Jouranl of Water and Wastewater, Vol. 30, No.4, pp: 130-136

The Study of Environmental Effects of Nitrate Transfer in Varamin Aquifer Using Numerical Modeling

F. Valivand [1], H. Katibeh [2]

1. PhD Student in Mining Exploration, Department of Mining and Metallurgical Engineering, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, Iran
2. Assist. Prof. in Mining Engineering, Department of Mining and Metallurgical Engineering, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, Iran
(Corresponding Author) katibeh@aut.ac.ir

(Received Oct. 30, 2017 Accepted Jan. 22, 2018)

To cite this article :
Valivand, F., Katibeh, H., 2019, "The study of environmental effects of nitrate transfer in Varamin aquifer using numerical modeling." Journal of Water and Wastewater, 30(4), 130-136.
Doi: 10.22093/wwj.2018.102299.2523 (In Persian)

Abstract

Quality assessment of the groundwater resources is one of the most important issues in water resources development. The main purpose of this study is to model the nitrate pollution, to recognize the spatial and temporal variations of nitrate concentration and to predict the nitrate movement under hydrological gradient. Thus, collecting and organizing the field data, formulation of hydrodynamic characteristics and transmission phenomena was conducted for the aquifer system in Varamin plain, Iran. In this study, a quantitative model of GMS software was prepared using MODELFLOW code and the qualitative data was imported to the model. The MT3D was used for modeling. According to the modeling results, it is predicted that during a 10-year period water from some zones of the aquifer will become non-potable. The most important factor in degrading the water quality in downstream of cities is the nitrate pollution from absorbent wells in residential areas in addition to the nitrate pollution from the agricultural areas in upstream. Due to the existence of an impermeable layer, confined aquifer is less affected by nitrate pollution in Varamin plain. According to the quality standards for drinking water, this aquifer is in an appropriate condition. It is suggested that drinking water be supplied from the wells recharged by the confined aquifer.

Keywords: Numerical Modeling, Nitrate, Varamin Aquifer, MT3D Code.

۱۳۱ dx.doi.org/10.22093/wwj.2018.102299.2523

مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۰، شماره ۴، صفحه: ۱۳۶-۱۳۰

مطالعه اثرات زیست محیطی انتقال نیترات در آبخوان ورامین با استفاده از مدل‌سازی عددی

فرشته ولی‌وند[۱]، همایون کتیبه[۲]

۱- دانشجوی دکترای مهندسی اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
۲- دانشیار، مهندسی اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
(نویسنده مسئول) katibeh@aut.ac.ir

(دریافت ۹۶/۸/۸ پذیرش ۹۶/۱۱/۲)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
ولی‌وند،ف.، کتیبه، ه.، ۱۳۹۸، "مطالعه اثرات زیست محیطی انتقال نیترات در آبخوان ورامین با استفاده از مدل‌سازی عددی"
مجله آب و فاضلاب، ۳۰(۴)، ۱۳۶-۱۳۰. Doi: 10.22093/wwj.2018.102299.2523

چکیده

ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی، یکی از مهم‌ترین موضوعات در توسعه منابع آب است. هدف اصلی این پژوهش، شناخت ویژگی‌های انتقالی آبخوان و نحوه انتقال نیترات با سیستم جریان آب زیرزمینی و نیز شناخت تغییرات مکانی و زمانی غلظت نیترات به‌عنوان شاخص آلودگی آب‌های زیرزمینی در طی دوره مدل‌سازی و سال‌های آتی در دشت ورامین است. به این منظور، جمع‌آوری، سازمان‌دهی داده‌های صحرایی و فرمول‌بندی ویژگی‌های هیدرودینامیکی و پدیده انتقال در سیستم آبخوان صورت پذیرفت. در انجام این پژوهش، ابتدا مدل کمّی در نرم‌افزار GMS با استفاده از کد MODFLOW تهیه شد و داده‌های کیفی به مدل وارد شد. سپس از کد MT3D برای اجرای مدل استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، طی یک دوره کوتاه‌مدت، بخش‌هایی از آبخوان آزاد، از شرایط استاندارد برای تخصیص به آب شرب خارج خواهد شد ولی غلظت نیترات در هیچ جای آبخوان محصور، از حد استاندارد شرب فراتر نخواهد رفت. این امر به‌دلیل وجود لایه نفوذناپذیر در بالای آبخوان محصور است که باعث شده این آبخوان کمتر تحت تأثیر منابع آلاینده نیترات در دشت ورامین قرار گیرد. مهم‌ترین عامل افت کیفیت آب به‌ویژه در پایین‌دست شهرها، چاه‌های جذبی موجود در سطح شهرها است که بار نیترات قابل توجهی را در کنار نیترات ورودی از بخش کشاورزی، وارد آبخوان می‌کند. با توجه به تأثیر کمتر آبخوان محصور از عوامل افت کیفیت آب در منطقه، پیشنهاد می‌شود برای تأمین آب شرب منطقه از چاه‌هایی که از آبخوان محصور تغذیه می‌شوند، استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی عددی، نیترات، آبخوان ورامین، کد MT3D

