نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۲، خرداد - تیر ۱۳۹۷، ص. ۳۸۶-۳۷۶

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 12, Jan.-Jul. 2018, p. 376-386

بررسی تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات و خطرات بهداشتی آن در منابع آب زیرزمینی استان مازندران

سیده رقیه رسولی[۱]، عبداله درزی نفت‌چالی[۲*]، فرهاد مشهدی خلردی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۶

چکیده

کشاورزی فشرده به همراه افزایش فاضلاب‌های شهری و صنعتی، خطرات بهداشتی منشعب از آلودگی نیتراتی منابع آب زیرزمینی را تشدید می‌کند. در این مطالعه، تغییرات مکانی و زمانی غلظت نیترات آب زیرزمینی و خطرات بهداشتی آن در استان مازندران، به‌عنوان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی و دارای تراکم جمعیت بالا در کشور، مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، داده‌های غلظت نیترات ۱۳۳۳ چاه شرب و کشاورزی این استان طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ تهیه شد. با استفاده از این داده ها، روند تغییرات سالانه و فصلی غلظت نیترات آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.3 تحلیل شد. خطرات بهداشتی (HQ) انسان‌ها به‌واسطه قرار گرفتن در معرض این آلاینده نیز با روش پیشنهادی به‌وسیله سازمان محیط زیست ایالات متحده آمریکا محاسبه شد. علاوه بر این، رابطه عمق آب زیرزمینی و غلظت نیترات آن در فصول مختلف بررسی شد. در طول مدت مطالعه، غلظت نیترات آب زیرزمینی در محدوده‌ی ۲۱۸-۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بود. میانگین سالانه غلظت نیترات آب زیرزمینی استان مرتبا افزایش یافت که دلیل اصلی آن فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی بود. میانگین غلظت نیترات در فصل پاییز ۱۵/۱ میلی‌گرم بر لیتر و در فصل بهار ۱۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. علاوه بر این، کم بودن عمق سطح ایستابی در اراضی شالیزاری در افزایش غلظت نیترات آب زیرزمینی موثر بود. در مدت مطالعه، کم‌ترین و بیش‌ترین HQ به‌ترتیب ۰/۰۰۲ (سال ۱۳۹۰) و ۳/۸۸ (سال ۱۳۹۵) بود. در فاصله سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵، میانگین غلظت نیترات آب زیرزمینی در کاربری‌های زراعی، شالیزاری، مسکونی و باغات به‌ترتیب ۸۳/۶، ۸۸/۳، ۸۱/۴ و ۹۳/۷ افزایش یافت. در این دوره، میزان افزایش HQ در این کاربری‌ها به ترتیب ۷۸/۹، ۸۴/۵، ۸۵/۶ و۸۷ درصد بود. بر اساس نتایج، ارتقای سطح سلامت ساکنین منطقه مطالعه مستلزم کنترل آلودگی آب زیرزمینی به‌ویژه از طریق بهبود مدیریت آب و نهاده‌های کشاورزی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شالیزار، کشاورزی، کیفیت آب، نیتروژن

مقدمه

امروزه مدیریت منابع طبیعی، از اصلی‌ترین پیش نیازهای توسعه-ی پایدار در هر کشوری به‌شمار می‌رود. در این میان، مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی، به‌ویژه در کشوری مانند ایران که سهم آن از نزولات جوی به حد چشم‌گیری از متوسط جهانی هم پایین‌تر است، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (شهریاری و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش جمعیت جهان و نیاز به منابع غذایی بیش‌تر، منجر به استفاده از روش‌های نوین در زمینه تولید غذا به‌ویژه در بخش کشاورزی شده است. یکی از این رویکردها، استفاده از کودهای حاصلخیز کننده شیمیایی در بخش کشاورزی است (Fields., 2004). از میان کود-های مختلف شیمیایی، نیتروژن کاربرد زیادی در رفع کمبود مواد غذایی مورد نیاز رشد گیاهان و افزایش عملکرد محصول دارد.

مصرف زیاد و دایمی نیتروژن در بخش کشاورزی می‌تواند اثرهای زیست‌محیطی متعددی مانند به خطر انداختن سلامتی انسان و دام و کاهش اکسیژن منابع آب را در پی داشته باشد. کم‌تر از ۵۰ درصد نیتروژن مصرفی برای تولید موادغذایی و زیست توده گیاه به‌کار می-رود و مابقی در اثر تصعید، آبشویی، رواناب سطحی و فرآیند زیستی سنتی مورد استفاده در تصفیه‌ی پساب‌ها وارد محیط زیست می‌شود. نتایج یک تحقیق در منطقه‌ای از اسپانیا نشان داد که غلظت نیترات آب زیرزمینی از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در سال ۱۹۸۶ به بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در سال ۱۹۹۵ افزایش یافت که به معنی حدود ۱۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳-کارشناس ارشد شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران
(*- نویسنده مسئول: Email: abdullahdarzi@yahoo.com)

میلی‌گرم بر لیتر افزایش در سال است. عمده‌ترین دلیل افزایش، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و مدیریت‌های نادرست گزارش گردید (Miguel et al., 2003). بر این اساس، مصرف زیاد کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی و نفوذ مقدار زیادی از آن به داخل خاک و آب زیرزمینی، از مهم‌ترین عوامل آلودگی منابع آب به ترکیبات نیتروژن‌دار می‌باشد. از سویی دیگر، تخلیه‌ی کنترل نشده‌ی فاضلاب-های شهری و صنعتی به محیط زیست، عاملی دیگر در تشدید آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات می‌باشد. این امر به‌ویژه در جوامعی که از سیستم جمع‌آوری فاضلاب برخوردار نیستند و از چاه جاذب برای دفع فاضلاب استفاده می‌نمایند، بیش‌تر مشاهده می‌شود (مقدسی و همکاران، ۱۳۸۵). مشکل غلظت بالای نیترات در منابع آب، عمدتا در آب‌های زیرزمینی از جمله آب چاه‌ها مطرح است. چاه‌های کم‌عمق نسبت به چاه‌های عمیق نسبت به آلودگی نیترات آسیب‌پذیرترند و چاه‌های نزدیک به منابع کاربرد کودهای شیمیایی و حیوانی مانند زمین‌های کشاورزی در معرض بیش‌ترین خطر آلودگی قرار دارند.

اثر سو بهداشتی ناشی از وجود نیترات در آب آشامیدنی برای اولین بار توسط کوملیدر سال ۱۹۴۵، بعد از مشاهده سیانوزیس در کودکان گزارش شد. از آن زمان، اکثر مطالعات بر اثرات بهداشتی نیترات در آب آشامیدنی روی کودکان متمرکز گردید زیرا کودکان حساس‌ترین افراد به عوارض نیترات هستند (Gilchrist et al., 2007). استفاده مداوم از آب حاوی سطح بالای نیترات می‌تواند از طریق کاهش ظرفیت حمل اکسیژن منجر به مشکلات سلامتی مانند سندروم کودکان، سرطان معده، بیماری MS، لنفوم غیر هوچکین و حتی هیپرتروفی غده تیروئید شود (WHO., 2011). هم‌چنین گزارش شد مصرف آب‌های با غلظت نیترات بین ۱۹ تا ۲۹ میلی‌گرم در لیتر، تعداد سقط جنین را افزایش داد (Galaviz-Vila et al., 2010).

