

مطالعه خطرات زیست محیطی آلاینده‌های منطقه مهریز در ایجاد آلودگی

روی منابع آب زیرزمینی آبخوان یزد

حمیدمهرنهاد^{۱*}، هادی پوردارا^۲

پذیرش مقاله: ۹۵/۰۷/۲۶

دریافت مقاله: ۹۵/۰۳/۰۱

چکیده

آلوده‌کننده‌هایی که به داخل زمین تراوش می‌کنند بدون زیان انتشار نمی‌یابند بلکه آنها با آب زیرزمینی حرکت می‌نمایند و می‌توانند در چاه‌ها دورتر از محل اصلی آلودگی نمایان شوند. چنانچه مواد معدنی، شیمیایی و یا باکتری در کیفیت آب اختلال به وجود آورند آلودگی آب اتفاق افتاده است. در این پژوهش مطالعات بر روی خطرات زیست محیطی آلاینده‌های طبیعی و صنعتی مهریز انجام و آلودگی‌های ناشی از آنها بر روی منابع آب زیرزمینی دشت یزد - اردکان که حدود ۸۰٪ درصد ذخایر آبی استان را در بر می‌گیرد مورد بررسی قرار گرفته است. در منطقه مورد مطالعه تعداد ۱۰ چاه برای نمونه برداری انتخاب و نمونه برداری از چاه‌ها به روش موردی (لحظه‌ای) انجام شد. با توجه به شرایط موجود خصوصیات آب زیرزمینی و میزان حلالیت و تحرک آلاینده‌ها در آب زیرزمینی، پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی مورد نظر برای آزمایش انتخاب و نمونه‌های تهیه شده با استفاده از روش‌های استاندارد مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل از مطالعات زمین شناسی و زمین ریخت شناسی منطقه مورد مطالعه و اثرات آن بر کیفیت آب‌های زیرزمینی نمی‌توان بالا بودن برخی پارامترها و نوسانات آن در منطقه مورد مطالعه را به آلودگی‌های طبیعی نسبت داد. نقشه‌های هم غلظت که بر مبنای نتایج آزمایش نمونه‌های آب در منطقه مورد مطالعه تهیه شده است، نشان می‌دهد که میزان COD و نیترات در جهت جریان آب زیرزمینی روند افزایشی داشته است. ظاهر شدن فلزات سمی و سنگین سرب در برخی نمونه‌ها نشان از ورود آلودگی از منابع غیرطبیعی دارد. بالا بودن میزان کروم شش (Cr^{+6}) در بعضی از نمونه‌ها می‌تواند نتیجه ورود پساب‌های صنعتی یا کشاورزی به منابع آب باشد. با بهره‌گیری از نتایج این پژوهش می‌توان به حل مشکلات اکولوژیکی و بیولوژیکی این منطقه حساس اقدام نمود و در خصوص استقرار صنایع پاک که آلودگی خاص ایجاد نمی‌نمایند تصمیم‌گیری نمود تا ضمن توسعه اقتصادی، مسایل زیست محیطی نیز مورد توجه قرار گیرد..

کلید واژه‌ها: آب زیرزمینی، آلودگی، شهرک صنعتی مهریز، آلاینده

۱. استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد hmehrnahad@yazd.ac.ir

۲. استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد

* مسئول مکاتبات

۱. مقدمه

استان یزد با مساحت بیش از ۷۴۲۱۴ کیلومترمربع (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۰) یکی از نواحی بیابانی فلات مرکزی ایران به شمار می رود و جزء مناطق کم باران به حساب می آید. از نظر برف جزء مناطقی است که سالانه به ندرت در آن برف می بارد. آمار میانگین ۴۲ ساله بارش در شهر یزد نشان دهنده نوسانات شدید میزان بارش در طول این دوره است. میانگین بارش سالیانه در این مدت ۵۹/۱۳ میلی متر بوده است (سازمان هواشناسی یزد، ۱۳۸۲).

رودخانه دائمی در استان وجود ندارد. مهمترین منبع آب مصرفی یزد از منابع آب زیرزمینی و از طریق چاه های عمیق و نیم عمیق و قنات ها بوده است که قنات بیشتر جنبه آبیاری داشته و چاه ها بیشتر برای مصرف شهری و خانگی مورد استفاده قرار می گرفته است (پویا، ۱۳۷۹). افزایش و کاهش میزان دبی این منابع بیشتر به نزولات جوی که رابطه تنگاتنگی با ریزش های جوی دارد، بستگی داشته و گاهی بعلت عدم وجود نزولات جوی و مصرف بی رویه، قنات ها خشک می شدند و آب های زیرزمینی تا ۱۴۰ متر زیر زمین افت ارتفاع پیدا می کردند. با توجه به نزولات جوی کم، منطقه مورد مطالعه و تبخیر بسیار زیاد آن، تغذیه سفره های آب زیرزمینی منطقه تقریباً منتفی است (پاپلی یزدی، ۱۳۸۲). بزرگترین و غنی ترین حوضه از لحاظ ذخیره آب زیرزمینی، حوضه دشت یزد - اردکان می باشد که از جنوب فهرج تا شمال اردکان را در بر می گیرد (مهرنهاد، ۱۳۹۰).

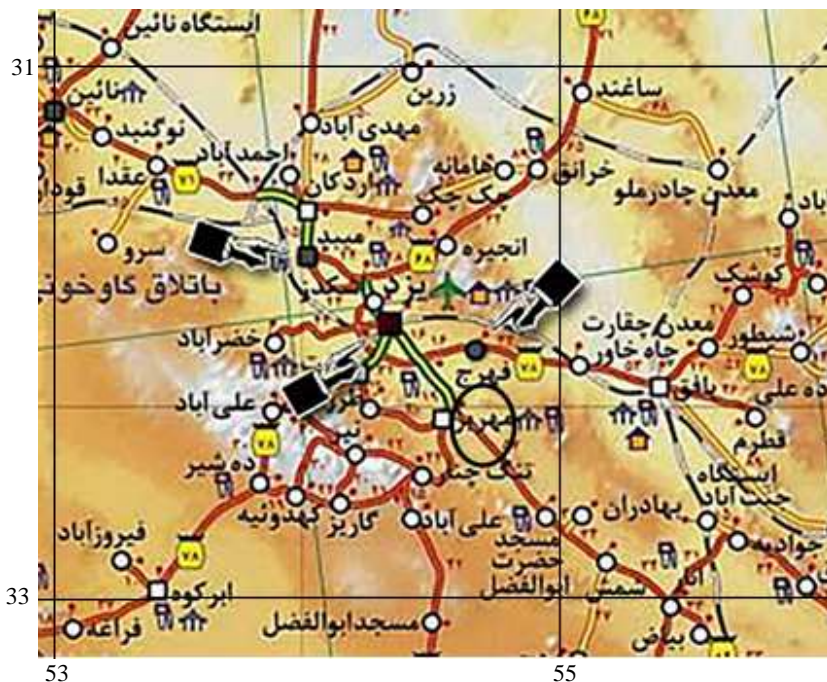
این حوضه دارای حدود ۸۰٪ درصد ذخایر منابع آب زیرزمینی استان است و در حقیقت محل اصلی ذخایر آبی استان را تشکیل می دهد. سرچشمه اصلی تغذیه این حوضه رشته کوه شیرکوه با ارتفاع ۴۰۷۵ متر و بیش از ۳۵۰ میلی متر بارندگی است که از طریق مسیل های تفت و مهریز به دلیل بالا بودن نفوذپذیری زیاد صورت می گیرد (گلزار طرزجانی، ۱۳۸۱).

