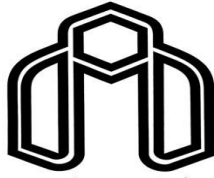


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ارزیابی نقش عوامل زمین‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی در تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت رومشگان

امین رستمی زرین آبادی

اساتید راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

دکتر گیتی فرقانی

اساتید مشاور:

دکتر فرج‌الله فردوست

دکتر احمد احمدی خلجی

پائیز ۱۳۹۰

مقاله مستخرج از این پایان نامه:

۱- ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی و پارامترهای موثر بر کیفیت آب شرب و

کشاورزی منطقه رومشگان، لرستان ، هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست

ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شهریور ۱۳۹۰.

تقدیم ناپذیری به:

چشم‌های منظر مادم

دست‌های خسته پدرم

استادم خانم دکتر فرقانی تهرانی

چکیده:

محدوده مورد مطالعه شامل دشت رومشگان است که در جنوب غربی شهرستان کوهدشت از توابع استان لرستان واقع شده است. در منطقه مورد مطالعه هیچ گونه آب سطحی وجود ندارد و منابع آب مورد استفاده فقط به آب‌های زیرزمینی محدود می‌شود. تاکنون هیچ گونه مطالعه جامعی در خصوص وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی در دشت مورد نظر انجام نشده است. هدف از انجام این تحقیق

ارزیابی تأثیر عوامل زمین‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی در کیفیت آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. برای دستیابی به هدف ذکر شده از چاههای آب منطقه در اسفندماه ۱۳۸۹ نمونه برداری به عمل آمده است و نمونه‌ها مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. مقادیر پارامترهای هدایت الکتریکی، pH و دمای آب در محل نمونه برداری اندازه‌گیری شده‌اند. بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که دشت مورد نظر به لحاظ هدایت الکتریکی در راستای شرقی- غربی به سه زون تقسیم می‌شود. به این ترتیب که هدایت الکتریکی در شرق منطقه به طور متوسط ۶۲۶ میکروموس بر سانتی متر و در محدوده مرکزی دشت به طور متوسط ۸۴۶ میکروموس بر سانتی متر و در بخش غربی دشت به طور متوسط ۱۲۲۶ میکروموس بر سانتی متر می‌باشد. علت کم بودن مقادیر هدایت الکتریکی در بخش شرقی دشت به خاطر تغذیه دشت در این محدوده به وسیله آهکهای واقع در شرق دشت می‌باشد. در بخش مرکزی به علت برداشت قابل توجه از آبهای زیرزمینی و افت سطح آب هدایت الکتریکی در این منطقه در مقایسه با بخش شرقی به طور قابل توجهی افزایش یافته است. در بخش غربی منطقه به علت مجاورت جریان آب زیرزمینی با سازند گچساران هدایت الکتریکی به طور قابل توجهی افزایش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عامل زمین‌شناسی باعث تخریب کیفیت آب در بخش غربی منطقه شده است. برای ارزیابی تأثیر فعالیت‌های کشاورزی از مقادیر نترات استفاده شده است. بر اساس غلظت نترات در بخش‌های مختلف منطقه ملاحظه می‌شود که غلظت نترات در بخش مرکزی دشت، که در آن فعالیت‌های کشاورزی قابل توجه است، در مقایسه با دیگر بخش‌های دشت به طور چشمگیری بالاتر است. بنابراین تأثیر فعالیت‌های کشاورزی باعث آلودگی نترات در بخش مرکزی دشت شده است.

واژه‌گان کلیدی: رومشگان، هیدروژئولوژی، هیدروژئوشیمی، آبهای زیرزمینی، کیفیت آب

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق..... ۱

- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی ۲
- ۳-۱- اقلیم منطقه ۳
- ۴-۱- زمین‌شناسی منطقه ۵
- ۴-۱-۱- چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه ۶
- ۵-۱- ژئومورفولوژی منطقه ۸
- ۶-۱- هیدرولوژی منطقه ۹

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته

- ۱-۲- مقدمه ۱۰
- ۲-۲- عوامل طبیعی آلوده کننده آبهای زیرزمینی ۱۱
- ۲-۲-۱- نقش سازند های زمین‌شناسی در کیفیت آبهای زیرزمینی ۱۱
- ۲-۳- عوامل انسانزاد آلوده کننده آبهای زیرزمینی ۱۴
- ۲-۳-۱- کیفیت آب در نواحی کشاورزی ۱۴
- ۲-۳-۲- اثر نیتрат بر آبهای زیرزمینی در نواحی کشاورزی ۱۵
- ۲-۳-۳- اثر آفت‌کش‌ها در نواحی کشاورزی ۲۱
- ۲-۳-۴- اثر فسفات در نواحی کشاورزی ۲۲
- ۲-۳-۵- اثر آبیاری غیر اصولی در نواحی کشاورزی ۲۴

فصل سوم: اهداف مطالعه و روش انجام تحقیق

- ۱-۳- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های منطقه مورد مطالعه ۲۶
- ۲-۳- عملیات صحرایی و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز در صحرا ۲۷
- ۳-۳- مطالعات آزمایشگاهی ۲۸
- ۴-۳- محاسبات آماری ۲۹

فصل چهارم: عوامل موثر بر کیفیت آبهای زیرزمینی در منطقه رومشگان

- ۱-۴- ارزیابی هیدروژئولوژیکی دشت رومشگان ۳۰
- ۱-۱-۴- جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه ۳۰

۳۲.....	۴-۱-۲- عمق آب زیرزمینی در منطقه.....
۳۳.....	۴-۱-۳- بررسی هیدروگراف واحد دشت رومشگان.....
۳۳.....	۴-۲- ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان.....
۳۴.....	۴-۲-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده در صحرا.....
۳۶.....	الف- هدایت الکتریکی.....
۳۹.....	ب- pH.....
۴۰.....	۴-۳- بررسی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب در منطقه.....
۴۱.....	۴-۳-۱- کلسیم (Ca^{2+}).....
۴۲.....	۴-۳-۲- منیزیم (Mg^{2+}).....
۴۳.....	۴-۳-۳- سدیم (Na^{+}).....
۴۵.....	۴-۳-۴- پتاسیم (K^{+}).....
۴۵.....	۴-۳-۵- کلرید (Cl^{-}).....
۴۷.....	۴-۳-۶- سولفات (SO_4^{2-}).....
۴۹.....	۴-۳-۷- بی‌کربنات (HCO_3^{-}).....
۵۰.....	۴-۳-۸- غلظت نیترات (NO_3^{-}).....
۵۲.....	۴-۳-۹- فسفات (PO_4^{3-}).....
۵۳.....	۴-۴- سایر پارامترهای کیفی آب در منطقه رومشگان.....
۵۵.....	۴-۴-۱- کل مواد جامد حل شده (TDS).....
۵۶.....	۴-۴-۲- سختی کل (TH).....
۵۷.....	۴-۴-۳- نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها.....
۵۸.....	۴-۴-۴- نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها.....
۵۹.....	۴-۴-۵- ارتباط متقابل بین آب و سنگ‌های در بر گیرنده.....
۶۰.....	۴-۵- ضریب همبستگی عناصر مختلف.....
۶۱.....	۴-۶- مقایسه مقدار یونهای اصلی در زون‌های مختلف منطقه.....

- ۶۳-۷-۴- تیپ آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان.....۶۳
- ۶۳-۷-۴-۱- نمودار مثلثی پایپر (Pipper).....۶۳
- ۶۴-۷-۴-۲- نمودار دورو (Durow).....۶۴
- ۶۵-۸-۴- تکامل ژئوشیمیایی دشت.....۶۵
- ۶۸-۹-۴- بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی از نظر شرب۶۸
- ۷۰-۱۰-۴- بررسی کیفیت نمونه‌های آب از نظر کشاورزی.....۷۰

فصل پنجم: فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها

- ۷۸-۱-۵- نقش عوامل زمین‌شناسی در کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه.....۷۸
- ۸۰-۲-۵- نقش فعالیت‌های کشاورزی در تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه.....۸۰
- ۸۰-۳-۵- پیشنهادها.....۸۰
- ۸۲- منابع.....۸۲
- ۸۷- پیوست‌ها.....۸۷

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (بر گرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کوه‌دشت).....۳
- شکل ۱-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه (بر گرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ایلام - کوه‌دشت).....۶

- شکل ۱-۳- نقشه هیدرولوژی منطقه رومشگان..... ۹
- شکل ۴-۱- نقشه هم پتانسیل منطقه مورد مطالعه..... ۳۱
- شکل ۴-۲- نقشه هم عمق آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه..... ۳۲
- شکل ۴-۳- هیدروگراف واحد دشت رومشگان..... ۳۳
- شکل ۴-۴- محل‌های نمونه‌برداری در اسفند ماه ۱۳۸۹..... ۳۴
- شکل ۴-۵- نقشه هدایت الکتریکی در دشت رومشگان در اسفند ۱۳۸۹..... ۳۷
- شکل ۴-۶- زون‌های مختلف دشت رومشگان..... ۳۸
- شکل ۴-۷- مقایسه میزان تغییرات هدایت الکتریکی در زون‌های مختلف دشت..... ۳۸
- شکل ۴-۸- تغییرات میزان pH در زونهای مختلف منطقه رومشگان ۴۰
- شکل ۴-۹- مقدار کلسیم در زونهای مختلف دشت رومشگان..... ۴۲
- شکل ۴-۱۰- مقدار منیزیم در زونهای مختلف دشت رومشگان..... ۴۲
- شکل ۴-۱۱- مقدار سدیم در زونهای مختلف دشت رومشگان..... ۴۳
- شکل ۴-۱۲- نمودار رابطه بین سدیم و هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی منطقه..... ۴۴
- شکل ۴-۱۳- نقشه تغییرات غلظت سدیم در دشت رومشگان در اسفند ۱۳۸۹..... ۴۴
- شکل ۴-۱۴- مقدار پتاسیم در زونهای مختلف دشت رومشگان..... ۴۵
- شکل ۴-۱۵- تغییرات میزان کلر در زون‌های مختلف دشت رومشگان..... ۴۵
- شکل ۴-۱۶- نمودار رابطه بین مقادیر کلر و هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی منطقه..... ۴۶
- شکل ۴-۱۷- نقشه کلر در آبهای دشت رومشگان در اسفند ۱۳۸۹..... ۴۶
- شکل ۴-۱۸- تغییرات غلظت سولفات در زون‌های مختلف منطقه رومشگان..... ۴۷
- شکل ۴-۱۹- نمودار رابطه مقادیر سولفات و هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی منطقه..... ۴۸
- شکل ۴-۲۰- نقشه سولفات در آبهای دشت رومشگان در اسفند ۱۳۸۹..... ۴۸
- شکل ۴-۲۱- تغییرات غلظت بی‌کربنات در زون‌های مختلف دشت رومشگان..... ۴۹
- شکل ۴-۲۲- نمودار رابطه مقادیر بی‌کربنات و هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی منطقه..... ۴۹
- شکل ۴-۲۳- تغییرات میزان نیتрат در آبهای زیرزمینی دشت رومشگان..... ۵۱

- شکل ۴-۲۴- مقدار نیترات در زونهای مختلف رومشگان..... ۵۱
- شکل ۴-۲۵- نمودار تغییرات مجموع نیترات و کلر بر بی کربنات در مقابل TDS..... ۵۲
- شکل ۴-۲۶- نقشه تغییرات فسفات در زونهای مختلف منطقه رومشگان..... ۵۳
- شکل ۴-۲۷- تغییرات TDS در زونهای مختلف منطقه رومشگان..... ۵۵
- شکل ۴-۲۸- نمودار تغییرات EC در برابر TDS..... ۵۶
- شکل ۴-۲۹- نقشه نسبت کلر به مجموع آنیون ها در منطقه رومشگان..... ۵۷
- شکل ۴-۳۰- نقشه سدیم به مجموع کاتیون ها..... ۵۸
- شکل ۴-۳۱- نمودار تغییرات کاتیونهای غالب در مقابل TDS..... ۵۹
- شکل ۴-۳۲- نمودار تغییرات آنیونهای غالب در مقابل TDS..... ۶۰
- شکل ۴-۳۳- مقدار یونهای اصلی در زون ۱..... ۶۲
- شکل ۴-۳۴- مقدار یونهای اصلی در زون ۲..... ۶۲
- شکل ۴-۳۵- مقدار یونهای اصلی در زون ۳..... ۶۲
- شکل ۴-۳۶- نمودار پایپر مربوط به نمونه های آب زیرزمینی منطقه رومشگان در اسفند ۱۳۸۹..... ۶۴
- شکل ۴-۳۷- نمودار دوروف مربوط به نمونه های آب زیرزمینی منطقه رومشگان در اسفند ۱۳۸۹..... ۶۵
- شکل ۴-۳۸- نقشه شاخص اشباع ژپیس..... ۶۷
- شکل ۴-۳۹- نقشه شاخص اشباع هالیت..... ۶۸
- شکل ۴-۴۰- نمودار شولر آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان در اسفند ۱۳۸۸..... ۶۹
- شکل ۴-۴۱- نمودار ویلکوکس آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان در اسفند ۱۳۸۹..... ۷۱

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در یک دوره ۴۰ ساله در منطقه مورد مطالعه..... ۴

جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن.....	۵
جدول ۴-۱- داده‌های مربوط به تراز و عمق آب در پیزومترهای منطقه.....	۳۱
جدول ۴-۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه برداری.....	۳۵
جدول ۴-۳- طبقه‌بندی کیفی آب کشاورزی بر اساس هدایت الکتریکی.....	۳۹
جدول ۴-۴- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه رومشگان.....	۴۰
جدول ۴-۵- پارامترهای کیفی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان.....	۵۴
جدول ۴-۶- طبقه‌بندی کیفی آبها بر اساس سختی کل.....	۵۶
جدول ۴-۷- ضریب همبستگی کاتیونها و آنیونها و برخی پارامترهای کیفی آب.....	۶۰
جدول ۴-۸- مقدار یونهای اصلی در زون‌های مختلف منطقه رومشگان.....	۶۱
جدول ۴-۹- میانگین شاخص اشباع کانیها در زون‌های مختلف.....	۶۶
جدول ۴-۱۰- طبقه‌بندی کیفی آب شرب بر اساس نمودار شولر.....	۶۹

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و تفسیر وضعیت عمومی و اقتصادی جوامع از یک طرف، محوری بودن آب و کشاورزی در برنامه‌های توسعه پایدار یک کشور از سوی دیگر، انجام تحقیقات گسترده در مورد منابع آب امری ضروری می‌باشد. افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به محصولات کشاورزی، لزوم تحقیقات گسترده‌تر و هدفمندتری را طلب می‌کند. در بسیاری از موارد دیده می‌شود که آبهای زیرزمینی یک منطقه به شدت تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی قرار می‌گیرند و کیفیت خود را از دست می‌دهند. بنابراین با توجه به حساسیت آبهای زیرزمینی از یک طرف و نیاز بسیار ضروری به این آبها از طرف دیگر، و با توجه به اهمیت آبهای زیرزمینی، بررسی جنبه‌های هیدروژئوشیمی و هیدروژئولوژی آنها امری ضروری است تا از این طریق با یک دید علمی مناسب در برطرف کردن عوامل آلاینده آبهای زیرزمینی کوشش جدی شود.

بررسی و تعیین خصوصیات شیمیایی آبهای زیرزمینی، برای بررسی خصوصیات زیست محیطی یک ناحیه بسیار مهم است. قبل از کوشش برای برطرف کردن آلودگی باید در مورد نحوه و جهت حرکت آبهای زیرزمینی اطلاعات کافی داشت تا با در اختیار داشتن آنها بتوان جهت حرکت عوامل آلاینده و میزان مخرب بودن آنها را تخمین زد.

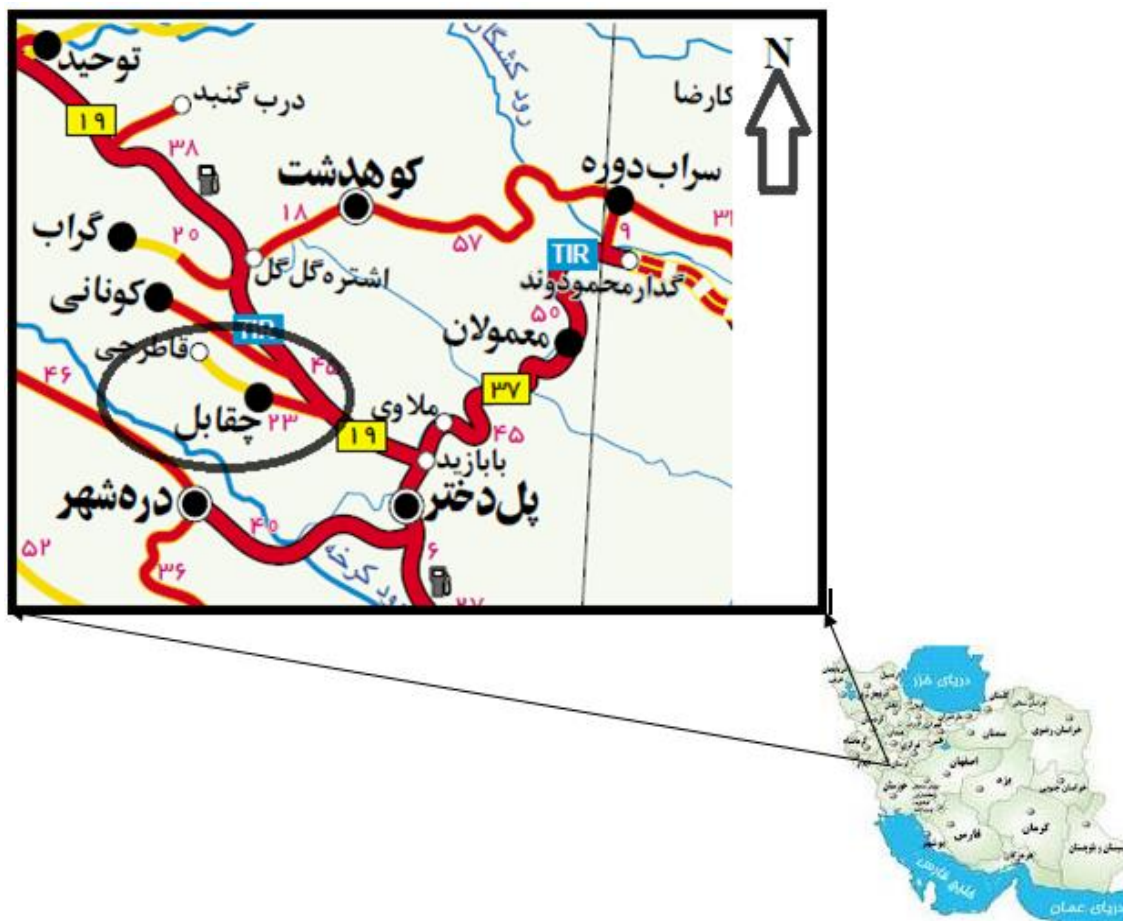
با توجه به کمبود شدید آب در منطقه رومشگان، مطالعه آبهای زیرزمینی دشت رومشگان از نظر هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی و عوامل آلوده کننده آنها ضروری به نظر می‌رسد. دشت رومشگان

یکی از بزرگترین دشت‌های استان لرستان است. منطقه رومشگان با دارا بودن خاک حاصلخیز یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی استان لرستان محسوب می‌شود. هیچ گونه آب سطحی در این منطقه جریان ندارد و منابع آب زیرزمینی تنها منبع تأمین آب این منطقه می‌باشند. متأسفانه با وجود اهمیت این منطقه و تأثیری که این منطقه بر وضعیت اقتصادی، کشاورزی و سیاسی استان لرستان می‌گذارد، تاکنون مطالعه جامعی در مورد ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی این منطقه و عوامل آلوده کننده این آبها صورت نگرفته است که هدف عمده این تحقیق انجام این مطالعات می‌باشد.

۲-۱- موقعیت جغرافیایی

بخش رومشگان یکی از مناطق باستانی استان لرستان است که در جنوب غربی این استان قرار گرفته است. این منطقه از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان کوهدشت می‌باشد که فاصله آن تا مرکز این شهرستان حدود ۵۰ کیلومتر است. این منطقه از شمال به ارتفاعات مادیان کوه و سرگج، از جنوب به ارتفاعات مله کوه، از غرب به ارتفاعات ویزنهار و از شرق به ارتفاعات چال کره و گردنه طول کش محدود می‌شود. شکل (۱-۱) محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

محدوده مورد مطالعه بین طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی قرار گرفته است. مساحت کل منطقه رومشگان در حدود ۳۴۷ کیلومتر مربع و مساحت محدوده دشت حدود ۱۵۰ کیلومتر مربع است. بیشترین ارتفاع در حوضه رومشگان در شرق آن و با ارتفاع ۱۹۸۳ متر از سطح دریا قرار گرفته است و پست‌ترین نقطه که محل خروجی آب حوضه است با ارتفاع ۱۰۱۰ متر در غرب دشت قرار گرفته است. بنابراین اختلاف ارتفاع بین مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقطه این حوضه در حدود ۹۷۳ متر می‌باشد. شیب متوسط حوضه در حدود ۸/۵ درجه است اما در حدود نیمی از مساحت این دشت کمتر از ۵ درجه شیب دارد.



شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (بر گرفته از نقشه راههای کشور)

۱-۳- اقلیم منطقه

وضعیت آب و هوایی از عوامل موثر و مهم در کمیت و کیفیت آب زیرزمینی یک منطقه می باشد. در منطقه مورد مطالعه هیچ گونه ایستگاه هواشناسی و باران سنجی وجود ندارد بنابراین به ناچار به منظور بررسی آب و هوا و اقلیم این منطقه از آمارهای ایستگاه هواشناسی و باران سنجی خرم آباد، ایلام، هلیلان، نوژیان، سفید دشت و ایستگاه سنگ تراش استفاده شده است که این ایستگاه ها در چهار جهت جغرافیایی این منطقه قرار دارند. بر اساس یک دوره آماری ۴۰ ساله (از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵) متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۷/۱ درجه سانتی گراد بوده، سردترین و گرم ترین ماه های سال به ترتیب بهمن و مرداد ماه می باشند. حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق سالیانه به ترتیب ۴۹+ در مرداد ماه و ۲- درجه سانتی گراد در بهمن ماه است. هم چنین متوسط بارندگی سالانه ۵۴۴ میلی متر

و پرباران‌ترین و کم باران‌ترین ماه‌های سال نیز به ترتیب، اسفند و مرداد ماه می‌باشند. جدول ۱-۱ نشان دهنده متوسط درجه حرارت ماهیانه و متوسط بارندگی در یک دوره ۴۰ ساله می‌باشد.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در یک دوره ۴۰ ساله در منطقه مورد مطالعه (اداره هواشناسی استان

لرستان)

زمان (ماه)	متوسط درجه حرارت (درجه سانتی گراد)	میانگین بارندگی (میلی متر)
فروردین	۱۶/۵	۷۱/۶
اردیبهشت	۲۰/۹	۳۹
خرداد	۲۵	۰/۸
تیر	۲۷/۵	۰/۳
مرداد	۲۹/۹	۰/۳
شهریور	۲۵/۶	۰/۸
مهر	۲۰/۵	۲۹/۴
آبان	۱۶/۹	۶۴/۸
آذر	۹/۴	۸۳/۸
دی	۸/۵	۸۱/۵
بهمن	۷/۵	۷۸/۳
اسفند	۱۳/۱	۸۹/۵
سالانه	۱۷/۱	۵۴۴

دمارتن (De Martonne) جهت تعیین نوع اقلیم رابطه زیر را پیشنهاد نموده است:

$$I = \frac{P}{T+10} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن P میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) و T متوسط دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۵). براساس این رابطه شش نوع آب و هوا طبقه بندی شده است (جدول ۱-۲). بر اساس داده‌های هواشناسی، ضریب دمارتن حدود ۲۰ به دست می‌آید.

$$I = \frac{P}{T+10} = \frac{544}{17/1+10} = 20$$

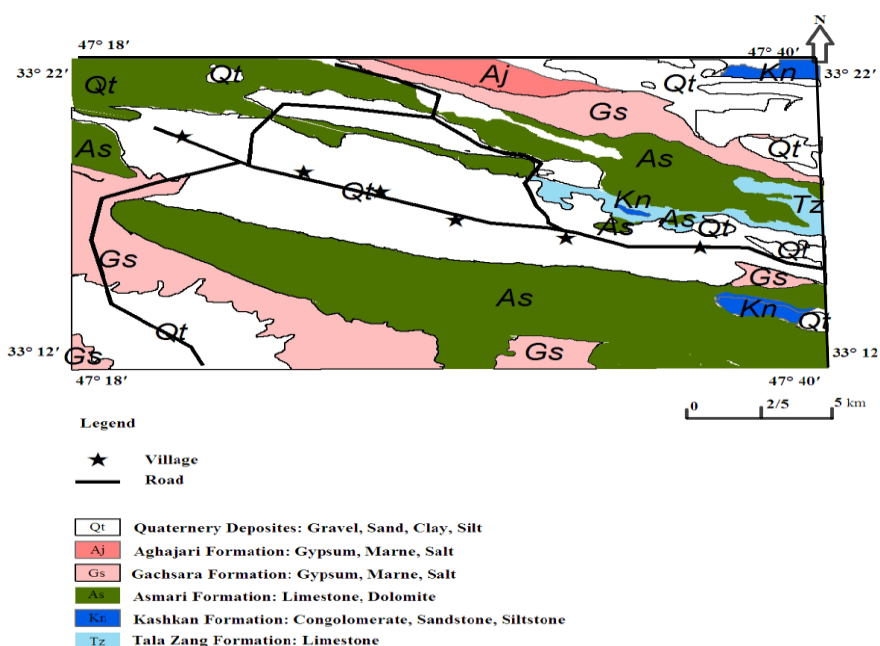
جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۲۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

با توجه به میانگین درجه حرارت و بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه، بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن، این منطقه دارای اقلیم مدیترانه‌ای است.

۴-۱- زمین‌شناسی منطقه

با بررسی‌های صحرایی و زمین‌شناسی، می‌توان نوع آبخوان‌ها، منابع تغذیه و تخلیه و نحوه ارتباط بین آبهای زیرزمینی را تا حد زیادی مشخص نمود. بنابراین مطالعه زمین‌شناسی هر منطقه از مبانی مطالعه آب‌های زیرزمینی آن منطقه می‌باشد. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد نظر با استفاده از نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ ایلام- کوه‌دشت رسم شده است که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. در این بخش زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه به صورت اجمالی مورد بررسی قرار گرفته است..



شکل ۱-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (بر گرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ایلام - کوه‌دشت)

۱-۴-۱- چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه

حوضه هیدرولوژیکی رومشگان دارای دو جنس عمده آبرفتی و سنگی است. رسوبات حوضه به زمان کواترنر تعلق داشته و تمامی سنگ‌های موجود در بستر حوضه نیز به سنوزوئیک تعلق دارند. در این حوضه، قدیمی‌ترین تشکیلات زمین‌شناسی متعلق به سازند تله زنگ (پالئوسن پسین - ائوسن میانی) می‌باشد و نهشته‌های قدیمی‌تر زاگرس چین خورده در این ناحیه دیده نمی‌شود. جوان‌ترین نهشته‌ها نیز مربوط به کواترنر است که رسوبات آبرفتی و کوهرفتی موجود در دشت و پای دامنه‌ها و ارتفاعات را در بر می‌گیرد. سازندهای موجود در منطقه مورد مطالعه به ترتیب سن به طور مختصر توضیح داده می‌شوند (درویش‌زاده ۱۳۸۲):

الف - سازند تله زنگ

سازند تله زنگ، قدیمی‌ترین سازند منطقه است. سن این سازند پالئوسن تا ائوسن میانی می‌رسد. لیتولوژی آن شامل آهک‌های ریفی دانه متوسط تا دانه بزرگ به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای رنگ و سرشار از فسیل است. در کنتاکت زیرین سازند تله زنگ، سازند امیران و در کنتاکت فوقانی آن سازند کشکان ظاهراً هم‌شیب است. مقطع نمونه این سازند در لرستان قرار دارد و جنبه محلی دارد.

ب - سازند کشکان

از نظر لیتولوژی سازند کشکان شامل کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلتستون قرمز رنگ می‌باشد که قسمت اعظم آن از چرت‌ها و رادیولاریت‌های قرمز رنگ فراهم آمده است. در کنتاکت زیرین آن معمولاً آهک بیوهرمی تله زنگ قرار دارد و در کنتاکت فوقانی آن سازند دولومیتی آسماری-شهبازان قرار دارد. فسیل شاخصی که سن سازند کشکان را قاطعانه تعیین کند، وجود ندارد اما از نظر موقعیت چینه‌شناسی سن آن پالئوسن تا ائوسن میانی ذکر شده است.

ج - سازند شهبازان

از نظر لیتولوژی سازند شهبازان شامل دولومیت و آهک‌های دولومیتی سفید تا قهوه‌ای رنگ حفره‌دار است. کنتاکت زیرین آن با سازند کشکان هم شیب و با یک لایه لیمنیت همراه است و کنتاکت فوقانی آن با سازند آهکی آسماری هم شیب است. با توجه به فسیل‌های موجود، سن سازند شهبازان

اٲوسن ميانی تا فوقانی تعیین شده است. مقطع نمونه این سازند در لرستان قرار دارد و این سازند جنبه محلی دارد.

د- سازند آسماری

سازند آسماری از نظر لیتولوژی شامل آهک کرم تا قهوه‌ای رنگ است که در بیرون زدگی‌ها به صورت برجسته با درز و شکاف‌های زیاد به خوبی مشخص است. سازند آسماری در کنتاکت زیرین خود، عموماً شیل‌ها و مارن‌های سازند پابده را به طور هم شیب می‌پوشاند ولی در لرستان با دگرشیبی فرسایشی روی سازند آهکی و دولومیتی شهبازان قرار می‌گیرد. در کنتاکت فوقانی آن نیز سازند گچساران قرار می‌گیرد. سن سازند آسماری را، اٲوسن - الیگوسن تا میوسن آغازی می‌دانند.

ه- سازند گچساران

از نظر لیتولوژی سازند گچساران به طور کلی شامل لایه‌مارن و سنگ گچ می‌باشد. سن این سازند را میوسن آغازی تعیین کرده‌اند. سازند گچساران از بالا و سازند کشکان از قاعده، سنگ آهک آسماری را محصور نموده‌اند. با توجه به نوع لیتولوژی سازند گچساران، این سازند از نظر هیدروژئولوژی و تأثیری که بر کیفیت آب در این منطقه می‌گذارد، می‌تواند اهمیتی خاصی داشته باشد.