در رابطه با پایش غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی کشور تحقیقات متعددی انجام شده است. مقدسی و همکاران گزارش کردند که در برخی مناطق از جمله در شهر اراک، استان همدان،کاشمر و بجنورد غلظت نیترات بالاتر از حد استاندارد است (Moqadasi et al., 2007). در تحقیقی که در مورد آبشویی نیترات از اراضی کشاورزی در دشت همدان انجام شد، میانگین غلظت نیترات در آب زیرزمینی ۴۹ میلی‌گرم برلیتر گزارش شد (Jalali., 2005). نان بخش (۱۳۸۲) در مطالعه‌ای وضعیت منابع آب شرب شهر ارومیه را بررسی کرد و نتیجه گرفت که میانگین غلظت نیترات و نیتریت در نمونه‌های مورد ارزیابی به‌ترتیب ۱۷/۷ و ۰/۰۰۰۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. نوروزی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی غلظت نیترات و نیتریت منابع آب زیرزمینی شهرهای مختلف استان همدان را بررسی کردند. نتایج نشان داد میانگین غلظت نیترات و نیتریت در نمونه‌ها به ترتیب برابر با ۳۳/۳۰ و ۰/۰۵۸ میلی‌گرم بر لیتر بود. هم‌چنین غلظت نیترات در ۱۶/۹ درصد نمونه‌ها و غلظت نیتریت در هیچ یک از نمونه‌ها بیش‌تر از مقادیر استاندارد نبود. زولی و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی غلظت نیترات و نیتریت منابع آب زیرزمینی روستاهای شهرستان ساری را بررسی کردند. مقایسه‌ی آماری میانگین غلظت آنیون‌ها با رهنمود سازمان ملی استاندارد ایران (به ترتیب ۱۰ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر بر حسب نیتروژن برای نیترات و نیتریت) بیانگر آن بود که از لحاظ بهداشتی خطری منطقه را تهدید نمی‌کند. نجات خواه معنوی و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند که میزان نیترات در سواحل جنوب‌شرقی نسبت به جنوب‌غربی دریای خزر بالاتر بوده و به‌طور کلی روند افزایشی در سال‌های اخیر در این حوضه دیده شده است. بررسی غلظت نیترات چاه‌های آب اطراف شالیزارهای بابل نشان داد که بین مصرف کودهای ازته و آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات همبستگی مثبت وجود دارد. با توجه به حد مجاز ازت نیتراتی، ۲۵ درصد از چاه‌های نمونه برداری شده آب شرب شهر بابل دارای نیترات بیش از حد مجاز بودند (آقافتحی، ۱۳۷۸). ایمانی جیحون آبادی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای نسبت به بررسی آلودگی نیترات و منشایابی آن در منابع آب زیرزمینی مناطق مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی شهریار در پنج مرحله با فواصل زمانی یک ماهه اقدام کرده و نتیجه گرفتند منشا اصلی آلودگی نیترات در منابع آب زیرزمینی منطقه، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی ازته است. در مطالعه-ای در یک منطقه‌ی کشاورزی در شمال‌غرب چین، آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی و ارتباط آن با خطر سلامتی برای جوامع روستایی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، استفاده زیاد از کود، آبیاری فشرده، آب‌های زیرزمینی کم عمق، نفوذپذیری بالا و امکانات بهداشتی ضعیف سبب افزایش نیترات آب زیرزمینی در منطقه شدند. علاوه بر این، ارزیابی‌ها نشان داد که خطر نیترات برای نوزادان ۵۸/۱ برابر بیش‌تر از بزرگسالان بود (Chen et al., 2016).در بررسی آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی جزیره کینمن واقع در جنوب‌غربی چین مشخص شد که میزان نیترات بیش از حد مجاز بوده و باعث ایجاد خطرات بهداشتی برای ساکنان منطقه شد (Liu et al., 2010).

مرور منابع عموما حاکی از افزایش روزافزون غلظت نیترات آب زیرزمینی در مناطق مختلف می‌باشد. با این حال، تحقیقات گذشته عموما دربردارنده‌ی منطقه‌ی خاصی بوده وخطرات بهداشتی مرتبط با نیترات برای پهنه کامل یک استان در یک دوره‌ی آماری چندین ساله مورد آنالیز قرار نگرفته است. علاوه بر این، ارتباط غلظت نیترات با کاربری اراضی و عمق آب زیرزمینی در سطحی وسیع نیز تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به وسعت زیاد اراضی کشاورزی استان مازندران و مصرف غیرعلمی و نظارت نشده کودهای نیتروژنی در این اراضی و نقش بی‌بدیل آب زیرزمینی در تامین بخش زیادی از نیازهای آبی شرب و کشاورزی مردم این استان، ارزیابی خطرات مرتبط با مصرف آب‌های زیرزمینی آلوده به نیترات اهمیت زیادی

دارد. بر این اساس، هدف از این تحقیق ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات و خطرات بهداشتی آن در آب‌های زیرزمینی این استان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان مازندران در شمال کشور ایران با وسعتی معادل ۲۳۷۵۶/۴ کیلومترمربع، حدود۱/۴۶ درصد از مساحت کشور را در برداشته و

هجدهمین استان از این حیث محسوب می‌گردد. این استان بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۴دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی قرار دارد (ترزبان و همکاران، ۱۳۹۱). بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، تراکم نسبی جمعیت استان ۱۳۷/۷ نفر در هر کیلومترمربع می‌باشد که از این حیث چهارمین استان کشور می‌باشد. دریای خزر در شمال، استان‌های تهران و سمنان در جنوب و استان‌های گیلان و گلستان به‌ترتیب در غرب و شرق استان قرار دارند. آب و هوای مازندران، معتدل و مرطوب (معروف به معتدل خزری) است. امتداد کوه‌های البرز در جنوب، نزدیکی به دریا و پوشش گیاهی از دلایل اصلی تعدیل آب و هوای این منطقه است. از لحاظ طبیعی، مازندران به سه قسمت اصلی کوهستانی در جنوب، میان‌بند در وسط و جلگه‌ای در شمال تقسیم می‌شود. شیب ناهمواری‌های آن از غرب به شرق به موازات دریای خزر است. رشته کوه البرز با رودهای کوچک و بزرگی که در امتداد شمالی- جنوبی آن جریان دارند به سه منطقه غربی، مرکزی و شرقی تقسیم شده است (سالنامه آماری مازندران، ۱۳۹۵). حجم کل منابع آب تجدید شونده استان، ۶۰۰۰ میلیون مترمکعب و میزان بارش در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، ۶۷۰ میلی‌متر گزارش شده است. میانگین دراز مدت جریان سطحی ۴۵۰۰ میلیون مترمکعب و حجم منابع آب زیرزمینی از منابع تجدید شونده ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب (غالبا در سفره‌های آبرفتی) می‌باشد.

