

Temporal and Spatial Variation of Nitrate and Nitrite Concentration in Drinking Water Resource in Kohgiluyeh County Using Geographic Information System

MohammadAli Zazouli¹,
Mansour Barafrashteh Pour²,
Zahra BarafrashtehPour³,
Vahid Ghalandari⁴

¹ Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

² MSc Student in Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

³ BSc Student in Soil and Water Engineering, Payam Noour University, Yasooj, Iran

⁴ Water and Wastewater Co in Kohgiloye and Boyerahmad province, Kohgiloye and Boyerahmad, Iran

(Received June 29, 2013 ; Accepted December 29, 2013)

Abstract

Background and purpose: Nitrate is one of the pollutants of groundwater resources which is easily found in agricultural and wastewater disposal areas. The aim of this study was to determine the spatial and temporal variations of nitrate and nitrite in drinking water resources of Kohgiluyeh -a city in Iran- using Geographic Information System (GIS).

Materials and methods: This cross-sectional study was carried out in 2011 in which 18 sources of drinking water (108 samples) and results of five-year-archived analysis in Water and sewage Co of Kohgiloyeh were studied applying GIS software ver. 9.3, SPSS ver. 16, and Pearson correlation test.

Results: The results showed that the mean of nitrate concentration in 2007 was 18.5 ± 1.5 and in the summer and fall of 2011 was 20 ± 4.6 and 20.83 ± 2.2 ppm, respectively which indicates a direct correlation between years and the increase in nitrate concentration ($R= 0.92$, $P= 0.01$). However, the nitrite concentration was found steady in most years. The spatial variations represent worse quality of northwest. Ordinary kriging is the best interpolation method for nitrate and nitrite.

Conclusion: According to the results, the concentration of nitrite and nitrate has increased during the past years and in some parts are even rising more than the standard levels. The reasons could be regional geology and agricultural and to prevent such problems protecting the wells, using river water for agriculture, and construction of wastewater treatment plants could be of great benefit.

Keywords: Nitrate, nitrite, GIS, dehdasht, temporal and spatial variation

تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات و نیتريت منابع آب آشاميدنی شهرستان کهگیلویه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

محمدعلی ززولی^۱

منصور برافراشته پور^۲

زهرا برافراشته پور^۳

وحید قلندری^۴

چکیده

سابقه و هدف: نیترات یکی از آلوده کننده های منابع آب زیرزمینی است که عمدتاً در ارتباط با مناطق کشاورزی و محدوده های دفع فاضلاب می باشد. هدف از این بررسی، تعیین تغییرات مکانی و زمانی نیترات و نیتريت منابع آب آشاميدنی شهرستان کهگیلویه با استفاده از GIS (Geographic Information system) می باشد.

مواد و روش ها: مطالعه حاضر از نوع توصیفی مقطعی در سال ۱۳۹۱ بود که بر روی ۱۸ منبع آب شرب و تعداد ۱۰۸ نمونه در شهرهای مختلف شهرستان کهگیلویه صورت گرفت و نتایج آنالیز ۵ ساله آرشیو شده، توسط شرکت آب و فاضلاب با نرم افزار GIS نسخه ۳ و ۹، SPSS نسخه ۱۶ و آزمون همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها: میانگین غلظت نیترات در سال ۱۳۸۵ برابر با $1/5 \pm 1/5$ و در تابستان و زمستان سال ۱۳۸۹ به ترتیب برابر با $4/6 \pm 2/0$ و $2/2 \pm 2/0/83$ میلی گرم در لیتر بود که همبستگی مستقیمی بین سال و افزایش غلظت نیترات وجود داشت ($R = 0/92, p = 0/01$). غلظت نیترات در بیش تر سال ها ثابت بوده است. تغییرات مکانی نشان دهنده کیفیت بدتر در قسمت شمال غربی بود. بهترین روش درون یابی برای نیترات و نیتريت کریجینگ معمولی بوده است.

