

بررسی آلاینده‌های نفتی در آبهای زیرزمینی منطقه پالایشگاه اراک

* مهندس حسین عسکرزاده طرقله

** مهندس علی اصغر بذرافشان

*** مهندس حسن حاجی پور فرد

چکیده

با توجه به رشد روز افزون جمعیت کشور در دهه‌های اخیر و وابسته بودن اقتصاد کشور به تولیدات نفتی و عدم وجود نظام مدیریت منطقی و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، محیط‌زیست و آبهای زیرزمینی در قطب‌های صنعتی به طور جدی مورد تهدید قرار گرفته است. مجموعه تأسیسات پالایشی و پتروشیمی، انبارهای نفت و فرآورده‌ها، خطوط لوله، نیروگاه در منطقه سازند اراک از آبهای زیرزمینی استفاده نموده و طی فرایند تولید و انبار فرآورده‌های نفتی، در اثر تخلیه پساب‌ها و نشت مواد آلاینده، منابع آب، خاک و هوای دشت سازند را مورد تهدید قرار می‌دهند. بر این اساس در فاصله زمانی بهار ۱۳۷۸ لغایت زمستان ۱۳۷۸، نسبت به نمونه‌برداری فصلی پنج ایستگاه از آبهای زیرزمینی در محدوده پالایشگاه اراک اقدام شد و نمونه‌ها در شرایط استاندارد به آزمایشگاه انتقال یافته و ترکیبات نفتی و روغنی، ترکیبات فنلی، ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک، COD و TOC آنها مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت.

میانگین غلظت ترکیبات نفتی و روغنی، COD و TOC به ترتیب برابر ۰/۸۱، ۷/۱۳ و ۱/۹ میلی‌گرم در لیتر بوده و همچنین میانگین غلظت ترکیبات فنلی و ترکیبات هیدروکربنی چندحلقه‌ای آروماتیک نیز ۰/۷۶ و ۱۲/۲ میکروگرم در لیتر است. در مقایسه با مقادیر مجاز، ترکیبات فنلی و ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک در آب شرب که به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲ میکروگرم در لیتر می‌باشد، بیشتر بوده و ترکیبات یاد شده از مقادیر مجاز ترکیبات نفتی و روغنی، برای مصارف کشاورزی و آبیاری که به ترتیب ۱/۱۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر است، کمتر می‌باشد.

کلید واژه

آبهای زیرزمینی، آلاینده‌های نفتی، ترکیبات هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک (PAH)، سازند اراک، پالایشگاه نفت اراک.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۱/۹/۱۸

* پژوهنده پژوهشکده حفاظت صنعتی و محیط‌زیست، پژوهشگاه صنعت نفت.

** عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت صنعتی و محیط‌زیست، پژوهشگاه صنعت نفت.

*** عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت صنعتی و محیط‌زیست، پژوهشگاه صنعت نفت.

سرآغاز

مصارف روز افزون آب شیرین با توجه به رشد جمعیت جهان، محدود بودن منابع آب شیرین، تغییر اقلیم و خشکسالی، محدودیت کمی و کیفی آب به سبب دخالت گسترده انسان در چرخه طبیعت و تخلیه سالانه حدود ۲۵ میلیارد مترمکعب انواع فاضلاب و پساب به منابع آب کشور از عوامل بازدارنده‌ای هستند که تأمین آب شیرین را دچار مشکل می‌سازند (محمودی، ۱۳۷۸).

توسعه صنعتی و اقتصادی اگرچه ظاهراً نشانه بهبود سطح زندگی انسان است، ره‌آورد دیگر آن آلودگی محیط‌زیست، تخریب مزارع و منابع آب و آلودگی هواست. اگر این وضعیت ادامه یابد و بر میزان آلودگی‌ها کنترلی وجود نداشته باشد انسان خود قربانی آن خواهد شد (بذرافشان، ۱۳۷۷). با افزایش جمعیت، توسعه صنعتی و کشاورزی آلودگی آبهای سطحی و تحت‌الارضی بیشتر و پیچیده‌تر خواهد شد. با علم به اینکه هر مترمکعب فاضلاب تصفیه نشده می‌تواند حدود ۵۰ متر مکعب آب را بشدت آلوده نماید، در صورتی که اقدام جدی و مؤثری به عمل نیاید شاهد فاجعه بزرگ محیط‌زیستی در اطراف مراکز صنعتی خواهیم بود (Mackay & Roberts, 1985). تراکم تأسیسات نفتی، پتروشیمی، پخش فرآورده‌های نفتی، خطوط لوله و نیروگاه و وجود آزمایشگاهها و وجود مخازن متعدد نگهداری نفت خام و فرآورده‌های نفتی مخازن مختلف از فرآورده‌های پتروشیمی، امکان نشت مواد نفتی و پتروشیمی و پساب‌ها و فاضلاب‌های آلوده به مواد آلی و معدنی به آبهای تحت‌الارضی را افزایش می‌دهد (بذرافشان، ۱۳۷۷). با آنکه آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع قابل اعتماد و حیاتی برای مقاصد آب شرب، صنعت و آبیاری در سطح وسیعی در کشورهای آسیایی است، لکن بهره‌برداری بیش از حد آن باعث بروز مشکلات جدی در محیط‌زیست بوده و ضمن تهی‌سازی و کاهش سطح آب زیرزمینی، سبب افت سطح آب و نشست زمین و نفوذ آب شور به سفره‌های آب و زوال کیفیت آن و تغییرات اکولوژیکی و در نهایت کاهش محصولات کشاورزی خواهد شد (Clark & Fronk 1988 and Koehn & Stanko, 1988).

حوزه آبریز و هیدرولوژی دشت سازند اراک

دشت سازند به وسعت تقریبی ۵۰۰ کیلومترمربع زیرحوزه‌ای از حوزه وسیع آبریز حوض سلطان و کویر کاشان به وسعت ۹۴۴۵۴ کیلومترمربع بوده که ۵۷ درصد آن در دشت‌های آبرفتی شوره‌زار و باتلاق و ۴۳ درصد آن در ارتفاعات کوهستانی قرار دارد. این حوزه از شمال به ارتفاعات البرز، از شرق به ارتفاعات پست کویر مرکزی، از غرب به ارتفاعات الوند و از جنوب به ارتفاعات مرکزی محدود بوده و رودهای مهم حوزه عبارتند از: کرج، جاجرود، کن، کردان، خرو، قره‌چای، قم‌رود. مجموع برداشت آبهای سطحی و زیرزمینی منطقه، حدود ۹/۷ میلیارد مترمکعب در سال برآورد شده که ۱۷/۵ درصد آن آبهای سطحی و ۸۲/۵ درصد آن به آبهای زیر زمین مربوط می‌شود. نقشه حوزه آبریز، موقعیت تأسیسات نفتی و جهت جریان آبهای زیرزمینی در نقشه‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. دشت سازند از آبرفتی متشکل از شن، ماسه، سیلیت و رسی پوشیده شده که دارای ضخامت تقریبی ۲۰۰-۵۵ متر می‌باشد. سازند آهکی در برخی مناطق حوزه سبب تغذیه سفره‌های آبرفتی شده و در نواحی دیگر به صورت چشمه‌های پر آب مستقیماً از سازند آهکی خارج می‌شوند (چشمه عمارت). در منطقه سازند، سازندهای دوران مزوزئیک^(۱) دارای بیشترین ذخیره آبهای زیرزمینی سازندهای آهکی کارستیک می‌باشند.

وجود تأسیسات صنعتی پالایشگاه، پتروشیمی، نیروگاه و غیره در منطقه و برداشت مقادیر زیاد آبهای زیرزمینی سبب تهی شدن سفره‌های آب زیرزمینی شده و الزاماً باید برداشت از آبهای زیرزمینی طی برنامه مدون و حساب شده‌ای صورت گیرد تا از پدیده نشست زمین^(۲) ممانعت شود.