ز- رسوبات آبرفتی کواترنر

رسوبات آبرفتی کواترنر از گراول، شن، ماسه‌های درشت دانه و ریز دانه، سیلت و رس تشکیل شده‌اند. واحدهای سنگی سازندهای قدیمی موجود در ارتفاعات تحت تأثیر فرسایش فیزیکی و شیمیایی قرار گرفته و تجزیه و تخریب می‌شوند و سپس به وسیله سایر عوامل حمل شده و در نهایت رسوبات آبرفتی کواترنر را تشکیل می‌دهند. این رسوبات در قسمت‌های کوهپایه و حاشیه دشت از نوع درشت بوده و از حاشیه ارتفاعات به سمت مرکز و خروجی دشت دانه ریزتر می‌شوند.

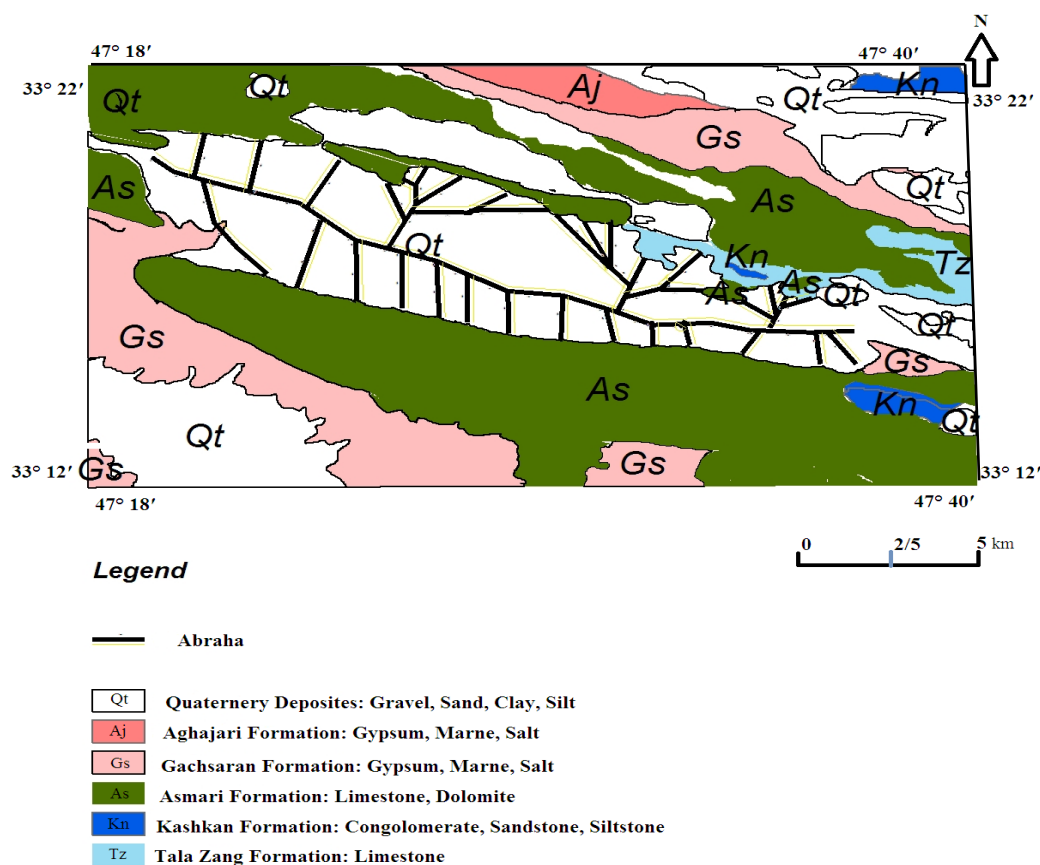
۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه

منطقه رومشگان در یک دشت با امتداد جنوب شرق-شمال غرب قرار گرفته است که اطراف آن به وسیله کوهها و تپه‌های ماهوری احاطه شده است. نقشه‌های توپوگرافی مربوط به این منطقه نشان می‌دهند که کوههای مرتفع نیز با روند جنوب شرق-شمال غرب در دامنه جنوبی و شمال غربی این

دشت قرار دارند. حاشیه شمال شرقی دشت رومشگان عمدتاً به وسیله تپه‌های ماهوری احاطه شده است (نقشه توپوگرافی ۱/۱۰۰۰۰۰ کوه‌دشت)

۱-۶- هیدرولوژی منطقه

در منطقه رومشگان هیچ منبع آب سطحی دائمی وجود ندارد. تنها یک آبراهه نسبتاً بزرگ با روند جنوب شرق-شمال غرب در این منطقه وجود دارد که در هنگام بارش‌های سیل آسا در آن جاری می‌شود و آب نقاط بالادست منطقه را به سمت خروجی دشت هدایت می‌کند. همان طور که گفته شد عمده سازندهای منطقه رومشگان، سازندهای کربناته با تخلخل و نفوذپذیری زیادی می‌باشند که آبهای حاصل از بارش را به درون خود هدایت کرده و سبب می‌شوند که جریان سطحی غالبی در منطقه رومشگان وجود نداشته باشد. شکل (۱-۳) نقشه هیدرولوژی منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳- نقشه هیدرولوژی منطقه رومشگان

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱- مقدمه

عوامل مختلفی از قبیل عوامل زمین‌شناسی، اقلیم، موقعیت جغرافیایی، عوامل هیدروژئولوژیکی و همچنین فعالیت‌های انسانی که شامل فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی می‌شود، بر روی کیفیت آبهای زیرزمینی تأثیر دارند. البته در این میان ترکیب شیمیایی رسوبات منطقه و ویژگی‌های توپوگرافی و فیزیوگرافی منطقه نیز سبب پیدایش آبهای با ترکیب مختلف می‌شوند (Guler and Thyne 2004). در سالهای اخیر کاهش کیفیت منابع آب و به خصوص آلودگی آنها رو به افزایش است و خطرات بسیار جدی را برای سلامت انسان و سایر جانداران به وجود آورده است. به طور کلی منابع آلاینده آب از لحاظ منشأ به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- ۱- منابع آلاینده طبیعی، که شامل آن دسته از آلودگی‌هایی می‌باشند که در نتیجه عوامل طبیعی محیط به وجود می‌آیند. از این دسته می‌توان به آلودگی‌های ناشی از سازندهای زمین‌شناسی (مانند سازندهای گچی و تبخیری، سازندهای زغال‌دار و شیل‌های سیاه) اشاره نمود.
- ۲- آلاینده‌های انسانزاد، که شامل آن دسته از آلودگی‌هایی می‌باشند که توسط فعالیت‌های بشری ایجاد می‌شود. از مهم‌ترین منابع آلاینده انسانزاد می‌توان به فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و آلاینده‌های شهری اشاره کرد.

۲-۲- عوامل طبیعی آلوده کننده آبهای زیرزمینی

یکی از مهم‌ترین عوامل طبیعی آلوده کننده آبهای زیرزمینی، سازندهای مختلف زمین‌شناسی یک منطقه می‌باشند که بر روی منابع آب آن منطقه اثر می‌گذارند. بسته به نوع سازندهای یک منطقه و میزان عبور آبهای سطحی و زیرزمینی از این سازندها و البته میزان رخنمون این سازندها، این آبها از نظر کیفی دچار تغییر می‌شوند. در اکثر موارد تنها یک رخنمون بسیار کوچک از یک سازند مخرب مانند یک سازند تبخیری کافی است که کیفیت منابع آب آن منطقه به طور کامل تغییر کند.

۲-۲-۱- نقش سازندهای زمین‌شناسی در کیفیت آبهای زیرزمینی

در بین سازندهای زمین‌شناسی نقش سازندهای تبخیری در تعیین کیفیت منابع آب زیرزمینی بسیار مهم است. در آبهای زیرزمینی مناطق با رسوبات تبخیری گچی - نمکی به دلیل بالا بودن میزان گچ، منیزیم و ترکیبات کلریدی و انحلال‌پذیری بالای این ترکیبات در آب، مقدار مواد حل شده بسیار بالاست تا آنجا که دیده شده است که در مقایسه با آبهای زیرزمینی مناطق کربناتی، مقدار مواد حل شده به ۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیز می‌رسد (Dawis and Dewist 1996).

با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی به ویژه در مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک مثل ایران، ارزیابی کیفیت آبهای زیرزمینی و پایش تغییرات کیفی آب، امری ضروری به نظر می‌رسد. در سالهای اخیر مطالعات زیادی در ایران و سایر نقاط جهان در این باره صورت گرفته است که به برخی از آنها اشاره می‌شود.

اصغری مقدم و آقازاده (۱۳۸۲) کیفیت آبهای زیرزمینی دشت هرزندات در شمال غرب شهرستان تبریز را مورد مطالعه قرار داده‌اند. آزمایش‌های کیفی این دشت نشان می‌دهد که در مناطقی که لایه‌های مارنی در بین رسوبات منطقه گسترش یافته است، میزان آنیون‌های کلر و سولفات نیز افزایش پیدا کرده است و تنها آب مناطق کارستی منطقه از نظر کیفی در محدوده مناسب قرار می‌گیرند و آب سایر نقاط کیفیت چندان مطلوبی ندارند.

در تحقیقی که توسط زارعی و اژدری (۱۳۸۵) انجام گرفته است، کیفیت شیمیایی منابع آب حوضه آبگیر سد ابوالفارس و تأثیر سازند گچساران بر آن بررسی شده است. یکی از رودخانه‌های اصلی که سد

ابوالفارس را تغذیه می‌کند رودخانه‌ای به همین نام است که خود از هفت چشمه با دبی تقریباً یکسان تغذیه می‌شود. از این هفت چشمه، شش چشمه در داخل سازند های ایلام، سروک و آسماری قرار گرفته اند که از نظر کیفی در حد مطلوبی هستند و فقط یک چشمه از این هفت چشمه در داخل سازند گچساران قرار دارد که از نظر کیفی بسیار نامطلوب است و فقط اضافه شدن آب این چشمه به رودخانه ابوالفارس که یکی از رودخانه‌های اصلی تغذیه کننده سد ابوالفارس است، سبب شده است که آب این رودخانه از نظر کیفی و به خصوص از نظر میزان سولفات بسیار نامناسب باشد.

در تحقیقی که باقری و همکاران (۱۳۸۶) در دشت سراب انجام داده‌اند معلوم شده است که عوامل زمین‌شناسی مهمترین عامل در تعیین ترکیب شیمیایی آبهای زیرزمینی این منطقه می‌باشد. آبهای ورودی به این دشت به علت عبور از تشکیلات مارنی، ژپسی و نمکی میوسن موجود در منطقه کیفیت نامطلوبی دارند. علاوه بر آن مواد تشکیل دهنده آبخوان در قسمت‌های خروجی دشت دانه‌ریز می‌باشند که این امر سبب افزایش سطح تماس آب با مواد تشکیل دهنده آبخوان و شور شدن آب خروجی از این دشت می‌شوند. بنابراین هم آبهای ورودی و هم آبهای خروجی از این دشت تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی کیفیت مناسبی ندارند.

چیت سازان و همکاران (۱۳۸۶) نیز تحقیق مشابهی نیز در آبخوان لالی واقع در استان خوزستان انجام داده‌اند. محدوده مورد مطالعه از سازندهای مختلفی تشکیل شده است که عمده‌ترین آنها سازندهای بختیاری، آجاجاری و گچساران می‌باشد. مشاهدات نشان می‌دهد که تیپ نمونه‌های آب برداشت شده از سازند بختیاری بی‌کربناته - کلسیک می‌باشند و آب از نظر کیفی در حد مطلوبی است در حالی که تیپ نمونه‌های آب برداشت شده از سازند آجاجاری بی‌کربناته - کلسیک (منیزیک) و نمونه‌های سازند گچساران از نوع سولفات - کلسیک می‌باشند که از نظر کیفی بسیار نامطلوب است. با توجه به وسعت کم سازند گچساران و با توجه به اینکه سازندهای سخت مانند سازند بختیاری این منطقه را تغذیه می‌کنند، به طور کلی کیفیت این آبها در حد مطلوبی است.

مطالعاتی که بر روی آبخوان آبرفتی ایزه واقع در استان خوزستان انجام شده است، چندین دلیل برای آلودگی آب این آبخوان ذکر می‌کند. از جمله این عوامل می‌توان به اثر سازند گچساران بر روی کیفیت آب این آبخوان اشاره کرد (ناصری و علیجانی، ۱۳۸۱).

دشت کبودر آهنگ بزرگترین دشت همدان است که از نظر زمین‌شناسی در زون زمین‌شناسی سنندج - سیرجان قرار گرفته است. آنالیز کیفی آب چاه‌های این منطقه توسط قائد امینی و ریاحی پور (۱۳۸۶) انجام شده است و مشخص شده است که آبهای زیرزمینی منطقه عمدتاً تحت تأثیر انحلال کانیهای کلسیت، ژیپس، اکسیداسیون پیریت و تبادل یونی آب با رس‌های سدیم دار قرار دارد. بعلاوه نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ۱۰۰٪ نمونه‌ها نسبت به هالیت تحت اشباع، ۹۲٪ نسبت به ژیپس تحت اشباع و ۷/۶٪ نسبت به کلسیت فوق اشباع هستند. با توجه به اثر سازندهای منطقه سختی آبهای این منطقه از نوع دائم و آبها از نوع بی‌کربناته-کلسیک هستند و در اثر انحلال سولفات موجود در سازندها، در زمره آبهای خیلی شور قرار می‌گیرند.

کیفیت آبهای زیرزمینی دشت میان آب شوشر که بین دو رودخانه گرگر و شطیط قرار گرفته است موضوع تحقیقی است که توسط اکبری و همکاران (۱۳۸۶) انجام شده است. در قسمت‌های شمالی این دشت سازندهای بختیاری و آجاجاری قرار گرفته‌اند، اما در قسمت‌های جنوبی فقط سازنده بختیاری رخنمون دارد. رخساره هیدروشمیایی غالب در این سفره، کلریدی (سولفاتی) - سدیمی (کلسیمی) می‌باشد. این تحقیق نشان می‌دهد که آب زیرزمینی از سمت شمال دشت به سمت جنوب بوده و در طی مسیر ابتدا کانی هالیت که بیشترین نقش را در شوری آب زیرزمینی دارد، در آبهای زیرزمینی حل کرده و پس از اشباع شدن آب نسبت به آن، این کانی به مقدار زیاد رسوب می‌کند. بنابراین انحلال و رسوب هالیت، مهم‌ترین عامل موثر در تغییرات کیفی آب زیرزمینی در طی مسیر جریان است.

تحقیقات بسیار گسترده‌ای در نقاط مختلفی از دنیا برای بدست آوردن یک رابطه و یا یک الگو بین میزان مواد موجود و ترکیب ژئوشیمیایی سنگ‌ها با آلودگی آبهای زیرزمینی صورت گرفته است. یک نمونه از این تحقیقات تحقیقی است که توسط یوسه و همکاران (Yuce et al. 2009) صورت گرفته است. در این تحقیق مشخص شده است که بیشترین آلودگی در آبهای زیرزمینی در نتیجه خواص سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی سنگ‌های مسیرعبور آب می‌باشد و اساساً انحلال کانیهای موجود در سنگ‌های منطقه سبب تمرکز بالای عناصر تشکیل دهنده سنگها شده است.

۲-۳- عوامل انسانزاد آلوده کننده آبهای زیرزمینی

این عوامل در اثر فعالیت‌های انسان ایجاد می‌شوند. معمولاً فعالیت‌های بشری نسبت به عوامل زمین‌شناسی اثر بسیار مخرب‌تری بر کیفیت منابع آب یک منطقه می‌گذارند. از این قبیل فعالیت‌ها می‌توان به فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و فعالیت‌های شهری (شدن) اشاره کرد. برای ارزیابی کیفیت آبها برای مصارف کشاورزی باید درصد جذب سدیم (SAR)، میزان کربنات و بی‌کربنات سدیم، شاخص شوری آبهای مورد استفاده برای کشاورزی یا Salinity Index، درصد سدیم محلول، سختی غیر کربناته، شاخص نفوذپذیری یا Permeability Index و نسبت سدیم قابل تبادل باید مورد توجه قرار گرفته و تعیین شود (Ravikumar 2010).

۲-۳-۱- کیفیت آب در نواحی کشاورزی

فعالیت‌های کشاورزی در هر جایی که زمین زراعی وجود داشته باشد، صورت می‌گیرد. امروزه با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و تقاضای زیاد این جمعیت برای غذا، فعالیت‌های کشاورزی روز به روز افزایش می‌یابد. برای افزایش بهره‌وری و حداکثر استفاده از زمین‌های زراعی در مناطق کشاورزی به این زمین‌ها کودهای شیمیایی که حاوی نیتрат و فسفات هستند اضافه می‌کنند و علاوه بر آن از طریق آبیاری به روش‌های مختلف سعی در بیشترین استفاده از زمین و بیشترین بازدهی می‌شود. پس فعالیت‌های کشاورزی به طور کلی از چند طریق می‌توانند سبب آلودگی خاک و آبهای زیرزمینی و سطحی شوند که چهار مورد از آنها عبارتند از:

- ۱- آلودگی آبها به نیترات حاصل از افزودن کودهای شیمیایی به زمین‌های زراعی
- ۲- آلودگی آب و خاک به عناصر سمی در اثر استفاده از آفت‌کش‌ها در زمین‌های زراعی
- ۳- آلودگی آبها به فسفات در اثر افزودن کودهای شیمیایی به زمین‌های زراعی
- ۴- آبیاری نامطلوب (آبیاری با پساب فاضلابها) زمین‌های زراعی در نواحی کشاورزی نیز سبب کاهش کیفیت آب و خاک در این نواحی می‌شود.

۲-۳-۲- اثر نیترات بر آبهای زیرزمینی در نواحی کشاورزی

به منظور ارزیابی میزان نیترات و درجه آلودگی آب به نیترات باید الگوهای توزیع و تمرکز نیترات در آب را با توجه به وجود الکترون دهنده‌ها مانند کربن آلی محلول، میزان آهن، شناساگرهای پتانسیل اکسایش - کاهش مانند اکسیژن محلول و Eh تعیین کرد. به عبارت بهتر وجود الکترون دهنده‌ها می‌تواند سبب توزیع و تمرکز متفاوتی از نیترات در مناطق مختلف شود. هرچه غلظت آهن بیشتر و میزان اکسیژن حل شده کمتر باشد، میزان نیترات کمتر خواهد بود، زیرا هر چه میزان آهن بیشتر و میزان اکسیژن کمتر باشد، شرایط اکسایش - کاهش برای دینیتریفیکاسیون و کاهش نیترات به آمونیوم و در نتیجه مصرف و کاهش نیترات مناسب‌تر است. پس میزان آهن فرو و آمونیوم رابطه معکوس با مقدار نیترات دارد. این محیط کاهشی علاوه بر کاهش نیترات سبب هوازدهی آهن و هیدروکسیدهای منگنز می‌شود و سبب افزایش تمرکز فلزات سنگین در آبهای زیرزمینی و یا حتی (در صورت خروج آبهای زیرسطحی) آبهای سطحی می‌شود و در درازمدت سبب ایجاد مسائل زیست محیطی می‌شود (Thayalakumaran 2008).

به طور کلی پذیرفته شده که رفتار مواد شیمیایی کشاورزی به طور شدیدی وابسته به شرایط زمین‌شناسی است. برای مثال حرکت نیترات در نزدیکی سطح زمین در مرحله اول وابسته به شرایط زمین‌شناسی خاک است. در خاکهای ماسه‌ای اکسیژن‌دار، نیترات پایدار است و معمولاً بسیار کم جذب می‌شود و بنابراین در طی بارندگی به آسانی شسته شده و می‌تواند آب زیرزمینی کم عمق را آلوده کند. از سویی دیگر آبهای زیرزمینی در زیرخاک با نفوذپذیری کم به دلیل نرخ نفوذ پایین و شرایط غیرهوازی معمولاً سطوح پایین نیترات را نشان می‌دهند. رفتار سایر گونه‌های مشتق شده از فعالیت‌های کشاورزی به طور کلی مشابه نیترات است، اما با این وجود تفاوت‌هایی در خصوصیات شیمیایی گونه‌های مختلف شیمیایی دیده می‌شود. بنابراین شرایط آبخوان‌ها زمانی که حساسیت آلودگی آب زیرزمینی ارزیابی می‌شود باید در مرحله اول در نظر گرفته شود.

فعالیت‌های کشاورزی احتمالاً بزرگترین منبع انسان‌زاد ورود نیترات به آبهای زیرزمینی هستند. بالاتر بودن نیترات از حد مجاز در آبهای آشامیدنی سبب بیماری‌های مختلفی از جمله سرطان معده در کودکان می‌شود. بر اساس اعلام سازمان بهداشت جهانی (WHO) میزان غلظت مجاز نیترات در آبهای

آشامیدنی در حدود ۵۰ میلی گرم در لیتر است. نیتروژن برای رشد گیاهان بسیار ضروری است و می‌تواند کمیت محصولات کشاورزی را افزایش دهد، اما اگر به مقدار زیاد به کار رود و بیش از ظرفیت خاک برای جذب نیتروژن باشد، به شکل نیترات وارد آبهای زیرزمینی شود. نیترات موجود در آبهای زیرزمینی تحرک زیادی داشته و کمتر نیز جذب می‌شود. مصرف کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی، آبیاری با پساب فاضلابها، و نیتروژن محلول در آب باران هر کدام به طریقی نیتروژن را به خاک و در نهایت آب وارد می‌کنند. این موارد، منابع غیر نقطه‌ای نیتروژن می‌باشند. منابع نقطه‌ای نیتروژن که در نهایت نیترات از آنها نشت می‌یابد، حوضچه‌های نگهداری مواد عفونی و لاگون‌ها می‌باشند. مطالعات زیادی در مورد چگونگی محافظت از آبهای زیرزمینی از آلودگی نیترات صورت گرفته است. در هر حال برای جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی به نیترات باید سیستم های دفن مواد زائد عفونی، میزان استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، چگونگی استفاده از نیتروژن و میزان گیاه کودی که به گیاه داده می‌شود باید دقت کنترل شود (Almasri and Kaluarachchi 2007).

غلظت بالای نیترات در خاک و آب آبیاری باعث تجمع نیترات در گیاه می‌شود که می‌تواند برای انسان و دام مصرف کننده خطرناک باشد. نیتريت حاصل از احیاء نیترات معدنی و آلی پس از ورود به سیستم گردش خون، آهن هموگلوبین را اکسید نموده و از حالت دوظرفیتی به حالت سه ظرفیتی تبدیل می‌نماید، و در نتیجه هموگلوبین به متهموگلوبین تبدیل می‌شود. متهموگلوبین ظرفیت اکسیژن رسانی بسیار کمتری از هموگلوبین دارد و در نتیجه به بافت‌ها اکسیژن کافی نمی‌رسد و بعد از مدتی رنگ پوست به تیرگی می‌گراید. این عارضه اولین نشانه مسمومیت با نیترات است و نوزادان زیر شش ماه، آسیب پذیرترین گروه سنی هستند. از دیگر علائم افزایش متهموگلوبین می‌توان به سردرد، خواب آلودگی و اشکال در تنفس اشاره نمود (جوکار نیاسر ۱۳۸۱).

غلامی (۱۳۷۱) در یک بررسی که بر روی بیماران در طی ۱۲ سال در منطقه ساری انجام داد، اعلام کرد که بیماری سرطان مری در منطقه رو به افزایش است. وی از جمله دلایل آن را کمبود ویتامین و ضعف بدن در تبدیل نیترات غذایی در داخل معده به نیتروزامین و نیتروزامید بیان داشت.

مطالعه بر روی یک آبخوان آبرفتی در چین نشان داده است که کیفیت آب زیرزمینی در نواحی زراعی این منطقه به شدت تحت تأثیر آلودگی‌های ناشی از مواد شیمیایی کشاورزی مثل کودهای شیمیایی و

آفت کش‌های بکار رفته می‌باشد. استفاده مکرر از کودهای شیمیایی نیتروژن دار منجر به تمرکز بسیار بالای نیترات در آبهای زیرزمینی این منطقه شده است و مسائل بسیار جدی برای سلامتی ساکنان این منطقه بوجود آورده است (Chae et al. 2003).

آبهای زیرزمینی به ویژه آبهای زیرزمینی کم عمق، در مناطق کشاورزی و خاکهای با بافت درشت، در معرض آلودگی نیترات قرار دارند. نوع محصولات کشت شده و میزان نیاز آنها به کود در میزان نیترات موجود در آبهای زیرزمینی یک منطقه نقش اساسی دارند. در یک تحقیق نوع محصولات و میزان نیتراتی که در اثر کشت آنها به خاک افزوده می‌شود در دو نوع کشت غله و سیب زمینی بررسی شده و به این نتیجه رسیده‌اند که کشت سیب زمینی نسبت به کشت غله در طول یکسال می‌تواند بین نیترات بیشتری را به خاک اضافه کنند (Karaft and stites 2003).

بابیکر (Babiker 2004) در تحقیقی نوع ارتباط استفاده از زمین و میزان آلودگی نیترات را در سه منطقه در ژاپن بررسی کرده است: ۱- زمین‌های کاشت سبزی ۲- مناطقی که مورد استفاده کشاورزی دارند و نزدیک شهرها هستند (فعالیت کشاورزی در این مناطق خیلی زیاد نیست) و ۳- زمین‌های مربوط به مزارع شالیکاری. این تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین آلودگی نیترات مربوط به زمین‌های کاشت سبزی می‌باشد که بیشترین استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی را دارند و کمترین میزان آلودگی نیترات در مزارع شالیکاری دیده شده است که میزان استفاده از کودها در آنها کم است.

آلودگی نیترات در آبهای خروجی از چاه‌های حفر شده در سازندهای کنگلومرایی، ماسه‌سنگی، مادستونی، سیلتستونی، سنگ رسی و رسوبات آبرفتی، توسط کسکین (Keskin 2010) مورد بررسی قرار گرفته است و مشاهده شده است که مقدار نیترات در چاه‌های واقع در سازندهای سست و غیر متراکم بسیار بیشتر از سایر چاه‌ها است. به طور کلی واکنش بین آب و سنگ‌های منطقه، استفاده از حشره کش‌ها و کودهای شیمیایی، میزان بارش، سطح آب‌های زیرزمینی، میزان استفاده از عناصر موجود توسط گیاهان، میزان pH آب منطقه، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء، میزان جذب و واجذب، در میزان آلودگی نیترات در محیط نقش دارند. در بین عوامل مذکور علت اصلی آلودگی نیترات، فعالیت‌های کشاورزی و مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد.

در تحقیقی که به وسیله هررا و اسپینوزا (Herrera and Espinosa 2008) در یک منطقه کشاورزی در اسپانیا صورت گرفته است، میزان نیتрат و نیز یونهای دیگر نیز در بخش‌های مختلف این منطقه بررسی شده است. ایشان به این نتیجه رسیدند که ترکیب شیمیایی سنگها و رسوبات موجود در یک حوضه در مقدار یونهای مختلف مانند نیترات و سایر ترکیبات بسیار دخالت دارند.

به طور کلی در هرمنطقه‌ای که مورد استفاده کشاورزی قرار گیرد، میزان نیترات و فسفات و به خصوص نیترات در آبهای زیرزمینی آن منطقه فراوان می‌باشد. در این مناطق آبیاری مربوط به کشاورزی به عنوان تهدیدی برای آلودگی منابع آب زیرزمینی محسوب می‌شود. در تحقیقی که فتوآنی و همکاران (Fetouani et al. 2008) در منطقه‌ای که مورد استفاده کشاورزی قرار دارد صورت دادند، مشخص گردید که در این منطقه بیشترین آلودگی مربوط به نیترات و آلودگی‌های باکتریایی است. در این مکان انطباق خوبی بین "میزان نیترات - نیتريت - آمونیوم" از یک طرف و "باکتریهای بیماری زا" از طرف دیگر وجود دارد.

در بسیاری از موارد میزان نیترات در یک منطقه تنها به وسیله کودهای شیمیایی دچار تغییر و افزایش نمی‌شوند. مثلاً تحقیقی که به وسیله روآب‌هیا و بالی (Rouabhia and Bali 2010) در منطقه ای در الجزایر صورت گرفته است نشان می‌دهد که میزان نیترات در این منطقه بسیار بیشتر از حد استاندارد جهانی است، اما فقط فعالیت‌های کشاورزی سبب این افزایش نشده‌اند بلکه، واکنش رسوبات موجود در حوضه نیز سبب تغییر در میزان نیترات و یون های نیتروژن می‌شوند، اما در هر حال عامل اصلی افزایش نیترات در این منطقه و مناطق مشابه آن همان فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد.

تحقیقی که بر روی کیفیت آب زیرزمینی آبرفتی در یک ناحیه کشاورزی در کره انجام شد، نشان داد که آب زیرزمینی در این ناحیه به شدت توسط نیترات، آهن و منگنز آلوده شده است. تقریباً در نیمی از نمونه‌های آب زیرزمینی مشخص شد که غلظت نیترات بیشتر از استاندارد مجاز آب آشامیدنی در کشور کره است و در یک سوم نمونه‌ها غلظت نیترات به بیش از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر نیز می‌رسد. همچنین در این تحقیق میزان آهن و منگنز نیز مورد بررسی قرار گرفت و معلوم شد که تقریباً در نیمی از نمونه‌ها نیز میزان آهن و منگنز بیش از حد مجاز استاندارد این کشور، یعنی ۰/۳ میلی گرم بر

لیتر است. توجه به این نکته ضروری است که آلودگی آهن و منگنز اغلب در آبهای زیرزمینی با سطوح پایین نیتрат به وجود می‌آید (Chae et al. 2003).

گلاردو و همکاران (Gallardo Tase 2007) در مورد اثرات فعالیت‌های کشاورزی بر روی کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه ایی در ژاپن تحقیقی انجام داده‌اند. این تحقیق که در یکی از بزرگترین دشتهای ژاپن صورت گرفته است نشان می‌دهد که خصوصیات شیمیایی آبهای زیرزمینی کم عمق، متأثر از منابع حاصل خیز کننده خاک مانند کودهای کشاورزی افزوده به خاک می‌باشد. بر طبق گفته این محققین شوری آبهای زیرزمینی بستگی به نوع استفاده از زمین و وضعیت زمین‌شناسی منطقه دارد.