استنتاج: طبق نتایج میزان نیترات روند افزایشی داشته و در بعضی قسمت ها در حال افزایش یافتن بیش از استاندارد می باشد. دلایل آن زمین شناسی منطقه و کشاورزی می باشد که جهت جلوگیری از این روند، حریم گذاری چاه ها، استفاده از رودخانه جهت تأمین آب کشاورزی، ساخت تصفیه خانه فاضلاب و غیره باید صورت گیرد.

واژه های کلیدی: نیترات، نیتريت، GIS، دهدشت، تغییرات زمانی و مکانی

مقدمه

است، به اجراء در نیامده است (۱). تخلیه فاضلاب های بهداشتی و برخی فاضلاب های صنعتی می تواند باعث افزایش غلظت نیترات در آب های زیر زمینی و دیگر منابع پذیرنده شود. مقدار ناچیز نیترات برای بدن انسان

نیترات یکی از مهم ترین آلاینده هایی است که با توجه به حلالیت بالای آن، خارج کردن آن از آب فرآیندی بسیار پر هزینه است. از این رو استاندارد نیترات حتی در کشورهایی که استاندارد رسماً پذیرفته شده

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی شماره ۱۵۳-۹۱ است که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران تأمین شده است.

مؤلف مسئول: منصور برافراشته پور - ساری: کیلومتر ۱۸ جاده خزرآباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت E-mail: bmansoor50@yahoo.com

۱. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی مهندسی آب و خاک، دانشگاه پیام نور واحد یاسوج، یاسوج، ایران

۴. کارشناس شرکت آب و فاضلاب استان کهگیلویه و بویراحمد، کهگیلویه و بویراحمد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۲/۸/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۰/۸

انجام شد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: کهگیلویه یکی از شهرستان‌های استان کهگیلویه و بویر احمد است که از شمال به شهرستان‌های ایذه و بروجن، از شرق به شهرستان بویراحمد، از جنوب به شهرستان گچساران و از غرب به شهرستان‌های بهبهان و رامهرمز محدود می‌شود. دهدشت مرکز این شهرستان، از نظر جغرافیایی در ۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه درازای شرقی و ۳۰ درجه و ۴۷ دقیقه پهنای شمالی و در ارتفاع ۸۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. آب و هوای این شهرستان به طور کلی گرم و خشک است.

در این مطالعه ۱۸ حلقه چاه در شهرهای مختلف شهرستان کهگیلویه مورد بررسی قرار گرفت و تعداد یک نمونه در هر ماه از فصل‌های تابستان و زمستان و در مجموع از هر منبع ۶ نمونه برداشته شد و میانگین آن‌ها محاسبه شد و از تعداد کل نمونه‌ها، ۱۰۸ عدد جهت تغییرات مکانی و ۱۸۰ عدد (آرشیو ۵ ساله آب و فاضلاب) جهت تغییرات زمانی بود. آزمایشات در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب، طبق دستورالعمل‌های کتاب روش‌های استاندارد جهت انجام آزمایش‌های آب و فاضلاب صورت گرفت. عمل نمونه‌برداری نیز مطابق با دستورالعمل استاندارد متد انجام گرفته، که برای این کار نمونه‌برداری به روش ساده انتخاب می‌شود (۹). نتایج تحقیق پس از پردازش پارامترها، توسط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نسخه ۳ و ۹ با پهنه‌بندی رنگی و یا نقطه‌ای تهیه گردید که می‌توان با این عمل روند تغییرات پارامترها در موقعیت مکانی و زمانی را توصیف کرد. هم‌چنین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16، Excel2007، آمار توصیفی و آزمون همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها و بحث

