علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره سیزدهم، شماره سه، پاییز ۹۰

بررسی گسترش و تخمین مقدار نفت در لایه های زیرسطحی پالایشگاه آبادان

سید رضا شادی زاده[۱]

منصور زویداویان پور[۲*]

Mzoveidavian@put.ac.ir

محسن متوسل[۳]

تاریخ دریافت:۸۷/۴/۸ **تاریخ پذیرش:۸۷/۷/۳۰**

چکیده

آگاهی از گسترش و تخمین مواد نفتی نشت شده در پالایشگاه ها از مهم ترین اطلاعاتی است که در مطالعات زیست محیطی به منظور مقابله با آلودگی های محیط های آبی و خاکی می بایست در دسترس محققان باشد. به دلیل نشت مواد نفتی و فرآورده های آن از لوله ها و مخازن روزمینی پالایشگاه آبادان در طول جنگ تحمیلی و فرسودگی سیستم های ذخیره، انتقال و پالایش نفت به دلیل قدمت این واحد صنعتی، ضرورت بررسی و انجام مطالعات جهت شناسایی گسترش و مقدار آلودگی نفتی امری مهم به نظر می رسد. در همین راستا طرح گسترده ای جهت تخمین و ارزیابی مقدار نفت نفوذ کرده به لایه های زیرسطحی در پالایشگاه آبادان اجرا شد. در ابتدا موقعیت سنجی حفر ۲۰ گمانه از نظر نشت مواد نفتی در زمان جنگ و بعد از آن امکان سنجی و انجام گرفت. بعد از عملیات حفاری جهت بررسی گسترش آلودگی نفتی، جنس رسوبات لایه های زیرسطحی مشخص گردید. سپس درصد اشباع مغزه ها به مـــواد نفتی، تخلخل و تراکم لایه های زیرسطحی اندازه گیری شد و در نهایت میزان نفت در لایه های زیرسطحی محاسبه گردید.

واژه های کلیدی: محیط زیست، آلودگی نفتی خاک، لایه های زیرسطحی، پالایشگاه آبادان.

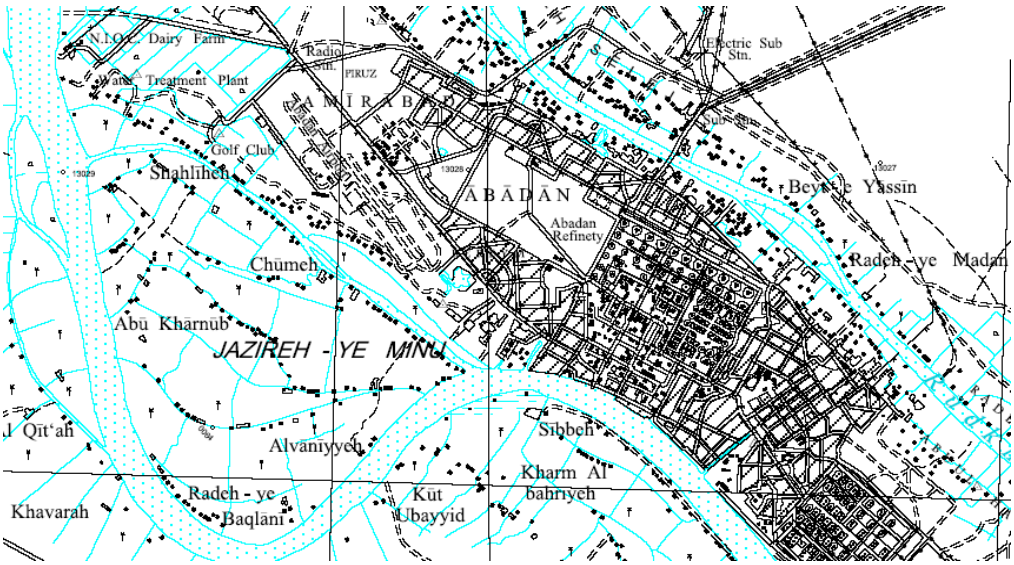
۱- عضو هیات علمی دانشگاه صنعت نفت- دانشکده مهندسی نفت آبادان

۲- دستیار پژوهشی دانشگاه صنعت نفت- دانشکده مهندسی نفت آبادان* (مسئول مکاتبات)

۳- عضو هیات علمی دانشگاه صنعت نقت- دانشکده مهندسی نفت آبادان

مقدمه

آلودگی به واسطه جذب شدن نفت خام به ذرات خاک، اثرات زیانباری بر اکوسیستم خاک دارد که باعث افزایش میزان کربن آلی می گردد و در نتیجه کاهش نیتروژن و فسفات خاک را در پی خواهد داشت (۲-۱). آلودگی نفتی در خاک اثر قابل ملاحظه ای در کاهش رشد و نمو گیاهان نیز دارد(۳). بعد از مدت کوتاهی از آلودگی خاک، بیشتر گیاهان برگ های خود را از دست می دهند و قابلیت زیست ریشه های آن ها کم تر شده و در نهایت از بین می روند(۸-۴). کاهش حالت خمیری (plasticity)، تورم(swelling)، انقباض (shrinkage)، چگالی حجمی و حقیقی(bulk and particle density)، پارامترهای استحکام (strength parameters) و افزایش تراکم پذیری (compressibility) و تغییرات در توزیع اندازه ذرات و تخلخل، از اثرات آلودگی رس به مواد نفتی می باشد(۹). در هر سال بین ۲۰ تا ۳۴۰ میلیون گالـن نفت در کـــره زمیـــن منتشر می گردد که بیشترین انتشارها ناشی از تانکرها، سیستم های لوله کشی، تسهیلات ساحلی و نفت کش ها است. جنگ ها و حوادث نیز سهم زیادی از علل انتشار را بـــه خـــود اختصاص می دهند (۱۰). احتشامی، نشت مواد نفتی از پالایشگاه تهران در نزدیکی یکی از روستاهای توابع تهران را بررسی کرد که در آن میزان نشت مواد نفتی در اعماق مختلف را بر حسب روز بیان نمود(۱۱). پالایشگاه آبادان نخستین واحد تصفیه نفت ایران است که در سال ۱۲۹۱ شمسی در آبادان راه اندازی گردید. این پالایشگاه ملقب به بزرگترین پالایشگاه جهان تا قبل از مهرماه ۱۳۵۹ دارای ظرفیت تولیدی حدود ۶۳۰ هزار بشکه در روز بوده است. در زمان جنگ تحمیلی، تمامی مخازن ذخیره و واحدهای عملیاتی تصفیه نفت به همراه کل سیستم های لوله کشی در تیررس حملات دشمن قرار گرفت و به کلی تخریب گردید و تمامی نفت و فرآورده های نفتی طعمه حریق و تبخیر شد و یا به زمین نفوذ کرد. پالایشگاه آبادان هم اکنون با ظرفیت بیش از ۴۰۰ هزار بشکه در روز فرآورده های گاز مایع، بنزین موتور، نفت سفید، نفت گاز، سوخت جت، نفت کوره، گوگرد، گاز و نفتا، انـواع حلال های نفتی، ماده اولیه کارخانه های روغن سازی و قیر را تولید می کند(۱۲). نشت مواد نفتی و فرآورده های آن از لوله ها و مخازن رو زمینی پالایشگاه آبادان در طول جنگ تحمیلی از یک سو و فرسودگی سیستم های ذخیره، انتقال و پالایش نفت به دلیل قدمت این واحد صنعتی از سوی دیگر، سبب تعریف طرحی جهت بررسی گسترش و تخمین مقدار نفت موجود در لایه های زیرسطحی پالایشگاه آبادان گردید. واقع شدن این پالایشگاه در شهر آبادان بین دو رودخانه بهمنشیر و اروندرود و نیز استقرار در جوار مناطق مسکونی اهمیت شناخت گسترش آلودگی و تخمین مقدار نفت در لایه های زیر سطحی را نشان می دهد. شکل ۱ نقشه زمین شناسی آبادان و موقعیت پالایشگاه را در شهر آبادان نشان می دهد. شکل ۲ عکس هوایی پالایشگاه آبادان را نشان می دهد که وضعیت و شمای گسترش گمانه های حفاری شده در این طرح مشخص شده است. شکل ۳ نیز یکی از مخازن روزمینی ذخیره نفت تخریب شده در دوران جنگ تحمیلی را نشان می دهد.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی آبادان با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ که موقعیت پالایشگاه آبادان را نشان می دهد (۱۳).

