Evaluation of Groundwater Pollution Caused by Leakage o f Leachate Produced Landfill using Numerical Model

Mohsen Azizi
PhD, Department of Science and Water Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.

Abbas Khashei Siuki
* Associate Professor, Department of Science and Water Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.
Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir

Mehdi Dastorani
3- Assistant Professor, Department of Science and Water Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.

Received: 25 November 2017
Accepted: 20 December 2017

ABSTRACT

Background & objeftive: Nowadays, the pollution caused by landfills is considered as one the serious environmental threats, especially for groundwater resources. The purpose of this research, was touse mathematical and high precision numerical models in determination and explanation of the current situation and relatively accurate predictions, to examine the groundwater pollution caused by leakage of leachate from landfills.

Methods and Materials: In this research, The MODFLOW, MODPATH and MT-3DMS models was used to estimate the speed of movement of pollution, tracing path and to simulate the process of transfer of leachate produced at San Angelo landfill site in the United States to the downstream drinking water well. Also Three scenarios of a) improved bedding of landfill bottom and reduced leachate penetration to 25%; b) Reducing the amount of extraction downstream drinking water well to 20%; c) landfill Movement as much as 100m to upstream were evaluated.

Results: The results of the modeling showed that in the current situation, the leachate produced landfill reaches the downstream well going through a distance of 608 meters in 2158 days. By applying three scenarios in the numerical model was seen that the leachate reaches to the downstream well by passing a distance of 613, 618, and 667 m in 4000, 3250 and 4000 days, respectively.

Conclusion: Therefore, in the field of locating the landfill and investigating leakage of leachate to groundwater, numerical models can be used to predict the direction and speed of pollution movement and to make management decisions for reducing the time and distance of arriving the pollution at the groundwater.

Document Type: Research article
Keywords: Landfill, Groundwater pollution, MT3DMS, MODPATH.

▶ **Citation:** Azizi M, Khashei Sivaki A, Dastorani M. Evaluation of Groundwater Pollution Caused by Leakage of Leachate Produced Landfill using Numerical Model. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*.Autumn 2017;3 (3) : 187-197 .

Archive of SID
www.SID.ir

بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از نشت شیرابه تولیدی محل دفن پسماندها با استفاده از مدل عددی

محسن عزیزی
دکترای تخصصی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

دکتر عباس خاشعی سیوکی
* دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. (نویسنده مسئول)
Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir

دکتر مهدی دستورانی
استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آلودگی ناشی از محل‌های دفن پسماند به عنوان یکی از تهدیدهای جدی محیط زیست و از جمله منابع آب زیرزمینی تلقی می‌شود. مطالعه حاضر با هدف استفاده از مدل‌های ریاضی و عددی با دقت بالا در تعیین و تشریح شرایط کنونی و انجام پیش‌بینی‌های نسبتاً دقیق، به منظور بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی اطراف مراکز دفن پسماند ناشی از نشت شیرابه انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق برای تخمین سرعت حرکت آلودگی، ردیابی مسیر حرکت و شبیه‌سازی فرآیند انتقال آلودگی شیرابه تولیدی در محل لندفیل شهر San Angelo کشور آمریکا به چاه آب شرب پایین‌دست، از مدلهای MODFLOW، MODPATH و MT3DMS استفاده شد. همچنین سه سناریوی بهبود بسترسازی کف لندفیل و کاهش میزان نفوذ شیرابه به ۲۵ درصد؛ کاهش میزان استحصال از چاه پایین‌دست به ۲۰ درصد؛ و جابجایی محل دفن پسماند به اندازه ۱۰۰m به بالادست بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج مدلسازی نشان داد که در شرایط فعلی، شیرابه تولیدی با طی مسافت ۶۰۸ m در مدت ۲۱۵۸ روز خود را به چاه پایین‌دست می‌رسد. با اعمال سه سناریو به مدل عددی مشاهده گردید به ترتیب شیرابه با طی ۶۱۳، ۶۱۸ و ۶۶۷ m و مدت زمان ۴۰۰۰، ۳۲۵۰ و ۴۰۰۰ روز خود را به چاه پایین‌دست می‌رساند.

نتیجه‌گیری: در زمینه مکانیابی محل دفن پسماندها و بررسی نشت شیرابه به آب‌های زیرزمینی، می‌توان با استفاده از مدل‌های عددی، مسیر و سرعت حرکت آلودگی را پیش‌بینی و تصمیم‌های مدیریتی جهت کاهش زمان و مسافت رسیدن آلودگی به آب‌های زیرزمینی اتخاذ نمود.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلید واژه‌ها: آلودگی آب‌های زیرزمینی، لندفیل، MT3DMS.MODPATH

◄ **استناد:** عزیزی م، خاشعی سیوکی ع، دستورانی م. بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از نشت شیرابه تولیدی محل دفن پسماندها با استفاده از مدل عددی. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۳۹۶؛۳ (۳): ۱۸۷-۱۹۷.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

مدل‌سازی عددی آب‌های زیرزمینی، ابزاری مهم برای مدیریت منابع آب در آبخوان‌ها می‌باشد. این مدل‌ها می‌توانند برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی و همچنین مدیریت منابع آب و پیش‌بینی چگونگی تغییر یک آبخوان در مقابل تغییرات آب‌وهوایی و پمپاژ استفاده شوند. از آنجایی که آب‌های زیرزمینی در معرض آلودگی‌های شدید قرار دارند، استراتژی‌های مؤثر برای مدیریت و حفاظت منابع آب‌های زیرزمینی برای اجتناب از اثرات محیطی برگشت‌ناپذیر مانند کاهش شدید کیفیت این آب‌ها و نابودی آنها لازم است. از این رو مدل‌سازی انتقال آلودگی‌های مختلف در آب‌های زیرزمینی در سالهای اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است (۱). در اثر همین افزایش توجه، مدلهای عددی مختلفی برای تحلیل چگونگی حرکت آلودگی در آب‌های زیرزمینی توسعه یافته است. در این بین، مهمترین عامل آلودگی آب در محل دفن مواد زاید جامد، شیرابه است که با ورود به آب‌های سطحی و یا زیرزمینی، مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی برای انسان و جانوران ایجاد می‌کند (۲). تولید و مدیریت شیرابه در مراکز دفن پسماند، به عنوان یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی در این مراکز مطرح شده است. مهمترین اثر زیست محیطی شیرابه مراکز دفن، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است. شیرابه مراکز دفن از بارندگی، آب ناشی از ذوب برف و رطوبت موجود در پسماند و تجزیه بیولوژیکی پسماندها به‌وجود می‌آید (۳).

