



فصلنامه علوم محیطی، دوره هفدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

۹۵-۱۰۴

تخمین پارامترهای هیدرودینامیک LNAPL در آبخوان گستره‌ی شهر صنعتی ری (جنوب تهران)

سارا سعیدی*، حمیدرضا ناصری، کمال خدایی و یاسر نیک پیمان

گروه آموزشی زمین شناسی معدنی و آب، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۳

سعیدی، س.، ح. ناصری، ک. خدائی و ی. نیک پیمان. ۱۳۹۸. تخمین پارامترهای هیدرودینامیک LNAPL در آبخوان گستره‌ی شهر صنعتی ری (جنوب تهران). فصلنامه علوم محیطی. ۱۷ (۱): ۹۵-۱۰۴.

سابقه و هدف: آلودگی‌های محیط زیستی، بویژه روند افزایشی آلودگی‌های منبع‌های آب ناشی از نشت مواد نفتی به یکی از نگرانی‌های اصلی جامعه‌های پیشرفته بشری تبدیل شده است.

مواد و روش‌ها: در گستره شهر صنعتی ری واقع در جنوب تهران، فعالیت‌های نفتی سبب آلودگی آبخوان شده است، بنابراین با توجه به اینکه ترکیب‌های نفتی سبک (Light Non-Aqueous Phase Liquid (LNAPL)) بعنوان منبع انتشار آلودگی در آب‌های زیرزمینی هم در منطقه اشباع و هم در منطقه غیراشباع عمل می‌کند، بنابراین پاک‌سازی آبخوان از LNAPL ضروری است. بطور معمول آگاهی از پارامترهای هیدرودینامیک آبخوان از قبیل قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی، برای تعیین نوع روش برداشت و حذف LNAPL بسیار ضروری است. برای تخمین این پارامترها، روش‌های مختلفی از قبیل Manual skimming, Baildown test، آنالیز عملکرد سیستم برداشت و ردیابی وجود دارد.

نتایج و بحث: در این تحقیق از روش Baildown test برای تعیین قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی LNAPL آبخوان استفاده شده است. این روش، شامل حذف کل LNAPL از داخل چاه و فیلتریک آن یا جابه‌جا کردن بخشی از حجم، بمنظور ایجاد اختلاف بار هیدرولیکی است. پس از ایجاد اختلاف بار، سرعت بازگشت سطح سیال سنجیده می‌شود. این آزمایش محدود به شعاع تأثیر چاه است.

نتیجه‌گیری: بنابر نتایج آزمایش Baildown در ۱۰ حلقه از چاه‌های گستره مورد مطالعه، میزان قابلیت انتقال LNAPL در آبخوان مورد مطالعه بین ۰/۰۸۵ تا ۱۱/۵۰۶ متر مربع بر روز و میزان هدایت هیدرولیکی بین ۰/۰۱ تا ۱/۶۲ متر بر روز متغیر است. بیشترین میزان قابلیت انتقال LNAPL در بخش شرقی و شمال شرقی گستره مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: پاک‌سازی آلودگی نفتی، قابلیت انتقال LNAPL، روش Baildown test، شهر صنعتی ری.

* Corresponding Author. E-mail Address: Sara.Saidi1222@gmail.com

مقدمه

آلودگی‌های محیط زیستی، بویژه روند افزایشی آلودگی‌های منبع‌های آب ناشی از نشت مواد نفتی به یکی از نگرانی‌های اصلی جامعه‌های پیشرفته بشری تبدیل شده است. همچنین، آلودگی نفتی در محیط زیست عامل بروز بیماری‌های مختلف همچون سرطان و بیماری‌های ریوی و پوستی است. بنابراین، ضرورت دارد تا آلودگی از آبخوان پاک‌سازی شود.

در زمینه‌ی تخمین پارامترهای هیدرودینامیک آبخوان حاوی سیال LNAPL تاکنون بررسی‌های قابل توجهی در ایران انجام نشده است، از این رو، با توجه به اهمیت مطالعه‌ی این گونه پارامترها، مطالعه‌ی حاضر می‌تواند بعنوان پژوهشی نو در این زمینه بشمار آید. از تحقیق‌هایی که در گستره‌ی مورد پژوهش انجام شده است، می‌توان از مطالعات (منتشر نشده‌ی) کارشناسان داخلی و کمیته‌ی راهبری پالایشگاه تهران درباره‌ی آلودگی نفتی گستره شهر صنعتی ری یاد کرد. شاید بتوان بررسی منبع‌های آب و خاک منطقه توسط شرکت ژاپنی ایدیمیتسو (Idemitsu, 2004)^۱ را که طی دو فاز مجزا صورت پذیرفته است، از جامع‌ترین مطالعات از این دست بشمار آورد. البته مطالعه‌ی آلودگی منبع‌های آب و خاک منطقه توسط شرکت FTS (2006) ادامه یافته است. هدف‌های این پژوهش‌ها بطور کلی تعیین منبع‌های عمده‌ی آلودگی نفتی گستره‌ی صنعتی ری، برآورد حجم مواد نفتی موجود در زیر زمین، بررسی امکان استخراج، کنترل مواد آلاینده و جلوگیری از گسترش آلودگی به منطقه‌های پایین دست بوده است.