شکل ۲- عکس هوایی وضعیت و شمای گسترش گمانه های حفاری شده در پالایشگاه آبادان.

شکل ۳- یکی از مخازن روزمینی تخریب شده در زمان جنگ تحمیلی در پالایشگاه آبادان.

این مقاله حاصل انجام طرحی است که برای اولین بار در سطح کل پالایشگاه آبادان اجرا گردیده است. طرح های متعددی با منظور شناسایی لایه های زیرسطحی در شهر آبادان و محدوده پالایشگاه جهت ساخت واحدهای تصفیه نفت در گذشته انجام گرفته است ولی در هیچ طرحی مقدار آلودگی نفتی محاسبه نشده است.

در طرح مکانیک خاک و پی نیروگاه آبادان، تعداد ۱۲ گمانه تا عمق ۴۰ متری حفاری گردید که جنس خاک زیرسطحی اغلب رس و سیلت و ماسه گزارش شده است(۱۴). در مطالعه پساب پالایشگاه آبادان تعداد ۲ گمانه تا عمق ۲۴ متری حفاری گردید که در آن وجود رس و در بعضی مقاطع ماسه به صورت رگه عدسی دیده شده بود (۱۵). در طرح بازسازی پالایشگاه آبادان تعداد ۸ گمانه تا عمق ۱۳/۵ متری حفاری گردید که جنس خاک اغلب رس و سیلت بوده و ماسه نیز در آن ها مشاهده شده است و نتایج حاکی از آغشتگی خاک از عمق ۷۵ سانتی متری تا ۱/۵متری به نفت بوده است(۱۶). در طرح ساختگاه محوطه تقطیر پالایشگاه آبادان، تعداد ۴ گمانه تا عمق ۳۰ متر حفاری گردید که صرفا داده های خصوصیات فیزیکی نمونه ها آنالیز شد (۱۷) .

در این مقاله در ابتدا مختصری در مورد زمین شناسی منطقه آبادان بحث می شود. سپس انتخاب محل مناسب جهت حفر گمانه ها که یکی از کلیدی ترین مراحل این طرح می باشد، نشان داده شـــده است. روش هـــای بررســـی و مغزه گیری از خاک با استفاده از ابزار مخصوص و همچنین نگه داری و انتقال مغزه ها با استفاده از استانداردهای جهانی در این مقاله آمده است. تقسیم بندی نمونه های خاک زیرسطحی پالایشگاه به همراه نمایش مقطع لایه ها و درصد اشباع نفت، شمای دو بعدی و سه بعدی لایه های خاک و نیز شمای سه بعدی لایه های زیرسطحی آغشته به نفت نشان داده شده است. پس از ارایه روش های آزمایش، تخمین میزان نفت موجود و گسترش آن در لایه های زیرسطحی پالایشگاه آبادان ارایه شده است.

زمین شناسی آبادان

مهم ترین رسوبات دلتایی در ساحل خلیج فارس، در دهانهٔ اروند رود به وجود آمده است. تمام مناطق باتلاقی این ناحیه را باید رسوبات دلتایی عهد حاضر در نظر گرفت. دلتای آبادان که شهر آبادان بر روی آن بنا شده، از تجمع رسوبات در دهانهٔ این رودخانه به وجود آمده و جزیـــره مینـــو یکی از مثلث های کوچک این دلتا است(۱۸). آبرفت های رودخانه ای معمولاً دارای لایه بندی و بسیار متغیرند. در بین لایه ها، لایه ها یا عدسی های با دانه بندی متفاوت یافت می شود. نفوذپذیری این رسوبات در جهت افقی به مراتب بیش از سمت قائم است. آبرفت های رسی معمولاً نرم اند و ماسه ها حالتی سست دارند و یا این که از تراکم متوسطی برخوردارند(۱۹). هانت در سال ۱۹۸۴ در طبقه بندی خاک ها بر مبنای منشأ و

محل تشکیل، یکی از نمونه های رسوبات آبرفتی را رسوبات دلتایی نامید. محل تشکیل رسوبات دلتایی یا Estuarine را دلتا یا خلیج دهانه ای (estuary) معرفی نمـــود و مشخصات آن ها را متغیر، سست، عمدتاً ریز دانـــه که به تدریج به درشت دانه تبدیل می شوند. در محل ورود آب به دریا، مسیر جریان رود ممکن است به طور متناوب معکوس گردد. این عمل ممکن است بر اثر طغیان رود یا جزر و مد باشد. در بخش های انتهایی رود و در محل برخورد آن به دریا معمولاً رسوبات دانه ریز بر جای گذارده می شود. حجم این رسوبات باید به اندازه ای باشد که جزر و مد، امواج یا جریان های دریایی قادر به حمل و پراکندن آن ها نباشند. عامل مهم دیگر وجود محیط آرام و کم انرژی است. در چنین نقاطی انباشته شدن تدریجی رسوبات و پیش روی آن به سمت دریا دلتا را به وجود می آورد. رسوبات دلتایی که در سواحل دریاها درست می شوند، معمولاً مخلوطی از ماسه دانه ریزدانه، رس و سیلت می باشند(۱۹). به طور کلی طبق نقشه های زمین شناسی شرکت ملی نفت ایران، آبادان منطقه ای پست و مسطح و کاملاً پوشیده از رسوبات آبرفتی شامل رسوبات دانه ریز رسی، سیلتی و ماسه ای می باشد. در زیر این رسوبات که دارای ضخامتی در حدود ۱۰ تا ۵۰ متر هستند، رسوبات چین نخورده زمین شناسی مربوط به سازند آغاجاری قرار دارد.

روش تحقیق

۱- انتخاب موقعیت گمانه ها

برای انتخاب موقعیت گمانه ها موارد زیر مورد نظر قرار گرفته است: ۱- مشخص نمودن کلیه مکان هایی که تا قبل از جنگ تحمیلی در آن ها واحدهای عملیاتی، مخازن ذخیره نفت و فرآورده های آن در سرویس قرار داشتند. ۲- مشخص نمودن کلیه مکان هایی که در زمان انجام طرح، واحدهای عملیاتی و مخازن ذخیره ای آن ها در سرویس بودند. ۳- مشخص نمودن کلیه خطوط لوله ای که قبل از جنگ تحمیلی در سرویس بوده ولی در حال حاضر در سرویس نمی باشند. ۴- مشخص نمودن کلیه مکان هایی که پرسنـــل پالایشگاه در زمان های مختلف عملیاتی شاهد نشت مواد نفتی بوده اند. ۵- گسترش سطحی که بتوان کلیه تانکفارم پالایشگاه را جهت انجام مطالعه پوشش داد.

پس از انجام مطالعات اولیه و بررسی ها و اندازه گیری های انجام یافته در سطح پالایشگاه، موقعیت تقریبی گمانه ها تعیین گردید و سپس با تطبیق نتایج این مطالعات اولیه با نقشه های موجود، موقعیت دقیق این گمانه ها به کمک دستگاه GPS و نقشه برداری های سطح الارضی مشخص گردید. در شکل ۲ نقشه پالایشگاه به همراه وضعیت و شمای قرار گرفتن گمانه ها نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشخص شده است، گمانه ها و موقعیت قرارگیری آن ها به گونه ای انتخاب شده است که حداکثر پراکندگی را از جهت بررسی دقیق تر لایه های زمین فراهم آورند. جدول ۱ موقعیت این گمانه ها را نشان می دهد.

