

## بررسی عوامل مؤثر در تغییرات مکانی غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی حوضه آبخیز قره سو، استان گلستان

حجت ا. ناصری<sup>۱</sup>، مصطفی رقیمی<sup>۲</sup>، محمد ابراهیم یخکشی<sup>۳</sup>، مجید شاه‌پسندزاده<sup>۴</sup> و حسین دهقان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۲</sup>اداره کل آبیاری استان گلستان، امور مطالعات منابع آب، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله تهران

تاریخ دریافت: ۸۱/۶/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۵/۱۵

### چکیده

حوضه آبخیز قره سو با وسعتی حدود ۱۷۰۰ کیلومتر مربع در جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است. آبخوان موجود در این حوضه با مساحتی حدود ۷۰۰ کیلومتر مربع در بخش‌های جنوبی، تک سفره‌ای از نوع آزاد و در بخش‌های میانی و شمالی، چند لایه ای از نوع آزاد و تحت فشار است. این آبخوان به دلایل مختلف از جمله عمق نسبتاً کم سطح آب زیرزمینی، فعالیت‌های شدید کشاورزی در سطح مناطق دشت، تخلیه فاضلاب‌های شهری گرگان به آن و نیز به دلیل بافت درشت دانه آبخوان در مناطق جنوبی، در معرض خطر آلودگی‌های مختلفی از جمله نیترات قرار گرفته است. جهت بررسی وضعیت آبخوان‌ها از نظر غلظت نیترات و همچنین یافتن منابع آن، از سی حلقه چاه کم عمق در سفره آزاد و همین تعداد چاه عمیق در آبخوان تحت فشار منطقه مورد مطالعه در دو مرحله، آغاز فصل کشاورزی (اردیبهشت، ۱۳۷۹) و پایان فصل کشاورزی (شهریور، ۱۳۷۹)، از طریق شبکه‌بندی نمونه‌برداری صورت گرفت. بر اساس تجزیه نمونه‌های جمع‌آوری شده از چاه‌های بهره‌برداری موجود در سفره آزاد یا سطحی با عمق سطح آب ۳۵-۵ متر و چاه‌های عمیق حفر شده در سفره‌های تحت فشار یا عمیق، متوسط غلظت نیترات در آبخوان تحت فشار در فصول مرطوب و خشک به ترتیب ۷/۲۶ و ۱۲/۵۶ میلی‌گرم در لیتر بوده است؛ در حالی که این مقدار برای آبخوان آزاد به ترتیب ۱۰/۷۹ و ۳۳/۷ میلی‌گرم در لیتر است. این مطلب بیانگر آن است که چاه‌های آبخوان آزاد نسبت به سفره تحت فشار، بیشتر در معرض خطر آلودگی قرار دارند. به علاوه، مقدار نیترات آب رودخانه‌های زیارت، گرمابدشت و شاخه‌های اصلی رودخانه قره سو بین ۶۸-۱۰ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری گردید. این پژوهش نشان می‌دهد که پساب حاصل از آبیاری زمین‌های زراعی و فاضلاب شهری گرگان به همراه جریان‌های سطحی محدوده مورد مطالعه، مهمترین نقش را در افزایش نیترات آبخوان دارند.

**واژه‌های کلیدی:** نیترات، آلودگی آب‌های زیرزمینی، زمین‌شناسی محیط زیست، حوضه آبخیز قره‌سو، استان گلستان

### مقدمه

زیرزمینی تأمین‌کننده اصلی آب شرب است. آب‌های زیرزمینی از دو جنبه کمی و کیفی قابل بررسی می‌باشند. در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم، بیشترین توجه

آب‌های زیرزمینی بعد از یخچال‌ها، بزرگترین منابع آب شیرین کره زمین هستند. در اکثر نقاط جهان، آب

آبخوان قره سو در جنوب شرقی دریای خزر و درحوزه قره سو واقع شده است. حد جنوبی گستره جنوبی، رشته کوه‌های البرز، حد شمالی رودخانه قره سو و حد غربی آن دریای خزر است. جهت جریان آب زیرزمینی در این حوزه، هم جهت با شیب توپوگرافی از جنوب به شمال است و در شمال به سمت غرب منحرف می‌شود. در سرتاسر دشت گرگان یک آبخوان آزاد گسترش دارد که این آبخوان در بخش‌های میانی و شمالی چند لایه‌ای می‌شود، به طوری که لایه سطحی آن آزاد و لایه‌های زیرین، تحت فشار هستند (شرکت آب منطقه‌ای مازندران و گلستان، ۱۳۷۹؛ شکوهی، ۱۳۴۹). رسوبات موجود در مناطق جنوبی دشت بیشتر رسوبات مخروط افکنه‌ای هستند که اندازه آنها از جنوب به شمال کاهش می‌یابد، در حالی که بخش میانی و شمالی دشت توسط رسوبات دانه ریز دریایی پوشانده شده است (شکوهی، ۱۳۴۹؛ فنونی، ۱۳۶۸؛ شرکت آب منطقه‌ای مازندران و گلستان، ۱۳۷۹).