همچنین، Nassery et al. (1387) در پژوهش خود با استفاده از مطالعات ژئوفیزیک و هیدروژئوشیمی، به این نتیجه رسیده‌اند که احتمالاً بیش از ۶۰ درصد از منبع‌های آب زیرزمینی موجود در آبخوان گستره صنعتی ری از لحاظ کیفی برای شرب قابل بهره‌برداری نبوده و نیازمند تصفیه است.

آلودگی‌های محیط زیستی، بویژه روند افزایشی آلودگی‌های منبع‌های آب ناشی از نشت مواد نفتی به یکی از نگرانی‌های اصلی جامعه‌های پیشرفته بشری تبدیل شده است. همچنین، آلودگی نفتی در محیط زیست عامل بروز بیماری‌های مختلف همچون سرطان و بیماری‌های ریوی و پوستی است. بنابراین، ضرورت دارد تا آلودگی از آبخوان پاک‌سازی شود.

در زمینه‌ی تخمین پارامترهای هیدرودینامیک آبخوان حاوی سیال LNAPL تاکنون بررسی‌های قابل توجهی در ایران انجام نشده است، از این رو، با توجه به اهمیت مطالعه‌ی این گونه پارامترها، مطالعه‌ی حاضر می‌تواند بعنوان پژوهشی نو در این زمینه بشمار آید. از تحقیق‌هایی که در گستره‌ی مورد پژوهش انجام شده است، می‌توان از مطالعات (منتشر نشده‌ی) کارشناسان داخلی و کمیته‌ی راهبری پالایشگاه تهران درباره‌ی آلودگی نفتی گستره شهر صنعتی ری یاد کرد. شاید بتوان بررسی منبع‌های آب و خاک منطقه توسط شرکت ژاپنی ایدیمیتسو (Idemitsu, 2004)^۱ را که طی دو فاز مجزا صورت پذیرفته است، از جامع‌ترین مطالعات از این دست بشمار آورد. البته مطالعه‌ی آلودگی منبع‌های آب و خاک منطقه توسط شرکت FTS (2006) ادامه یافته است. هدف‌های این پژوهش‌ها بطور کلی تعیین منبع‌های عمده‌ی آلودگی نفتی گستره‌ی صنعتی ری، برآورد حجم مواد نفتی موجود در زیر زمین، بررسی امکان استخراج، کنترل مواد آلاینده و جلوگیری از گسترش آلودگی به منطقه‌های پایین دست بوده است.

همچنین، Nassery et al. (1387) در پژوهش خود با استفاده از مطالعات ژئوفیزیک و هیدروژئوشیمی، به این نتیجه رسیده‌اند که احتمالاً بیش از ۶۰ درصد از منبع‌های آب زیرزمینی موجود در آبخوان گستره صنعتی ری از لحاظ کیفی برای شرب قابل بهره‌برداری نبوده و نیازمند تصفیه است.