استان مازندران با دارا بودن آب و هوایی معتدل، زمین‌های مستعد کشاورزی، خاک‌های غنی برای کشت محصولات زراعی و باغی از ویژگی‌های منحصر به فردی در بخش کشاورزی برخوردار است. در سال ۱۳۹۴ سطح باغ‌های کشور ۲/۷ میلیون هکتار بود که مازندران ۵/۶ درصد از این مقدار را به خود اختصاص داده است. در این سال، استان مازندران با سهم ۱۱/۶ درصد از کل تولیدات محصولات باغی، رتبه‌ی دوم در کشور را دارا بود (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴). طبق آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، این استان با داشتن ۳۸۳۴۵۸ هکتار زمین زراعی (۴/۴۶ درصد سطح آبی و ۲/۱۴ درصد سطح دیم کشور)، رتبه‌ی چهاردهم در تولیدات محصولات زراعی در کشور را در اختیار دارد.

تحلیل تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات آب زیرزمینی

برای تحلیل تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات آب زیرزمینی، ۱۳۳۳ داده غلظت نیترات آب زیرزمینی مربوط به ماه‌های مختلف سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. از این داده‌ها، به‌ترتیب ۱۴۹، ۲۲۹، ۲۸۷، ۳۳۷ و ۳۳۱ داده مربوط به سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ بود. با استفاده از نقشه کاربری اراضی مربوط به سال ۱۳۹۰ استان مازندران، وضعیت کاربری اراضی دربردانده چاه-های مورد استفاده در سال‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.3 تعیین شد. برای این منظور، ابزارهای ArcMAP و ArcToolbox از این نرم‌افزار استفاده شد.تعداد چاه‌های واقع در کاربری‌های مختلف طی سال‌های مختلف در جدول ۱ ارایه شد. بر اساس داده‌های موجود و نقشه کاربری اراضی، نقشه‌های تغییرات سالانه و فصلی نیترات آب زیرزمینی تهیه شد. در تهیه این نقشه‌ها، غلظت نیترات بر اساس تاثیر بر سلامتی انسان‌ها در ۵ کلاس مختلف طبقه‌بندی شد (Karandish et al., 2016).این کلاس‌ها عبارتند از: ۱۳-۰ میلی‌گرم در لیتر (بی‌خطر)، ۲۰-۱۳ میلی‌گرم در لیتر (تاثیر متوسط بر سلامت انسان)، ۵۰-۲۰ میلی‌گرم در لیتر (تاثیر زیاد- ۵۰ به‌عنوان حداکثر مقدار مجاز برای شرب می‌باشد)، ۷۵-۵۰ میلی‌گرم در لیتر (غیرقابل قبول برای شرب) و بزرگ‌تر از ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر (اکیدا غیر قابل شرب). علاوه بر این، طبق رهنمود سازمان بهداشت جهانی (WHO) و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (ISIRI)، استاندارد غلظت مجاز نیترات در آب جهت مصرف شرب۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

ارزیابی خطرات بهداشتی نیترات

خطرات غیر سرطانی مرتبط با نیترات موجود در آب زیرزمینی، با استفاده از روش HRA (Health Risk Assessment) که توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا برای محاسبه پتانسیل خطرات غیر سرطانی آب‌های زیرزمینی برای شرب توسعه داده شد، مورد ارزیابی قرار گرفت (U.S.EPA., 1989). این روش به‌صورت رابطه ۱ ارایه می‌شود:

$$HQ = CDI / Rfd \quad (۱)$$

که در آن، HQ : میزان خطر (بدون واحد)، Rfd : مقدار ثابت ۱/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز برای نیترات و CDI میزان قرار گرفتن در معرض خطر بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم در روز است. میزان Rfd بالاتر از HQ نشان‌دهنده اثرات سو بهداشتی است.

در رابطه فوق، CDI به شرح رابطه ۲ محاسبه می‌شود (Ni et al., 2010).

$$CDI = (C\times IR\times ED\times EF) / (BW\times AT) \quad (۲)$$

که در آن، C غلظت نیترات در آب زیرزمینی (میلی‌گرم در لیتر)، IR میزان مصرف سرانه آب شرب (لیتر در روز)، ED مدت زمان قرار

گرفتن در معرض خطر (سال)، EF فراوانی قرار گرفتن در معرض خطر (روز در سال)، BW متوسط وزن انسان (کیلوگرم) و AT=ED×365 می‌باشد. کلیه‌ی این پارامترها بر اساس استانداردهای مرتبط تعیین شدند. میزان مصرف سرانه آب شرب (IR) ۲ لیتر در روز، مدت زمان قرار گرفتن در معرض خطر (ED) ۳۰ سال، فراوانی قرار گرفتن در معرض خطر (EF) ۳۶۵ روز و متوسط وزن انسان (BW) ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شدند. برای تهیه نقشه‌ها، HQ در ۴ کلاس HQ≤۱، ۱<HQ<۲، ۲≤HQ<۳ و HQ>۳ طبقه‌بندی شد (Wongsanit et al., 2015). به‌طور کلی، مقادیر HQ بیش‌تر از یک به معنای خطرات قابل توجه آب برای مصارف شرب می‌باشد. لازم به ذکر است که این محاسبات برای کلیه چاه‌های شرب و برای کل دوره‌ی آماری موجود انجام شد و در نهایت، مناطق از نظر وضعیت آلودگی نیتراتی و اثرات سو آن بر سلامت انسان‌ها طبقه‌بندی شدند.

جدول ۱- تعداد چاه‌های نمونه‌برداری در کاربری‌های مختلف در مدت مطالعه

سال	کاربری اراضی			
	زراعی	شالیزاری	باغی	مسکونی
۱۳۹۰	۴۵	۵۱	۴۴	۹
۱۳۹۱	۶۷	۷۲	۵۴	۳۶
۱۳۹۳	۶۶	۷۴	۱۰۳	۴۴
۱۳۹۴	۶۸	۹۹	۱۰۴	۶۶
۱۳۹۵	۶۵	۹۰	۱۰۷	۶۹