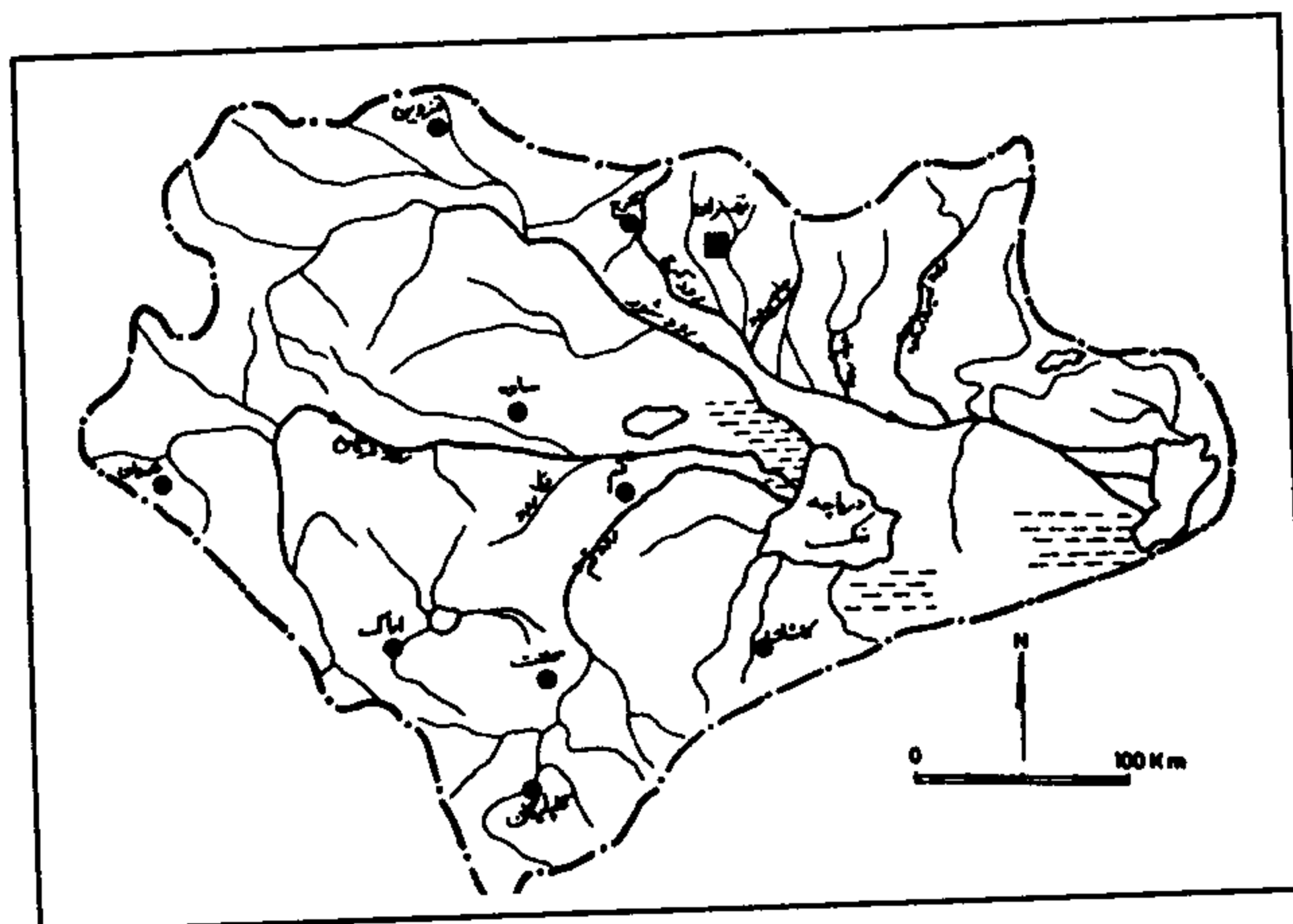
هدف

بررسی میزان و نوع آلودگی در منطقه نفتی - صنعتی پالایشگاه اراک، اظهار نظر در مورد میزان و شدت آلودگی منابع آب منطقه، در اختیار داشتن اطلاعات زمینه راجع به منابع آب و تأثیر فعالیت‌های صنعتی در آلودگی آن، برنامه‌ریزی راجع به

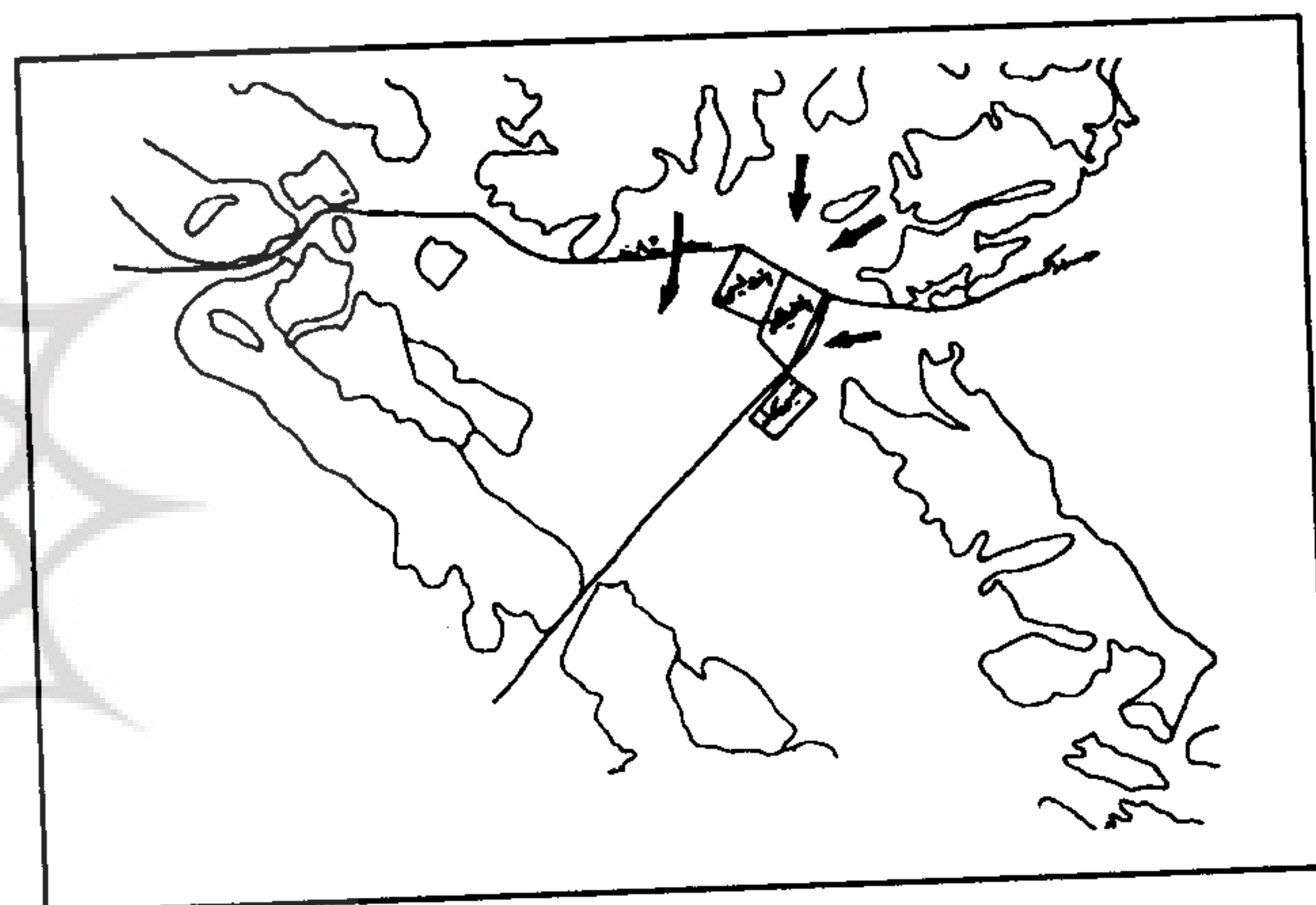
جدول شماره (۱): موقعیت چاهها و ایستگاههای