جهت بررسی نشت شیرابه تولیدی در دفنگاه پسماند و آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی، مطالعات متعددی صورت گرفته است که برخی از آنها به اختصار بیان می‌شود. Zogi و Ghavidel (۲۰۱۱) با استفاده از مدل HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance)، میزان شیرابه تولیدی در دفنگاه پسماند شهر سمنان را تخمین زدند و به این نتیجه رسیدند که بارندگی، تبخیر و تعرق به ترتیب بیشترین تأثیر را روی افزایش و کاهش تولید شیرابه دارند (۳). Piruz و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی بر روی محل دفن پسماند شهر رشت (منطقه جنگلی سراوان) به این نتیجه رسیدند که منابع آب سطحی، زیرزمینی و خاک منطقه به شدت آلوده شده و امکان جلوگیری از پیشروی آلودگی نیست و با توجه به شیب‌دار بودن محل دفن پسماند، شیرابه راهی رودخانه زرجوب می‌شود (۴).

Rouholahnejad و Sadrnejad (۲۰۰۹) در مطالعه و بررسی محل دفن پسماند در مناطق ساحلی لبنان با استفاده از روشهای حل FDM (Finite difference method) و FVM (Finite volume method)و بهره‌گیری از مدل HELP به این نتیجه رسیدند که کنتورهای غلظت شیرابه حتی در ۷۵ سال آینده نیز به مناطق پایین‌دست که منابع آبی منطقه در آنجا واقع شده است، نخواهد رسید (۵). Khanlari و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی میزان تأثیر شیرابه‌های محل دفن پسماند شهر همدان بر آب‌های زیرزمینی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که شرایط زمین‌شناختی و هیدروژئولوژیکی محل دفن، نقش مهمی در گسترش آلودگی دارد و میزان آلودگی جریان‌های زیرسطحی آلوده‌تر از آبخوان عمیق است (۶).

Motazeri (۲۰۱۳) به بررسی و مدل‌سازی آلودگی منابع آب زیرزمینی و خاک اطراف جایگاه لندفیل شهر شاهرورد پرداخت و به این نتیجه رسید که بالا بودن نفوذپذیری خاک، از جمله دلایل انتقال شیرابه به سفره آب سطحی می‌باشد (۷). Rezaei و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه ارزیابی آلودگی شیمیایی منابع آب زیرزمینی مناطق پایین‌دست محل دفن پسماند شهر سنندج، با بررسی کیفیت آب ۵ حلقه چاه پایین‌دست مجاور لندفیل به این نتیجه رسیدند که آب چاه‌های مورد مطالعه قابل شرب نمی‌باشند، ولی از لحاظ استفاده در کشاورزی و آبیاری محدودیتی ندارند (۸).

Kakaei و Riyahi Bakhtiari (۲۰۱۶) طی مطالعه‌ای به ارزیابی خطر ورود شیرابه حاوی فلزات سنگین ناشی از پسماندهای خطرناک به آب زیرزمینی در محل دفن پسماند شهر همدان با استفاده از مدل IWEM پرداخته و به این نتیجه

Archive of SID
www.SID.ir

رسیدند که تعیین نوع پوشش به منظور جلوگیری از ورود شیرابه به آب زیرزمینی امری ضروری است (۹). Nakhaei و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی جهت مدلسازی نحوه انتقال آلودگی ناشی از نشت شیرابه محل دفن پسماندهای شهر رشت با استفاده از نرم‌افزارهای HYDRUS و Visual HELP به این نتیجه رسیدند که در بازه زمانی ۵۰ ساله، به دلیل ناچیز بودن غلظت شیرابه نفوذی و تراکم بالای لایه در عمق ۴۰ متری، از انتقال آلودگی به آب زیرزمینی جلوگیری شده و انتقال آلودگی تنها در قسمت‌های رسوبی بالایی صورت می‌گیرد (۱۰).

Baghvand و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای جهت بررسی آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی اطراف مراکز دفن پسماند شهر تاکستان به این نتیجه رسیدند که نشت شیرابه باعث تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی مجاور لندفیل تاکستان شده است (۱۱). Alavi Dehkordi و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی برای مدلسازی انتقال فلزات سنگین شیرابه‌های ناشی از دفن پسماند بر سفره آب زیرزمینی شهرکرد با استفاده از کد MT3DMS و نرم‌افزار GIS به این نتیجه رسیدند که با دو برابر شدن نرخ نفوذ آلودگی به آب زیرزمینی، غلظت آلودگی در لندفیل شهرکرد دو برابر و در هفشجان بیش از دو برابر می‌شود (۱۲).

با توجه به اینکه امکان انتقال شیرابه تولیدی از محل دفن پسماندها به آب‌های زیرزمینی اطراف وجود دارد، لذا برای بررسی آلودگی احتمالی آب‌های زیرزمینی بهتر است از مدل‌های عددی که قابلیت مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی را دارند، استفاده شود، لذا در این تحقیق برای تخمین سرعت حرکت آلودگی، ردیابی مسیر حرکت آلودگی و شبیه‌سازی فرآیند انتقال آلودگی شیرابه تولیدی در محل دفن پسماند به آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، از مدلهای MODPATH، MODFLOW و MT3DMS در قالب نرم‌افزار GIS استفاده شد.