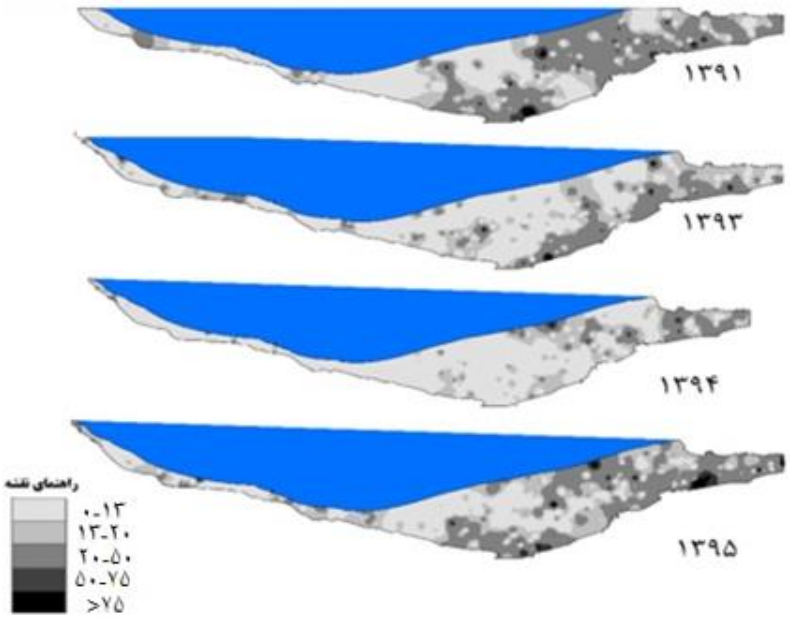
نتایج و بحث

تحلیل تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات

شکل ۱ تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. میانگین غلظت نیترات با افزایش چشم‌گیری از ۳/۹ میلی‌گرم بر لیتر در سال ۱۳۹۰، به ۱۷ میلی‌گرم بر لیتر در سال ۱۳۹۱ رسید. میانگین غلظت نیترات در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب ۱۵/۲، ۱۲ و ۱۸/۹ میلی‌گرم در لیتر بود که نشان‌دهنده روند نزولی آن در بازه زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ و افزایش آن در سال ۱۳۹۵ می‌باشد. عوامل متعددی نظیر نوع خاک، کاربری اراضی، اقلیم، وضعیت زهکشی و پوشش گیاهی بر غلظت نیترات در آب زیرزمینی تاثیر دارند (Buczko et al., 2010). علاوه بر این، فعالیت‌های کشاورزی، روش آبیاری، گیاهان تحت کشت و میزان کود مصرفی بر غلظت نیترات آب زیرزمینی در اراضی کشاورزی موثر می‌باشند (Karandish et al., 2016).از سوی دیگر، موجودیت کربن در خاک از طریق تاثیر بر فرآیندهای نیترات‌زدایی میکروبی، بر نیترات آب زیرزمینی تاثیر دارد. این فرایندها می‌توانند منجر به حذف نیترات از آب زیرزمینی شوند (Wick et al., 2012). در مدت مطالعه، محدوده تغییرات غلظت نیترات در سال‌های مختلف تا حد زیادی متفاوت بود که نشان‌دهنده تغییرات خطر آلودگی نیتراتی در اثر عوامل مختلف می‌باشد. در جدول ۲ درصد منطقه واقع در محدوده‌های مختلف غلظت نیترات ارایه شد. در سال ۱۳۹۱، ۴۰/۶ درصد منطقه مطالعه دارای غلظت نیترات ۵۰-۲۰ میلی‌گرم بر لیتر (تاثیر زیاد بر سلامت انسان) بودند در حالی‌که در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴، به‌ترتیب ۵۱/۳ و ۶۶/۷ درصد منطقه در محدوده غلظت ۱۳-۰ میلی‌گرم در لیتر (بی‌خطر برای سلامت انسان) قرار داشتند. در سال ۱۳۹۵، ۳۵/۵ درصد مساحت منطقه مطالعه در در محدوده‌ی ۵۰-۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و ۳۲/۲ درصد آن مربوط به محدوده ۱۳ غلظت نیترات در آب زیرزمینی اراضی زراعی و باغی شرق استان (ساری و نکا) و اراضی شالیزاری دشت آمل- بابل مشاهده شد. مقایسه میزان نیترات آب زیرزمینی با مقدار استاندارد سازمان بهداشت جهانی حاکی از آن است که در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب ، ۸/۷، ۳/۶، ۲/۴ و ۱۰ درصد نمونه‌ها دارای غلظت بیش‌تر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. همچنین در طی این سال‌ها، به‌ترتیب ۲/۷، ۵۰/۶، ۳۵، ۳۸ و ۶۳ درصد نمونه‌ها دارای غلظت بیش‌تر از ۱۳ میلی‌گرم در لیتر (آستانه تاثیر بر سلامت انسان‌ها) بودند که نشان‌دهنده لزوم توجه جدی به کنترل آلودگی نیتراتی در آب‌های زیرزمینی استان مازندران می‌باشد. فرح‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳) به منظور کنترل آلودگی نیتراتی در بخشی از آبخوان کرج، به این نتیجه رسیدند که با ثابت نگه داشتن کل برداشت از منطقه مورد مطالعه و با کمی تغییرات منطقه‌ای در میزان برداشت می‌توان از افزایش غلظت نیترات در مناطق بحرانی جلوگیری کرد. افزایش غلظت در مناطق غربی استان نیز مربوط به اراضی باغی و بیش‌تر مسکونی بود.

ارتباط فصل کشت غالب با غلظت نیترات آب زیرزمینی

با توجه به وسعت زیاد اراضی کشاورزی در استان مازندران و برای تحلیل دقیق‌تر و بررسی ارتباط غلظت نیترات با فصول کشت، تغییرات مکانی متوسط غلظت نیترات در ۵ فصل بهار و ۵ فصل پاییز در شکل ۲ نشان داده شد. برای اکثر مناطق، میانگین غلظت‌های مربوط به فصل پاییز به‌طور قابل توجهی بیش‌تر از مقدار آن در فصل بهار بود. این میانگین در فصل بهار طی ۵ سال، ۱۴/۵میلی‌گرم بر لیتر و فصل پاییز، ۱۵/۱ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد که وجود رطوبت بیش‌تر در خاک در اواخر تابستان و پاییز و نیاز آبی کم‌تر گیاهان در اراضی کشاورزی، شرایط مطلوبی را برای معدنی شدن مواد آلی خاک فراهم می‌کند که نتیجه آن نیترات قابل دسترس بیش‌تر و افزایش خطر آبشویی آن می‌باشد (Sieling and Kage., 2006).



شکل ۱- تغییرات مکانی و زمانی غلظت نیترات آب زیرزمینی (میلی‌گرم بر لیتر) در مدت مطالعه

جدول ۲- تغییرات سالانه درصد چاه‌های دارای محدوده‌های مختلف غلظت نیترات

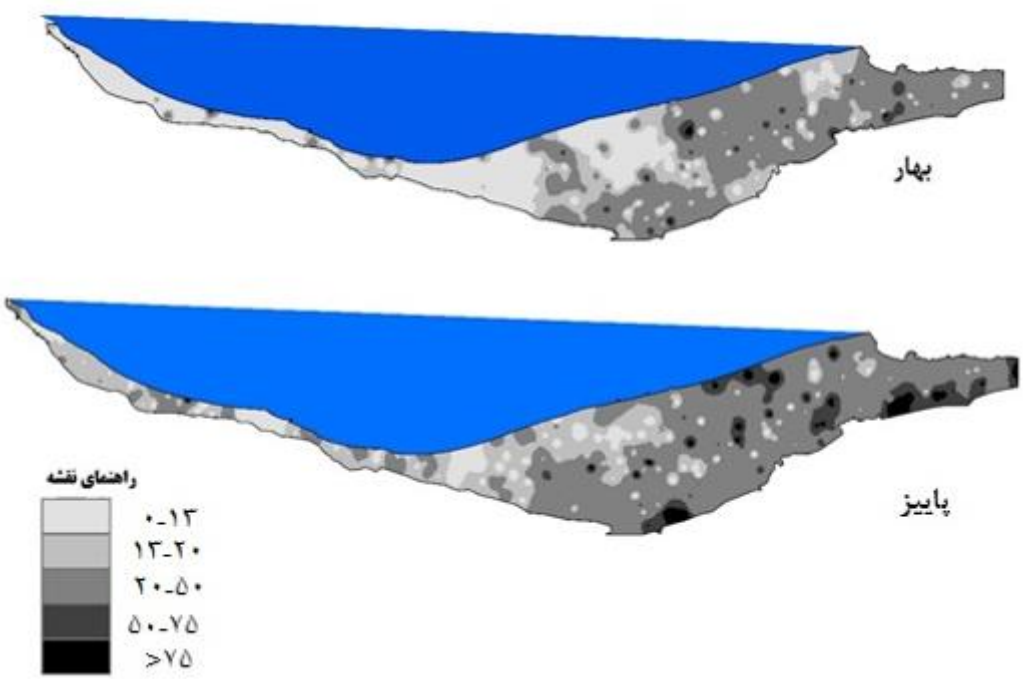
سال	محدوده غلظت نیترات (میلی گرم در لیتر)				
	۰-۱۳	۱۳-۲۰	۲۰-۵۰	۵۰-۷۵	>۷۵
۱۳۹۱	۳۴/۹۶	۲۱/۸۷	۴۰/۵۹	۲/۰۳	۰/۵۵
۱۳۹۳	۵۱/۳۰	۲۶/۷۱	۲۰/۸۹	۰/۸۳	۰/۲۷
۱۳۹۴	۶۶/۷۲	۲۱/۰۷	۱۱/۵۲	۰/۶۵	۰/۰۴
۱۳۹۵	۳۲/۲۳	۲۸/۹۳	۳۵/۵۱	۲/۴۵	۰/۸۸