یوشیموتو و همکاران (Yoshimoto et al. 2010) درباره منبع نیترات موجود در آبهای زیرزمینی به وسیله ^{15}N و ^{232}Rn منطقه ای در ژاپن که مورد استفاده کشاورزی قرار دارد و تمام آبهای آن منطقه به دلیل کارستی بودن آن از آبهای زیرزمینی تأمین می‌شد، تحقیق گسترده‌ای انجام دادند. ایشان مکان نمونه برداری را به سه بخش تقسیم کردند: ۱- حوضه های بالادست ۲- مناطق مسکونی ۳- غارها. در حوضه های بالادست میزان نیترات در حدود ۸/۴ درصد است که به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی در این مناطق و فرآیندهای دینیتریفیکاسیون و فراریت آمونیوم است.

در مناطق مسکونی میزان نیترات در حدود ۱۰/۲ درصد است که آن به دلیل تأثیر کودهای شیمیایی و حیوانی و فاضلابهای خانگی است. در غارها میزان نیترات در حدود ۹/۶ درصد است. اما نکته جالب توجه این است که غارها در حوضه های بالادست قرار دارند اما میزان نیترات موجود در آنها مشابه نیترات موجود در مناطق مسکونی است. ایشان این شباهت را به جریان و حرکت سریع آبهای زیرزمینی در غارها نسبت دادند که نیترات را از حوضه های بالادست به مناطق مسکونی حمل می‌کنند. فاکتورهای اصلی موثر در تغذیه آب زیرزمینی شامل نوع، مقدار و توزیع بارش، نحوه استفاده از زمین، رطوبت اولیه خاک، نفوذپذیری خاک و شیب حوضه آبگیر است. تغییر در رژیم آبها متناسب با نوسانات آب و هوایی و تغییرات محیطی است پس بارش، پوشش گیاهی و کیفیت و کمیت آبهای زیرزمینی عوامل به هم پیوسته ای هستند.

همان طور که گفته شد در مورد افزایش نیترات موجود در آبهای زیرزمینی در مناطقی که مورد استفاده کشاورزی قرار می‌گیرند تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است، اما در این میان آبخوانها

نقش مهمی در انتقال نیتрат موجود در آبهای سطحی (که در اثر فعالیت‌های کشاورزی به این آبها می‌ریزد) به آبهای نواحی عمیق‌تر بازی می‌کنند. توزیع و تحرک نیتروژن در این لایه‌ها به شرایط اکسیداسیون و احیاء موجود در لایه‌ها بستگی دارد. نیتروژن در شرایط اکسیدان در یک محدوده بین دو حالت یونی با دو بار الکتریکی $+5$ و -3 قرار دارد و اساساً در مناطقی که کشاورزی در آنها صورت می‌گیرد، نیتروژن با بار الکتریکی $+5$ و به صورت یون نیترات وجود دارد. در این شرایط نیترات بسیار متحرک بوده و می‌تواند به عنوان یک ردیاب پایدار قلمداد شود، اما در شرایط احیایی، نیترات بسیار ناپایدار بوده و می‌تواند به صورت گاز نیتروژن و یا آمونیوم جذب کانیهای سطحی شود. پس برای پیش بینی توزیع و تحرک آنی یون نیتروژن، آگاهی از شرایط اکسایش - کاهش لایه‌های آبدار و همچنین آگاهی از توزیع الکترون دهنده‌ها و الکترون گیرنده‌ها بسیار مهم است.

بنابراین نتیجه می‌گیریم که در ارزیابی و بررسی نقش فعالیت‌های کشاورزی در افزایش نیترات موجود در آبهای زیرزمینی و همچنین تعیین کیفیت این آبها در حوضه‌های پایین دست فعالیت‌های کشاورزی، آگاهی از میزان استخراج این آبها و شرایط اکسایش و کاهش این آبها و میزان آبیاری کشاورزی امری ضروری است (Smolder and Lucassen 2010).

۲-۳-۳- اثر آفت کش‌ها در نواحی کشاورزی

آفت کش‌ها نیز یکی از موادی هستند که به عنوان ماده افزودنی به خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند تا محصولات کشاورزی را در برابر آفت‌ها و سایر مواد مشابه محافظت کنند. این مواد نیز همواره سبب آلودگی می‌شوند. در اثر افزایش این مواد، مواد مغذی خاک در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و یا شرایط خاک مانند pH تغییر کرده و ممکن است خاک کمی حاصل خیزتر شود، اما این مواد به صورت بالقوه شامل آلاینده‌هایی نیز می‌باشند. این آلاینده‌ها از طریق همین خاکها و یا به صورت غیرمستقیم از طریق آبهای سطحی و زیرزمینی به اکوسیستم‌ها وارد می‌شوند. این امر در کنار استفاده از کودهای دیگر و اثر آبیاری با فاضلابها می‌تواند سبب افزایش غلظت فلزاتی مانند آرسنیک، کادمیوم، جیوه، سلنیم، کبالت، مولیبدن و غیره گردد. تحرک این فلزات در محیط‌های مختلف و در شرایط کاهشی - اکسایشی با هم تفاوت دارد.

اثرات آفت کش‌ها بر روی زمین‌های کشاورزی نیز موضوع تحقیقات گسترده‌ای بوده است. یک نمونه از مطالعات توسط هوگیون و ویسر (Hoogeveen and Visser 2010) در کشور هلند صورت گرفته است که نتایج جالبی را نیز به همراه داشته است. برطبق این تحقیق، حشره کش‌ها برای آبهای زیرزمینی عمیق خطرناک محسوب نمی‌شوند ولی، برای چشمه‌ها و آبهای زیرزمینی کم عمق خطرناک هستند. البته حتی می‌توان حشره کش‌ها را نیز برای آبهای زیرزمینی کم عمق خطرناک دانست، چون، فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی که در طول انتقال این مواد از زون اشباع و غیراشباع صورت می‌گیرد، آنها را بسیار رقیق و تا حدودی محو می‌کند. در مناطقی که رسوبات آن منطقه را لس‌ها تشکیل می‌دهند این خطر در طول زمان نیز کاهش می‌یابد، چون در رسوبات لسی اساساً مکانیسم تغذیه آبهای زیرزمینی از نوع جریان‌ات ثقلی است.

۲-۳-۳- اثر فسفات در نواحی کشاورزی

در سال‌های اخیر به واسطه استفاده از کودهای شیمیایی مقادیر فسفات، نیترات و فلوراید گسترش یافته است. فسفر جزء اصلی فسفات است در حقیقت فسفات، اکسید فسفر است. فسفر به خودی خود برای انسان مضر نیست، اما اگر به آب وارد شود سبب بدبو و بدمزه شدن آن و سبب رشد جلبک‌ها و گیاهان آبی می‌شود تا جایی که می‌تواند سبب بوجود آمدن یوتروفیکاسیون شود. فسفر یکی از اجزای مهم سازنده لیتوسفر است و به مقدار فراوان در کانی آپاتیت و فسفات کلسیم یافت می‌شود. هیچ سلول زنده‌ای نمی‌تواند بدون حضور اسید فسفریک زنده بماند. کانیهای رسی و هیدروکسیدهای فلزی به خصوص هیدروکسید آهن سبب جذب فسفر و در نتیجه کاهش مقدار آن در آبهای زیرزمینی می‌شوند (Rao and Prasad 1997). فسفات موجود در کودهای شیمیایی می‌تواند سبب تحرک برخی شبه فلزات از جمله آرسنیک شود. آرسنیک یکی از موادی است که در حشره کش‌ها و آفت کش‌ها استفاده می‌شود و سبب آلودگی محیط می‌گردد. تحرک آرسنیک به پتانسیل اکسایش - کاهش محیط، خواص کانی‌شناسی خاک، شرایط pH و حضور آنیون‌هایی که با آرسنیک برای غیرمتحرک ماندن رقابت می‌کنند (مانند فسفات) بستگی دارد. فسفات در این رقابت پیروز می‌شود و آرسنیک را متحرک می‌کند و در صورتی که به آبهای زیرزمینی برسد و به مقدار زیاد مورد استفاده قرار گیرد،

می‌تواند سبب ایجاد سرطان می‌شود (Campos 2002). به علاوه سرب که یکی از فلزات سنگین می‌باشد که سمی بودن آن معلوم شده است، در برخی مناطق کشاورزی نیز به مقدار زیاد یافت می‌شود. برای کاهش سمیت آن باید سرب را توسط موادی غیرمتحرک یا غیرفعال کرد. فسفات، سرب را غیرفعال یا غیرمتحرک می‌کند و سمیت آن را کاهش می‌دهد. پس فسفات می‌تواند سبب متحرک شدن ارسنیک و غیرمتحرک شدن سرب شود (Mire and Cirelli 2008).

فسفات یکی از موادی است که در فعالیتهای کشاورزی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما جلوگیری از رسیدن آن به آبهای زیرزمینی و سطحی بسیار ضروری است و راهکارهایی که سبب این کار می‌شوند موضوع بررسی‌های زیادی بوده است. مثلاً در تحقیقی که توسط ریاحی و همکاران (Riahi and Thayer 2009) در ایتالیا انجام شده است حذف فسفات از محلول‌های آبگین با استفاده از لیف خرما مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که حذف فسفات از آبهای زیرزمینی به شرایط pH، زمان و میزان فسفات اولیه بستگی دارد مثلاً هرچه pH بیشتر باشد میزان فسفات محلول کاهش می‌یابد. این تحقیق نشان می‌دهد که با استفاده از لیف خرما و در pH برابر ۶/۸ و در دمای ۱۸ درجه سانتیگراد و در مدت ۲ ساعت بیشترین حذف فسفات از محلول‌های آبگین رخ می‌دهد.

تحقیقی که توسط لنهان و بریستو (Lenahan and Bristow 2010) انجام شده است نشان می‌دهد که سولفات می‌تواند تحرک فسفات را افزایش داده و سبب کاهش تنوع زیستی (در اثر فرآیند یوتریفیکاسیون) در زمین‌های مرطوب شود. تحرک خود سولفات نیز توسط نیترات افزایش می‌یابد. بنابراین نیترات سبب تحرک سولفات از رسوبات زمین‌شناسی می‌شود و این سولفات به نوبه خود نیز سبب افزایش تحرک فسفات شده و این فسفات نیز سبب ایجاد پدیده یوتریفیکاسیون شده و بدین ترتیب به طور غیرمستقیم سبب کاهش تنوع زیستی در آن منطقه می‌شود.

کولاباکو و همکاران عنوان می‌کنند (Kulabako and et al. 2008) که در بررسی منابع و چگونگی انتقال فسفر، باید ارتباط بین پارامترهای جذب و خصوصیات ماتریکس خاک و سرعت فرآیندهای جذب را در نظر بگیریم. فسفر معمولاً در فصل تر نسبت به فصل خشک بیشتر است. به نظر می‌رسد سازوکار انتقال فسفر شامل فرآیندهای جذب، ته نشینی و نفوذ به وسیله کلئیدها است. مطالعات

نشان می‌دهد که مقدار فسفر با مقادیر کلسیم، آهن، کربن آلی و تغییرات فصلی مرتبط است. تمرکز زیاد فسفر در مناطق دفن زباله ها و مناطق پرورش دام و در مناطقی که آبهای زیرزمینی کم عمق دارند و شرایط زهکشی آن منطقه کم است، رخ می‌دهد. معادله لانگمویر که برای توصیف حداکثر جذب فسفر خاک به کار می‌رود، نشان می‌دهد که در خاکهایی حداکثر جذب رخ می‌دهد که در آنها میزان آهن زیاد است و سرعت جریان آب در آنها نیز در حد ملایم است.

۲-۳-۴- اثر آبیاری غیر اصولی در نواحی کشاورزی بر کیفیت آب

آبیاری غیر اصولی در مزارع کشاورزی می‌تواند یک یا چند فلز را از خاک بشوید و آن ها را به آبهای سطحی و زیرزمینی وارد کند و سبب آلودگی این آبها شود و در نتیجه این آبها را برای مصارف آشامیدنی و حتی کشاورزی نیز نامناسب سازد. آبیاری همراه با اثر فاضلابها می‌تواند سبب بالارفتن غلظت فلزات سنگین در آب و خاک شود. نتیجه دیگر آبیاری در جاهایی که زهکشی ضعیف است، شور شدن خاکها است که این شوری از حاصل خیزی خاکها می‌کاهد.

در برخی نقاط که دارای آبهای سطحی و زیرزمینی کافی نیستند، استفاده از فاضلابهای شهری و روستایی برای مصارف آبیاری کشاورزی به عنوان یک منبع آب مورد توجه قرار می‌گیرد. مثلاً در ناحیه ابورواش (در کشور مصر) که خاک آن ماسه‌ای است از فاضلابها برای آبیاری استفاده می‌شود. این روش از سال ۱۹۴۴ وجود داشته اما در حال حاضر بسیار گسترش یافته است. استفاده از این آبها سبب شده است که تداخل بین این آبها و آبهای زیرزمینی با توجه به بافت خاک منطقه رخ دهد و در اثر این تداخل، میزان نیترات، نیتريت، سولفات و فسفات در آبهای زیرزمینی این منطقه بسیار افزایش یافته است. علاوه بر آن میزان کلیفرم های مدفوعی نیز در این آبها بسیار زیاد است که نشان دهنده مقدار زیاد مواد آلی در این فاضلابها می‌باشد (Abed – Shafy 2008).

بسیاری از پژوهشگران معتقدند که استفاده از آبهای با کیفیت پایین برای آبیاری باعث کاهش تولیدات گیاهی می‌شود و می‌تواند خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را تغییر داده که باعث تخریب خاک می‌شود. ۲۵ میلیون هکتار، یعنی در حدود بیش از ۱۰ درصد کل نواحی آبیاری دنیا، به طور شدید تحت تأثیر نمک‌های بالآمده توسط آبیاری قرار گرفته‌اند. شور شدن خاکها به سرعت در نیمه

دوم قرن بیستم افزایش یافته است. هم‌چنین پژوهشگران معتقدند که وسعت آبیاری کشاورزی و فعالیت‌های شدید کشاورزی باعث کاهش شدید کیفیت آب زیرزمینی از طریق استخراج بیش از حد آب زیرزمینی می‌شود، اما در هر حال عمده‌ترین مشکلی که فعالیت‌های کشاورزی ایجاد می‌کند، همان آلودگی نیترات می‌باشد.

می‌توان با آبیاری منظم و اصولی، نفوذ نیترات از زون ریشه گیاهان به اعماق را کنترل کرد بدون آنکه در میزان رشد و کیفیت رشد گیاهان خللی وارد شود. همان طور که می‌دانیم حرکت نیتروژن از طریق خاکهای سطحی و آبهای زیرزمینی سبب اختلال در حرکت فاز سیال موجود در خاک و کاهش کیفیت آب برای مصارف آشامیدن و حتی کشاورزی شده است. مطالعات نشان می‌دهد که نفوذ نیتروژن در یکسال از گیاهان علفی می‌تواند در مواقعی بسیار زیاد باشد. نوع و میزان آبیاری و استفاده از کودهای شیمیایی و میزان رشد گیاهان علفی میزان این نیترات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای کاهش و یا به عبارت بهتر کنترل این نیترات باید اولاً نوع و میزان آبیاری کنترل شود و ثانیاً میزان استفاده از کودهای شیمیایی نیترات‌دار مناسب با نیاز گیاهان باشد. آبیاری اصولی و منظم می‌تواند به همراه استفاده از خاکهایی که به سیستم آبیاری حساس اند بسیار موثرتر باشد. این روش‌ها همراه با استفاده از خاکهایی با بافت ریز، برای کاشت گیاهان علفی که دارای ظرفیت نگهداری بالا و هدایت هیدرولیکی کم هستند، تکمیل می‌شود. استفاده از این خاکهای سبب کاهش نفوذ و آبشویی آمونیوم می‌شوند گرچه احتمالاً بر روی نیترات اثر خاصی ندارند (Barton and Colmer 2006).

فصل سوم: روش انجام تحقیق

به منظور ارزیابی نقش عوامل زمین‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی در تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی دشت رومشگان اقدامات زیر صورت گرفته است:

- ۱- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های منطقه مورد مطالعه
 - ۲- عملیات صحرایی و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز در صحرا
 - ۳- مطالعات آزمایشگاهی
 - ۴- کارهای آماری انجام شده با استفاده از نرم افزارها
- در زیر هر یک از موارد فوق به طور مختصر توضیح داده می‌شوند.

۳-۱- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی خصوصیات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی منطقه مورد مطالعه، از نقشه‌های توپوگرافی، جغرافیایی و زمین‌شناسی استفاده گردید. شایان ذکر است که نقشه‌های بزرگ مقیاس از منطقه رومشگان تهیه نشده است. به همین دلیل، به منظور مطالعه و شناسایی خصوصیات عمومی و کلی این منطقه از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ایلام - کوه‌دشت، و ۱/۱۰۰۰۰۰ پلدختر و هم‌چنین ۱/۱۰۰۰۰۰ کوه‌دشت استفاده گردید.

در این مطالعه، از آمار و اطلاعات موجود مربوط به چاه‌های این منطقه که توسط سازمان آب منطقه‌ای لرستان تهیه شده است نیز استفاده شده است، که شامل موقعیت و مختصات چاه‌ها در منطقه، نام مالک و سال حفر چاه‌ها می‌باشد.

۲-۳- عملیات صحرائی و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز

با در دست داشتن اطلاعاتی که از سازمان آب منطقه‌ای لرستان در مورد مشخصات UTM چاه‌های منطقه وجود داشت، اقدام به نمونه برداری از منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه گردید. در زمان نمونه برداری نکاتی رعایت شد که عبارتند از:

۳- میزان حجم نمونه برداشتی باید متناسب با نوع و تعداد آزمایشات باشد که معمولاً بین نیم تا دو لیتر است.

۴- نمونه برداری از آب چاه‌ها نباید در شروع پمپاژ انجام شود، چون آب جمع شده در داخل لوله و چاه متفاوت با آبخوان خواهد بود.

۵- هر بطری باید قبل از نمونه برداری، توسط آب همان چاه شستشو داده شود.

پارامترهای فیزیکی که در محل نمونه برداری اندازه‌گیری می‌شوند، شامل هدایت الکتریکی (EC)، دما و pH می‌باشند که در زیر به اختصار توضیح داده شده‌اند.

۲-۳-۱- هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی یکی از پارامترهایی است که باید در محل نمونه برداری اندازه‌گیری شود. هدایت الکتریکی آب معرف قدرت یونی یک محلول برای انتقال جریان برق است. واحد هدایت الکتریکی میکرو موس بر سانتی متر است. این پارامتر نشان دهنده‌ی میزان کل املاح محلول موجود در آب می‌باشد. برای اندازه‌گیری این پارامتر از دستگاه Conductivity meter مدل WT 340 I استفاده شده است. کالیبره کردن دستگاه‌های مختلف EC متر به روشهای مختلفی صورت می‌گیرد. برای کالیبره کردن این دستگاه از محلول 0/01 نرمال KCl استفاده شده است. این محلول به عنوان محلول مبنا برای اندازه‌گیری EC نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

۲-۳-۲- pH

pH آب، غلظت یون‌های هیدروژن در آب است که اسیدی یا قلیایی بودن آن را مشخص می‌کند. آب خالص به میزان خیلی کم به یون‌های H^+ و OH^- تجزیه می‌شود. pH آب آشامیدنی معمولاً باید در

حدود ۷ (خنثی) باشد. در صورتی که pH کمتر از ۷ باشد، آب حالت اسیدی و در نتیجه خاصیت خوردگی و اگر بیشتر از ۷ باشد آب حالت قلیایی و خاصیت رسوبگذاری به خود می‌گیرد. برای اندازه‌گیری این پارامتر از دستگاه pH متر مدل WT 340 I استفاده شد. این دستگاه ابتدا به وسیله دو محلول با pH ۴ و ۹، به عنوان مبنا و شاخص کالیبره شد و سپس میزان pH نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

۳-۲-۳- درجه حرارت

وجود هر سه حالت آب یعنی جامد، مایع و گاز بستگی به دما و فشار آب دارد. آب با دمای زیاد به علت کاهش اکسیژن محلول حالت بی‌مزه‌ای داشته و گوارا نیست. درجه حرارت آبهای زیرزمینی در عمق ۱۰ متری از سطح زمین نزدیک به ۱۰ درجه سانتی گراد است و به ازای هر ۳۳ متر افزایش عمق، تقریباً یک درجه سانتی گراد به دمای آبهای زیرزمینی افزوده می‌شود. مناسب ترین درجه حرارت آب آشامیدنی ۸-۱۲ درجه سانتی گراد می‌باشد. این پارامتر را می‌توان با دماسنج جیوه ای با دقت مناسب اندازه گرفت.

۳-۳- مطالعات آزمایشگاهی

تعداد ۲۵ نمونه آب زیرزمینی برداشت شد و برای آنالیزهای شیمیایی (تعیین میزان کاتیون و آنیونهای اصلی، نیتрат و فسفات) به آزمایشگاه فرستاده شدند. آزمایشگاهی که برای تعیین این عناصر استفاده شد، آزمایشگاه یک کارخانه آب معدنی در منطقه مورد مطالعه بود که به دستگاه فتومتر (مدل Shimadzu. U.V. 160) که توانایی آنالیزهای مورد نظر را دارد، مجهز بود. این دستگاه با توجه به کمپلکسی که هر عنصر در آب می‌سازد، میزان آن عنصر را در آن آب تعیین می‌کند. در هر حال اندازه‌گیری‌های انجام شده در آزمایشگاه شامل موارد زیر است.

- اندازه‌گیری غلظت کاتیون‌های اصلی آب که شامل سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم می‌باشد.

- اندازه‌گیری غلظت آنیون‌های اصلی آب که شامل کلر، سولفات و بی‌کربنات می‌باشد.

- اندازه‌گیری نیترات و فسفات نمونه‌های آب برداشت شده

تعیین میزان آنیون و کاتیون‌های اصلی آب، برای ارزیابی نقش سازندهای زمین‌شناسی و تعیین میزان نیتрат و فسفات، برای ارزیابی نقش فعالیت‌های کشاورزی در تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان انجام می‌شود.

لازم به ذکر است که TDS پارامتری است که باید با روشهای خاصی اندازه‌گیری شود. یکی از این روشها که در این آنالیزها نیز مورد استفاده قرار گرفته است، روش گراذیمتری می‌باشد. در این روش ابتدا وزن نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود و سپس نمونه‌ها حرارت داده شده و زمانی که کل آب موجود تبخیر شد، دوباره نمونه‌ها وزن می‌شوند، حاصل اختلاف این دو وزن، نشان دهنده مقدار کل جامدات محلول می‌باشد که به صورت میلی گرم در لیتر بیان می‌شود.

۳-۴- کارهای آماری انجام شده با استفاده از نرم افزارها

در این مطالعه از نرم افزارهای Arc GIS، Rock work، Surfer، PHREEQC و Chemistry استفاده شده است. مهمترین کارهای انجام شده با استفاده از این نرم افزارها عبارتند از:

- از نرم افزار Arc GIS برای تهیه نقشه‌های مختلف استفاده می‌شود. با استفاده از این نرم افزار نقشه ۱/۲۵۰۰۰ ایلام-کوهدشت رقومی شده و از آن نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه گردیده است.

- نرم افزار Surfer یک نرم افزار عمومی در زمینه توپوگرافی و نقشه برداری می‌باشد. از این نرم افزار برای رسم خطوط کنطوری و نقشه‌های هم غلظت عناصر مختلف استفاده شده است.

- نرم افزار Rock Work نیز یکی از نرم افزارهای پرکاربرد در مطالعات هیدروژئوشیمی می‌باشد که برای ترسیم نمودارهای استیف، پایپر و دورو از آن استفاده شده است.

- نرم افزار Chemistry یک نرم افزار بسیار ساده، مفید و پرکاربرد می‌باشد که قابلیت‌های زیادی دارد و از آن برای ترسیم نمودارهای شولر، ویلکوکس، درصد خطاهای آنالیز و طبقه بندی آبها برای مصارف کشاورزی استفاده شده است.

- نرم افزار PHREEQC نرم افزار بسیار پرکاربرد و پیچیده‌ای می‌باشد که توانایی بسیار زیادی دارد. از این نرم افزار برای محاسبه اندیس اشباع هالیت، ژیپس، کلسیت، دولومیت و آراگونیت استفاده شده است.

فصل چهارم: عوامل موثر بر کیفیت آبهای زیرزمینی در منطقه رومشگان

از آنجایی که وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان (شامل جهت جریان آب زیرزمینی، مناطق تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی و افت سطح آب) نقش مهمی در کیفیت آب و تغییرات آن ایفا می‌کنند، در این فصل ابتدا وضعیت هیدروژئولوژیکی دشت رومشگان به طور خلاصه ارائه می‌شود. در نهایت وضعیت کیفی آبهای زیرزمینی دشت رومشگان و عوامل موثر بر کیفیت آب به طور مفصل‌تر ارائه خواهد شد.

۴-۱- ارزیابی هیدروژئولوژیکی دشت رومشگان

در این بخش با توجه به نقشه‌های هم پتانسیل دشت رومشگان و افت سطح آب زیرزمینی و همچنین با استفاده از هیدروگراف واحد این دشت، به مهمترین خصوصیات هیدروژئولوژیکی دشت رومشگان پرداخته می‌شود.

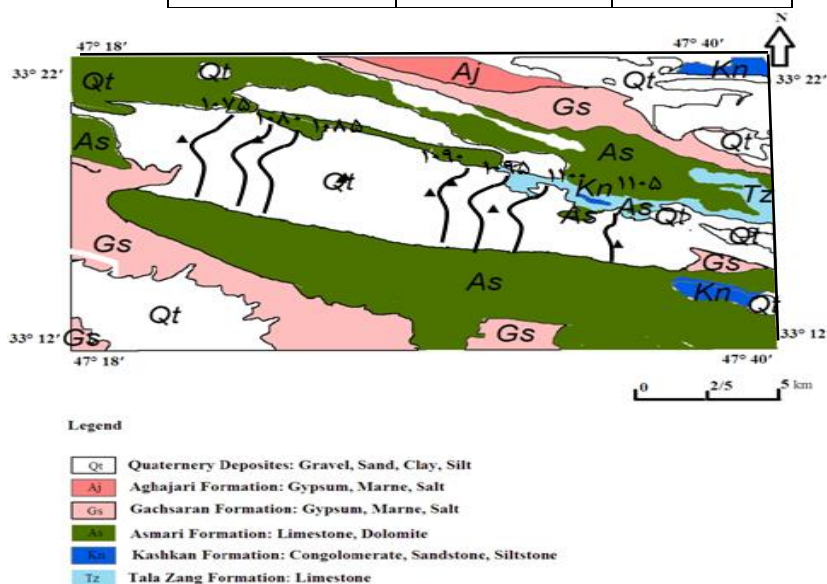
۴-۱-۱- جهت جریان آب زیرزمینی

با کمک هشت پیزومتر موجود در دشت و داده‌های سطح ایستابی (جدول ۴-۱) نقشه هم پتانسیل سطح ایستابی ترسیم شده است (شکل ۴-۱). همان طور که نقشه هم پتانسیل نشان می‌دهد جهت جریان آب زیرزمینی در راستای دشت یعنی تقریباً جنوب شرق - شمال غرب می‌باشد. علاوه بر این ملاحظه می‌شود که منطقه تغذیه دشت عمدتاً به ارتفاعات جنوب شرق دشت محدود می‌شود و

ارتفاعات آهکی مهمی که به موازات دشت در جنوب و شمال منطقه رخنمون دارند، نقش مهمی در تغذیه آبخوان ندارند. علت عدم تغذیه دشت به وسیله سازندهای آهکی مجاور دشت، احتمالاً به دلیل حضور لایه‌های غیر قابل نفوذ در حاشیه سازندهای آهکی می‌باشد. گرادیان هیدرولیکی در ابتدای حوضه حدود ۰/۳ درصد، در محدوده میانی حوضه حدود ۰/۰۸ درصد و در انتهای حوضه حدود ۰/۴ درصد می‌باشد. علت کاهش گرادیان هیدرولیکی در مرکز دشت عمدتاً به خاطر کاهش جریان آب زیرزمینی می‌باشد و علت افزایش گرادیان هیدرولیکی در بخش انتهایی دشت احتمالاً به خاطر وجود رسوبات دانه ریز (برای مثال نهشته‌های مربوط به سازند گچساران) است.