در سطح دشت، زمین‌های مستعد زراعی گسترش داشته که فصل آبیاری آنها بیشتر بهار و تابستان است، به طوری که پس از حاصل از آبیاری این زمین‌ها می‌تواند به این آبخوان منتقل گردد. همچنین شهرهای گرگان، کردکوی و توابع شمالی آن در جنوب دشت واقع شده‌اند که سالانه حجم عظیمی از فاضلاب را به این دشت تخلیه می‌کنند. با توجه به مطالب فوق، آبخوان موجود در این منطقه در معرض منابع مختلف آلاینده به نیترات قرار دارد.

بررسی منابع آلودگی نیترات در این آبخوان امری ضروری است، تا بتوان با توجه به شناخت منابع موثر، نسبت به حذف عوامل و کاهش تأثیر آن با توجه به محدودیت کیفی منابع آب منطقه به لحاظ وجود منابع شوری از جمله آب فسیل، دریا نسبت به حفاظت کیفی منابع در دسترس در این حوزه اقدام نمود. بنابراین هدف از این مطالعه حفاظت کیفی منابع آب قابل بهره‌برداری در این حوزه است.

به یافتن سفره‌های آب زیرزمینی مناسب جهت تأمین آب مورد نیاز شرب و کشاورزی معطوف گردیده است و این در حالی است که کمتر به حفظ کیفی آبخوان‌ها توجه می‌شود (پاوار و شیخ، ۱۹۹۵؛ روبرتسون و همکاران، ۱۹۹۶؛ دیتا و همکاران، ۱۹۹۷؛ کنگاروگلو و کونای، ۱۹۹۷).

در بسیاری از نقاط دنیا، آبخوان‌ها تحت تأثیر انواع آلودگی قرار می‌گیرند (فنونی، ۱۳۶۸؛ پاچکو و کابرا، ۱۹۹۷؛ APHA، ۱۹۹۸؛ آرنا، ۱۹۹۹). اما آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات به دلیل اهمیت آن توسط محققین مختلفی طی دهه گذشته مورد بررسی قرار گرفته است (پاوار و شیخ، ۱۹۹۵؛ پاچکو و همکاران، ۱۹۹۷؛ کنگاروگلو و کونای، ۱۹۹۷؛ آرنا، ۱۹۹۹).

پژوهشگران عوامل مختلفی را به عنوان منبع آلودگی نیترات آب‌ها شناسایی کرده‌اند، اما فعالیت‌های شدید کشاورزی، کودپاشی و آبیاری بی‌رویه، مهمترین عوامل افزایش غلظت نیترات در آبخوان‌ها معرفی شده‌اند (پاوار و شیخ، ۱۹۹۵؛ کنگاروگلو و کونای، ۱۹۹۷؛ پیترز و می‌یک، ۲۰۰۰؛ جونگ، ۲۰۰۱).

یون نیترات به دلیل حلالیت بالا در آب، به سادگی می‌تواند توسط آبهای فرورو به آبخوان منتقل شود. وجود نیترات به مقدار بیش از استاندارد تأثیر زیادی بر عملکرد محصولات زراعی دارد و به عنوان یک آلاینده محسوب می‌شود، تحقیقات زیادی راجع به منشاء و کاهش آلاینده‌گی این عنصر در مزارع انجام شده است (شاه نظری، ۱۳۷۴؛ طهرانی، ۱۳۷۷؛ رقیمی و سیدخادمی، ۱۳۸۰؛ ملکوتی، ۱۳۸۱). همچنین افزایش این یون بیش از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر در آب شرب باعث ایجاد بیماری متاموگلوبینمی در کودکان و همچنین سرطان‌زایی در افراد بالغ می‌گردد (شاه پسندزاده و همکاران، ۱۳۸۱؛ دیتا و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین وجود این یون در آب شرب دام‌ها می‌تواند سبب کاهش تولید شیر و سقط جنین در آنان شود (ملکوتی، ۱۳۷۳).

## مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق، سطح دشت گرگان در ابعاد ۵×۵ کیلومتر شبکه بندی شده و در هر شبکه یک چاه در سفره آزاد (با عمق متوسط ۴۰ متر) و یک چاه در سفره تحت فشار (با عمق متوسط ۸۰ متر) به‌عنوان نقاط نمونه‌گیری انتخاب شده‌اند. برای شبکه‌هایی که چاه برای سفره آزاد یا تحت فشار در آنها وجود نداشت، نزدیکترین چاه مربوطه (آزاد یا تحت فشار) موجود در شبکه‌های دیگر، به‌عنوان نقاط نمونه‌گیری انتخاب شده است. در این پژوهش، سی حلقه چاه در سفره آزاد و همین تعداد چاه در سفره تحت فشار به‌عنوان چاه‌های نمونه‌گیری مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که هیچگونه نمونه‌برداری از گذشته در منطقه مورد مطالعه وجود نداشته و با توجه به محدودیت امکانات آزمایشگاهی و نیز شرایط هیدروژئولوژی به تعداد نمونه‌گیری مورد اشاره بسنده شده است. همچنین از رودخانه‌های زیارت، گرمابدشت و شاخه‌های اصلی رودخانه قره‌سو نمونه‌گیری به‌عمل آمد. از این چاه‌ها طی دو مرحله، قبل و بعد از فصل کشاورزی (اردیبهشت ۱۳۷۹ و شهریور ۱۳۷۹) نمونه‌گیری صورت گرفت. در شکل ۱ محل‌های نمونه‌برداری از منابع آب منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. هم‌زمان با نمونه‌گیری، پارامترهای کیفی آب

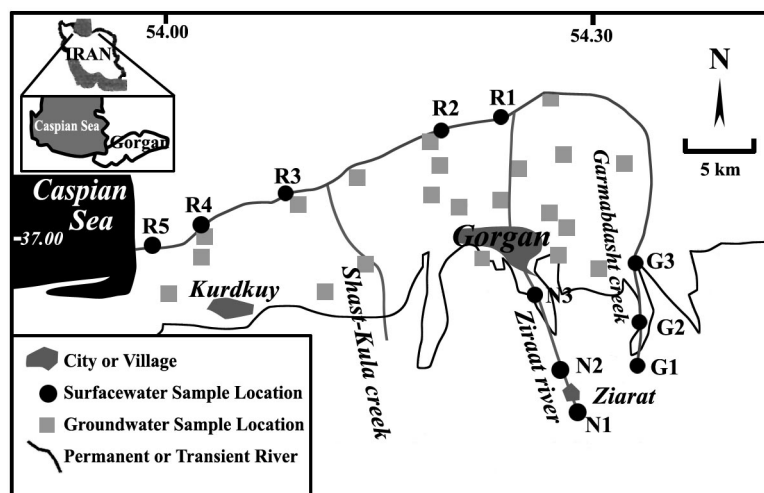
نظیر هدایت الکتریکی و pH آنها نیز در محل اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظرف‌های پلی‌اتیلن تیره رنگ ریخته شده و سپس در کمتر از ۲۴ ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه غلظت یون نیترات آن‌ها توسط دستگاه دیجیتالی اسپکتروفوتومتر (HACH - DR2000) به‌روش احیا کادمیوم اندازه‌گیری شد (APHA, ۱۹۹۸).

## نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه نمونه‌های جمع‌آوری شده از چاه‌های آب سفره آزاد و تحت فشار موجود در منطقه، متوسط غلظت نیترات در آبخوان تحت فشار برای فصول مرطوب و خشک به‌ترتیب ۷/۲۶ و ۱۲/۵۳ میلی‌گرم در لیتر بوده است، در حالی که این مقدار برای آبخوان آزاد به‌ترتیب ۱۰/۷۹ و ۳۳/۷ میلی‌گرم در لیتر است. به‌طورکلی افزایش غلظت نیترات آبخوان آزاد شدیدتر از آبخوان تحت فشار است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده بیشترین افزایش غلظت نیترات در آبخوان آزاد اطراف شهر گرگان و نزدیکی رودخانه‌ی زیارت رخ داده است. به‌علاوه، بر اساس مقایسه غلظت نیترات در مراحل اول و دوم نمونه‌برداری،



شکل ۱- محل نمونه‌برداری از آب رودخانه‌ها، چاه‌های سفره آزاد و تحت فشار منطقه مورد مطالعه.