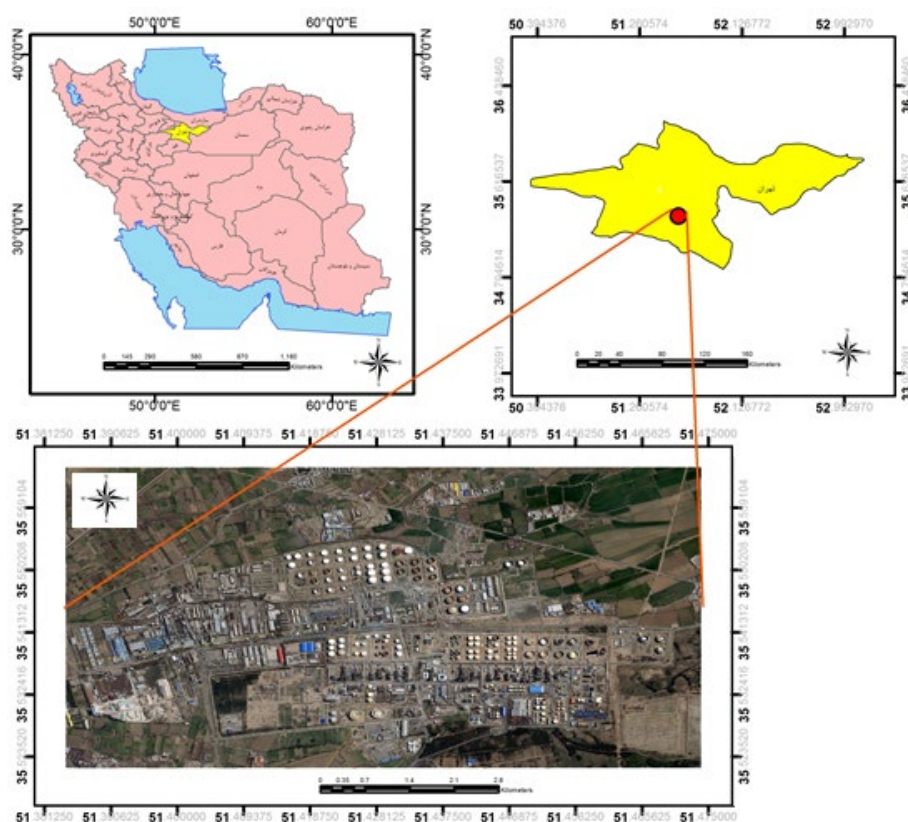
در فاصله شش کیلومتری جنوب شرق تهران قرار گرفته و دسترسی به آن از طریق اتوبان تهران- قم یا اتوبان بهشت‌زهرامکان‌پذیر است (Gitashenasi geographical and cartographic institute, 1375). زمین‌های شهری از آبرفت‌های سیلابی دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز (در شمال تهران) تشکیل شده است. این منطقه به سه بخش مسکونی در انتهای شمالی با مساحتی بالغ بر ۲۰۰۰ هکتار، کشاورزی واقع در بخش جنوبی با مساحتی برابر ۶۳۰۰ هکتار و صنعتی با وسعتی حدود ۹۰۰ هکتار تقسیم می‌شود.

در این پژوهش، از نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی چاه‌های انتخابی در آبخوان گستره مورد مطالعه و داده‌های حاصل از عمق سطح آب‌زیرزمینی (متر)، عمق سطح نفت (متر) و زمان (دقیقه) طی انجام آزمایش پمپاژ بهره‌گیری شده است (شکل ۲).

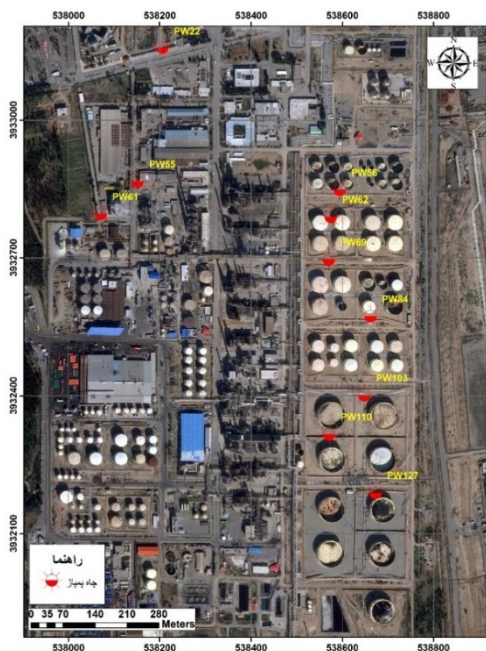
هدف اصلی این پژوهش تخمین قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی آبخوان حاوی سیال LNAPL در گستره‌ی مورد مطالعه است. افزون بر این، بهره‌گیری از یافته‌ها و نتایج این پژوهش در مدل‌سازی و مطالعات مرتبط با آن نیز عنوان هدف فرعی مدنظر بوده است.

مواد و روش‌ها

گستره مورد مطالعه، واقع بین ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی و ۳۸ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۴۷ دقیقه طول شرقی، شامل بخشی از آبخوان اصلی دشت تهران (بخش جنوبی دشت تهران) و شهرستان ری است (شکل ۱). شهرستان ری از شمال و شرق به شهرستان تهران و از جنوب به شهرستان ساوه محدود می‌شود. مرکز این شهرستان، شهر ری است که



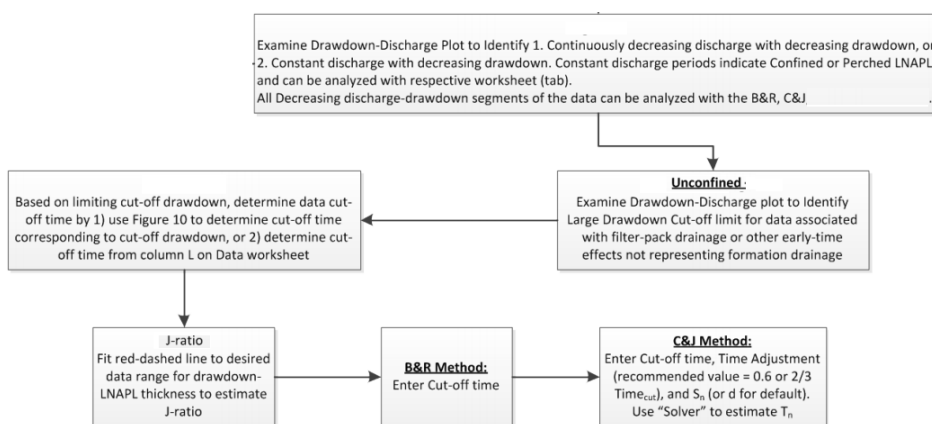
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی گستره‌ی مورد مطالعه
Fig. 1- Geographical location of the study area