با توجه به مطالب فوق و همچنین حساس بودن منطقه، اولویت کنترل و حفاظت از این آبخوان که جمعیت زیادی از مردمان این استان از آن بهره می گیرند، می بایست در اولویت خاص همه سازمان ها و مقامات مسئول باشد بنابراین در این پژوهش سعی شده است تا با مطالعه خطرات آلودگی های طبیعی و صنعتی روی منابع آب دشت یزد - اردکان راهکارهایی علمی و کاربردی ارائه شود تا توسعه صنعتی همراه با حفظ محیط زیست امکان پذیر گردد.

۱-۱. منطقه مورد مطالعه

استان یزد در ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی واقع شده و در برگیرنده نامناسب ترین عوامل طبیعی غالب بر فلات مرکزی ایران است (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵). از نظر پستی و بلندی دارای تنوع است و ارتفاع نقاط مختلف آن متفاوت است و از حدود ۸۵۰ متر از سطح دریای آزاد (در اطراف کویر ریگ زرین) تا ۴۰۷۵ متر (شیرکوه) تغییر می کند (مهرشاهی و مهرنهاد، ۱۳۸۳).

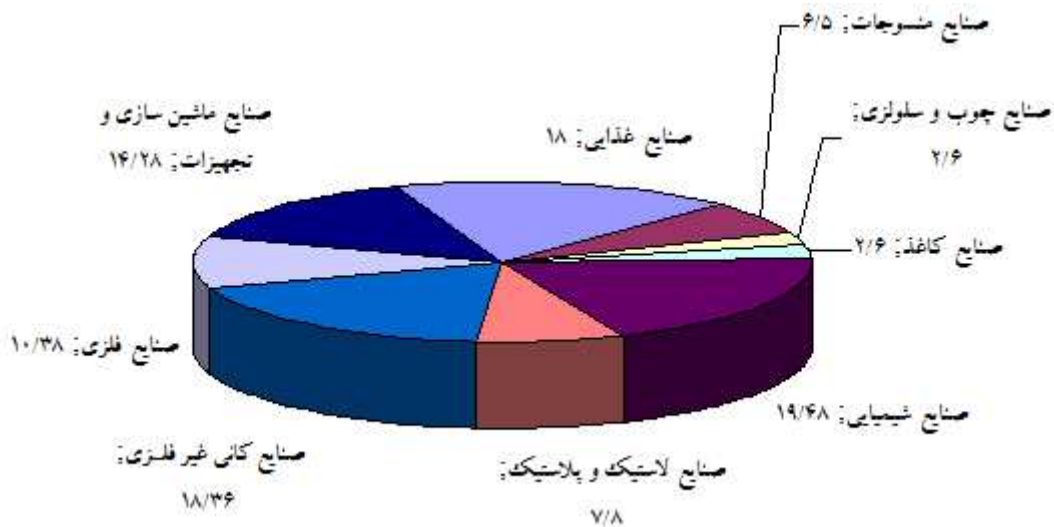
شهرستان مهریز با وسعت ۱۴۶۴۸ کیلومترمربع در ۳۵ کیلومتری جنوب غرب شهر یزد واقع گردیده است. بارندگی سالیانه در شهرستان مهریز ۱۰۳ میلی متر است (سازمان هواشناسی یزد، ۱۳۸۲). هر چند این بارندگی با توجه به درجه حرارت محل کافی نیست، اما در مقایسه با حوضه های بافق و ابرکوه که در مجاورت آن قرار گرفته، بیشتر است (میراب و همکاران، ۱۳۶۸). مهم ترین راه دسترسی به منطقه جاده آسفالتی است که یزد را به استان کرمان و هرمزگان وصل می کند، شهرستان مهریز با توجه به قرارگیری آن در دامنه شیرکوه از یک طرف جزء مناطق بیابانی و خوش آب و هوای استان یزد به شمار می رود (قبادیان، ۱۳۶۱) و از طرف دیگر جزء شهرهای صنعتی استان محسوب می گردد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت شهرستان مهریز

گروه صنایع کانی‌های غیرفلزی و کمترین مربوط به صنایع چوب و سلولزی می‌باشد. امکانات زیربنایی این شهرک، شبکه آبرسانی، مخابرات، برق ۲۰ کیلوولت، معابر آسفالته، شبکه روشنایی، فضای سبز و شبکه جمع‌آوری فاضلاب می‌باشد (شهرک صنعتی یزد، ۱۳۸۱).

۲-۱. وسعت و موقعیت شهرک صنعتی مهریز
شهرک در کیلومتر ۳۳ جاده یزد- کرمان واقع شده است. مساحت این شهرک ۳۰۰ هکتار و در سال ۱۳۷۰ تأسیس شده است. براساس آمار سازمان صنعت، معدن، تجارت تعداد ۱۸۱ واحد فعال در شهرک صنعتی مهریز وجود دارد (پوردارا، ۱۳۸۴) که براساس (شکل ۲) بیشترین تعداد صنایع متعلق به



شکل ۲. درصد تعداد هر یک از صنایع در شهرک صنعتی

۲. روش کار

۱-۲. مطالعات زمین‌شناختی و نقش آن در آلودگی منابع آب
برای مطالعه ویژگی‌های زمین‌شناسی و مورفوتکتونیک عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۹۵۶، تصویر ماهواره‌ای لندست تی‌ام ۲۰۰۳ با قدرت تفکیک ۳۰ متر و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ (نبوی و همکاران ۱۳۶۱) منطقه، به همراه نقشه‌های مغناطیس هوایی ۱:۲۵۰۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفت (یوسفی، فریدریک، ۱۳۵۷). بر روی این عکس‌ها و نقشه‌ها ریخت‌های خطی و تغییر ارتفاع، تغییر مسیر آبراهه‌های اصلی و فرعی بررسی شده و سپس تا حد ممکن بر روی زمین مورد مطالعه قرار گرفتند. در مرحله بعد، با استفاده از نرم‌افزار وین‌تک (Wintek) و برنامه Rose diagram نمودار امتدادی برخی از گسل‌های منطقه تهیه گردید. در نهایت رابطه بین عناصر ساختاری و تکتونیکی (مانند گسل‌ها و فرم‌های تاقدیس و ناودیس) مشخص شد.

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی از تنوع لیتولوژیکی نسبتاً زیادی برخوردار است بعبارت دیگر از نظر نوع و جنس کانی‌ها و تأثیرات تکتونیکی متفاوت می‌باشد (Berberian and King, 1980, Meyertal., 2006).

لذا با توجه به تنوع لیتولوژیکی و pH آب که نقش مهمی در انحلال کانی‌ها دارد به اختصار به نقش هر کدام از تشکیلات زمین‌شناسی در کیفیت آب زیرزمینی اشاره می‌شود (Gupta, Ahmed, 2007; ASTM D 4644-8, 1998). سنگ‌های آذرین، سنگ‌های آذرین منطقه بیشتر از جنس گرانیت بوده که در جنوب غرب منطقه گسترش فراوان دارد و سنگ کف این منطقه را تشکیل می‌دهد (مهرنهاد، ۱۳۷۹). این تشکیلات به دلیل اینکه در محل تغذیه قرار داشته و آب حاصل از نزولات جوی شیرین است و با توجه به سرعت بالای جریان آب در شکستگی‌های آن و حلالیت کم کانی‌های گرانیت، اغلب آب‌هایی که در تماس با این تشکیلات هستند آب‌های شیرین هستند.

تشکیلات آهکی: این تشکیلات از آهک‌های ضخیم لایه کرتاسه و در بعضی جاها از دولومیت تشکیل شده است.

(Berberian 1981; Bellf, 1993) وجود گاز CO₂ موجود در هوا بهنگام بارش می‌تواند تولید، اسید کربنیک نموده و موجبات انحلال و فرآیند کارستی شدن این نوع تشکیلات را فراهم سازد. وجود غارها و معابر کارستیک در این تشکیلات نشانه‌ای از عمل فوق می‌باشد. این تشکیلات در کیفیت آب زیرزمینی نیز اثر قابل ملاحظه‌ای دارد به نحوی که کاتیون‌هایی مانند Ca و Mg را در آب افزایش می‌دهد (Singaraja et al., 2013).