روش کار

منطقه مورد مطالعه

لندفیل شهر San Angelo واقع در کشور آمریکا در محدوده مطالعاتی بین عرض‌های جغرافیای "۳۱°۳۰'۱۸,۱۴ و "۳۱°۳۰'۱۷,۷۱ و طول‌های جغرافیایی "۱۰۰°۲۳'۲۰,۷۵ و "۱۰۰°۲۳'۱۶,۸۳ احداث شده است. منطقه مورد مطالعه از شمال به تپه‌هایی از جنس سنگ آهکی محدود شده که از این سمت هیچ جریان آب زیرزمینی وارد منطقه نمی‌شود. همچنین منطقه مورد مطالعه از شرق، جنوب و غرب به دو رودخانه محدود شده که در منطقه جنوب شرقی به یکدیگر می‌پیوندند. در منطقه مورد مطالعه تعدادی زهکش وجود دارد که بیشتر اوقات از سال خشک بوده و در برخی اوقات با توجه به بالا آمدن سطح آب زیرزمینی دارای جریان آب می‌باشند. علاوه بر زهکش و رودخانه در منطقه، دو حلقه چاه آب شرب وجود دارد. سفره آب زیرزمینی منطقه شامل دو لایه رسوب اولیه می‌باشد که لایه فوقانی یک آبخوان آزاد و لایه تحتانی یک آبخوان محصور می‌باشد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه را نشان می‌دهد.

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ساخت مدل مفهومی

بر اساس روند مدل‌سازی، پس از مشخص بودن اهداف مدل و انجام مطالعات پایه در این مرحله تهیه مدل مفهومی به عنوان پیش‌نیاز مدل ریاضی ضروری است. این مدل مجموعه زمین‌شناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و بیلان آب را شامل می‌شود. به‌طور خلاصه مواردی شامل فرم هندسی محدوده آبخوان، نوع سازندهای زمین‌شناسی آبخوان از نظر همگنی و ناهمگنی، ارتباط بین لوگ چاهها و تفکیک لایه‌ها، نحوه بررسی مسئله (به صورت یک، دو و سه بُعدی)، تعیین نوع جریان به صورت ورقه‌ای و متلاطم، بیلان آب زیرزمینی، شرایط مرزی و ارتباطی که آبخوان

Archive of SID
www.SID.ir

با محدوده خارج از خود دارد، رودخانه‌ها، چاه‌ها، زهکش‌ها، نفوذ، تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی، موقعیت پیزومترها و ... در تهیه یک مدل مفهومی مورد توجه قرار می‌گیرند (۱۳).

بدون شک یکی از مهمترین مراحل مدلسازی، تهیه مدل مفهومی مناسب با توجه به طبیعت سفره می‌باشد. ساده‌نگری بیش از حد به موضوع، باعث دستیابی به نتایج غیر واقعی و نگرش سخت‌گیرانه به آبخوان، بالا رفتن هزینه مدل‌سازی، از دست رفتن زمان و نیاز به داده‌های بیشتر و به‌خصوص سبب مشکلات عدیده در مرحله کالیبراسیون مدل می‌شود. در این تحقیق برای ساخت مدل مفهومی جریان از ۱۱ لایه اطلاعاتی شامل مرز آبخوان، رودخانه، رقوم ارتفاعی سطح آب زیرزمینی، توپوگرافی، سنگ بستر، پیزومترها، چاه‌های برداشت، تغذیه سطحی ناشی از بارندگی، زهکش، هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره استفاده شد.

ساخت مدل ریاضی

هدف از مدل ریاضی یک سفره آب زیرزمینی، شبیه‌سازی طبیعی آبخوان با استفاده از یکسری روابط ریاضی می‌باشد. یک مدل آب زیرزمینی در واقع فرم ساده شده‌ای از یک سیستم واقعی آب‌های زیرزمینی است که به‌طور تقریبی همبستگی بین عمل و عکس‌العمل هیدرودینامیکی را در یک سیستم ارائه می‌کند. مدل ریاضی شامل نوشتن یک برنامه یا کد کامپیوتری می‌باشد که به نرم‌افزار GMS داده شده است. این بخش شامل طراحی مدل و تفسیر داده‌های مدل مفهومی و انتقال آن به کد MODFLOW2000 می‌باشد (۱۳).

معادله حاکم در این مدلسازی عبارت است از معادله پواسون در حالت سه بعدی (معادله ۱):

$$\frac{\partial}{\partial x}h\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}h\frac{\partial h}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}h\frac{\partial h}{\partial z}=Sy\frac{\partial h}{\partial t}\pm\frac{R}{2Kxy} \quad (۱)$$

در این معادله مؤلفه‌های جریان آب زیرزمینی مربوط عبارتند از:

$$\frac{\partial h}{\partial x}$$

مشتق جزئی مرتبه دوم بار هیدرولیکی در جهت محور مختصات X، Kxy ضریب هدایت هیدرولیکی آبخوان، Sy آبدهی ویژه آبخوان، R میزان برداشت از آبخوان (علامت منفی) یا میزان نفوذ به آبخوان (علامت مثبت) (۱۴). برای اینکه بتوان مدل ریاضی آبخوان منطقه مورد مطالعه را راه‌اندازی کرد، ابتدا باید محدوده مورد مطالعه را شبکه‌بندی نمود.