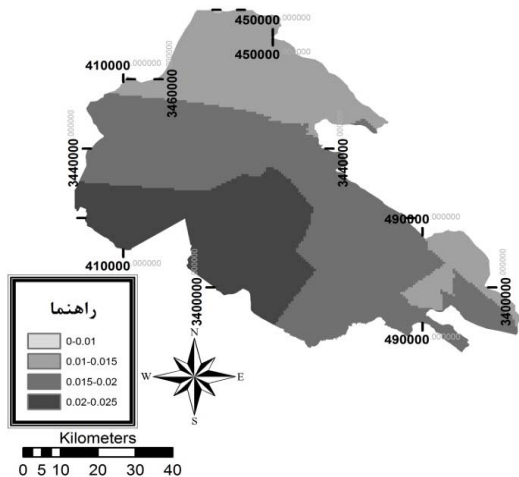
میانگین غلظت نیترات در سال ۱۳۸۵ برابر با $18/5 \pm 1/5$ میلی‌گرم در لیتر و در سال ۱۳۸۷ برابر با $19/5 \pm 0/83$ میلی‌گرم بر لیتر بود. این میزان در سال

مخاطره آمیز نمی‌باشد زیرا نیترات یک جزء طبیعی رژیم غذایی انسان است، ولی اگر غلظت نیترات بالا باشد، به ویژه بالای ۴۵ میلی‌گرم در لیتر، در این صورت مصرف چنین آبی برای کودکان (به خصوص کم‌تر از ۳ ماه) مخاطره آمیز بوده و سبب بروز نوعی بیماری تحت عنوان مت‌هموگلوبینی می‌گردد (۵-۲). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و سازمان بهداشت جهانی، حداکثر غلظت مجاز نیترات را بر حسب ازت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و بر حسب نیترات ۴۵ میلی‌گرم در لیتر برای سیستم‌های آب‌رسانی عمومی پیشنهاد نموده‌اند (۶، ۷).

اراضی منطقه مورد مطالعه از نظر کشاورزی بسیار حاصل خیز می‌باشند، اما منابع آب زیرزمینی این دشت جهت آبیاری این اراضی با محدودیت روبرو است. به علت فقدان یا محدود و فصلی بودن منابع آب سطحی، روستاییان جهت مشروب نمودن اراضی کشاورزی خود از آب زیرزمینی (عمدتاً چاه) استفاده می‌نمایند، اما کیفیت این آب‌ها مساعد برای کشاورزی نمی‌باشد (۶). یکی از راه‌های مناسب برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی و مدیریت بهره‌برداری از منابع آب و کاربری اراضی است (۷). بر خلاف روش‌های آمار کلاسیک که فقط مقدار متغیر در نقاط مختلف را در نظر می‌گیرند، روش‌های زمین آمار، موقعیت نقاط را نیز مدنظر قرار داده و با درون‌یابی بهینه مقدار متغیر در نقاط فاقد داده، امکان برآورد مقدار متغیر مورد نظر را در سطحی پیوسته فراهم می‌آورند (۸). بنابراین هدف از این بررسی، تعیین تغییرات مکانی و زمانی نیترات و نیتریت منابع آب آشامیدنی شهرستان کهگیلویه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مقایسه آن با استانداردها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی - مقطعی در سال ۱۳۹۱ بود که بر روی منابع آب شرب شهرستان کهگیلویه



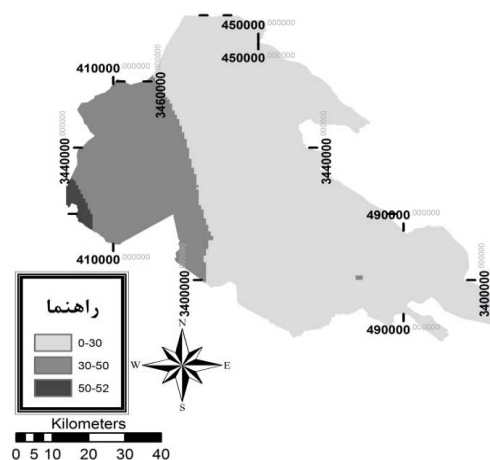
تصویر شماره ۲: تغییرات مکانی میزان نیتریت منابع آب شرب شهرستان کهگیلویه