تشکیلات ماسه‌سنگی، کنگلومرایی، بیشترین بیرون‌زدگی این تشکیلات در منطقه مهریز می‌باشد (Mehrshahi, 1999, Huber, 1955) و در دشت ابراهیم‌آباد به صورت سد زیرزمینی عمل نموده و باعث انباشته شده آب در منطقه گردیده است. (جوایا، ۱۳۷۰) این تشکیلات کمتر روی کیفیت آب زیرزمینی اثر می‌گذارند و مانند سدی عمل کرده و منابع آبی خوبی را بوجود می‌آورند (مهرنهاد، ح.، ۱۳۹۰).

۲-۲. انتخاب چاه‌های نمونه‌برداری

وجود باکتری‌ها در آب زیرزمینی توسط پژوهشگران متعددی مورد بررسی قرار گرفته است (Devi et al., 2008).

به منظور انتخاب چاه‌های نمونه‌برداری نقشه موقعیت مکانی چاه‌های آب جدول (۱)، نتایج حاصل از بازدید میدانی و موقعیت منابع آلاینده منطقه مورد توجه قرار گرفت. موقعیت چاه‌های انتخابی با استفاده از دستگاه GPS تعیین گردید.

آنچه مسلم است جهت حرکت آب‌های زیرزمینی در جهت شیب طبیعی زمین بوده و سرعت جریان آب نیز بسته به بافت ذرات خاک می‌تواند متفاوت باشد به گونه‌ای که با درشت‌دانه شدن بافت، سرعت جریان بیشتر و با ریزدانه شدن بافت سرعت جریان کمتر می‌شود. همچنین شکل انتشار جریان آلاینده‌ها در آب زیرزمینی نیز به صورت زبانه (Plume) آلودگی می‌باشد. براساس مطالب فوق و با توجه به هدف مطالعه در منطقه ۱۰ چاه جهت نمونه‌برداری انتخاب شد که پراکنش آنها به صورت زیر می‌باشد:

منطقه میانی: منطقه‌ای که در حاشیه شهرک صنعتی و منابع آلاینده و بین منطقه بالادست و منطقه پایین‌دست واقع شده است.

منطقه پایین‌دست: موقعیتی است که از نظر ارتفاعی نسبت به مناطق بالادست و میانی پست‌تر بوده و آب‌های گذر نموده از مناطق بالادست و میانی به این منطقه می‌رسد. موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری و پراکنش آن‌ها در محدوده مورد مطالعه در (شکل ۳) ارائه شده است.

الف- ۲ حلقه چاه در منطقه بالادست

ب- ۳ حلقه چاه در منطقه میانی

ج- ۵ حلقه چاه در منطقه پایین دست

منطقه بالادست: منظور از منطقه بالادست موقعیتی است که از نظر ارتفاع در موقعیت بالاتری قرار گرفته و مناطق مسکونی و صنایع در پایین دست آن واقع گردیده‌اند.

جدول ۱. مشخصات چاه‌های انتخابی جهت نمونه‌برداری در منطقه مهریز

ردیف	نام چاه	UTM		نوع چاه	منطقه نمونه‌برداری	ارتفاع از سطح دريا (m)	عمق سطح آب (m)	تراز آب زیرزمینی (m)
		x	y					
۱	مرکز بهداشتی	۲۵۷۰۵۹	۳۴۹۲۴۵۹	دستی - نیمه عمیق	بالادست	۱۵۱۹	۳۷	۱۴۸۲
۲	احمد شجاعی زاده	۲۵۵۲۰۰	۳۴۹۷۳۴۴	دستی - نیمه عمیق	بالادست			
۳	اکبر ذبیح	۲۵۴۴۳۹	۳۴۹۷۲۴۲	دستی - نیمه عمیق	بالادست	۱۵۱۷	۴۰	۱۴۷۷
۴	مرغداری صحرا کویر	۲۵۹۳۱۷	۳۴۹۵۴۳۰	نیمه عمیق	بالادست	۱۴۲۱	۳۰	۱۳۹۱
۵	چلو کبابی صحرا	۲۵۹۱۵۲	۳۵۰۴۴۴۹	نیمه عمیق	میانی	۱۴۷۵	۴۰	۱۴۳۵
۶	بجای قنات خیر آباد	۲۶۱۲۹۱	۳۴۹۹۰۷۹	عمیق	میانی	۱۴۵۰	۵۰	۱۴۰۰
۷	هرفته - سریزد	۲۶۲۴۱۷	۳۵۰۱۹۶۵	عمیق	میانی			
۸	سریشم پزی	۲۶۱۲۰۹	۳۵۰۳۱۰۹	نیمه عمیق	میانی	۱۴۳۴	۵۵	۱۳۷۹
۹	شماره ۲ فهرج	۲۷۰۱۵۸	۳۵۱۴۲۲۹	عمیق	پایین دست	۱۲۹۹	۸۰	۱۲۱۹
۱۰	بجای قنات فهرج	۲۷۰۲۷۹	۳۵۱۴۸۱۱	عمیق	پایین دست	۱۲۹۴	۸۵	۱۲۰۹
۱۱	بجای قنات خویدک	۲۶۵۴۶۰	۳۵۱۶۵۷۹	عمیق - کمکی	پایین دست	۱۲۹۵	۸۶	۱۲۰۹
۱۲	شماره ۲ مشیری ملا باشی	۲۶۱۲۵۷	۳۵۱۸۳۸۸	عمیق	پایین دست	۱۲۸۸	۸۴	۱۲۰۴
۱۳	شماره ۱ شرکت سرب و روی فهرج	۲۶۸۶۰۰	۳۵۱۷۲۶۱	عمیق	پایین دست	۱۲۸۴	۹۰	۱۱۹۴
۱۴	محمد آباد یزد	۲۵۶۰۸۵	۳۵۱۷۱۰۶	عمیق	پایین دست	۱۲۷۰	۹۰	۱۱۸۰

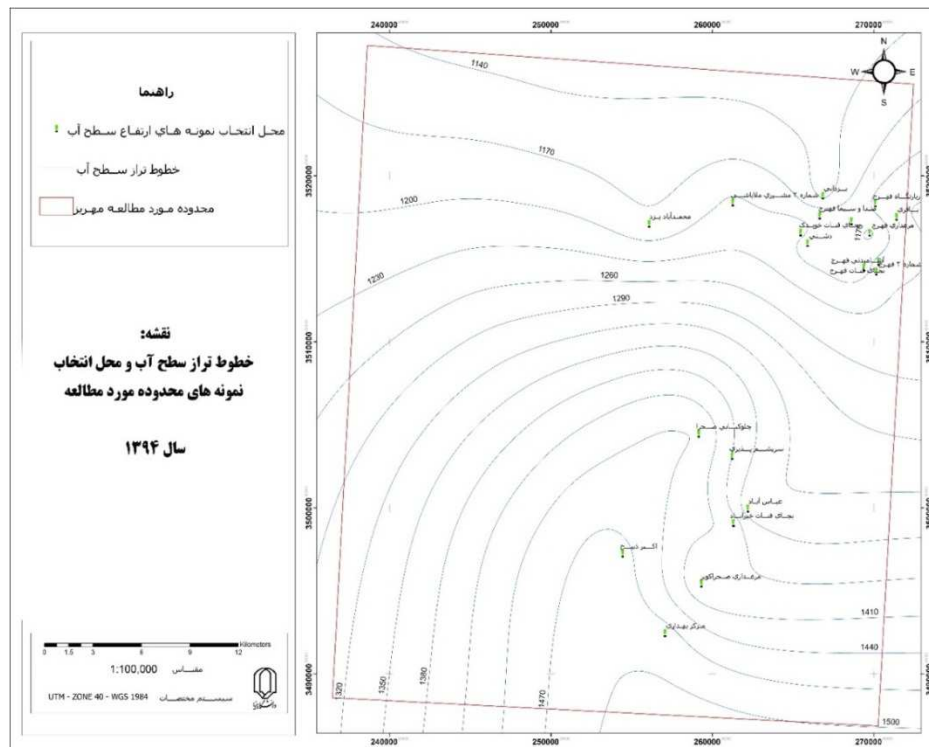
۳-۲. روش نمونه‌برداری

یک لیتر در ظروف شیشه‌ای با در پلاستیکی و جهت آنالیز میکروبی آب نیز یک نمونه به حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر در ظروف شیشه‌ای در سمداده‌ای تهیه گردید. توضیح اینکه ظروف نمونه‌برداری شیمیایی در آزمایشگاه طبق روش‌های استاندارد آماده‌سازی گردیده و در زمان