شکل ۲- چاه‌های منتخب برای انجام آزمایش پمپاژ در گستره شهر صنعتی ری (جنوب تهران)
 Fig. 2- Selected wells for the pumping test in Rey industrial area (south of Tehran)

است. آزمایش Baidown در LNAPL شرایط چاه را منعکس می‌کند، بنابراین محدود به شعاع تأثیر است. مدت زمان آزمایش به طور معکوس به قابلیت انتقال LNAPL و به طور مستقیم به شعاع تأثیر چاه بستگی دارد. چندین روش تحلیلی برای آنالیز اطلاعات آزمایش Baidown برای تعیین قابلیت انتقال LNAPL از قبیل (Cooper and Jacob, 1946; Papadopulos *et al.*, 1967) و (Bouwer and Rice, 1976) وجود دارد (شکل ۳).

با توجه به شرایط هیدروژئولوژی گستره شهر صنعتی ری، هزینه، ضخامت LNAPL و محدودیت زمانی از آزمایش Baidown استفاده شده است. به این صورت که حجمی از LNAPL به سرعت از چاه تخلیه و نرخ بازگشت سطح سیال (آب زیرزمینی و LNAPL) اندازه‌گیری و آنالیز می‌شود. نیاز نداشتن به تجهیزات تخصصی و پمپاژ میزان قابل توجه LNAPL یا آب از مزیت‌های آزمایش Baidown نسبت به دیگر روش‌ها



شکل ۳- مرحله‌های انجام پژوهش (API, 2016)
 Fig. 3- Steps to conduct the research (API, 2016)

$s =$ افت LNAPL (متر)

$S_n =$ ضریب ذخیره آبخوان حاوی سیال LNAPL

$r_e =$ شعاع تأثیر چاه (متر)

$t =$ زمان (دقیقه)

$V_n =$ حجم LNAPL (لیتر)

میزان هدایت هیدرولیکی آبخوان حاوی سیال

LNAPL با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$K = T/b \quad (۴)$$

$K =$ هدایت هیدرولیکی آبخوان حاوی سیال

LNAPL (متر بر روز)

$T =$ قابلیت انتقال آبخوان حاوی سیال LNAPL

(متر مربع بر روز)

$b =$ ضخامت LNAPL (متر)

برای تعیین پارامترهای هیدرودینامیک آبخوان

حاوی سیال LNAPL، با توجه به شرایط حاکم بر آبخوان

آزاد از دو معادله‌ی (Cooper and Jacob, 1946) و

(Bouwer and Rice, 1976) استفاده شده است. این دو

روش برای تعیین قابلیت انتقال آبخوان حاوی سیال

LNAPL، از جریان ورودی LNAPL از سازند به چاه و

افت سطح LNAPL به صورت تابعی از زمان استفاده

می‌کنند. لازم به بیان است که عمق سطح آب زیرزمینی

قبل از شروع آزمایش بین ۱۸/۹۹۵ تا ۲۹/۹۱۰ متر و عمق

سطح LNAPL قبل از شروع پمپاژ بین ۱۴/۱۸۰ تا

۱۹/۰۳۰ متر متغیر بوده است (جدول ۱).

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تعیین چگالی و ویسکوزیته

LNAPL در ۱۰ حلقه چاه بر اساس نمونه‌برداری و

اندازه‌گیری در آزمایشگاه پالایشگاه تهران و پژوهشکده

علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی شهید بهشتی در

گستره مورد مطالعه مشخص شده است (جدول ۲). میزان

چگالی نسبی (LNAPL به آب) بین ۰/۷۸ تا ۰/۸۳ و

شکل کلی معادله‌ی باور و رایس به صورت زیر است

(API, 2016).

$$T_n = \frac{r_e^2 \ln\left(\frac{R}{r_e}\right) \ln\left(\frac{S_n(t_1)}{S_n(t)}\right)}{2(-J)(t-t_1)} \quad (۱)$$

$T_n =$ قابلیت انتقال آبخوان حاوی سیال LNAPL

(متر مربع بر روز)

$s_n =$ افت LNAPL (متر)

$R =$ شعاع تأثیر آبخوان (متر)

$r_e =$ شعاع تأثیر چاه (متر)

$J =$ نسبت Kirkman

$t_1 =$ زمان اولیه (دقیقه)

$t =$ زمان پایانی (دقیقه)