۱- مقدمه

پیش‌بینی رفتار آتی آبخوان در قبال یک آلاینده خاص مثل نیترات از اهمیت بسزایی برخوردار است. با استفاده از مدل شبیه‌سازی شده آبخوان، پیش‌بینی مسیر حرکت آلاینده و تغییرات غلظت آن در نقاط در طول زمان، ممکن خواهد بود. با مشاهده مسیر حرکت آلاینده‌ها، می‌توان بهینه‌ترین سیستم برای رفع آلودگی موجود و کنترل آن و جلوگیری از پیشرفت آن در سال‌های آتی در نقاط مختلف آبخوان را انتخاب نمود(Nakhaei,et al., 2016).

بر اساس یافته‌های حاصل از پژوهش‌های قبلی، مهم‌ترین منبع

dx.doi.org/10.22093/wwj.2018.102299.2523

آلاینده نیترات در دشت ورامین، به لحاظ میزان حجم تولید آلاینده، فعالیت‌های کشاورزی است (Mahmoudi et al., 2017).

کد MODFLOW برای مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی و کد MT3DMS برای شبیه‌سازی تغییرات غلظت نیترات و انتقال آن در منطقه اشباع، در مناطق مختلف ایران برای استان همدان، شهر تویسرکان (Jalali, 2011)، غرب ایران(Jalali, 2011) و استان کرمان شهر زرند (Moosavirad et al., 2013) انجام شده است.

در این پژوهش، به‌منظور اطمینان از آنکه آبخوان آبرفتی ورامین می‌تواند به‌عنوان منبع آب شرب در منطقه باقی بماند، سعی شد تا با مدل‌سازی آلودگی نیترات، به‌طور همزمان در دو آبخوان آزاد و تحت فشار دشت ورامین، مکان‌هایی در دشت که بیشتر مستعد دریافت و انتقال آلودگی هستند، شناسایی شوند.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه

ورامین، در محدوده‌ای بین ۲۹ ´ ۵۵ ° تا ۰۸ ´ ۵۶ ° طول شرقی و ۴۹ ´ ۲۸ ° تا ۵۸ ´ ۲۹ ° عرض شمالی واقع شده است و از نظر تقسیمات کشوری به استان تهران تعلق دارد. تراز متوسط محدوده مطالعاتی ورامین ۱۰۲۴ با دامنه تغییرات ۸۱۰ تا ۲۳۱۰ متر از سطح آبهای آزاد واقع شده است (Driscoll, 1987).

۲- روش کار

بعد از مدل‌سازی کمّی در دشت ورامین با استفاده از کد MODFLOW، وارد کردن داده‌های کیفی به مدل انجام شد و سپس با استفاده از کد MT3D مدل اجرا شد.