در این مطالعات نمونه‌برداری از چاه‌های منطقه به روش موردی (لحظه‌ای) انجام شد به این ترتیب که در هر نوبت نمونه‌برداری از هر چاه دو نمونه در دو ظرف نمونه‌برداری مجزا تهیه شد. یک نمونه جهت آنالیز شیمیایی آب به حجم

جهت نمونه برداری میکروبی استفاده شده و نمونه ها در شرایط دمایی کمتر از ۴ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه منتقل گردیده است.

نمونه برداری نیز چندین نوبت با آب نمونه، آب کشی شده است همچنین ظروف نمونه برداری میکروبی پس از استریل سازی در آزمایشگاه و با رعایت ضوابط نمونه برداری



شکل ۳. نقشه خطوط تراز سطح آب و محل انتخاب نمونه های محدوده مورد مطالعه

۴-۲. تناوب نمونه برداری

با توجه به محدودیت زمان انجام تحقیقات، نمونه برداری از چاه های هر دو منطقه در دو دوره انجام شد.

الف- دوره خشک (قبل از شروع فصل بارش)

ب- دوره تر (پس از اولین بارش ها)

با این شیوه علاوه بر بررسی شرایط موجود و اندازه گیری پارامترهای مورد نظر و ارزیابی اثرات منابع آلوده کننده بر منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان، این امکان نیز فراهم می شود تا تأثیر بارش ها بر میزان و سرعت انتقال آلودگی ها در منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

۵-۲. پارامترهای مورد بررسی

با توجه به شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه و خصوصیات آب های زیرزمینی و میزان حلالیت و تحرک آلاینده ها در آب زیرزمینی و از میان خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی آب ۲۲ پارامتر (Odeh et al, 2009) برای بررسی در منابع آب منطقه مطابق جدول (۲) و براساس استانداردهای موجود (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۸) جدول (۳) مورد آزمایش قرار گرفت.

جدول ۲. خصوصیات مورد بررسی در منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه (Odeh et al, 2009)

ردیف	خصوصیات	ردیف	خصوصیات	ردیف	خصوصیات	ردیف	خصوصیات
۱	آرسنیک (ppm) As	۲	سیانور (ppm) CN	۳	بیکربنات (ppm) Hco ₃	۴	سولفات (ppm) So ₄
۵	جیوه (ppb,ppm) Hg	۶	کرم ۶ (ppb,ppm) Cr	۷	کربنات (ppm) Co ₃	۸	دترجنت (ppm)
۹	کادمیوم (ppb,ppm) Cd	۱۰	کلسیم (ppm) Ca	۱۱	نیتрат (ppm) No ₃	۱۲	BOD (ppm)
۱۳	سرب (ppb,ppm) Pb	۱۴	منیزیم (ppm) Mg	۱۵	فسفات (ppm) Po ₄	۱۶	COD (ppm)
۱۷	فنل (ppm) C6H5OH	۱۸	سدیم (ppm) Na	۱۹	کلراید (ppm) Cl	۲۰	pH
۲۱	کل کلیفرم (در ۱۰۰ml نمونه)	۲۲	هدایت الکتریکی (µs/cm)EC				

جدول ۳. شماره استانداردهای مورد استفاده برای اندازه‌گیری برخی از عناصر مورد بررسی

(سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۸)

ردیف	آزمایش	شماره استاندارد
۱	تعیین یون نیترات در آب	۲۳۵۲ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران)
۲	تعیین یون سولفات در آب	۲۳۵۳ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران)
۳	تعیین یون کلسیم و منیزیم	۲۳۵۵ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران)
۴	تعیین یون فلزات در آب و فاضلاب	۲۳۵۴ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران)
۵	تعیین جیوه (جذب اتمی بخار سرد)	۳۱۱۲ Standerd Methods
۶	تعیین آرسنیک (Hydrid Generation)	۳۱۱۴ Standerd Methods
۷	اندازه‌گیری سیانید (روش رنگ سنجی)	۴۵۰۰ -CN-E Standerd methods
۸	اندازه‌گیری فنل (روش فوتومتری)	۵۵۳۰ -D Standerd Methods
۹	اندازه‌گیری دترجنت (سورفاکتانتهای آنیونی)	۵۵۴۰ -C Standerd methods
۱۰	اندازه‌گیری سدیم	فلیم فتومتری
۱۱	اندازه‌گیری کربنات	تیتراسیون حجمی
۱۲	اندازه‌گیری بی کربنات	تیتراسیون حجمی

۳. نتایج مربوط به نمونه‌برداری از چاه‌های منطقه

با توجه به این که نمونه‌برداری‌ها و انجام آزمایشات بر روی آب چاه‌های منتخب در دو دوره خشک (قبل از بارش) و تر (بعد از بارش) انجام شده است لذا نتایج نیز در دو بخش ارائه گردیده است:

۳-۱. نتایج در دوره خشک

نتایج آنالیز پارامترها در آب چاه‌های انتخابی منطقه مطالعاتی در دوره خشک به شرح زیر در جدول (۴) ارائه شده است: همان‌گونه که در جدول (۴) ذکر گردیده است نتایج اندازه‌گیری‌ها در خصوص میزان پارامترهای مورد بررسی در

چاه‌های منتخب در دوره خشک (قبل از شروع بارش) نشان داد که میزان آرسنیک، جیوه و سیانور کمتر از حد تشخیص (nd) بوده است. همچنین میزان غلظت فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم و کروم (Cr⁺⁶) در آب تمامی چاه‌های منتخب کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر گزارش شده است. قابل ذکر است که در این مرحله از مطالعه اندازه‌گیری فلزات سنگین به روش جذب اتمی انجام شد ولی با توجه به این که میزان استاندارد فلزات سنگین در حدود پایین‌تر قرار دارد لذا در دوره تر (پس از بارش) سنجش پارامترهای اخیر با استفاده از دستگاه ICP انجام شد که نتایج آن در بخش نتایج اندازه‌گیری در دوره تر آمده است.

ICP (با حد تشخیص ppb) انجام شد لذا به جز کادمیوم، کرم و سرب در مورد سایر فلزات سنگین کمتر از حد تشخیص (nd) گزارش شد. ضمناً کادمیوم و کرم نیز با غلظتهایی که در جدول (۵) ذکر شده است شناسایی شد.