نسبت J ، شیب نمودار خطی افت LNAPL و

ضخامت LNAPL چاه است (رابطه ۲). زمانی که قابلیت

انتقال آب زیرزمینی موجود در لوله‌ی مشبک چاه کمتر

از قابلیت انتقال LNAPL باشد، این نسبت برابر با یک

می‌شود

(Lundy and Zimmerman, 1996). در موقعیتی که

قابلیت انتقال آب زیرزمینی بیشتر از قابلیت انتقال

LNAPL موجود در لوله‌ی مشبک باشد، نسبت J برابر با

$1/(1-\rho_f)$ می‌شود (Huntley, 2000).

$$J = \Delta S_n / \Delta b_n \quad (۲)$$

$J =$ نسبت Kirkman

$\Delta S_n =$ تغییرات افت (متر)

$\Delta b_n =$ تغییرات ضخامت (متر)

رابطه‌ی ۳ شکل کلی معادله‌ی کوپر و ژاکوب است

(API, 2016).

$$V_n(t_i) = \sum_j^i \frac{4\pi T_n s_j}{\ln\left(\frac{2.25 T_n t_j}{r_e^2 S_n}\right)} \Delta t_j \quad (۳)$$

$T_n =$ قابلیت انتقال آبخوان حاوی سیال LNAPL

(متر مربع بر روز)

است. بیشترین میزان ضخامت LNAPL در بخش شرقی و شمال شرقی گستره مورد مطالعه بوده است. میزان LNAPL برداشت شده و دبی پمپاژ در جدول ۱ نشان داده شده است. بنابر نتایج آزمایش Baidown در ۱۰ حلقه چاه، میزان قابلیت انتقال آبخوان حاوی سیال LNAPL در آبخوان مورد مطالعه بین ۰/۰۸۵ تا ۱۱/۵۰۶ متر مربع بر روز و میزان هدایت هیدرولیکی بین ۰/۰۶ تا ۱/۵۵ متر بر روز متغیر است (جدول ۲).

بنابر جدول ۲ قابلیت انتقال آبخوان حاوی سیال LNAPL تحت تأثیر ضخامت، ویسکوزیته و چگالی آن است. با افزایش ضخامت LNAPL و کاهش ویسکوزیته آن میزان قابلیت انتقال LNAPL افزایش یافته است، همچنین با افزایش چگالی و ویسکوزیته و کاهش ضخامت LNAPL، میزان قابلیت انتقال آن کاهش یافته است. به همین دلیل است که در بخش شرقی و شمال شرقی گستره مورد مطالعه که بیشترین ضخامت LNAPL وجود دارد، قابلیت انتقال آبخوان شامل سیال LNAPL در بیشترین میزان خود است (شکل های ۴ و ۵).

میزان ویسکوزیته بین ۰/۶۰ تا ۱/۹۱ سانتی استوکس متغیر است که نشانگر ترکیب کمابیش یکسان مواد نفتی است.

برای بررسی چگونگی تأثیر پمپاژ هر چاه بر سطح LNAPL در چاه های مجاور بطور همزمان سطح LNAPL در چاه پمپاژ و چاه مجاور توسط دستگاه اینترفیس سنج اندازه گیری شده است. این آزمایش برای شش حلقه چاه PW110-PW103 و PW61-PW55، PW56-PW62 انجام شده است. طی مدت اندازه گیری که حداکثر تا ۳۳ ساعت پس از آزمایش پمپاژ ادامه داشته، پمپاژ بر سطح LNAPL، چاه های مجاور تأثیر قابل توجهی نداشته است. دلیل این تأثیر نداشتن، احتمالاً دانه بندی آبخوان و ویسکوزیته LNAPL است.

تغییرپذیری های مکانی پارامترهای هیدرودینامیک و ضخامت LNAPL

ضخامت LNAPL براساس اندازه گیری عمق سطح آب زیرزمینی و LNAPL در اسفند ۱۳۹۵ در آبخوان گستره مورد مطالعه بین ۲/۷۳ تا ۱۴/۳۰۵ متر متغیر بوده