آبخوان دشت ورامین در آبرفت‌های شمالی که تا میانه‌های دشت گسترش می‌یابد، از نوع یک لایه آبدار آزاد است. آبخوان در بخش‌های جنوبی دشت به‌دلیل وجود لایه کم‌تراوا بین آبرفت‌های درشت دانه‌تر به دو لایه آبدار با ویژگی‌های هیدرولیکی متفاوت تقسیم می‌شود. لایه آبدار سطحی در این بخش‌ها از نوع لایه آبدار آزاد و لایه‌های زیرین به‌صورت تحت فشار است (TRWA, 2014). لازم به‌ذکر است در محدوده آبخوان ورامین، نامشخص بودن موقعیت لایه تفکیک کننده آبخوان به بخش تک لایه‌ای و دو لایه‌ای، تمامی آبخوان به‌صورت مرز دو لایه در نظر گرفته شد. در قسمت‌های شمالی هدایت هیدرولیکی عمودی لایه محدود کننده، زیاد در نظر گرفته شده است. در این ناحیه برای تبادل آب بین آبخوان آزاد، تحت فشار هیچگونه محدودیتی وجود ندارد.

بیشتر آزمایش‌های پمپاژ در دشت ورامین بر روی چاه بدون پیزومتر کناری صورت گرفت. مقادیر ضریب قابلیت انتقال که از آزمایش‌های پمپاژ به‌دست آمده در بیشتر موارد با ویژگی‌های هیدرولیکی (آبدهی و افت سطح آب) همخوانی ندارد (TRWA, 2014). برای اختصاص دادن مقادیر K به سلول‌های مدل از رابطه T = K*b استفاده شد که در آن T قابلیت انتقال، K هدایت هیدرولیکی و b ضخامت آبخوان است. از آنجایی که در محدوده ورامین، تنها یک نقشه هم ارزش قابلیت انتقال تهیه شده و این نقشه به تفکیک دو لایه تولید نشده است، لذا طبق معادله بالا مقادیر قابلیت انتقال در هر سلول بر اساس ضخامت اشباع هر لایه، از نقشه مذکور استخراج شد. بر اساس پژوهش‌های قبلی، ضریب آبدهی ویژه آبرفت‌های دانه درشت نیمه شمالی تا بخش میانی بادزن آبرفتی جاجرود بین ۱۰ تا ۱۵ درصد برآورد می‌شود. مقدار آبدهی آبخوان از میانه بادزن آبرفتی به سمت پیرامون آن به‌دلیل ریزدانه شدن آبرفت‌ها کم می‌شود. لازم به ذکر است در این پژوهش، مقدار آبدهی ویژه و ضریب ذخیره، مطابق گزارش آب‌های زیرزمینی دشت ورامین (آب منطقه‌ای تهران) در نظر گرفته شده است (TRWA, 2014).

در آبخوان ورامین مرز واقعی بخش آزاد و بخش تحت فشار به‌درستی مشخص نیست و این مسئله در تعیین آبخوان تحت فشار مشکل ایجاد می‌نماید. تعیین موقعیت مکانی مرز شروع لایه تحت فشار باید با تعیین نوع مرز آبده (مرز با ارتفاع سطح آب معین GHB و یا مرز با بده معین Q-costant) همراه باشد. برای حل این مشکل، ویژگی‌های هیدرولیکی و هیدرودینامیکی لایه‌های ۲ و ۳ در ناحیه شمالی دشت با لایه شماره ۱ مساوی فرض شد. مرز آبخوان آزاد از نوع بده معلوم و مرز لایه زیرین از نوع سلول‌های فعال تعریف شده است. لازم به ذکر است که این مقادیر به‌صورت برآورد اولیه بوده و در حین واسنجی، تصحیح شدند (TRWA, 2014).

شرایط اولیه آبخوان برای اجرای مدل در حالت پایدار، همان تراز سطح آب زیرزمینی در آغاز دوره تنظیم یعنی ابتدای مهرماه سال ۱۳۸۵ است. به‌همین ترتیب مدل در حالت غیرماندگار، برای دوره های تنش به‌صورت فصلی در فاصله زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸

تنظیم و اجرا شد.

در گام بعدی، حین کالیبراسیون حالت پایدار، هدایت هیدرولیکی و طی کالیبراسیون حالت ناپایدار، ضریب آبدهی ویژه و ضریب ذخیره آبخوان تصحیح شد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، مشخص شد که پارامتر ضریب آبدهی ویژه در سفره آزاد، بین ۰/۰۳ تا ۲۰ درصد در تغییر است. میزان ضریب ذخیره در سفره تحت فشار نیز بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۸ درصد در تغییر است.