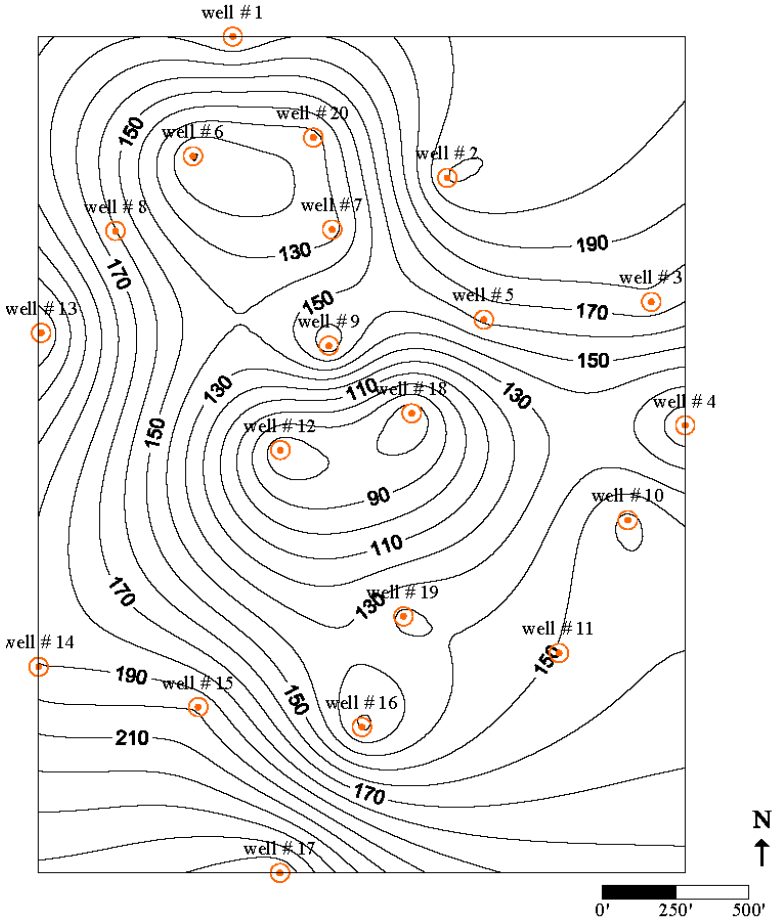
جدول ۱- موقعیت قرارگیری گمانه های حفاری شده در پالایشگاه آبادان.

شماره چاه	Easting	Northing
1	238105.05	3362009.61
2	238837.48	3361518.72
3	239562.67	3361083.36
4	239649.79	3360595.30
5	238962.13	3361026.37
6	237969.18	3361594.12
7	238444.27	3361339.40
8	237704.23	3361334.27
9	238433.24	3360935.72
10	239453.92	3360329.95
11	239219.01	3359868.40
12	238267.58	3360573.35
13	237540.56	3360980.51
14	237441.82	3359820.30
15	237986.89	3359680.56
16	238545.96	3359611.31
17	238266.24	3359104.74
18	238715.91	3360701.00
19	238687.74	3359995.88
20	238379.93	3361658.90

۲- مشخص نمودن ارتفاع زمین

برای مشخص نمودن ارتفاع سطح زمین در هر یک از گمانه ها نسبت به یکدیگر و نسبت به سطح آزاد دریا، تعیین دقیق تفاوت در سطوح آب در گمانه ها و شیب زمین، عملیات نقشه برداری انجام گرفت. در نقشه برداری های انجام یافته،

مقدار ارتفاع سطح زمین هر یک از گمانه ها اندازه گیری شد. به منظور تعیین دقیق ارتفاع هر یک از سطوح نسبت به سطح آزاد دریا، کلیه اندازه گیری ها سپس توسط نقطه ای مشخص Bench Mark در پالایشگاه نرمالیزه شدند. شکل ۴ منحنی میزان ارتفاع سطح زمین محوطه پالایشگاه را به همراه محل گمانه ها نشان می دهد.



شکل ۴- کانتور ارتفاع سطح زمین نسبت به سطح دریا در محوطه پالایشگاه آبادان(بر حسب سانتی متر).

۳-حفاری و مغزه گیری و انتقال به آزمایشگاه

عملیات حفاری نیز یکی از مهم ترین مراحل طرح بوده است که با توجه به شرایط در حال کار پالایشگاه، دستگاه های موجود و محل انتخاب شده جهت حفاری، مناسب ترین وسیله حفاری که دارای قابلیت مانور بالا در سطح پالایشگاه باشد طراحی گردید. روش نمونه گیری آشفته یا Disturbed Sampling نیز جهت این کار انتخاب شد. این روش با استفاده از ابزار و وسایلی انجام می گردد که بافت کلی (Macro Structure) خاک را تخریب نموده ولی ترکیب کانی شناسی خاک را دگرگون نمی نماید. روش مزبور معمولاً جهت مشخص نمودن نوع خاک، تقسیم بندی، یکنواختی، چگالی، لایه بندی و وجود آلودگی مورد استفاده قرار می گیرد (۲۰).

حفر گمانه ها و کلیه عملیات آنالیز و بررسی مغزه های تهیه شده بر اساس استانداردهای ارایه شده در جدول ۲ می باشند.

جدول ۲- استانداردهای مورد استفاده در مراحل تحقیق، حفاری و نمونه برداری.

موضوع	استاندارد استفاده شده
بررسی، تحقیق و مغزه گیری از خاک	ASTM C294
نمونه گیری از خاک با استفاده از Split-Barrel	ASTM D1586
نگهداری و انتقال مغزه های خاک	ASTM D4220

شکل های ۵ تا ۱۰ مراحل مغزه گیری، اندازه گیری، بسته بندی، برچسب زنی و انتقال آن ها جهت انجام مطالعات مربوط را نشان می دهند.

شکل ۵- حفاری در مناطق دلخواه یکی از ویژگی های مهم دستگاه حفاری طراحی شده است.

شکل ۶- خارج نمودن مغزه گیر از چاه و باز نمودن آن جهت عملیات بعدی.

شکل ۷- محاسبه طول مغزه پس از خروج از مغزه گیر.

شکل ۸- عملیات بسته بندی مغزه.

شکل ۹- نصب برچسب بعد از بسته بندی مغزه.

۴- روش های آزمایش

۴-۱- اندازه گیری اشباع نفت

استاندارد:

EPA (1983، Method 413.3)

اشباع نفت در مغزه های حاصل از حفاری گمانه ای در این طرح با استفاده از دستگاه Retort انجام گردید.

۴-۲- اندازه گیری تخلخل و تراکم

از استاندارد API RP40 جهت اندازه گیری تخلخل و از استاندارد ASTM D3550 جهت اندازه گیری تراکم مغزه های حاصل از حفاری استفاده گردید.

۴-۳- اندازه گیری نفوذپدیری

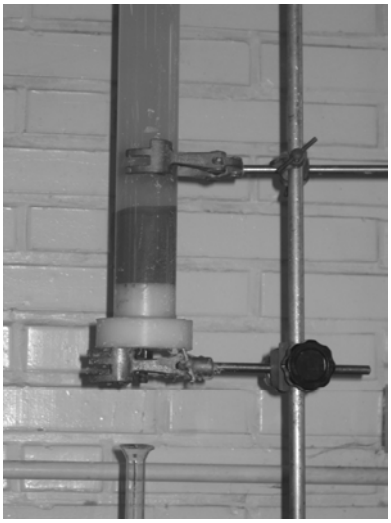
جهت اندازه گیری نفوذپذیری از ابزار دارسی یا Darcy Tool استفاده گردید. این ابزار متشکل از یک لوله شیشه ای به طول ۲۷/۴ سانتی متر و شعاع ۴/۶۵ سانتی متر و یک مجرای تفلونی تعبیه شده در زیر ابزار می باشد که یک سوراخ در وسط آن تعبیه شده است (شکل ۱۰). یک استوانه مقیاس دار در زیر این ابزار جهت جمع آوری آب و یک گیره جهت نصب ابزار نیز از اجزای تشکیل دهنده این ابزار می باشد. این ابزار جهت اندازه گیری نفوذپذیری مغزه های گرفته شده در حین حفاری در مکان های گمانه ها در این طرح ساخته شده است. روش کار بدین صورت است که پس از نصب عمودی ابزار، خاک درون آن ریخته می شود. بعد از آن نمونه آب گرفته شده از چاه های آبی مشاهده ای درون لوله شیشه ای ریخته می شود و استوانه مقیاس دار را زیر ابزار قرار می دهیم. بعد از ۳ تا ۴ ساعت این آب از خلال ابزار عبور می نماید. وقتی جریان یکنواخت گردید، اندازه گیری آغاز می شود و زمان برای هر یک میلی متر اندازه گیری می شود و مقدار ۱۰ داده برای هر مغزه اندازه گیری می گرد. سپس یک منحنی شامل حجم برحسب زمان پلات می گردد. از شیب این منحنی مقدار دبی جریان محاسبه می شود. این مقدار دبی جریان یا Q سپس در معادله دارسی جهت محاسبه نفوذپذیری مورد استفاده قرار می گیرد.

$$K = \frac{Q\mu L}{A\Delta P}$$ رابطه ۱

در این رابطه K نفوذپذیری، Q دبی جریان، μ گرانروی، L طول نمونه خاک، A سطح مقطع نمونه خاک، ΔP تغییرات فشار ورودی و خروجی دستگاه می باشد که از رابطه ۲ محاسبه می گردد.

$$\Delta P = \rho gh.$$ رابطه ۲

گرانروی مربوط به آب نمک نیز با استفاده از فانل ویسکومتر اندازه گیری گردید.



