذب شده به وسیله موجودات زنده خاک (غیر ذره بینی) می‌باشد. کودهای شیمیایی خواص خاک را تغییر می‌دهند یعنی نفوذ پذیری خاک را نسبت به هوا و آب کم می‌کنند و اصطلاحاً خاک‌ها سخت می‌کنند.

آلودگی نفتی: به علت اینکه نفت و مشتقات آن به مقدار خیلی زیاد حمل و نقل می‌شوند، لذا امکان آلودگی آب و خاک نیز زیاد است. این آلودگی ممکن است تصادفی بوده و یا عملاً پسماند پالایشگاه‌های نفت به خاک افزوده شده و یا بر روی آن تخلیه شود. آلودگی خاک با مواد نفتی اهمیت به سزایی داشته و به مقدار کم می‌تواند طعم و بوی آب شرب را نامناسب سازد. آلودگی‌های نفتی یک پیامد اجتناب ناپذیر ناشی از افزایش سریع جمعیت و فرایند صنعتی شدن است که به دنبال آن آلودگی خاک توسط مواد نفتی به شکل وسیع در اطراف تاسیسات اکتشاف و پالایش و به شکل موضعی در مسیرهای انتقال این مواد قابل مشاهده است (بای بوردی، ۱۳۸۷).