۲-۳. نتایج در دوره تر نتایج سنجش پارامترها در آب چاههای منتخب منطقه و محدوده مورد مطالعه در جدول (۵) آورده شده است. با توجه به این که سنجش میزان فلزات سنگین در این مرحله به روش

جدول ۴: نتایج آنالیز پارامترهای آب زیرزمینی چاههای انتخابی منطقه مهریز (دوره خشک)

ردیف	نام چاه	احمد شجاعی زاده	مرکز بهداری	مرغاری صحراکوبیر	بجای قنات خیرآباد	هرفنده- سریزد	جلوکیابی صحرا	محمدآباد یزد	شماره ۲ مشیری ملاشی	بجای قنات خودک	بجای قنات فهرج	شماره ۱ سرب و روی فهرج
۱	آرسنیک (ppm)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
۲	جیوه (ppm)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
۳	کادمیوم (ppm)	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
۴	سرب (ppm)	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
۵	قل C6H5OH (ppm)	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۱	۰/۱۴	۰/۱۵
۶	سیانور (ppm)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
۷	کرم Cr (ppm)	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
۸	کلسیم Ca (ppm)	۱۰۲	۱۲۰	۱۵۲	۳۱۵	۹۸	۱۲۴	۲۱۸	۶۴	۶۴	۱۴۸	۵۰
۹	منیزیم Mg (ppm)	۲۲/۸	۳۰	۴۸	۴۲	۳۷/۲	۵۲/۸	۱۱۷/۶	۳۶	۲۵/۲	۷۵/۶	۱۸
۱۰	نیترات (ppm)	۳۵	۲۱	۵۵	۳۹	۲۳	۲۸	۳۵	۱۴	۱۱	۱۶	۱۲
۱۱	فسفات (ppm)	۳/۶۴	۳/۶۲	۲/۸۶	۲/۷۴	۲/۳۴	۲/۶	۲/۴۵	۲/۱۲	۲/۴۲	۲/۴۴	۲/۵۴
۱۲	کلراید (ppm)	۹۹/۴	۸۵/۲	۱۷۰/۴	۱۵۶/۲	۱۵۶/۲	۱۵۶/۲	۵۸۲/۲	۲۲۷	۱۴۲	۵۲۹	۹۹
۱۳	سولفات (ppm)	۱۰۹/۹	۱۵۵/۸۱	۵۴۷/۷	۲۳۸/۹	۱۰۵/۵	۷۲۷/۱	۸۰۴/۵	۱۳۸	۱۵۲/۴	۳۳۶/۲	۱۶۲/۷
۱۴	دترجت ABS	۰/۴۹۴	۰/۲۸۹	۰/۲۵	۰/۷۷۵	۰/۲۸۲	۰/۱۴۱	۰/۱۵۲	۰/۰۲۱	۰/۲۲۴	۰/۴۴۵	۰/۳۵
۱۵	BOD (ppm)	۳۸/۲	۶۷/۴	۹۴/۷	۳۵/۷	۲۸۵	۱۹/۸	۲۲/۴	۱۴/۲	۱۰/۱	۲۳/۷	۸/۲
۱۶	COD (ppm)	۶۸/۶	۹۴/۱	۱۳۵/۳	۵۴/۹	۳۸۰	۳۵/۵	۸/۱	۴۸	۲۰/۹	۳۸	۱۱/۴
۱۷	pH	۸/۲	۸	۸/۱	۷/۹	۸/۱	۸/۲	۸/۱	۸	۸	۸	۸
۱۸	کل کلیرم (در ۱۰۰ ml نمونه)	۰/۳	۲۴	۲۸	۹	۰/۳	۷۵	۴	۳۶	۳۶	۰	۰
۱۹	هدایت الکتریکی (us/cm)	۹۲۸	۱۰۵۵	۱۷۹۵	۱۲۲۴	۱۰۰۴	۱۸۸۶	۳۲۰۵	۱۱۰۱	۸۹۹	۲۲۲۵	۸۸۸

جدول ۵: نتایج آنالیز پارامترهای آب زیرزمینی چاههای انتخابی منطقه مهریز (دوره تر)

ردیف	نام چاه	مرکز بهداری	اکبر ذبیح	جلوکیابی صحرا	بجای قنات خیرآباد	سربشیری	شماره ۲ فهرج	بجای قنات خودک	شماره ۲ مشیری ملاشی	شماره ۱ سرب و روی فهرج	محمدآباد یزد
۱	آرسنیک (ppm)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
۲	جیوه (ppb)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
۳	کادمیوم (ppb)	۰/۰۰۶	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
۴	سرب (ppb)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
۵	قل C6H5OH (ppm)	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۵
۶	سیانور (ppm)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
۷	کرم Cr (ppb)	n.d	۲/۰۳	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۸	n.d	۰/۰۶	۰/۹۶
۸	کلسیم Ca (ppm)	۱۱۸	۲۴۶	۱۲۶	۱۳۰	۹۲	۱۰۰	۷۶	۹۶	۵۴	۲۳۸
۹	منیزیم Mg (ppm)	۲۵/۲	۶۸/۴	۵۱/۶	۴۲	۳۴/۸	۴۵/۶	۲۴	۲۷/۶	۹/۶	۹۱/۲
۱۰	نیترات (ppm)	۱۵/۵۹	۴۴/۳۳	۱۹/۵۷	۴۵/۷۵	۱۷/۲۳	۱۴/۸۸	۱۰/۰۵	۱۱/۶	۸/۶۸	۴۱/۴۱
۱۱	فسفات (ppm)	۳/۳	۲/۵۳	۲/۴۲	۳/۰۹	۲/۵۲	۳/۰۷	۳/۱۱	۲/۴۴	۲/۵۹	۲/۳۸
۱۲	کلراید (ppm)	۷۱	۲۹۸/۲	۱۴۲	۱۵۶/۲	۱۷۰/۴	۲۸۴	۱۴۲	۲۱۳	۱۱۲/۶	۵۸۲/۲
۱۳	سولفات (ppm)	۱۶۴/۴	۸۰۵/۲	۶۶۹/۶	۲۰۴	۱۳۶/۸	۱۹۹/۲	۱۱۵/۲	۱۰۲	۱۶۲	۷۲۶
۱۴	دترجت ABS (ppm)	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۲۰۵	۰/۱۵۵	۰/۲۷۵	۰/۱۳۱	۰/۲۶۱	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۳۲
۱۵	BOD (ppm)	۲۸/۴	۳۹/۹۵	۹	۱۶/۸	۵/۱	۱۴/۳	۲۱/۲	۱۰/۲	۴/۵	۱۹/۱
۱۶	COD (ppm)	۴۴/۴۵	۶۴/۸۲	۱۴/۸۲	۲۵/۹۳	۹/۸	۲۲/۲۳	۳۳/۳۵	۱۶/۶۷	۹/۵	۳۱/۴۸
۱۷	pH	۷/۷	۷/۸	۸/۲	۷/۸	۸	۸/۱	۸	۸	۸	۷/۷
۱۸	کل کلیرم (در ۱۰۰ ml نمونه)	۲۴۰۰	۱۵۰۰	۷۳	۰	۹۳	۰	۰	۰	۰	۷۳
۱۹	هدایت الکتریکی (us/cm)	۱۰۴۴	۲۴۸۷	۱۷۹۶	۱۲۱۱	۹۹۳	۱۴۴۸	۸۹۸	۱۰۴۱	۹۵۵	۲۸۵۵

۳-۳. تحلیل نتایج

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات و بررسی خطرات زیست محیطی آلاینده‌ها روی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان یزد می‌توان اعلام نمود که جنس تشکیلات اطراف آبخوان تا حدودی روی ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی آبخوان اثر داشته است ولی نمی‌توان بالا بودن برخی پارامترها و نوسانات آن را به آلودگی‌های طبیعی نسبت داد، بر این اساس و با دقت نظر در نقشه‌هایی که بر مبنای آزمایش نمونه‌های آب که از منابع انتخابی در این منطقه تهیه شده است. موارد زیر را می‌توان عنوان نمود:

۱- همان‌گونه که در (شکل ۵). نقشه پهنه‌ی پارامتر COD در محدوده مهریز در دوره قبل از بارش مشخص است بالا بودن میزان COD در محدوده چاه‌های هرفته در منطقه مهریز می‌تواند ناشی از فعالیت‌های صنعتی در شهرک صنعتی هرفته، پساب کشتارگاه و... باشد. زبانه آلودگی (Plume) مربوط به COD نیز با جهت حرکت آب زیرزمینی همخوانی دارد. لازم به ذکر است که شهرک صنعتی هرفته روی مسیر جریان آب زیرزمینی که به سمت آبخوان یزد در جریان است قرار دارد.