شکل ۱۰- ابزار اندازه گیری نفوذپذیری دارسی.

۵- تعیین واحدهای مختلف جهت خاک

جدول ۳واحدهای تعیین شده جهت بررسی گسترش لایه های خاک را نشان می دهد.

جدول ۳- واحدهای تعیین شده برای بررسی گسترش لایه های خاک.

Layer Type	Subdivision	Nomenclature
Clay		
Clay	Gray	C-1
Clay	Gray to Brown	C-2
Clay	Dark Gray	C-3
Clay	Light gray	C-4
Clay	Brown	C-5
Clay	Brown to gray	C-6
Clayed Silt with sand		
Clayed Silt with sand	Gray	CSS-1
Clayed Silt with sand	Dark Gray	CSS-2
Clayed Silt with sand	Brown	CSS-3
Clayed Silt with sand	Brown to Gray	CSS-4
Clayed Silt		
Clayed Silt	Light Gray	CS-1
Clayed Silt	Gray to Brown	CS-2
Clayed Silt	Light Brown	CS-3
Clayed Silt	Brown to Gray	CS-4

۶- نرم افزارهای به کار رفته و نحوه تعیین مقدار نفت

جهت تهیه کانتورهای مختلف از قبیل تخلخل، نفوذپذیری و تراکم، میانگین اشباع نفت و کانتور ارتفاع سطح زمین نسبت به سطح دریا از نرم افزار Surfer 7 استفاده گردید.

رسم Strip Log ها، شمای لایه های زیرسطحی آغشته به نفت، نقشه الگوی گسترش لایه های زیرسطحی به واسطه نرم افزار Rockware انجام گرفت.

مبنای محاسبه نفت درجای موجود در لایه های زیرسطحی پالایشگاه آبادان، روش حجمی(Volumetric) بوده است. متغیرهای ورودی نیز محاسبه حجم بین دانه ای (Pore Volume) و نیز به دست آوردن اشباع آب از رابطه ۳ می باشد:

$$So+Sw=1 \qquad \text{رابطه ۳}$$

با به دست آوردن اشباع نفت که میانگین ضخامت هایی است که نفت در آن ها مشاهده شده است، مقدار اشباع آب ۴۸٪ به دست می آید. میزان تخلخل به طور میانگین ۵۴٪ محاسبه شده است. در این حالت می توان مقدار نفت موجود را از رابطه ۴ محاسبه نمود:

$$7758*A*h*\phi*(1-Sw) \qquad \text{رابطه ۴}$$

که در این جا

A= area extent، acres

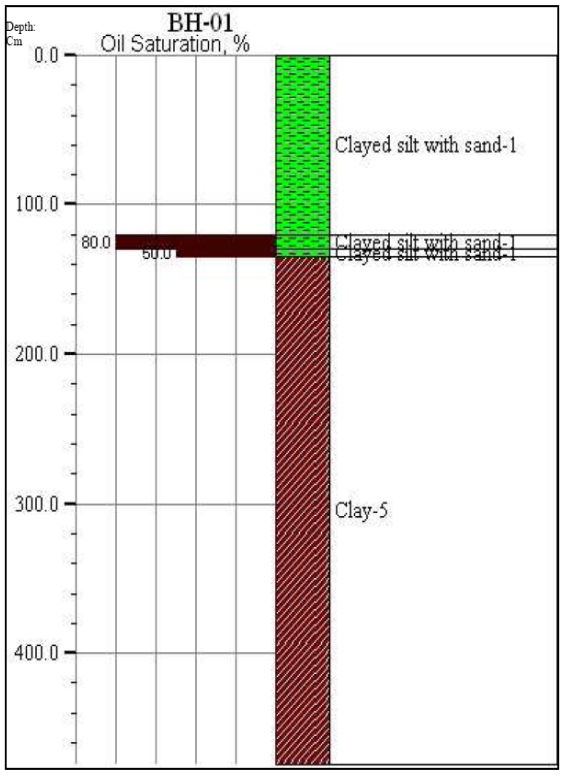
h= thickness، ft

ϕ= porosity، fraction

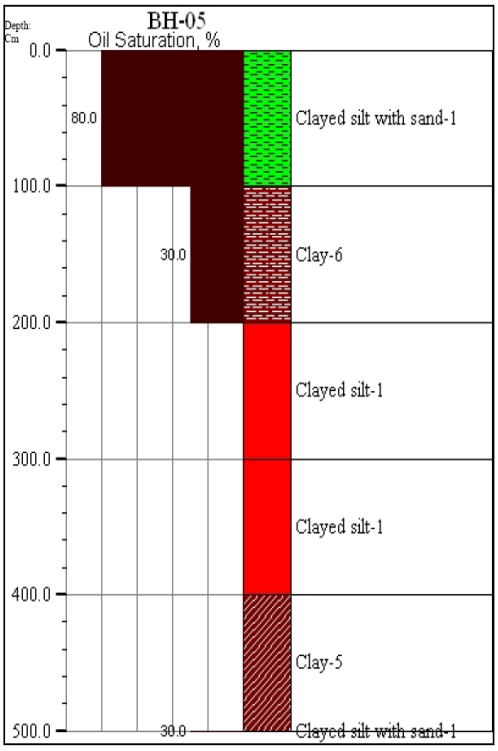
نتایج و بحث

۱- شناسایی و تعیین شمای گسترش لایه های زمین

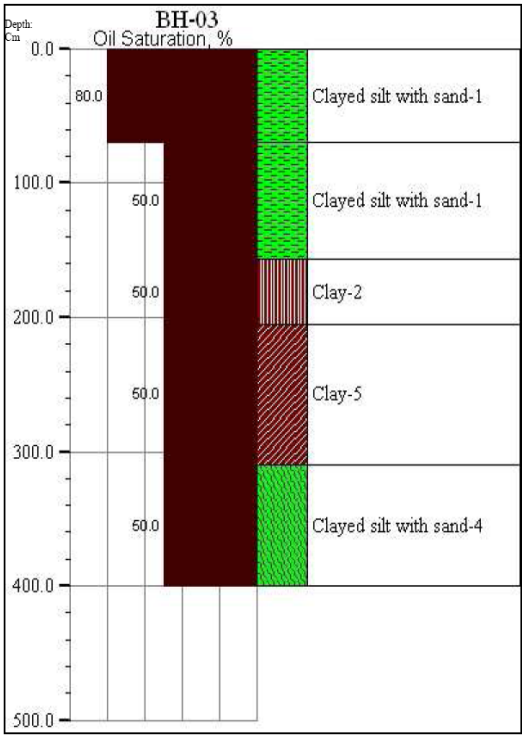
همان گونه که در شکل های Strip log شماره ۱۱ تا ۱۹ نشان داده شده است، سمت چپ این شکل ها (محورy)، عمق را بر حسب سانتی متر نشان می دهد. اشباع نفت نیز در محور x نشان داده شده است. جنس لایه های چاه و توصیف آن نیز نشان داده شده است. شایان ذکر است که واحدهای مربوط نیز طبق جدول ۳ جهت لایه های زیرسطحی مشخص شده است.



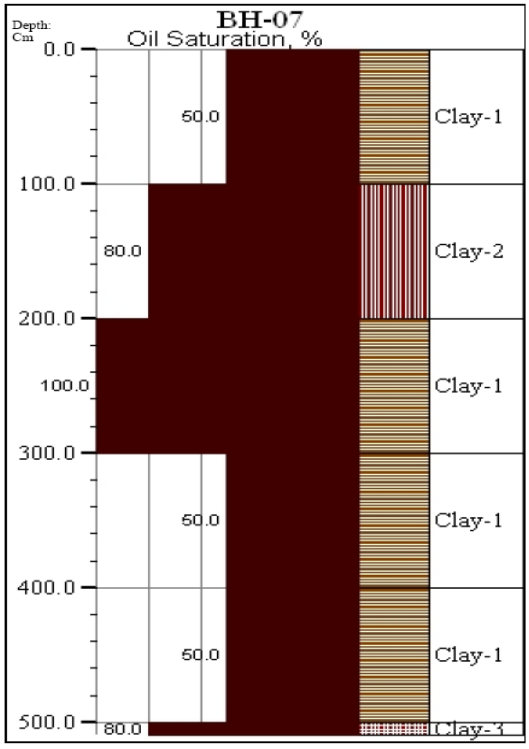
شکل ۱۱- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۱.