مورد مطالعه

نام ایستگاهها	موقعیت ایستگاهها
چاه شماره ۱	دور از تأسیسات پالایشگاه واقع در شمال شرق مخزن TK5 آب خام پالایشگاه N=33° 77' 20" E=33° 46' 82"
چاه شماره ۲	واقع در جنوب غرب مخازن TK2004 و TK2006 N=42° 06' 55" E=42° 37' 67"
چاه شماره ۳	واقع در شمال غرب مشعل و جنوب غرب واحد گوگردسازی پالایشگاه N=42° 37' 02" E=40° 35' 67"
چاه شماره ۶	واقع در جنوب غرب مشعل با مشخصات جغرافیایی N=57° 36' 19" E=38° 77' 82"
چاه شماره ۷	واقع در جنوب غرب مشعل با مشخصات جغرافیایی N=49° 68' 67" E=38° 90' 85"



نقشه شماره (۱): نقشه حوزه آبریز دریاچه حوض سلطان



نقشه شماره (۲): نقشه حوزه آبریز شازند اراک و موقعیت تأسیسات نفتی و جهت جریان آبهای زیرزمینی

مواد و روشها

روشهای نمونه برداری و آزمایش

نمونه برداری از آب در نقاط مورد نظر با استفاده از وسایل و ابزار و روشهای استاندارد، ASTM, Standard Methods و MOOPAM انجام گردید. نمونه ها پس از آماده سازی و تثبیت، توسط مواد شیمیایی به آزمایشگاه منتقل و آنگاه طبق روشهای استاندارد (Standard Method, 1989; ASTM, 1998;) (MOOPAM, 1982) آزمایش شدند مراحل تجزیه هر یک از آلاینده های نفتی اعم از ترکیبات فنلی، کل مواد هیدروکربوری، ترکیبات هیدروکربن چندحلقه ای آروماتیک (PAH) در نمودارهای جعبه ای شماره ۱، ۲ و ۳ آمده است.

دستگاهها و مواد شیمیایی مورد لزوم

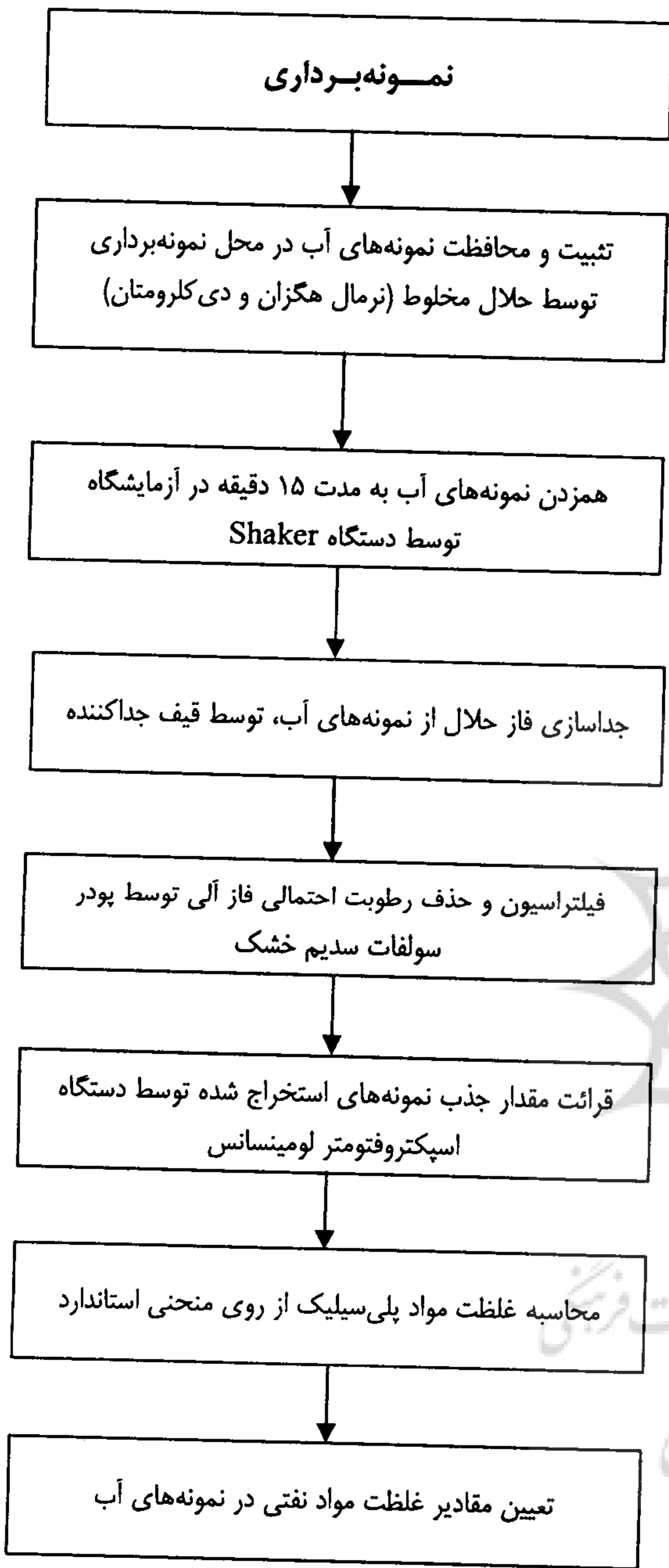
این دستگاهها و مواد عبارتند از: دستگاه FT-IR، دستگاه

استفاده بهینه در مصرف آب و برنامه ریزی حساب شده درباره تصفیه آبهای آلوده، با توجه به اطلاعات به دست آمده ناشی از این مطالعه می باشد.

موقعیت ایستگاههای نمونه برداری

پالایشگاه اراک در ۲۲ کیلومتر جاده اراک- بروجرد در فاصله ۳۲۰ کیلومتری جنوب شرق تهران و در شمال شرق دشت شازند اک واقع شده است. تعداد چاههای حفاری شده در پالایشگاه، ۹ لقه می باشد. که پنج حلقه از این چاهها با توجه به موقعیت آنها بهت نمونه برداری در نظر گرفته شده است (جدول شماره ۱).

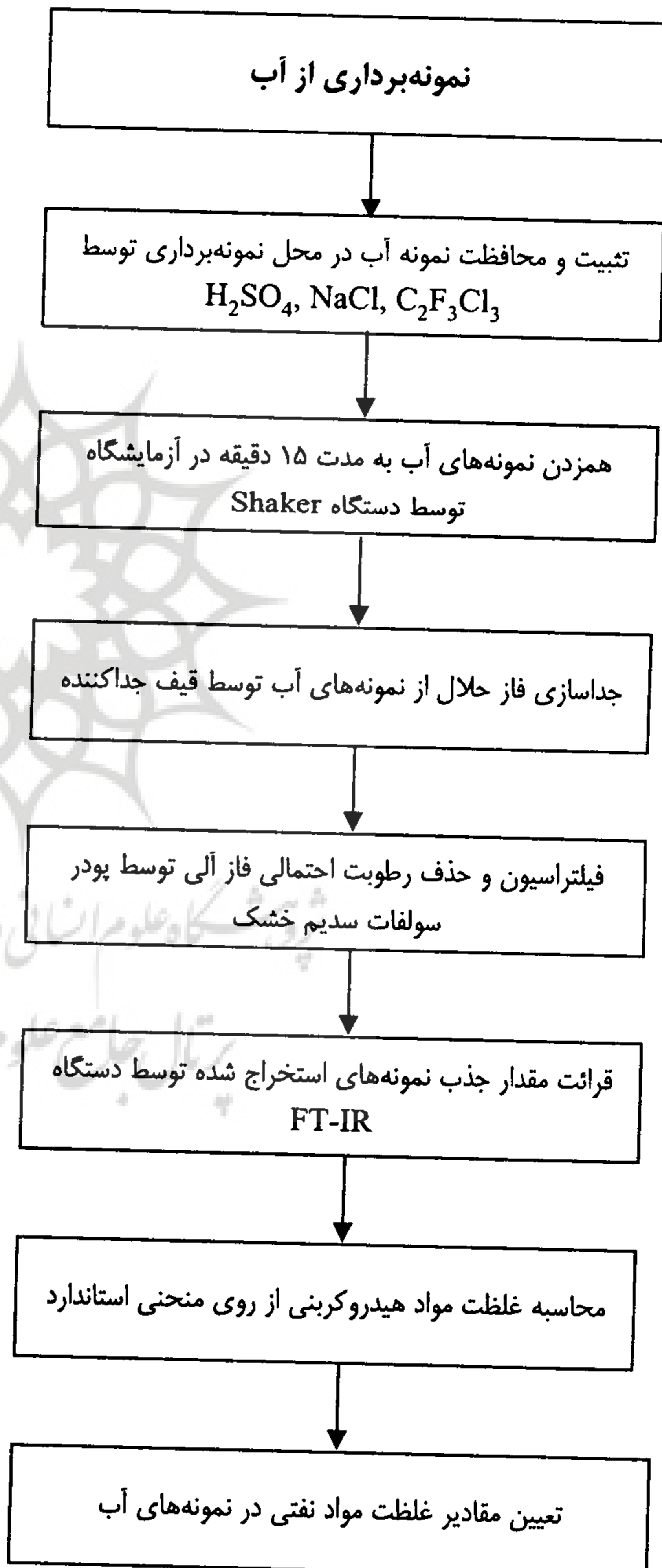
اسپکترومتر لومینسانس، دستگاه سوکسیله، دستگاه جذب اتمی، ترازوی دقیق، دستگاه TOC (TOC Analyzer)، لوازم و ابزار شیشه‌ای لازم، فلاسک تقطیر ترکیبات فنلی، همزن الکتریکی، حلال‌های کلروفرم، هگزان، دی‌کلرومتان و سایر مواد شیمیایی و معرف‌ها.