جدول ۴-۱- داده‌های مربوط به تراز و عمق آب (بر حسب متر) در پیزومترهای منطقه

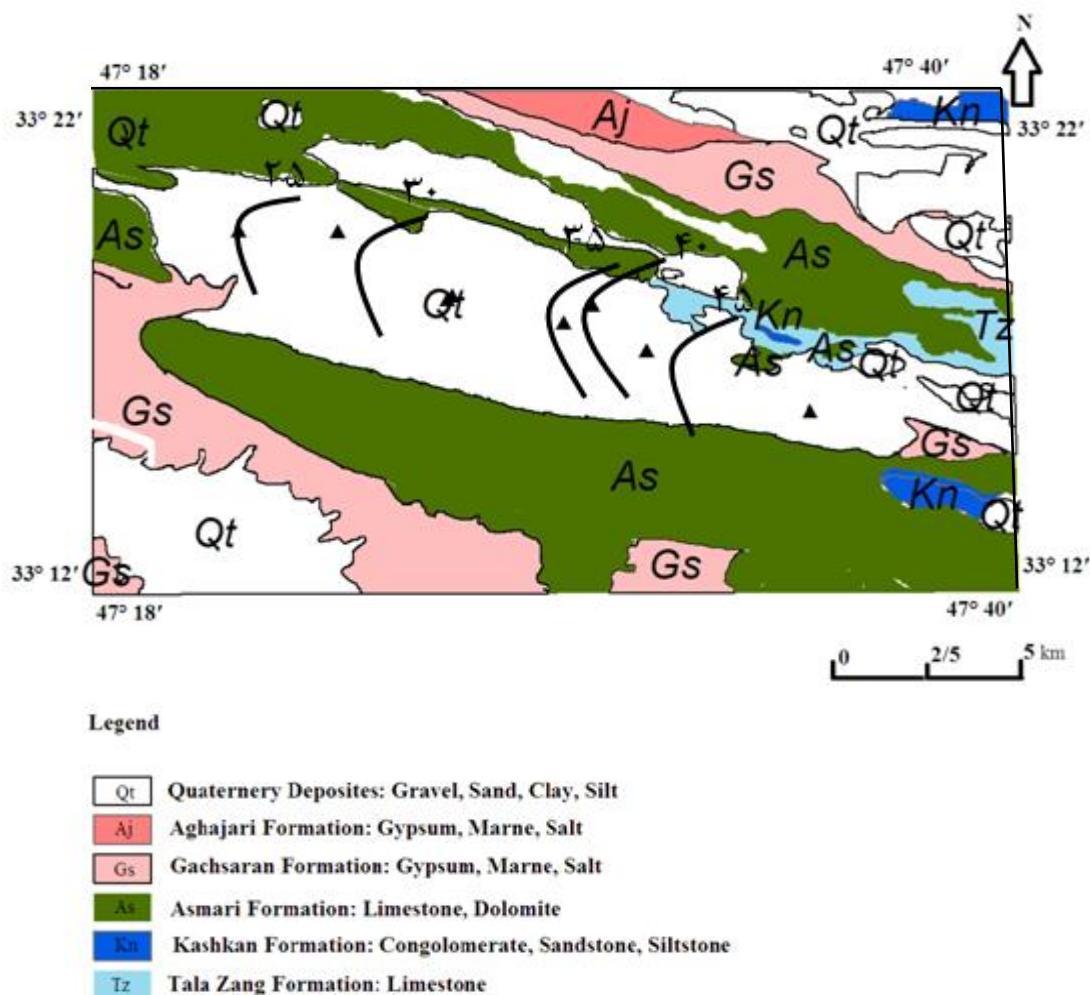
شماره پیزومتر	عمق برخورد به آب	ارتفاع سطح تراز آب
۱	۴۸	۱۱۰۵/۸
۲	۴۴	۱۱۰۰/۴۳
۳	۴۲	۱۰۹۱/۹۶
۴	۳۴	۱۰۸۹/۷۷
۵	۳۲	۱۰۸۶/۹۴
۶	۳۱	۱۰۸۶/۷۴
۷	۲۹	۱۰۸۶/۰۶
۸	۲۵	۱۰۷۵/۵



شکل ۴-۱- نقشه هم پتانسیل سطح ایستابی آبخوان در منطقه مورد مطالعه

۴-۱-۲- عمق آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

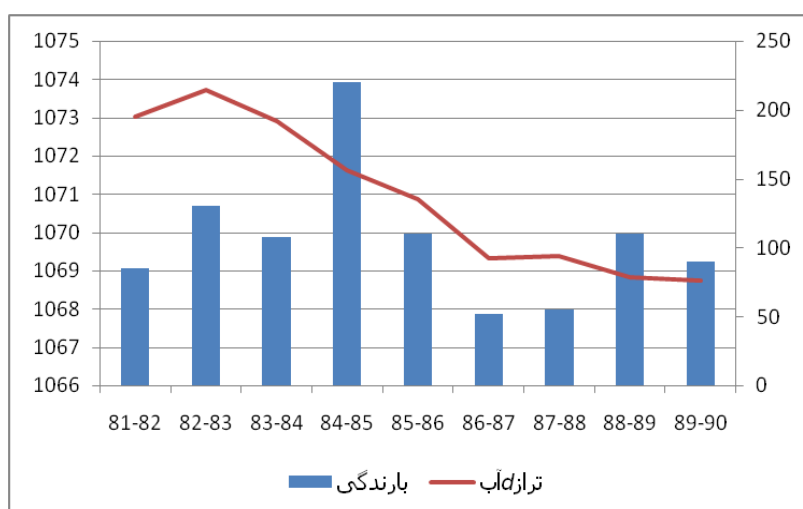
همان گونه که در جدول (۴-۱) نشان داده شده است، عمق برخورد به آب در نقاط مختلف دشت متفاوت است. اما آن چه که معلوم است این است که بیشترین عمق آب زیرزمینی (عمق ۴۸ متر)، در جنوب شرقی ترین نقطه و در بالادست دشت دیده می شود و کمترین عمق آب زیرزمینی (عمق ۱۷ متر)، در پایین دست دشت و در شمال غربی ترین نقطه دیده می شود. با استفاده از اطلاعات موجود در جدول (۴-۱) نقشه هم عمق منطقه ترسیم شده است (شکل ۴-۲). همان طور که نقشه هم عمق نشان می دهد عمق سطح آبهای زیرزمینی از جنوب شرق به سمت شمال غرب کاهش پیدا می کند. با توجه به عمق سطح ایستابی که در تمام نقاط دشت بیشتر از ۵ متر می باشد، مقدار تبخیر و تعرق از سطح ایستابی بسیار ناچیز است. بنابراین تبخیر و تعرق در تخریب کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان نقش مهمی ندارد.



شکل ۴-۲- نقشه هم عمق آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

۳-۱-۴- بررسی هیدروگراف واحد دشت رومشگان

برای ترسیم هیدروگراف واحد دشت رومشگان، از تراز آب تعدادی از پیزومترهای منطقه و همچنین میزان بارندگی در منطقه استفاده شده است. هیدروگراف واحد دشت میانگین تغییرات زمانی سطح تراز آب در دشت را نشان می‌دهد. هیدروگراف واحد دشت رومشگان برای یک دوره ۹ ساله (از سال ۸۱-۸۲ تا ۸۹-۹۰) رسم شده است (شکل ۳-۴). این نمودار نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در دشت رومشگان یک افت مداوم را نشان می‌دهد (این امر می‌تواند به علت کاهش بارندگی و تخلیه بیش از حد از این سفره باشد). به این ترتیب که در دوره ۹ ساله فوق الذکر مقدار افت سطح ایستابی حدود ۶ متر می‌باشد. بنابراین افت سطح آب در این دشت حدود ۰/۷۵ متر در هر سال است که رقم قابل توجهی است.

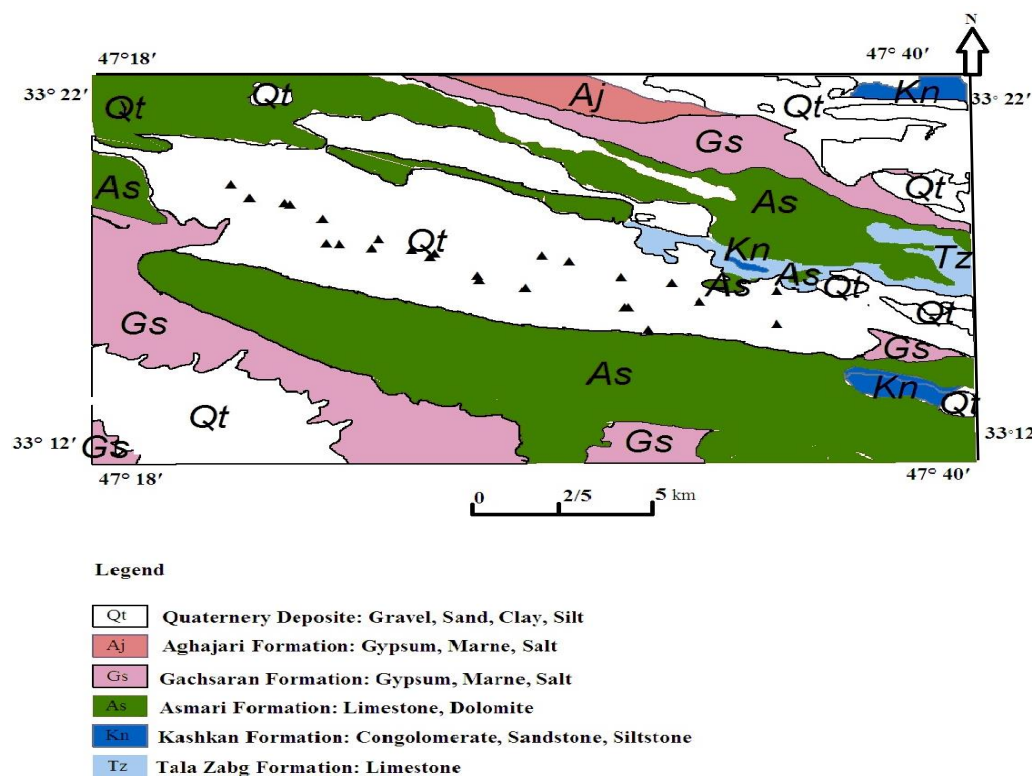


شکل ۳-۴- هیدروگراف واحد دشت رومشگان

۲-۴- ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی منطقه رومشگان، از آبهای زیرزمینی منطقه، با توجه به زمان اوج فعالیت‌های کشاورزی در اسفندماه سال ۱۳۸۹ نمونه برداری به عمل آمد و سپس نمونه‌های آب جهت تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه فرستاده شد. برخی پارامترها شامل هدایت الکتریکی، pH و دمای آب، در محل نمونه برداری اندازه‌گیری شدند. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی و نیز پارامترهای تعیین کننده کیفیت آب، روند تغییرات عناصر مختلف در

منطقه و عوامل موثر بر کیفیت آب مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نسبت به استانداردهای کیفی جهانی مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای ارزیابی نقش عوامل زمین‌شناسی در تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان، غلظت آنیونها و کاتیونهای موجود در آبهای زیرزمینی این منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برای ارزیابی میزان تأثیر فعالیتهای کشاورزی بر کیفیت آبهای زیرزمینی این منطقه، غلظت نیترات و فسفات اندازه‌گیری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. محل‌های نمونه‌برداری در شکل (۴-۴) نشان داده شده است.



شکل ۴-۴- محل‌های نمونه‌برداری از آب زیرزمینی در اسفندماه ۱۳۸۹

۴-۲-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده در صحرا

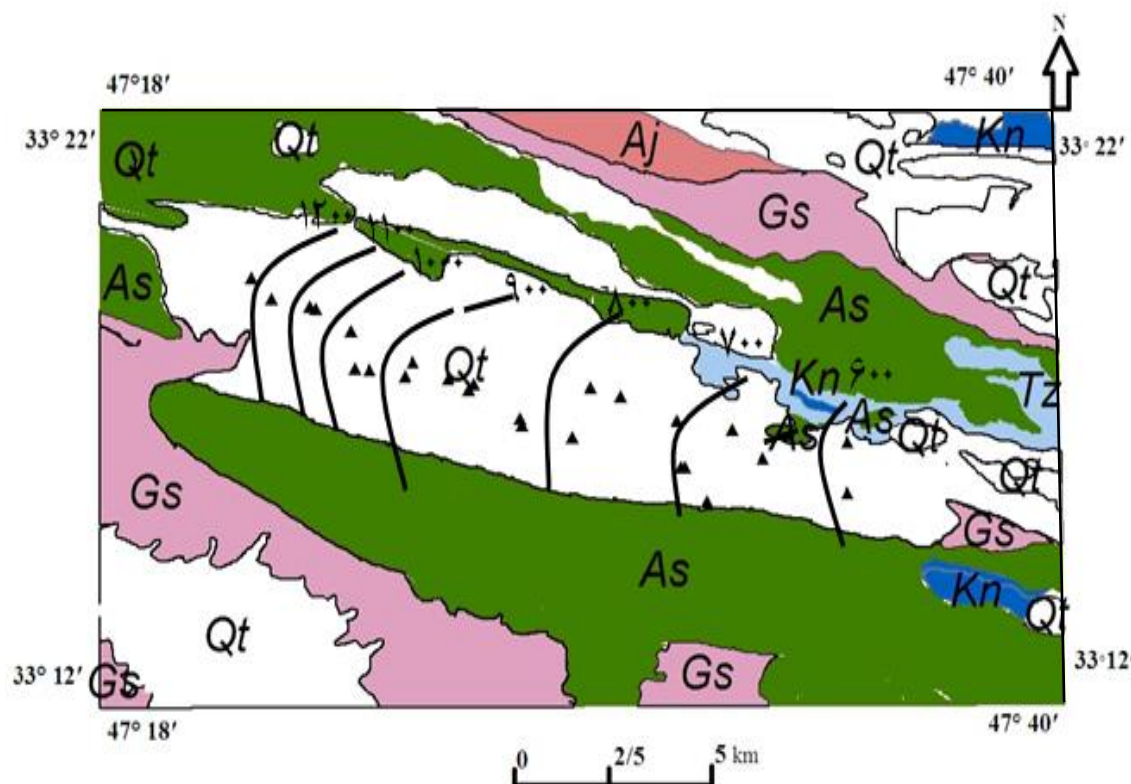
همان طور که قبلاً اشاره شد، تعدادی از پارامترها شامل pH، هدایت الکتریکی و دمای آب در محل نمونه برداری اندازه‌گیری شدند. جدول (۴-۲) نتایج مربوط به اندازه‌گیری این پارامترها را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه برداری

ردیف	دما (درجه سانتی گراد)	pH	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی متر)
۱	۲۳	۸/۴	۵۹۰
۲	۲۳	۸/۴	۴۹۷
۳	۲۲	۸/۱	۶۹۸
۴	۲۱	۷/۵	۶۳۲
۵	۲۲	۷/۹	۶۵۳
۶	۲۱	۸	۵۸۰
۷	۲۱	۸/۲	۶۵۲
۸	۲۲	۷/۸	۷۰۸
۹	۲۳	۷/۴	۷۴۹
۱۰	۲۲	۸/۱	۹۵۵
۱۱	۲۳	۸/۱	۷۹۰
۱۲	۲۲	۷/۵	۷۳۹
۱۳	۲۳	۷/۳	۷۳۰
۱۴	۲۱	۷/۵	۷۵۲
۱۵	۲۱	۷/۹	۸۴۳
۱۶	۲۳	۸	۸۸۰
۱۷	۲۳	۷/۸	۸۸۳
۱۸	۲۱	۷/۷	۸۶۴
۱۹	۲۱	۷/۳	۷۸۳
۲۰	۲۲	۸/۱	۹۵۲
۲۱	۲۳	۷/۹	۹۸۰
۲۲	۲۲	۷/۷	۱۰۷۹
۲۳	۲۱	۷/۴	۱۲۳۶
۲۴	۲۲	۷/۳	۱۲۸۹
۲۵	۲۳	۷/۷	۱۳۱۴

الف - هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی آب معرف قدرت یونی یک محلول برای انتقال جریان برق است. واحد هدایت الکتریکی میکروموس بر سانتی متر است. این پارامتر نشان دهنده میزان کل املاح محلول موجود در آب می باشد. عوامل مختلفی بر میزان قابلیت هدایت الکتریکی اثر می گذارند از جمله: لیتولوژی و خصوصیات سنگ شناسی منطقه، میزان شیب منطقه، میزان بارش منطقه و سرعت حرکت آبهای زیرزمینی (Todd 2005). تغییرات هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه بین ۴۹۷ تا ۱۳۱۴ میکروموس بر سانتی متر بوده است. در شکل (۴-۵) نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی دشت رومشگان ترسیم شده است. افزایش EC از جنوب شرق به شمال غرب منطقه یعنی از مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه در شکل قابل مشاهده است. کمترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به قسمت های بالادست منطقه و مناطق تغذیه و بیشترین مقدار هدایت الکتریکی نیز مربوط به قسمت های پایین دست منطقه می باشد. زیرا در قسمت های بالادست (قسمت های شرقی) که شامل مناطق تغذیه می باشد، سازندها عمدتاً آهکی هستند و زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی نیز کم است در نتیجه انحلال مواد در آبهای زیرزمینی کمتر رخ می دهد، بنابراین کیفیت آب در این بخش دشت خوب و هدایت الکتریکی آن نسبتاً کم است، اما در قسمت های پایین دست منطقه (به عبارتی قسمت های غربی)، که مناطق تخلیه آب های زیرزمینی می باشند، سازندهایی مانند سازند گچساران رخنمون دارد که سبب کاهش کیفیت آب در این بخش می شوند، ضمن اینکه آب زیرزمینی وقتی به نقطه تخلیه می رسد مواد زیادی را در خود حل کرده است، بنابراین میزان هدایت الکتریکی آب در پایین دست افزایش چشمگیری یافته است. البته شیب هیدرولیکی نیز در این امر موثر بوده است. جایی که شیب کم می شود، آب با سرعت کمتری حرکت کرده و یونهای بیشتری در خود حل کرده است و در نقاطی که شیب زیادتر بوده است، سرعت آب بیشتر و یونهای حل شده در آن کتر می باشند.

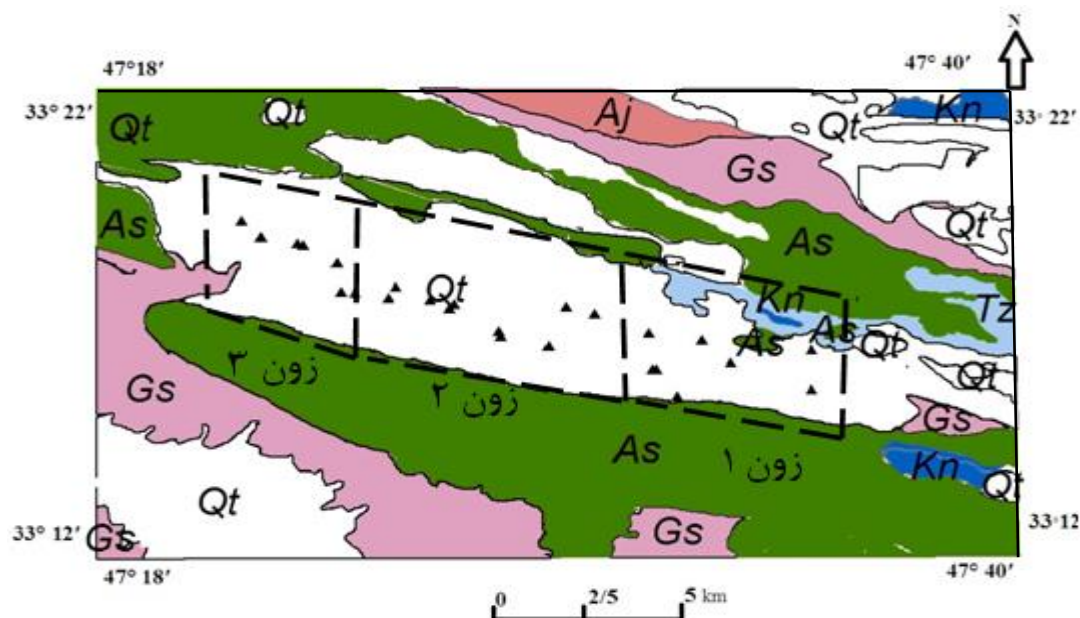


Legend

Qt	Quaternary Deposit: Gravel, Sand, Clay, Silt
Aj	Aghajari Formation: Gypsum, Marne, Salt
Gs	Gachsaran Formation: Gypsum, Marne, Salt
As	Asmari Formation: Limestone, Dolomite
Kn	Kashkan Formation: Conglomerate, Sandstone, Siltstone
Tz	Tala Zabg Formation: Limestone

شکل ۴-۵- نقشه هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی دشت رومشگان در اسفند ۱۳۸۹

بر اساس موارد فوق الذکر، این چنین نتیجه گیری می‌شود که منطقه مورد مطالعه به لحاظ هدایت الکتریکی به سه زون قابل تقسیم است (شکل ۴-۶). مناطق بالادست را زون ۱ (نمونه‌های ۱ تا ۸)، مناطق میانی دشت را زون ۲ (نمونه‌های ۹ تا ۱۹)، و مناطق پایین دست را زون ۳ (نمونه‌های ۲۰ تا ۲۵) می‌نامیم. زون ۱ و زون ۲ محدوده‌های متأثر از سازندهای کربناته و زون ۳ محدوده سازند سولفات را نشان می‌دهند.

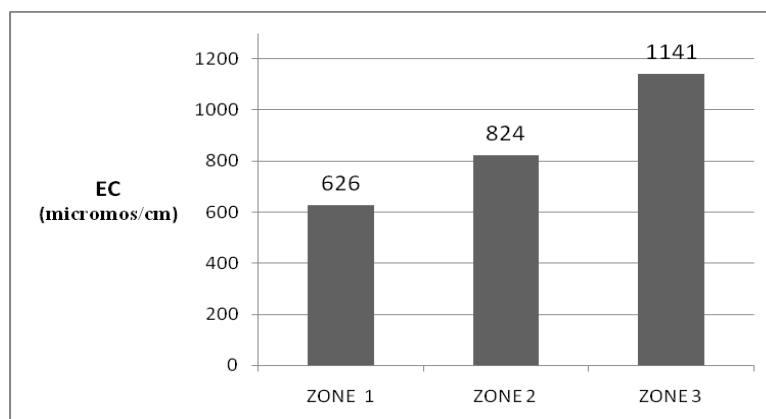


Legend

- Qt Quaternary Deposite: Gravel, Sand, Clay, Silt
- Aj Aghajari Formation: Gypsum, Marne, Salt
- Gs Gachsaran Formation: Gypsum, Marne, Salt
- As Asmari Formation: Limestone, Dolomite
- Kn Kashkan Formation: Congolomerase, Sandstone, Siltstone
- Tz Tala Zabg Formation: Limestone

شکل ۴-۶- زون‌های مختلف آب زیرزمینی دشت رومشگان

همان طور که در شکل (۴-۷) نشان داده شده است، میانگین میزان هدایت الکتریکی در زون ۱ (منطقه تغذیه آب‌های زیرزمینی که تحت تأثیر سازندهای کربناته است)، بسیار کمتر از زون ۲ (مناطق میانی دشت) می‌باشد. هم چنین میزان هدایت الکتریکی در زون ۲ نیز بسیار کمتر از زون ۳ (منطقه تخلیه آب‌های زیرزمینی که تحت تأثیر سازند سولفات است)، می‌باشد.



شکل ۴-۷- مقایسه میزان تغییرات هدایت الکتریکی در زون‌های مختلف دشت رومشگان

پارک و همکاران (Park et al. 2005)، رده بندی کیفی آبهای قابل استفاده کشاورزی را با توجه به میزان هدایت الکتریکی ارائه کرده‌اند (جدول ۳-۴). بر مبنای این رده بندی آبهای منطقه در هر سه زون از نظر میزان هدایت الکتریکی آبهای قابل استفاده کشاورزی، در رده خوب تا قابل استفاده قرار می‌گیرند.

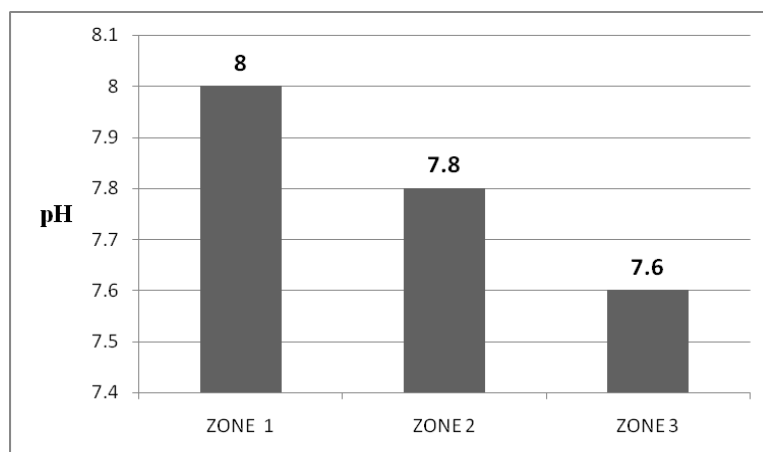
جدول ۳-۴- طبقه‌بندی کیفی آب کشاورزی بر اساس هدایت الکتریکی (Park et al. 2005)

کلاس آب	کیفیت آب	EC (micromhos/cm)
۱	بسیار خوب	کمتر از ۲۵۰
۲	خوب	۲۵۰ - ۷۵۰
۳	قابل استفاده	۷۵۰ - ۲۰۰۰
۴	مشکوک	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰
۵	نامناسب	بیش از ۳۰۰۰

ب- pH

pH آب به غلظت آنیون‌های کربنات و بی‌کربنات، درجه حرارت محیط و میزان دی اکسید کربن محلول در آب بستگی دارد. برای اندازه‌گیری این پارامتر از دستگاه pH متر استفاده می‌شود. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، مقدار pH مطلوب برای مصارف شرب بین ۷/۵ - ۸ و حداکثر مقدار مجاز pH برای آب شرب، ۹/۲ است. با توجه به این استاندارد، آب همه چاهها از نظر pH در محدوده مطلوب قرار دارند و لذا از نظر شرب قابل قبول هستند و همچنین با توجه به اینکه آب این دشت قلیایی است فاقد خاصیت خورندگی می‌باشند.

میزان pH در زون ۱ که بیشترین تأثیر را از سازندهای کربناته می‌پذیرد، از زون ۲ و ۳ که تحت تأثیر سازند سولفاته است، بسیار بیشتر است زیرا سازندهای کربناته با آزاد کردن کربنات و بی‌کربنات سبب قلیایی شدن آبها و افزایش میزان pH آنها می‌شوند. بنابراین با توجه به شکل (۴-۸) می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی میزان pH از بالادست منطقه (مناطق تغذیه) که سازندهای کربناته رخنمون دارند به سمت پایین دست (مناطق تخلیه) که سازندهای سولفاته رخنمون دارند، کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۸- تغییرات میزان pH در زون‌های مختلف منطقه رومشگان

۳-۴- غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

جهت بررسی غلظت کاتیونها و آنیون‌های اصلی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان، نمونه برداری از ۲۵ حلقه چاه انجام شده است. لازم به ذکر است که بر اساس اطلاعات حاصله از شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان، ۱۳۳ حلقه چاه در این منطقه حفر شده است، اما بازدیدهای صحرایی نشان داد که از این تعداد حدود ۸۰ حلقه چاه مورد بهره برداری قرار می‌گیرند و بقیه آنها تخریب و تعطیل شده‌اند. مبنای انتخاب ۲۵ حلقه چاه در این مطالعه، توزیع مناسب آنها در دشت است به این معنا که سعی شد که چاهها طوری انتخاب شوند که نتایج حاصل از تجزیه آب آنها، نشان دهنده کیفیت آبهای زیرزمینی در کل دشت باشد. نتایج غلظت کاتیونها و آنیون‌های نمونه‌های مورد مطالعه بر حسب میلی اکی والان بر لیتر، در جدول (۴-۴) آمده است.

جدول ۴-۴- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه رومشگان (بر حسب meq/l)

شماره نمونه	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	مجموع کاتیونها	کلر	سولفات	بیکربنات	مجموع آنیونها	نیتрат	فسفات
۱	۲/۶۵	۴/۰۸	۰/۳۹	۰/۰۰۲	۷/۱۲	۰/۲۸	۰/۵۶	۶/۰۸	۶/۹۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۵
۲	۲/۶	۳/۹۱	۰/۶۵	۰/۰۲۶	۷/۱۹	۰/۲۵	۰/۵۸	۵/۹۳	۶/۷۷	۰/۰۱۷	۰/۰۰۰۷
۳	۲/۶	۳/۸۳	۰/۷۸	۰/۰۳۳	۷/۲۴	۰/۵	۰/۶	۵/۹	۷/۰۱	۰/۰۷۴	۰/۰۰۱۰
۴	۲/۷۵	۳/۷۵	۱/۱۳	۰/۰۳۸	۷/۶۶	۰/۵۳	۰/۶۶	۵/۹	۷/۱۰	۰/۰۳۳	۰/۰۰۱۵
۵	۲/۴	۳/۳۳	۱/۶	۰/۰۲۸	۷/۳۷	۰/۴۲	۰/۶۶	۵/۸۳	۶/۹۲	۰/۲۹۱	۰/۰۰۰۶

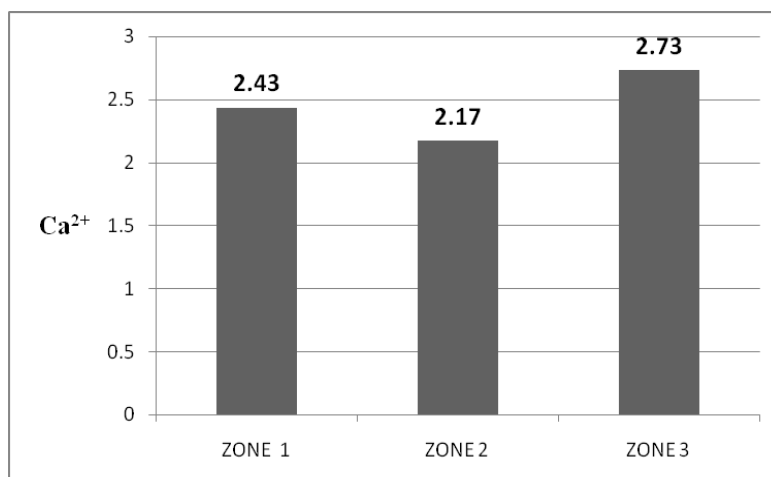
ادامه جدول ۴-۴- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه رومشگان (بر حسب meq/l)

۰/۰۰۰۴	۰/۰۶۱	۶/۹۷	۵/۶	۰/۷۵	۰/۶۱	۷/۵۳	۰/۰۴۱	۱/۸۲	۳/۴۱	۲/۲۵	۶
۰/۰۰۲۰	۰/۱۳۸	۷/۱۲	۵/۶	۰/۸۱	۰/۷	۷/۵۶	۰/۰۲۳	۱/۹۱	۳/۳۳	۲/۳	۷
۰/۰۰۰۸	۰/۱۷۷	۷/۱۱	۵/۵۷	۰/۸۹	۰/۶۴	۷/۵۳	۰/۰۰۲	۲/۱۳	۳/۵	۱/۹	۸
۰/۰۰۱۱	۰/۶۲۴	۷/۶۸	۵/۵۵	۱/۲۲	۰/۹	۸/۰۲	۰/۰۰۲	۲/۳	۳/۷۵	۲/۱۵	۹
۰/۰۰۲۲	۰/۱۴۵	۱۰/۰۳	۵/۲۴	۳/۱۸	۱/۶	۱۰/۱۲	۰/۰۲۶	۳/۷۸	۳/۹۱	۲/۴	۱۰
۰/۰۰۰۶	۰/۰۹۱	۷/۹۶	۵/۱۹	۱/۸۱	۰/۹۵	۸/۶۱	۰/۰۴۱	۲/۸۲	۳/۲۵	۲/۵	۱۱
۰/۰۰۰۸	۰/۸۳۲	۸/۰۰	۵/۰۸	۲/۰۲	۰/۹	۸/۶۸	۰/۰۴۹	۲/۹۵	۳/۵۸	۲/۱	۱۲
۰/۰۰۲۹	۰/۹۰۶	۸/۰۸	۵/۰۸	۲/۰۲	۰/۹۸	۸/۶۲	۰/۰۷۲	۳/۳	۳/۵	۱/۷۵	۱۳
۰/۰۰۲۲	۰/۸۳۸	۷/۹۴	۴/۹۳	۲/۱	۰/۹	۸/۴۲	۰/۰۵۹	۳/۷۸	۲/۵۸	۲	۱۴
۰/۰۰۱۵	۰/۴۱۵	۸/۵۳	۴/۸۵	۲/۵۸	۱/۰۹	۹/۱۳	۰/۰۴۶	۳/۸۶	۳/۱۶	۲/۰۵	۱۵
۰/۰۰۰۷	۰/۲۳۶	۸/۷۳	۴/۷۵	۲/۶۸	۱/۲۹	۹/۳۹	۰/۰۵۴	۳/۸۲	۳/۴۱	۲/۱	۱۶
۰/۰۰۱۹	۰/۵۱۷	۹/۰۸	۴/۷۵	۲/۹۷	۱/۳۵	۹/۵۶	۰/۰۰۲	۳/۹۱	۳/۲۵	۲/۴	۱۷
۰/۰۰۰۳	۰/۰۷۶	۹/۲۹	۴/۶۵	۳/۰۶	۱/۵۷	۹/۷۹	۰/۰۰۲	۳/۹۱	۳/۵۸	۲/۳	۱۸
۰/۰۰۰۳	۰/۱۳۴	۹/۴۶	۴/۶۳	۳/۰۸	۱/۷۴	۹/۶۱	۰/۰۳۸	۳/۹۵	۳/۴۱	۲/۲	۱۹
۰/۰۰۲۱	۰/۶۹۳	۹/۷۵	۴/۵۹	۳/۲۵	۱/۹۱	۱۰/۰۴	۰/۰۶۲	۴	۳/۵۸	۲/۴	۲۰
۰/۰۰۱۶	۰/۵۷۵	۹/۹۰	۴/۵۷	۳/۴۱	۱/۹۱	۱۰/۲۶	۰/۰۵۱	۴/۰۴	۳/۶۶	۲/۵	۲۱
۰/۰۰۱۰	۰/۲۹۵	۱۰/۶۵	۴/۵۵	۳/۸۹	۲/۱۹	۱۰/۶۰	۰/۰۳۶	۴/۱۷	۳/۷۵	۲/۶۵	۲۲
۰/۰۰۰۵	۰/۱۵۴	۱۰/۶۲	۴/۲۱	۴/۰۴	۲/۳۶	۱۱/۳۲	۰/۰۵۴	۴/۳	۴/۱۶	۲/۸	۲۳
۰/۰۰۰۲	۰/۰۴۶	۱۱/۱۷	۴/۰۸	۴/۳۳	۲/۷۶	۱۱/۴۷	۰/۰۳۱	۴/۴۳	۴/۳۳	۲/۹۵	۲۴
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۱	۱۱/۵۸	۳/۹۸	۴/۷۲	۲/۸۷	۱۲/۴۰	۰/۰۲۶	۴/۶	۴/۶۶	۳/۱	۲۵

۴-۳-۱- کلسیم (Ca^{2+})

سازمان بهداشت جهانی (WHO)، حداکثر غلظت مطلوب کلسیم را ۷۵ میلی گرم بر لیتر (معادل ۳/۷۵ میلی اکی والان بر لیتر) و حداکثر غلظت مجاز برای آن را ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر (معادل ۱۰ میلی اکی والان بر لیتر) پیشنهاد داده است. میزان کلسیم در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان از ۳/۳ - ۱/۹ میلی اکی والان بر لیتر متغیر است. بر این اساس، غلظت کلسیم موجود در آبهای

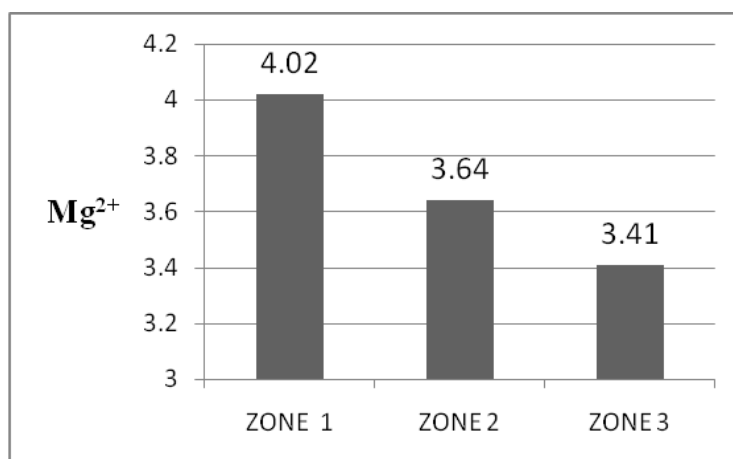
زیرزمینی منطقه در حد مطلوب است. همان طور که در شکل (۹-۴) نشان داده شده است، میزان کلسیم در زونهای مختلف دشت رومشگان بسیار نزدیک به هم می‌باشد.