شبکه‌بندی آبخوان

اگرچه آبخوانها یک محیط پیوسته را تشکیل می‌دهند، لذا جهت مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی برای اینکه بتوان معادلات دیفرانسیل جزئی را حل کرد، بایستی محیط را به اجزاء کوچکتری که اصطلاحا شبکه می‌نامند، تقسیم کرد. در روش تفاضلهای محدود، معمولاً منطقه مطالعاتی با استفاده از دو دسته خطوط موازی عمود بر هم، به تعدادی شبکه مستطیلی و یا مربعی تقسیم می‌شود. در آبخوان منطقه مورد مطالعه با توجه به اطلاعات پایه آب‌های زیرزمینی و وجود رودخانه، چاه و زهکش در منطقه، ابعاد شبکه به‌طور غیر یکنواخت ۱۵ m در ۱۵ m در محدوده چاه‌های مدل و ۱۵۰ m در ۱۵۰ m در سایر قسمت‌های مدل در نظر گرفته شد.

کالیبراسیون مدل

مدل آب زیرزمینی با استفاده از داده‌های معرفی شده به مدل آماده گردید. حال باید مدل را به کمک آمار موجود کالیبره کرد تا عکس‌العمل مدل نسبت به شرایط اعمال شده با آنچه در طبیعت اندازه‌گیری شده، مطابقت داشته باشد. جهت کالیبراسیون مدل رژیم، جریان آب زیرزمینی به صورت پایدار در نظر گرفته شده است تا به حدود ضریب هدایت هیدرولیکی و میزان تغذیه و تخلیه سفره دست پیدا کرد. پس از تکمیل اطلاعات ورودی مدل در اولین اجرا مشخص گردید که رقوم سطح آب محاسبه شده و مشاهده شده در چاههای مشاهده‌ای محدوده مدل (نقاط کنترل) یکسان نبوده و این اختلاف از ۱ m تا چندین متر می‌رسد. بر این اساس حوضه با توجه به نقاط کنترل تیسن‌بندی گردید. با تغییر در میزان ضریب هدایت هیدرولیکی (که به صورت تدریجی اعمال می‌گردد) در هر یک از تیسن‌های ساخته شده، میزان جدیدی از سطح آب محاسبه‌ای به‌دست می‌آمد که با مقایسه این

Archive of SID
www.SID.ir

مقادیر با مقادیر مشاهده‌ای، میزان اختلاف یک‌بار دیگر محاسبه گردید. جهت دستیابی به اختلاف قابل قبول مجددا مقادیر ضریب هدایت هیدرولیکی تصحیح گردید.

صحت‌سنجی مدل

کالیبراسیون مدل به‌صورت دستی و در چندین مرحله با تغییر تدریجی ضریب هدایت هیدرولیکی در بازه قابل قبول و تغییر شرایط مرزی صورت گرفت و در پایان هر مرحله مدل مجدد اجرا شد و سطح آب محاسبه شده توسط مدل با تراز آب چاه‌های مشاهده‌ای مقایسه می‌گردید و در صورتی که اختلاف سطح آب در بازه ۱m± بود، مدل کالیبره شد. شکل ۲ برآورد صحت مدل را نشان می‌دهد.

Error Summary
Head

Mean Error:	0/613
Mean Abs. Error:	1/201
Root Mean Sq. Error:	1/296

شکل ۲. خطای مدل کالیبره شده

ساخت مدل کیفی

از بین برنامه‌های شبیه‌سازی آلودگی آب‌های زیرزمینی، مدل MT3DMS به دلیل در نظر گرفتن خواص فیزیکی محیط متخلخل و کامل بودن، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. اکثر مدل‌های عددی آب‌های زیرزمینی بر پایه دو معادله دیفرانسیل با مشتقات جزئی حل می شوند که این معادلات شامل: معادله سه بُعدی حرکت آب‌های زیرزمینی و معادله انتقال محلول‌ها به علت پدیده‌های جابجایی و پخشیدگی می‌باشند. معادله سه بُعدی حرکت آب‌های زیرزمینی با چگالی ثابت در محیط متخلخل به صورت معادله ۲ بیان می‌شود:

(۲)

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_{z=}\frac{\partial h}{\partial z}\right)-W=S_s\frac{\partial h}{\partial t}$$

در این معادله، K هدایت هیدرولیکی، h بار پتانسیل، W دبی حجمی در واحد حجم که نشانگر تخلیه و تغذیه می‌باشد، Ss ذخیره مخصوص مواد متخلخل، t زمان و x،y،z بیانگر مختصات کارتزینی می‌باشند.

معادلات دیفرانسیل جزئی انتقال مواد در سیستم سه بُعدی در یک سفره آب زیرزمینی به صورت معادله ۳ می‌باشد:

(۳)

$$\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(D_{ij}\frac{\partial c}{\partial x_j}\right)-\frac{\partial}{\partial x_i}(v_i c)+\frac{q_=}{\theta}c_s+\sum_{K-1}^{N}R_k$$

که در آن، C غلظت آلاینده‌های محلول در آب زیرزمینی، t زمان، Xi فاصله در جهت X در سیستم مختصات کارتزینی، Dij ضریب پخشودگی هیدرودینامیکی، Vi سرعت حرکت آب در خاکدانه‌ها، qs حجم آب ورودی یا خروجی در واحد (ورودی‌ها مثبت و خروجی‌ها منفی)، Cs غلظت ورودی‌ها و خروجی‌ها، تخلخل محیط و åRk ترم فعل و انفعالات شیمیایی می‌باشد (۱۵).

