بدترین محل دفن پسماندهای شهری ایران، شبیه سازی تاثیر زباله دانی اندیمشک بر کیفیت آب های زیرزمینی با MT3D

غلامرضا تولابی شیخی، toolabighr@yahoo.com
سازمان آب و برق خوزستان
فرشاد علیجانی، falijani2000@yahoo.co.uk
دانشگاه شهید بهشتی

واژه های کلیدی: زباله دانی، آلودگی نیتراته آب زیرزمینی، اندیمشک، مدل MT3D

چکیده

بر اساس یک تصمیم گیری اشتباه، زباله دانی اندیمشک در شمال شرق شهر، در بالادست عرصه پخش سیلاب جارمه قرار دارد. با توجه به نفوذپذیری زیاد گراول کف زباله دانی، حوضچه های پخش سیلاب و مجاورت با مسیل سیلابی، می توان محل دفن پسماندهای اندیمشک را به عنوان بدترین محل ممکن در ایران معرفی نمود. شبیه سازی آلودگی آب های زیرزمینی دشت اندیمشک، با استفاده از مدل MT3D انجام گردید. بدین منظور نمونه برداری آب در طی پنج دوره در سال های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ از بیست تا سی حلقه چاه آب جهت سنجش یون های نیترات، نیتریت، فسفات، و آرسنیک انجام شد. پس از واسنجی مدل جریان آبخوان توسط کد MODFLOW، اقدام به مدل‌سازی انتقال آب زیرزمینی جهت بررسی توزیع نیترات، به عنوان شاخص آلودگی کیفی، با استفاده از کد MT3D گردید. جهت شبیه سازی مکانی نفوذ شیرابه های زباله دانی، خطوط سیر جریان با استفاده از مدل PMPATH مشخص گردید. نتایج نشان داد که افزایش غلظت نیترات در بخش مرکزی به دلیل نفوذ زهاب کشاورزی و فاضلاب شهری است و نفوذ شیرابه زباله دانی در افزایش نیترات در شرق آبخوان موثر است. خطوط سیر شیرابه نفوذی به آبخوان نمایانگر حرکت آلاینده ها از شرق به غرب در زمانی کمتر از یک سال می باشد.

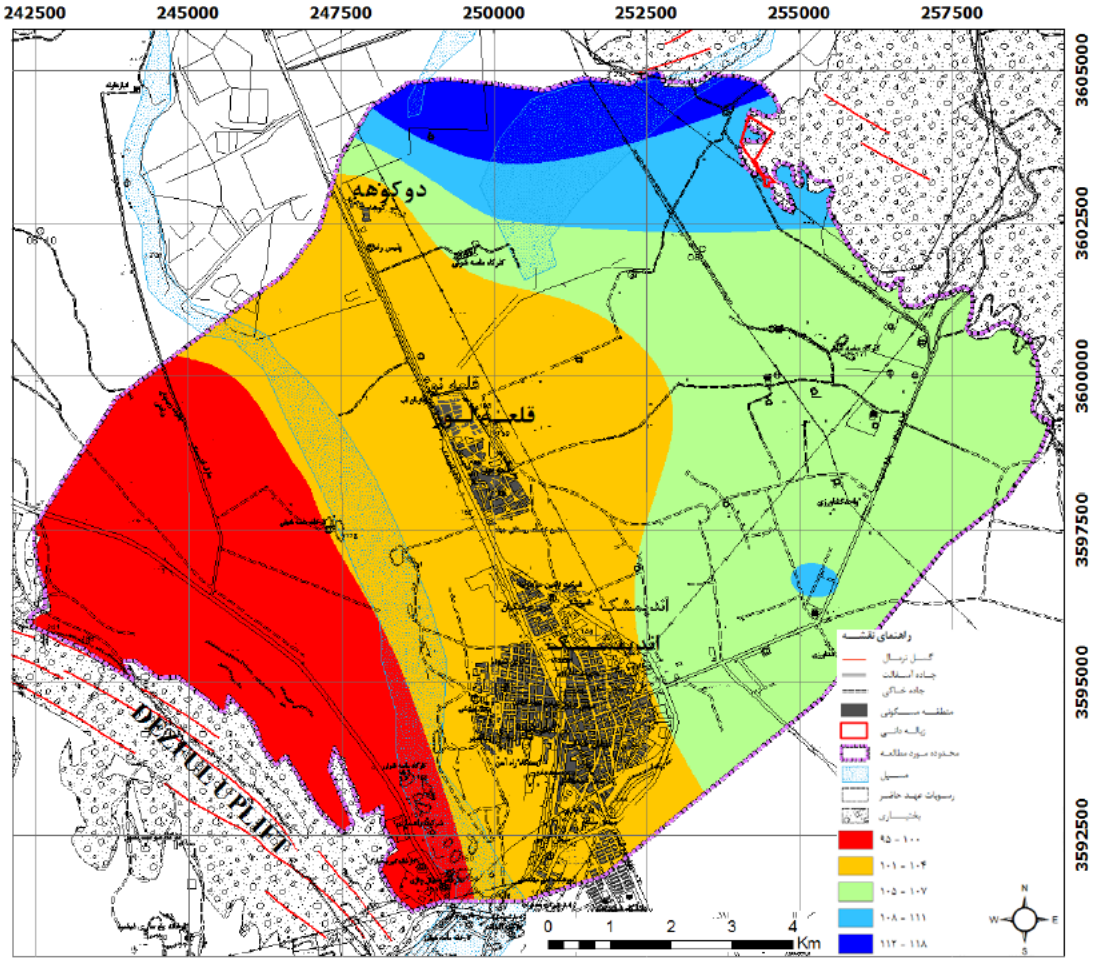
مقدمه

زباله دانی ها معمولا مخلوطی از زباله های شهری، تجاری، و صنعتی هستند که معمولا دامنه وسیعی از ترکیبات آلاینده را وارد محیط و بویژه آب های زیرزمینی می نمایند که می تواند اثرات مخرب و جبران ناپذیری بر سلامت انسان ها بگذارد. تعداد زیادی از زباله دانی هایی که باعث آلودگی آب های زیرزمینی شده اند در دنیا گزارش گردیده است (Al-Rukah & Al-Kofahi, 2001; Saarela, 2003; Rapti-Caputo & Vaccaro, 2006; Li, 2013). آلاینده های مختلفی همچون فلزات سنگین (مانند کادمیوم، مس، آرسنیک، سرب، و کرومات)، آمونیوم، نیترات، و باکتری ها می توانند از طریق شیرابه های زباله دانی ها به آب زیرزمینی نفوذ نمایند (Lee et al., 2006). شناخت تاثیر زباله دانی ها بر آب های زیرزمینی و شبیه سازی شرایط هیدروژئولوژی و انتقالی پیچیده مهاجرت آلودگی در آبخوان با استفاده از روش های مختلف مورد بحث بوده است (Morris et al., 2006; Osenbrück et al., 2007).