شکل ۹-۴- مقدار کلسیم (بر حسب meq/l) در زونهای مختلف آب زیرزمینی دشت رومشگان

۲-۳-۴- منیزیم (Mg²⁺)

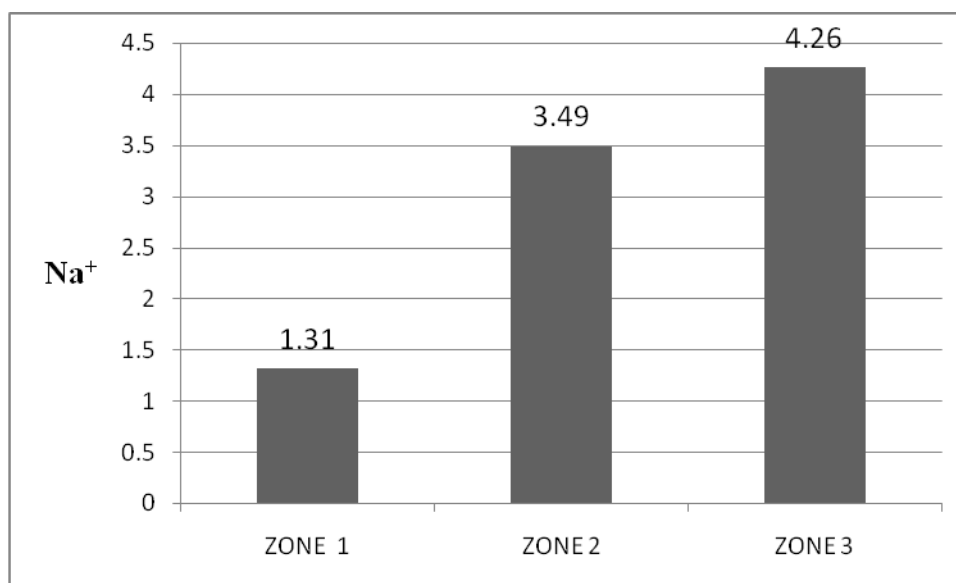
سازمان بهداشت جهانی مقدار مطلوب منیزیم را ۵۰ میلی گرم در لیتر (معادل ۴/۱۶ میلی اکی والان بر لیتر) و حداکثر مقدار مجاز آن را ۱۵۰ میلی گرم در لیتر (معادل ۱۲/۵ میلی اکی والان بر لیتر) پیشنهاد کرده است. غلظت منیزیم در آبهای منطقه رومشگان بین ۴/۹ - ۲/۸ است، بنابراین غلظت منیزیم از حد مطلوب، اندکی کمتر است. همان طور که در شکل (۱۰-۴) نشان داده شده، غلظت منیزیم در زون ۱ بسیار بیشتر از زون ۲ و ۳ است. زیرا در زون ۱، سازندهای کربناتی آسماری و آسماری-شهبازان که حاوی مقدار زیادی منیزیم است، رخمون دارند.



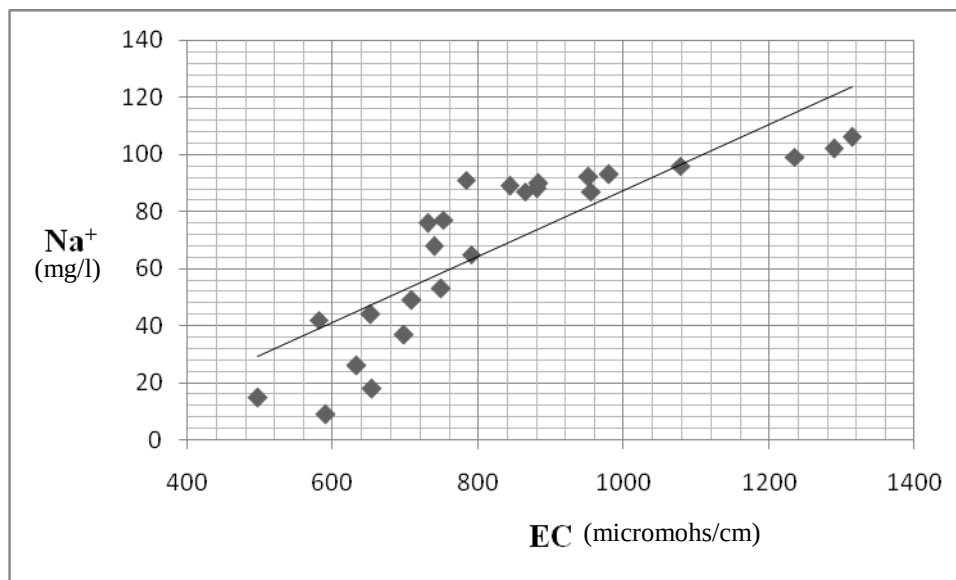
شکل ۱۰-۴- مقدار منیزیم (بر حسب meq/l) در زونهای مختلف آب زیرزمینی دشت رومشگان

۴-۳-۳- سدیم (Na^+)

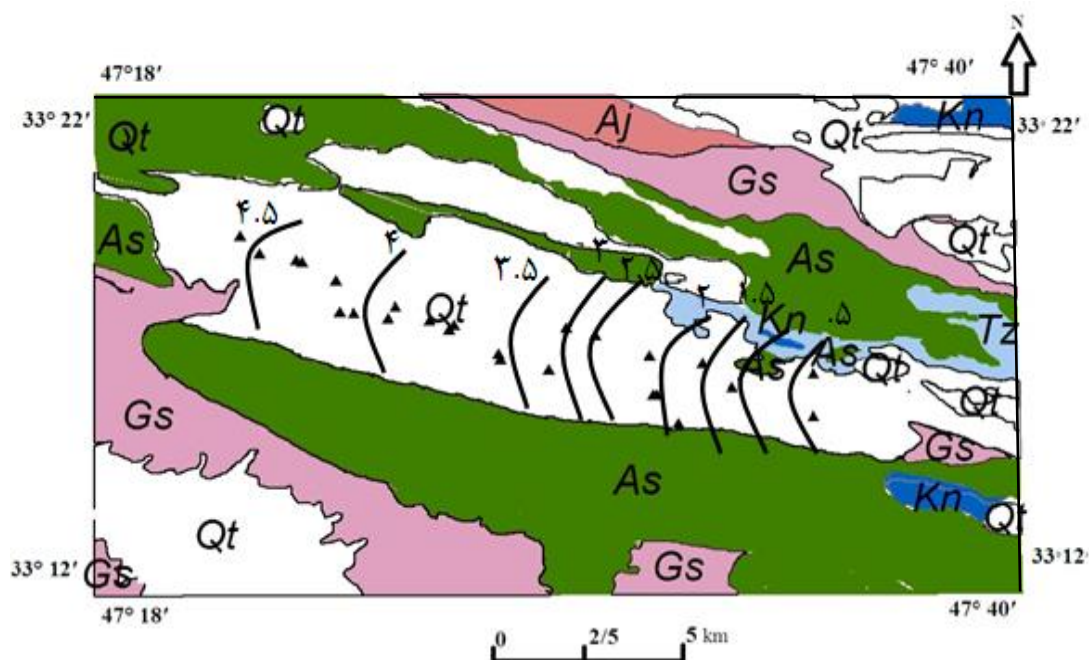
بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، غلظت معادل ۲۰ میلی گرم در لیتر (معادل ۰/۸۶ میلی اکی والان بر لیتر) برای سدیم به عنوان حد مطلوب، و حداکثر غلظت مجاز این کاتیون ۱۵۰ میلی گرم در لیتر (معادل ۶/۵۲ میلی اکی والان بر لیتر) است. میزان سدیم در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان بین ۴/۶۰ - ۰/۳۹ میلی اکی والان بر لیتر متغیر است. در نتیجه غلظت سدیم در اکثر چاه‌های منطقه از حد مطلوب بسیار بیشتر ولی از حد مجاز کمتر است. نکته قابل توجه اختلاف بسیار زیاد و معنا دار میزان سدیم در زون ۱، زون ۲ و زون ۳ است (شکل ۴-۱۱). همان طور که در شکل (۴-۱۲) نشان داده شده است غلظت سدیم به تبع هدایت الکتریکی تغییر می‌کند، یعنی هرچه که بر میزان هدایت الکتریکی افزوده می‌شود، میزان سدیم نیز افزایش می‌یابد. بنابراین هر چه از بالادست منطقه یعنی منطقه تغذیه به سمت پایین دست یعنی منطقه تخلیه آبهای زیرزمینی پیش می‌رویم، بر میزان سدیم افزوده می‌شود. زیرا زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی افزایش می‌یابد و به این ترتیب انحلال کانیهای سدیم‌دار مسیر عبور آب نیز بیشتر می‌شود. تغییرات غلظت سدیم در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان در شکل (۴-۱۳) رسم شده است.



شکل ۴-۱۱- مقدار سدیم (بر حسب meq/l) در زونهای مختلف آب زیرزمینی دشت رومشگان



شکل ۴-۱۲- نمودار رابطه بین مقادیر سدیم و هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان



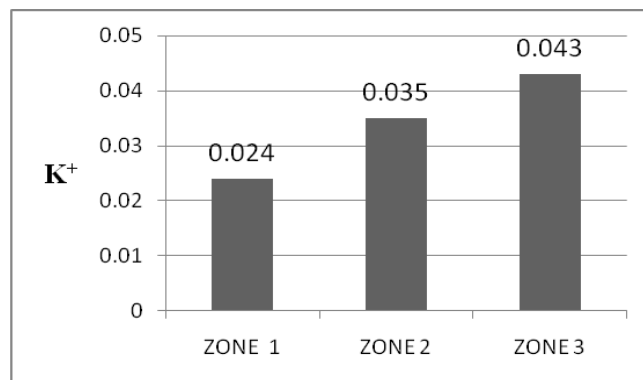
Legend

- Qt Quaternary Deposit: Gravel, Sand, Clay, Silt
- Aj Aghajari Formation: Gypsum, Marne, Salt
- Gs Gachsaran Formation: Gypsum, Marne, Salt
- As Asmari Formation: Limestone, Dolomite
- Kn Kashkan Formation: Conglomerate, Sandstone, Siltstone
- Tz Tala Zabg Formation: Limestone

شکل ۴-۱۳- نقشه تغییرات غلظت سدیم (بر حسب meq/l) در دشت رومشگان در اسفند ۱۳۸۹

۴-۳-۴- پتاسیم (K^+)

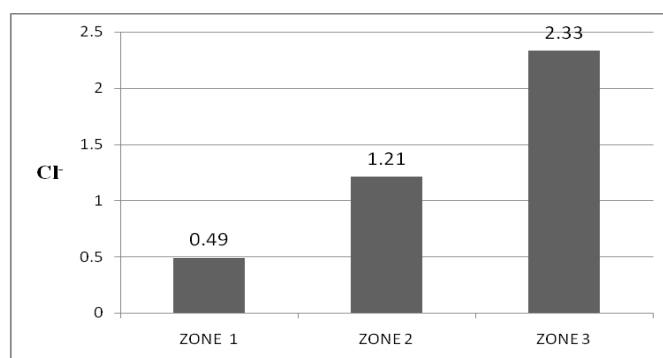
سازمان بهداشت جهانی هیچ استاندارد را برای غلظت مطلوب پتاسیم در آبهای زیرزمینی پیشنهاد نکرده است. در هر صورت، غلظت پتاسیم در آبهای مورد مطالعه پایین و کمتر از سایر کاتیونها است. توجه به شکل (۴-۱۴) غلظت پتاسیم در زونهای مختلف اختلاف چندانی با هم ندارد.



شکل ۴-۱۴- غلظت پتاسیم (بر حسب meq/l) در زونهای مختلف آب زیرزمینی دشت رومشگان

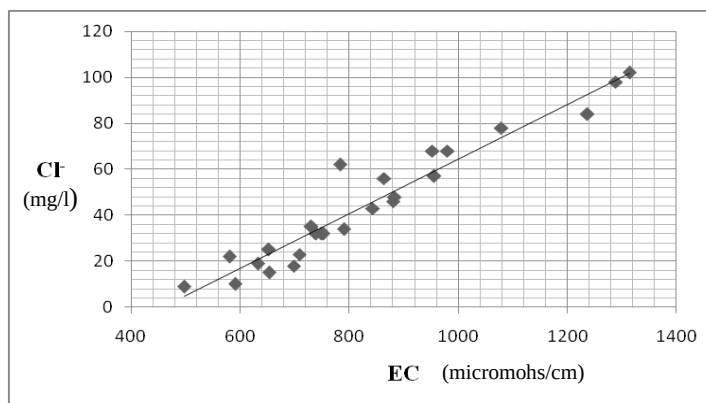
۴-۳-۵- کلر (Cl^-)

بر اساس استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، میزان مطلوب کلر برای مصارف آشامیدنی ۲۵ میلی گرم در لیتر (معادل ۱/۰۱ میلی اکی والان بر لیتر) و حداکثر میزان مجاز آن ۲۰۰ میلی گرم در لیتر (معادل ۷/۰۴ میلی اکی والان بر لیتر) است. در نمونههای آب منطقه مورد مطالعه، حداکثر و حداقل غلظت یون کلر به ترتیب ۶/۳۹ و ۰/۷۳ میلی اکی والان بر لیتر است. نکته قابل توجه در مورد روند تغییرات کلر در نمونههای مورد مطالعه اختلاف بسیار زیاد این آنیون در زونهای مختلف می باشد، به طوری که میزان سدیم در زون ۳، که تحت تأثیر سازند گچساران قرار دارد، نزدیک به ۵ برابر آن در زون ۱ که تحت تأثیر سازندهای آهکی قرار دارد، است (شکل ۴-۱۵).



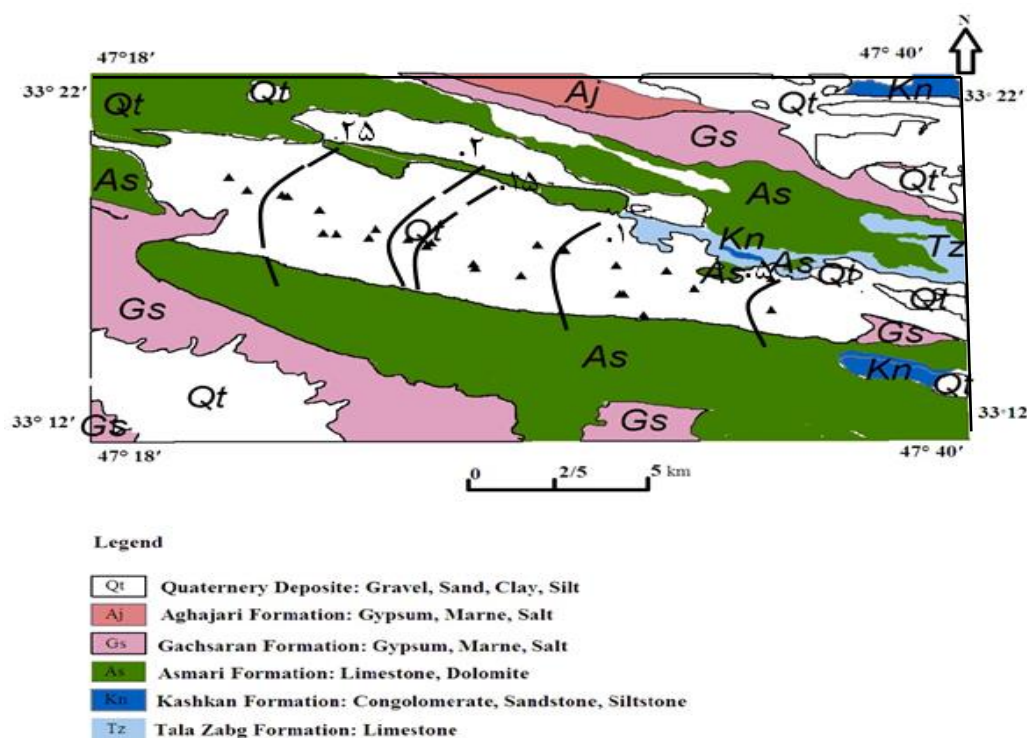
شکل ۴-۱۵- غلظت کلر (بر حسب meq/l) در زونهای مختلف آب زیرزمینی دشت رومشگان

شکل (۴-۱۶) نشان می‌دهد که در آبهای منطقه مورد مطالعه، غلظت کلر به تبع میزان هدایت الکتریکی تغییر می‌کند، به عبارتی هرچه که بر میزان هدایت الکتریکی افزوده می‌شود، میزان کلر نیز افزایش می‌یابد. بنابراین هر چه از بالادست منطقه یعنی منطقه تغذیه به سمت پایین یعنی منطقه تخلیه آبهای زیرزمینی دشت پیش می‌رویم، بر میزان کلر افزوده می‌شود. زیرا هم زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی افزایش می‌یابد و هم به سمت پایین دست منطقه بجای سازندهای کربناته، سازندهای سولفات رخمون دارند.



شکل ۴-۱۶- نمودار رابطه بین مقادیر کلر و هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

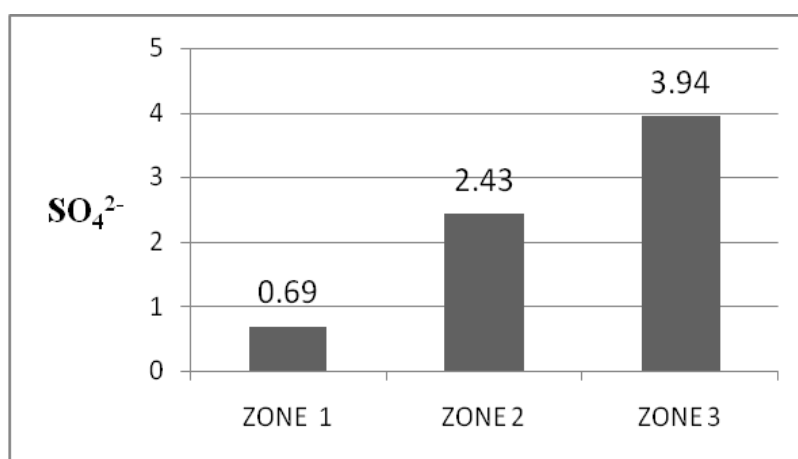
نقشه کلر در آبهای زیرزمینی دشت رومشگان در شکل (۴-۱۷) ترسیم شده است.



شکل ۴-۱۷- نقشه تغییرات غلظت کلر در آبهای دشت رومشگان در اسفند ۱۳۸۹

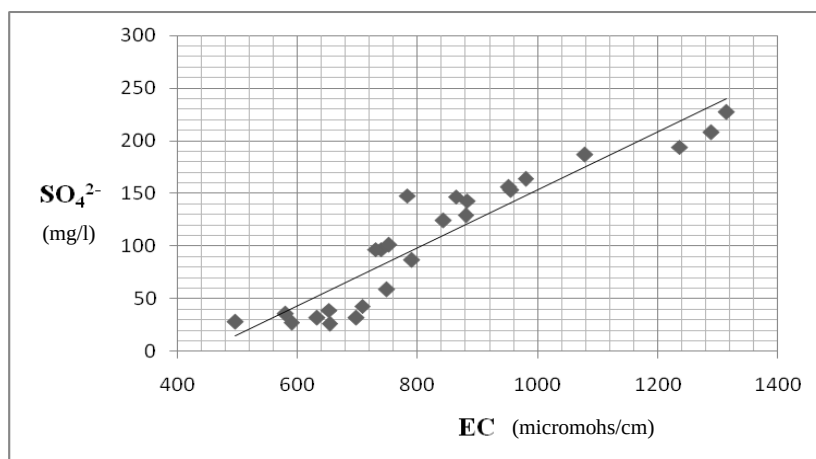
۴-۳-۶- سولفات (SO_4^{2-})

با توجه به استاندارد سازمان جهانی بهداشت، حداکثر غلظت مطلوب برای سولفات در آب آشامیدنی ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر (معادل ۴۷/ میلی اکوی والان بر لیتر) می باشد. میزان سولفات آبهای منطقه مورد مطالعه از ۴۵/۰ - ۴۳/۰ میلی اکوی والان بر لیتر متغیر است. با این حال شکل (۴-۱۸) نشان می دهد که اختلاف غلظت سولفات در زون ۱ و ۳ بیش از ۷ برابر است. این اختلاف چشمگیر، بازتاب کننده تفاوت جنس سازندهای رخنمون یافته در این دو زون است. در زون ۳ به علت رخنمون سازند گچساران، میزان سولفات نسبت به زون ۱ و ۲ بسیار بیشتر است.



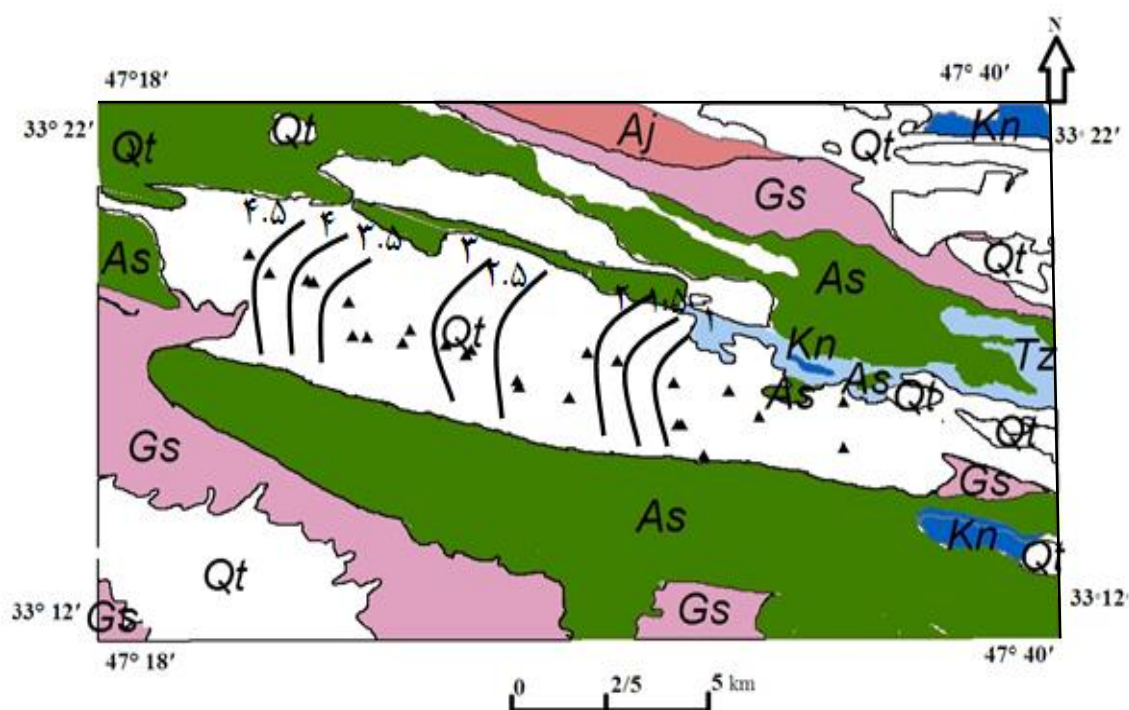
شکل ۴-۱۸ - مقدار سولفات (بر حسب meq/l) در زون های مختلف منطقه رومشگان

شکل (۴-۱۹) نشان می دهد که با افزایش هدایت الکتریکی غلظت سولفات به صورت خطی تغییر می کند، یعنی هر چه از مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه آبهای زیرزمینی پیش می رویم، سولفات به میزان چشمگیری افزایش می یابد. زیرا آب زمان بیشتری برای حل کردن کانیهای سولفاتی داشته است و بنابراین این کانیها را در خود حل کرده است. همچنین هر چه از سمت مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه پیش می رویم، از رخنمون سازندهای کربناته کاسته شده و سازندهای سولفاته ظاهر می شوند. بنابراین دو عامل زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی و اختلاف لیتولوژی در مناطق تغذیه و تخلیه سبب شده است که با پیشروی از سمت مناطق بالادست به سمت مناطق پایین دست بر میزان سولفات به صورت چشمگیری افزوده شود.



شکل ۴-۱۹- نمودار رابطه بین مقادیر سولفات و هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

نقشه سولفات در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان در شکل (۴-۲۰) ترسیم شده است.



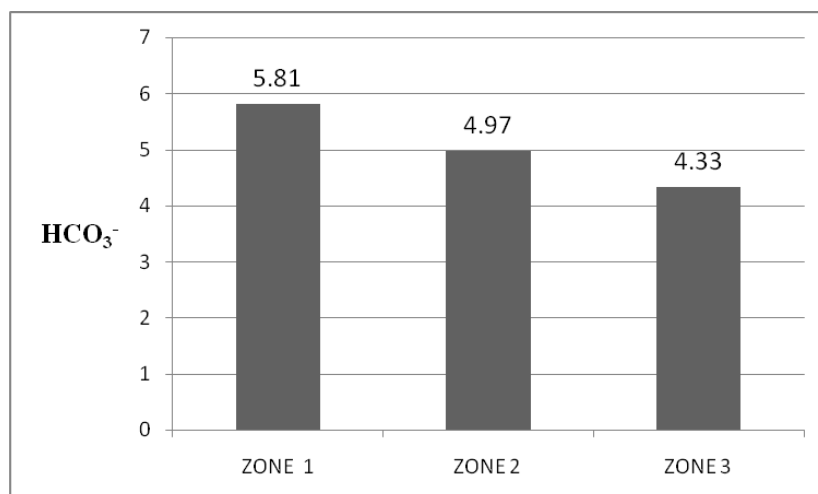
Legend

- Qt Quaternary Deposite: Gravel, Sand, Clay, Silt
- Aj Aghajari Formation: Gypsum, Marne, Salt
- Gs Gachsaran Formation: Gypsum, Marne, Salt
- As Asmari Formation: Limestone, Dolomite
- Kn Kashkan Formation: Conglomerate, Sandstone, Siltstone
- Tz Tala Zabg Formation: Limestone

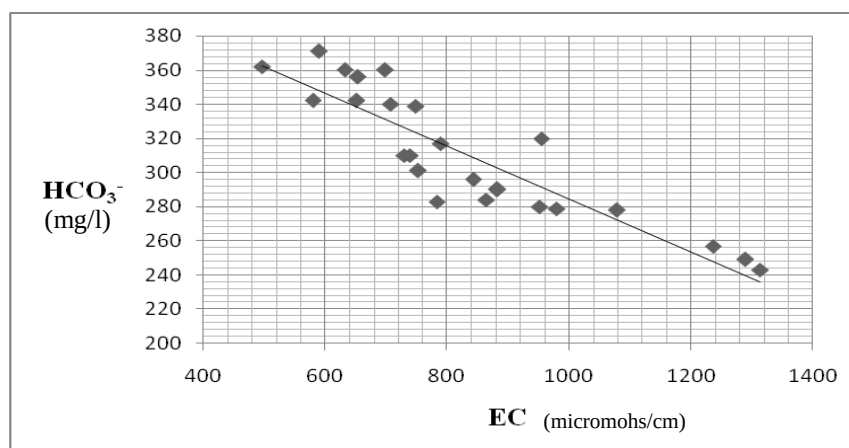
شکل ۴-۲۰- نقشه سولفات در آبهای دشت رومشگان در اسفند ۱۳۸۹

۴-۳-۷- بی کربنات (HCO_3^-)

سازمان بهداشت جهانی برای آنیون بی کربنات استاندارد ارائه نکرده است. در شکل (۴-۲۱) غلظت بی کربنات در زون‌های مختلف منطقه مورد مطالعه مقایسه شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود غلظت بی کربنات در زون ۳ بسیار کمتر از زون ۱ است. ترکیب آهکی رخنمون یافته در بخش جنوب شرقی سبب افزایش بی کربنات در زون ۱ شده و ضمن حرکت آب به سمت بخش‌های غربی و در اثر رسوب کلسیت از محلول مقدار بی کربنات به سمت زون ۳ کاهش می‌یابد. بنابراین هر چه از جنوب شرق حوضه، (که سازندهای کربناته رخنمون دارند) به سمت شمال غرب (که سازندهای سولفاته رخنمون دارند) پیش رویم، غلظت بی کربنات کاهش می‌یابد (شکل ۴-۲۲).



