

بررسی نحوه ی انتشار آلاینده ی هیدروکربنی "بنزین" در خاک تحت شرائط مختلف خاک و آلاینده

علیرضا سهامی^۱، منصور مصلی نژاد^۲

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش مکانیک خاک و پی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان و مدرس دانشکده فنی و حرفه ای قم
^۲ بخش راه و ساختمان و محیط زیست دانشگاه شیراز

نام نویسنده مسئول:

تاریخ دریافتی: ۱۳۹۹/۰۱/۰۲

علیرضا سهامی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۵

تاریخ انتشار: ۱۳۹۹/۰۳/۰۲

چکیده

آلودگی خاک و منابع آب زیرزمینی در صده ی اخیر یکی از معضلات مهم و جدی مسائل زیست محیطی در کره ی خاکی به شمار می آید. با توجه به گرم شدن کره ی زمین و پدیده ی خشکسالی در سال های اخیر و کمبود جدی آب آشامیدنی جهت مصارف انسانی، کشاورزی، دامی و صنعتی، توجه و اهمیت، مدیریت، حفظ و نگهداری و مراقبت منابع آب زیرزمینی یکی از مسائل حیاتی و حائز اهمیت امروزه ی بشر در زندگی به شمار می رود. همچنین بشر برای بقای خود به طور مستقیم به خاک متکی است، و دوام و تکامل خاک نیز تا حد زیادی به نحوه ی استفاده صحیح و اصولی بشر از آن بستگی دارد. رشد و نمو گیاهان که علاوه بر سالم و زیبا سازی محیط زیست و پالایش هوا منبع اصلی احتیاجات خوراکی، پوشاکی و . . . انسان را تشکیل می دهند، بدون خاک امکان پذیر نیست، که این مسئله اهمیت مدیریت بهره برداری، حفظ و حراست از این منبع مهم و حیاتی بشر را صد چندان می کند. لذا یکی از مهمترین منابعی که باعث آلودگی آب و خاک می شود، آلاینده های هیدروکربنی است، که از جمله مهمترین آنها بنزین می باشد، که روزانه در سطح دنیا میلیون ها لیتر از آن مورد مصرف قرار می گیرد. در این مقاله به انتشار آلاینده ی هیدروکربنی بنزین در خاک تحت شرایط مختلف خاک و آلاینده به وسیله ی آزمایش و همچنین مدلسازی عددی به وسیله ی نرم افزار (ctran) از مجموعه ی (GeoStudio) و مقایسه ی نتایج آزمایشگاهی و عددی آنها پرداخته شده است، که خروجی آنها نمودارها یی است که به وسیله ی آن می توان رفتار این آلاینده ها را در شرایط مشابه تا حدود زیادی پیش بینی کرد، لذا در انتها نتایج مهم بدست آمده ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: خاکریز جاده، فشار آب حفره ای، تحکیم، تفاضلات محدود،

توزیع تنش موثر. *FLAC 2D*.

مقدمه

امروزه تعداد بسیاری از کشورهای دنیا از جمله کشورهای حوزه ی خلیج فارس دارای ذخائر عظیم نفت می باشند، که سال های زیادی است در حال استخراج، پالایش، ذخیره و انتقال نفت و مشتقات آن جهت مصارف داخلی و صادرات به کشورهای دیگر دنیا می باشند. در این میان ایران نیز یکی از مهمترین کشورهای نفت خیز دنیاست، که در صده ی اخیر با ایجاد سازه های فراوان استخراج، پالایش، ذخیره و انتقال نفت و مشتقات متنوع آن از جمله بنزین جهت مصارف داخلی و صادرات، جزء کشورهای پیشرو و مطرح این صنعت می باشد. لذا با توجه به فرسودگی و معیوب بودن برخی از این تجهیزات از جمله پوسیدگی مخازن نگهداری سطحی و زیر سطحی، لوله های انتقال و ملحقات آنها، تاسیسات پالایشگاهی، محل های نگهداری و عرضه انواع سوخت های هیدروکربنی، سوانج مختلف و . . . ، باعث می شود، آلاینده های هیدروکربنی در اثر نشست و تراوش وارد خاک منطقه شده و شروع به نشر و گسترش در خاک نموده و در ادامه وارد سفره ی آب های زیر زمینی شوند، که این امر باعث فاجعه ای زیست محیطی گردیده و آلودگی قسمت وسیعی از خاک و آب منطقه را در بر دارد. آلودگی های هیدروکربنی خاک همچنین باعث می شود، در فصول پر بارش، آب باران و برف و دیگر نزولات آسمانی از سطح زمین وارد خاک شده و به سمت سفره آب زیر زمینی حرکت نمایند، و با توجه به گذر از منطقه ی آلوده، مقداری از آلودگی را با خود حمل نموده و وارد سفره آب زیرزمینی نماید، که این مسئله باعث بروز خطرات زیست محیطی فراوانی از جمله به مخاطره افتادن سلامت انسان، دام و طیور، محصولات کشاورزی و باغی و بطور کل گیاهان و درختان و . . . می شود که در یک چرخه کلی همه به یکدیگر وابسته اند.