جدول ۱- ویژگی های چاه های پمپاژ

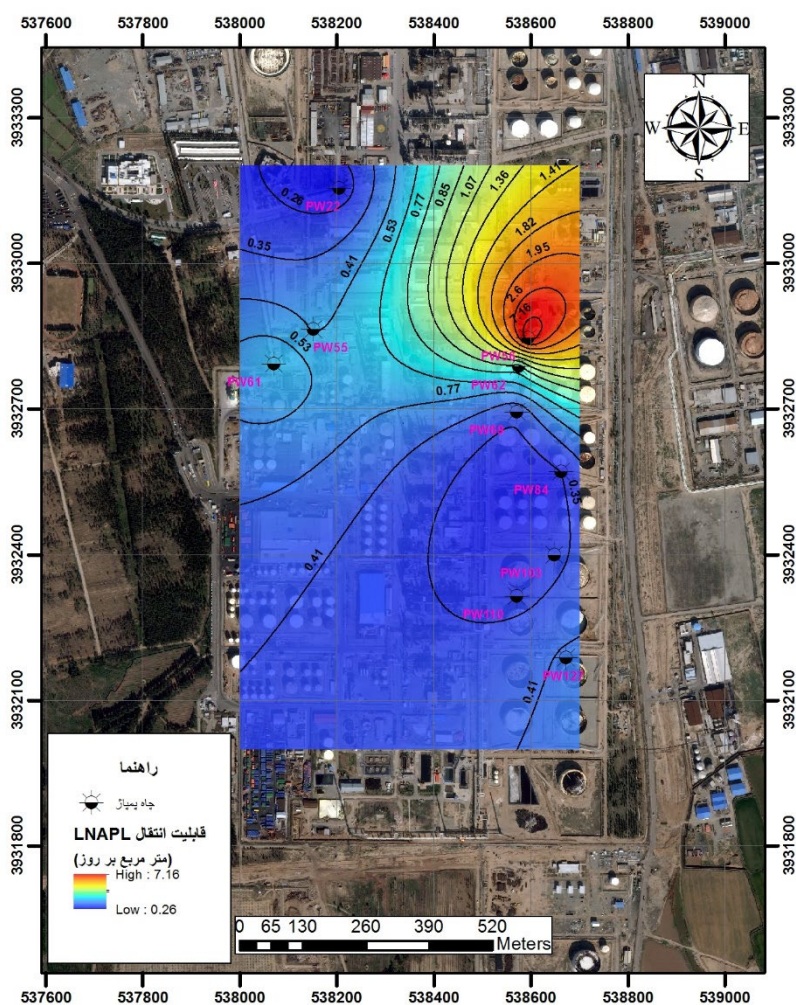
Table 1. Characteristics of the pumping wells

شماره چاه Well number	ضخامت LNAPL (متر) LNAPL thickness (m)	چگالی نسبی (LNAPL به آب) Relative density LNAPL to Water	ویسکوزیته (cst) Viscosity (cst)	قابلیت انتقال LNAPL (مترمربع بر روز) LNAPL Transmissivity (m ² /day)		هدایت هیدرولیکی LNAPL (متر بر روز) LNAPL Hydraulic conductivity(m/day)	
				روش باور و ژاکوب (۱۹۴۶) (Cooper and Jacob method (1946))	روش رایس (۱۹۷۶) (Bouwer and Rice method (1976))	روش باور و ژاکوب (۱۹۴۶) (Cooper and Jacob method (1946))	روش رایس (۱۹۷۶) (Bouwer and Rice method (1976))
PW22	3.91	0.78	0.63	0.313	0.261	0.08	0.06
PW55	4.46	0.78	0.67	2.459	1.819	0.55	0.40
PW56	14.305	0.78	0.6	11.506	7.163	0.80	0.50
PW61	2.73	0.78	0.63	4.426	1.945	1.55	0.71
PW62	6.9	0.78	0.75	4.808	2.591	0.70	0.38
PW69	6.37	0.78	0.78	0.085	1.07	0.17	0.17
PW84	4.625	0.82	1.31	0.892	0.523	0.19	0.11
PW103	6.99	0.82	1.21	0.673	0.845	0.11	0.12
PW110	7.01	0.81	1.28	0.612	0.767	0.09	0.11
PW127	5.215	0.83	1.91	1.882	1.369	0.36	0.26

جدول ۲- پارامترهای محاسبه شده در آزمایش پمپاژ

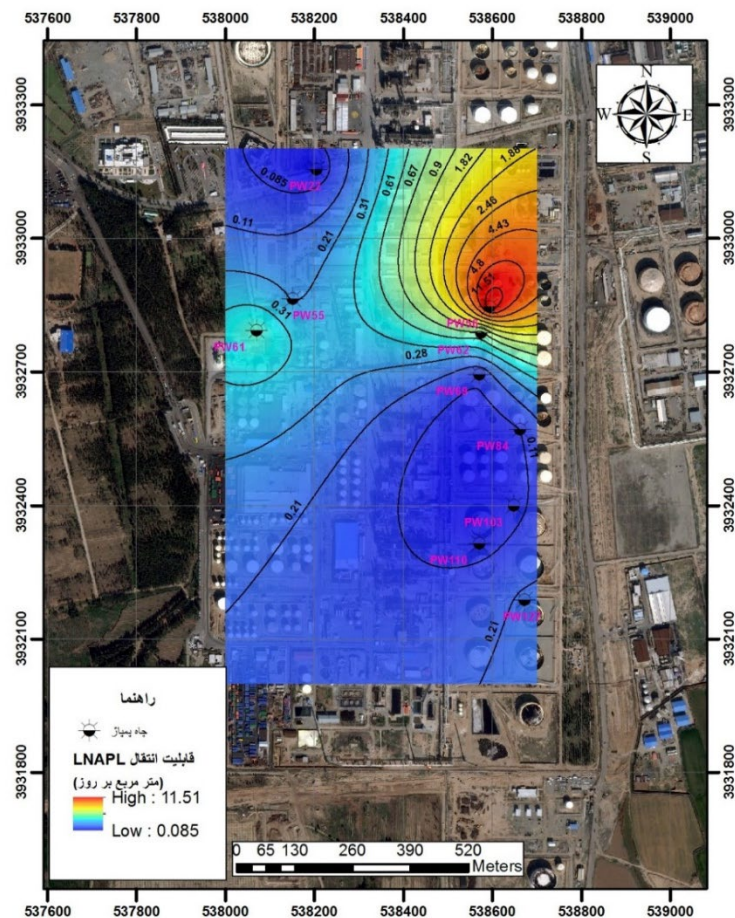
Table 2. Calculated parameters in the pumping test