یافته‌ها

برآورد حریم حفاظتی چاه برداشت

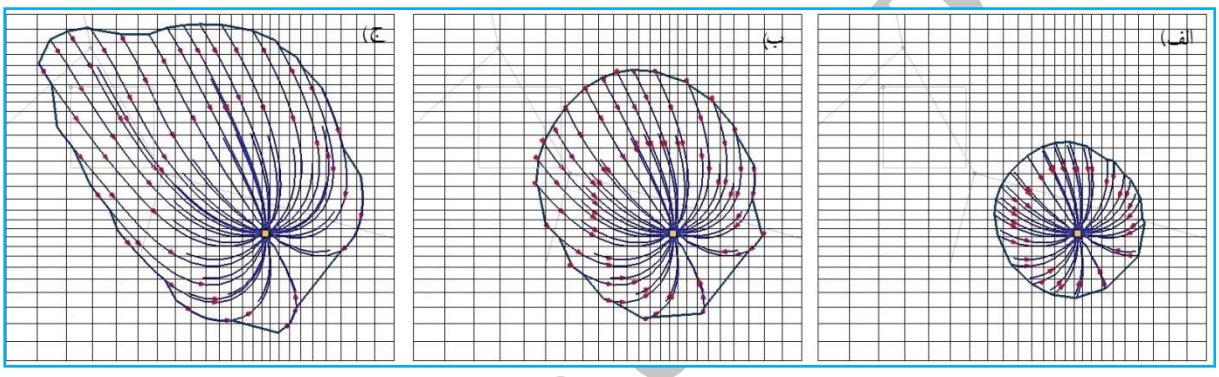
حفاظت کیفی از منابع آب زیرزمینی شهرها که برای تأمین آب شرب استحصالی از چاه‌ها نقش دارند، امروزه از مسئولیت‌ها و دغدغه‌های فکری متولیان تأمین و توزیع آب شرب یعنی سازمانهای آب منطقه‌ای و شرکت‌های آب و فاضلاب کشور محسوب می‌شود. از آنجایی که بیشتر آلاینده‌ها به طور مستقیم یا غیر مستقیم از سطح زمین وارد سیستم آب زیرزمینی می‌شوند، یک روش مناسب به منظور حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین مناطق تأمین کننده آب برای چاه‌های شرب و سپس اعمال محدودیت‌های کاربری اراضی و حفاظتی در داخل این مناطق می‌باشد. این محدوده از آبخوان را که آب مورد نیاز چاه را تأمین می‌کند، ناحیه تسخیر می‌نامند. در واقع ناحیه تسخیر بخشی از آبخوان در اطراف یک چاه است که آب و آلاینده‌ها از طریق آن وارد سیستم آب زیرزمینی شده و در نهایت به داخل چاه راه پیدا می‌کنند (۱۶).

در شرایط طبیعی، ناحیه تسخیر از اندکی پایین‌دست چاه به سمت بالادست جریان و تا مرزهای هیدرولوژیکی توسعه می‌یابد،

Archive of SID
www.SID.ir

ولی در کاربردهای عملی معمولاً قسمت بالادست ناحیه تسخیر را توسط معیار زمان حرکت (مدت زمانیکه طول می‌کشد تا یک ذره آب یا آلاینده در جهت جریان آب زیرزمینی حرکت کرده و به چاه برسد) محدود می‌کنند. به عبارت دیگر تنها بخشی از ناحیه تسخیر را که در آن ذرات آب یا آلاینده در طی زمانی مشخص به چاه خواهند رسید را در نظر می‌گیرند که به آن حریم حفاظتی چاه می‌گویند (۱۷).

در مطالعه حاضر با استفاده از روش مدل عددی، حریم حفاظتی چاه آب برداشت در پایین‌دست محدوده لندفیل در ۳ حالت بعد از ۵۰۰ روز، بعد از ۱۵۰۰ روز و حداکثر شعاع تاثیر مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۳ آورده شده است. مشاهده می‌شود که پس از ۱۵۰۰ روز برداشت از چاه پایین‌دست، شعاع تاثیر آن به محدوده محل دفن پسماند می‌رسد و امکان آلودگی چاه فراهم می‌گردد.



شکل ۳. شعاع تأثیر چاه پایین دست الف) بعد از ۵۰۰ روز ب) بعد از ۱۵۰۰ روز ج)حداکثر

ردیابی حرکت آلودگی شیرابه

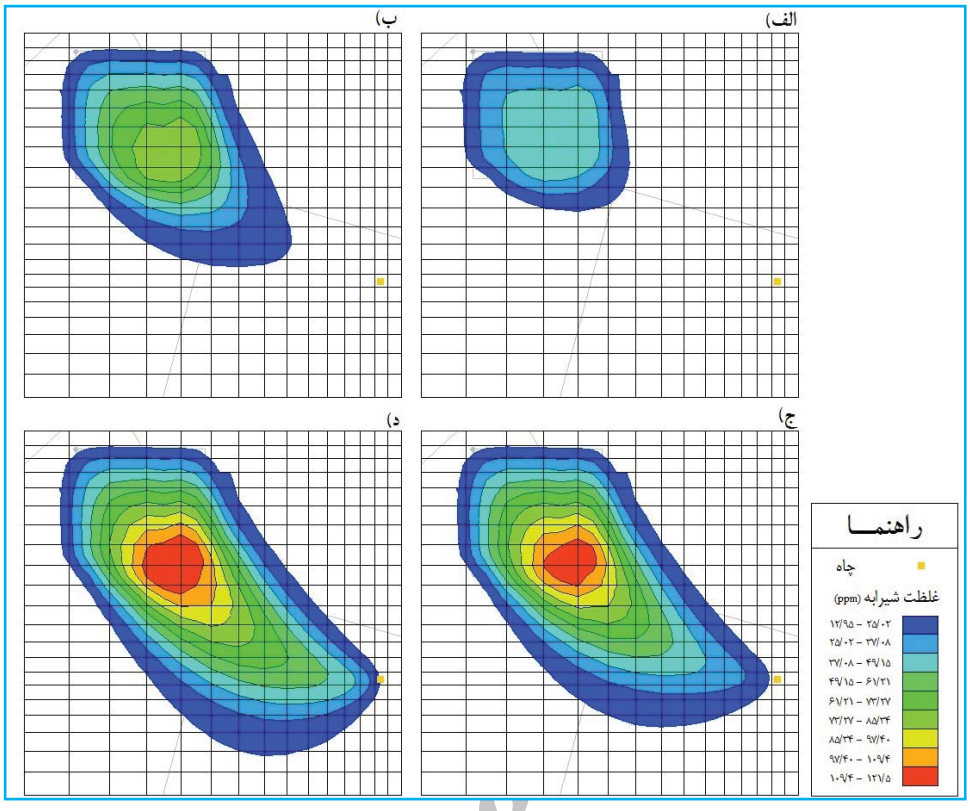
از طرف دیگر مدل MT3DMS برای حل معادلات حاکم بر حرکت آلاینده نیاز به ضرایب پخشیدگی دارد. این ضرایب شامل ضرایب پخشیدگی طولی، عرضی و عمقی هستند. معمولاً در مسائل حرکت آلاینده‌های پایستار ضریب پخشیدگی طولی بیشترین تأثیر را در حل معادلات حاکم دارد. بر اساس مطالعات انجام شده، بزرگی ضریب پخشیدگی طولی به مقیاس مسئله و طول مسیر طی شده توسط جریان بستگی دارد. یکی از راهکارهایی که از طریق آن می‌توان طول مسیر جریان را تخمین زد استفاده از مدل MODPATH است. مدل MODPATH یک بسته نرم‌افزاری پس پردازشی ردیابی ذرات است که توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا ارائه شده است. روش ردیابی ذرات به نوعی شکلی از مدل‌سازی حرکت آلاینده است که در آن فقط حرکت جرمی آب زیرزمینی بررسی می‌شود. این روش تنها فرآیند انتقال را بررسی می‌کند و فرآیندهای پخشیدگی، پراکندگی و واکنش شیمیایی را در نظر نمی‌گیرد (۱۸).