در مدل کیفی به‌علت در اختیار بودن مشاهدات کیفی در طول چهار فصل (چهار دوره تنش)، دوره زمانی معادل این چهار فصل سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸ تعیین شد. بدیهی است که مقایسه مقادیر محاسباتی تولید شده در مدل کیفی با مقادیر مشاهده‌ای در همین دوره خاص انجام شد. برای تعیین شرایط اولیه غلظت نیترات، از نتایج آزمایش‌های شیمیایی این یون در پاییز ۱۳۸۷ استفاده شد. در تمامی اشکال مربوط به اجرای مدل برای آبخوان تحت فشار، فقط نیمه پایینی دشت مد نظر است.

باتوجه به گستردگی ناحیه مورد بررسی، تعیین مقدار مناسب برای ضریب پخشودگی طولی و عرضی دارای پیچیدگی‌های قابل توجهی است. با توجه به مطالعات قبلی موجود و آزمون و خطا در مدل، مقدار α_L برابر ۱ متر به‌دست آمد. مقدار نسبت α_T / α_L نیز برابر ۰/۱ منظور شد.

برای تهیه مدل کیفی آبخوان باید موقعیت منابع آلاینده مشخص و مقادیر آلاینده ورودی به آبخوان در هر پله زمانی مدل در این نقاط در دست باشد. منابع اصلی ورودی نیترات به آبخوان دشت ورامین را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم نمود

پساب‌های خانگی

شهرها و شهرک‌های منطقه را می‌توان منابع اصلی تولید نیترات و آلاینده آبخوان به شمار آورد. مهم‌ترین مجتمع‌های مسکونی منطقه شهرهای جوادآباد، ورامین، پیشوا، قرچک، شریف‌آباد و پاکدشت هستند. پساب‌های خانگی منطقه به‌طور عموم به روش سنتی و از راه چاه‌های جاذب وارد زمین می‌شود و به آب آبخوان منطقه می‌پیوندد.

آلاینده‌های کشاورزی

آلاینده‌های کشاورزی در محدوده دشت ورامین به دو صورت وارد آبخوان می‌شوند

- بخشی از کودهای نیتراته مصرفی در زمین‌های کشاورزی، که در آب آبیاری استحصال شده از چاه‌های کشاورزی منطقه، حل شده و پس از مصرف، باقیمانده آن به درون زمین نفوذ می‌کند. به‌منظور برآورد بار آلاینده‌های کشاورزی از آمار میزان مصرف کود توزیع شده و مساحت زمین‌های کشت دیم و آبی در منطقه استفاده شد.
- پهنه وسیعی از سطح دشت ورامین تحت شبکه آبیاری و کشاورزی ورامین قرار دارد که منبع تأمین آب آن، پساب خروجی از تصفیه‌خانه جنوب شرقی تهران از طریق کانال ورامین به دشت ورامین منتقل می‌شود.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-تنظیم مدل کیفی دشت ورامین

بعد از وارد کردن اطلاعات غلظت نیترات در دوره‌های مختلف مدل کیفی در حالت ناپایدار، مدل اجرا شد. بعد از اجرای مدل، کالیبراسیون انجام گرفت و ضرایب پخشودگی تصحیح شد. در شکل ۱ مقایسه غلظت نیترات مشاهده‌ای و محاسباتی برای دو چاه مشاهداتی در ورامین آورده شده است. در جدول ۱ وزن موازنه نیترات در مخزن آب زیرزمینی ورامین (بیلان جرمی نیترات) برحسب میلی‌گرم محاسبه و ارائه شده است.