شماره چاه Well number	دبی پمپاژ (متر مکعب بر دقیقه) Pumping discharge (m ³ /min)	میزان برداشت شده از چاه (مترمکعب) The volume of LNAPL pumped from the well(m ³)	عمق سطح LNAPL قبل از پمپاژ (متر) Depth of LNAPL level before pumping(m)	عمق سطح آب زیرزمینی قبل از پمپاژ (متر) Depth of ground water level before pumping(m)
PW22	0.14	1.115	17.790	21.700
PW55	0.17	1.050	19.030	23.490
PW56	0.09	5.145	15.605	29.910
PW61	0.21	0.963	18.390	21.120
PW62	0.09	1.187	14.180	21.080
PW69	0.13	1.163	15.470	21.840
PW84	0.15	1.056	14.370	18.995
PW103	0.11	1.170	14.630	21.620
PW110	0.06	1.188	14.535	21.545
PW127	0.11	1.149	14.680	19.895



شکل ۴- نقشه هم‌قابلیت انتقال LNAPL به روش باور و رایس (Bouwer and Rice, 1976) در گستره مورد مطالعه

Fig. 4- Map of LNAPL Iso-Transmissivity using the Bouwer and Rice (1976) method in the study area



شکل ۵- نقشه هم‌قابلیت انتقال LNAPL به روش کوپر و ژاکوب (Cooper and Jacob, 1946) در گستره مورد مطالعه
 Fig. 5- Map of LNAPL Iso-Transmissivity using the Cooper and Jacob (1946) method in the study area

نتیجه‌گیری

LNAPL بیشترین میزان را نشان می‌دهد. با آگاهی از نتیجه این پژوهش می‌توان در برنامه‌های راهبردی مدیریت آلاینده‌های محیط زیستی منطقه نسبت به اولویت‌بندی منطقه‌ها اقدام نمود. با این حال باید توجه داشت که در کلیه مطالعات علمی سؤالاتی پیش می‌آید، که در تحقیق حاضر می‌توان اشاره داشت که با توجه به پیچیدگی ذاتی در ساز و کار قابلیت انتقال LNAPL و وجود ناهمگنی‌های لیتولوژیک در گستره مورد مطالعه، پیشنهاد می‌شود در کارهای آینده نبود قطعیت‌های موجود در روش‌های تحلیلی گنجانده شده در (API, 2016)، مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های دیگر برای تعیین پارامترهای هیدرودینامیک LNAPL مورد ارزیابی قرار گیرد.

در این پژوهش با توجه به اهمیت آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از نفت تلاش شد تا پارامترهای هیدرودینامیک آبخوان از قبیل قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی، برای تعیین نوع روش برداشت و حذف LNAPL مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس با توجه به اینکه با افزایش ضخامت LNAPL و کاهش ویسکوزیته آن میزان قابلیت انتقال آبخوان حاوی سیال LNAPL افزایش می‌یابد، همچنین با افزایش چگالی و ویسکوزیته و کاهش ضخامت LNAPL، میزان قابلیت انتقال آن کاهش می‌یابد. بنابراین در بخش شرقی و شمال شرقی گستره مورد مطالعه که بیشترین ضخامت LNAPL قابل مشاهده است، قابلیت انتقال آبخوان حاوی سیال