مدل MODPATH از یک روش ردیابی ذرات نیمه تحلیلی برای محاسبه مسیرهای جریان استفاده می‌کند. با استفاده از این روش حالت تحلیلی مسیر جریان ذره در داخل هر سلول در شبکه تفاضلات محدود بدست می‌آید. مسیرهای حرکت یک ذره با استفاده از روش ردگیری ذرات از یک سلول به سلول دیگر تا رسیدن به یک شرط مرزی مانند رودخانه، چشمه، چاه و... ادامه می‌یابد. با استفاده از مدل MODPATH برآورد گردید که شیرابه تولیدی از لندفیل به‌طور متوسط پس از طی مسافت ۶۰۸ m خود را به چاه برداشت پایین‌دست می رساند و سبب آلودگی آب چاه می‌گردد.

مدل‌سازی حرکت شیرابه

در این تحقیق جهت مدل‌سازی حرکت آلودگی از مدل MT3DMS استفاده شد و پارامتر مورد بررسی، مسیر حرکت و تغییرات غلظت شیرابه تولیدی از محل لندفیل به سمت چاه پایین‌دست بود. بازه زمانی مورد مطالعه در این مطالعه، ۳۰۰۰ روز در نظر گرفته شد و نحوه حرکت شیرابه در بازه‌های زمانی ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴. حرکت آلودگی شیرابه تولیدی لندفیل الف) بعد از ۵۰۰ روز ب) بعد از ۱۰۰۰ روز ج) بعد از ۲۰۰۰ روز د) بعد از ۳۰۰۰ روز

روز در شکل ۴ آورده شده است. بر اساس نتایج، شیرابه تولیدی لندفیل پس از ۳۰۰۰ روز خود را به چاه پایین‌دست می‌رساند و غلظت شیرابه ورودی به چاه برابر ۱۲/۹۵ ppm می‌باشد.

سناریوهای مدل‌سازی

در این مطالعه جهت بررسی روند انتقال آلودگی شیرابه تولیدی در لندفیل پس از تهیه مدل مفهومی، ریاضی و کیفی و اجرای آنها، سه سناریو مورد بررسی قرار گرفت.