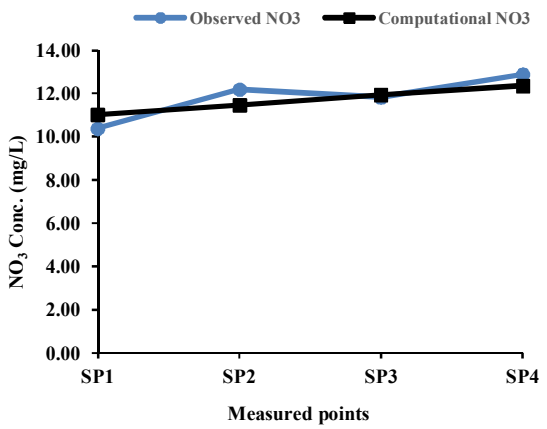

Fig. 1. Comparison of observed and computed nitrate concentration at several measured points in Varamin Plain

شکل ۱- مقایسه غلظت نیترات مشاهده‌ای و محاسباتی در یک نقطه اندازه‌گیری شده دشت ورامین

dx.doi.org/10.22093/wwj.2018.102299.2523

جدول ۱- وزن موازنه نیترات در مخزن آب زیرزمینی ورامین برحسب میلی‌گرم

Table 1. The Nitrate balance weight in the groundwater reservoir in Varamin (mg)

	Time Step	Mass
1	90.0	83807930218.070099
2	179.0	83803893482.566025
3	272.0	84000868777.487091
4	365.0	84185608949.359802

۳-۲- پیش‌بینی تحولات کیفی دشت ورامین در سال‌های آتی

برای ورود اطلاعات مدل به‌منظور برآورد عکس‌العمل آبخوان آبرفتی دشت ورامین در آینده، مدل تهیه شده لازم است مجدداً تنظیم شود و تغییراتی در آن صورت پذیرد. دوره پیش‌بینی مدل ریاضی دشت ورامین در دوره (سال‌های آبی) ۱۴۲۰-۱۳۹۵ انجام شده است. پیش‌بینی حاضر با فرض تحقق برنامه‌ریزی‌های انجام شده از طرف ارگان‌های ذی‌ربط تا سال ۱۳۹۵ است. در این شرایط، مقادیر تخصیص یافته از خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب شرق تهران وارد محدوده مطالعاتی شده و به‌دلیل اجرای سد مخزنی ماملو، بخش قابل توجهی از منابع آب سطحی رودخانه جاجرود وارد محدوده مطالعاتی نخواهد شد (سال ۱۳۹۵). بنابراین در افق طرح به‌میزان ۲۰۳ میلیون مترمکعب از خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب تهران برای مصارف کشاورزی دشت ورامین تخصیص یافته و در حدود ۶۵ میلیون مترمکعب نیز به تغذیه مصنوعی در حوضچه‌های شماره ۲، ۳ و ۴ انتقال خواهد یافت. در اجرای مدل برای شبیه‌سازی این شرایط، مقادیر آب برگشتی ناشی از مصارف آب سطحی به مدل اعمال می‌شود. همچنین در این سناریو با اجرای طرح‌های تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در سطح منطقه، بخش‌هایی از آلودگی‌های شهری وارد تصفیه‌خانه‌ها خواهد شد. اگرچه اجرای تصفیه‌خانه فاضلاب موجبات کاهش مخاطرات زیست‌محیطی از جمله کاهش آلاینده‌های میکروبی را فراهم خواهد آورد، اما غلظت نیترات را حداکثر تا سطح ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش خواهد داد. همچنین در این سناریو، نیازهای شرب و صنعت برابر با پیش‌بینی‌های انجام شده برای شرایط طرح لحاظ شده است، و کلیه طرح‌های تغذیه مصنوعی نیز به بهره‌برداری رسیده است. با اعمال فرضیات حاضر مدل برای پیش‌بینی تحولات کیفی دشت دوباره اجرا شد.

شکل‌های ۲ و ۳ تغییرات غلظت یون نیترات در سال ۱۴۰۰ برای آبخوان آزاد و تحت فشار در دشت ورامین و شکل‌های ۴ و ۵ تغییرات غلظت یون نیترات در سال ۱۴۲۰ در آبخوان آزاد و تحت فشار دشت ورامین را نشان می‌دهد.