نمودار جعبه‌ای شماره (۲): اندازه‌گیری ترکیبات پلی‌سیلیک - آروماتیک در آب

نتایج آزمایشات تجربی

طی این بررسی، وضعیت آلودگی نفتی و ترکیبات آلی نظیر مواد نفتی و روغنی با ترکیبات هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک (PAH)، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و COD موجود در آب مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول شماره ۲).



نمودار جعبه‌ای شماره (۱): اندازه‌گیری مواد نفتی در نمونه‌های آب

نوسانات مواد نفتی در چاههای شماره ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک، به ترتیب (۱/۱ - ۰/۵)، (۲/۳ - ۰/۵)، (۱ - ۰/۵)، (۱/۱ - ۰/۴)، (۰/۹ - ۰/۳) و متوسط سالانه آن برابر ۰/۸۱ میلی گرم در لیتر بوده است.

نوسانات آلودگی پلی سیلیک آروماتیک هیدروکربن (PAHs) چاههای شماره ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک به ترتیب (۳-۲۰)، (۱-۴۰)، (۰/۲-۲۰)، (۰/۲-۶۰)، (۰/۲-۲۰) و متوسط سالانه آن برابر ۱۲/۲ میکروگرم در لیتر بر حسب استاندارد رایمی (۱۹۸۲) بوده است.

نوسانات ترکیبات فنلی در چاههای ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک، به ترتیب (۲/۲ - ۰/۵)، (۳/۵ - ۰/۵)، (۳ - ۰/۵) و متوسط سالانه آن برابر ۰/۷۶ میکروگرم در لیتر بوده است.

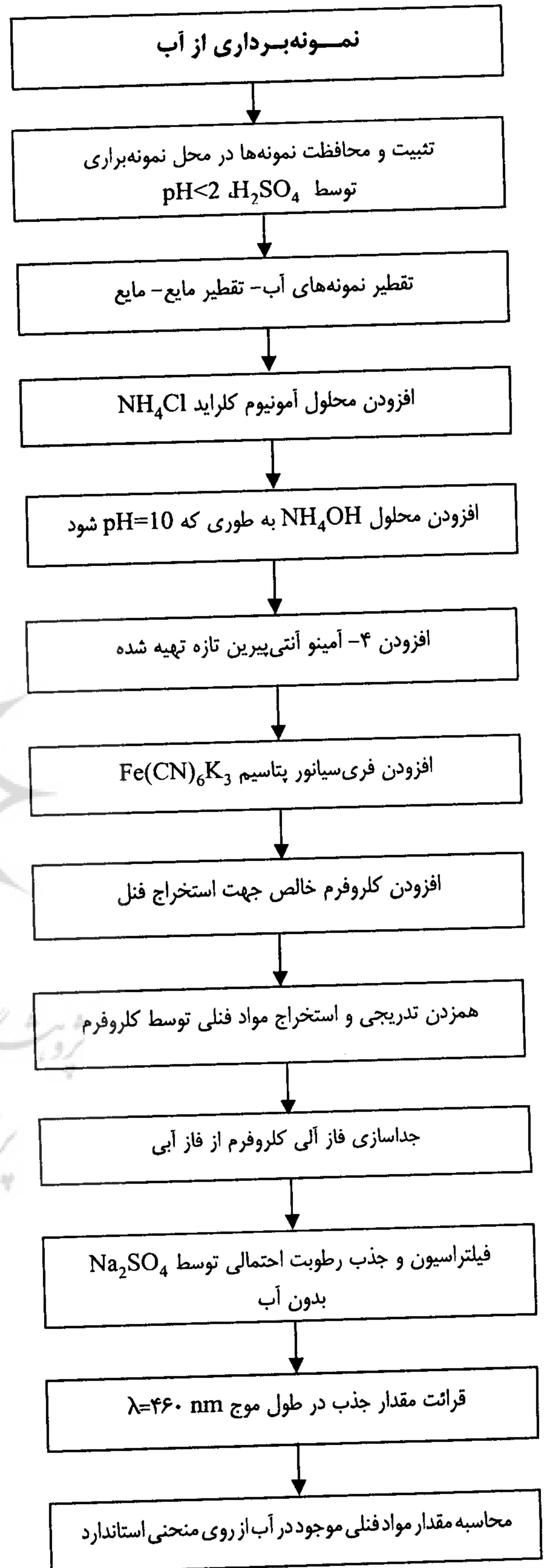
نوسانات کل کربن آلی در چاههای شماره ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک، به ترتیب (۳ - ۰/۹۹)، (۱/۹۰ - ۰/۰۶)، (۲/۲ - ۱)، (۲/۴ - ۱)، (۵/۷ - ۱) و متوسط سالانه آن برابر ۱/۹ میلی گرم در لیتر بوده است.

نوسانات COD در چاههای شماره ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک، به ترتیب (۶/۴ - ۵)، (۱۵ - ۶)، (۱۰ - ۵)، (۶ - ۵) و متوسط سالانه آن برابر ۷/۱۳ میلی گرم در لیتر بوده است.

بحث و نتیجه گیری

نوسانات آلاینده های نفتی در ترکیبات آلی نظیر مواد نفتی و روغنی، پلی سیکلک آروماتیک ها، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و COD در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک در جدول شماره (۲) درج شده است. براساس نتایج حاصل از نمودار شماره (۱) و جدول شماره (۲) چنین استنباط می شود:

مواد نفتی و روغنی: متوسط میزان مواد نفتی و روغنی در آب چاههای پالایشگاه اراک از حداکثر مجاز مصارف کشاورزی (۱۰ میلی گرم در لیتر) کمتر بوده و برای مصارف کشاورزی و صنعتی مناسب است. آلودگی مواد نفتی و روغنی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک از حداکثر مجاز آب آشامیدنی



نمودار جعبه ای شماره (۳): اندازه گیری فنل در نمونه های آب

آشامیدنی، نامناسب است، لکن برای مصارف کشاورزی و آبیاری مناسب می باشد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات ایران، ۱۳۷۶).