- Gitashenasi geographical and cartographic institute, 1375. Iranian gitashenasi (Iranian mountains and lexicon of mountains), Tehran.
- Nassery, H.R., Modaberi, S. and Falsafi, F., 1387. Contamination of groundwater due to petroleum pollutants in Rey area (South of Tehran). Journal of Islamic Azad University. (JSIAU), No. 81.
- API (American Petroleum Institute), 2016. LNAPL Transmissivity Workbook: A tool for baildown test analysis. Washington, DC.
- ASTM Standards, 2013. The Standard Guide for Estimation of LNAPL Transmissivity, Designation E2856-11. Conshohocken, PA.
- Bouwer, H. and Rice. R. C., 1976. A Slug Test for Determining Hydraulic Conductivity of Unconfined Aquifers With Completely or Partially Penetrating Wells, Water Resources Research. 12, 423-428.
- Cooper, H.H. and Jacob, C.E., 1946. A Generalized Graphical Method for Evaluating Formation Constants and Summarizing Well Field History, Am. Geophys. Union Trans. 27, 526-534.
- FTS, 2006, Measures for Soil and Groundwater Pollution in REY Area. Fusione Techno Solutions Co. Ltd, Iran.
- Huntley, D., 2000. Analytic Determination of Hydrocarbon Transmissivity from Baildown Tests, Groundwater. 38(1), 46 – 52.
- Idemitsu, 2004. Promoted Integrated Production Capabilities at Refineries and Petrochemical Plants, Idemitsu Kosan Co., LTD, Iran.
- Kirkman, A.J. Adamski, M. R. and Hawthorne, J. M., 2013. Identification and Assessment of Confined and Perched LNAPL Conditions. Groundwater Monitoring & Remediation. 33(1), 75-86.
- Lundy, D.A. and Zimmerman, L.M., 1996. Assessing the recoverability of LNAPL plumes for recovery system conceptual design. In Proceedings of the 10th National Outdoor Action Conference and Expo, Las Vegas, Nevada, PP. 19-33.
- Newell, C. J. Acree, S. D. Ross, R. R. and Huling, S. G., 1995. Ground Water Issue: Light Nonaqueous Phase Liquids. EPA Ground Water Issue, No. 28.
- Palmier, C. Dodt, M. and Atteia, O., 2016. Comparison of Oil Transmissivity Methods Using Bail-Down Test Data, Groundwater Monitoring and Remediation. 3, 73-78.
- Papadopulos, I. S. Cooper, H.H. and Bredehoeft, J.D., 1967. Response of A Finite-Diameter Well to an Instantaneous Charge of Water, Water Resources Research. 3(1), 263 – 269.
- Serrano, R. F., 2012, Geotechnical Analysis of Contaminated Sand By Light Non-Aquous Phase Liquids, Doctoral Thesis University of Madrid.
- Waqas, A., 2014. Three Phase (Water, Air and NAPL) Modeling of Bail-Down Test. MS.c. Thesis. University of Stuttgart, Germany.





Environmental Sciences Vol.17 / No.1 / Spring 2019

95-104

Estimation of hydrodynamic parameters of LNAPL in the industrial Shahr-e-Rey Aquifer (southern Tehran)

Sara Saidi^{*}, Hamid Reza Nassery, Kamal Khodaei and Yaser Nikpeyman

¹ Department of Minerals and Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2018.05.13

Accepted: 2019.01.23

Saidi, S., Nassery, H.R., Khodaei, K. and Nikpeyman, Y., 2019. Estimation of hydrodynamic parameters of LNAPL in the industrial Shahr-e-Rey Aquifer (southern Tehran). *Environmental Sciences*. 17 (1): 95-104.

Introduction: Environmental pollution, especially the increasing trend of water resources pollution caused by oil spills, is one of the main concerns of advanced human societies. Considering the dangerous nature of oil contamination for the environment as well as the development of various diseases such as pulmonary and skin diseases and cancer, it is very important to purify the environment.

Material and methods: In the study area, Shahr-e-Ray industrial zone, south of Tehran, petroleum activities have led to aquifer pollution, so that in some parts the thickness of light non-aqueous phase liquid (LNAPL) on the surface of the groundwater reaches more than 20 meters. Since the LNAPL acts as a source of exceeding pollution in the groundwater, in both saturated and unsaturated areas, it is necessary to purify the aquifer, which contains LNAPL fluid. In this regard, awareness of hydrodynamic parameters of the aquifer such as transmissivity and hydraulic conductivity is of great importance and even determinative of the type of recovery methods.

Results and discussion: Because of the hydrogeological conditions of Rey industrial zone, LNAPL thickness and also time limitations, the Baildown test was used to determine hydrodynamic parameters of the aquifer, including transmissivity and hydraulic conductivity. This method involves removing the entire LNAPL from the casing and filter pack by moving part of the volume to create head differences. Afterwards, the fluid level is measured during removal.

Conclusion: Regarding the results of the Baildown test, the range of LNAPL transmissivities in the aquifer varied between 0.085 to 11.506 m²/day and the range of hydraulic conductivities varied 0.01 to 1.62 m/day. According to the Baildown test result, the highest transmissivity of LNAPL in 10 wells was observed in the eastern and northeastern regions of the study area.

Keywords: Oil pollution cleanup, LNAPL transmissivity, Baildown test method, Shahr-e-Ray industrial zone.

^{*} Corresponding Author. *E-mail Address:* Sara.Saidi1222@gmail.com