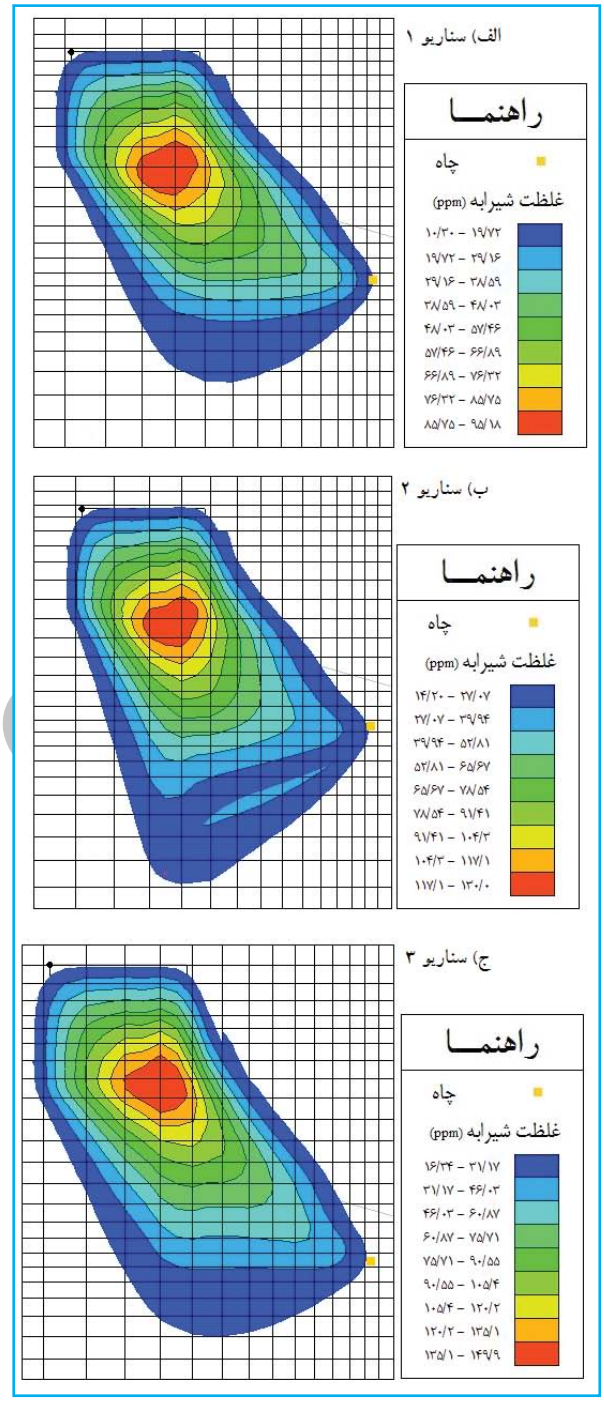
۱- سناریو بسترسازی لندفیل

در این سناریو با فرض بهبود بسترسازی محدوده دفن پسماند و کاهش میزان تغذیه در محدوده لندفیل به میزان ۲۵ درصد، میزان تغذیه در محدوده لندفیل برابر ۴۵ mμ در روز به مدل معرفی گردید. با اجرای این سناریو پس از کالیبره مجدد مدل ریاضی و اجرای مدل و با استفاده از مدل MODPATH برآورد گردید که شیرابه تولیدی از لندفیل بطور متوسط پس از طی مسافت ۶۱۳ m خود را به چاه برداشت پایین‌دست می‌رساند و سبب آلودگی آب چاه می‌شود. همچنین مطابق شکل ۵، شیرابه تولیدی لندفیل پس از ۴۰۰۰ روز خود را به چاه پایین‌دست می‌رساند و غلظت شیرابه ورودی به چاه برداشت برابر ppm ۱۰/۳۰ می باشد.

۲- سناریو کاهش میزان استحصال از چاه پایین‌دست

در این سناریو فرض می‌شود که میزان برداشت آب از چاه پایین‌دست به میزان ۲۰ درصد کاهش یابد و میزان برداشت به مدل برابر ۲۲۶۴ m۳ در روز معرفی گردید. با اجرای این سناریو پس از کالیبره مجدد مدل ریاضی و اجرای مدل و با استفاده از مدل MODPATH برآورد گردید که شیرابه تولیدی از لندفیل به‌طور متوسط پس از طی مسافت ۶۱۸ m خود را به چاه برداشت پایین‌دست می‌رساند و سبب آلودگی آب چاه می‌گردد. همچنین مطابق شکل ۵، شیرابه تولیدی لندفیل پس از ۳۲۵۰ روز خود را به چاه پایین‌دست می‌رساند و غلظت شیرابه ورودی به چاه برابر ppm ۱۴/۲ می باشد.

Archive
www.SID.ir



شکل ۵. حرکت آلودگی شیرابه تولیدی لندفیل الف) سناریو ۱ ب) سناریو۲ ج)سناریو۳

۳- سناریو جابجایی لندفیل به بالادست

در این سناریو فرض می‌شود محل دفن پسماند ۱۰۰ m بالاتر از محل فعلی احداث می‌گردید. با اجرای این سناریو پس از کالیبره مجدد مدل ریاضی و اجرای مدل و با استفاده از مدل MODPATH برآورد گردید که شیرابه تولیدی از لندفیل به‌طور متوسط پس از طی مسافت ۶۶۷ m خود را به چاه برداشت پایین‌دست می‌رساند و سبب آلودگی آب چاه می‌گردد. همچنین مطابق شکل ۵ شیرابه تولیدی لندفیل پس از ۴۰۰۰ روز خود را به چاه پایین‌دست می‌رساند و غلظت شیرابه ورودی به چاه برابر ۱۶/۳۴ ppm می‌باشد.

بحث

شورای تنظیم مقررات و فناوری بین ایالتی ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council) کتاب راهنمایی با عنوان برنامه حفاظت و ایمنی مراکز دفن پسماند پس از بسته شدن آنها را تهیه کرد. در این راهنما تلاش شده تا برای کنترل شیرابه‌ها و جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی در لندفیل راهکارهایی ارائه شود تا تهدیدهای مراکز دفن پسماند را پس از بسته شدن به حداقل برساند (۱۹). مطالعه Rotaru و Raileanu (۲۰۰۸) که درباره آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از مراکز ذخیره و جمع‌آوری پسماندها انجام شد، نشان داد که ریسک آلودگی آب زیرزمینی، در بین ریسک‌های ژئولوژیکی، پرخطرترین است. در این مطالعه بیان شد که پارامترهای محدوده مورد نظر مانند جنس خاک، عمق آب زیرزمینی، غلظت عناصر در شیرابه و نزولات جوی، نقش مهمی در ریسک‌پذیری آلودگی آب زیرزمینی دارند (۲۰). در مطالعه حاضر نیز برای بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از نشت شیرابه تولیدی محل دفن پسماندها با نظر گرفتن ۱۱ لایه اطلاعاتی شامل مرز آبخوان، رودخانه، رقوم ارتفاعی سطح آب زیرزمینی، توپوگرافی، سنگ بستر، پیزومترها، چاه‌های برداشت، تغذیه سطحی ناشی از بارندگی، زهکش، هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره از مدل‌های MODFLOW، MODPATH و MT3DMS استفاده شد. بنابراین در مطالعه حاضر با استفاده از قابلیت مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی، تاثیر پارامترهای زمین‌شناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی بر میزان

Archive
www.SID.ir

نشت شیرابه تولیدی محل دفن پسماندها و آلودگی آب‌های زیرزمینی با اجرای سه سناریو مورد بررسی قرار گرفت.