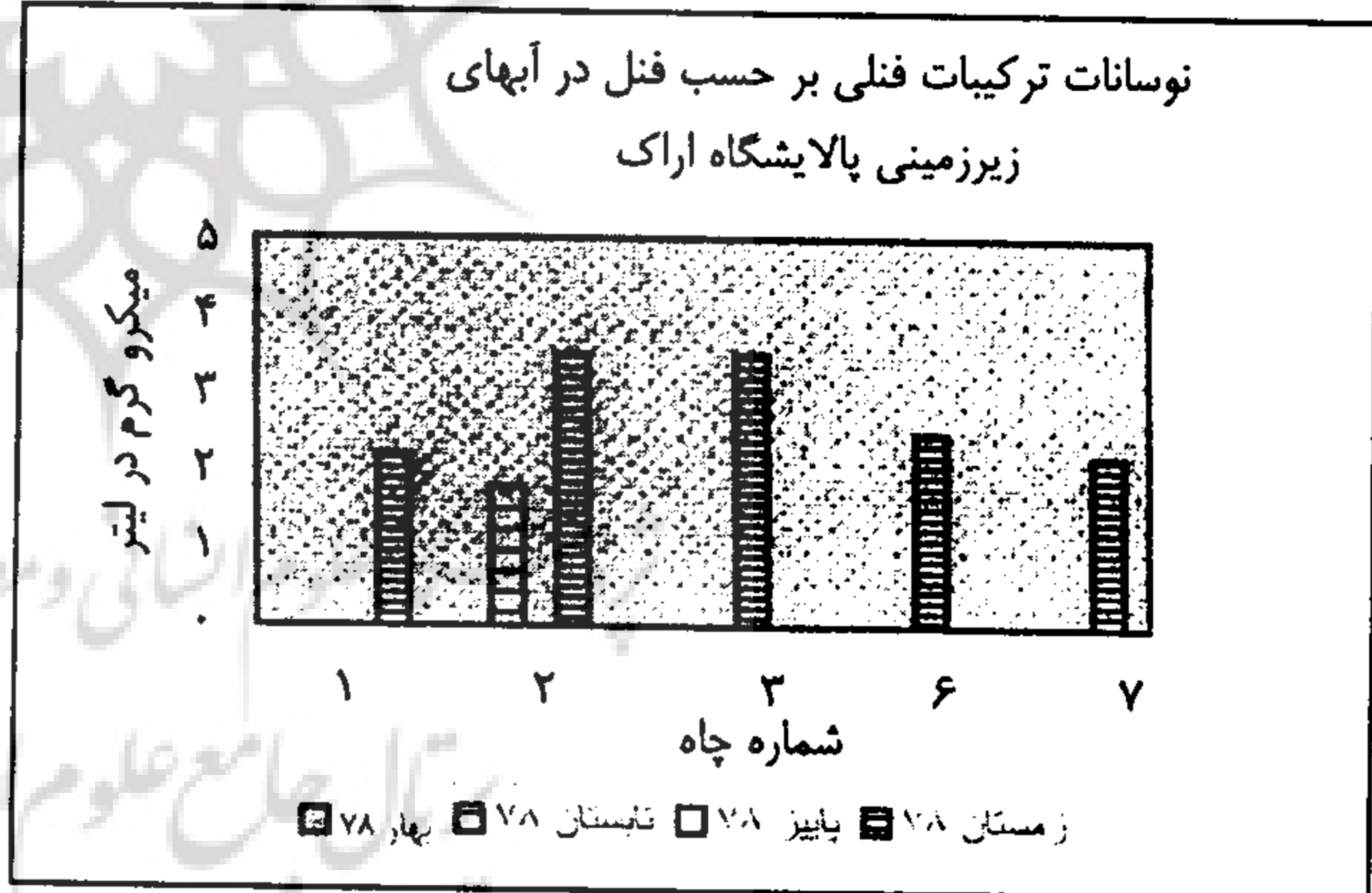
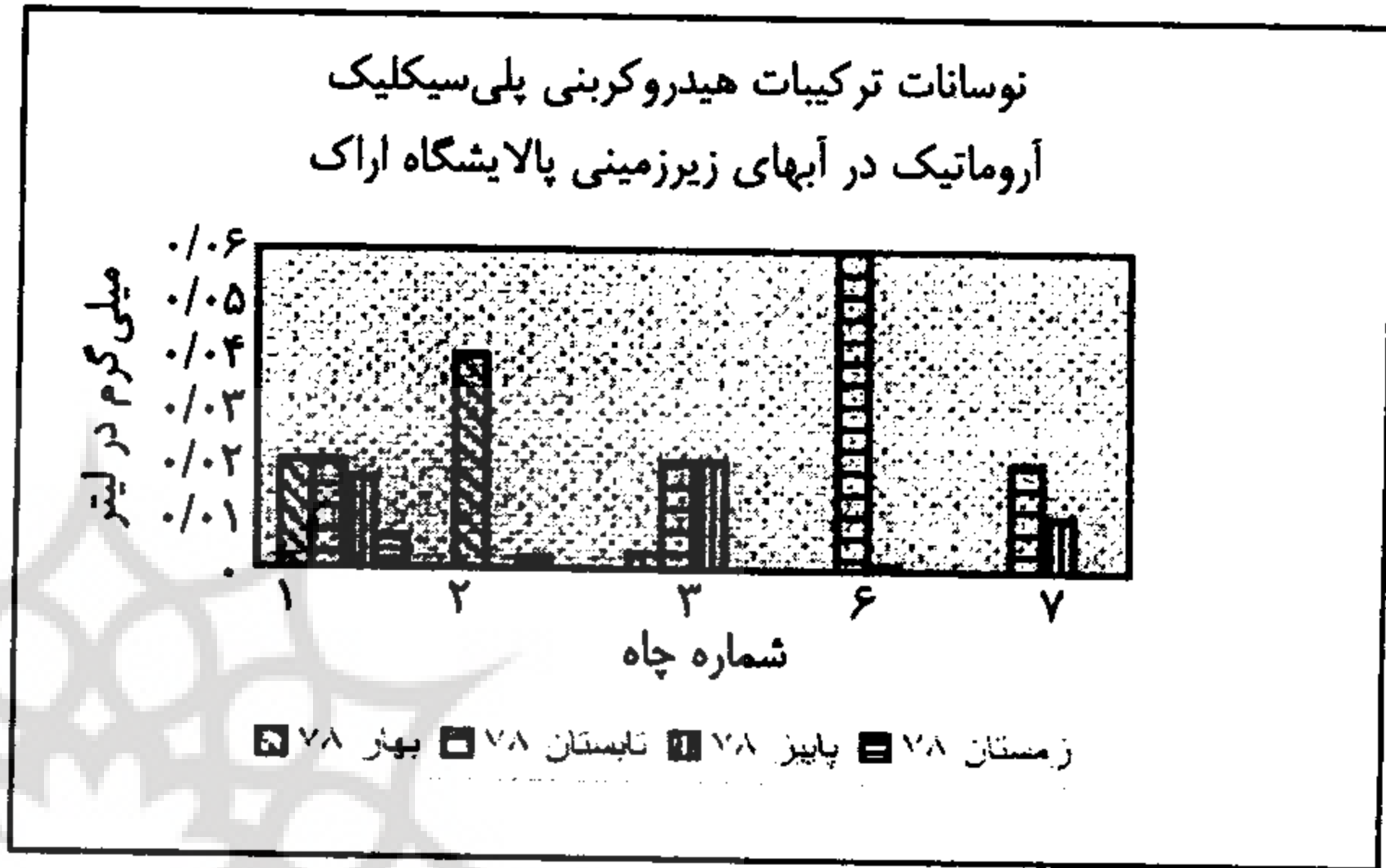
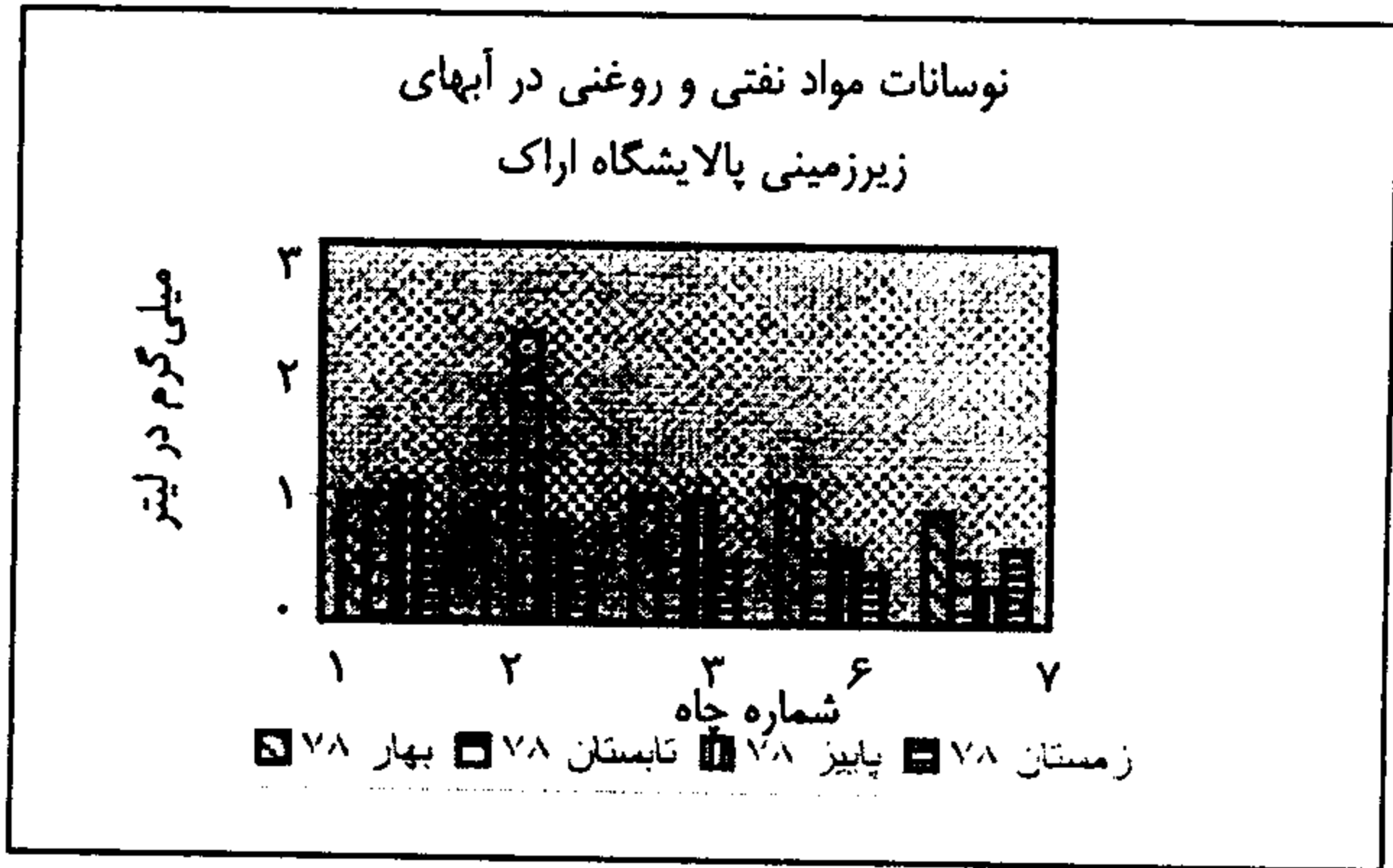
کل کربن آلی و COD: متوسط آلودگی کل کربن آلی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک ۱/۹ میلی گرم در لیتر بر حسب کربن و متوسط میزان COD برابر ۷ میلی گرم در لیتر بوده است که نشانگر آلودگی های شیمیایی جزئی است.