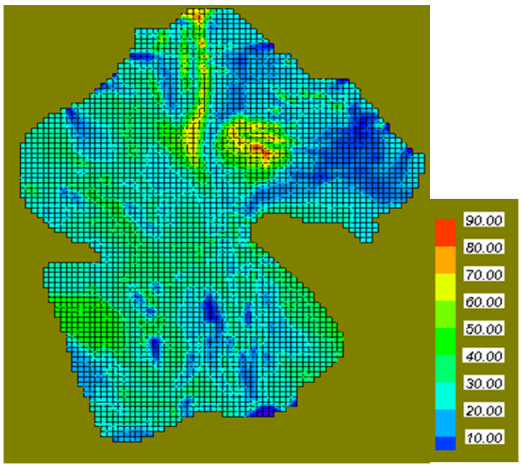

Fig. 2. The Nitrate concentration at the end of 2021 in the unconfined aquifer of Varamin plain in mg/L

شکل ۲- غلظت یون نیترات در سال ۱۴۰۰ آبخوان آزاد دشت ورامین بر حسب میلی‌گرم در لیتر

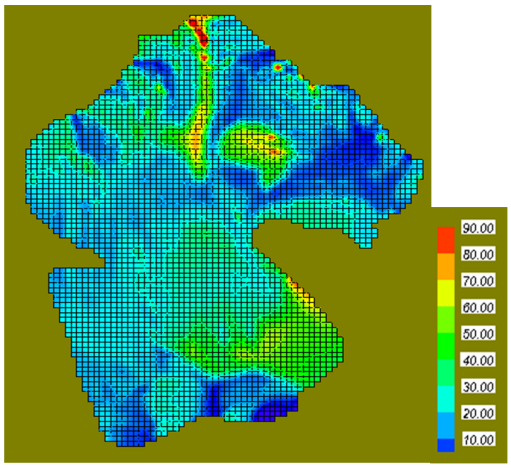

Fig. 3. The Nitrate concentration at the end of 2021 in the confined aquifer of Varamin plain in mg/L

شکل ۳- غلظت یون نیترات در سال ۱۴۰۰ آبخوان تحت فشار ورامین بر حسب میلی‌گرم در لیتر

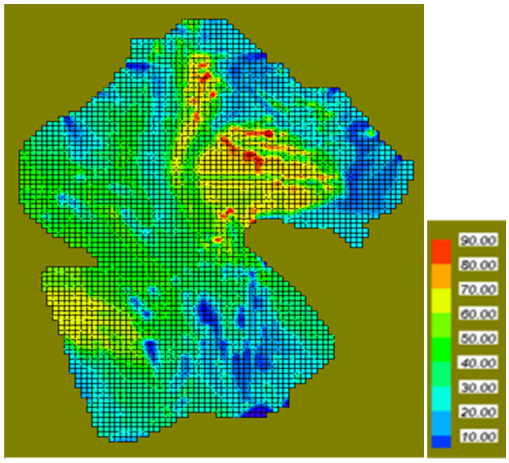

Fig. 4. The Nitrate concentration at the end of 2041 in the unconfined aquifer of Varamin plain in mg/L

شکل ۴- غلظت یون نیترات در سال ۱۴۲۰ آبخوان آزاد دشت ورامین بر حسب میلی‌گرم در لیتر

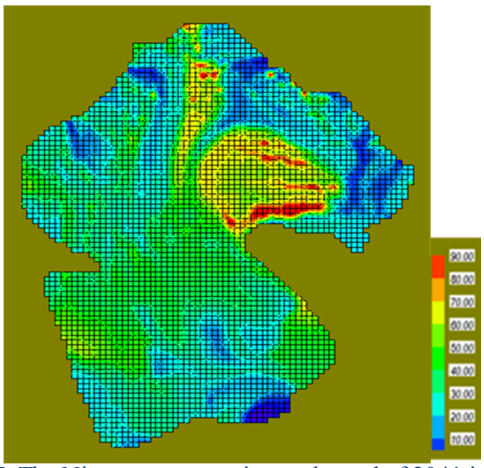

Fig. 5. The Nitrate concentration at the end of 2041 in the confined aquifer of Varamin plain in mg/L

شکل ۵- غلظت یون نیترات در سال ۱۴۲۰ آبخوان تحت فشار دشت ورامین بر حسب میلی‌گرم در لیتر