در سناریوی اول با فرض بهبود بسترسازی محدوده دفن پسماند و کاهش میزان تغذیه در محدوده لندفیل به میزان ۲۵ درصد، با اجرای مدل عددی برآورد گردید که شیرابه تولیدی از لندفیل پس از ۴۰۰۰ روز و طی مسافت ۶۱۳ m و با غلظت ۱۰/۳۰ ppm خود را به چاه پایین‌دست رسانده و سبب آلودگی آب چاه می‌گردد. در سناریوی دوم با فرض کاهش برداشت آب از چاه پایین دست به میزان ۲۰ درصد، با اجرای مدل عددی برآورد گردید که شیرابه تولیدی از لندفیل پس از ۳۲۵۰ روز و طی مسافت ۶۱۸ m و با غلظت ۱۴/۲۰ ppm خود را به چاه پایین‌دست رسانده و سبب آلودگی آب چاه می‌گردد. همچنین در سناریوی سوم با در نظر گرفتن جابجایی محل دفن پسماند به اندازه ۱۰۰ m بالاتر از محل فعلی، با اجرای مدل عددی برآورد گردید که شیرابه تولیدی از لندفیل پس از ۴۰۰۰ روز و طی مسافت ۶۶۷ m و با غلظت ۱۶/۳۴ ppm خود را به چاه پایین‌دست رسانده و سبب آلودگی آب چاه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

در زمینه مکانیابی محل دفن پسماندها و بررسی نشت شیرابه به آب‌های زیرزمینی، می‌توان از مدل‌های عددی که با دقت بالایی در تعیین و تشریح شرایط کنونی و انجام پیش‌بینی‌ها دارند، جهت پیش‌بینی مسیر و سرعت حرکت آلودگی و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی جهت کاهش زمان و مسافت رسیدن آلودگی به آب‌های زیرزمینی استفاده نمود.

Reference:

1. Ministry of Energy (Iran). Guide to Providing Numerical Model of Ground Water (Issue No. 337-A). Tehran; 2009. (Persian).
2. Aghazyarati Farahani S, Sabor MR. Study of Groundwater Pollution by leachate transfer (Case Study: Site Landfill New Delhi). The 6th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering. 2012 Nov. 17-21, Tehran, Iran. (Persian).
3. Zogi MJ, Ghavidel A. Prediction of landfill leachate amount using HELP model Case study: Semnan landfill. Journal of Health and Environ. 2011;4(1):75-65. (Persian).
4. Piruz B, Razdar B, Bagherzade A, Kardar S, Kavianpour R. Treatment of Rasht city landfill in Saravan forest area at Gilan province. 4th Conference and Exhibition on Environmental Engineering. 2010, Tehran University. (Persion).
5. Rouholahnejad E, Sadrnejad SA. Numerical Simulation of Leachate Transport in to the Groundwater at Landfill Sites. 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. 2009 July 13-17, Cairns, Australia.
6. Khanlari GH, Taleb Bidokhti AR, Momeni AA, Ahmadi HR. The effect of leachate of Hamedan landfill site on ground water. Journal of Iranian Association of Engineering Geology. 2013; 5(3):81-106. (Persion).
7. Motazeri H. Investigating and modeling the pollution of groundwater resources and soil around the landfill site Shahrood. [Master's Degree Thesis]. Iran. Islamic Azad University, Shahrood; 2013. (Persian).
8. Rezaei R, Maleki A, Safari M, Ghavami AA. Assessment of chemical pollution of groundwater resources in downstream areas of Sanandaj city landfill. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences, 2010; 3(15):89-98. (Persian).
9. Kakaei K, Riyahi Bakhtiari A. Risk Assessment of Ground Waters Pollution by Heavy Metals of Hamadan Landfill Leachate and appropriate cover Recommendation. Iranian Journal of Research in Environmental Health. Autumn 2016; 2(3):221-227. (Persian).
10. Nakhaei M, Amiri V, Rezaei K, Moosaei F. An investigation of the potential environmental contamination from the leachate of Rasht waste disposal site in Iran. Bulletin of engineering geology and the environment, 2015; 74(1):233-246.
11. Baghvand A, Nasirzade R, Abdoli MA, Vosoogh A. Investigation of contamination of groundwater sources surrounding landfill sites, case study: Takestan city landfill site. Iranian Journal of Environmental Studies. 2016; 41(4):909-921. (Persian).
12. Alavi Dehkordi SK, Asadi lor M, Khodabakhshi A. Modeling of heavy metals transfer from waste landfill to groundwater table in Shahrekord using MT3DMS and GIS code. 2nd International Conference Geography Sciences. 2016 Nov. 1, Ardabil, Iran. (Persian).
13. Akbarpour A, Aghahoseinali M, Azizi, M. Managing groundwater exploitation of Mokhtaran plain using a finite difference mathematical model in GMS. 9th Iranian Hydraulic Conference. 2010 Nov. 9-11, Tehran, Iran. (Persian).
14. Anderson MP, Woessner WW. Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport. Academic Press. ISBN-13: 978-0-12-059485-6; 1992.

Archive of SID
www.SID.ir

15. Jokar Niyasar V. Study and estimating the amount of nitrate transfer from absorbent wells to groundwater level in Tehran. [Master›s Degree Thesis]. Environmental engineering. Sharif University of Technology; 2002. (Persian).
16. Delkhahi B, Asadian F, Khodaei K. Comparison of the ability of calculated constant radius and numerical model in determining the protective area of drinking wells in the area of Yaftabad Tehran. Iranian Journal of Geology. 2013; 7(26):33-43. (Persian).
17. Delkhahi B, Khodaei K, Asadian F. Comparison of Delineation Methods for Wellhead Protection Area Case Study: Drinking Wells of Hamedan City. Journal of Iran-Water Resources Research. 2013; 9(2):41-27. (Persian).
18. Moslehi Baharanchi E, Safavi HR. Estimation of mechanical dispersion coefficients in uncertainty situations Case study: Kohkhpaee aquifer Segazi Isfahan. 5th National Congress on Civil Engineering. 2010 May 4-6, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (Persian).
19. ITRC. Evaluvating, Optimizing or Ending Post-Closure Care at Municipal Solid Waste Landfills Based on Site Specific data Evaluvations. 2nd Ed ed. Washington, DC 2006.
20. Rotaru A, and Raileanu, P. Groundwater contamination from waste storage works. Journal of Environmental Engineering and Management. 2008; 7(6):731-735.

Archive of SID

www.SID.ir