میانگین غلظت نیترات در فصل بهار از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ سیر نزولی داشت و برعکس در فصل پاییز از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ دارای سیر صعودی بود. در فصل پاییز، بیش‌ترین مقدار افزایش غلظت نیترات در اراضی شالیزاری مشاهده شد که می‌تواند به‌دلیل قرار گرفتن فصل پاییز در انتهای فصل کشت باشد. از سوی دیگر، مقادیر متنابهی کود نیتروژنه در اراضی شالیزاری استان مازندران مصرف می‌شود. براساس آمار موجود (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴)، استان مازندران حدود ۳۷ درصد از سطح زیر کشت برنج کشور را در اختیار دارد. از سوی دیگر، میزان فروش انواع کودهای شیمیایی در سال ۱۳۹۴ حدود ۱/۷۵ میلیون تن شامل انواع کودهای ازته، فسفاته، پتاسه و کامل ماکرو بود که بخش عمده آن مربوط به کودهای ازته (۷۵ درصد) بود. با توجه به قرار گرفتن تعداد زیادی از چاه‌ها در مناطق مرکزی استان و در محدوده‌ی اراضی شالیزاری و روند صعودی استفاده از کودهای شیمیایی (مخصوصا کودهای ازته)، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از این کودها در روند افزایش غلظت چاه‌های استان تاثیر بسزایی داشت. بهترین کود نیتروژنی برای شالیزارهای کشور با عنایت به حجم بالای آب مصرفی، اوره با پوشش گوگردی است چرا که آزادسازی نیتروژن از این کود خیلی کند و بطئی بوده به‌نحوی که اگر این کود در داخل آب نگهداری شود، طی ۷ روز کم‌تر از ۲۵ درصد نیتروژن موجود در آن آزاد می‌گردد. بنابراین،میزان جذب این کود توسط برنج افزایش یافته و آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات نیز به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. مصرف بهینه کود به‌خصوص کودهای نیتروژنی موجب جلوگیری از تجمع نیترات در آب‌های زیرزمینی می‌شود. هم‌چنین این تغییر غلظت ممکن است ناشی از تغییر الگوی بارندگی، فعالیت‌های کشاورزی، الگوی کشت و ... باشد.

تأثیر کاربری اراضی و عمق سطح ایستابی بر غلظت نیترات آب زیرزمینی

همان‌گونه که ذکر شد یکی از عوامل موثر بر غلظت نیترات آب زیرزمینی، وضعیت کاربری زمین می‌باشد. کاربری اراضی در استان

مازندران عمدتا شامل اراضی زراعی، شالیزاری، مناطق مسکونی و باغ می‌باشد که در محدوده‌ی چاه‌های اندازه‌گیری شده قرار دارند. اکثر باغات در نواحی شرقی و غربی استان قرار دارند و زمین‌های زراعی و شالیزاری نیز غالبا در نواحی مرکزی استان واقع هستند.



شکل ۲- روند تغییرات متوسط غلظت نیترات درفصول بهار و پاییز

در جدول ۳، میانگین غلظت نیترات برای چهار کاربری مختلف در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ ارایه شد. با وجود نوسانات سالانه زیاد غلظت نیترات در کاربری‌های مختلف، روند کلی آن از ابتدا تا انتهای دوره مطالعه صعودی بود. از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱، میانگین غلظت نیترات به‌طور چشم‌گیری در هر چهار کاربری افزایش یافت اما از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳، این میانگین عمدتا کاهش یافت. تنها استثنا در این دوره، اراضی باغی بود که در آن غلظت نیترات از ۱۵/۴ میلی‌گرم بر لیتر به ۱۸/۱ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت. غلظت نیترات آب زیرزمینی در غالب کاربری‌ها در سال ۱۳۹۴ تا حدودی نسبت به سال قبل کاهش یافت که این کاهش قابل‌توجه نبود. در سال ۱۳۹۵، افزایش قابل‌توجهی در غلظت نیترات آب زیرزمینی غالب کاربری‌های مشاهده شد. در مدت مطالعه، کم‌ترین (۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر در منطقه مسکونی) و بیش‌ترین (۲۱۸ میلی‌گرم بر لیتر در محدوده اراضی شالیزاری) غلظت نیترات آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ ثبت شد. به طور کلی، غلظت نیترات از ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در زمین‌های زراعی، شالیزاری، مسکونی و باغات به‌ترتیب ۲۴/۸۱، ۲۲/۵۳، ۱۷/۴ و ۲۱/۷۱ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت.

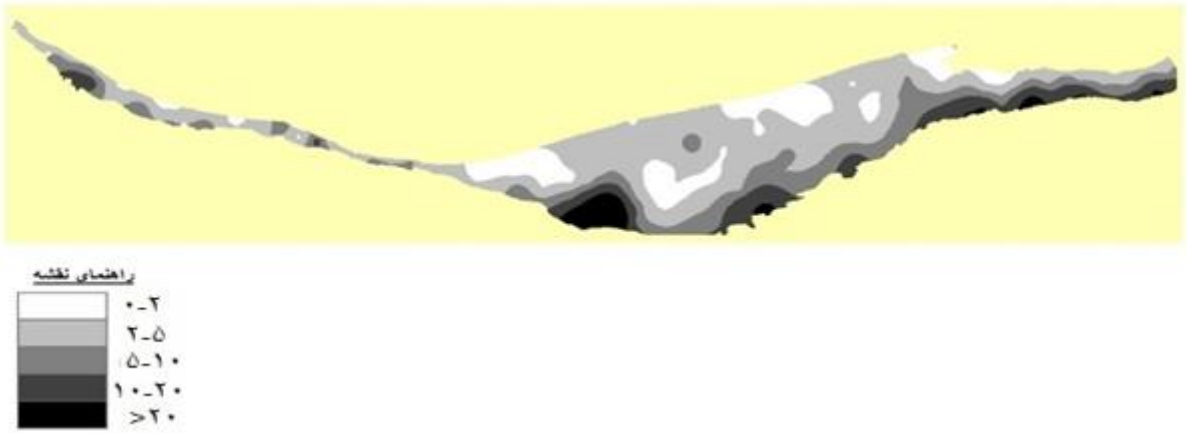
مطالعه‌ای که به منظور شناخت و بررسی میزان آلودگی نیترات آب زیرزمینی دشت ساری و اثر نوع کاربری اراضی بر آن انجام شده بود نشان داد که نوع پوشش و کاربری اراضی تاثیر زیادی بر تغییرات مکانی غلظت نیترات دارند (اکبری چوکلایی و همکاران، ۱۳۸۷). رحمتی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که میزان کودهای ازته مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی، همبستگی قوی با غلظت نیترات آب زیرزمینی دارد و استفاده بیش از حد از کودهای نیتراته در فعالیت‌های کشاورزی، عامل مهمی در افزایش آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی می‌باشد. نتایج این مطالعه نیز حاکی از افزایش قابل‌توجه آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی در غالب کاربری‌ها به‌ویژه اراضی شالیزاری و زراعی می‌باشد.