دشت اندیمشک در پایین‌دست سد مخزنی دز و در فاصله ۱۵۰ کیلومتری شمال اهواز (شکل ۱) واقع شده و دارای مساحتی در حدود ۱۴۰ کیلومتر مربع می‌باشد. شیب عمومی دشت از شرق و شمال شرق به سمت جنوب می باشد. شهر اندیمشک مهمترین مرکز جمعیتی در این دشت می باشد که بخشی از آب شرب آن توسط رودخانه دز در شرق محدوده، بخشی توسط چاه های مجاور رودخانه دز، و بخشی توسط چاه های محفوره در مجاور شهر تامین می شود. پس از آنکه گزینه تامین آب شرب منطقه قلعه لور و مسکن مهر شهر اندیمشک از آب زیرزمینی با حفر چاه در پایین دست منطقه جارمه در شرق اندیمشک مطرح گردید، لزوم بررسی کمی و کیفی آبخوان دشت اندیمشک بیش از پیش احساس گردید.

شکل ۱ – موقعیت منطقه مورد مطالعه، زباله دانی، حوضچه های پخش سیلاب و شهر اندیمشک

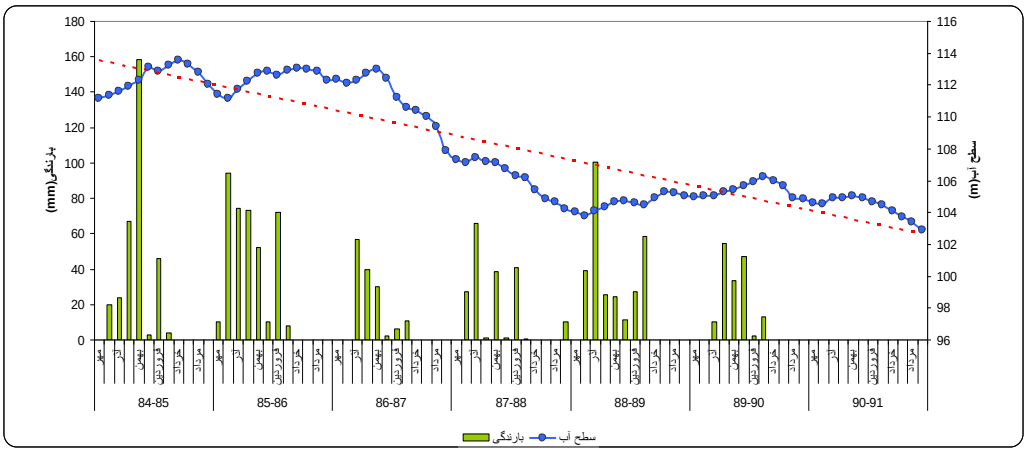
از لحاظ زمین شناسی، سازند کنگلومرایی بختیاری با سن پلئیستوسن، دشت را در بر گرفته است (شکل ۲). سازند بختیاری در نواحی شمال تا شمال شرقی و در جنوب غربی دشت و همچنین در ناحیه کوچکی از شمال غربی منطقه رخنمون دارد. این سازند در قسمت های شمالی منطقهٔ مورد مطالعه بصورت متراکم و ستبر و در بخشهای جنوب غربی بصورت پست می‌باشد و دچار فرسایش شده و رسوبات درشت دانه با نفوذ پذیری و قابلیت انتقال بسیار زیاد را نهشته است که مخزن آب زیرزمینی فوق العاده ای را در دشت تشکیل داده است. این سازند به‌دلیل نفوذپذیری و تخلخل کافی، مهمترین سازند منطقه به‌لحاظ تغذیه آبخوان دشت می‌باشد. رسوبات حاصل از فرسایش کنگلومرای بختیاری باعث تشکیل مخروط افکنه نسبتا بزرگی در شمال دشت اندیمشک شده است. بخشی از آبرفتها منشاء رودخانه‌ای دارند که در بستر رودخانه بالارود دیده می‌شوند. همچنین آبرفت‌هایی که منشاء سیلابی دارند معمولاً پایین دست مسیل‌های ناشی از ارتفاعات به صورت مخروط افکنه قرار می‌گیرند. در مخروط افکنه ها، رسوبات در ابتدای مخروط افکنه عمدتا دانه درشت بوده و به بتدریج در جهت جریان رودخانه سوبات ریزدانه می گردد. رسوبات درشت‌دانه منطقه مورد مطالعه که عمدتاً شامل گراول و قلوه‌سنگ هستند، دارای جورشدگی متوسط تا خوب می‌باشند. لایه سطحی در منطقه پخش سیلاب جارمه (واقع در شرق دشت) گراول و بولدر درشت دانه بسیار نفوذ پذیر می باشد به طوری که در هنگام تغذیه رواناب ها در حوضچه ها با آبگیری حدود دو متر، نفوذ پذیری بسیار زیاد گراول و بولدر سطحی باعث تغذیه سریع آب به زمین می شود به طوری که پس از حدود دو ساعت اثری از آب در سطح حوضچه ها باقی نمی ماند.



شکل ۲ – نقشه هم تراز سطح آب زیرزمینی دشت اندیمشک

در مخروط افکنه‌ها که عمدتاً در بخش های شمالی دشت گسترش دارند، عمق آب زیرزمینی زیاد می‌باشد. این مناطق که در واقع جبهه‌های ورودی زیرزمینی و محل تغذیه آبخوان می‌باشند، عمق آب زیرزمینی در این بخش‌ها به علت مرتفع تر بودن نسبت به سایر مناطق بیشتر می‌باشد. بتدریج از طرف مخروط افکنه‌ها به طرف مناطق مرکزی دشت عمق آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. به علت جنس مناسب رسوبات منطقه و نیز تغذیه آبرفت از سازند بختیاری، آبدهی چاههای منطقه خوب می باشد. حداکثر آبدهی در چاههای منطقه ۷۵ لیتر بر ثانیه و در چاههای بخش شرقی منطقه است. حداقل آبدهی در چاههای منطقه ۵ لیتر بر ثانیه و اغلب در چاههای جنوب منطقه دیده می شود.

بر اساس هیدروگراف واحد دشت (شکل ۳) سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت از بهمن ۸۶ شروع به افت نموده و تا آبان ماه ۸۸ به کمترین مقدار رسیده است که این افت را می‌توان ناشی از خشکسالی های اخیر دانست. بعد از آن سطح آب شروع به بالا آمدن نموده و تا اردیبهشت ۹۰ این روند ادامه دارد بعد از آن دوباره سطح آب تا مهر ۹۰ افت نموده است. سپس سطح آب تا بهمن ۹۰ به اندازه ۰/۴۷ متر بالا آمده و سپس تا شهریور ۹۱ به اندازه ۲/۱۸ متر افت سطح آب مشاهده می‌گردد. مقدار تغییر سطح آب از ابتدا تا انتهای دوره برابر ۸/۲۶- متر در هفت سال (افت معادل ۱/۱۸ متر سالانه) می‌باشد.