یک مسئله مهم بعد از آلودگی خاک و آب، شناسایی دقیق و کامل منطقه آلوده به مواد هیدروکربنی، جهت مشخص شدن بهترین روش پالایش، استخراج و آلودگی زدایی خاک و آب حوزه آلوده می باشد، که این امر منوط به شناسایی دقیق و کامل نحوه و شکل انتشار آلاینده ی هیدروکربنی و سرعت انتشار آن در خاک با توجه به شرایط مختلف خاک و آلاینده از جمله جنس و نوع خاک، نفوذپذیری قسمت های مختلف خاک، تعداد، ارتفاع و شکل قرار گیری لایه های خاک و . . . همچنین نوع و چگالی نسبی آلاینده، دبی خروجی و خصوصیات آن، ضرائب پراکندگی و پخش، تراز آب زیر زمینی، مدت زمان انتشار و . . . می باشد، که این مسئله از حساس ترین و حیاتی ترین مسائل پیچیده ژئوتکنیک زیست محیطی به شمار می رود.

۱- تحلیل و پیشینه ی تاریخ

بدلیل اهمیت موضوع مطالعات متعددی در نیم قرن اخیر بر نحوه ی انتشار آلاینده های هیدروکربنی صورت گرفته که در ادامه به گزیده ای از این مطالعات اشاره می شود.

Van der waarden و همکاران [۱] در سال ۱۹۷۱ یک مدل آزمایشگاهی با استفاده از قطعات شیشه ای و بدون هیچگونه جذبی ساختند، و سپس از یک منطقه پسماند روغنی (آلودگی هیدروکربنی) را به محیط خاکی حاوی آب منتقل نمودند. در این آزمایش از مقادیر بسیار پایین ایزوپروپیل فنول برای آشکار سازی مولفه های انتقال آلودگی و هیدروکربن های معدنی مانند گازولین، کروسین و نفت و گاز انجام شد.

آنان نتیجه گرفتند که مولفه های نشست از ناحیه منبع، توسط جریان آب و با سرعتی که از روی ضرائب پخشی مولفه ها قابل محاسبه می باشند، و همچنین نسبت آب به ماده هیدروکربنی، ارزیابی شده و انتشار می یابند. زمانی که ذرات شیشه ای با ذرات طبیعی ماسه جایگزین شدند، انتقال آلاینده به موجب پارامتر جذب سطحی به تأخیر افتاده و غلظت های این آلاینده در آب خروجی از مدل آزمایشگاهی نیز در مقایسه با زمان های مشابه حالتی که از شیشه استفاده شده بود کاهش یافت.

Alfossail [۲] در سال ۱۹۸۶ تأثیر نیروهای ویسکوزیته و موئینگی بر پسماند اشباع آب را مورد بررسی قرار داد. این بررسی ها با استفاده از انجام مطالعات آزمایشگاهی بر روی فرایند جابجایی محیط مرطوب با محیط خشک، صورت پذیرفت که این فرایند به معنی تر و خشک شدن های متوالی محیط خاکی می باشد.

نتایج آزمایشات نشان دادند که میزان اشباع آب پسماند، وقتی که نفت با ویسکوزیته کم آب را جابجا می کند. مستقل از سرعت جریان می باشد. در نهایت نیز یک عدد بدون بعد جدید، برای نشان دادن تأثیر ویسکوزیته نفت، سرعت جریان و میزان کشش دو طرفه بین دو مایع آب و نفت، در این تحقیق ارائه گشت.

Hunt و همکاران [۳] در سال ۱۹۸۸ دست به بررسی آزمایشگاهی انتشار آلودگی در ستون های ماسه ای زدند. در آزمایش های صورت گرفته انتقال آلاینده های مایع غیر محلول توسط جریان آب، رفتار عدم انحلال پذیری در فازهای جداگانه چند مؤلفه ای و نیز جابجایی پسماند ها با استفاده از انتشار بخار از بین ذرات ماسه مورد بررسی قرار گرفتند. این آزمایشات با استفاده از تری کلرواتیلن که ترکیبی است از بنزن و تولوئن و یک گازولین تجاری انجام شد، نشان داد که جریان آب با سرعت ۱۵ متر بر روز نمی تواند منجر به جدایی

قسمت های مختلف مایع آلاینده از یکدیگر گردد، در صورتی که با افزایش سرعت جریان از این مقدار، بخش های مختلف ترکیب آلاینده از یکدیگر جدا می شوند. البته آنان بیان کردند که این عدد تنها در خاک هایی با ویژگی خاک مورد آزمایش آنان صادق می باشد.

Johnson [۴] در سال ۱۹۸۸ از یک مدل آزمایشگاهی برای مطالعه مکانیزم انتقال ترکیبات آلی فرار (VOCs) بهره جست. آزمایشاتی که وی به منظور بررسی مکانیزم انتقال ترکیبات آلی فرار در محیط های خاکی تشکیل داد، یک سری آزمایش سه بعدی بزرگ مقیاس بودند. بر اساس نتایج آزمایشات صورت پذیرفته، وی دریافت که تأثیر جریانات انتقالی آلاینده در زمانی که نفوذپذیری خاک بیشتر از 10^{-11} سانتی متر بر ثانیه و چگالی نسبی بخار آلاینده نسبت به هوا $1/2$ یا بیشتر باشد، نسبت به تأثیر میزان چگالی آلاینده ها بیشتر می گردد و همچنین، در صورتی که نفوذپذیری خاک کمتر از مقدار مذکور و چگالی نسبی نیز کمتر از $1/2$ باشد، تأثیر میزان چگالی آلاینده بیشتر از تأثیر سرعت جریان آلاینده می گردد.