در پی بهره‌برداری از سد ماملو میزان تغذیه طبیعی آبخوان ورامین توسط رودخانه جاجرود کاهش یافته است. از سوی دیگر حجم زیادی از حقابه کشاورزی دشت، که از این منبع تأمین می‌شد نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. برای جبران این کاهش و نیز به‌منظور تعادل بخشی در آبخوان، پساب خروجی از تصفیه‌خانه جنوب شرقی تهران از طریق کانال ورامین به دشت ورامین منتقل می‌شود. اما در این شرایط کیفیت آبهای زیرزمینی در شرایط نامناسبی واقع خواهد شد. بیشترین مقدار نیترات در نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی آبخوان آزاد، مربوط به ناحیه پایین دست (جنوب) شهر پاکدشت است که می‌توان عامل آن را دفع فاضلاب‌های شهر پاکدشت به آب زیرزمینی و ورود پساب تصفیه‌خانه تهران از ورودی آب بند ورامین در این ناحیه از آبخوان دانست. به‌دلیل نقش پساب ورودی از طریق کانال ورامین، کل پیکره آبخوان از افزایش قابل ملاحظه آلودگی برخوردار شده و مخاطرات کیفی و آلودگی دشت ورامین به‌خوبی قابل ردیابی است. همچنین به‌دلیل اجرای طرح تغذیه مصنوعی و نفوذ پساب خروجی تصفیه‌خانه با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، مشاهده می‌شود که بخش قابل توجهی از مناطق شمالی آبخوان نیز با افزایش غلظت نیترات مواجه شده است. در آبخوان محصور نیز در همه چاه‌ها غلظت نیترات روند افزایشی دارد. با این وجود، این افزایش با شیب کمی انجام می‌گیرد (به‌دلیل وجود لایه نفوذناپذیر) به گونه‌ای که حتی در پایان دوره شبیه‌سازی (سال ۱۴۲۰)، غلظت نیترات در آبخوان محصور از حد استاندارد شرب فراتر نخواهد رفت.

۴- نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان گفت، با توجه به این که غلظت نیترات متأثر از الگوی دفع فاضلاب‌های انسانی و فعالیت‌های کشاورزی است، در صورت ادامه روند کنونی و رشد فعالیت‌های کشاورزی و افزایش حجم فاضلاب تولیدی مناطق شهری و روستایی، بخش‌های وسیع‌تری از آبخوان آزاد با محدودیت کیفی ناشی از افزایش نیترات مواجه خواهد شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای تأمین آب شرب منطقه از چاه‌هایی که از آبخوان محصور تغذیه می‌شوند، استفاده شود.

۵- قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب سپاسگزاری خویش را از دکتر محمود محمدرضاپورطبری و نیز شرکت آب منطقه‌ای تهران که زمینه انجام این پژوهش را فراهم کردند، ابراز می‌نمایند.

References

Driscoll, F.G. 1987. *Groundwater and wells*, Johnson Division, St. Paul, Minnesota.

Jalali, M. 2011. Hydrogeochemistry of groundwater and its suitability for drinking and agricultural use in Nahavand, Western Iran. *Natural Resource Research*, 20**,** 65-73.

Jalali, M. 2011. Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, Western Iran. *Environmental Earth Sciences*, 62**,** 907-913.

Mahmoudi, N., Nakhaei, M. & Porhemmat, J. 2017. Assessment of hydrogeochemistry and contamination of Varamin deep aquifer, Tehran Province, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 76**,** Article No. : 370

Moosavirad, S.M., Janardhana, M.R. & Khairy, H. 2013. Impact of anthropogenic activities on the chemistry and quality of groundwater: A case study from a terrain near Zarand City, Kerman Province, SE Iran. *Environmental Earth Sciences*, 69**,** 2451-2467.

Nakhaei, M., Dadgar, M.A. & Amiri, V. 2016. Geochemical processes analysis and evaluation of groundwater quality in Hamadan Province, Western Iran. *Arab Journal Geosciences*, 9**,** 1-13.

TRWA. 2014. *Report of groundwater resources studies in Varaminarea*, Tehran Regional Water Authority. (In Persian)