شکل ۳ – هیدروگراف واحد سطح آب زیرزمینی دشت اندیمشک

معرفی سازمان

سازمان آب و برق خوزستان ماموریت دارد به عنوان یکی از کارگزاران مهم صنعت آب وتولید انـرژی برقـابی کشـور در قلمرو حوضه های آبریز استان خوزستان با رعایت کلیه مقررات و قوانین از یک سو و با آزادی عمل و اختیـارات قـانونی از سوی دیگر نقش مهمی در تحقق راهبردها و اهداف کلی نظام مدیریت آب و انرژی برقابی کشور با رعایت حقوق همه ذینفعان خصوصا جلب رضایت مشتریان داشته است. دراین راستا سیاستگذاری، سرمایه گـذاری، تنـوع بخشـی، منـابع مالی (مشارکت مردمی و بخش غیر دولتی) و برون سپاری به بخش خصوصی توانمند از ابعاد محوری ماموریت سـازمان به شمار می رود. سازمان متعهد است ازکلیه سازه های منابع آب و انرژی برقابی حفاظت و نگهداری کـرده و بـه طـور بهینه بهره برداری کند طرحهای توسعه سد و نیروگاه برقابی را مطالعه کرده به اجرا گذارده و به نحو مطلـوب بـه بهـره برداری برساند از شبکه های آبیاری وزهکشی به نحو مطلوب مدیریت نماید، از طریق کنترل کیفی آب، منابع آب شرب استاندارد برای شهروندان فراهم سازد و با اجرای فرایندهای مطالعات پایـه منـابع آب و مهندسـی رودخانـه نسـبت بـه احیای رودخانه، منابع آب و آبخیزداری اقدام کند.

سازمان آب و برق خوزستان برای موفقیت در انجام فعالیتها و خدمات خود به توانمندسازهای خود آگاه است و بهبـود و توسعه سرمایه های انسانی اطلاعاتی و سازمانی و تعمیق گسترش تحقیقات وپژوهش را از محورهای بنیادین ماموریـت خود تلقی می کند. این سازمان، یکی از سودآورترین و متعالی ترین دستگاههای اجرایی کشور است که به اهداف کلان نظام مدیریت یکپارچه و بهم پیوسته منابع آب و انرژی برق آبی کشور در قلمرو فعالیت خـود دسـت یافتـه و بـا بهبـود راندمان و بهره وری و افزایش مستمر کارایی و اثر بخشی در همه ارکان زنجیره مدیریت و تکیه بر تکنولوژیهای مدرن و جلب مشارکت های مردمی وسازمانهای مرتبط، توانسته است منابع آب لازم برای به زیر کشـت بـردن حـداکثر اراضـی مستعد کشت استان را با اجرای سدها و تامین شبکه های اصلی آبیاری و زهکشی تامین نمـوده ، آب مطمـئن را بـرای مقاصد شرب و صنعت تامین کرده وحداکثر انرژی اقتصادی را از طریق احداث نیروگاههای برقابی و بهره برداری بهینـه از نیروگاههای موجود تولید نماید. سازمان از طریق مدیریت منابع و استفاده از کلیـه پتانسـیل هـا و مشـارکت بخـش خصوصی علاوه بر اجرای پروژه های آبیاری و زهکشی و سد و نیروگاه در زمینه جاذبه های گردشگری پیرامـون سـدها اقدام نموده و برآیند این عملیات در مجموع با حفظ حقوق شهروندی نقش بارزی در اشتغال زایی ، محرومیت زدایـی و ایجاد رفاه و سلامت مردم استان ایفا کرده است.

سازمان با درک ضرورت بقا و رشد ، سازمانی رقابت پذیر در عرصه منطقه بوده و ظرفیت های مناسبی جهت صـدور آب به کشورهای حوزه خلیج فارس، صدور دانش و خدمات فنی و مهندسی صنعت آب و برق در سطح خاورمیانه را دارا می باشد. همچنین در امر مهار و بهره گیری از رودخانه های مرزی و منابع آبی مشترک مبادرت نمـوده و نقـش مهمـی در تحقق اهداف اقتصادی، سیاسی و امنیتی سند بخش آب و افزایش توان تولید انرژی برقابی و توسـعه تاسیسـات داشـته است. سازمان با اتکا به رویکرد شایسته سالاری کارکنانی شایسته، متعهد، خـلاق، راضـی و وفـادار در اختیـار دارد و بـا نگریستن به آنها به عنوان ارزشمندترین دارایی خود و با درک اهمیت مسئولیت اجتماعی در توسـعه پایـدار بـه حفـظ محیط زیست، میراث فرهنگی و توسعه منابع آب واقف است وملاحظات زیست محیطی را مبنای همه فعالیتهـای خـود قرار داده است.

مساله و ضرورت

هرچند که وجود حوضچه پخش سیلاب جارمه به عنوان یک پارامتر مثبت در تغذیه آب زیرزمینی دشت مطرح می باشد، ولی قرار گیری محل دفن پسماندهای شهر اندیمشک در مجاورت حوضچه های پخش سیلاب، پتانسیل مهمی را در جهت نفوذ شیرابه زباله دانی و الودگی آب زیرزمینی مهیا ساخته است. در این تحقیق سعی گردیده است تا اثرات این زباله دانی، که می توان آن را به جرات به عنوان بدترین سایت دفن زباله در کشور معرفی نمود، بر کیفیت آب زیرزمینی دشت اندیمشک با استفاده از مدل های MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005) و MT3D 5.3 (Zheng, 2010) شبیه سازی شود. این منطقه از نظر زمین شناسی در زون زمین ساختی زاگرس چین خورده قرار دارد. ساخت زمین شناسی این ناحیه ساده، ملایم و شامل مجموعه ای از رسوبات درشت دانه حاصل از فرسایش سازند بختیاری در ناودیس مانندی با روند شمال غربی- جنوب شرقی است که ضخامت آبرفت از کمتر از ۲۰ متر در حاشیه تا ۱۳۰ متر در بخش میانی دشت متغیر است. میانگین بارندگی و درجه حرارت منطقه به ترتیب برابر ۳۰۸ میلیمتر و ۲۷ درجه سانتی گراد می باشد.