گیتی پور، و همکاران [۵] در سال ۱۳۸۱ با بررسی خاک های آلوده منطقه جنوب پالایشگاه تهران با استفاده از آزمایش های مختلف صحرایی و آزمایشگاهی از جمله آزمایش های مکانیک خاک مثل دانه بندی، هیدرومتری، حدود خمیری و روانی، وزن مخصوص صحرایی و و همچنین آزمایش های اندازه گیری آلاینده های با شاخص، BTEX (بنزن ، تولوئن ، اتیل بنزن و زایلن) دست به بررسی میزان آلودگی خاک های این منطقه زدند .

لی و همکاران [۶] در سال ۲۰۰۱ تحقیقات گسترده ای بر روی عوامل مؤثر بر پخش و انتشار آلاینده های هیدروکربنی در سفره آب زیر زمینی ماسه ای با استفاده از آزمایشات مختلف صحرایی و آزمایشگاهی نمودند. آنها با حفر حدود ۱۰۰ چاه مشاهده، و همچنین کار گذاری پیرومتر در اعماق مختلف این چاه ها و نمونه برداری از خاک منطقه و انجام آزمایشات شیمیایی بر روی آبهای زیر زمینی منطقه آلوده، تحقیقات گسترده ای در این خصوص نمودند .

کامون و همکاران [۷] در سال ۲۰۰۴ با ساخت مدلی آزمایشگاهی و همچنین مدلی عددی دست به مطالعه و بررسی نحوه ی انتشار آلودگی های چگال غیر محلول در آب (Dense Non-Aqueous Liquid) DNAPL در منطقه ی مورد مطالعه زدند، که در ادامه درباره ی آن بحث میشود .

ترکمنی و شایگان [۸] در سال ۱۳۸۴ به بررسی نحوه ی پراکنش و نشت مواد نفتی به خاک و آبهای زیر زمینی پرداختند. آنها با مقایسه مدل سازی ریاضی سه بعدی نشر بنزین در خاک و سفره ی آب زیر زمینی با استفاده از روش FD (Finite Differende)، با داده های آزمایشگاهی حاصل از نشت بنزین از یک مخزن ذخیره ی تحت الارضی در سایتی واقع در ایالت کارولاینا دست به بررسی نتایج حاصله زده که تطابق قابل قبولی را به همراه داشت. در مدل ارائه شده انتقال بنزین در خاک توسط پدیده ی نفوذ، و در آب زیر زمینی به طریق انتقال توده توسط جریان آب زیر زمینی و همچنین نفوذ در نظر گرفته شده است، که این دو معادله در سطح تماس خاک و آب زیر زمینی دارای شرط مرزی مشترک بوده که منجر به نیاز به حل همزمان این دو معادله گردید. از آنجایی که مدل ارائه شده با داده های حاصل از حادثه ی رخ داده در ایالت کارولاینا کنترل شده است، مابقی شرایط مرزی با توجه به چگونگی نشت از منبع، گستره ی آلودگی و مدت زمان سپری شده از شروع از انتشار آلاینده مشخص و تدوین شده اند. آنها توانستند مدل برنامه نویسی شده ی کامپیوتری ارائه دهند که دارای انعطاف لازم جهت پیش بینی غلظت آلاینده ی منتشره با شرایطی متفاوت از سایت ایالت کارولاینا باشد.

احتشامی و احمد نیا [۹] در سال ۱۳۸۵ به منظور مدل سازی نشت فرآورده های نفتی در منابع آب و خاک از مدلی بنام RITZ (Regulatory & Investigative Treatment Zone)، استفاده کردند تا ضمن بررسی فرایند نشت، مکان و غلظت ماده نشت کننده را تخمین بزنند تا بر این اساس بتوان اقدامات لازم برای کنترل آلودگی محیط را بکار برد. آنها جهت صحت سنجی مدل خود اطلاعات خروجی مدل را با اطلاعات حاصل از مطالعات آزمایشگاهی صورت پذیرفته مقایسه نمودند.

۲- مدل سازی آزمایشگاهی تحقیق حاضر

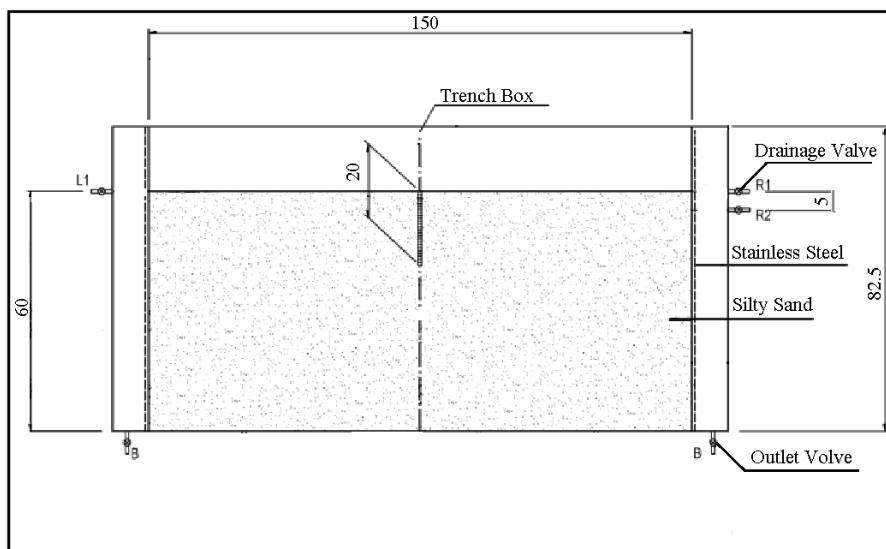
۲-۱- مقدمه: در این جا به منظور مقایسه نتایج عددی با آزمایشگاهی، جعبه ای شیشه ای ساخته و پس از شبیه سازی محیط انتشار آلودگی هیدروکربنی بنزین در خاک و در مقیاسی آزمایشگاهی دست به بررسی نتایج حاصل از نحوه ی انتشار آلودگی در دو بعد طولی (L) و ارتفاعی (D)، در ترازهای مختلف نسبت به زمان، زده و آنها را بصورت نمودار جهت مقایسه با مدل عددی ترسیم نموده ایم، که در ادامه به شرح جزئیات می پردازیم.