جدول ۳- میانگین غلظت نیترات (میلی‌گرم بر لیتر) در کاربری‌های مختلف اراضی در سال‌های مختلف

سال	زمین زراعی	شالیزاری	مسکونی	باغ
۱۳۹۰	۴/۹	۲/۹۸	۳/۹۸	۱/۴۴
۱۳۹۱	۲۶/۹۹	۱۸/۳۷	۲۲/۳۴	۱۵/۳۸
۱۳۹۳	۲۰/۳	۱۷/۷۵	۱۳/۶	۱۸/۱۴
۱۳۹۴	۱۸/۳	۱۵/۹۲	۱۴/۳۱	۱۳/۹۱
۱۳۹۵	۲۹/۸۱	۲۵/۵۱	۲۱/۳۸	۲۳/۱۵

عمق سطح ایستابی نیز می‌تواند بر غلظت نیترات آب زیرزمینی تاثیر قابل توجهی داشته باشد. برای بررسی این موضوع، وضعیت عمق آب زیرزمینی در منطقه برای کاربری‌های مختلف در شکل ۳

ارایه شد. اکثر مناطقی دارای عمق آب زیرزمینی کم دارای کاربری شالیزاری و زراعی بودند. کم‌ترین و بیش‌ترین عمق آب زیرزمینی در محدوده مطالعه به‌ترتیب ۱ (در محدوده‌ی اراضی شالیزاری) و ۴۵ متر (در محدوده‌ی منطقه‌ی مسکونی) بود. از آن‌جایی که کم بودن عمق آب زیرزمینی باعث افزایش تاثیرپذیری عوامل محیطی بر آن می‌شود بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت این عامل هم می‌تواند از عوامل دخیل در افزایش غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی استان باشد. در مطالعه‌ای به منظور بررسی آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی و تاثیر آن بر سلامت انسان‌ها در منطقه‌ای در شمال‌غرب چین نشان داد که عمق کم آب زیرزمینی از عوامل تاثیرگذار در افزایش غلظت نیترات است (Chen et al., 2016).



شکل ۳- تغییرات مکانی عمق سفره آب زیرزمینی استان (متر) در محدوده مورد مطالعه

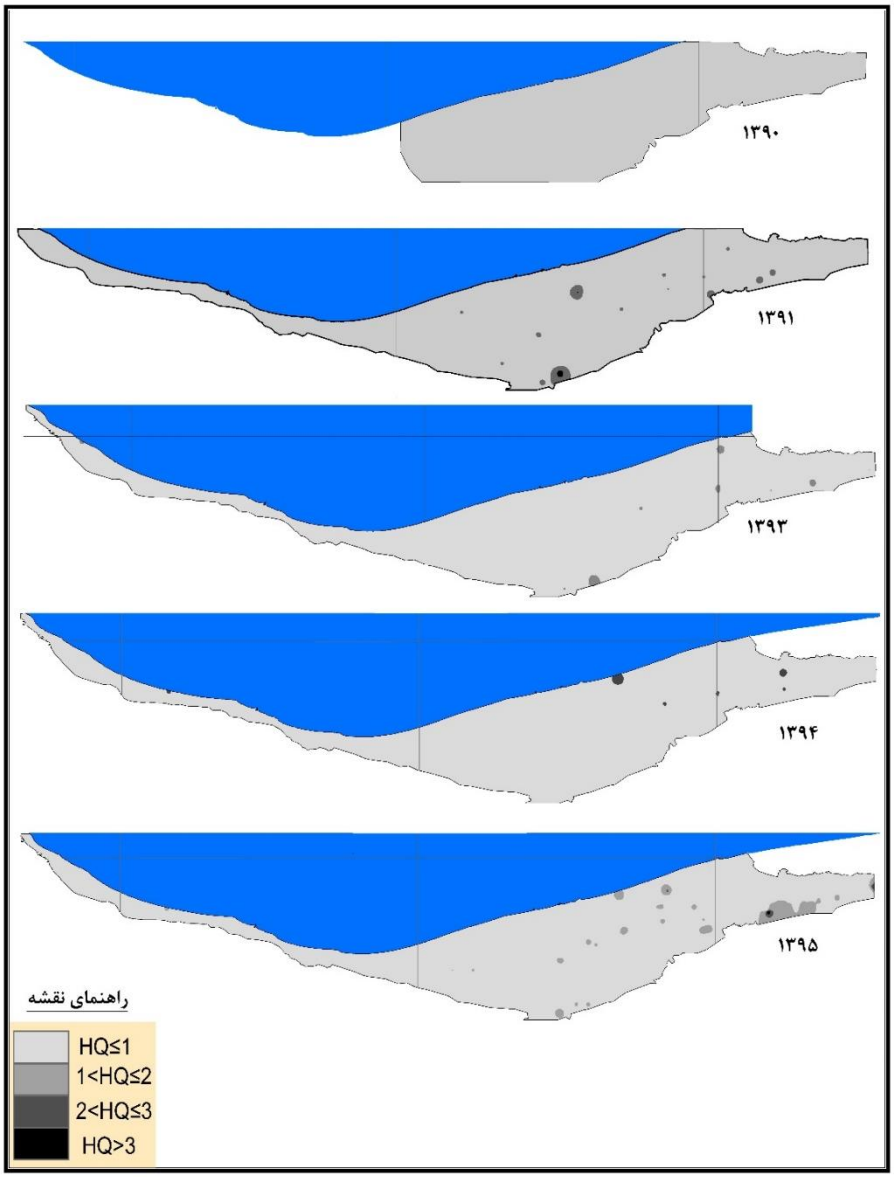
تحلیل خطرات بهداشتی نیترات در آب زیرزمینی