باتوجه به نقشه شماره ۲، نمودار شماره ۱ و جداول ۱ و ۲ جهت جریان آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک و جهت شیب هیدرولیک پالایشگاه، از سمت شمال غربی پالایشگاه به سمت جنوب شرق پالایشگاه (به سمت دشت کزاز) می باشد. براساس نتایج حاصل، میزان آلودگی ها در جنوب شرقی پالایشگاه (چاه شماره ۶ و ۷) بیشتر از شمال غربی پالایشگاه اراک (چاه شماره ۱) است. این مسئله نشان دهنده تراکم مواد آلاینده در جهت شیب هیدرولیک می باشد. براساس ۵ سری نمونه برداری فصلی و انجام آزمایش های ذی ربط مندرج در جداول شماره ۳ الی ۷، محاسبات آماری به شرح زیر ارائه می گردد:

مقدار میانگین متوسط ترکیبات نفتی و روغنی، هیدروکربن های چند حلقه ای آروماتیک، کل کربن آلی و اکسیژن خواهی شیمیایی به ترتیب ۰/۸۱، ۰/۱۲۹، ۱/۹ و ۷/۱۵ میلی گرم و ترکیبات فنلی ۱/۳ میکروگرم در لیتر است. مقدار انحراف استاندارد متوسط ترکیبات نفتی و روغنی، هیدروکربن های چند حلقه ای آروماتیک، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و اکسیژن خواهی شیمیایی، به ترتیب $\pm 0/068$ ، $\pm 0/0012$ ، $\pm 0/126$ ، $\pm 0/126$ ، $\pm 0/101$ ، $\pm 0/0012$ است.

مقدار انحراف استاندارد نسبی متوسط برای ترکیبات نفتی و روغنی، هیدروکربن های چند حلقه ای آروماتیک، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و اکسیژن خواهی شیمیایی، به ترتیب $\pm 6/6\%$ ، $\pm 11/9\%$ ، $\pm 6/2\%$ ، $\pm 6/6\%$ و $\pm 1/7\%$ است.

مقدار واریانس متوسط آزمایش برای ترکیبات نفتی و روغنی، هیدروکربن های چند حلقه ای آروماتیک، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و اکسیژن خواهی شیمیایی، به ترتیب $3/2 \times 10^{-3}$ ، $3/1 \times 10^{-6}$ ، $3/0 \times 10^{-2}$ ، $2/6 \times 10^{-2}$ و $2/7 \times 10^{-2}$ است.



نمودار شماره (۳): نوسانات آلاینده های نفتی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک

بیشتر بوده و برای مصارف شرب و آشامیدنی نامناسب می باشد (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۳).

مواد هیدروکربنی چند حلقه ای آروماتیک: متوسط میزان مواد هیدروکربن چند حلقه ای آروماتیک در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک از حداکثر مجاز آب آشامیدنی بیشتر (حد مجاز ۰/۲ میکروگرم در لیتر) و برای مصارف شرب و

جدول شماره (۲): نتایج آزمایش آلاینده های نفتی در آبهای زیرزمینی منطقه سازند - پالایشگاه اراک - سال ۱۳۷۸

آلاینده شماره	محل نمونه برداری	فصل	مواد نفتی و روغنی (میلی گرم در لیتر)	هیدروکربن آروماتیک پلی سیکلیک * (میکرو گرم در لیتر)	ترکیبات فنلی بر حسب فنل (میکرو گرم در لیتر)	کل کربن آلی ** (میلی گرم در لیتر)	اکسیژن خواص شیمیایی *** (میلی گرم در لیتر)
۱	چاه شماره ۱	بهار	۱/۰	۲۰	<۰/۵	۳	۶/۴
		تابستان	۱/۰	۲۰	<۰/۵	۲/۶	۶
		پاییز	۱/۱	۱۷	<۰/۵	۱/۲	۶
۲	چاه شماره ۲	بهار	۱	۴۰	۰/۵	۱/۳	۶
		تابستان	۲/۳	—	۱/۸	۱/۹	۱۰
		پاییز	۰/۸	۲	<۰/۵	۱/۲	۸
۳	چاه شماره ۳	بهار	۱	۳	<۰/۵	۲/۲	۶
		تابستان	۰/۵	۲۰	<۰/۵	۱/۴	۶
		پاییز	۱	۲۰	<۰/۵	۲	۶/۲
۴	چاه شماره ۶	بهار	۱/۱	<۰/۲	<۰/۵	۲/۳	۶
		تابستان	۰/۵	۶۰	<۰/۵	۲/۲	۱۰
		پاییز	۰/۱۶	۱	<۰/۵	۱	۸
۵	چاه شماره ۷	بهار	۰/۹	<۰/۲	<۰/۵	۱	۶
		تابستان	۰/۵	۲۰	<۰/۵	۱/۸	۶
		پاییز	۰/۳	۱۰	<۰/۵	۱/۹	۶
		بهار	۰/۱۶	۶	۲/۲	۵/۷	۵
		تابستان	۰/۱۶	۶	۲/۲	۵/۷	۵
		پاییز	۰/۱۶	۶	۲/۲	۵/۷	۵

* Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-MOOPAM Standard

** Total Organic Carbon

*** Chemical Oxygen demand

جدول شماره (۳): محاسبات آماری نتایج آزمایش مواد نفتی و روغنی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک - سال ۱۳۷۸