۲- بالا بودن میزان کروم (Cr^{+6}) در منطقه مهریز و در دوره نمونه‌برداری پس از بارش نیز نکته‌ای است که احتمالاً نقش منابع طبیعی را بیشتر می‌نماید با مطالعه و مقایسه. نقشه پهنه‌بندی پارامتر Cr^{+6} در محدوده مهریز بعد از بارش (شکل ۶). نقشه پهنه‌بندی COD در محدوده مهریز بعد از بارش (شکل ۷) و نقشه پهنه‌بندی پارامتر No_3 در محدوده مهریز بعد از بارش (شکل ۸) به وضوح نحوه انتشار آلاینده‌ها و هم جهت بودن زبانه آلودگی با جهت جریان آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. (شکل ۹). نقشه پهنه‌بندی پارامتر Cd در محدوده مهریز در دوره بعد از بارش بیانگر آن است که فلز سنگین کادمیوم در مناطق جنوب و جنوب‌شرقی محدوده مورد مطالعه به نوعی به منابع آب سرایت نموده که با توجه به قرار داشتن چاله زباله مهریز و شهرک صنعتی سنگ و کارخانجات سنگ‌بری در آن منطقه می‌توان آنها را بعنوان

منابع ورود کادمیوم به آب زیرزمینی مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار داد.

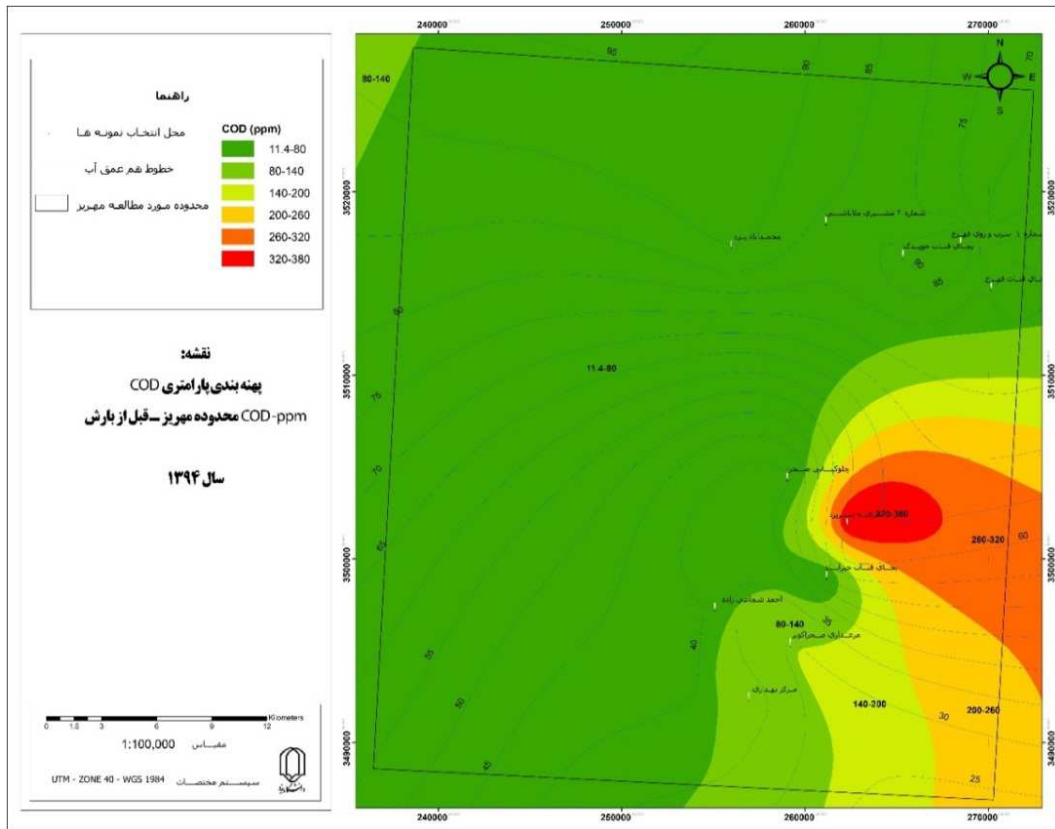
۴. نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق بصورت زیر قابل جمع‌بندی است. ۱- آب‌های زیرزمینی بعنوان یکی از منابع ارزشمند آب در استان یزد به حساب می‌آید و منطقه مورد مطالعه از اهمیت بسزایی برخوردار است زیرا مسیر اصلی تغذیه آبخوان یزد محسوب می‌گردد و بخش اعظم ذخایر آب زیرزمینی را تامین کرده و هسته مرکزی فعالیت‌های استان را تشکیل می‌دهد و جمعیت زیادی از مردم استان یزد از آن بهره می‌برند در نتیجه حفاظت از این مسیر تغذیه آبخوان بایستی در اولویت اول سازمان‌ها و نهادهای دولتی و غیردولتی قرار گیرد.

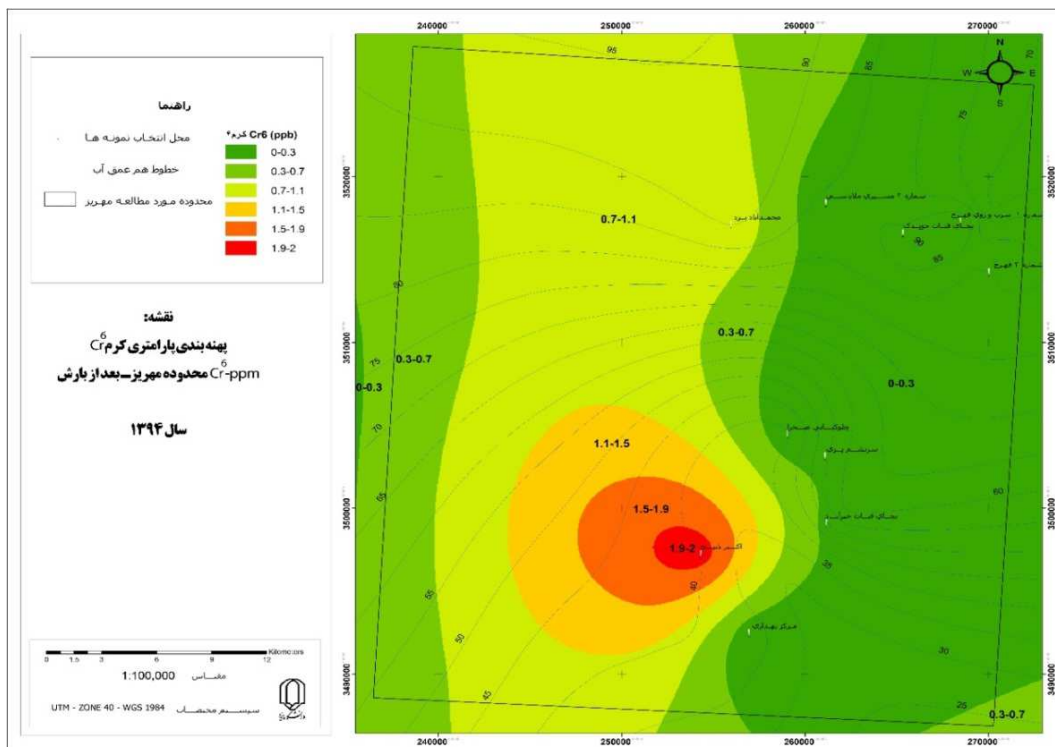
۲- با توجه به صنعتی بودن استان یزد و گسترش سریع بخش صنعتی در این استان مهمترین مسئله‌ای که در وهله اول می‌تواند بین صنعت و محیط‌زیست نقش مهمی را ایفا کند، مکان‌گزینی و مکان‌یابی مناسب شهرک صنعتی است. مکان‌یابی مناسب از طریق ارزیابی‌های زیست محیطی قطعاً اثرات قابل توجهی بر محیط زیست به همراه خواهد داشت که با رعایت ضوابط و مقررات از بروز موارد و عواقب سوء جلوگیری خواهد کرد.