شکل ۴-۲۱- مقدار بی کربنات (بر حسب meq/l) در زون‌های مختلف دشت رومشگان



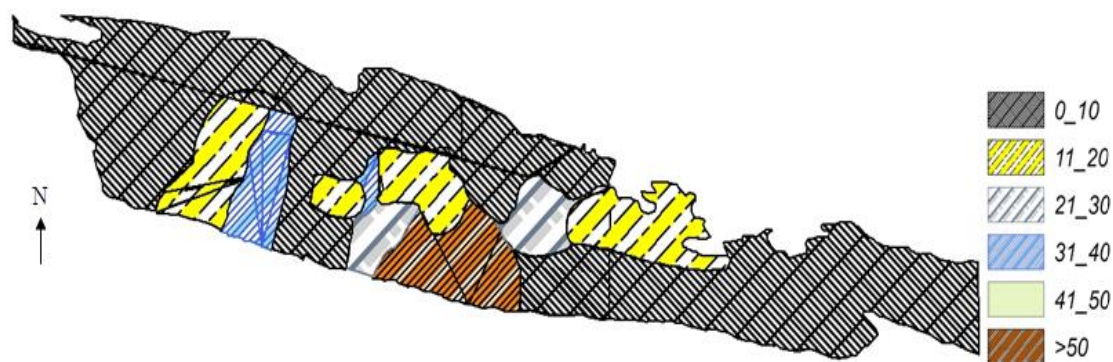
شکل ۴-۲۲- نمودار تغییرات بی کربنات به تغییرات هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

۴-۳-۸- غلظت نیترات (NO_3^-)

فعالیت‌های کشاورزی، یکی از منابع ورود نیترات به آبهای زیرزمینی است. غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی تابع میزان کود مصرفی در زمینهای کشاورزی است (Chae et al. 2003). غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان بین ۵۶-۰/۹ میلی گرم در لیتر تغییر می‌کند. میانگین غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۱۸/۳۶ میلی گرم بر لیتر است. سازمان بهداشت جهانی (WHO) میزان استاندارد غلظت نیترات را ۵۰ میلی گرم در لیتر پیشنهاد می‌کند. بنابراین با نگاهی به توزیع نیترات در منطقه ملاحظه می‌شود که غلظت نیترات در برخی نمونه‌ها از حد استاندارد بالاتر است.

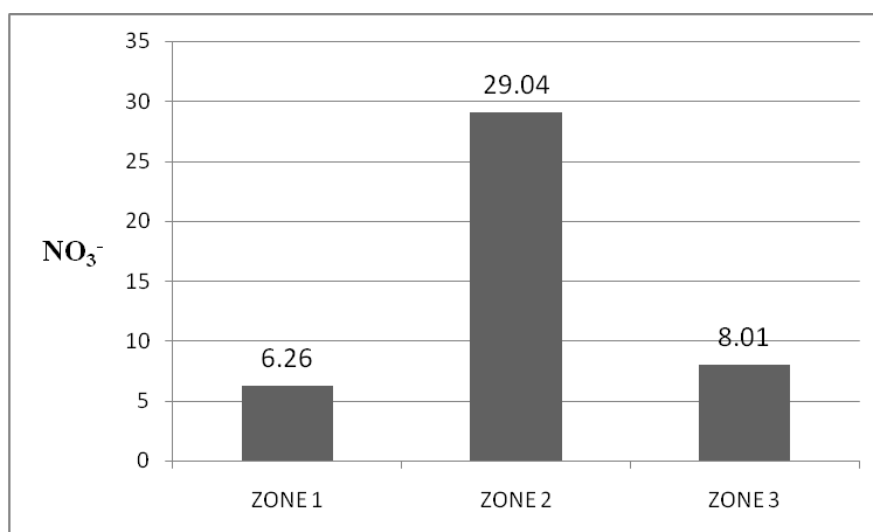
غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان تنها در اثر فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند. مهمترین محصولات کشاورزی منطقه رومشگان طالبی، گوجه، چغندرقد، هندوانه، گندم و جو است. به گفته ساکنان منطقه از نظر نیاز به کود (حیوانی و شیمیایی) در بین کشتهای فوق، طالبی بیشترین مصرف کود را دارد و بعد از آن به ترتیب گوجه، چغندرقد، هندوانه، گندم و جو قرار دارند. بنابراین می‌توان انتظار داشت که در هر نقطه با توجه به نوع کشت میزان نیترات در آبهای زیرزمینی بسیار متفاوت باشد. کمترین غلظت نیترات (۰/۹ میلی گرم در لیتر) در قسمت‌های شرقی منطقه است که بیشتر گندم و جو کشت می‌شود، است. بیشترین غلظت نیترات (۵۶ میلی گرم در لیتر) نیز مربوط به آبهای زیرزمینی قسمت‌های مرکزی منطقه است که در آن طالبی، گوجه و هندوانه به مقدار فراوان کشت می‌شود. در قسمت‌های شمال غربی منطقه نیز چغندرقد به مقدار فراوان کشت می‌شود و این مناطق نیز از نظر میزان نیترات بعد از قسمت‌های مرکزی، در رده دوم قرار دارند.

در شکل (۴-۲۳) تغییرات نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه رسم شده است. میزان نیترات در بیش از نیمی از نمونه‌های برداشت شده، کمتر از ۱۰ میلی گرم بر لیتر (بسیار کمتر از حد استاندارد WHO) می‌باشد این در حالی است که تنها در سه مورد میزان نیترات، بیش از حد مجاز آن است. دلیل این امر احتمالاً آن است که کشاورزی در این منطقه به دلیل کمبود آب در برخی مناطق رونق کمتری دارد. در هر حال فعالیت‌های کشاورزی و مصرف کود می‌تواند خطر آلودگی آبهای زیرزمینی را به دنبال داشته باشد.



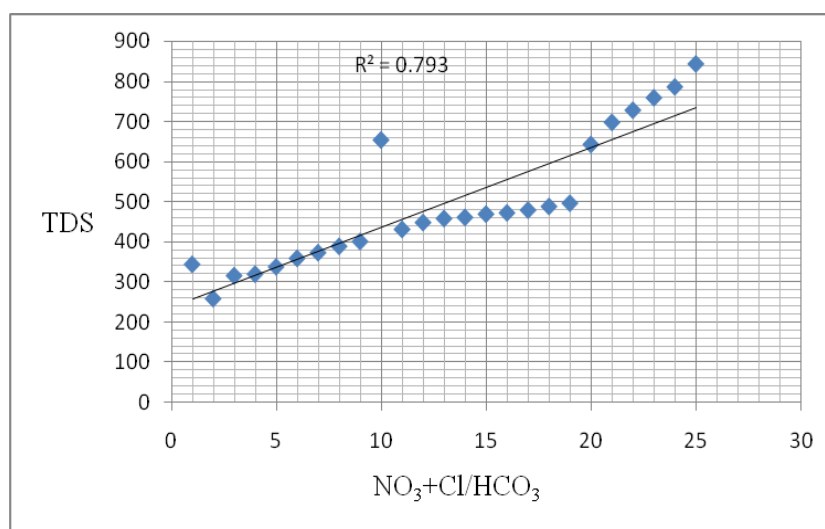
شکل ۴-۲۳- تغییرات میزان نیترات (بر حسب mg/l) در آبهای زیرزمینی دشت رومشگان

میزان نیترات در زونهای منطقه رومشگان در شکل (۴-۲۴) رسم شده است. همان طور که دیده می‌شود میزان نیترات در زون میانی دشت (زون ۲) بسیار بیشتر از زونهای دیگر می‌باشد. به نظر می‌رسد فعالیت کشاورزی در مناطق میانی دشت نسبت به مناطق دیگر به صورت گسترده‌تری انجام می‌گیرد. تمام نیترات موجود در زون ۲ به چند دلیل به زون ۳ نمی‌رسد. اولاً ممکن است قسمتی از آب موجود در زون ۳ از جایی دیگر تغذیه شود که نیترات کمتری دارد، ثانیاً ممکن است قسمتی از نیترات در حین حرکت به زون ۳، جذب کانیهایی رسی شده و میزان آن کمتر شود. در ضمن زون ۳ نفوذ پذیری کمتری نسبت به زون ۲ دارد.



شکل ۴-۲۴- مقدار نیترات (mg/l) در زونهای مختلف دشت رومشگان

همان طور که قبلاً اشاره شد، ترکیب شیمیایی آبهای زیرزمینی معمولاً به وسیله واکنش بین آب / سنگ و نیز فعالیت‌های انسانی کنترل می‌شود. طبق گفته هان و لیو (Han and Liu, 2004) به نقل از (Jalali, 2009) فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی می‌تواند سبب افزایش غلظت یونهای نیتрат، سولفات، فسفر، کلر و سدیم شود. این فاکتورها می‌توانند مرتبط با TDS باشند و نشان دهنده‌ی اثر فعالیت‌های انسانی بر آبهای زیرزمینی باشند به عبارت بهتر اگر رابطه‌ی این یونها با TDS معلوم شود و هم بستگی نشان دهد، می‌تواند دلالت بر فعالیت‌های انسانی در تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی باشد. همان طور که در ۴-۲۵ دیده می‌شود همبستگی بسیار خوبی ($r = 0.79$) بین TDS و $Cl+NO_3/HCO_3$ وجود دارد. این شکل بیانگر این مطلب است که نیترات موجود در آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بیشتر در اثر فعالیت‌های انسانی به این آبها اضافه شده‌اند.

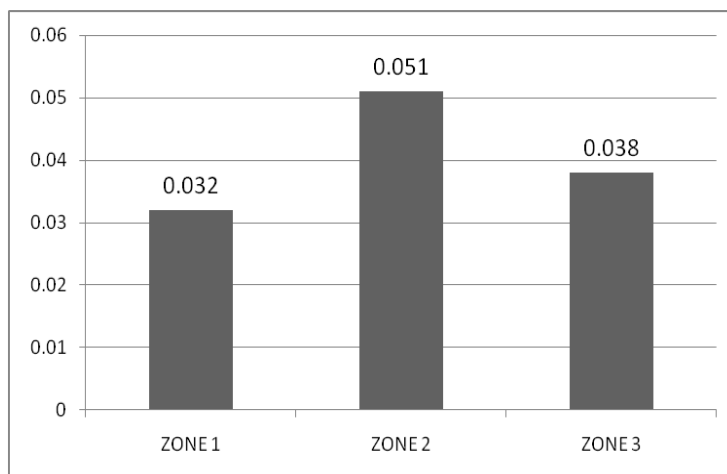


شکل ۴-۲۵- نمودار تغییرات مجموع نیترات و کلر بر بی کربنات در مقابل TDS (نسبت‌ها بر حسب mg/l)

۴-۳-۹- فسفات (PO_4^{3-})

برای فسفات هیچ استاندارد از طرف سازمان بهداشت جهانی پیشنهاد نشده است. در منطقه رومشگان، مصرف کود فسفاتی در مقایسه با کود نیتراتی بسیار کمتر است. همچنین فسفات به ندرت از زمینهای کشاورزی به آبهای زیرزمینی نفوذ می‌کند، زیرا فسفات موجود در کودهای شیمیایی بیشتر جذب کلوئیدهای خاک می‌شود. غلظت فسفات موجود در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

است در جدول (۲-۴) ارائه شده است. شکل (۴-۲۶) تغییرات فسفات را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان در حالت کلی عنوان کرد که توزیع فسفات در آبهای زیرزمینی با توزیع نیتрат هم خوانی دارد. به عبارت بهتر هم غلظت نیترات و هم غلظت فسفات در زون ۲ از زونهای دیگر بیشتر می‌باشد، چون استفاده از این دو کود در برخی از نقاط این دشت با هم انجام می‌گیرد. با این حال احتمالاً جذب فسفات توسط کلونیدهای خاک، مانع از ورود آن به آبهای زیرزمینی منطقه شده است.



شکل ۴-۲۶- نمودار تغییرات فسفات (mg/l) در زونهای منطقه رومشگان

۴-۴- سایر پارامترهای کیفی آب در منطقه رومشگان

این پارامترها شامل: کل مواد جامد حل شده (TDS)، سختی کل (TH)، درصد سدیم، نسبت جذب سدیم (SAR)، نسبت سدیم به مجموع کاتیونها، نسبت کلر به مجموع آنیونها، نسبت کلسیم به منیزیم، نسبت کلر به مجموع کلر و بی‌کربنات، و نسبت سدیم به مجموع سدیم و کلسیم می‌باشد. در جدول (۴-۵) پارامترهای کیفی مربوط به منطقه رومشگان آورده شده است.

جدول ۴-۵- پارامترهای کیفی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

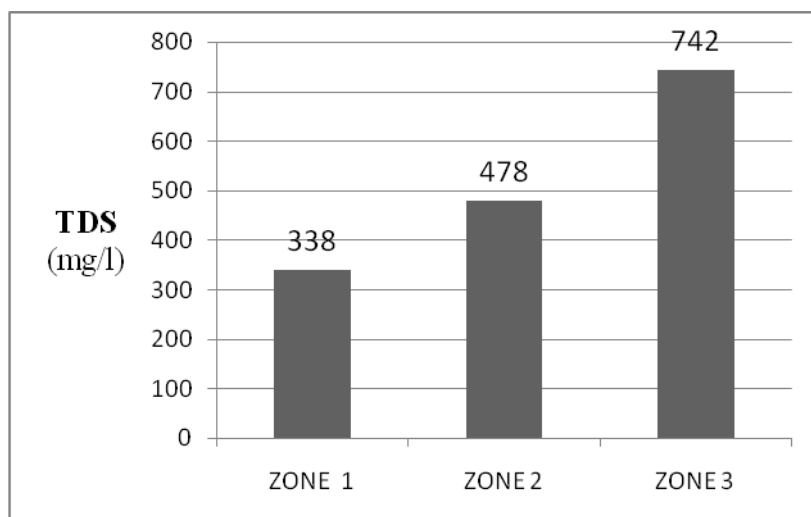
شماره نمونه	TDS (Mg/l)	%Na	SAR	TH (mg/l)	Na/ Σ cation	Cl/ Σ anion	Cl/Cl+HCO ₃	Na/Na+Ca
۱	۳۴۵	۵/۵۲	۰/۲۱	۳۳۳/۹۸	۰/۰۶	۰/۰۴۲	۰/۰۲	۰/۱۴
۲	۲۶۰	۹/۴۲	۰/۳۶	۳۲۳/۲۵	۰/۱۰	۰/۰۳۹	۰/۰۲	۰/۲۲
۳	۳۱۷	۱۱/۲۶	۰/۴۴	۳۱۹/۱۳	۰/۲۴	۰/۰۷۷	۰/۰۴	۰/۴۱
۴	۳۲۱	۱۵/۲۴	۰/۶۳	۳۲۲/۵۱	۰/۱۷	۰/۰۸۷	۰/۰۵	۰/۳۲

۰/۲۵	۰/۰۴	۰/۰۵۲	۰/۲۱	۲۸۴/۴۶	۰/۹۵	۲۲/۲۱	۳۳۹	۵
۰/۴۵	۰/۰۶	۰/۰۹۵	۰/۲۹	۲۸۱/۰۸	۱/۰۸	۲۴/۷۸	۳۶۰	۶
۰/۴۵	۰/۰۶	۰/۱۰۳	۰/۲۷	۲۷۹/۴۶	۱/۱۴	۲۵/۵۸	۳۷۴	۷
۰/۵۶	۰/۰۶	۰/۰۹۴	۰/۳۴	۲۶۷/۷۲	۱/۳۰	۲۸/۳۱	۳۹۰	۸
۰/۵۵	۰/۰۸	۰/۱۲۰	۰/۳۱	۲۹۲/۵۵	۱/۳۴	۲۸/۱	۴۰۲	۹
۰/۶۰	۰/۰۱	۰/۱۵۰	۰/۲۶	۳۱۳/۲۶	۲/۱۳	۳۷/۶۱	۶۵۴	۱۰
۰/۵۲	۰/۰۹	۰/۱۰۳	۰/۳۱	۲۸۵/۴	۱/۶۷	۳۳/۲۷	۴۳۲	۱۱
۰/۵۹	۰/۰۹	۰/۱۰۶	۰/۳۰	۲۸۱/۸۲	۱/۷۵	۳۴/۵۹	۴۹۹	۱۲
۰/۶۶	۰/۰۱	۰/۱۱۶	۰/۳۹	۲۶۰/۲۳	۲/۰۴	۳۹/۱۴	۴۵۹	۱۳
۰/۶۴	۰/۰۹	۰/۱۲۱	۰/۴۱	۲۲۷/۴۵	۲/۵	۴۵/۶۰	۴۶۲	۱۴
۰/۶۷	۰/۱۲	۰/۱۲۵	۰/۴۱	۲۵۸/۷۵	۲/۴	۴۲/۸۸	۴۷۰	۱۵
۰/۶۳	۰/۱۳	۰/۱۴۹	۰/۴۱	۲۷۳/۵۹	۲/۳	۴۱/۲۹	۴۷۳	۱۶
۰/۶۵	۰/۱۴	۰/۱۵۲	۰/۴۲	۲۸۰/۳۴	۲/۳۳	۴۰/۹۳	۴۸۰	۱۷
۰/۶۵	۰/۱۶	۰/۱۸۲	۰/۴۲	۲۹۱/۸۱	۲/۲۸	۳۹/۹۶	۴۸۹	۱۸
۰/۶۷	۰/۱۷	۰/۲۰۶	۰/۴۲	۲۷۸/۵۸	۲/۳۶	۴۱/۵۶	۴۹۷	۱۹
۰/۶۵	۰/۱۹	۰/۲۰۹	۰/۴۳	۲۹۶/۸۰	۲/۳۱	۴۰/۴۳	۶۴۳	۲۰
۰/۶۵	۰/۱۹	۰/۲۱۷	۰/۴۳	۳۰۵/۹۱	۲/۳	۳۹/۹۰	۶۹۸	۲۱
۰/۶۴	۰/۲۱	۰/۲۱۸	۰/۴۳	۳۱۷/۵۲	۲/۳۳	۳۹/۶۸	۷۲۸	۲۲
۰/۶۳	۰/۲۴	۰/۲۴۵	۰/۴۴	۳۴۵/۵۸	۲/۳۱	۳۸/۴۸	۷۵۹	۲۳
۰/۶۳	۰/۲۸	۰/۲۶۹	۰/۴۶	۳۶۱/۳۰	۲/۳۲	۳۸/۰۱	۷۸۶	۲۴
۰/۶۱	۰/۲۹	۰/۲۶۹	۰/۴۸	۳۸۵/۲۵	۲/۳۴	۳۷/۳۷	۸۴۳	۲۵

۴-۴-۱- کل مواد جامد حل شده (TDS)

کل مواد جامد حل شده در آب برابر مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب است. میزان TDS در نمونه‌های مورد مطالعه بین ۸۴۳-۲۶۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. در شکل (۴-۲۷) کل مواد جامد حل شده در زونهای مختلف منطقه رومشگان با هم مقایسه شده است. طبق این شکل می‌توان گفت که این پارامتر در زون ۲ دو برابر زون ۱ می‌باشد، چون هر چه به طرف پایین دست پیش می‌رویم

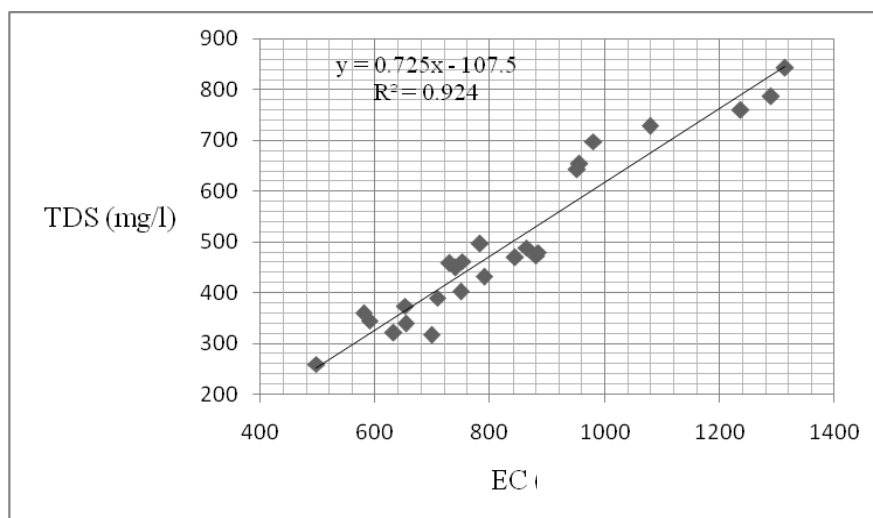
املاح بیشتری در آب حل می‌شوند و TDS افزایش می‌یابد. بنابراین هر چه از مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه پیش می‌رویم، بر مقدار TDS نمونه‌ها افزوده می‌شود.



شکل ۴-۲۷- تغییرات TDS در زون‌های مختلف منطقه رومشگان

کمترین مقدار TDS مربوط به قسمت‌های بالادست منطقه (زون ۱) و مناطق تغذیه، و بیشترین مقدار آن نیز مربوط به قسمت‌های پایین دست منطقه (زون ۳) است. چون در قسمت‌های بالادست (قسمت‌های شرقی) که شامل مناطق تغذیه می‌باشد، سازندها عمدتاً آهکی می‌باشند و زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی نیز کم است، در نتیجه انحلال مواد در آبهای زیرزمینی کمتر رخ می‌دهد. بنابراین کیفیت آب بخشهای شرقی دشت خوب و آب حاوی مواد حل شده کمتری است، اما در قسمت‌های پایین دست منطقه (به عبارتی قسمت‌های غربی)، که مناطق تخلیه آب‌های زیرزمینی می‌باشند، سازندهایی مانند سازند گچساران رخنمون دارد که سبب پایین آمدن کیفیت آب آن محدوده می‌شوند، ضمن اینکه آب زیرزمینی تا وقتی که به نقطه تخلیه رسیده است مواد زیادی را در خود حل کرده است. بنابراین میزان TDS نمونه‌ها همانند میزان هدایت الکتریکی از بالادست منطقه به سمت پایین دست افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد. به عبارت بهتر بین TDS و EC همواره رابطه مستقیمی وجود دارد و تغییرات آنها مشابه یکدیگر است (شکل ۴-۲۸).

سازمان بهداشت جهانی، حداکثر مقدار مطلوب و مجاز TDS را برای آبهای آشامیدنی، به ترتیب ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر پیشنهاد می‌کند. بر این اساس آبهای زیرزمینی منطقه از نوع مطلوب تا مجاز برای آشامیدن می‌باشند.



شکل ۴-۲۸- نمودار تغییرات TDS در برابر تغییرات EC (برحسب micromhos/cm)

۴-۲-۴- سختی کل (TH)

با توجه به جدول (۴-۵) میزان سختی کل در آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بین ۲۲۷-۳۸۵ (mg/l) متغیر است. کیفیت آبها بر اساس سختی کل به ۴ گروه طبقه‌بندی می‌شود (جدول ۴-۶).

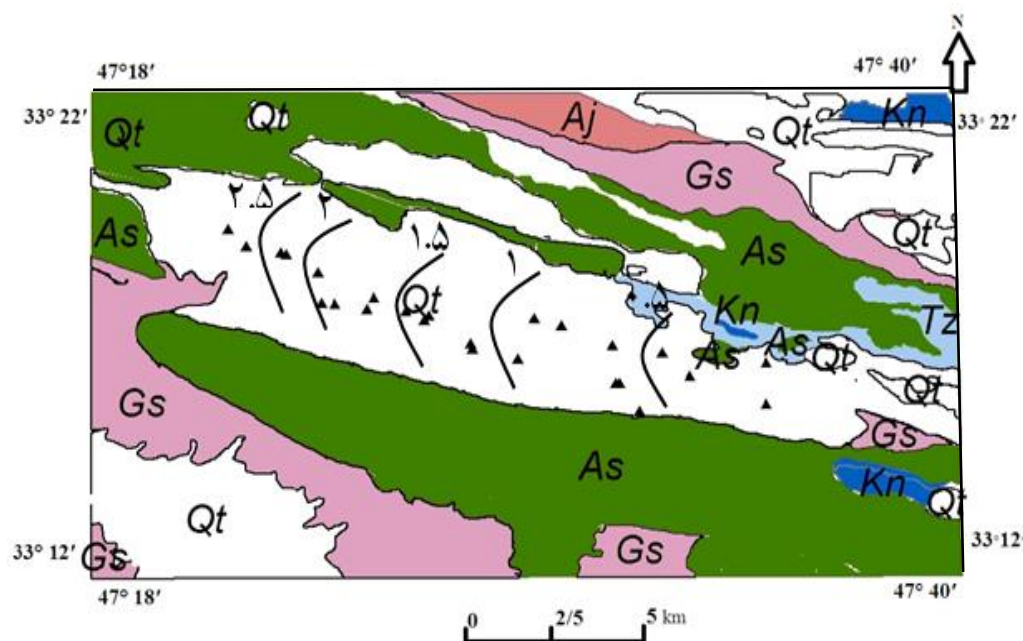
جدول ۴-۶- طبقه‌بندی کیفی آبها بر اساس سختی کل

سختی کل (میلی گرم بر لیتر)	کیفیت آب
کمتر از ۷۵	آب نرم
بین ۷۵ تا ۱۵۰	نسبتاً سخت
بین ۱۵۰ تا ۳۰۰	سخت
بیشتر از ۳۰۰	خیلی سخت

بر اساس جدول (۴-۶) آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان اکثراً از نوع سخت هستند. سازمان بهداشت جهانی، حداکثر مقدار مطلوب و مجاز سختی کل را به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر پیشنهاد می‌کند، بنابراین سختی کلیه آبهای زیرزمینی منطقه، بیشتر از حد مطلوب بوده و کمتر حد مجاز است.

۴-۴-۳- نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها

کلر یکی از آنیون‌های بسیار مهم در آب است. تغییرات نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها در آبهای زیرزمینی منطقه در شکل (۴-۲۹) ارائه شده است. روند کلی تغییرات غلظت کلر نسبت به مجموع آنیون‌ها در منطقه رومشگان با روند تغییرات هدایت الکتریکی آبها مشابهت دارد. همان طور که پیش از این گفته شد، این تغییرات مربوط به تغییر لیتولوژی می‌باشد. این تغییر آن چنان است که تفاوت مزه آب از نظر شوری در قسمت‌های غرب و شرق دشت کاملاً مشهود است و ساکنان قسمت‌های غربی این دشت از مزه شور آب‌های آشامیدنی خود گلایه دارند.



Legend

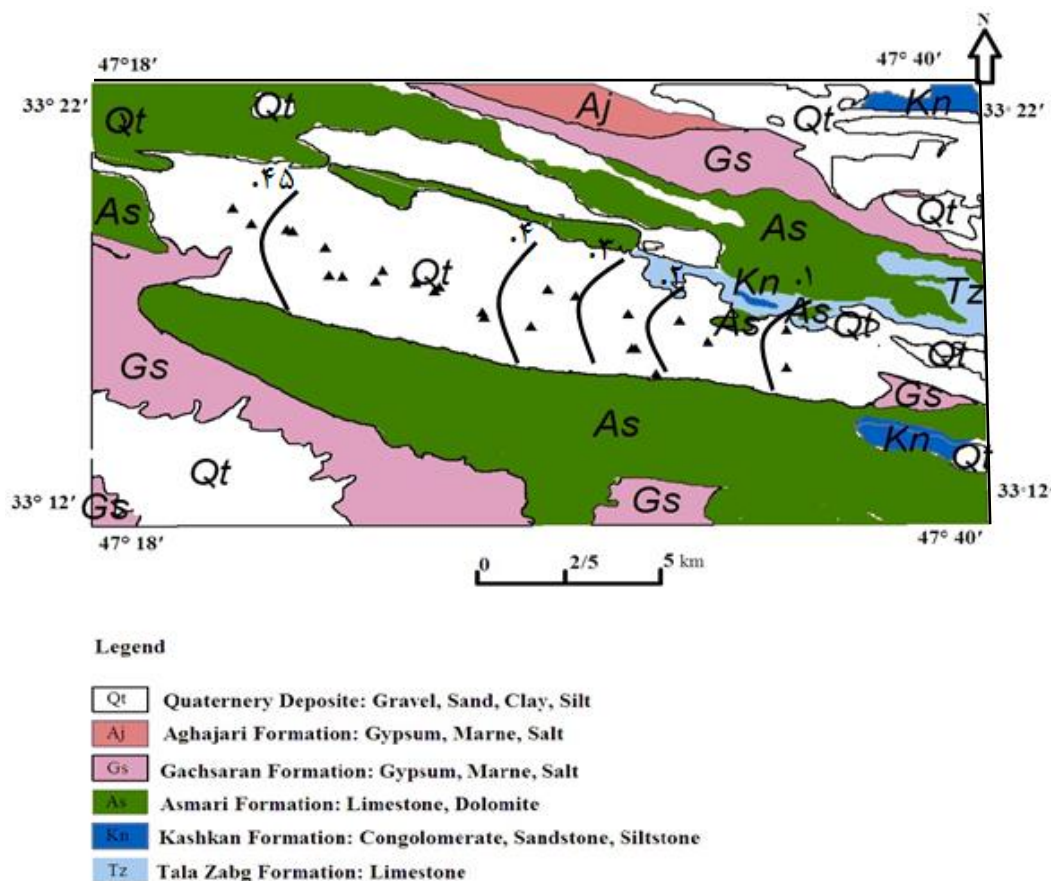
Qt	Quaternary Deposit: Gravel, Sand, Clay, Silt
Aj	Aghajari Formation: Gypsum, Marne, Salt
Gs	Gachsaran Formation: Gypsum, Marne, Salt
As	Asmari Formation: Limestone, Dolomite
Kn	Kashkan Formation: Conglomerate, Sandstone, Siltstone
Tz	Tala Zabg Formation: Limestone

شکل ۴-۲۹- تغییرات نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

۴-۴-۴- نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها

در بین کاتیون‌ها، سدیم از نظر اثر آن بر کیفیت آبهای زیرزمینی و اثری که بر روی آبهای مورد استفاده کشاورزی می‌گذارد بسیار مهم است. روند تغییرات سدیم نسبت به کاتیون‌ها نیز مشابه روند

تغییرات هدایت الکتریکی است و از سمت شرق دشت به سمت غرب، مقدار آن افزایش پیدا می‌یابد. تغییرات درصد سدیم و نسبت جذب سدیم نیز از این روند کلی تبعیت می‌کنند. نقشه نسبت سدیم به مجموع کاتیونها در شکل (۴-۳۰) آمده است.