تصمیم گیری

جهت شناخت سیستم کیفی و آلودگی آب زیرزمینی دشت اندیمشک در پنج دوره در سال های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ از بیست تا سی حلقه چاه آب در هر دوره نمونه برداری به عمل آمد. جهت نمونه برداری از ظروف پلی پروپلینی ۲۵۰ میلی لیتری استفاده شد. در طول نمونه برداری سعی شد از روش‌های استاندارد نمونه برداری (EPA 2006) استفاده شود. هر کدام از ظرف‌ها قبل از نمونه برداری با اسید نیتریک تمیز شده و با آب دیونیزه شستشو داده شدند. در زمان نمونه برداری از چاه‌های عمیق منطقه سعی شد نمونه برداری ۲۰ دقیقه بعد از شروع پمپاژ چاه و زمانی صورت گیرد که مقادیر pH، دما و هدایت الکتریکی (EC) آب تقریبا ثابت شده باشد. همچنین سعی بر آن شد حداقل ۱۵ درصد از نمونه ها به صورت دوتایی تهیه شود تا از صحت آنالیزهای آزمایشگاهی اطمینان حاصل گردد نمونه‌برداری از منابع آب منطقه طی پنج دوره در اردیبهشت ، مرداد و آبان ماه ۱۳۹۰ و اردیبهشت و شهریور ماه ۱۳۹۱ انجام گرفت. جهت مشخص کردن و تعیین مقدار آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی موجود در نمونه‌های آب، پس از هر بار نمونه برداری از منابع آب منطقه، نمونه‌های برداشتی (با نگهداری در محفظه یخی) بلافاصله به آزمایشگاه منابع آب و خاک سازمان آب

و برق استان خوزستان ارسال شده و مقادیر متشکله‌های اصلی موجود در آن‌ها شامل یون های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سولفات، کلراید، و بی کربنات مورد سنجش قرار گرفت. به علاوه جهت بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، یون های فرعی نیترات، نیتریت، فسفات، و آرسنیک نمونه های آب اندازه گیری گردید. نتایج سنجش پارامترهای مختلف منابع آب دشت اندیمشک در دوره اردیبهشت ماه ۱۳۹۰ به طور نمونه در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی و آلودگی نمونه های آب چاه های اندیمشک در اردیبهشت ماه ۱۳۹۰

	EC	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	PO4	As
نام چاه	umoh/cm	meq/l							meq/l			ppb
W1	۵۲۰	۲.۵	۲.۳۳	۰.۳۹	۰.۰۸	۳.۲	۱.۲۱	۰.۷۳	۳۵	۰.۰۴	۰.۰۰۲	۲.۳۱
W2	۶۰۴	۲.۸	۲.۴۲	۰.۸۳	۰.۰۵	۳.۳۹	۱.۰۱	۱.۵	۲۶	۰.۰۹	۰.۰۹	۰.۴۸
W3	۴۸۵	۲.۴	۱.۸۳	۰.۶۵	۰.۰۳	۲.۷	۱.۰۱	۰.۹۸	۲۵	۰.۱	۰.۰۴	۰.۵۱
W4	۸۰۱	۳.۴	۲.۸۳	۱.۸۳	۰.۰۵	۳.۷	۱.۳	۲.۸۵	۴۳	۰.۰۴	۰.۳۶	۰.۵۳
W5	۵۴۸	۲.۳	۲	۱.۱۷	۰.۰۵	۲.۹	۱.۴۱	۱.۰۲	۲۶	۰.۰۴	۰.۲۶	۱.۳۷
W6	۴۸۰	۲	۱.۸۳	۱	۰.۰۳	۲.۳۹	۱.۰۱	۱.۲۳	۲۸	۰.۱	۰.۰۲	۳.۸۵
W7	۴۷۷	۲.۴	۲.۰۸	۰.۲۶	۰.۰۵	۲.۲	۰.۷	۱.۷۳	۵۷	۰.۰۴	۰.۰۵	۶.۱۶
W8	۴۴۱	۲.۳	۱.۴۲	۰.۷	۰.۰۳	۲.۱	۰.۵۹	۱.۵۴	۳۵	۰.۰۳	۰.۱۸	۰.۷۸
W9	۳۷۱	۱.۸	۱.۶۷	۰.۲۲	۰.۰۵	۲.۳	۰.۳۹	۰.۸۵	۳۶	۰.۱	۰.۰۱	۰.۷۲
W10	۳۵۶	۱.۶	۱.۹۲	۰.۰۴	۰	۲.۱	۰.۷	۰.۵۶	۵۵	۰.۱۱	۰.۱۶	۰.۸۱
W11	۳۶۶	۱.۷	۱.۸۳	۰.۱۷	۰	۲.۲	۰.۵۱	۰.۷۷	۲۹	۰.۱۴	۰.۰۲	۰.۴۳
W12	۳۶۶	۱.۹	۱.۵	۰.۲۶	۰.۰۳	۲.۳	۰.۳۹	۰.۷۹	۳۱	۰.۱۴	۰.۰۱	۰.۹۵
W13	۳۳۳	۱.۷	۱.۵	۰.۱۳	۰.۰۳	۲.۲	۰.۳۹	۰.۵۶	۲۳	۰.۱۳	۰.۰۳	۰.۶۹
W14	۳۵۶	۱.۶	۱.۸۳	۰.۱۷	۰	۲	۰.۳۹	۰.۹۸	۳۰	۰.۱۵	۰.۰۲	۰.۹۱
W15	۳۲۶	۱.۵	۱.۰۸	۰.۶۵	۰	۱.۸	۰.۳۹	۰.۸۸	۲۷	۰.۱۵	۰.۰۲	۴.۵۶
W16	۳۴۴	۱.۴	۱.۸۳	۰.۲۶	۰	۲.۳۹	۰.۳۹	۰.۴۶	۱۵	۰.۱۶	۰.۱۷	۰.۷۳
W17	۴۱۶	۱.۶	۲.۴۲	۰.۱۷	۰	۲.۱	۰.۵۱	۱.۷۹	۲۶	۰.۱	۰.۰۴	۰.۸۱
W18	۲۹۶	۱.۶	۱.۳۳	۰.۰۴	۰.۰۳	۲.۳	۰.۳۹	۰.۱۵	۱۴	۰.۱۳	۰.۲	۰.۵۶
W19	۴۲۸	۲	۱.۵۸	۰.۷	۰	۲.۶	۰.۳۹	۱.۱۵	۱۹	۰.۱۱	۰.۰۱	۴.۲۹
W20	۳۲۱	۱.۵	۱.۴۲	۰.۳	۰	۱.۹	۰.۳۹	۰.۷۷	۱۴	۰.۱۲	۰.۰۳	۴.۳۹
W21	۴۹۰	۱.۷	۲.۱۷	۱	۰.۰۵	۲.۵۱	۰.۳۹	۱.۹	۱	۰.۱۱	۰.۰۱	۴.۹۴