۲-۲- نحوه ی مدل سازی آزمایشگاهی

با توجه به ارتباط منطقی که بایستی مدل آزمایشگاهی با محیط واقعی انتشار آلودگی از همه ی جوانب بخصوص از لحاظ مقیاس ابعاد نمونه داشته باشد، در این قسمت با توجه به تحقیقات صورت گرفته توسط Kamon و همکاران و تجربه ی ایشان در این خصوص از ابعاد مدل آزمایشگاهی آنها در این تحقیق استفاده شده است.

۲-۲-۱- ساخت دستگاه آزمایش

جهت ساخت جعبه ی آزمایش، با توجه به هدف تحقیق حاضر، تغییراتی در برخی خصوصیات جعبه ی ساخته شده در مقایسه با جعبه ی Kamon و همکاران، از جمله محیط جعبه که بصورت کاملاً شیشه ای می باشد، وجود دارد. محیط پیرامونی جعبه آزمایش از جنس شیشه با ضخامت ۱۰ میلیمتر و بدلیل مقاومت در مقابل ضربه پس از برش اولیه، شیشه در کارخانه بصورت سکوریت درآمده است. همانطور که در شکل شماتیک ۱-۳ و شکل ۲-۳ مشاهده می شود، ابعاد اصلی این جعبه ($۱۷۵ \times ۸۲/۵$) سانتیمتر، و عمق آن ۳۰ سانتیمتر می باشد، که قسمت داخلی آن جهت بخش خاکی، به طول ۱۵۰ سانتیمتر، توسط دو صفحه ی فلزی با منافذ ریز جدا شده است. همانطور که در شکل ۳-۳ مشاهده می گردد، این صفحات به آلایندگی که بصورت سیال می باشد این امکان را می دهد که پس از رسیدن به مرز نمونه ی خاکی، از منافذ تعبیه شده خارج شود و از خروج ذرات خاک به همراه آلایندگی جلوگیری می کند، همچنین دستگاه به نوعی ساخته شده است که بتوان از آن جهت آزمایش با نمونه ی خاک بصورت کاملاً اشباع و بصورت حرکت جریان آب در حین انتشار آلودگی که بیشتر در مورد آلایندگی های هیدروکربنی سنگین با چگالی بیشتر از آب می باشد استفاده نمود.



شکل ۱-۳- شمای کلی از ابعاد مدل انتشار آلودگی



شکل ۲-۳- جعبه ی آزمایش با ابعاد اصلی $۱۷۰ \times ۸۲/۵$



شکل ۳-۳- صفحه ی فلزی جدا کننده ی محیط خاکی با منافذ ریز جهت عبور سیال آلاینده

در دو سمت جعبه محل هایی به صورت شیر جهت ورود و خروج آب با ارتفاع متفاوت، جهت تغییر سرعت آب و همچنین خروج آلاینده در صورت نیاز تعبیه شده است، که در شکل ۳-۴ مشاهده می گردد. آلاینده نیز که در مخزنی قرار دارد، به وسیله ی لوله همانند شکل ۳-۵، به یک سه راهی متصل شده و آلاینده توسط لوله ای که در محیط پیرامونی آن دارای منافذی می باشد وارد محیط خاک می شود. البته جهت جلوگیری از بسته شدن این منافذ بوسیله ی ذرات خاک، پیرامون این لوله که طول آن معادل عرض نمونه است و همانند شکل شماتیک ۳-۱ در خط قرینه ی دستگاه و در ارتفاع (۲۰-)، از سطح نمونه قرار دارد بوسیله ی نوعی پارچه ی نازک شیشه ای مانند پوشانده شده است.



شکل ۳-۴- شیرهای تعبیه شده در طرفین جعبه ی شیشه ای جهت ورود و خروج سیالات



شکل ۳-۴- لوله ی انتهایی جهت ورود آلاینده به محیط خاک



شکل ۳-۵- تصویر از بالای محل ورود لوله ی عبور آلاینده مدل تکمیلی و آماده جهت شروع آزمایش