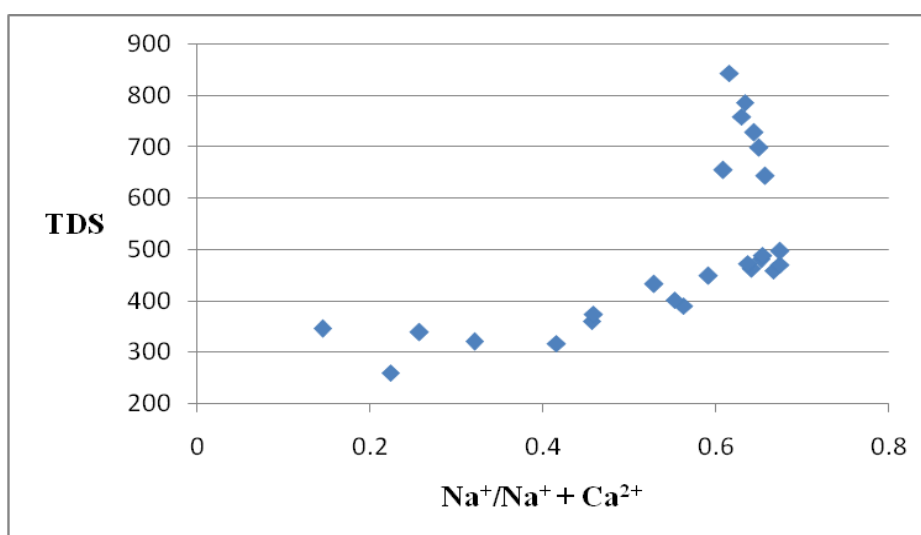


شکل ۴-۳۰- تغییرات نسبت سدیم به مجموع کاتیونها در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

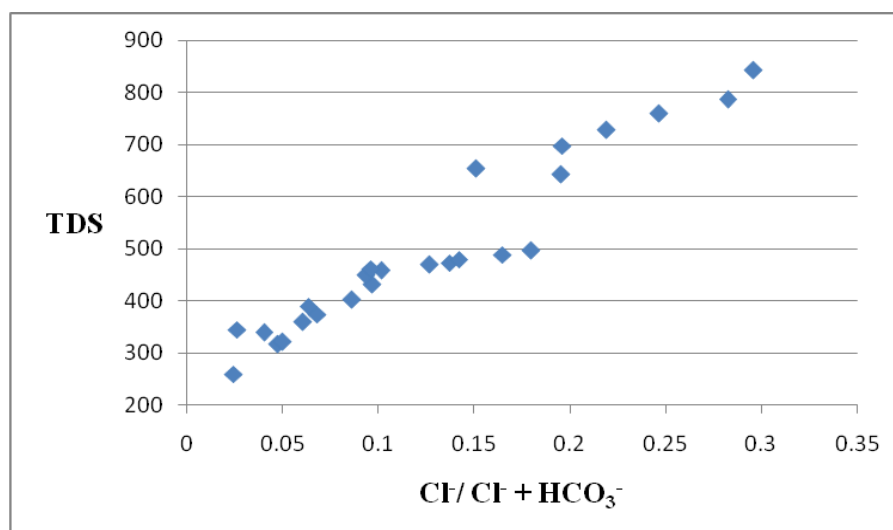
۴-۵- ارتباط متقابل بین آب و سنگ‌های در بر گیرنده

برای بررسی تأثیر لیتولوژی یک منطقه بر کیفیت آبهای زیرزمینی، تعیین سازوکار حاکم بر جریان آب زیرزمینی، و عوامل موثر بر غلظت یونهای اصلی موجود در آبهای زیرزمینی از نمودار گیبس استفاده می‌شود (Subbarao 2001). نمودار گیبس ترکیب آب را بر مبنای عوامل موثر شامل بارندگی، ترکیب سنگها و تبخیر-تبلور نشان می‌دهد. این نمودار برای کاتیونها و آنیونها به صورت مجزا ترسیم می‌شود و محور قائم این نمودارها، TDS را نشان می‌دهد. در نموداری که برای کاتیونها رسم می‌شود بر روی محور افقی نسبت $Na/(Na+Ca)$ (شکل ۴-۳۱) و در نمودار مربوط به آنیونها روی محور افقی نسبت

لیتولوژی و تبخیر و تبلور را نشان می‌دهد. اگر میزان TDS نمونه‌های آب بین ۱۰۰-۱۰۰۰ باشد و میزان نسبت‌های $\text{Na}/\text{Na}+\text{Ca}$ و $\text{Cl}/\text{Cl}+\text{HCO}_3$ بین ۰/۶-۰ باشد، عامل لیتولوژی بر ترکیب آب موثر بوده، به عبارتی ترکیب آب نفوذ کننده تحت تأثیر ویژگی‌های شیمیایی سنگها قرار گرفته است. مقادیر پایین‌تر از این مقادیر نشان دهنده تأثیر عامل بارندگی و مقادیر بالاتر نشان دهنده تأثیر پدیده‌ی تبخیر و تبلور بر ترکیب آب زیرزمینی است. با توجه به شکل‌های (۴-۳۱) و (۴-۳۲) مشخص می‌شود که ترکیب آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان، تحت تأثیر ترکیب سنگ‌شناسی منطقه می‌باشد.



شکل ۴-۳۱- نمودار تغییرات کاتیونهای غالب در مقابل TDS (نسبت‌ها بر حسب mg/l)



شکل ۴-۳۲- نمودار تغییرات آنیونهای غالب در مقابل TDS (نسبت‌ها بر حسب mg/l)

۴-۵- ضریب همبستگی عناصر مختلف

ضریب همبستگی (r) میزان همخوانی و همبستگی عناصر مختلف را نشان می‌دهد. مثلاً می‌دانیم که هدایت الکتریکی و کل جامدات حل شده پارامترهایی هستند که در همه حال رابطه مستقیم با یکدیگر دارند، پس ضریب همبستگی آنها با هم بسیار بیشتر از سایر پارامترها می‌باشد. این بیان برای رابطه سدیم، کلر و سولفات با هدایت الکتریکی نیز صادق است و این عناصر نیز با هم همبستگی مثبت بالایی نشان می‌دهند. در این مورد از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده است. روابط همبستگی سایر عناصر در جدول (۴-۷) آورده شده است.

جدول ۴-۷- ضریب همبستگی کاتیونها و آنیونها و برخی پارامترهای کیفی آب

	EC	T.D.S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ³⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
EC	۱							
T.D.S	۰/۹۶۱	۱						
Ca ²⁺	۰/۴۸۱	۰/۴۳۴	۱					
Mg ²⁺	۰/۴۷۷	۰/۴۳۵	۰/۶۲۳	۱				
Na ⁺	۰/۸۳۴	۰/۸۴۲	۰/۰۷۳	۰/۰۹۷	۱			
HCO ³⁻	-۰/۸۹۲	-۰/۸۸۵	-۰/۲۱۱	-۰/۲۲۹	-۰/۹۵۱	۱		
Cl ⁻	۰/۹۶۳	۰/۹۶۷	۰/۴۰۷	۰/۴۲۵	۰/۸۸۱	-۰/۹۳۷	۱	
SO ₄ ²⁻	۰/۹۳۲	۰/۹۴۳	۰/۳۱۷	۰/۳۰۸	۰/۹۴۲	-۰/۹۶۳	۰/۹۶۹	۱

۴-۶- مقایسه مقدار یونهای اصلی در زون‌های مختلف منطقه

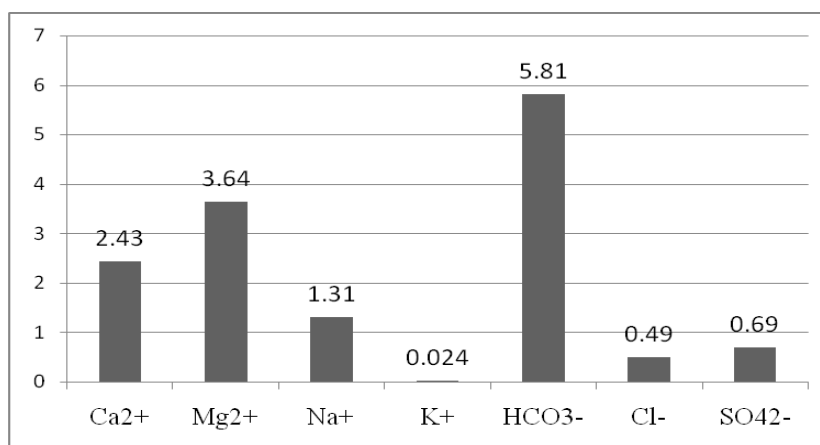
مقدار یونهای اصلی در زون‌های مختلف منطقه رومشگان در جدول (۴-۸) نشان داده شده است. هر چه از مناطق تغذیه آبهای زیرزمینی به سمت مناطق تخلیه این آبها پیش می‌رویم از مقدار برخی یونها کاسته و به مقدار برخی دیگر افزوده می‌شود. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود هر چه از بالادست به سمت پایین دست حوضه پیش می‌رویم، به دلیل انحلال بیشتری که در این مسیر صورت می‌گیرد، به طور آشکاری بر مقدار EC و TDS افزوده می‌شود. مقدار یونهای کلر، سولفات و سدیم نیز از این روند تبعیت می‌کنند. بنابراین هر چه از سمت مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه پیش می‌رویم بر مقدار یونهای کلر، سولفات و سدیم افزوده می‌شود. این اختلاف آن چنان زیاد است

که اختلاف بین مقادیر برخی یونها (مانند کلر) در زون ۱ که در بالادست حوضه قرار دارد نسبت به زون ۳ که در پایین دست قرار دارد به بیش از ۵ برابر نیز می‌رسد. دلیل این مقدار اختلاف به سازندهای موجود در این زونها نیز بر می‌گردد. مناطق بالادست یا مناطق تغذیه (زون ۱) تحت تأثیر سازندهای آهکی هستند در حالی که مناطق پایین دست یا مناطق تخلیه (زون ۳) تحت تأثیر سازندهای سولفاته قرار دارند، بنابراین طبیعی است که مقدار یونهای کلر و سولفات در زون ۳ بسیار بیشتر از زون ۱ باشد. به دلیل همین اختلاف لیتولوژی، میزان pH و بی‌کربنات در این زونها کاهش پیدا می‌کند. pH، در مناطق بالادست که سازندهای آهکی قرار دارند، نسبت به مناطق پایین دست که سازندها سولفاته هستند، قلیایی تر است.

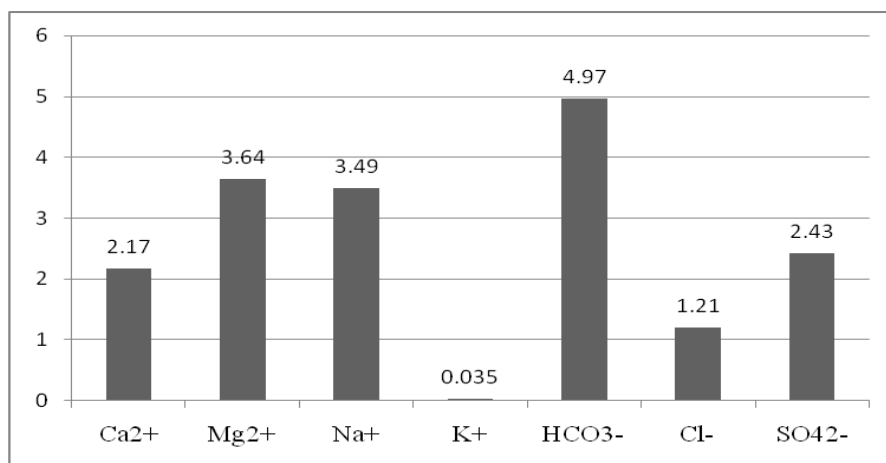
جدول ۴-۸- مقدار یونهای اصلی (meq/l) در زونهای مختلف منطقه رومشگان

	EC	TDS	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
زون ۱	۶۲۶	۲۲۸	۸	۲/۴۲	۲/۶۴	۱/۳۱	۰/۰۲۴	۰/۴۹	۰/۶۹	۵/۸۱
زون ۲	۸۴۶	۵۰۸	۷/۸	۲/۲۱	۲/۴۲	۲/۵۷	۰/۰۳۸	۱/۳۱	۲/۵۷	۴/۹۱
زون ۳	۱۲۲۹	۷۷۹	۷/۵	۲/۸۷	۴/۲۲	۴/۲۸	۰/۰۳۶	۲/۵۴	۴/۲۵	۴/۲۱

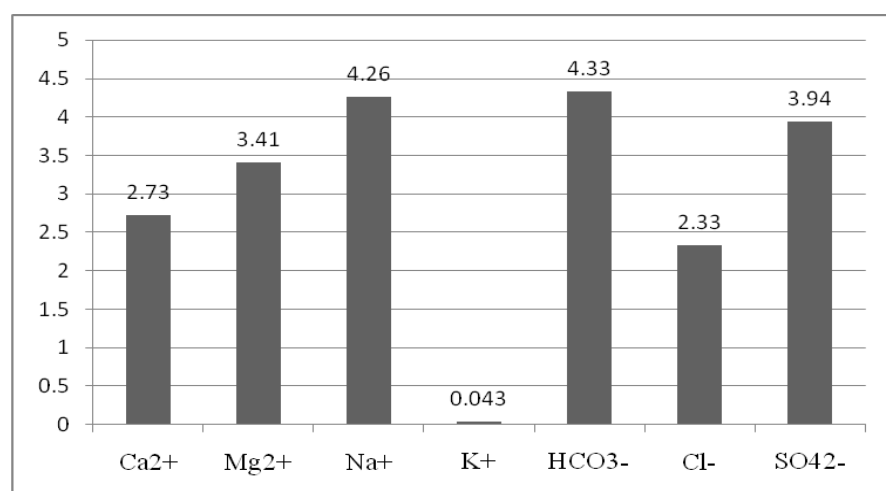
مقدار یونهای اصلی در هر یک از این سه زون در شکلهای (۴-۳۳)، (۴-۳۴) و (۴-۳۵) نشان داده شده است. این شکلهای نشان می‌دهند که در طول حرکت از سمت مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه مقدار یونهای مخرب کیفیت به طور قابل توجهی افزایش پیدا کرده است.



شکل ۴-۳۳- مقدار یونهای اصلی (meq/l) در زون ۱



شکل ۴-۳۴- مقدار یونهای اصلی (meq/l) در زون ۲



شکل ۴-۳۵- مقدار یونهای اصلی (meq/l) در زون ۳

۴-۷- تیپ آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

همان طور که گفته شد در منطقه مورد مطالعه دو نوع لیتولوژی مختلف در قسمت‌های غربی و شرقی رخنمون دارد. شکل (۱-۲) نشان می‌دهد که بخش عمده دشت را قسمت‌های آهکی و دولومیتی (تیپ بی کربناته کلسیک و منیزیک) و در قسمت‌های غربی دشت سازند گچساران رخنمون دارد که حدود کمتر ۲۰٪ مساحت دشت را در بر می‌گیرند. بنابراین در دشت رومشگان دو زون با ویژگی‌های سنگ‌شناسی و درصد گسترش مختلف رخنمون دارند، در نتیجه تفاوت در تیپ آب زیرزمینی در این دو زون قابل انتظار می‌باشد. برای تعیین تیپ آب از نمودارهای پایپر و دورو استفاده شده است.

۴-۷-۱- نمودار مثلثی پایپر (Pipper)

نمودار مثلثی پایپر برای نمایش ترکیب شیمیایی و تعیین تیپ و رخساره آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمودار ترکیبی پایپر از دو مثلث متوازی الاضلاع و یک لوزی تشکیل شده است. مثلث سمت راست نشان دهنده درصد اکسی والانی آنیونها و مثلث سمت چپ نشان دهنده درصد اکسی والانی کاتیونها می‌باشد. درون هر مثلث می‌تواند به چهار ناحیه با یون‌های غالب و غیر غالب تقسیم گردد. در هر حال برای تعیین تیپ و رخساره آبهای زیرزمینی می‌توان از نمودار پایپر استفاده کرد. تیپ آب زیرزمینی در نواحی تغذیه منطقه مورد مطالعه، بی‌کربناته و سپس در طی حرکت از لایه‌های قابل نفوذ با توجه به کانیهای موجود در مسیر حرکت خصوصاً سازندهای گچی تبدیل به سولفات و در نواحی تبخیری و خروجی دشت به نوع کلر تغییر پیدا می‌کند. به طور کلی با توجه به نمودار پایپر آبهای زیرزمینی دشت رومشگان، نتایج زیر بدست آمده است:

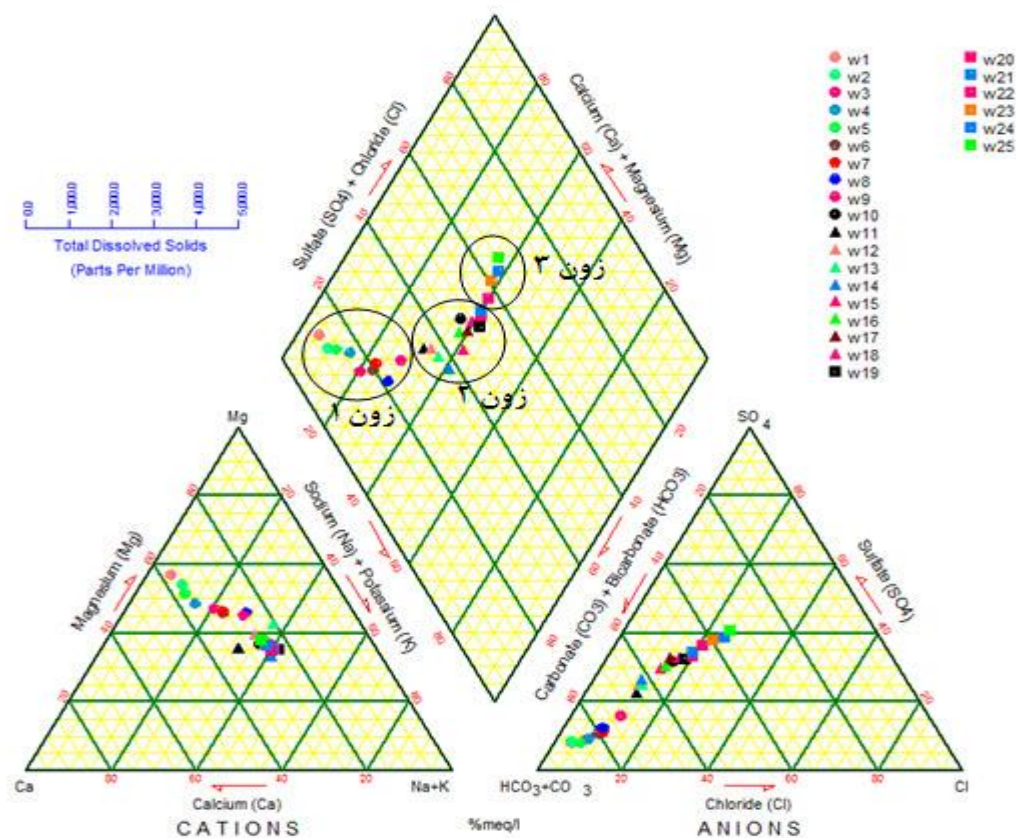
۱- تیپ غالب آبهای منطقه، بی‌کربنات کلسیک و منیزیک ($Mg, Ca-HCO_3$) است، به عبارت دیگر این آبها دارای سختی موقت هستند.

۲- اکثر موارد کاتیون‌های کلسیم و منیزیم بیشتر از سدیم و پتاسیم هستند.

۳- در تمام نمونه‌های موجود در زون ۱ و برخی نمونه‌های موجود در زون ۲ شرایط زیر حاکم است: $Mg^{2+} > Na^{+} + K^{+} > Ca^{2+}$. این در حالی است که در نمونه‌های موجود در زون ۳ رابطه زیر حاکم است: $Na^{+} + K^{+} > Mg^{2+} > Ca^{2+}$.

۴- در تمامی نمونه‌های برداشت شده به استثنای دو نمونه آخر رابطه آنیونی زیر حاکم است: $HCO_3^{-} > SO_4^{2-} > Cl^{-}$ و در دو نمونه آخر مقدار سولفات از مقدار بی‌کربنات بیشتر می‌شود.

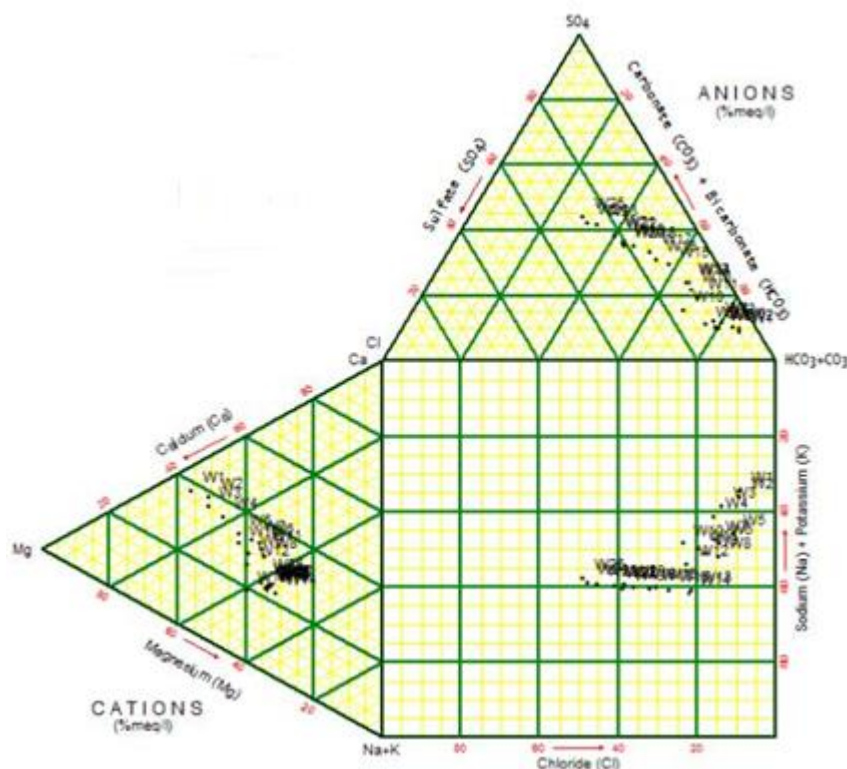
بنابراین با توجه به مطالب فوق نتیجه می‌گیریم که تیپ نمونه‌های زون ۱ و ۲، بی‌کربناته منیزیک، کلسیک و سدیک و در نمونه‌های زون ۳ تیپ سولفات سدیک غالب است. شکل (۴-۳۶) نمودار پایپر مربوط به نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه و تیپ غالب این آبها را در زون‌های مختلف نشان می‌دهد. تکامل هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان از زون یک تا زون ۳ در شکل (۴-۳۶) به وضوح دیده می‌شود



شکل ۴-۳۶- نمودار پایپر مربوط به نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه رومشگان

۴-۷-۲- نمودار دورو (Durow)

نمودار دورو بر اساس درصد میلی اکی والان یونهای اصلی رسم شده است. کاتیونها و آنیونها در مثلث مربوط به خود مشابه دیاگرام پایپر رسم شده و نقطه حاصله در هر یک از مثلث‌ها در مربع اصلی وسط تصویر گردیده است. بدین طریق که از نقطه در درون مثلث بر یال مثلث عمود شده و از برخورد دو عمود یک نقطه در مربع حاصل شده است. این نمودار در شکل (۴-۳۷) رسم شده است. همان طور که دیده می‌شود در مثلث بالایی میزان سولفات و بی‌کربنات، در مثلث کناری میزان کلسیم و منیزیم و در مربع اصلی وسط میزان کلر، سدیم و پتاسیم نشان داده شده است با توجه به این نمودار متوجه می‌شویم که نتایج این نمودار با نتایجی که نمودار پایپر ارائه می‌دهد، کاملاً هم خوانی دارد.



شکل ۴-۳۷- نمودار دورو مربوط به نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه رومشگان در اسفند ۱۳۸۹

۴-۸- تکامل ژئوشیمیایی دشت

جهت محاسبه تکامل ژئوشیمیایی دشت از نرم افزار PHREEQC استفاده می‌شود. این نرم افزار، نرم افزار پیچیده‌ای است که قابلیت زیادی در حل مسائل ژئوشیمیایی دارد. با استفاده از این نرم افزار، می‌توان ویژگی‌های مختلف محلول مانند قدرت یونی، اکتیویته یونها و شاخص اشباع کانیهای مختلف را محاسبه نمود. شاخص اشباع کانیهای مختلف از مهمترین ویژگی‌های ژئوشیمیایی محلولها می‌باشد. در صورتی که شاخص اشباع نسبت به یک کانی مثبت باشد، یعنی آن کانی در محلول رسوب می‌کند و این محلول نمی‌تواند این کانی را در خود حل کند، و در صورتی که شاخص اشباع نسبت به یک کانی منفی باشد، به این معناست که کانی مورد نظر می‌تواند در این محلول حل شود.

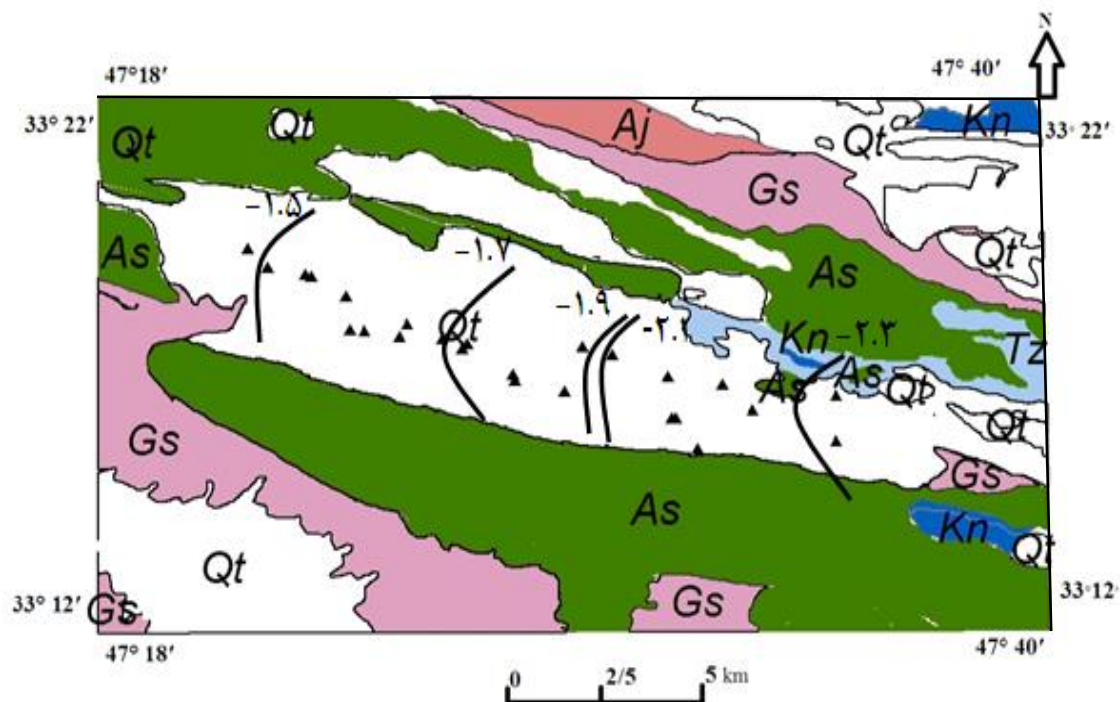
جهت بررسی تکامل ژئوشیمیایی دشت رومشگان در سه زون موجود در منطقه رومشگان، اندیس‌های اشباع مربوط به کانیهای هالیت، کلسیت، ژیپس، انیدریت، آراگونیت و دولومیت تمام نمونه‌های آب زیرزمینی برداشت شده محاسبه گردید. از میان کانیهای ذکر شده مهمترین کانیهایی که در تکامل ژئوشیمیایی دشت رومشگان مورد استفاده قرار می‌گیرند، سه کانی هالیت، کلسیت و ژیپس هستند.

میانگین اندیس‌های اشباع این کانیه‌ها در زون‌های مختلف محاسبه و نتایج حاصل در جدول (۴-۹) آورده شده است. شاخص اشباع هالیت در تمام نقاط دشت، منفی می‌باشد که بیانگر این است که این کانی می‌تواند در آب حل شود. همچنین شاخص اشباع کلسیت در اکثر نمونه‌های برداشت شده، مثبت می‌باشد که بیانگر اشباع بودن آب زیرزمینی نسبت به کانی کلسیت است، زیرا اولین کانی که در آب به حد اشباع می‌رسد، کلسیت است و به دلیل رخنمون سازندهای آهکی در اکثر نقاط منطقه، آب زیرزمینی نسبت به این کانی خیلی زود به حد اشباع می‌رسد (مثبت بودن شاخص اشباع کلسیت تأیید کننده رسوب آن از محلول می‌باشد). یک نمونه از فایل خروجی مربوط به این مثال در پیوست ۱ آورده شده است.