غلظت نیترات در چاه‌های تأمین کننده آب شرب بجنورد در سال ۱۳۸۶ پرداختند که مشخص شد میانگین غلظت نیترات در چاه‌های آب شرب شهر بجنورد ۵۴/۹ میلی گرم در لیتر بوده و میانگین غلظت نیترات در چاه‌های داخل شهر و چاه‌های خارج از شهر اختلاف معنی داری داشتند ($p=0/003$) و میانگین غلظت نیترات در چاه‌های داخل شهر بالاتر بوده است. از مجموع ۸ حلقه چاه خارج از شهر، ۲ حلقه چاه (۲۵ درصد) و از مجموع ۹ حلقه چاه داخل شهر، ۸ حلقه چاه (۸۸/۸ درصد) دارای میانگین غلظت نیترات بیش از مقدار استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بودند (۱۰). در بررسی ززولی و علم قلیلو روی آبهای شهرستان خوی مقدار نیترات در همه منابع کمتر از حد استاندارد WHO بوده است (۱۱).

احسانی و همکاران روند تغییرات نیترات و کل جامدات محلول در آب‌های شرب زیرزمینی دشت همدان را با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند که میزان غلظت نیترات و کل جامدات محلول در سرتاسر دشت، پهنه‌بندی و طراحی لایه‌های اطلاعاتی انجام شد. براساس نتایج به دست آمده از میانگین سالیانه نیترات و کل جامدات محلول در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مورد نیترات، میانگین سالیانه ۳۸/۰۹ میلی گرم در لیتر

۱۳۸۸ به $19/35 \pm 3/2$ رسید و در تابستان و زمستان سال ۱۳۸۹ به ترتیب برابر با $20 \pm 4/6$ و $20/83 \pm 2/2$ میلی گرم در لیتر بود که همبستگی مستقیمی بین سال و افزایش غلظت نیترات وجود داشت ($r=0/92$, $p=0/01$). میانگین نیتریت در همه سال‌ها به جز تابستان ۱۳۸۷ ($0/04$ میلی گرم در لیتر)، ثابت و $0/01$ میلی گرم در لیتر بوده است. تغییرات زمانی نیترات و نیتریت آب آشامیدنی شهر دهدشت در طی چند سال گذشته در نمودارهای شماره ۲ و ۱ آورده شده که تغییرات نیتریت در سال‌های اخیر ثابت بوده و تغییرات مکانی در تصاویر شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است. برای ارزیابی روش‌های درون‌یابی از پارامتر آماری میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) استفاده شد که هر چه این مقدار کم‌تر باشد، روش مورد نظر بهتر خواهد بود. بهترین روش درون‌یابی برای نیترات، کریجینگ معمولی و مدل نمائی ($RMSE=0/312$) و برای نیتریت، کریجینگ معمولی و مدل کروی ($RMSE=0/0026$) بود.

طبق نتایج به دست آمده، غلظت نیترات در حد متوسط بوده و در هیچ یک از منابع آب آشامیدنی شهر دهدشت از استانداردها بالاتر نرفته، در حالی که در یکی از منابع شهر لیکک غلظت نیترات ۵۱ میلی گرم در لیتر می‌باشد. پاسبان و همکاران در تحقیقی به بررسی



تصویر شماره ۱: تغییرات مکانی میزان نیترات منابع آب شرب شهرستان کهگیلویه

دشت لردگان می‌گردد. آب‌های عمیق‌تر از سازندهای آهکی تغذیه می‌شوند و به این علت دارای کیفیت بهتری هستند (۱۴). با توجه به مجاورت این منطقه با شهر صنعتی و نفت‌خیز گچساران و توسعه مناطق شهری و واحدهای صنعتی در این ناحیه، در صورت ورود آلودگی، احتمال پخش آن در کل آبخوان وجود خواهد داشت (۷).

با توجه به تصاویر شماره ۱ و ۲ بیش‌ترین آلودگی مربوط به شمال غرب منطقه مورد بررسی می‌باشد و جهت جریان آب‌های زیرزمینی در دشت از شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد. طبق این تصاویر کیفیت آب زیرزمینی در قسمت شمال غربی شهرستان با جنوب شرقی آن خیلی متفاوت می‌باشد.