مراحل اجرا

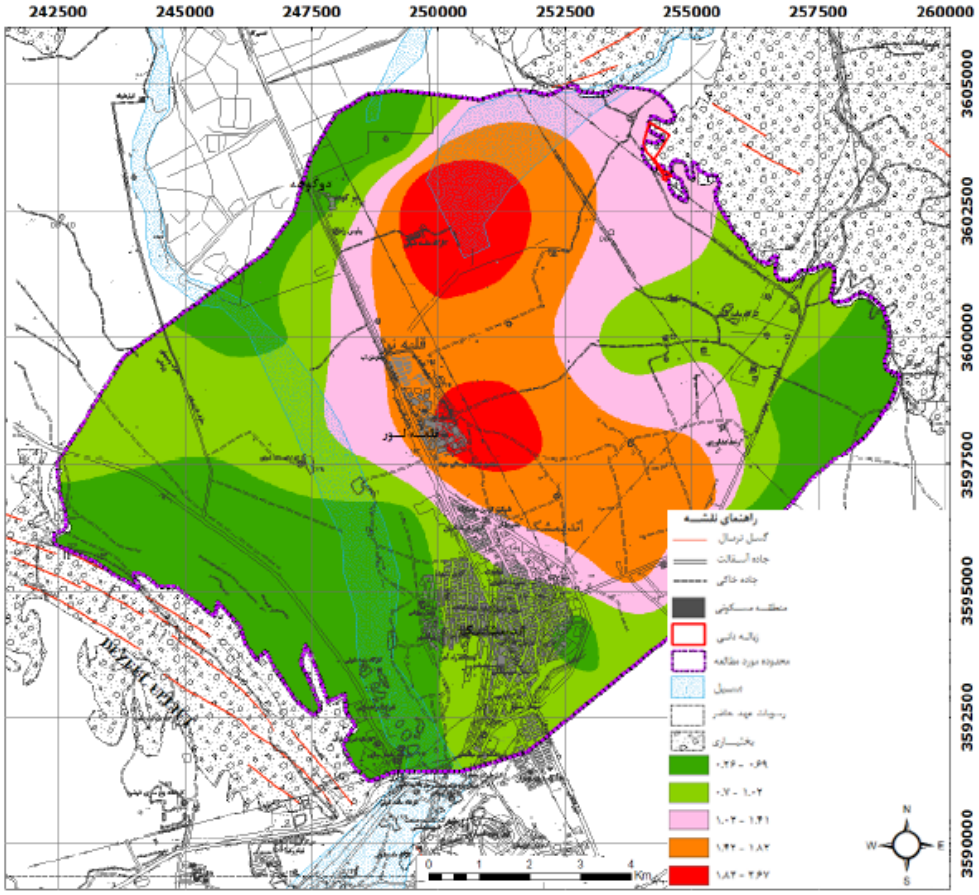
پس از بررسی های هیدروژئوشیمی پایه، به منظور شناسایی توزیع مکانی غلظت آلاینده ها در آب زیرزمینی دشت اندیمشک، نقشه های هم میزان یون های آلاینده در دوره های مختلف تهیه و پهنه بندی مکانی و تغییرات زمانی آلاینده ها مورد تحلیل قرار گرفت. جهت مدل‌سازی کمی و کیفی آبخوان آبرفتی اندیمشک دوره ۷۳۰ روزه مدل‌سازی از مهرماه ۱۳۸۹ تا شهریور ماه ۱۳۹۱ در نظر گرفته شد. پس از ساخت شبکه، تعیین مرز مدل و تخصیص توپوگرافی سطح و کف آبخوان، سلول‌های خارج از منطقه مدل‌سازی غیر فعال شدند. با اعمال داده‌های اولیه مقادیر پارامتری و تنش‌ها، اولین اجرای مدل صورت گرفته و نتایج آن ذخیره گردید. سپس اقدام به واسنجی دستی (سعی و خطا) مدل شده، که این امر مستلزم درگیری با مشکلات فراوان و صرف وقت زیادی گردیده است. جهت حصول مدل جریان واسنجی شده نهایی آبخوان محدوده مورد مطالعه، مدل MODFLOW بارها اجرا شده است. در نهایت نیز آنالیز حساسیت مدل واسنجی شده برای مقادیر پارامتری و تنش‌های مختلف صورت پذیرفته است. بعد از آن حساسیت مدل جریان واسنجی شده مورد تجزیه و تحلیل واقع شده است. در نهایت نیز توزیع مقادیر پارامتری و نرخ‌های تنش‌های واسنجی شده ارائه گشته است.

پس از واسنجی مدل جریان آبخوان آبرفتی، اقدام به مدل‌سازی انتقال آلودگی آب‌های زیرزمینی (Groundwater transport modeling) گردیده است. مدل‌سازی انتقال آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت اندیمشک جهت بررسی توزیع نیترات به عنوان شاخص آلودگی کیفی دشت با استفاده از کد MT3D انجام گرفته است. به دلایل زیر نیترات جهت انجام مدل‌سازی انتقال آلودگی آبخوان دشت اندیمشک شامل شاخص بودن یون نیترات به عنوان آلاینده‌ای با منشأهای انسانی (فاضلاب شهری و زباله دانی)، حیوانی (مرغداری‌ها و گاوداری‌ها) و زراعی (کوددهی زمین‌ها)، پیش بینی توزیع نیترات در آبخوان به منظور تغییرات قابلیت شرب (به ویژه در منطقه جارمه)، و محدود بودن سازوکارهای مؤثر بر انتقال یون نیترات در آب‌های زیرزمینی می باشد. پس از هر اجرای همراه با خطای MT3D، با تصحیح پارامترها و تنش‌های انتقال نسبت به رفع خطاها اقدام شده است. جهت اولین اجرای مدل انتقال آلودگی آبخوان آبرفتی دشت اندیمشک پس از انجام تقسیم‌بندی‌های مکانی و زمانی، پارامترهای تخلخل و قابلیت پخشیدگی به مدل وارد شده و سپس با تعیین شرایط مرزی غلظت به مدل، اولین اجرا صورت گرفته است. هر چند که معمولاً به دلیل زمان نسبتاً زیاد اجرای مدل های انتقال، محدوده اینگونه مدل ها را کوچکتر از محدوده مدل های جریان در نظر می گیرند ولی در مورد آبخوان آبرفتی اندیمشک محدوده مدل انتقال منطبق با محدوده مدل جریان در نظر گرفته شده تا بینشی منطقه ای از انتقال نیترات در آبخوان به دست آید. جهت تبیین وضعیت خطوط سیر جریان و انتقال آلودگی در منطقه از شبیه سازی با استفاده از مدل PMPATH که از مدل های جریان هم رفتی پیشرو و عقبرو می باشد، استفاده شده است. در نهایت نیز با تعریف سناریوهای مشخص، مهاجرت ابر آلودگی در آبخوان اندیمشک مورد پیش بینی واقع شده است.