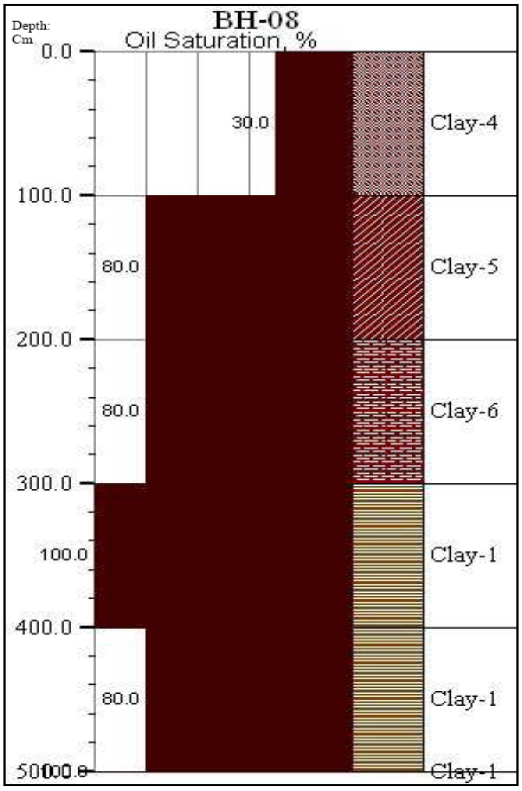
شکل ۱۳- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۵.



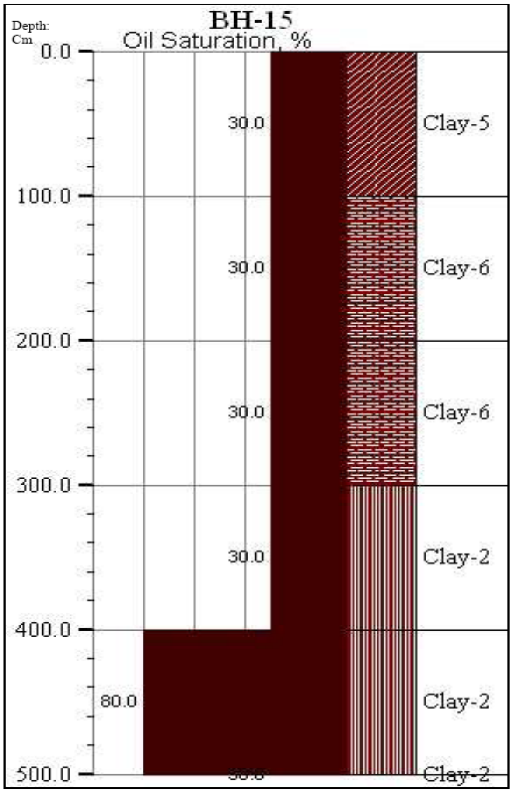
شکل ۱۲- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۳.



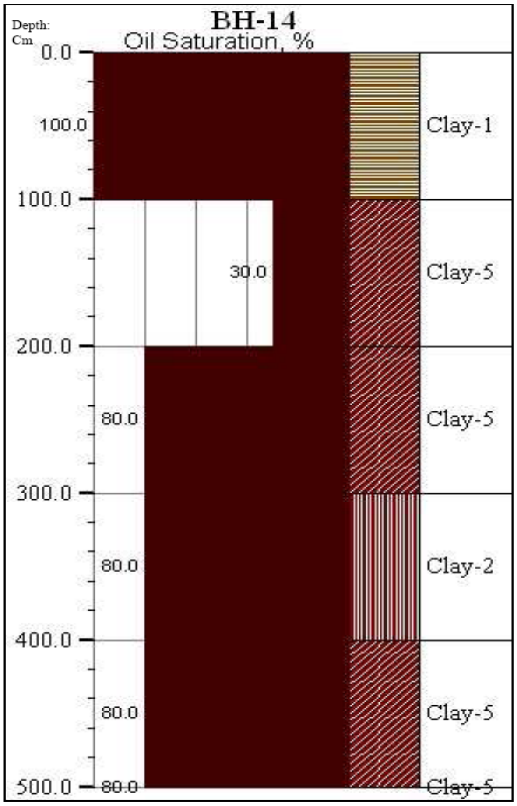
شکل ۱۴- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۷.



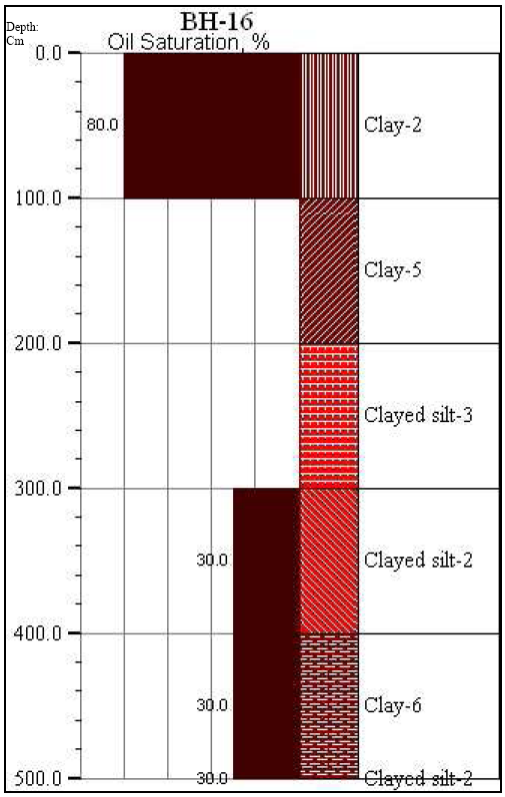
شکل ۱۵- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۸.



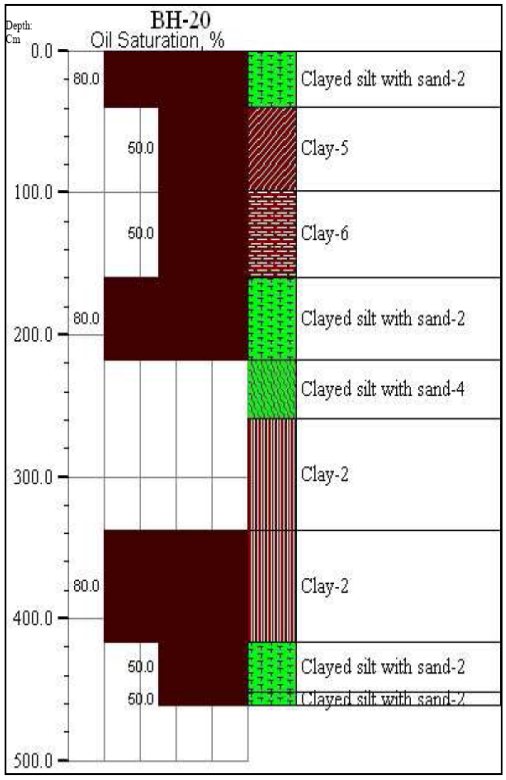
شکل ۱۷- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۱۵.



شکل ۱۶- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۱۴.