۳-۲- نحوه ی انجام آزمایش

پس از ساخت جعبه ی آزمایش و آماده کردن آن در این بخش به طور خلاصه به نحوه ی انتشار مهمترین آلاینده های هیدروکربنی سبک که در اصطلاح به آن LNAPL^۱، یا (سیال غیر محلول در آب و سبک تر از آب) می گویند، نسبت به زمان در دو بعد طولی (L) و ارتفاعی (D)، پرداخته ایم. مهمترین هیدروکربن های سبک و پر کاربرد شامل نفت، بنزین و گازوئیل می باشند، که بدلیل وسعت استفاده و پراکندگی آنها در سطح جهان و بدلایلی که قبلاً ذکر شد، به معضلی زیست محیطی تبدیل شده اند. در این تحقیق بنزین با سه دبی ورودی متفاوت به همراه سه نفوذپذیری متفاوت خاک مورد آزمایش قرار گرفته، که در مجموع نحوه ی انتشار آلاینده های هیدروکربنی نسبت به زمان در سه تراز (۰-۰)، ۱۰ و ۲۰ سانتیتر و همچنین در ارتفاع بر روی نه مدل متفاوت صورت پذیرفته است، که در این جا به اختصار تنها یک مدل ارائه گردیده است که به اختصار مراحل پخش و انتشار آلاینده در نمونه ی آزمایشگاهی در اشکال ۳-۶ تا ۳-۹ مشاهده می گردد. همچنین در این آزمایش از نوعی ماسه استفاده شده که در ادامه به خصوصیات مصالح در آزمایش اول و اشکال آزمایشگاهی و خروجی نرم افزار و مقایسه ی آنها به همدیگر پرداخته می شود. لازم به ذکر است بنزین به عنوان سوخت موتورهای احتراق داخلی و همچنین حلال کاربرد فراوانی دارد. محدوده ی هیدروکربن های آن C4-C9، است. مهمترین مشخصه آن عدد اکتان یا درجه آرام سوزی است. بنزین بر اساس عدد اکتان بطور کلی به دو نوع معمولی و سوپر تقسیم می شود. حداقل عدد اکتان برای بنزین معمولی و سوپر به ترتیب ۹۸ و ۹۵ RON می باشد. این محصول با فشار متناسب با فصول مختلف سال تولید می گردد. دانسیته آن حدود ۷۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب در دمای ۱۵/۶ درجه ی سانتیگراد می باشد، و در اکثر پالایشگاه های دنیا تولید و به بازار های هدف عرضه می شود.

جدول ۳-۱- پارامترهای مصالح مورد استفاده در اولین آزمایش

پارامتر	واحد	مقدار
چگالی آلاینده (بنزین)	کیلوگرم بر متر مکعب	۷۱۴
دبی ورودی آلاینده	متر مکعب بر ثانیه	۲ e-۶
تراکم خاک (ماسه)	کیلوگرم بر متر مکعب	۱۶۰۰
نفوذپذیری خاک (ماسه)	متر بر ثانیه	۰/۰۰۰۳

^۱ - Light Non-Aqueous Phase Liquid



شکل ۳-۶- مدل تکمیلی و آماده جهت شروع آزمایش



شکل ۳-۷- تصویری از شروع انجام آزمایش در دقایق اول



شکل ۳-۸- تصویری از نحوه ی انتشار آلاینده در ماسه در حین انجام آزمایش

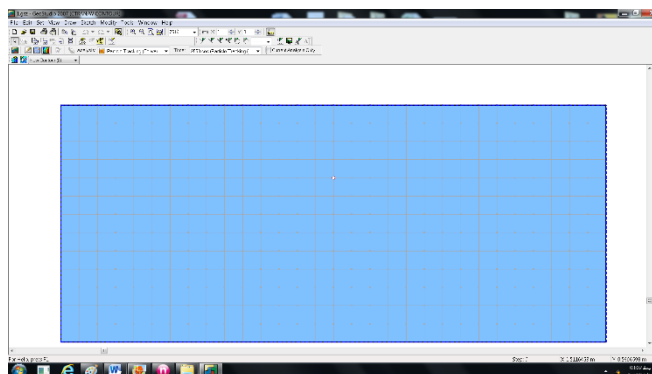


شکل ۳-۹- تصویری از نحوه ی انتشار آلاینده در ماسه در حین انجام آزمایش و در ساعات پایانی

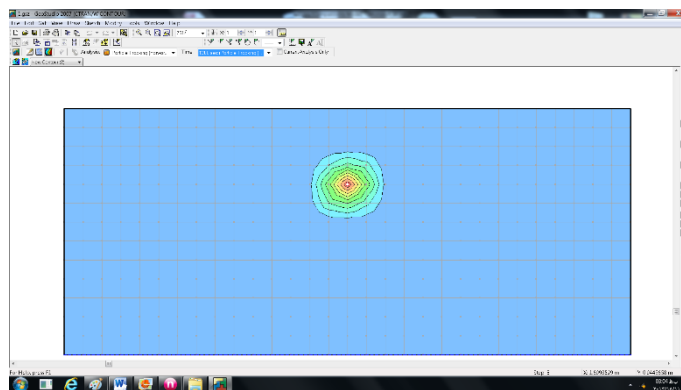
در شکل های ۳-۱۰، تا ۳-۱۴ به اختصار نحوه ی انتشار آلاینده ی بنزین با چگالی نسبی ۷۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب در ماسه ی سیلتی و با مشخصات و خصوصیات مصالح جدول ۳-۲ در زمان های صفر تا ۴۵۰۰۰، ثانیه پس از انتشار آلودگی که از خروجی نرم افزار پس از تحلیل بدست آمده مشاهده می گردد.