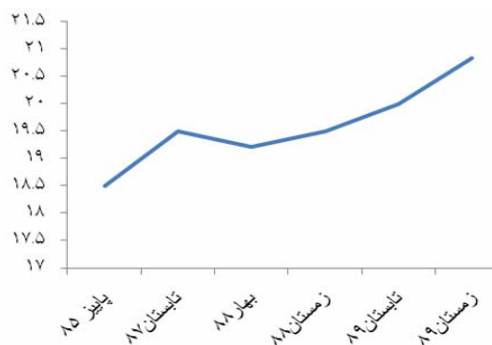
Babiker و همکاران کیفیت آب زیرزمینی را در ناسونو ژاپن با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که کیفیت آب زیرزمینی از شمال غربی به جنوب شرقی به خاطر کاهش عمق آب و افزایش ورود کود از زمین‌های کشاورزی برنج و افزایش تراکم جمعیت کاهش می‌یابد. هم‌چنین نتیجه گرفتند که کیفیت آب زیرزمینی در قسمت‌های بالایی و پایینی در مقایسه با قسمت‌های میانی خیلی متغیر است و نشان داده است که ۳۰ درصد از نمونه‌های غلظتی بالاتر از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر دارند که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد (۱۵). یکی از دلایل اصلی متغیر بودن کیفیت آب در مناطق مختلف این شهرستان خصوصیات هیدرودینامیکی سازندها می‌باشد که به عنوان یکی از فاکتورهای مهم زمین‌شناسی در تشکیل آبخوان و کیفیت آب آن نقش دارد.

در این مطالعه و طبق نمودار شماره ۱، غلظت نترات در فصل گرم سال که شدت عملیات کشاورزی بیش‌تر است، افزایش می‌یابد و احتمالاً می‌تواند به دلیل مصرف زیاد کودهای کشاورزی و آب‌شویی نترات خاک در اثر آبیاری مکرر باشد که با مطالعه استواری و همکاران مطابقت دارد (۱۴). در دهشت به علت فقدان یا محدود و فصلی بودن منابع آب سطحی، روستاییان

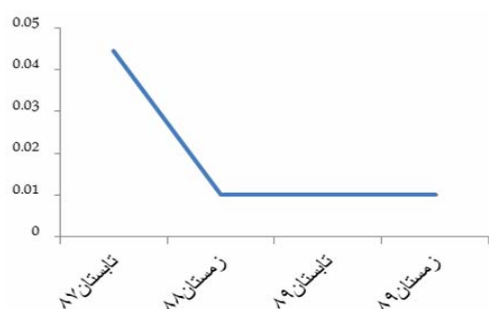
بوده و در حدود ۱۹ درصد از نمونه‌ها با انحراف معیار ۲۴/۵ بالاتر از استاندارد می‌باشد و هر چه به مناطق کشاورزی با زراعت آبی و مخلوط زراعت آبی و باغ توأم با افزایش تراکم جمعیتی و چاه‌های کم‌عمق نزدیک می‌شویم، میزان نترات افزایش می‌یابد که به لحاظ جغرافیایی اغلب در مناطق جنوبی دشت قرار دارند (۱۲). عوامل مهمی می‌تواند باعث بالا رفتن نترات در آب آشامیدنی این منطقه شود که زمین‌شناسی به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها در تشکیل آبخوان دهشت و متعاقب آن در کیفیت آب این آبخوان تأثیر به‌سزایی داشته است. از نقطه نظر مطالعات زمین‌ساختی، منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ایران و در واحد ساختمانی زاگرس (زاگرس چین خورده) قرار دارد. به طوری که فرسایش غالب در آن فرسایش آبی از نوع خطی می‌باشد که طی سالیان متمادی مرفولوژی کنونی منطقه را رقم زده است.

در این قسمت آبخوان وجود سازندهای گچساران حاوی شیل و مارن موجود که نترات و آمونیوم تبادلی زیادی دارند، باعث اضافه شدن نترات به آب زیرزمینی این منطقه شده است. از آنجایی که سازند گچساران دارای میزان بالایی از کانی‌های تبخیری نظیر ژپس، انیدریت، نمک و سیلویت می‌باشد، کانی‌های نیترا ته نیز می‌توانند همراه با کانی‌های تبخیری در این سازند حضور یابند که در اثر تماس با آب به صورت محلول در آمده و وارد ترکیب آب‌های زیرزمینی شوند (۱۳).