انحراف استاندارد نسبی	انحراف استاندارد	واریانس	میانگین (میلی گرم در لیتر)	فصل نمونه برداری	محل نمونه برداری
±۰/۵۳	±۰/۰۵۵	۳/۰×۱۰ ^{-۳}	۱/۰۴	بهار	چاه شماره ۱
±۰/۵۳	±۰/۰۵۵	۳/۰×۱۰ ^{-۳}	۱/۰۴	تابستان	
±۰/۵۲	±۰/۰۵۵	۳/۰×۱۰ ^{-۳}	۱/۰۶	پاییز	
±۰/۸۱۶	±۰/۰۴	۲/۰×۱۰ ^{-۳}	۰/۵۲	بهار	چاه شماره ۲
±۰/۵۳	±۰/۰۵۵	۳/۰×۱۰ ^{-۳}	۱/۰۴	تابستان	
±۰/۵۱۹	±۰/۰۱۳	۱/۸×۱۰ ^{-۲}	۲/۲۶	پاییز	
±۰/۱۰۱۶	±۰/۰۸۹	۸/۰×۱۰ ^{-۳}	۰/۸۴	بهار	چاه شماره ۳
±۰/۸۱۶	±۰/۰۴۵	۲/۰×۱۰ ^{-۳}	۰/۵۲	تابستان	
±۰/۴۱۴	±۰/۰۴۵	۲/۰×۱۰ ^{-۳}	۱/۰۲	پاییز	
±۰/۳۱۵	±۰/۰۱۸	۳/۲×۱۰ ^{-۴}	۰/۵۱	بهار	چاه شماره ۶
±۰/۴۱۴	±۰/۰۴۵	۲/۰×۱۰ ^{-۳}	۱/۰۲	تابستان	
±۰/۱۱۸	±۰/۰۰۹	۸/۰×۱۰ ^{-۵}	۰/۵۰۶	پاییز	
±۰/۵۳	±۰/۰۵۵	۳/۰×۱۰ ^{-۳}	۱/۰۴	بهار	چاه شماره ۷
±۰/۱۱۸	±۰/۰۰۹	۸/۰×۱۰ ^{-۵}	۰/۵۰۶	تابستان	
±۰/۲۱۲	±۰/۰۱۳	۱/۸×۱۰ ^{-۴}	۰/۵۹۴	پاییز	
±۰/۲۴	±۰/۰۷۶	۵/۷×۱۰ ^{-۳}	۰/۳۱۲	بهار	چاه شماره ۷
±۰/۹۱۹	±۰/۰۵۹	۳/۵×۱۰ ^{-۳}	۰/۵۹۶	تابستان	
				پاییز	

جدول شماره (۴): محاسبات آماری نتایج آزمایش ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک - سال ۱۳۷۸

انحراف استاندارد نسبی	انحراف استاندارد	واریانس	میانگین (میلی گرم در لیتر)	فصل نمونه برداری	محل نمونه برداری
±۰.۸/۸	±۰.۰۰۱۸	۳/۲×۱۰ ^{-۶}	۰.۰۲۰۲	بهار	چاه شماره ۱
±۰.۱/۰	±۰.۰۰۲۱	۴/۳×۱۰ ^{-۶}	۰.۰۲۰۴	تابستان	
±۰.۱۱/۹	±۰.۰۰۲۱	۴/۳×۱۰ ^{-۶}	۰.۰۱۷۴	پاییز	
±۰.۹/۶	±۰.۰۰۰۲۷	۷/۳×۱۰ ^{-۸}	۰.۰۰۲۸	زمستان	
±۰.۱۳/۰	±۰.۰۰۵۲	۲/۷×۱۰ ^{-۵}	۰.۰۳۹۸	بهار	چاه شماره ۲
-	-	-	-	تابستان	
±۰.۱۸	±۰.۰۰۰۴	۱/۵×۱۰ ^{-۷}	۰.۰۰۲۱	پاییز	
±۰.۲۸	±۰.۰۰۰۳	۹/۷×۱۰ ^{-۸}	۰.۰۰۱۱	زمستان	
±۰.۱۳	±۰.۰۰۰۴	۱/۶×۱۰ ^{-۷}	۰.۰۰۳۹۶	بهار	چاه شماره ۳
±۰.۱۳/۷	±۰.۰۰۲۸	۷/۸×۱۰ ^{-۶}	۰.۰۲۰۴	تابستان	
±۰.۶/۶	±۰.۰۰۱۳	۱/۷×۱۰ ^{-۶}	۰.۰۱۹۸	پاییز	
±۰.۶/۷	±۰.۰۰۰۰۱	۱/۳×۱۰ ^{-۱۰}	۰.۰۰۰۱۷	زمستان	
±۰.۹/۳	±۰.۰۰۰۰۲	۲/۵×۱۰ ^{-۱۰}	۰.۰۰۰۱۷	بهار	چاه شماره ۶
±۰.۲/۷	±۰.۰۰۱۶	۲/۷×۱۰ ^{-۶}	۰.۰۶۰۲	تابستان	
±۰.۲۰/۹	±۰.۰۰۰۲	۴/۲×۱۰ ^{-۸}	۰.۰۰۰۹۸	پاییز	
±۰.۱۷/۵	±۰.۰۰۰۱۸	۳/۲×۱۰ ^{-۸}	۰.۰۰۱۰۲	زمستان	
±۰.۶/۱	±۰.۰۰۰۰۱	۱/۲×۱۰ ^{-۱۰}	۰.۰۰۰۱۸	بهار	چاه شماره ۷
±۰.۱۰/۷	±۰.۰۰۰۲	۴/۷×۱۰ ^{-۶}	۰.۰۲۰۲	تابستان	
±۰.۱۳/۳	±۰.۰۰۰۱	۱/۷×۱۰ ^{-۶}	۰.۰۰۰۹۸	پاییز	
±۰.۶/۲	±۰.۰۰۰۴	۱/۴×۱۰ ^{-۷}	۰.۰۰۵۹۸	زمستان	

جدول شماره (۵): محاسبات آماری نتایج آزمایش ترکیبات فنلی بر حسب فنل در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک - سال ۱۳۷۸

انحراف استاندارد نسبی	انحراف استاندارد	واریانس	میانگین (میلی گرم در لیتر)	فصل نمونه برداری	محل نمونه برداری
±۰.۹/۴	±۰.۰۴۵	۲/۰×۱۰ ^{-۳}	۰/۴۸۰	بهار	چاه شماره ۱
±۰.۱۰	±۰.۰۵۰	۲/۵×۱۰ ^{-۳}	۰/۴۷۸	تابستان	
±۰.۶/۹	±۰.۰۳۲	۱/۱×۱۰ ^{-۳}	۰/۴۷۶	پاییز	
±۰.۱۰	±۰.۰۲۳	۵/۲×۱۰ ^{-۳}	۲/۱۸	زمستان	
±۰.۱۱	±۰.۰۵	۲/۸×۱۰ ^{-۳}	۰/۴۸۲	بهار	چاه شماره ۲
±۰.۱۶	±۰.۰۲۹	۸/۲×۱۰ ^{-۳}	۱/۷۸	تابستان	
±۰.۵/۴	±۰.۰۲۶	۶/۸×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۸۴	پاییز	
±۰.۱۰/۷	±۰.۰۳۷	۱/۴×۱۰ ^{-۱}	۳/۵	زمستان	
±۰.۳/۴	±۰.۰۱۷	۲/۸×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۹۶	بهار	چاه شماره ۳
±۰.۳/۳	±۰.۰۱۶	۲/۷×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۹۲	تابستان	
±۰.۱/۸	±۰.۰۰۹	۸×۱۰ ^{-۵}	۰/۴۹۶	پاییز	
±۰.۲/۸	±۰.۰۰۸	۷×۱۰ ^{-۳}	۳/۰۲	زمستان	
±۰.۲/۹	±۰.۰۱۴	۲×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۹	بهار	چاه شماره ۶
±۰.۲/۲	±۰.۰۰۱	۱/۲×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۹۲	تابستان	
±۰.۳/۶	±۰.۰۱۸	۳/۲×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۹۲	پاییز	
±۰.۲/۸	±۰.۰۰۷	۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۵	زمستان	
±۰.۲/۲	±۰.۰۰۱	۱/۲×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۸۸	بهار	چاه شماره ۷
±۰.۳/۷	±۰.۰۱۸	۳/۲×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۸۸	تابستان	
±۰.۶/۴	±۰.۰۱۲	۱/۵×۱۰ ^{-۲}	۱/۹	پاییز	
±۰.۹/۵	±۰.۰۵۴	۲/۹×۱۰ ^{-۱}	۵/۶۸	زمستان	