حدود ۴/۵ درصد نمونه‌ها افزایش غلظت نیترات نداشته و حتی کاهش غلظت نیترات در آنها مشاهده شده است. حدود ۲۲/۴ درصد نمونه‌ها بین ۱۰-۰ میلی‌گرم در لیتر، ۵۴/۵ درصد نمونه‌ها بین ۳۰-۱۰ میلی‌گرم در لیتر و ۱۸/۶ درصد نمونه‌های بیش از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش غلظت نیترات داشته‌اند.

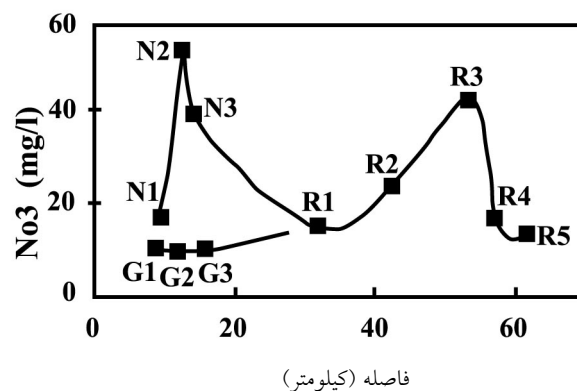
جهت بررسی تأثیر رودخانه‌ها بر کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه، از رودخانه‌های زیارت و گرمابدشت و همچنین شاخه‌ی اصلی رودخانه‌ی قره سو نمونه‌گیری به‌عمل آمد و غلظت نیترات در آنها اندازه‌گیری شد. مقدار نیترات آب این رودخانه بین ۱۰ تا ۶۸ میلی‌گرم در لیتر متغیر است. شکل ۲ تغییرات غلظت نیترات را در این نمونه‌ها نشان می‌دهد.

رودخانه‌های زیارت و گرمابدشت که زیر شاخه‌های اصلی رودخانه‌ی قره سو هستند، از کوه‌های واقع در بخش جنوبی منطقه سرچشمه می‌گیرند و بعد از الحاق به رودخانه قره سو، به سمت غرب جریان می‌یابند. روستای زیارت در مجاورت رودخانه زیارت قرار دارد به نحوی که در داخل روستا و در مسافتی بعد از آن (در طول مسیر رودخانه زیارت) فاضلاب‌های روستایی و پساب دامداری‌های حاشیه رودخانه مستقیماً به آب این رودخانه سرازیر می‌شوند. نمونه N1 در ابتدای این رودخانه و قبل از روستا برداشته شده است. نمونه N2 بعد از روستا و مکان استقرار دامداری‌های موجود گرفته شده است (شکل ۱). همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، فاضلاب‌های روستایی و پساب فعالیت این دامداری‌ها

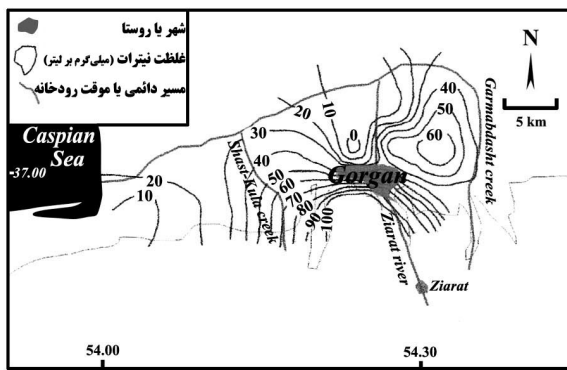
سبب افزایش شدید غلظت نیترات در آب این بخش از رودخانه شده‌اند.

به علت پیوستن آب چشمه‌ها و جویبارها به این رودخانه، دوباره غلظت نیترات محل نمونه‌برداری N3 از آب در رودخانه زیارت کاهش یافته است (شکل‌های ۱ و ۲). در حاشیه رودخانه‌ی گرمابدشت، فعالیت‌های کشاورزی و دامداری کمتری نسبت به رودخانه زیارت انجام می‌گیرد و به‌همین دلیل افزایش کاملاً تدریجی و کم در مقدار غلظت نیترات نمونه‌های G1, G2, G3 مشاهده می‌شود (شکل ۲). پیوستن رودخانه گرمابدشت به رودخانه‌ی زیارت سبب کاهش غلظت نیترات در نمونه I1 نسبت به N3 شده است، ولی افزایش تدریجی در غلظت نیترات نمونه‌های I1 تا I3 به احتمال زیاد ناشی از زهکشی رودخانه اصلی قره‌سو و ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی از رودخانه‌های النگ دره و انجیراب است. با پیوستن زیر شاخه‌ی دیگری به رودخانه‌ی قره سو، کاهش بیشتری در غلظت نیترات نمونه‌های I4 و I5 ملاحظه می‌شود.