خطرات بهداشتی ناشی از قرار گرفتن در معرض آب آلوده به نیترات نیز در شکل ۴ ارایه شد. نتایج نشان داد درسال ۱۳۹۰، در هیچ چاهی HQ بالاتر از Rfd وجود نداشت. در سال ۱۳۹۱، ۱/۳ درصد از داده‌ها از لحاظ بهداشتی مشکل داشتند. در سال ۱۳۹۳ این مقدار به ۱/۰۲ درصد کاهش یافت. در سال ۱۳۹۴ حداکثر HQ محاسبه شده، ۱/۴۲ بود که مشکل سو بهداشتی را ایجاد نمی‌کند. اما در سال ۱۳۹۵، ۲/۱۴ درصد از چاه‌ها غلظت بیش از ۱/۶ داشتند که از لحاظ بهداشتی مشکل داشتند و برای شرب مناسب نیستند. به طور کلی، میانگین HQ در طی مدت مطالعه افزایش یافت. اختلاف میانگین HQ در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ برای کاربری‌های زراعی، شالیزاری، مسکونی و باغی به‌ترتیب ۰/۳۷۴، ۰/۳۳۸، ۰/۳۳۴و ۰/۲۷ بود. بیش‌ترین تغییرات HQ ابتدا در اراضی زراعی و سپس در اراضی شالیزاری مشاهده شد. درصد داده‌های واقع در محدوده‌های مختلف HQ در مدت مورد مطالعه در جدول ۴ ارایه شد. در سال ۱۳۹۰ کلیه داده‌ها در محدوده HQکم‌تر از یک قرار داشتند در حالی‌که در سال ۱۳۹۵ کم‌تر از یک درصد داده‌ها در محدوده HQ بیش‌تر از سه واقع شدند. افزایش میزان HQ در مدت مطالعه امکان بروز بیماری‌های مرتبط با آلودگی نیتراتی را افزایش خواهد داد. از مهم‌ترین مسایل مرتبط با وجود نیترات در آب آشامیدنی، بیماری متهموگلوبینمیا [1] یا سندرم کودک‌آبی می‌باشد (Camargo et al., 2005).در بین سال‌های ۱۹۴۵ تا ۱۹۶۵، ۳۰۰ مورد بیماری متهموگلوبینمیا در کشورهای صنعتی گزارش شد که بیش‌تر این موارد مرتبط با مصرف آب چاه‌هایی بودند که در نزدیکی زمین‌های کشاورزی آلوده به نیترات قرار داشتند. در آمریکا هیچ مورد بیماری متهموگلوبینمیا در مناطقی که آب آن‌ها دارای نیترات کم‌تر از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر بود، گزارش نشده است. در مجارستان نیز در بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۷، ۱۹۰ مورد بیماری متهموگلوبینمیا گزارش شد که ۹۴ درصد کودکان زیر ۳ ماه بودند (Johnson et al., 1987). در استان مازندران تنها در بررسی میزان نیترات منابع آب زیرزمینی شهر ساری، حداکثر مقدار نیترات ۴۷/۰۸ میلی‌گرم بر لیتر بود. هم‌چنین نقشه‌های هم‌نیترات بالا بودن نیترات را در نواحی جنوب‌شرق شهر به دلیل تمرکز چاه‌ها و جمعیت انسانی مراکز بیمارستانی و صنعتی مورد تایید قرار دادند (مصطفوی و فضل اولی، ۱۳۸۹).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی تغییرات مکانی و زمانی نیترات آب زیرزمینی استان مازندران پرداخته شد. بدین منظور از غلظت نیترات چاه‌های شرب و کشاورزی این استان استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت نیترات آب زیرزمینی طی این ۵ سال به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است.

1- Methemoglobinemia



شکل ٤- خطرات بهداشتی ناشی از آلودگی نیتراتی (میلی‌گرم بر لیتر) در مدت مطالعه

جدول ٤- درصد داده‌های واقع در محدوده‌های مختلفHQ

سال	HQ≤۱	۱ ≤HQ<۲	۲ ≤HQ<۳	HQ>۳
۱۳۹۰	۱۰۰	۰	۰	۰
۱۳۹۱	۹۳/۰۴	۶/۰۸	۰/۸۸	۰
۱۳۹۳	۹۶/۹۲	۲/۷۳	۰/۳۵	۰
۱۳۹۴	۹۸/۲	۱/۸	۰	۰
۱۳۹۵	۹۳/۵۷	۵/۷۱	۰/۴۸	۰/۲۴

بیش‌ترین غلظت نیترات در زمین‌های شالیزاری مشاهده شد که با توجه به آمار مصرف کود استان، استفاده از کودهای نیتروژنه در این زمینه موثر است. میانگین غلظت در فصل پاییز بالاتر از مقدار آن در فصل بهار بود که به دلیل قرارگرفتن فصل پاییز در انتهای فصل

کشت می‌باشد. خطرات بهداشتی ناشی از قرار گرفتن در معرض نیترات از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۵ به‌طور کلی افزایش یافته است. در سال ۱۳۹۵ نیز، ۲/۱۴ درصد از HQ محاسبه شده بالاتر از حد مجاز بود که نسبت به سال‌های قبل افزایش قابل‌توجهی را نشان داد. نتایج حاکی از آن است که با ادامه روند فعلی در مدیریت آب و خاک استان مازندران، بروز مشکلات بهداشتی جدی برای ساکنین منطقه اجتناب-ناپذیر خواهد بود.

منابع

آقافتحی،ط. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار با تاکید بر استفاده بهینه از سموم و کودهای شیمیایی. اولین گزارش ملی توسعه انسانی تهران. سازمان برنامه و بودجه. ص۱۷۲-۱۸۱.

اکبری چوکلایی،م.، معروفی،ص.، زمانی،پ و محمدی،م. ۱۳۸۷. اثر کاربری اراضی بر غلظت نیترات آب زیرزمینی دشت ساری. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز، دانشگاه چمران.

ایمانی جیحون‌آبادی،ع.ر.، نظامی،م.ط.، لطف‌الهی،م و توسلی،ا. ۱۳۸۸. بررسی آلودگی نیترات و منشایابی آن در آب‌های زیرزمینی منطقه (شهرستان) شهریار. سومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. تهران. ایران.

ترزبان،ص.، هادیان،س.ا.ص.، شهدایی،س.ح.، جانباز قبادی،غ.، پزشکی،م.، کاظمی کاوردی،م.م.، سلیمانی بشلی،م.ر و دابویی،ر. ۱۳۹۱. استان شناسی مازندران (اجرای آزمایشی). شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران. ۱۴۲ صفحه.

رحمتی،ا.، نظری سامانی،ع.ا و زمانی‌راد،م. ۱۳۹۴. ارزیابی کاربری اراضی و آلودگی نیترات منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت قروه- دهلگان، استان کردستان). دو فصل‌نامه علمی-پژوهشی خشک بوم. ۵ . ۱: ۹۰-۸۶.

زولی،م.ع.، قهرمانی،ا.، قربانیان اله‌آباد،م و بهمنی،پ. ۱۳۸۸. بررسی غلظت نیترات و نیتریت در آب چاه‌های روستاهای شهر ساری در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۶. دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ۱۳۸۸، تهران، ایران.

شهریاری،ط.، معاشرتی، ب.ن و شریف زاده،غ.۱۳۹۰. غلظت کروم ومس در آب های زیرزمینی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر بیرجند ۸۹-۱۳۸۸. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند. ۱۸. ۱: ۶۷-۶۲.

فرح‌آبادی،ا.، خیاط خلقی،م و محمدی،ک. ۱۳۹۳ .کنترل آلودگی نیترات در آب زیرزمینی با استفاده از مدل بهینه‌سازی. مجله آب و فاضلاب. ۲۵ .۴: ۲۰-۱۳.