جدول شماره (۶): محاسبات آماری نتایج آزمایش کل کربن آلی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک - سال ۱۳۷۸

انحراف استاندارد نسبی	انحراف استاندارد	واریانس	میانگین (میلی گرم در لیتر)	فصل نمونه برداری	محل نمونه برداری
$\pm 4/0\%$	$\pm 0/12$	$1/5 \times 10^{-2}$	۳/۰	بهار	چاه شماره ۱
$\pm 5/4\%$	$\pm 0/14$	$2/0 \times 10^{-2}$	۲/۶	تابستان	
$\pm 7/0\%$	$\pm 0/08$	$7/0 \times 10^{-3}$	۱/۱۸	پاییز	
$\pm 1/1\%$	$\pm 0/01$	$1/2 \times 10^{-4}$	۰/۹۹۲	زمستان	
$\pm 7/7\%$	$\pm 0/1$	$1/0 \times 10^{-2}$	۱/۳	بهار	چاه شماره ۲
$\pm 7/4\%$	$\pm 0/14$	$2/0 \times 10^{-2}$	۱/۹	تابستان	
$\pm 11/8\%$	$\pm 0/14$	$2/0 \times 10^{-2}$	۱/۲	پاییز	
$\pm 10/4\%$	$\pm 0/09$	$8/0 \times 10^{-3}$	۰/۸۶	زمستان	
$\pm 4/1\%$	$\pm 0/09$	$8/0 \times 10^{-3}$	۲/۱۶	بهار	چاه شماره ۳
$\pm 7/1\%$	$\pm 0/1$	$1/0 \times 10^{-2}$	۱/۴	تابستان	
$\pm 5/0\%$	$\pm 0/1$	$1/0 \times 10^{-2}$	۲/۰	پاییز	
$\pm 7/1\%$	$\pm 0/07$	$5/0 \times 10^{-3}$	۱/۰	زمستان	
$\pm 4/3\%$	$\pm 0/1$	$1/0 \times 10^{-2}$	۲/۳	بهار	چاه شماره ۶
$\pm 6/2\%$	$\pm 0/15$	$2/3 \times 10^{-2}$	۲/۴۴	تابستان	
$\pm 8/6\%$	$\pm 0/09$	$8/0 \times 10^{-3}$	۱/۰۴	پاییز	
$\pm 2/7\%$	$\pm 0/08$	$7/0 \times 10^{-3}$	۲/۲۸	زمستان	
$\pm 5/2\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۱/۰۴	بهار	چاه شماره ۷
$\pm 1/1\%$	$\pm 0/2$	$4/0 \times 10^{-2}$	۱/۸	تابستان	
$\pm 6/4\%$	$\pm 0/12$	$1/5 \times 10^{-2}$	۱/۹	پاییز	
$\pm 9/5\%$	$\pm 0/54$	$2/9 \times 10^{-1}$	۵/۶۸	زمستان	

جدول شماره (۷): محاسبات آماری نتایج آزمایش اکسیژن خواهی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک - سال ۱۳۷۸

انحراف استاندارد نسبی	انحراف استاندارد	واریانس	میانگین (میلی گرم در لیتر)	فصل نمونه برداری	محل نمونه برداری
$\pm 4/1\%$	$\pm 0/26$	$6/8 \times 10^{-2}$	۶/۳۶	بهار	چاه شماره ۱
$\pm 2/5\%$	$\pm 0/15$	$2/2 \times 10^{-2}$	۶/۰۲	تابستان	
$\pm 1/2\%$	$\pm 0/07$	$5/0 \times 10^{-3}$	۶/۰۰	پاییز	
$\pm 2/18\%$	$\pm 0/14$	$2/0 \times 10^{-2}$	۵/۰۰	زمستان	
$\pm 2/0\%$	$\pm 0/12$	$1/5 \times 10^{-2}$	۶/۰۰	بهار	چاه شماره ۲
$\pm 2/18\%$	$\pm 0/28$	$8/0 \times 10^{-2}$	۱/۰۰	تابستان	
$\pm 2/18\%$	$\pm 0/22$	$5/2 \times 10^{-2}$	۸/۰۸	پاییز	
$\pm 2/0\%$	$\pm 0/46$	$2/1 \times 10^{-1}$	۱۵/۰۴	زمستان	
$\pm 1/5\%$	$\pm 0/09$	$8/0 \times 10^{-3}$	۶/۰۴	بهار	چاه شماره ۳
$\pm 0/9\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۶/۰۶	تابستان	
$\pm 0/9\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۶/۱۶	پاییز	
$\pm 0/5\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۱۰/۰۴	زمستان	
$\pm 0/9\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۶/۰۴	بهار	چاه شماره ۶
$\pm 0/5\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۱۰/۰۴	تابستان	
$\pm 1/1\%$	$\pm 0/09$	$8/0 \times 10^{-3}$	۸/۰۶	پاییز	
$\pm 1/1\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۵/۰۴	زمستان	
$\pm 2/4\%$	$\pm 0/14$	$2/0 \times 10^{-2}$	۶/۰۰	بهار	چاه شماره ۷
$\pm 0/9\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۶/۰۴	تابستان	
$\pm 1/5\%$	$\pm 0/09$	$8/0 \times 10^{-3}$	۶/۰۴	پاییز	
$\pm 1/1\%$	$\pm 0/05$	$3/0 \times 10^{-3}$	۵/۰۴	زمستان	

Clark, R. M. and Fronk, C. A. 1988. In Removing organic contaminants from groundwater, Environ. Sci. Technol., 22(10): 1126-1130.

Koehn, J. W and Stanko, G. H. 1988. In groundwater monitoring; Environ. Sci. Technol., 22(11): 1262-1264.

Mackay, D. M. and Roberts, Cherry, J. A. 1985. In transport of organic contaminants in groundwater; Environ. Sci. Technol., 19(5): 384-392.

Regional organization for the protection of marine environment Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Method (MOOPAM).1982.

Standard Method for the Examination of water and wastewater. 17th edition. 1989. Text book.

پیشنهادها

- ۱- ترمیم و بازسازی پوشش بتنی و ایزولاسیون کامل کف حوضچه‌های تخلیه مواد نفتی و بهبود سیستم‌های جداکننده نفت از آب و کاهش حجم تخلیه مواد نفتی به حوضچه‌های تبخیر.
- ۲- ترمیم و ایزولاسیون کامل جوی‌های انتقال آب باران و عدم هدایت پساب‌ها به چاه‌های جذبی.
- ۳- نشت‌یابی و ترمیم لوله‌های انتقال زیرزمینی مخازن و تعمیر و نگهداری مناسب از آنها.
- ۴- استفاده از سیستم‌های حفاظت کاتدی، جلوگیری از پدیده خوردگی و ایزولاسیون و انجام پوشش مناسب در سطوح خارج و داخل لوله‌ها.
- ۵- استفاده از مخازن دو جداره سکودار در موارد خاص، به نحوی که نشت مواد نفتی در آنها قابل رؤیت باشد.

یادداشت‌ها

1. Mesozoic
2. Land Subsidence

منابع مورد استفاده

بذرافشان، ع و همکاران. ۱۳۷۷. بررسی آلودگی منابع آب زیرزمینی منطقه صنعتی ری، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران.

سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۱۳۷۳. استاندارد خروجی فاضلاب‌ها.

محمودی، س. ۱۳۷۸. تخصیص و حفاظت میدان‌های زیرزمینی واپسین - راهکارهای اقتصادی تأمین آب شهرهای ایران، چهارمین سمینار مشترک آب و فاضلاب ایران و آلمان، تهران.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات ایران. ۱۳۷۶. استاندارد شماره ۱۰۵۳ (ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی).

Annual book of ASTM Standards. 1998. Water and Environmental Technology. Volume 11.01, 11.02.