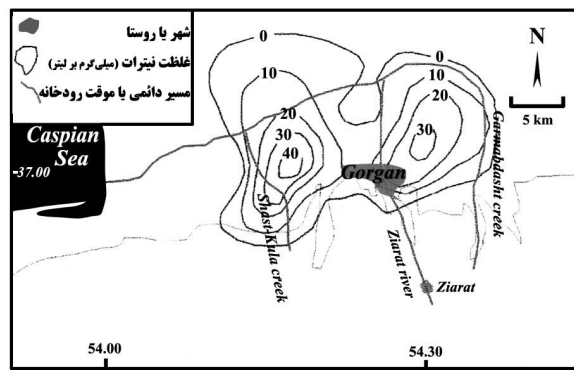
پارامترهای مختلفی از جمله کیفیت آب سطحی، نوع استفاده از اراضی، عمق سطح آب زیرزمینی، زهکشی اراضی به وسیله رودخانه‌ها و نوع رسوبات منطقه، سبب شده است که در بخش‌های مختلف آبخوان، غلظت‌های متفاوت نیترات مشاهده شود. شکل (۳) نقشه هم غلظت نیترات برای فصل مرطوب و خشک منطقه در آبخوان آزاد را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودار تغییرات غلظت نیترات در آب رودخانه‌های زیارت، گرمابدشت و قره سو.



شکل ۳-ب: نقشه هم مقدار نیترات آبخوان آزاد در فصل تابستان (خشک).



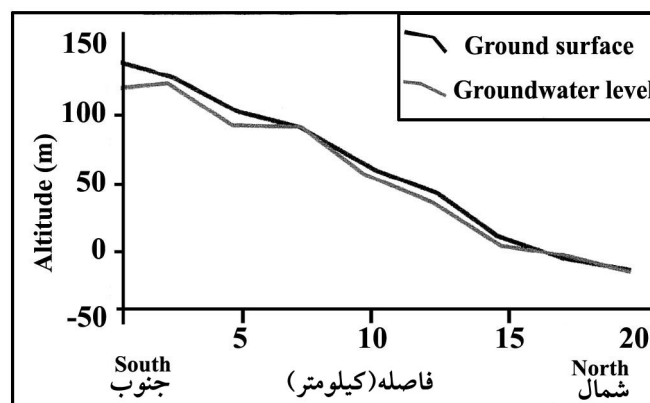
شکل ۳-الف: نقشه هم مقدار نیترات آبخوان آزاد در فصل بهار (مرطوب).

آب زیرزمینی در این دشت از جنوب به شمال است و همچنین مساحت زمین‌های کشاورزی که پساب آنها می‌تواند وارد آبخوان آزاد منطقه شود، در بخش جنوبی نسبت به بخش شمالی آن کمتر است؛ بنابراین، بخش جنوبی آبخوان کمتر در معرض خطر پساب‌های کشاورزی قرار دارد. اما در بخش مرکزی دشت، علاوه بر زمین‌های کشاورزی نسبتاً وسیعی که در بالا دست قرار دارند، چاه‌های فاضلاب شهری گرگان و آق‌قلا نیز مزید بر علت شده و سبب افزایش غلظت نیترات در بخش‌های مرکزی دشت گردیده است.

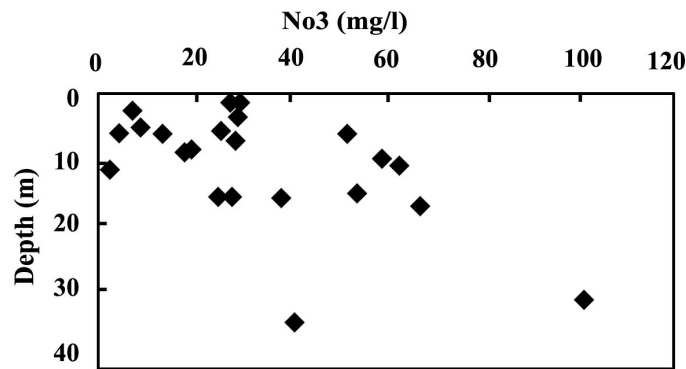
در بخش‌های شمالی دشت گرگان، دوباره کاهش غلظت نیترات مشاهده می‌شود، اولین عامل کاهش غلظت نیترات در این بخش کاهش عمق سطح آب است. در شکل ۴ مقطع جنوبی - شمالی از سطح آب زیرزمینی و سطح زمین نشان داده شده است.