مصطفوی،ر و فضل‌اولی،ر. ۱۳۸۹. بررسی میزان نیترات منابع آب زیرزمینی شهر ساری. اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی. ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

مقدسی،م.س.، علوی مقدم،س.م.ر.، مکنون،ر و مقدسی،ع. ۱۳۸۵. مقایسه غلظت نیترات آب آشامیدنی مناطق مختلف شهر اراک. نهمین همایش ملی بهداشت محیط. دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

نان بخش،ح. ۱۳۸۲. بررسی میزان غلظت نیترات و نیتریت در چاه-های آب قابل شرب شهر ارومیه در سال ۱۳۸۰. مجله پزشکی ارومیه. ۱۴ .۲: ۱۵-۹.

نجات خواه معنوی،پ.، بهشتی‌نیا،ا و رفیع،ف. ۱۳۸۸. ارزیابی نیترات و فسفر در جنوب‌شرقی دریای خزر در بهار و تابستان. دومین همایش منابع طبیعی و محیط زیست، ارسنجان، ایران.

نوروزی،ح.، شهبازی،ا.، رنجبر،م و ظفر میرمحمدی،ع. ۱۳۸۵. بررسی میزان یون‌های نیترات و نیتریت در منابع آب زیرزمینی استان همدان. دهمین همایش ملی بهداشت محیط، همدان، ایران.

Buczko,U., Kuchenbuch,R.O and Lennartz,B. 2010. Assessment of the predictive quality of simple indicator approaches for nitrate leaching from agricultural fields. Journal of Environmental Management. 91.6:1305-15.

Camargo,J.A., Alonso,A and Salamanca,A. 2005. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. Chemosphere. 58: 1255-1267.

Chen,J.H., Wu,B and Qian,H. 2016. Groundwater Nitrate Contamination and Associated Health Risk for the Rural Communities in an Agricultural Area of Ningxia,Northwest China . Expo Health. 8.3: 349-359.

Fields,S. 2004. Global nitrogen: cycling out of control. Environmental Health Perspectives.112: 557-563.

Galaviz-Villa,I.C., Landeros-Sanchez,M.R., Castañeda-Chávez,J.P., Martínez-Dávila,A., Gavrilov,I and Lango-Reynoso,F. 2010. Agricultural Contamination of Subterranean Water with Nitrates and Nitrites. An Environmental and Public Health Problem. Journal of agricultural science. 2.2: 17-30.

Gilchrist,M., Winyard,P.G and Benjamin,N. 2007. Review; Dietary nitrate – Good or bad Nitric Oxide. Journal of Cereals and Oilseeds 1.1: 11 - 16.

Jalali,M. 2005. Nitrates leaching from agricultural land in Hamadan, western Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment. 110.3-4:210-18.

winter barley rotation. Agriculture, Ecosystems and Environment. 115:261–269.

US EPA United States Environmental Protection Agency. 1989. Supplement risk assessment (Part 1). U.S. EPA, Washington, D.C.

WHO .World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4th ed.:WHO. 2011. Available online at: http://whqlibdoc.who.int/publicate ions/2011/9789241548151_eng.pdf[accessed 1 April 2013].

Wick,K., Heumesser,C and Schmid,E. 2012. Groundwater nitrate contamination: Factors and indicators. Journal of Environmental Management. 111.3: 178-186.

Wongsanit,J., Teartisup,P., Kerdsueb,P., Tharnpoophasiam,P and Worakhunpiset,S. 2015. Contamination of nitrate in groundwater and its potential human health: a case study of lower Mae Klong river basin, Thailand. Environmental Science and Pollution Research. 22 .15: 11504-11512.

www.mzrw.ir: datevisited:2 October 2017.

Johnson,C.J., Bonrud,P.A., Dosch,T.L., Kilness,A.W., Senger,K.A., Busch,D.C and Meyar,M.R. 1987. Fatal outcome of methemo globinemia in an infant. Journal of the American Medical Association :257.20:2796-2707.

Karandish,F., Darzi-Naftchali,A and Asgari,A. 2016. Application of machine-learning models for diagnosing health hazard of nitrate toxicity in shallow aquifers. Water Environ. 1.15: 201 – 215.

Liu,C., Lin,C., Jang,C., Ling,M and Tsai,J. 2010. Assessing nitrate contamination and its potential health risk to Kinmen residents. Environ Geochem Health. 33:503-514.

Miguel,J and Perez,S. 2003. The influence of nitrate leaching through unsaturated soil on groundwater pollution in an agricultural area of the Basque country. The Science of the Total Environment. 317: 173–187.

Ni,,F.Q., Liu,G.D., Tan,Y.S., Deng,Y. 2010. Spatial variation of health rik of groundwater for drinking water supply in Mingshan County Ya, an City, China. Water Science Engineering. 3.4:454-466.

Sieling,K and Kage,H. 2006. N balance as an indicator of N leaching in an oilseed rape – winter wheat –

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 12, Jan.-Jul. 2018, p. 376-386

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۲، خرداد - تیر ۱۳۹۷، ص. ۳۸۶-۳۷۶

Analyzing Temporal and Spatial Variations of Nitrate Concentration and its Health Risks in Groundwater in Mazandaran Province

S. R. Rasuli[1], A. Darzi-Naftchali[2]*, F. Mashadi-Kholerdi[3]
Recived: Nov.23, 2017 Accepted: Dec.17, 2017

Abstract

Intensive agriculture along with increasing urban and industrial wastewater, intensify health risks from nitrate contamination in groundwater resources. In this study, spatial and temporal changes in groundwater nitrate concentration and its health hazards were investigated in Mazandaran Province as one of the major agricultural poles with high population density in the country. For this purpose, nitrate concentration data of 1333 drinking and agriculture wells were collected from 2011 to 2016.Using these data, annual and seasonal changes in nitrate concentration were analyzed using GIS software. Human health hazard (HQ) due to exposure to this pollutant were calculated by the methods proposed by the United States Environmental Protection Agency. In addition, the relationship between groundwater depth and nitrate concentration was investigated in different season. During the study period, nitrate concentration in groundwater ranged from 0.1 to 218 mg L^{-1}. The annual average concentration of groundwater nitrate in the province increased steadily, mainly due to agricultural activities and the use of chemical fertilizers. The average nitrate concentration in the autumn was 15.1 mg L^{-1} and in the spring was 14.5 mg L^{-1}.In addition, the shallow water table depth was effective in increasing groundwater nitrate in rice paddies. The lowest and highest HQs were 0.002 (in 2011) and 3.88 (in 2016), respectively. During 2011 to 2016, the average of nitrate concentration in agricultural lands, rice fields, residential lands and gardens increased by 78.9, 84.5, 85.6 and 87 percent, respectively. Based on the results, improving the level of health of residents in the study area requires control of groundwater pollution, especially through improving management of water and agricultural inputs.

Keywords: Rice Fields, Agriculture, Water Quality, Nitrogen

1-MSc student in Irrigation and Drainage Engineering, Water engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2-Faculty member, Water engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3-Senior expert in Mazandaran Regional Water Company
(*- Corresponding Author: abdullahdarzi@yahoo.com)