جدول ۳-۲- پارامترهای مبنای مصالح مورد استفاده در اولین مدل عددی با آلاینده بنزین

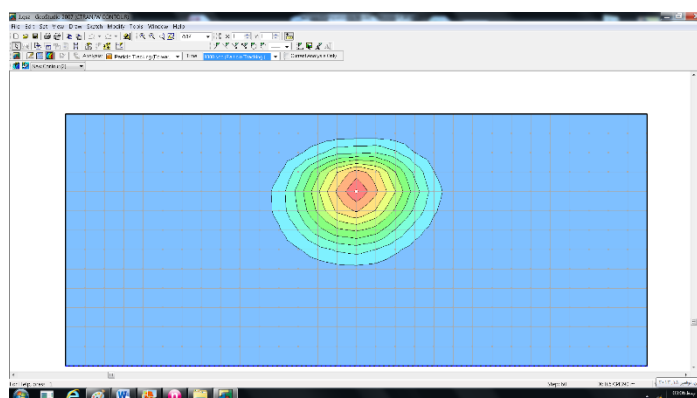
پارامتر	واحد	مقدار
تراکم خاک	کیلوگرم بر متر مکعب	۱۶۰۰
نفوذپذیری خاک	متر بر ثانیه	۰/۰۰۰۳۴
دبی ورودی جریان آلاینده	متر مکعب بر ثانیه	2×10^{-6}
ضریب پراکندگی طولی	متر	۰/۱۵
ضریب پراکندگی عرضی	متر	۰/۱
ضریب پخش (Diffusion)	متر مربع بر ثانیه	1×10^{-7}
بازه ی زمانی انتشار	ثانیه	۰ - ۱۲۰۰۰۰
ضریب انتشار قائم به افقی	متر	۰/۳۵
گالی نسبی آلاینده (بنزین)	کیلوگرم بر متر مکعب	۷۱۴



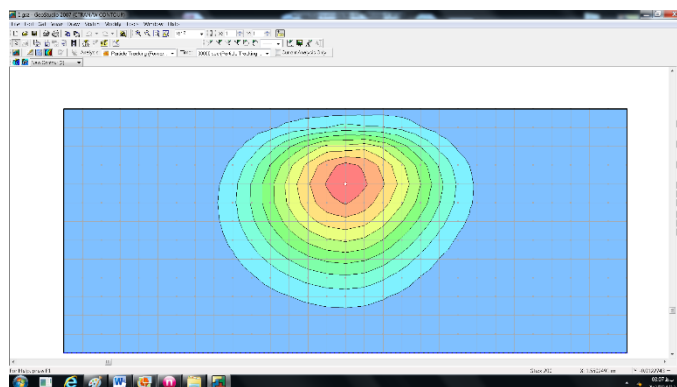
شکل ۳-۱۰- نمایی از نتایج نهایی تحلیلی مدل در زمان صفر قبل از انتشار آلودگی، در صفحه ی نرم افزار



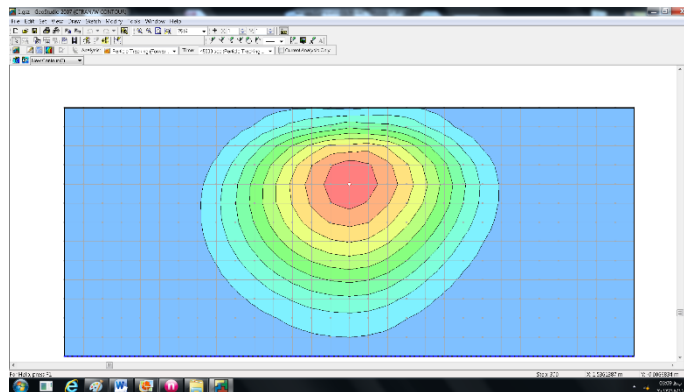
شکل ۳-۱۱- نمایی از نتایج نهایی تحلیل مدل در زمان ۱۲۰۰ ثانیه پس از انتشار آلودگی، در صفحه ی نرم افزار



شکل ۳-۱۲- نمایی از نتایج نهایی تحلیل مدل در زمان ۹۰۰۰ ثانیه پس از انتشار آلودگی، در صفحه ی نرم افزار



شکل ۳-۱۳- نمایی از نتایج نهایی تحلیل مدل در زمان ۳۰۰۰۰ ثانیه پس از انتشار آلودگی، در صفحه ی نرم افزار



شکل ۳-۱۴- نمایی از نتایج نهایی تحلیل مدل در زمان ۴۵۰۰۰ ثانیه پس از انتشار آلودگی، در صفحه ی نرم افزار

همانطور که ملاحظه می گردد پس از تحلیل نهایی نرم افزار و ارائه ی خروجی، میتوان نحوه ی انتشار آلودگی را در بازه ی زمانی مشخص شده و در زمان های دلخواه بر حسب ثانیه مشاهده و آن ها را مورد بررسی و با مدل آزمایشگاهی مورد مقایسه قرا داد.