بر اساس شکل ۳، تمرکز خطوط هم غلظت نیترات در فصل خشک نسبت به فصل مرطوب نشان دهنده‌ی افزایش نسبی غلظت نیترات در فصل خشک است. با توجه به الگوی پراکندگی نیترات در آبخوان کم عمق، غلظت نیترات در بخش‌های جنوبی و مرکزی دشت (حواشی شهرهای گرگان و آق‌قلا) بیشتر از بخش‌های شمالی آن است. این الگو کم و بیش در طی دو فصل مرطوب و خشک مشاهده می‌شود (شکل ۳). علت این نوع پراکندگی به صورت زیر قابل تشریح است:

در بخش جنوبی که محل تغذیه دشت است، غلظت نیترات نسبتاً پایین است. دو دلیل برای کم بودن غلظت نیترات در این بخش وجود دارد: (۱) کیفیت آب ورودی به دشت نسبتاً خوب است به طوری که کیفیت آب چاه‌هایی که در بخش جنوبی دشت قرار گرفته‌اند، تأیید کننده این مطلب است؛ (۲) نظر به این که جهت جریان



شکل ۴- مقطع جنوبی - شمالی از سطح آب زیر زمینی و سطح زمین دشت گرگان در منطقه مورد مطالعه.



شکل ۵- تغییرات نترات نسبت به عمق در نمونه‌های آب زیر زمینی منطقه مورد مطالعه.

( $7H_2O$ ) باشد، به نحوی که تلخی آب آبخوان سطحی در مناطق شمالی نیز مؤید وجود سولفات در آبخوان این مناطق است. بنابراین مجموع عوامل فوق به همراه دمای مناسب جهت دی نیتریفیکاسیون (حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد)، فرآیند دی نیتریفیکاسیون را در این منطقه تشدید کرده و سبب کاهش غلظت نترات در آبخوان سطحی بخش شمالی دشت گرگان شده است.

به‌طور خلاصه، با توجه به کلیه موارد فوق می‌توان پیشنهاد نمود که فاضلاب‌های شهری و روستایی و پساب فعالیت‌های کشاورزی بیشترین نقش را در افزایش غلظت نترات آبخوان سطحی منطقه مورد مطالعه داشته‌اند.

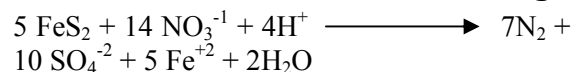
### نتیجه‌گیری

۱. بنابر الگوی پراکندگی نترات، بخش‌های مرکزی و جنوبی دشت نسبت به بخش‌های شمالی دشت بیشتر در معرض خطر آلودگی قرار دارند. این الگو نشان‌دهنده تأثیر پساب‌های کشاورزی و فاضلاب شهری بر کیفیت آب‌های زیرزمینی است.

۲. چاه‌های سفره آزاد نسبت به چاه‌های تحت فشار بیشتر در معرض آلودگی به نترات قرار گرفته‌اند. این مسأله نشان‌دهنده منبع سطحی ورود نترات به آبخوان است. افزایش غلظت نترات در چاه‌های سفره آزاد منطقه در پایان فصل کشاورزی، تأییدکننده فعالیت‌های کشاورزی به‌عنوان منشأ آلودگی برای بیشتر این چاه‌هاست.

همان‌طوری که در این شکل مشاهده می‌شود، در بخش‌های شمالی دشت، عمق سطح آب بسیار کاهش می‌یابد. کاهش عمق از عواملی است که می‌تواند سبب فعال شدن دی نیتریفیکاسیون شود (کنگاروگلو و کونای، ۱۹۹۷). شکل ۵ رابطه بین عمق سطح آب و غلظت نترات را در نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه نشان می‌دهد که تأییدکننده نقش دی نیتریفیکاسیون در اعماق کم است.