۳- براساس طبقه‌بندی‌های موجود در کشور صنایع موجود در نه طبقه تقسیم‌بندی شده است که می‌توان از آن برای حل مشکل اکولوژیکی و بیولوژیکی این منطقه حساس استفاده بهینه نموده و بخشی از صنایع که آلودگی خاص ایجاد نمی‌کنند را برای استقرار در شهرک صنعتی مذکور پیشنهاد نمود که با این پیشنهاد توسعه اقتصادی مورد ملاحظه قرار گرفته و همچنین نسبت به مقابله و جلوگیری از بروز بحران اقدام نمود.

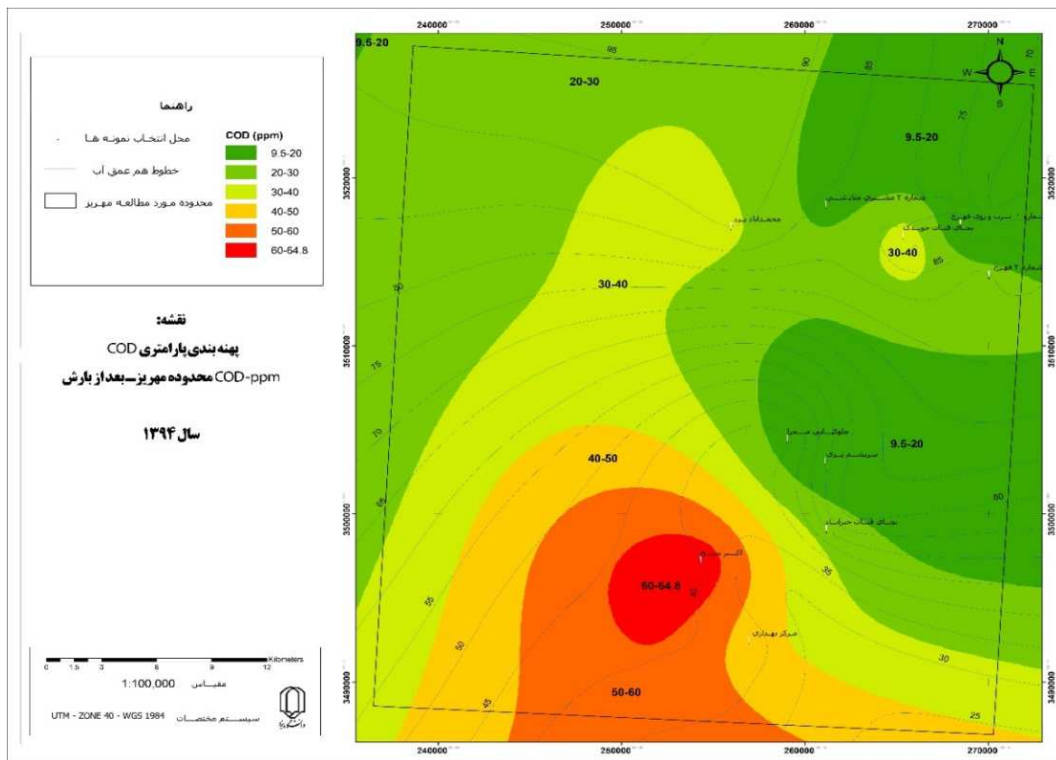
۴- فاضلاب‌های خانگی نیز علاوه بر صنایع موجود و در حال تاسیس باعث به هم خوردن تعادل بیولوژیکی منطقه شده که باید نسبت به انتقال فوری فاضلاب به خارج از منطقه توسط شبکه انتقال و تصفیه آن در خارج از محدوده مورد مطالعه اقدام فوری به عمل آورد.



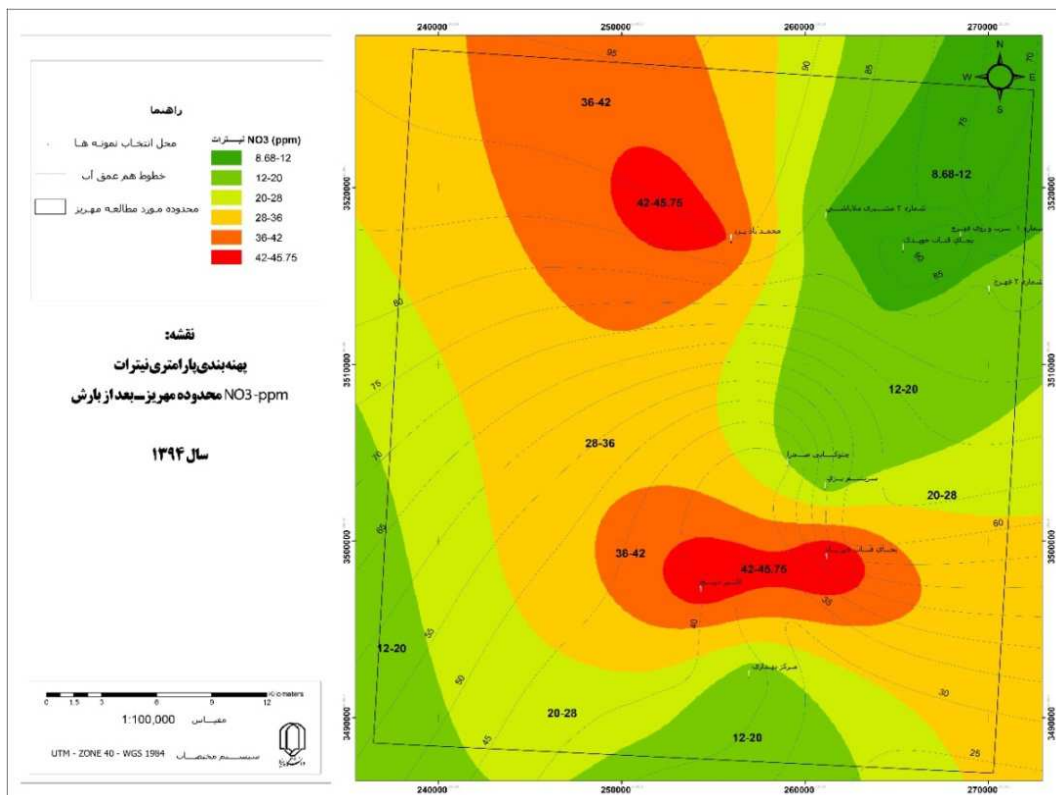
شکل ۵. نقشه پهنه بندی پارامتر COD محدوده مهریز قبل از بارش