نتایج و تحلیل آن

توزیع غلظت نیترات، فسفات، و آرسنیک به عنوان آلاینده های با منشاهای انسانی و کشاورزی در دشت اندیمشک مورد بررسی واقع گردید. از میان نقشه های هم میزان پارامترهای آلاینده آب زیرزمینی، نقشه هم میزان آرسنیک آبخوان در اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به تحلیل های انجام شده مشخص گردید که مهمترین منبع آلوده کننده آب زیرزمینی در دشت لور- اندیمشک فاضلاب شهری و کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی است، به همین دلیل انتظار می‌رود که مهمترین آلاینده موجود در آب زیرزمینی نیترات حاصل از فروشست این کودها از سطح خاک باشد. بطور کلی در اکثر دوره‌های نمونه‌برداری مقدار نیترات در بخش مرکزی بیشتر است. مقدار بالای نیترات در این بخش می‌تواند ناشی از نفوذ زهاب‌های کشاورزی و همچنین فاضلاب‌های شهری باشد. در شمال شرق منطقه نفوذ شیرابه های ناشی از سایت دفع زباله نیز در بالا رفتن میزان نیترات موثر می باشد. توزیع فسفات آب زیرزمینی در دوره های مختلف نشانگر افزایش مداوم غلظت فسفات آب های زیرزمینی در شمال شرق دشت، ناشی از نفوذ شیرابه زباله دانی شهر اندیمشک می باشد. بطور کلی در اکثر دوره‌های نمونه‌برداری مقدار آرسنیک در بخشهای شرقی و شمالی دشت نسبت به سایر نقاط بیشتر است. با توجه به اینکه حد مجاز آرسنیک در آب شرب بین ۱۰ تا ۵۰ میکروگرم در لیتر است، بنابراین مقدار آرسنیک آب زیرزمینی اندیمشک در تمام دوره ها در حد مجاز قرار دارد ولی افزایش غلظت آن در بخش متاثر از نفوذ زباله دانی، می تواند برای سال های آتی هشدار دهنده باشد.

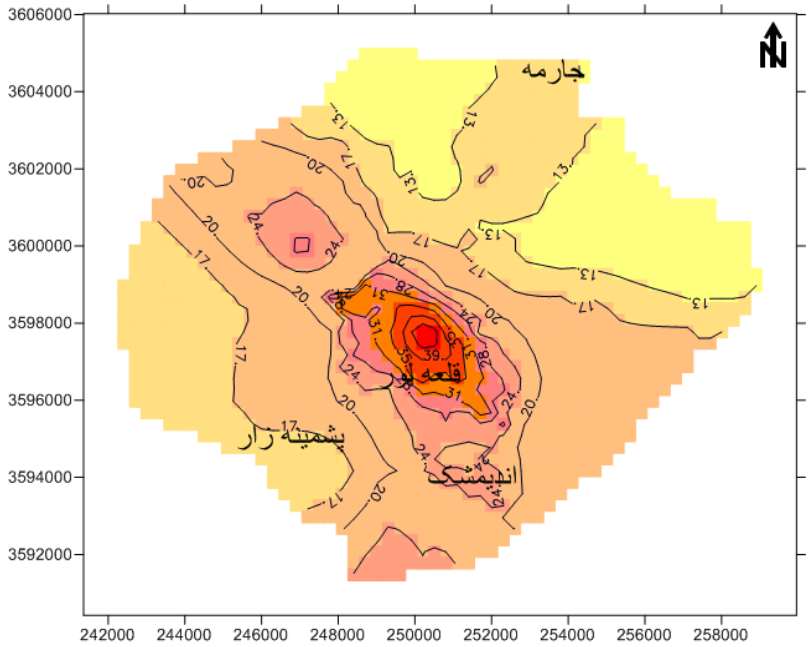
نتایج شبیه سازی توزیع نیترات آب زیرزمینی با استفاده از مدل MT3D (شکل ۵) نشان می دهد که حداکثر غلظت نیترات در منطقه واقع در مرکز مدل قرار دارد که افزایش غلظت آن ناشی از تمرکز جریان های آلوده نیتراته از منشا کشاورزی و نیز فاضلاب شهر اندیمشک می باشد. در شهریور ماه ۱۳۹۰ غلظت نیترات نسبت به ابتدای دوره مدل زیادتر شده و مدل بواسطه رخداد دنیترفیکیشن غلظت را تعدیل ننموده است.



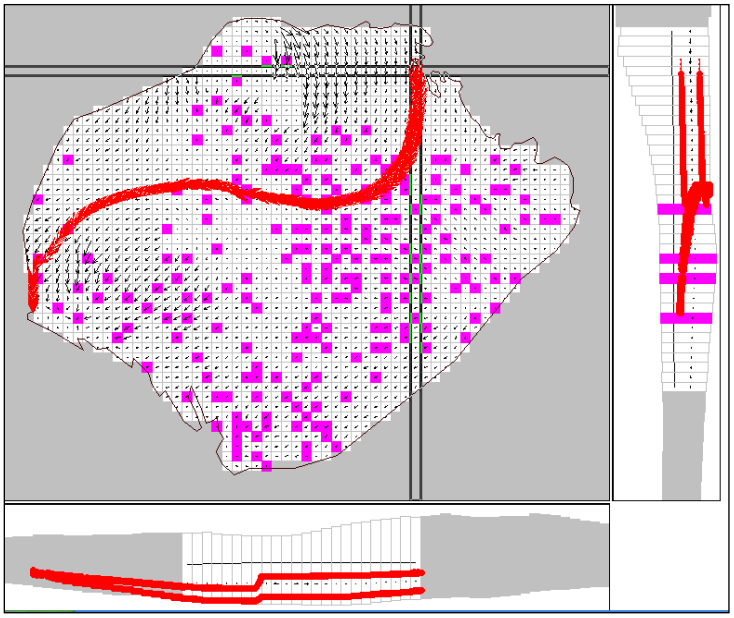
شکل ۴ – نقشه هم غلظت آرسنیک در آب زیرزمینی دشت اندیمشک (بر حسب میکروگرم بر لیتر)