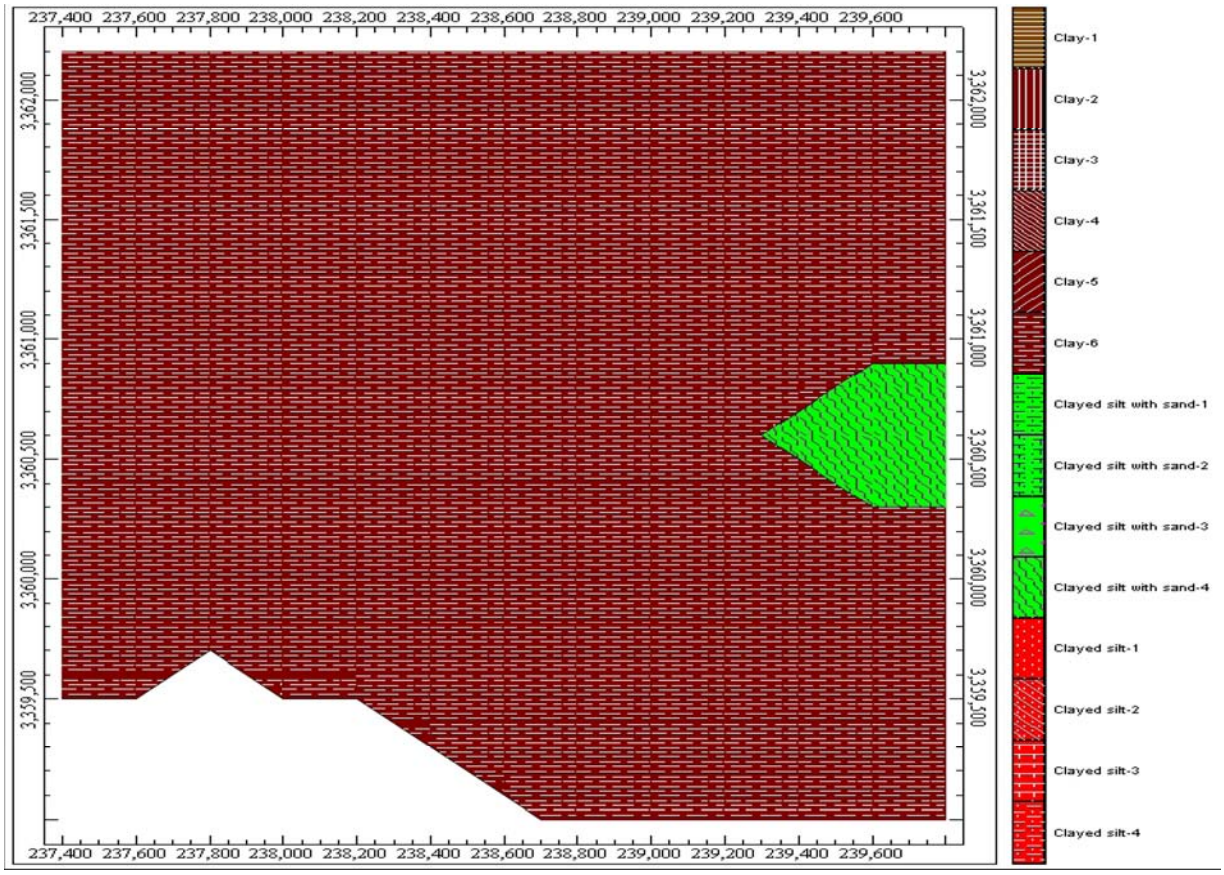
شکل ۱۸- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۱۶.



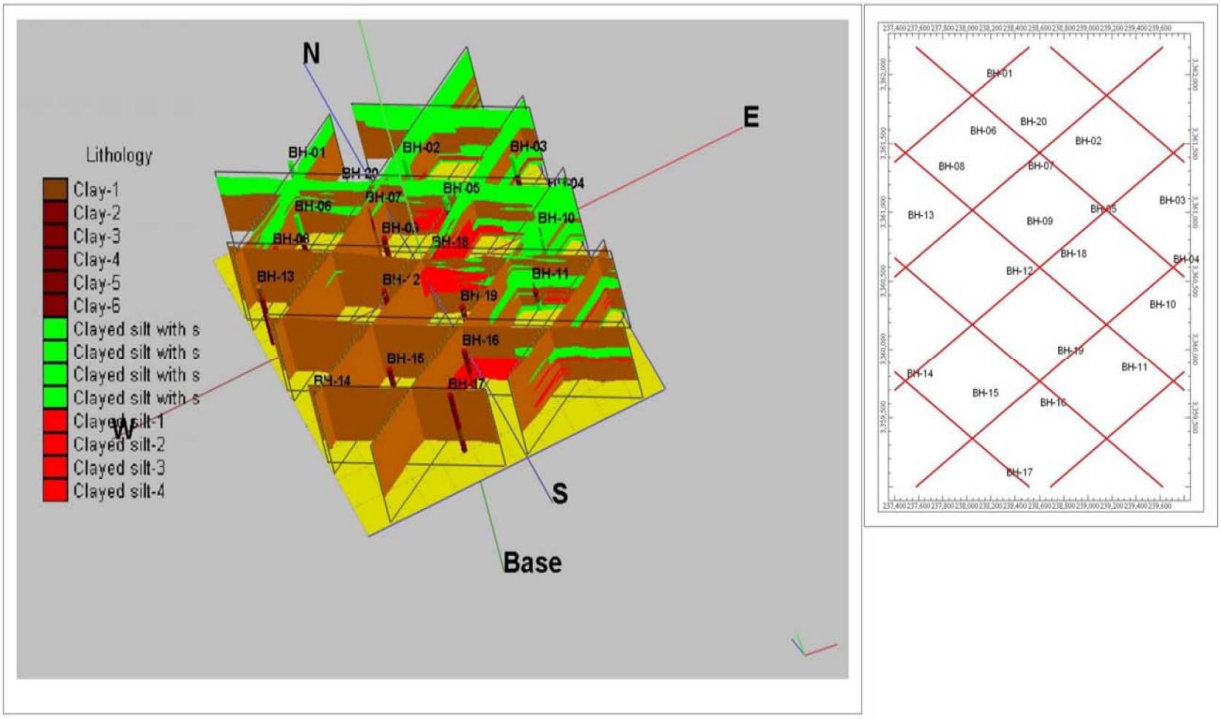
شکل ۱۹- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع وآغشتگی به نفت گمانه ۲۰.

شکل ۲۰ شمای سطحی گسترش لایه های مختلف زمین بر حسب نوع خاک مشخص شده در جدول ۳ را در عمق ۳۶۰ سانتی متری نشان می دهد. این شکل در عمق ثابت نشان داده شده است و وضعیت گسترش زیرسطحی لایه های خاک را محوطه پالایشگاه نشان می دهند. ستون افقی و عمودی، طول و عرض جغرافیایی و در سمت راست شکل راهنمـای جنس لایه های زیرسطحی (جدول ۳) نشان داده شده است که اکثرا از نوع رس-۶ می باشند.

شکل ۲۱ شمای سه بعدی گسترش لایه های خاک را در پالایشگاه و راهنمای سمت راست مقاطع زده شده در محدوده پالایشگاه را نشان می دهد و سعی گردیده تمام چاه ها در آن نشان داده شود



شکل ۲۰- نقشه الگوی گسترش لایه های زیرسطحی در محوطه پالایشگاه در ارتفاع ۳۶۰ سانتی متری پایین تر از سطح دریا Z=-360 cm.



شکل ۲۱- سطح مقطع سه بعدی لایه های زیرسطحی در چاه های مشاهده ای و محوطه پالایشگاه.

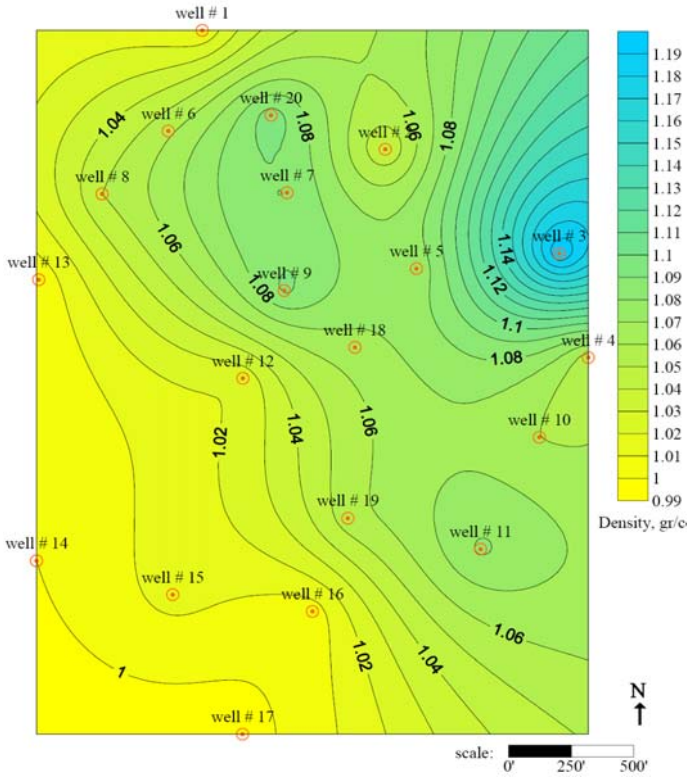
از تمام گمانه هایی که در پالایشگاه حفاری گردید، میزان آغشتگی و جنس لایه ها مشخص گردید که میزان آغشتگی خاک های سطحی و زیرسطحی در کل پالایشگاه متفاوت است و مقدار آن از سطح زمین تا عمـــق ۴/۵ متری می باشد. همان گونه که در شکل ۲۵، Fence Diagram آغشتگی خاک به نفت در کل محیط پالایشگاه نشـــان داده می شود، سطح پالایشگاه به صورت گسترده تا عمق ۴/۵ متری آغشته به نفت می باشد. همان طور که مدل سازی گمانه های حفر شده و Fence Diagram آغشتگی خاک به نفت در کل محیط پالایشگاه نشان می دهد، مقدار آغشتگی خاک به نفت از ۲۰ تا ۸۵٪ می باشد و به طور کلی میانگین مقدار مواد نفتی در خاک به میزان ۵۲٪ از حجم فضای بین دانه ای می باشد.