در مطالعه استواری و همکاران روی تغییرات مکانی نترات در آب زیرزمینی دشت لردگان، به علت مجاورت چاه‌ها با سازند گچساران، آن‌ها دارای سنگ بستر غیرقابل نفوذ در عمق کم می‌باشند و به این علت قابلیت انتقال آب‌خوان، پایین بوده و استعداد بیش‌تری برای آلودگی‌های سطحی از جمله آلودگی به نترات وجود دارد. پایین بودن قابلیت انتقال در این چاه‌ها مانع از تبادل با آب‌های عمیق‌تر و با کیفیت‌تر در سایر نقاط



نمودار شماره ۱: تغییر میزان نیترات منابع آب شرب شهر دهدهشت در طی سال های ۸۵-۸۹



نمودار شماره ۲: تغییر میزان نیتریت منابع آب شرب شهر دهدهشت در طی سال های ۸۷-۸۹

به منظور پیشگیری از بروز هرگونه مخاطرات

بهداشتی برای مصرف کنندگان، پیشنهاد می شود که:

۱- با توجه به حاصل خیزی خاک اراضی دهدهشت جهت کشاورزی، واقع شدن چندین نقطه شهری روستایی در این اراضی، وابسته بودن اهالی به اقتصاد کشاورزی و جلوگیری از مهاجرت آنها به نقاط دیگر، فقدان منابع آب زیرزمینی جهت کشاورزی، فقدان یا محدود و فصلی بودن منابع آب سطحی در این دشت و همچنین نزدیکی رودخانه مارون به این اراضی (رودخانه مارون در ضلع شمالی اراضی دهدهشت غربی جریان دارد) پیشنهاد می گردد جهت تکمیل سیستم آبیاری اراضی دهدهشت و توسعه کشاورزی در این دشت از آب رودخانه مارون استفاده گردد. این امر مستلزم احداث یک بند در مسیر این رودخانه و انتقال آب از طریق شبکه های انتقال آب به اراضی دهدهشت غربی است.

جهت مشروب نمودن اراضی کشاورزی خود از آب زیرزمینی (عمدتاً چاه) استفاده می نمایند، به طوری که ۷۰ درصد اراضی آبی از منابع آب زیرزمینی آبیاری می گردند. به دلیل شرایط زمین شناسی و فقیر بودن سفره های آب زیرزمینی در محدوده طرح، میزان آب دهی چاه ها با کاهش میزان بارندگی نقصان می یابد. از طرفی در اراضی دهدهشت غربی، موقعیت جغرافیایی، ویژگی های توپوگرافی و واقع شدن دشت در قسمت سر شاخه آب راه ها و گسترش سازندهای زمین شناسی ناتروا در این بخش موجب گردیده که حداقل شرایط لازم جهت اجرای طرح های تغذیه مصنوعی و ذخیره ای در راستای غنی شدن سفره های آب زیرزمینی فراهم نگردد (۶). طبق نمودار شماره ۲ مقدار نیتریت به جز در تابستان سال ۱۳۸۷ که یک سال کم باران بوده و کمی بالاتر از بقیه سال ها بوده، در سال های بعد مقدار ثابتی داشته و در هیچ یک از نمونه ها از استاندارد جهانی تجاوز نکرده، با این حال طبق تصویر شماره ۳ مانند نیترات غلظت نیتریت نیز در قسمت شمال غربی بیش تر می باشد.

بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در دهدهشت مهم ترین منبع آبی جهت مصارف کشاورزی محسوب می شود، از طرفی آبخوان این دشت از نوع آزاد بوده و برداشت از آب زیرزمینی نیز آزاد می باشد اما عواملی در کیفیت و کمیت منابع آب این آبخوان تأثیر منفی داشته اند که از آن جمله می توان موقعیت جغرافیایی، ویژگی های توپوگرافی و واقع شدن دشت در قسمت سر شاخه آب راه ها و گسترش سازندهای زمین شناسی ناتروا در این بخش (سر شاخه آب راه ها) و همچنین تأثیر این تشکیلات بر روی منابع آب زیرزمینی را نام برد. از بین عوامل فوق بیش ترین تأثیر را تشکیلات زمین شناسی بر روی کیفیت آب و ویژگی های توپوگرافی و کاهش بارندگی بر روی کمیت آب آبخوان دهدهشت داشته اند به طوری که کشاورزی را در این اراضی با محدودیت روبه رو ساخته است (۸).

بهداشتی کلیه چاه‌های تأمین‌کننده آب شرب، تصفیه آب منابع آلوده و دارای نیترات بالا یا خارج نمودن آن‌ها از چرخه بهره‌برداری و شناسایی جایگزین نمودن منابع آب با کیفیت بهتر ضروری می‌باشد.

۲- ساخت تصفیه‌خانه فاضلاب جهت جلوگیری از منابع آب زیرزمینی مناطق با پتانسیل افزایش مقادیر نیتريت و نیترات صورت گیرد. اقدامات اساسی از قبیل تعیین و حفظ حریم

References

- Mohseni-Bandpi A, Elliott DE, Zazouli MA. Biological nitrate removal processes from drinking water supply-a review. JEHSE 2013; 11(1): 35.
- Martin EJ, Martin ET. Technologies for Small Water and Wastewater Systems. Environmental Engineering Series. Van Nostrand Reinhold. New York: John Wiley & Sons, Inc; 1991.
- WHO. Guidelines for drinking Water Quality. 2nd ed. Geneva. 1996.
- Salvato J. Environmental Engineering and Sanitation. 4rd ed. New York: JOHN Wiley and Sons. Inc; 1992.
- Peavy SH, Rowe DR, Tchobanoglous G. Environmental Engineering. 1st ed. New York: Mc Graw-Hill; 1985.
- Ardavan B, Farhad H. Effect of geological formations on water quality, the aquifer of Dehdasht. Geography 2009; 3(11): 93-112.
- Yousefi Z, BarafrashtehPour M, Taghavi M, MashayekhSalehi A, Sedaghat F. Survey on Temporal and spatial variation of nitrate and nitrite in drinking water of Gachsaran by using Geographic Information System (GIS). J Mazand Univ Med Sci 2013; 22(2): 158-162 (Persian).
- Nejatyjromi Z, Chitsazan M, Mirzai Y. the Geostatistical investigation of nitrate distribution of Agheli plain aquifer in GIS. Geomatics National Conference on 2011. 311-319.
- APHA. AWWA. WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed. Washington, DC: American Public Health Association, USA; 1995.
- Pasban A, Amani J, Chatr Simab M. Evaluation of nitrate concentration in drinking water wells Bojnoord In 2007, 12th national Conference on Environmental Health, 2007, Shahid Beheshti university of medical science. (Persian)
- Zazouli MA, Alam Gholilou M. Survey of chemical quality (Nitrate, Flouride, Hardness, Electrical Conductivity) of driking water in Khoy city. J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 23(Suppl-2): 80-84 (Persian).
- Ehsani H, Javid A, Hasani A, Shariat M, Rahmani A. Evaluation of nitrate variation and Total dissolved solids trend in drinking water using GIS Hamedan plain ground, 10th national Conference on Environmental Health, 2007.
- Azizi F. Spatial assessment of groundwater quality and aquifer vulnerability Emamzadeh Jafar Gachsaran by using of DRASTIC model and quality index of GWQI, Water Resources Engineering, Fifth Year, 2012: 11-14.
- Ostovari Y, Beigi Harchegani H, Davoodian A. Spatial variation in nitrate of groundwater in Lordegan Plains. Irrigation and Water Management 2012; 2(1): 67-55.
- Babiker IS, Mohamed MAA, Hiyama T. Assessing groundwater quality using GIS. Water Resources Management 2007; 21(4): 699-715.