بواسطه نفوذ شیرابه زباله دانی جارمه، غلظت نیترات در آن بخش به طور موضعی تا حدود ۱۰۰ میلی گرم نیز رسیده است، افزایش غلظت نیترات در منطقه شهر اندیمشک نیز تا مقادیر بیش از ۴۵ میلی گرم در لیتر (حد مجاز شرب) مشخص است. روند صعودی افزایش غلظت نیترات تا شهریور ۱۳۹۱ ادامه نیافته و در این دوره حداکثر غلظت در محل دفن زباله جارمه از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به ۶۶ میلی گرم در لیتر کاهش یافته است ولی همچنان این نفوذ شیرابه زباله دانی و نیز نفوذ فاضلاب شهر اندیمشک آبخوان را به لحاظ کیفی در معرض بحران قرار داده اند. نتایج شبیه سازی انجام شده با استفاده از مدل PMPATH برای دوره مدل نشان می دهد که بر اساس خطوط سیر موجود در منطقه، ذرات آلاینده از منشا زباله دانی اندیمشک، با روند شمالی – جنوبی در آبخوان حرکت نموده و سپس در بخش های میانی، با روند شرقی – غربی منطقه وسیعی از آبخوان را متاثر می سازد و در نهایت در زمانی کمتر از یک سال به آبخوان کنگلومرای بختیاری در غرب محدوده تخلیه می شود.

شبیه سازی مهاجرت آلودگی نیتراته در آبخوان دشت اندیمشک تحت سناریو بارش میانگین با با فرض حذف ننمودن زباله دانی جارمه تا سال ۱۳۹۵ انجام شد (شکل ۷). هرچند توصیه اکید می شود که محل زباله دانی با توجه به خطرات زیست محیطی و اثر گسترده بر بخش های میانی دشت اندیمشک، این محل زباله دانی تغییر یابد. پس از آن فرض گردید که زباله دانی به محلی خارج از محدوده مدل انتقال یابد و اثرات آن بر مهاجرت آلودگی در آبخوان تا سال ۱۳۹۵ شبیه سازی شد (شکل ۸).



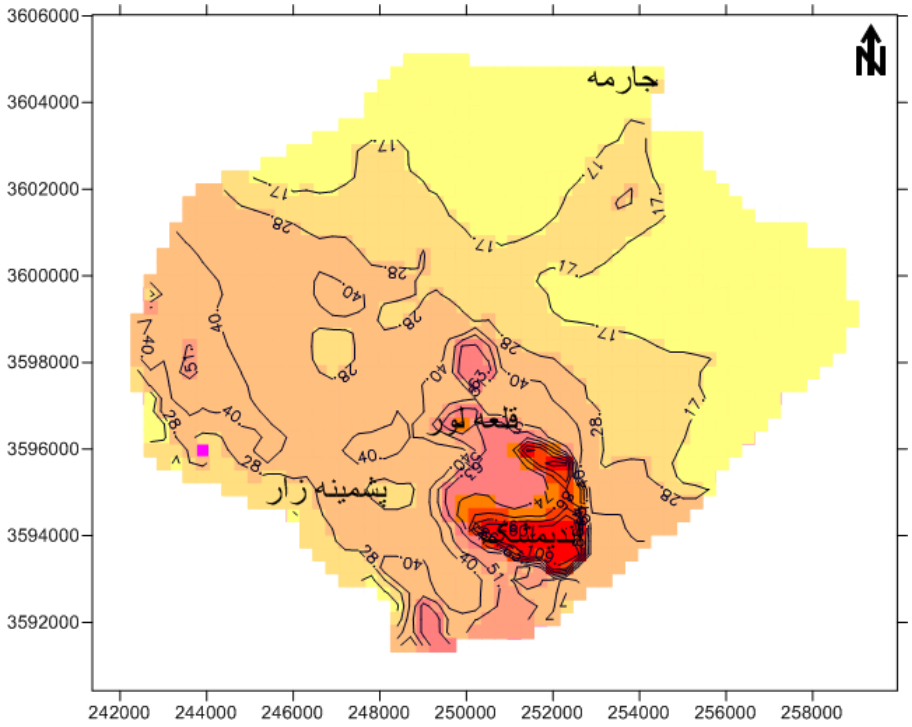
شکل ۵- نقشه غلظت نیترات شبیه سازی شده مدل انتقال دشت لور- جارمه در اردیبهشت ۱۳۹۰



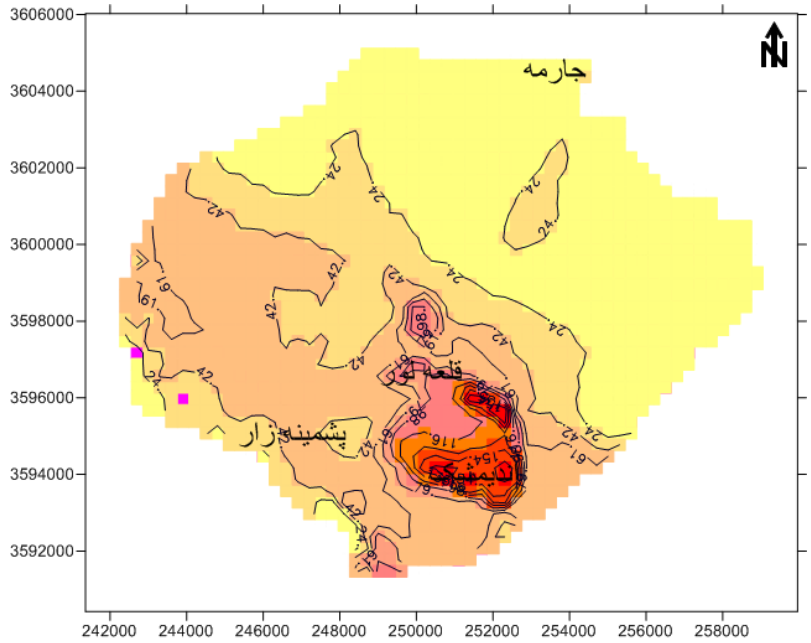
شکل ۶- نقشه شبیه سازی شده خطوط سیر شیرابه زباله دانی جارمه در دشت اندیمشک از اردیبهشت ۱۳۹۰ تا شهریور ۱۳۹۱

نتایج شبیه سازی پیش بینی کننده نشان می دهد حداکثر غلظت نیترات در منطقه شهر اندیمشک می باشد که با توجه به افزایش جمعیت و بالطبع نفوذ بیشتر فاضلاب، پیش بینی می شود که در محدوده شهر اندیمشک غلظت نیترات در سال ۱۳۹۵ حداکثر به ۱۲۰ میلی گرم در لیتر و در سال ۱۴۰۰ به ۱۹۰ میلی گرم در لیتر برسد که می تواند بیانگر فاجعه عظیم زیست محیطی (شاید بتوان آن را مشابه با آلودگی رادیواکتیو هسته ای دانست) در آبخوان

اندیمشک باشد. زباله دانی جارمه نیز تاثیر خود را بر بخش های جنوبی و میانی دشت اندیمشک و پلوم آلودگی با غلظت نیترات بیش از ۲۰ و ۲۴ میلی گرم در لیتر در سال های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ ایجاد می نماید.