همان طور که در کانتورهـــای تراکم و تخلخل (شکل های ۲۲ و ۲۳) ملاحظه می گردد، عمدتاً منطقه میانی پالایشگاه آبادان دارای تخلخل پایین می باشد.

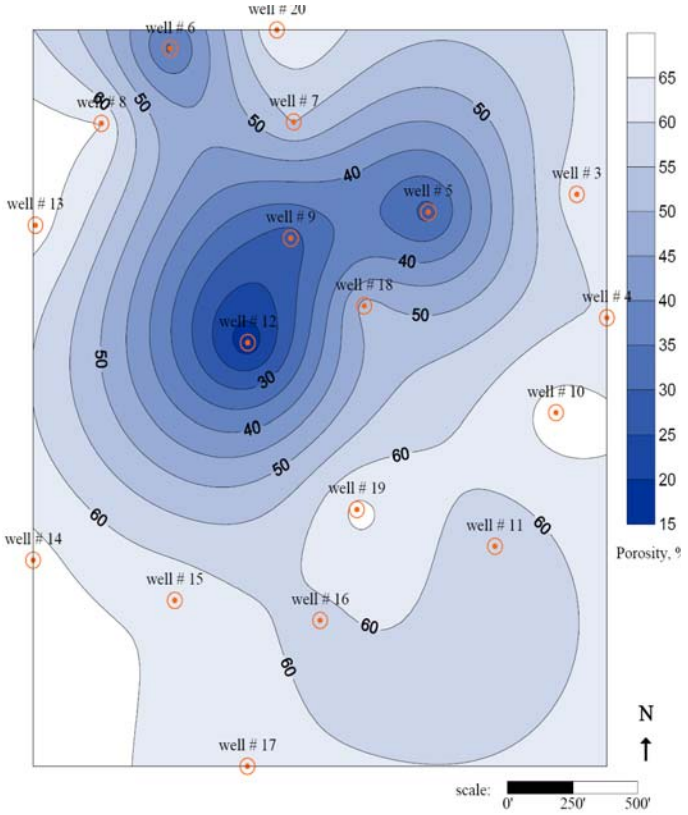
این منطقه قبل از احداث پالایشگاه به صورت نهرهای آب بوده و سپس عملیات خاک ریزی و کوبش در این منطقه انجام پذیرفته است. جهت اطمینان از صحت داده های به دست آمده از آزمایش های تخلخل و تراکم، جدول ۴ مقادیر تخلخل و تراکم استاندارد را جهت خاک های ماسه، سیلت و رس نشان می دهد.. همان گونه که در شکل ۲۳ در منحنی میزان IsoPorosity Map نشان داده می شود، کم ترین میزان تخلخل در اطرف گمانه های۱۲، ۳، ۵، ۹ و ۶ می باشد. اطراف پالایشگاه نیز به صورت میانگیـن دارای تخلخـــل بیشتـــری می باشد. میانگین تخلخل در کل پالایشگاه ۵۴٪ محاسبه شده است.

جدول ۴- تخلخل و تراکم انواع خاک ها (۲۱).

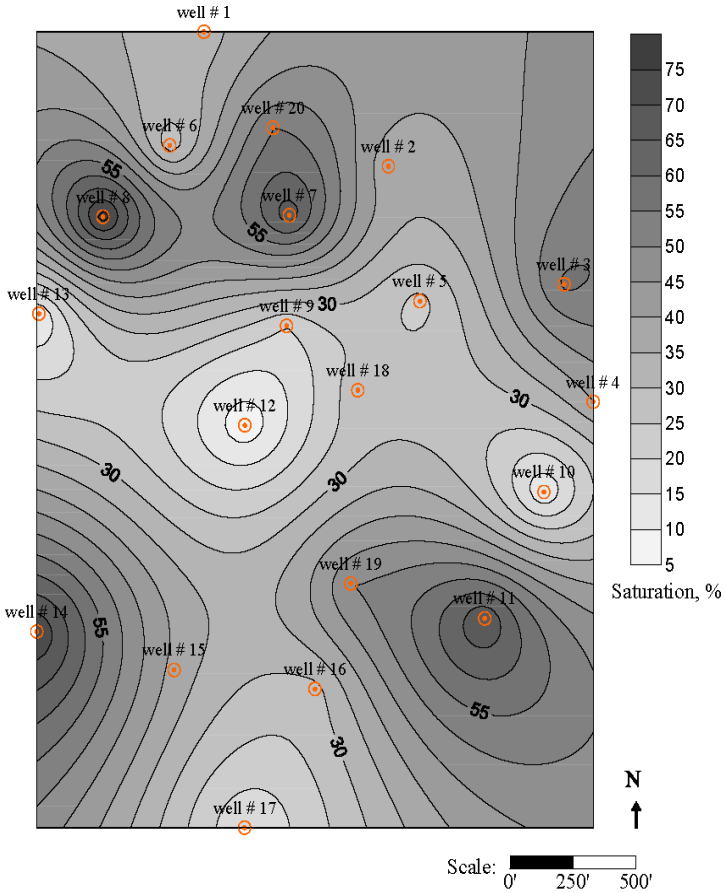
نوع خاک	تخلخل، ٪	تراکم خشک، (gr/cc)
ماسه	۲۲-۵۰	۱/۴-۱/۸
سیلت	۳۵-۵۰	۱/۸-۶/۰
رس	۴۰-۷۰	۸/۰-۲/۳



شکل ۲۲- کانتور تراکم در خاک پالایشگاه آبادان.



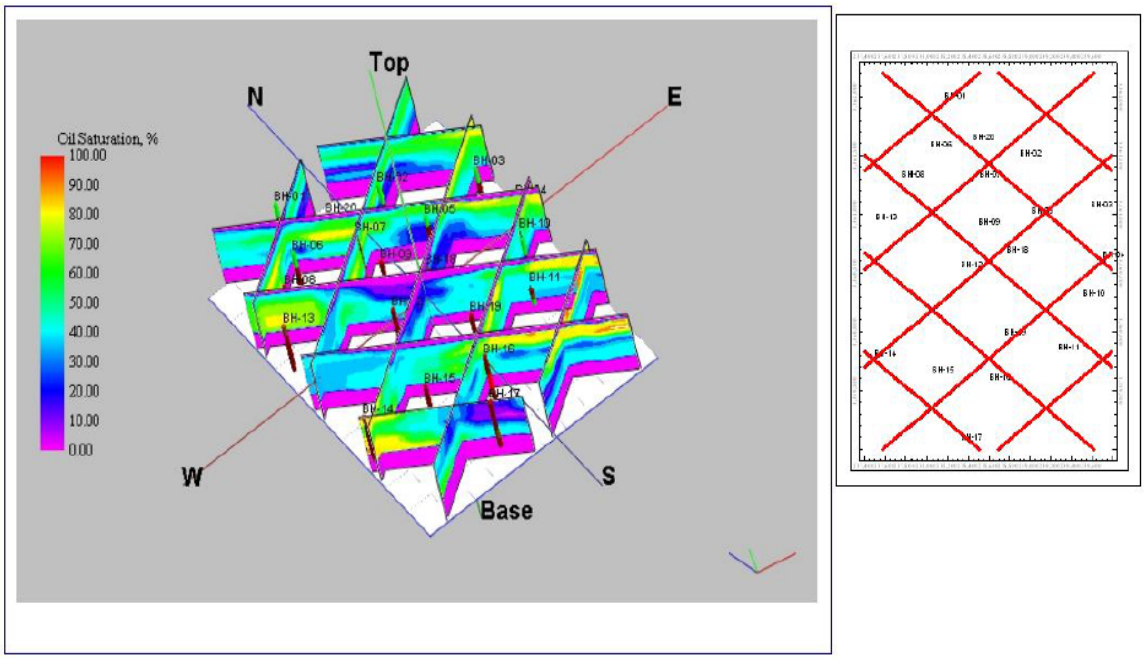
شکل ۲۳- کانتور تخلخل در محوطه زیرسطحی پالایشگاه آبادان.