به‌علاوه، چون بخش شمالی دشت، پوشیده از رسوبات دریایی حاوی مقدار زیادی گوگرد احیایی و نوع آب آن نیز سولفاتی است، وجود این گوگرد سبب محافظت آبخوان از ورود نترات می‌شود. نترات ضمن عبور از این رسوبات طبق رابطه زیر عاری از نترات یا دی نیتریفیکاسیون می‌شود. (استاروگیلهام، ۱۹۹۳؛ پاوار و شیخ، ۱۹۹۵):



این رابطه ضمن کاهش مقدار نترات، سبب افزایش غلظت سولفات می‌شود. شکل ۶ نیز افزایش غلظت سولفات را در چاه‌های آب نقاطی که کاهش غلظت نترات مشاهده می‌شود، نشان می‌دهد. افزایش قابل توجه یون سولفات در بعضی نمونه‌ها، می‌تواند ناشی از انحلال کانی‌های سولفات منیزیم موجود در رسوبات دریایی مثل کیزریت ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ ) و اپسومیت ( $MgSO_4$ )

۳. بیشترین افزایش غلظت نیترات در اطراف شهر گرگان و اطراف زیر شاخه‌های رودخانه قره‌سو ایجاد شده که نشان دهنده تأثیر آب‌های سطحی و فاضلاب‌های شهر گرگان بر آلودگی آبخوان فوق است.

۴. در بخش‌های شمالی دشت، شرایط مناسب فرآیند، دی نیتروفیکاسیون عمق کم سطح آب زیرزمینی، دمای مناسب و وجود کانی‌های سولفات منیزیم در رسوبات دانه ریز دشت سبب کاهش غلظت نیترات در این بخش شده است.

۵. با توجه به محدودیت کمی و کیفی که منابع آب آبخوان قره‌سو دارند بهره‌برداری از آن و وجود میادین مختلف

تأمین شرب شهری و روستایی بخش عمده غرب استان گلستان از این حوزه لازم است نسبت به حذف و کاهش تأثیر عوامل موثر بر افزایش آلودگی آب زیرزمینی حوزه به‌ویژه میدان‌های تأمین آب شرب اقدام موثری به‌عمل آورد.

۶. با توجه به کشاورزی بودن منطقه مورد مطالعه و استفاده کردن از کودهای شیمیایی، انجام مطالعات و تحقیقات تکمیلی با ایجاد شبکه نمونه‌برداری گسترده‌تر نمونه‌برداری و آنالیز در سال‌های مختلف، روند تغییرات نیترات بررسی و راهکارهای لازم برای منشاء یابی دقیق‌تر و استفاده بهینه از کودهای شیمیایی اقدام شود.

## منابع

۱. رقیمی، م. و سید خادمی، م. ۱۳۸۰. بررسی آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی استان گلستان «مطالعه موردی شهر گرگان». مجموعه همایش تخصصی آلاینده‌های محیط زیست (دانشگاه گیلان، ۶ اردیبهشت ۱۳۸۰). ص ۱۹۶-۱۹۱.
۲. شاه‌پسندزاده، م.، رقیمی، م.، دماوندی، م. ز. و سیدخادمی، م. ۱۳۸۱. بررسی منشا احتمالی آلودگی نیترات منابع تأمین آب شرب شهر گرگان. مجموعه مقالات ششمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه کرمان (۷-۵ شهریور، ۱۳۸۰). ص ۴۵-۵۱.
۳. شاه‌نظری، ر. ۱۳۷۴. بررسی وضعیت نیترات آب‌های زیر زمینی شالیزارهای گیلان و مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۴. شرکت آب منطقه‌ای مازندران و گلستان. ۱۳۷۵. اطلس منابع آب گرگان رود و قره‌سو آب‌های زیرزمینی، مهندسین مشاور خزرآب. ۱۲۵ ص.
۵. شرکت آب منطقه‌ای مازندران و گلستان. ۱۳۷۹. مطالعات تغذیه مصنوعی آبخوان قره‌سو (گرگان - کردکوی)، مهندسین مشاور خزرآب. ۲۲۳ ص.
۶. شکوهی، ح. ۱۳۴۹. رژیم هیدروژئولوژیکی منطقه گرگان و دشت، وزارت نیرو، ۵۳ ص.
۷. طهرانی، م. ۱۳۷۷. نیترات از دیدگاه کشاورزی و محیط زیست. ماهنامه علمی تخصصی کشاورزی زیتون، ویژه‌نامه شماره ۶، کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی، وزارت کشاورزی ایران، تهران.
۸. فنونی، ب. ۱۳۶۸. بررسی علل افت سطح آب چاه‌های شرب گرگان. شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، اداره کل آبیاری گرگان. ۷۶ ص.
۹. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک. انتشارات تربیت مدرس. ۴۹۴ ص.
۱۰. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۱. بررسی منشا و روش‌های کاهش آلاینده نیترات و کادمیم در شالیزارهای شمال کشور. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات آب و خاک ایران، تهران. ۴۳ ص.

11. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 20<sup>th</sup> ed. American Publication Health Association. Washington, D.C. 782p.

12. Arnade, L.J. 1999. Seasonal correlation of well contamination and septic tank distance. Groundwater, 37: 920-923.

13. Data, P.S., Deb, D.L., and Tygi, S.K. 1997. Assessment of ground water contamination from fertilizers in the Delhi area based on O<sup>18</sup>, NO<sub>3</sub> and K composition. Journal of Contaminant Hydrology, 27: 249-262.

14. Jeong, C.H. 2001. Effect of land use and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Taejon area, Korea. *Journal of Hydrology*, 253: 194-210
15. Kangaroglu, F., and Gunay, G. 1997. Ground water nitrate pollution in an alluvial aquifer, Eskir-urban area and its vicinity, Turkey. *Environmental Geology*, 31:178-184.
16. Pawar, N.J., and Shaikh, I.J. 1995. Nitrate pollution of ground waters from shallow basaltic aquifers Deccan trap, Hydrological province, India. *Environmental Geology*, 25: 197-204.
17. Pacheco, A.J., and Cabrera, S.A. 1997. Groundwater contamination by nitrates in the Yucatan peninsula, Mexico. *Hydro geological Journal*, 5: 47-53
18. Pacheco, J., Marin, L., Cabrera, A., Steinich, B., and Escolero, O. 2001. Nitrate temporal and spatial pattern in 12 water-supply wells, Yucatan, Mexico. *Environmental Geology*, 40: 708-715.
19. Peters, N.E., and Meybeck, M. 2000. Water quality degradation effects on freshwater availability: Impacts of human activities. *International Water Resources Association, Water International*, 25: 185-193.
20. Robertson, W.D., Russeland, B.M., and Cherry, J.A. 1996. Attenuation of nitrate in aquitard sediments of southern Ontario. *Journal of Hydrology*, 180:267-281.
21. Starr, R.C., and R.W., Gillham. 1993. Denitrification and organic carbon availability in tow aquifers. *Groundwater*, 31: 934-948.



---

## **Investigation of the effective factors in the spatial variations of nitrate concentration in the groundwater of Ghreso watershed basin, Golestan province**

**H. Naseri<sup>1</sup>, M. Raghimi<sup>2</sup>, M.E. Yakhkeshi<sup>3</sup>, M. Shahpasandzadeh<sup>4</sup> and H. Dehghan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Geology Dept., of Shahid Chamran University, <sup>2</sup>Geology Dept., Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, <sup>3</sup>Water Resources Studies Section, Irrigation head-office of Golestan Province, <sup>4</sup>International Institute of Earthquake and Seismology (IIIES), Tehran

---

### **Abstract**

The Ghreso watershed basin with an area of about 1700 km<sup>2</sup> is located in the southeastern part of Caspian Sea. The aquifers of this watershed with width of about 700 km<sup>2</sup> consisted of the unconfined aquifers in the south and multiple unconfined to confined aquifers in the north and middle parts of the study area. Surface factors, which have threatened the contamination, especially high nitrate concentration, of the aquifers, are consisted of shallow depth of ground water, intensive agricultural activities in the plain, burial of Gorgan municipal effluents and coarse-grain texture of the southern aquifers. In order to assess effects of these parameters as well as determine the sources of nitrate pollution, sampling was carried out from 30 shallow and deep wells in two stages, pre-agricultural activity (may 2000) and post-agricultural activity (September 2000). According to the analytical results of collected samples from unconfined aquifers with depths of about 5 to 35 meter deep wells, which are drilled in confined aquifers, mean concentration of nitrate in the wet and dry seasons fluctuate between 7.26-12.56 mg/l and 10.79-33.70 mg/l in the deep and shallow aquifers, respectively. These results indicate that the unconfined shallow aquifers are more susceptible to pollution than deep confined aquifers. Moreover, nitrate concentration enrage between 10-67 mg/l in the Ziarat, Garmabdasht, and main branches of Ghreso rivers. So, this investigation manifests the agricultural activities and municipal wastewater along with surfacial runoff of the area play the most effective influences on the increasing of nitrate concentration in the aquifer.

**Keywords:** Nitrate; Groundwater contamination; Environmental geology; Ghreso watershed basin; Golestan province