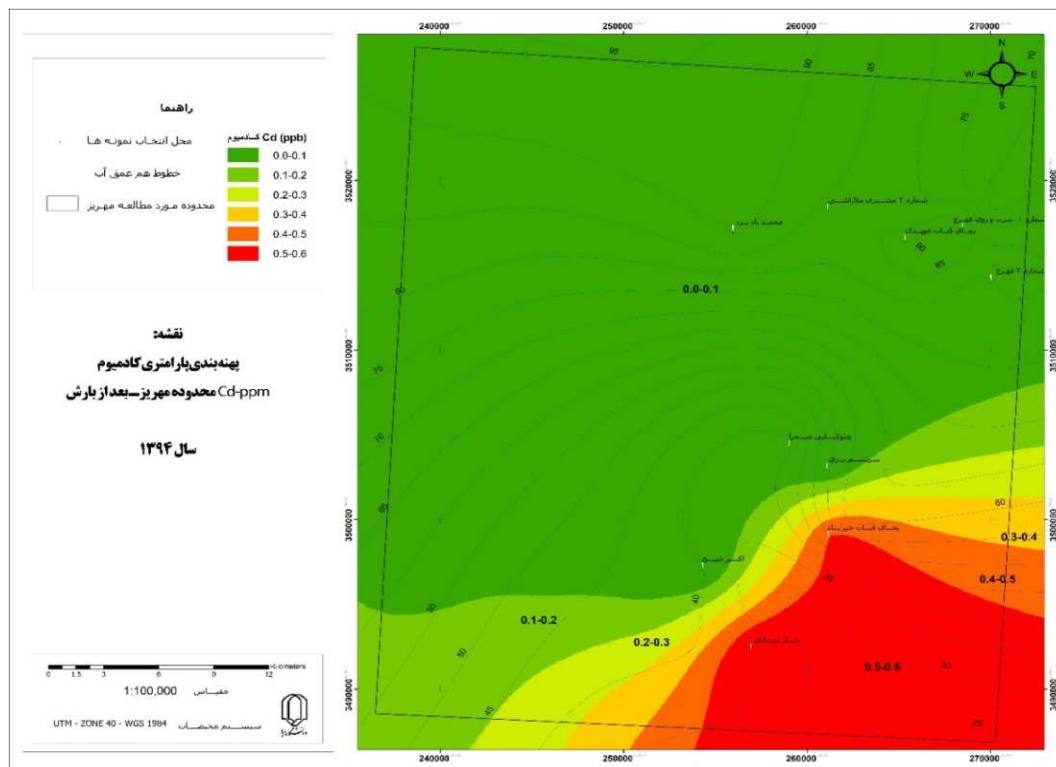
شکل ۶. نقشه پهنه بندی پارامتر Cr6 محدوده مهریز بعد از بارش



شکل ۷. نقشه پهنه‌بندی COD محدوده مهریز پس از بارش



شکل ۸. پهنه‌بندی پارامتری نیترات NO_3 محدوده مهریز بعد از بارش



شکل ۹. پهنه‌بندی پارامتر Cd محدود مه‌ریز بعد از بارش

منابع

- اختصاصی، م.ر.، احمدی، ح.، باغستانی، ن.، خلیلی، ع.، ۱۳۷۵، منشأ یابی تپه‌های ماسه‌ای در حفره دشت یزد- اردکان.
- پاپلی یزدی، م.ح.، لباف خانیکی، م.، ۱۳۸۲، قنات‌های تفت، سازمان میراث فرهنگی کشور.
- پوردارا، ه.، ۱۳۸۴، وضعیت زیست محیطی منابع آلوده‌کننده آب و خاک در حوزه دشت یزد- اردکان، سازمان حفاظت محیط‌زیست.
- پویا، ع.، ۱۳۷۹، آب‌نامه یزد، جلد اول شناخت سرزمین، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان یزد.
- جویا، م.ح.، ۱۳۷۰، گزارش شناسایی آبهای زیرزمینی کویر سیاهکوه، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان یزد.
- سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۷۸، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۳، راهنمای ارزیابی پیامدهای زیست محیطی شهرک‌های صنعتی، نشریه شماره ۵-۲۵۴، معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- سازمان هواشناسی یزد، ۱۳۸۲، مجله سازمان هواشناسی کشور.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۰، سالنامه آماری استان یزد.
- شهرک صنعتی یزد، ۱۳۸۱، گزارش مرحله اول طرح بازارچه، شرکت شهرک‌های صنعتی استان یزد.
- طالقانی، م.، ۱۳۷۹، مقدمه‌ای بر مکان‌یابی صنایع، تمرکز صنعتی و ترسیم فضایی، سال دهم، شماره ۶۳، ص ۵۵-۵۲.
- قبادیان، ع.، ۱۳۶۱، سیمای طبیعی استان یزد، استانداری یزد.
- گلزار طرزجانی، م.، ۱۳۸۱، بررسی جاذبه‌های گردشگری (اکوتوریسم) در حوضه آبی طرزجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- مهرنهاد، ح. و مهرشاهی، د.، ۱۳۸۳، مورفو تکتونیک و مناطق عمده گسلی استان یزد، فصلنامه تحقیقات جغرافیای شماره ۰۷۲.
- مهرنهاد، ح.، ۱۳۹۰، بررسی نقش گسل‌های مهم و عمده محدوده دشت یزد- اردکان و تأثیر آن در کمیت آب‌های زیرزمینی دشت، طرح تحقیقاتی شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان یزد، دانشگاه یزد.
- میراب، س.، م و همکاران، ۱۳۶۸، سیمای طبیعی و جغرافیایی منطقه گاریزات (جلد اول)، جهاد سازندگی استان یزد.

- نبوی، م.، ح.، و همکاران، ۱۳۵۱، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، ایران، برگه‌های یزد و اردکان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معرفی کشور.
- یوسفی، ی، فریدریک، ژ، ل، ۱۳۵۷، نقشه‌های مغناطیس هوایی یزد- اردکان مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ASTM D4644-87, 1998. Standard test methods for slake durability of shales and similar weak rocks: annual book of ASTM Standards, vol. 04.08. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA
- Berberian, M., King, G.C., 1980. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. In: Contribution to the Seismotectonics of Iran, Part 4. Geological Survey of Iran, Tehran, Report No. 52, 1983. Pp. 502-564
- Berberian, M., 1981. Structural evolution of the Iranian Plateau. In: Contribution to the Seismotectonics of Iran, Part 4. Geological Survey of Iran, Tehran, Report No. 52, 1983. Pp. 19-68
- Bell F.G., 1993. Durability of carbonate rock as building stone with comments on its preservation. Environmental Geology, Vol. 21, 187-200
- Devi, R., Alemayehu, E., Singh, V., Kumar, A., 2008. Removal of fluoride, arsenic and coliform bacteria by modified homemade filter media from drinking water. 13 International Journal of Environmental Science and Technology, vol. 99, pp: 2269-2274
- Gupta, V., Ahmed I., 2007. The effect of pH of water and mineralogical properties on the slake durability (degradability) of different rocks from the Lesser Himalaya, India. Engineering Geology, Vol. 95: 79-87
- Huber, H., 1955. Geological report on the Ardakan-Kalut area (central Iran). GR-144, National Iranian Oil Company (NIOC), Tehran.
- Mehrshahi, D., 1999. Late Quaternary Environments, Ardakan Playa, central Iran. PhD thesis, Geography Department, Faculty of Science, Sheffield University, UK
- Meyer, B., Mouthereau, F., Lacombe, O., Agard P., 2006. Evidence for Quaternary activity along the Deshir Fault: Implication for the Tertiary tectonics of Central Iran, Geophys. Journal Int., 164: 192-201
- Odeh, T., Salameh, E., Schirmer, M., Strauch, G., 2009. Structural control of groundwater flow regimes and groundwater chemistry along the lower reaches of the Zerka River, West Jordan, using remote sensing, GIS, and field methods. Environmental Geology, 58. 1797-1810
- Singaraja, C., Chidambaram, S., Anandhan, P., Parasnam, M.V., Thivya, C., Thilagavathi, R., 2013. A study on the Status of fluoride ion in groundwater of coastal hard rock aquifers of south India. Arabian Journal of Geosciences. Vol. 6. Pp: 4167-4177