شکل ۷- نقشه هم نیترات (بر حسب mg/l) آب زیرزمینی پیش بینی شده مدل اندیمشک در سال ۱۳۹۵ تحت شرایط میانگین بارش و وجود زباله دانی شهری جارمه



شکل ۸- نقشه هم نیترات (بر حسب mg/l) آب زیرزمینی پیش بینی شده مدل اندیمشک در سال ۱۴۰۰ تحت شرایط میانگین بارش و جابجایی زباله دانی جارمه از سال ۱۳۹۵

تقویت پلوم آلودگی ناشی از زباله دانی تا سال ۱۳۹۵ و تداوم آن تا سال ۱۴۰۰ (با در نظر گرفتن امها زباله دانی از سال ۱۳۹۵ به بعد) موید تخریب کیفی آبخوان در بخش شمالی دشت می باشد. هرچند که مخاطره زباله دانی جارمه نسبت به فاضلاب شهر اندیمشک در نگاه نخست کمتر به نظر می آید ولی می بایست این نکته را مد نظر قرار داد که آلاینده های ورودی از زباله دانی شامل عناصر سمی، فلزات سنگین، آرسنیک، جیوه، و بیماری زاهای از منشا زباله های بیمارستانی، نمایانگر خطر بسیار زیاد زباله دانی جارمه برای آبخوان دشت اندیمشک است. علاوه بر این وجود حوضچه های بسیار نفوذپذیر پخش سیلاب مربوط به طرح تغذیه مصنوعی جارمه که در مجاورت پایین دست زباله دانی قرار دارد، این خطر را تشدید می نماید.

با توجه به تحلیل های انجام شده مشخص گردید که مهمترین منابع آلوده کننده آب زیرزمینی در دشت اندیمشک فاضلاب شهری، کودهای شیمیایی، و زباله دانی جارمه می باشند. توزیع نیترات، فسفات، و آرسنیک آب زیرزمینی در دوره های مختلف نشانگر افزایش مداوم غلظت این آلاینده ها در آب زیرزمینی در شمال شرق دشت اندیمشک، ناشی از نفوذ شیرابه زباله دانی می باشد. نتایج شبیه سازی توزیع نیترات آب زیرزمینی نشان می دهد که بواسطه نفوذ شیرابه زباله دانی جارمه، غلظت نیترات در آن بخش به طور موضعی تا حدود ۱۰۰ میلی گرم نیز رسیده است، افزایش غلظت نیترات در منطقه شهر اندیمشک نیز تا مقادیر بیش از ۴۵ میلی گرم در لیتر (حد مجاز شرب) مشخص است. نتایج شبیه سازی انجام شده خطوط سیر موجود در منطقه مشخص نمود که ذرات آلاینده از منشا زباله دانی جارمه، با روند شمالی – جنوبی در آبخوان حرکت نموده و سپس در بخش های میانی، با روند شرقی – غربی منطقه وسیعی از آبخوان را متاثر می سازد و در نهایت در زمانی کمتر از یک سال به آبخوان کنگلومرای بختیاری در غرب محدوده تخلیه می شود. نتایج شبیه سازی پیش بینی کننده نشان می دهد در محدوده شهر اندیمشک غلظت نیترات در سال ۱۳۹۵ حداکثر به ۱۲۰ میلی گرم در لیتر و در سال ۱۴۰۰ به ۱۹۰ میلی گرم در لیتر خواهد رسید که می تواند بیانگر فاجعه زیست محیطی در آبخوان اندیمشک باشد. زباله دانی جارمه، که در این مقاله به عنوان بدترین سایت دفن زباله در کشور معرفی شده است، نیز باعث تقویت پلوم آلودگی ناشی از زباله دانی تا سال ۱۳۹۵ و تداوم آن تا سال ۱۴۰۰ (با در نظر گرفتن امها زباله دانی از سال ۱۳۹۵ به بعد) خواهد شد. آلاینده های ورودی از زباله دانی شامل عناصر سمی، فلزات سنگین، نیترات، و بیماری زاهای از منشا زباله های بیمارستانی، نمایانگر خطر بسیار زیاد زباله دانی جارمه برای آبخوان دشت اندیمشک است. علاوه بر این وجود حوضچه های بسیار نفوذپذیر پخش سیلاب مربوط به طرح تغذیه مصنوعی جارمه که در مجاورت پایین دست زباله دانی قرار دارد، این خطر را تشدید می نماید.

منابع و مواخذ

Abu-Rukah, Y., and Al-Kofahi, O. (2001). The assessment of the effect of landfill leachate on ground-water quality—a case study. El-Akader landfill site—north Jordan. J. Arid Environ. 49. pp.615–630.

Harbaugh, A.W. (2005). MODFLOW-2005, the U.S. Geological Survey modular ground-water model -- the Ground-Water Flow Process, U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.

Lee, J.Y., Cheon, J.Y., Kwon, H.P., Yoon, H.S., Lee, S.S., Kim, J.H., Park, J.K., and Kim, C.G. (2006). Attenuation of landfill leachate at two uncontrolled landfills, Environ. Geol. 51. pp. 581–593.

Li, J. (2013). China gears up to tackle tainted water, Nature 499. pp. 14–15.

Morris, B.L., Darling, W.G., Gooddy, D.C., Litvak, R.G., Neumann, I.,

Nemaltseva, E.J., and Poddubnaia, I. (2006). Assessing the extent of induced leakage to an urban aquifer using environmental tracers: an example fromBishkek, capital of Kyrgyzstan, Central Asia, Hydrogeol. J. 14. pp. 225–243.

Osenbrück, K., Gläser, H.-R., Knöller, K., Weise, S.M.,Möder,M., Wennrich, R., Schirmer,M., Reinstorf, F., Busch, W., and Strauch, G., (2007). Sources and transport of selected organic micropollutants in urban groundwater underlying the city of Halle (Saale), Germany, Water Res. 41, 3259–3270.

Rapti-Caputo, D., and Vaccaro, C. (2006). Geochemical evidences of landfill leachate in groundwater, Eng. Geol. 85. pp. 111–121.

Rupert, M.G. (2008). Decadal-scale changes of nitrate in ground water of the United States, 1988–2004, J. Environ. Qual., 37. pp. 240-248.

Saarela, J. (2003). Pilot investigations of surface parts of three closed landfills and factors affecting them, Environ Monit. Assess. 84. pp. 183–192.

Zheng, C. (2010). MT3DMS v5.3 Supplemental User's Guide, Technical Report to the U.S. Army Engineer Research and Development Center, Department of Geological Sciences, University of Alabama, 51 p.