۳-نتایج

۳-۱- مقدمه

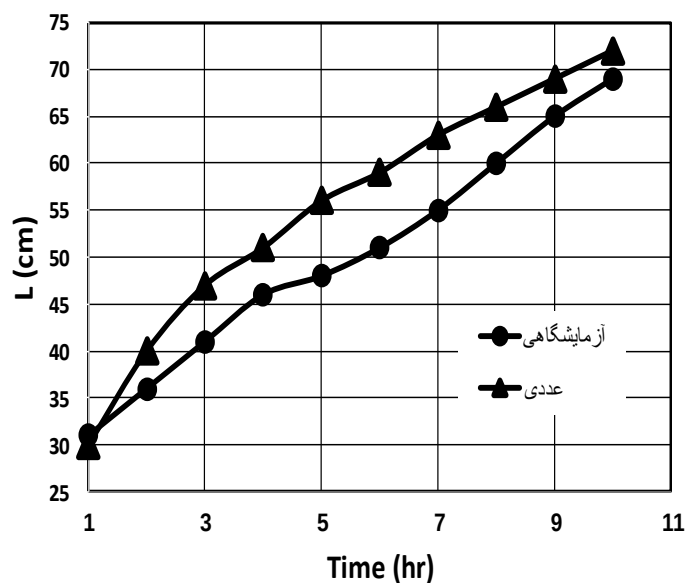
همانطور که قبلاً اشاره شد در محاسبات عددی نرم افزار، از آلاینده ی هیدروکربنی بنزین استفاده شده است، و نحوه ی انتشار آلاینده در زمان های مختلف، در ارتفاع و در سه تراز ۰-، ۱۰ cm، ۲۰ cm، جهت مقایسه با مدل آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۲- نمودارهای حاصل از نتایج

پس از مدلسازی های عددی و تحلیل های لازم توسط نرم افزار Ctran و خروجی های آن پس از ثبت پارامترهای دو بعد، طولی (L) و ارتفاعی (D)، در زمان های مختلف، جهت بررسی نتایج و مقایسه با نمودارهای آزمایشگاهی، نمودارهای مربوطه ترسیم گردیده است.

۳-۳- نتایج حاصل از انتشار آلاینده ی بنزین

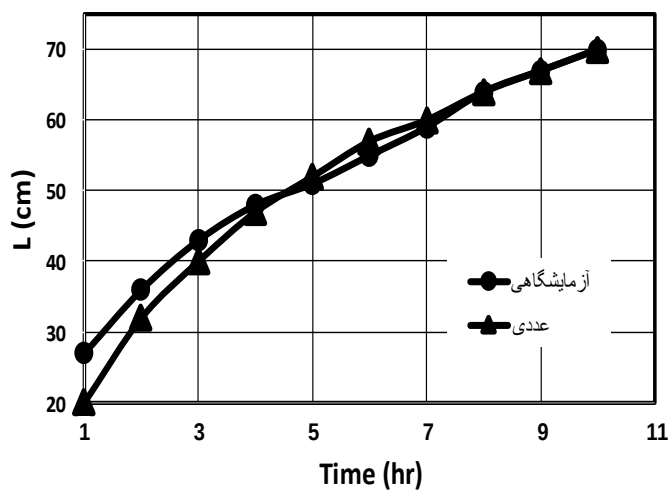
پس از انتشار آلاینده ی بنزین در خاک با خصوصیات مصالح ذکر شده در جداول، نتایج زیر حاصل گردیده است:
الف) نمودار حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی بنزین در خاک در تراز (۰-)، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۳-۱ و ۳-۳-



شکل ۴-۱- نمودار حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی نفتی در خاک در تراز (۰-۰) ، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۳-۱ و ۳-۲

ب) نمودار حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی بنزین در خاک در تراز (۱۰cm) ، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۳-۱ و ۳-۲

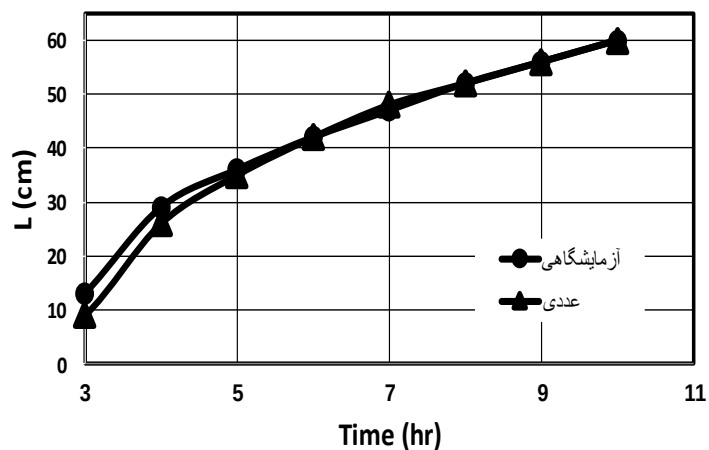
۲-۳



شکل ۴-۲- نمودار حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی نفتی در خاک در تراز (۱۰cm) ، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۳-۱ و ۳-۲

ج) نمودار حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی بنزین در خاک در تراز (۲۰cm) ، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۳-۱ و ۳-۲

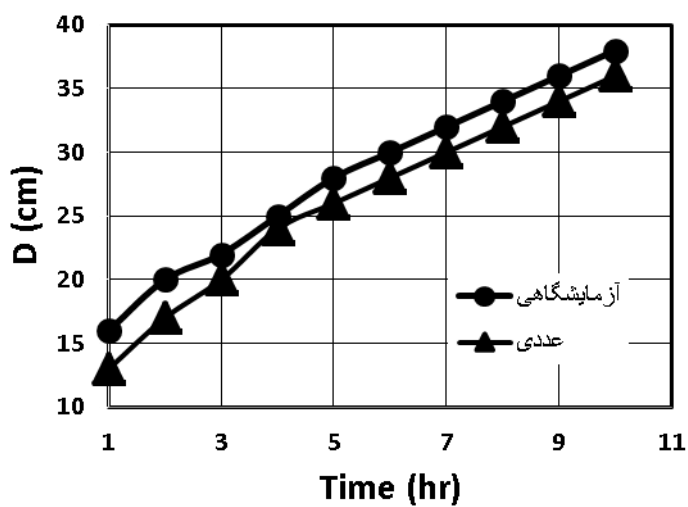
۲-۳



شکل ۳-۴- نمودار حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی نفتی در خاک در تراز (۲۰cm)، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۱-۳ و ۲-۳