شکل ۲۴-کانتور میانگین اشباع نفت در محوطه زیرسطحی پالایشگاه آبادان.

وجود و گسترش پخش مواد نفتی در کل لایه های زیرزمینی پالایشگاه که در شکل ۲۵ نشان داده شده است، به علت نوسانات آب های زیرزمینی می باشد که خود وابسته به مقدار جزر و مد، بارندگی و همچنین جریان آب در دو رودخانه اروند رود و بهمنشیر است. تخریب واحدهای موجود در پالایشگاه در دوران دفاع مقدس و حوادث صنعتی از قبیل خرابی لوله های انتقال مواد نفتی در سطح پالایشگاه از یک واحد به واحد دیگر و تغییرات واحدهای مختلف در طول دوران کاری این پالایشگاه باعث پخش مواد نفتی در سطح زمین و نفوذ آن ها به لایه های زیرین شده است. این مواد نفتی در حین حرکت در لایه های زیرین، به علت جنس لایه های زیرین جذب رس شده اند و در مکان هایی علاوه بر جذب رس توانسته اند به لایه های آبی زیرین برسند، عواملی همچون نوسانات سطح آب های زیرزمینی پالایشگاه موجب پخش شوندگی بیشتر لایه های زیرزمینی شده اند.

شکل ۲۵ نیز شمای گسترشی و لایه های آغشته به نفت را نشان می دهد. همان طور که در شکل ۲۱ مشاهده می شود، لایه های خاک در محوطه پالایشگاه از جنس رسوبات آبرفتی دانه ریز رسی، ماسه ای و سیلتی هستند.



شکل ۲۵- سطح مقطع سه بعدی لایه های زیرسطحی آغشته به نفت در چاه های مشاهده ای و در محوطه پالایشگاه.

نتیجه گیری

۱. پالایشگاه آبادان بر روی دلتای آبادان ساخته شده است که جنس آن اغلب از نوع خاک رس می باشد. سیلت و گاهی ماسه نیز در نمونه های خاکی مشاهده شده است.

۲. میانگین سطح پالایشگاه آبادان حدودا ۱/۵ متر بالاتر از سطح تراز آب می باشد. به دلیل نزدیک بودن به تراز آب های زیرزمینی، احتمال مهاجرت این آلودگی نفتی به رودخانه های اروند و بهمنشیر با وجود موانع رسی به حداقل ممکن خواهد رسید. با این حال گمانه های حاشیه این دو رودخانه که شامل گمانه ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۴، ۳، ۲، ۱ و ۲۰ می شوند درصد بالاتر اشباع نفت را در خود نشان می دهند.

۳. نتایج حاکی از آن است که عمق آلودگی در پالایشگاه آبادان حداقل۰/۷۵ و حداکثر ۴ متر می باشد.

۴. با بهره گیری از نتایج این طرح، اثرات کوتاه مدت و بلند مدت این آلودگی نفتی بر اکوسیستم قابل بررسی خواهد بود.

۵. نوع خاک های زیرسطحی پالایشگاه آبادان که اغلب رس می باشد، یک عامل مهم در جلوگیری از انتشار آلودگی نفتی به مناطق مجاور است.

۶. گسترش آلودگی نفتی در خاک های زیرسطحی پالایشگاه آبادان، همان طوری که در شکل ۲۴ نشان داده شده است، مشخص گردید. بیشترین آلودگی نفتی در اطراف پالایشگاه و چاه های شماره ۸، ۱۴، ۱۱، ۳، ۷ و ۲۰ می باشد.

۷. با توجه به میانگین ضخامت ۴/۴۵ متری خاک آغشته به نفت که با استفاده از مدل سازی محوطه زیرسطحی پالایشگاه به دست آمده است و اشباع میانگین ۵۲ درصدی نفت در خاک و تخلخل میانگین ۵۴ درصدی، مقدار نفت موجود در خاک ۶،۷۴۴،۲۴۶ بشکه نفت تخمین زده شده است.

۸. روش های نوین رفع آلودگی خاک با توجه به در سرویس بودن پالایشگاه می بایست مورد نظر قرار گیرد.

سپاس گزاری

بدین وسیله از اداره پژوهش و توسعه شرکت پالایش نفت آبادان به خاطر پشتیبانی مالی از این طرح که برای اولـین بار در ایران انجام گرفته است قدردانی به عمل می آید.

منابع

1. Atlas R.M.، 1981. Biodegradation of petroleum hydrocarbon: an environmental Perspective. Microbiological Reviews 45:180-209.
2. Baker K.H.، Herson D.، 1994. Microbiology and biodegradation. McGraw Hill Inc.، New York، pp. 9–60.
3. Udo E. J.، Fayem A.، 1975. The Effect of Oil Pollution of Soil on Germination، Growth and Nutrient Uptake of Corn، Published in J Environ Qual 4:537-540.
4. Deneke F. J.، McCowan B. H.، Coyne P.، Rickard W.، and Brown J.، 1970-1974. USA CRREL research in Alaska، Corps of Engineers، U. S. Army، Cold Regions Research and Engineering Laboratory، Hanover، NH.
5. Freedman، W.، Huychinson T. C.، 1976. Physical and biological effects of experimental crude Oil spills on low Arctic tundra in the vicinity of Tuktoyaktuk، N.W.T.، Canada. Canadian Journal Botany. 54: 2219-2230.
6. Antibus R. K.، Miller 0. K.، Laursen G. A.، 1978. Impact of crude Oil On root respiration and soluble soil cellulase levels in coastal Arctic tundra. S. R. E. L. Mineral Cycling Symposium، Augusta، GA.
7. Linkins، E. E.، Antibus R. K.، 1978. Ectomycorrhizal fungi of Salix rotundijolia 11. Impact of surface applied Prudhoe crude oil in mycorrhizal respiration and cold acclimation.
8. Wein، R. W.، Bliss L. C. 1973. Experimental crude oil spills on Arctic plant communities. Journal of Applied Ecology. 10: 671-682.
9. Izdebska-Mucha D.، 2005. Influence of oil pollution on selected geological engineering properties of clay soils. Seminar "Engineering-geological and

environmental problems of spatial planning". part IV. Warsaw، Przegląd Geologiczny، vol. 53، no 9، pp. 766 - 769.

10. Stegman R.، 2003. Treatment of contaminated soil. Berlin Pub. Pp400-450.

۱۱. احتشامی م.، احمدنیا ر.، تابستان ۸۵. مدل سازی نشت هیدروکربن های نفتی در منابع خاک آب های زیرزمینی. علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۹.

12. http://www.abadan-ref.ir/history.html.

۱۳. شرکت ملی نفت ایران، نقشه زمین شناسی آبادان، صفحه شماره 20839W.

۱۴. شرکت مهندسین زمیران. خرداد۱۳۸۰. گزارش نهائی مطالعات مکانیک خاک و پی طرح نیروگاه آبادان

۱۵. شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک آزمایشگاه خوزستان. آذر ۱۳۸۲. تصفیه خانه پساب صنعتی پالایشگاه آبادان.

۱۶. شرکت مهندسین مشاور روماند. آذر ۱۳۶۷. گزارش مطالعات و تحقیقات مکانیک خاک و پی سازی و مقاومت مصالح ژئو تکنیک طرح بازسازی پالایشگاه آبادان.

۱۷. شرکت مهندسین مشاور پی کاو. بهمن ۱۳۸۰. گزارش مطالعات ژئوتکنیکی طرح ساختگاه محوطه تقطیر پالایشگاه آبادان .

۱۸. درویش زاده ع.، ۱۳۷۰. زمین شناسی ایران. انتشارات امیرکبیر.

۱۹. معماریان ف.، ۱۳۷۸. زمین شناسی مهندسی و ژئوتنیک. انتشارات دانشگاه تهران.

20. U.S. Department of Transportation، Federal Highway Administration، 1997. Subsurface Investigation Practice Manual، FHWA H1-97-021.

21. Sharma H. D.، Krishma R. R.، 2004. Geoenvironmental Engineering. John Wiley & Sons، Inc.