د (نمودار حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی بنزین در خاک در ارتفاع (D)، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۱-۳ و ۲-۳

۲:



شکل ۴-۴- نمودار حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی نفتی در خاک در ارتفاع (D)، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۱-۳ و ۲-۳

نتیجه گیری

بر اساس نمودارهای حاصل و مطالعات انجام شده، مهمترین نتایج بدست آمده از تحقیقات فوق حاصل از انتشار آلاینده بنزین بر روی مدل عددی و آزمایشگاهی در عمق (ارتفاع)، در سه مدل به شرح زیر می باشد:

الف) مقایسه براساس نمودار دو مدل عددی و آزمایشگاهی، حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی بنزین در خاک در تراز (۰-۰)، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۱-۳ و ۲-۳: سرعت انتشار آلاینده در یک ساعت اول در هر دو مدل عددی و آزمایشگاهی برابر است، ولی در ادامه تا ساعت دهم سرعت انتشار در مدل عددی بیشتر است، ولی در هر دو مدل سرعت انتشار بصورت یکنواخت است، اما با افزایش زمان، سرعت انتشار در هر دو مدل بهم نزدیک و نزدیکتر می شود تا حدی که تقریباً بر روی هم منطبق شوند.

ب) مقایسه براساس نمودار دو مدل عددی و آزمایشگاهی، حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی بنزین در خاک در تراز (۱۰cm)، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۱-۳ و ۲-۳: در هفت ساعت اول ابتدا سرعت انتشار آلاینده در مدل آزمایشگاهی کمی بیشتر از مدل عددی است ولی در ادامه بعد از ساعت هفتم، نمودار هر دو مدل بر روی هم منطبق شده و سرعت انتشار آلاینده در هر دو مدل برابر شده و با سرعتی یکنواخت به جلو می روند.

ج) مقایسه براساس نمودار دو مدل عددی و آزمایشگاهی، حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی بنزین در خاک در تراز (۲۰cm)، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۱-۳ و ۲-۳: در پنج ساعت اول سرعت انتشار آلاینده در دو مدل عددی و آزمایشگاهی بسیار نزدیک بهم می باشد و از ابتدای ساعت پنجم نمودار هر دو مدل بر روی هم قرار گرفته و سرعت انتشار آلاینده در هر دو مدل عددی و آزمایشگاهی تقریباً با هم برابر می شوند.

د) مقایسه براساس نمودار مدل عددی و آزمایشگاهی، حاصل از نتایج انتشار آلاینده ی بنزین در خاک در ارتفاع (D)، بر اساس خصوصیات مدل جدول ۱-۳ و ۲-۳: سرعت انتشار آلاینده در مدل آزمایشگاهی، در مدت زمان تعیین شده نسبت به مدل عددی، کمی بیشتر است ولی سرعت انتشار آلاینده در هر دو مدل آزمایشگاهی و عددی با یک نسبت و تقریباً بصورت ثابت و یکنواخت می باشد.

منابع و مراجع

- [1] Waarden, V. D, Fiegel, D. H, Ehrlich, R. L, Transport of mineral oil to groundwater , journal of water research 5(5) 213 226, 1971.
- [2] Alfossail, K. Ali, factors affecting residual wetting phase saturation , Ph.D. Dissertation, University of southern California, USA, 1986 .
- [3] Hunt, j. R, Sittar, N, Udell, K. S, Non-aqueous phase liquid transport and cleanup , journal of Water resource research, 24 (8) 1259 1269, 1988.
- [4] Johnson, R. L and Kreamer, D.K, Physical and mathematical modeling of diesel fuel and vapor movement in porous media , journal of groundwater research, 32 (4) 551 569, 1994.
- [۵] گیتی پور ، سعید ، نبی بید هندی ، غلامرضا ، گرجی ، محمد امین ، "آلودگی خاک های پالایشگاه جنوب تهران در اثر ترکیبات نفتی "، مجله محیط شناسی ، شماره ۳۴ ، صفحه ۳۹-۴۵ ، ۱۳۸۱.
- [6] Lee , J . Y , Cheon , J . Y, Lee , K. K , Lee , S. Y, Lee , M. H , Factors affecting the distribution of hydrocarbon contaminants and hydrogeochemical parameters in a shallow sand aquifer , Journal of Contaminant Hydrology , (50) , 139 158 , 2001.
- [7] Kamon , M , K , Junichi , Inui , T , Katsumi , T , Two-dimensional DNAPL migration affected by groundwater flow in unconfined aquifer , Journal of Hazardous Materials , 110 , 1 12 , 2004.
- [۸] ترکمنی ، سارا ، شایگان ، جلال الدین ، " بررسی نحوه ی پراکنش و نشت مواد نفتی به خاک و آبهای زیر زمینی " ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده مهندسی شیمی و نفت ، دانشگاه صنعتی شریف ، ۱۳۸۴.
- [۹] احتشامی ، مجید ، احمدنیا ، رامین ، " مدل سازی نشت هیدرو کربن های نفتی در منابع خاک آب های زیرزمینی " ، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست ، شماره ۲۹ ، ۴۷-۵۷ ، ۱۳۸۵.