جدول ۴-۹- میانگین شاخص اشباع کانیه‌ها در زون‌های مختلف

	Anhydrite	Aragonite	Calcite	Dolomite	Gypsum	Halite
زون ۱	-۲/۵۴	+۰/۵۹	+۰/۷۳	۱/۷۵	-۲/۲۸	-۷/۹۴
زون ۲	-۲/۱۱	+۰/۳۱	+۰/۴۴	۱/۱۷	-۱/۷۹	-۷/۰۲
زون ۳	-۱/۷۳	+۰/۰۸	+۰/۰۶	+۰/۳۸	-۱/۵۱	-۶/۶۴

در شکل (۴-۳۸) نقشه شاخص اشباع ژئوپس رسم شده است. همان طور که در این شکل دیده می‌شود، شاخص اشباع ژئوپس در تمام طول دشت، منفی است و از سمت مناطق بالادست به سمت مناطق پایین دست عدد شاخص اشباع ژئوپس افزایش می‌یابد. هر چه شاخص اشباع نسبت به یک کانی مثبت‌تر شود یعنی مقدار آن کانی در محلول بیشتر می‌شود. بنابراین هر چه از سمت مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه پیش می‌رویم، مقدار ژئوپس در آبهای زیرزمینی بیشتر می‌شود. این روند به اختلاف لیتولوژی در مناطق بالادست و پایین دست بر می‌گردد. در مناطق بالادست سازندها آهکی و در پایین دست سازندها سولفات هستند بنابراین مقدار ژئوپس از سمت مناطق کربناته به سمت مناطق سولفات افزایش می‌یابد.

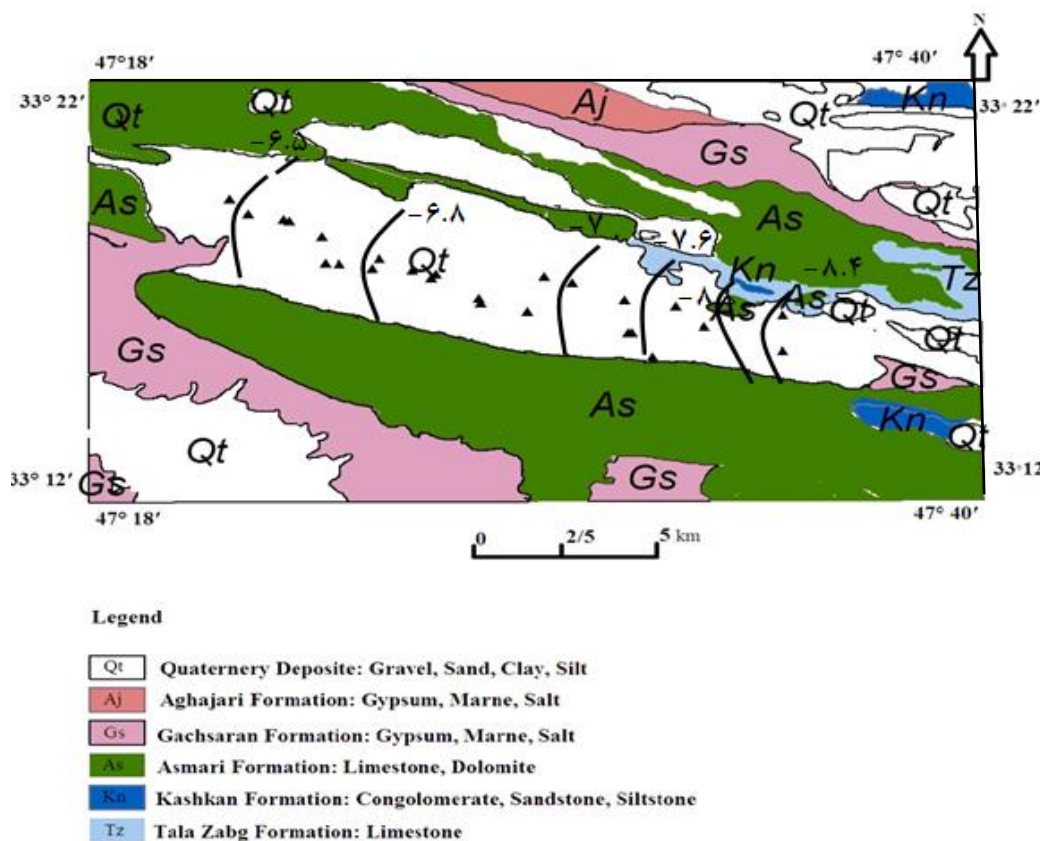


Legend

- | | |
|----|---|
| Qt | Quaternary Deposit: Gravel, Sand, Clay, Silt |
| Aj | Aghajari Formation: Gypsum, Marne, Salt |
| Gs | Gachsaran Formation: Gypsum, Marne, Salt |
| As | Asmari Formation: Limestone, Dolomite |
| Kn | Kashkan Formation: Conglomerate, Sandstone, Siltstone |
| Tz | Tala Zabg Formation: Limestone |

شکل ۴-۳۸- نقشه تغییرات شاخص اشباع ژپس در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

در شکل (۴-۳۹) نقشه شاخص اشباع هالیت رسم شده است. عدد شاخص اشباع هالیت عدد منفی بزرگی است که نشان دهنده انحلال پذیری بالای هالیت در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان می باشد. در هر حال از سمت مناطق بالادست به سمت مناطق پایین دست عدد شاخص اشباع هالیت نیز مثبت تر می شود. یعنی مقدار آن کانی در محلول بیشتر می شود. بنابراین هر چه از سمت مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه پیش می رویم، مقدار هالیت در آبهای زیرزمینی بیشتر می شود. چون در مناطق بالادست سازندها آهکی و در پایین دست سازندها سولفات هستند بنابراین مقدار هالیت از سمت مناطق کربناته به سمت مناطق سولفات افزایش می یابد.



شکل ۴-۳۹- نقشه تغییرات شاخص اشباع هالیت در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان

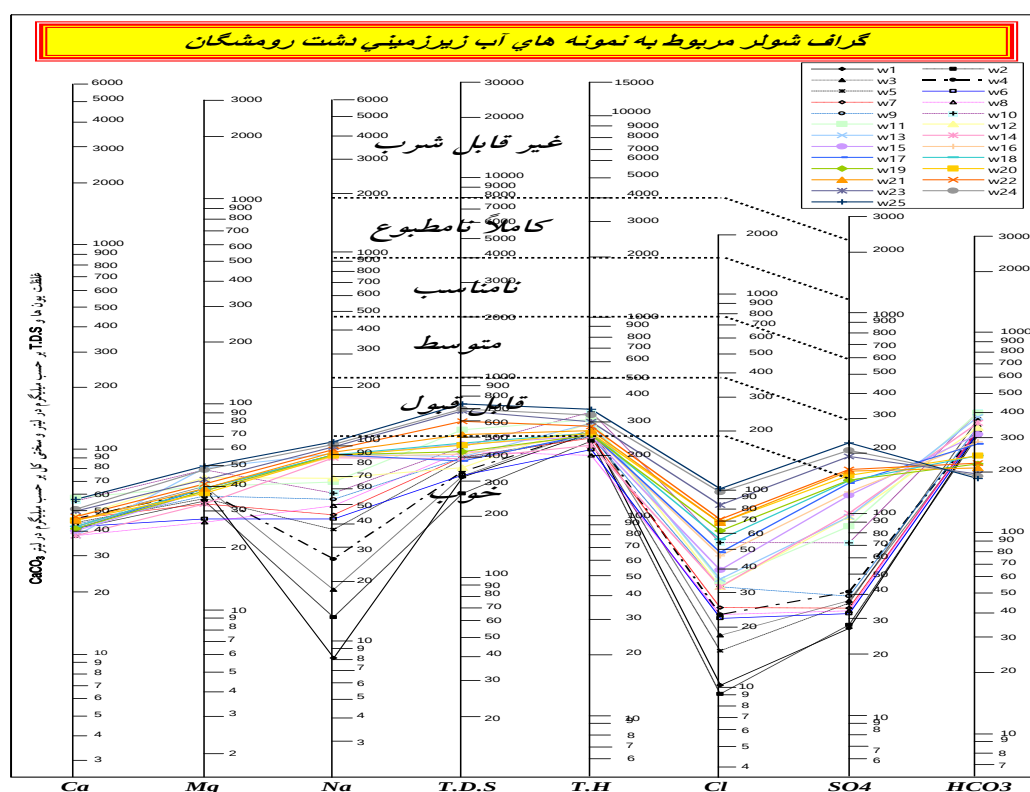
۴-۹- بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی از نظر شرب

اصولاً آب شرب بایستی فاقد مواد معلق و میکروب‌های مولد امراض و مواد سمی و کلوئیدی بوده و سختی آن خیلی زیاد نباشد. لذا آب شرب آبی بی رنگ و بی بو و عاری از مواد آلاینده می‌باشد. برای بررسی کیفی آب از نظر شرب، از دیاگرام شولر استفاده می‌شود. نمودار شولر به صورت لگاریتمی بوده و برای ترسیم آن از پارامترهای گوناگونی نظیر کلسیم، منیزیم، سدیم، سختی کل، یون کلر، سولفات و بی‌کربنات استفاده می‌شود. اتصال نقاط مشخص شده بر روی نمودار توسط خطوط ممتد، وضعیت شیمیایی آب و در مجموع تحولات شیمیایی را در طول جریان مشخص می‌کند. این نمودار علاوه بر مطالعات کیفی آب از نظر هیدروژئولوژی، برای طبقه‌بندی آب از نظر شرب نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این نظر دیاگرام شولر به ۶ رده تقسیم می‌شود. درجات ۶ گانه آب شرب بر اساس این نمودار در جدول (۴-۱۰) آورده شده است.

جدول ۴-۱۰- طبقه‌بندی کیفی آب شرب بر اساس نمودار شولر

طبقه	کیفیت آب از نظر شرب
درجه ۱	خوب
درجه ۲	قابل قبول
درجه ۳	متوسط
درجه ۴	نامناسب
درجه ۵	کاملاً نامطبوع
درجه ۶	غیر قابل شرب

شکل (۴-۴۰) نمودار شولر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که آب زیرزمینی منطقه رومشگان از نظر شرب رده آبهای خوب تا قابل قبول هستند.



شکل ۴-۴۰- نمودار شولر آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان در اسفند ۱۳۸۹

۴-۱۰- بررسی کیفیت نمونه‌های آب از نظر کشاورزی

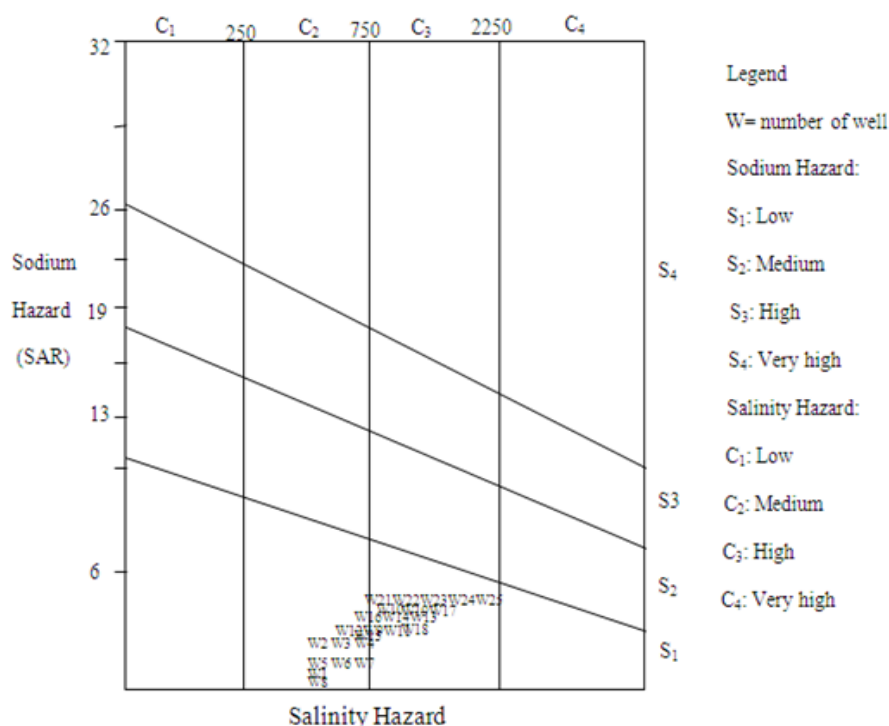
برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی، از نمودار ویلکوکس (Wilcox) استفاده می‌شود. نمودار ویلکوکس براساس دو پارامتر هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) و به منظور تعیین کیفیت آب کشاورزی ارائه شده است. محور افقی، مقدار هدایت الکتریکی بر حسب میکروموس بر سانتی متر و محور عمودی، مقدار SAR را نشان می‌دهد. نقاط پلات شده برای هر نمونه آب به صورت

دایره بر روی نمودار نشان داده شده است. در نهایت مجموعه‌ای از نقاط که روند مشخصی از نظر افزایش شوری و نسبت جذب سدیم دارند، به دست می‌آید. همان طور که پیش از این گفته شد برای بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی، توجه به درصد سدیم و نسبت جذب سدیم از اساسی‌ترین پارامترها هستند. نسبت جذب سدیم یا همان SAR نسبت یون‌های سدیم را در یک نمونه آب به یون‌های کلسیم و منیزیم نشان می‌دهد:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

در صورتی که نسبت جذب سدیم کمتر از ۴ باشد، خاک از نظر میزان سدیم مشکلی ندارد. اگر این نسبت از ۸ بیشتر شود، نفوذپذیری خاک کاهش یافته و بافت آن تغییر می‌کند. و در صورتی که این نسبت از ۱۳ بیشتر شود، خاک سدیمی می‌شود.

با توجه به مطالب فوق و با توجه به نمودار ویلکوکس شکل (۴-۴۱) آشکار است که تمام نمونه‌های آب زیرزمینی برداشت شده از منطقه از نظر میزان جذب سدیم در شرایط مناسبی قرار دارند و SAR تمام نمونه‌ها کمتر از ۴ است. بنابراین اکثر نمونه‌های آب زیرزمینی از نظر کیفیت آب برای کشاورزی مطلوب هستند.



شکل ۴-۴۱- نمودار ویلکوکس آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان در اسفند ۱۳۸۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نقش عوامل زمین‌شناسی در کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه

جهت بررسی وضعیت هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان از ۲۵ حلقه چاه در اسفند ماه ۱۳۸۹ نمونه برداری شد. پارامترهای هدایت الکتریکی، دما و pH در و در آزمایشگاه غلظت کاتیون‌های اصلی (کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم)، آنیون‌های اصلی (کلر، سولفات و بی‌کربنات)، نیتрат و فسفات در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند.

نتایج بدست آمده را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

میزان هدایت الکتریکی از بالادست حوضه به سمت پایین دست آن (از بخش شرقی به بخش غربی دشت) افزایش می‌یابد، این امر می‌تواند به این دلیل باشد که در قسمت‌های بالادست (قسمت‌های شرقی) سازندها عمدتاً آهکی می‌باشند و آبهای آن قسمت دارای کیفیت خوب و هدایت الکتریکی نسبتاً کمی هستند، اما در قسمت‌های پایین دست منطقه (یعنی قسمت‌های غربی) سازندهایی مانند سازند گچساران رخنمون دارد که سبب پایین آمدن کیفیت آب آن می‌شوند و میزان هدایت الکتریکی آب را افزایش می‌دهند. همچنین با توجه به زمان ماندگاری آب در این آبخوان و مسافت طی شده، این روند قابل انتظار می‌باشد.

تغییرات عنصر کلر کاملاً منطبق با تغییرات هدایت الکتریکی است و میزان این عنصر از بالادست به سمت پایین دست حوضه به شدت افزایش می‌یابد. دلیل این امر نیز رخنمون سازند تبخیری گچساران در پایین دست منطقه است. در نتیجه غلظت کلر در قسمت‌هایی که تحت تأثیر این سازند قرار دارند در حدود چندین برابر قسمت‌هایی است که تحت تأثیر سازندهای آهکی قرار دارند.

روند تغییرات سولفات نیز مشابه تغییرات هدایت الکتریکی است. مقدار این عنصر نیز به سمت پایین دست حوضه افزایش می‌یابد. دلیل این روند را نیز می‌توان به تفاوت جنس سازندها در قسمت‌های بالادست و پایین دست حوضه ربط داد. هر چه به سمت پایین دست حوضه پیش می‌رویم به علت رخنمون سازند گچساران، میزان سولفات بسیار بیشتر می‌شود.

روند تغییرات عنصر سدیم نیز مشابه با تغییرات هدایت الکتریکی است. دلیل این امر را نیز می‌توان به تفاوت جنس سازندها در نقاط بالادست و پایین دست حوضه و ماندگاری آب در آبخوان ربط داد. به منظور بررسی تکامل ژئوشیمیایی دشت رومشگان، اندیس اشباع هالیت، کلسیت و ژپس محاسبه گردید. اندیس اشباع هالیت در تمام نقاط دشت، منفی می‌باشد که بیانگر این است که این کانی می‌تواند در آب زیر زمینی منطقه حل شود به عبارت دیگر غلظت هالیت در این نمونه‌ها خیلی پایینتر از حد اشباع است که دلیل آن انحلال پذیری بالای هالیت می‌باشد. اندیس اشباع ژپس نیز وضعیتی مشابه با هالیت دارد، البته اندیس اشباع ژپس مثبت‌تر از اندیس اشباع هالیت است اما به هر حال ژپس نیز در این آب‌ها حل می‌شود. اندیس اشباع کلسیت در نمونه‌های برداشت شده، مثبت می‌باشد که بیانگر اشباع بودن آب زیرزمینی نسبت به این کانی می‌باشد، چون اولین کانی که در آب به حد اشباع می‌رسد، کلسیت است و به دلیل وجود سازندهای آهکی در اکثر نقاط منطقه، آب زیرزمینی نسبت به این کانی خیلی زود به حد اشباع می‌رسد.

۵-۲- نقش فعالیت‌های کشاورزی در تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه

برای ارزیابی نقش فعالیت‌های کشاورزی در تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه رومشگان غلظت نیترات و فسفات اندازه‌گیری شده است. غلظت نیترات و فسفات در نقاط مختلف دشت، تابع فعالیت کشاورزی در منطقه و نیز میزان استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی می‌باشد. در این دشت محصولات مختلفی کشت می‌شود که برای هر محصول مقادیر مختلفی کود شیمیایی و حیوانی استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که در مناطق مرکزی دشت که طالبی، گوجه و چغندر قند کشت می‌شود، نیترات آب زیرزمینی نسبت به سایر نقاط بیشتر است. در مناطق بالادست و پایین دست که هندوانه، گندم و جو کشت می‌شود، با توجه به نیاز کمتر این محصولات به کودهای نیتراتی، کمترین

میزان نیترات دیده می‌شود. نتایج حاصل نشان می‌دهد که نیترات و فسفات موجود در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان در اثر فعالیتهای کشاورزی به این آبها اضافه شده است. هیدروگراف واحد دشت رومشگان نشان می‌دهد که در این دشت بارش در هر سال کمتر از سال پیش بوده است. با توجه به رابطه مستقیم بارش و تغییرات سطح آب نتیجه می‌گیریم که با توجه به کاهش بارندگی در منطقه بویژه در سالهای اخیر، سطح تراز آب نیز پایین آمده است به طوری که در مدت ۸ سال سطح آب در منطقه ۴ متر افت داشته است که این بسیار نگران کننده است.

۵-۳- پیشنهادها

بهترین راه باز گرداندن آبهای زیرزمینی به شرایط قبل از آلودگی، ازبین بردن یا کاهش ورودی آلاینده‌ها (از جمله نیترات و فسفات) به آبهای منطقه است.

با توجه به اینکه فعالیتهای کشاورزی یکی از منابع درآمد ساکنان منطقه می‌باشند و نقش آب نیز در فعالیتهای کشاورزی بسیار مشخص است، در حفاظت از منابع آب منطقه باید بسیار تلاش کرد. به این منظور باید پیشنهاداتی ارائه شود که اجرائی باشند:

- ۱- تغییر الگوهای زراعی از محصولات با نیاز آبی بالاتر به محصولات با نیاز آبی کمتر
- ۲- محدودیت توسعه کشاورزی به روش سنتی با توجه به پتانسیل آب و خاک و حفظ محیط زیست
- ۳- جلوگیری از حفر چاههای عمیق بهره برداری در دشت به دلیل افت‌های ناموزون آب
- ۴- بررسی غلظت عناصر فرعی به خصوص عناصر سنگین در منابع آبهای زیرزمینی منطقه
- ۵- طبق آمارهای موجود، فقط هشت پیژومتر در منطقه احداث شده است که با توجه به وسعت منطقه اصلاً کافی نیستند بنابراین پیشنهاد می‌گردد که پیژومترهای بیشتر و با پراکندگی مناسب‌تری که تمام دشت را پوشش دهند در منطقه احداث شود.
- ۶- با توجه به وسعت منطقه، جمعیت زیاد و کمبود آب در منطقه رومشگان، پیشنهاد می‌گردد که آبخوان منطقه با به کارگیری روشهای مناسب تغذیه مصنوعی توسعه یابد.

منابع

- اکبری ا، کلانتری ن، مظفرزاده ح. (۱۳۸۶) "بررسی فرآیند های ژئوشیمیایی موثر بر کیفیت آب زیرزمینی دشت میان آب شوستر با استفاده از مدل ژئوشیمیایی معکوس" یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مشهد
- اصغری مقدم الف، آقازاده ن. (۱۳۸۲) "بررسی تأثیر سازند های زمین شناسی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هرزندات" بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، صفحات ۳۹۳-۳۹۵
- باقری ص، کاظمی غ، اصغری مقدم ا. (۱۳۸۶) "تأثیر سازند ها و ساختارهای زمین شناسی منطقه سراب بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی" یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مشهد
- جوکار نیاسر. و (۱۳۸۱) "بررسی و تخمین میزان انتقال نیترات از چاه های جاذب به سطح آب زیرزمینی در تهران" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف
- زارعی ح، اژدری ع. (۱۳۸۵) "کیفیت شیمیایی منابع آب حوضه آبریز سد ابوالفارس و تأثیر سازند گچساران بر آن" دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران
- سپند س، چیت سازان م، رنگزن ک، میرزایی ی. (۱۳۸۶) "بررسی هیدروشیمی و ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان های محدوده لالی" یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مشهد
- حسنی پاک، ع.، شرف الدین، م.، (۱۳۸۰)، "تحلیل داده های اکتشافی" انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۰، فصل هفتم.
- غلامی، ع. م، (۱۳۷۱) "بررسی علل افزایش ابتلا به سرطان معده و مری" مجله نامه دانشگاه علوم پزشکی مازندران
- علیزاده، امین (۱۳۸۵) "هیدرولوژی کاربردی" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
- قائد امینی ر. ریاحی پور م. (۱۳۸۶) "پهنه بندی کیفی و بررسی عوامل موثر بر کیفیت آبهای زیرزمینی دشت کبودر آهنگ" اولین کنفرانس سراسری آبهای زیرزمینی، بهبهان
- ناصری ح. علیجانی ف. (۱۳۸۱) "هیدروشیمی و آلودگی آبخوان آبرفتی ایذه" ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، کرمان، صفحه ۷۲-۶۵

Abed- Shafy H, (2008) "Groundwater contamination as affected by long- term sewage irrigation in Egypt" *Journal of Occupation Environ Med* 8. Pp 1- 11

Almasri M, Kaluarachch J, (2007) "Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds" *Journal of Hydrology* 343. Pp 211- 229

Babiker I, (2004) "Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographHical information system" *Journal of Environmental Internatinal* 29. Pp 1009- 1017

Barton L, D.Colmer T, (2006) "Irrigation and fertilizer strategies for minimizing nitrogen leaching from turf grass" *Journal of Agricultural water management* 80. Pp 160- 175.

Campos. V, (2002) "Arsenic in groundwater affected by pHospHate fertilizers at sao Paulo, Brazil" *Journal of Environ Geol* 42. Pp. 83 – 92

Chae G.T, Kim K, Yun S, Kim K.H, Kim S, Choi B, Kim H, Rhee C. (2003) "Hydrogeochemistry of alluvial groundwater in an agricultural area: an implication for groundwater contamination susceptibility" *Journal of chemospHer* 55, pp 369-378

Davis S.N and Dewist R.J.M(1996) "Hydrogeology" John Wiley, New York, Vpp 463

Fetouani S, Saba M, Vanclooster M (2008) " Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (north – east Morocco)" *Journal of Agricultural Water Management* 95. Pp 133-142

Gallard A.H and Tase N.(2007) " Hydrogeology and geochemical characterization of groundwater in a typical small- scale agricultural area of Japan" *Journal of Asian Earth Science*29. Pp 18-28

C, Thyne G.D (2004) " Hydrologic and geologic factors c controlling surface and Guler groundwater chemistry in Indian Wells – Owens Valley area, southeastern California, U.S.A" *Journal of Hydrology* 28. Pp 177-198

- Gunduz O, Baba A, Elipt H (2010) “ Arsenic in groundwater in western Anatolia, Turkey: A review” Journal of I.A.H. 38. Pp 43
- Han G, Liu C-Q (2004) “Water chemistry controlled by carbonate dissolution: a study of the river water draining karst-dominated terrain, Guizhou province, China” Chem Geol 204. Pp 1-21
- Herrera M.L, Espinosa R.J (2008) ” Impact of agriculture activity and geologic control on groundwater quality of the alluvial aquifer oh the Guadalquivir River (province of jean Spain): a case study” Journal of Environ Geol 54 – pp 1391-1402
- Hoogeveen R, Visser A (2010) ”Pesto a risk assessment of pesticide use on groundwater quality in the chalk aquifer in the province of Limburg, the Netherland” Journal of I.A.H 38. Pp 129
- Hsieh B. Z, Wang C. W (2009) “Estimation of formation strength index of aquifer from neural network” Journal of computer & geosciences 35. Pp 1933 - 1939
- Jalali M (2009) “Geochemistry characterization of groundwater in an agricultural area of Razan, Hamadan, Iran” Environ Geol 56. Pp 1479-1488
- Keskin T (2010) “ Nitrate and heavy metal pollution resulting from agricultural activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey)” Journal of Environ Earth Science 61. Pp 703- 721
- Kraft G, Stites W, (2003) “Nitrate impacts on groundwater from irrigated- vegetable systems in a humid north- central U.S. sand plain” Journal of Agricultural Ecosystem and Environment 100. Pp 63- 74
- Kulabako N.R, Nalubega M, Thunvik R, (2008) “PHospHorous transport in shallow groundwater in peri- urban Kampala, Uganda: results from field and laboratory measurements” Journal of Environ Geol 53. Pp 1535- 1551
- Lenahan M.J, Bristow K.L (2010) “ Redox controls on the mobility of agricultural nitrogen in groundwater systems in tropical northern Australia” Journal of I.A.H. 38. Pp 104

- Mire. P, Cirelli. AF, (2008) "PHospHate for Pb immobilization in soils: a review"
Journal of Environ chem. Let 6. Pp 121 – 133.
- Parkin G, Birkinshaw S. J, Younger P. L (2007) "A numerical modeling and neural network approach to estimate the impact of groundwater abstractions on river flows"
Journal of Hydrology339. Pp 15 – 28
- Park, S et al, (2005) "Regional hydrochemical study on Salinization of coastal area of south Korea, Journal of Hydrology313, pp 182 – 194
- Rao N.S, Prasad. P.R, (1997) " Phosphate pollution in the groundwater of lower Vamsadhara river basin, India" Journal of Environ Geol 3
- Ravikumar. P. (2010)" Hydrochemistry and evaluation of groundwater suitability for irrigation and drinking purpose in the Markandeya River basin, Belgoma District, Karmataka state, India" Journal of Environ Moint Assess. Pp 1 – 29
- Riahi K, Ben Thayer B, (2009) "Biosorption characteristic of pHospHate from aqueous solution on to PHoenix dactyl lifea L.date palm fibers" Journal of Hazardous material 170. Pp 511- 519.
- Rouabhia A, Bali F (2010) "Impact of agricultural activity and lithology on groundwater quality in the Merdja area, Teessa. Algeria" Journal of Arab geo science 3. Pp 307 – 318
- Sharma U.C, Sharma V (2010) " Impact of agricultural land use change of the recharge and quality of groundwater in the northeastern region of India" Journal of I.A.H. 38. Pp ٩٠-٩٨
- Smolders A, Lucassen E (2010) "How nitrate leaching from agricultural lands provoke pHospHate eutripHication in groundwater fed wetland: the sulphHur bridge" Journal of Biogeochemistry98.pp1-7
- Subbarao, N (2001) "Geochemistry og groundwater in parts of Gunter district, Andhra Pradesh, India" Environmental of Geology pp 552-562

- Tabach E, Lancelot L, Shahrour I, (2007) “Use artificial neural network simulation metamodelling to assess groundwater contamination in road project” Journal of mathematical and computer modeling 45. Pp 766 – 776
- Thayalakumaran (2008) “Geochemical condition in groundwater systems implication for the attenuation of agricultural nitrate” Journal of Agricultural water management 95. Pp 103- 115.
- Todd D.K (2005) “ Groundwater Hydrology” Third edition. John Wiley and sons inc, New York, U.S.A, pp 535
- Van der Heyden C.J, New M.G (2004) “ Groundwater pollution on the Zambian copperbelt: deciphering the source and the risk” Journal of science of the Total Environment, pp17-30
- Yoshimoto S, Tsuchihara T (2010) “ Use of ^{232}Rn and ^{15}N to indentify source of groundwater nitrates in the ryukyu limestone aquifer of Okinawa island, Japan” Journal of I.A.H. 38. Pp 101-111
- Yuce G, Ugurluog D (2009) “ The Effect of lithology on water pollution: Natural Radioactivity and Trace Element in Water Resource of Eskishir Region (Turkey)” Journal of water air soil pollutant, pp69-89
- Yesilnacar M. L, Sahinkaya E, (2008) “Neural network prediction of nitrate in groundwater of Harran Plain. Turkey” Journal of Environ Geol 56. Pp 19 – 25
- Zuo Jinlong (2008) “Estimation of nitrogen removal effect in groundwater using artificial neural network” conf. verlag Berlin Heidelberg. Pp 276-283

نمونه ای از فایل خروجی توسط نرم افزار PHREEQC

Input file: C:\Users\Amin\AppData\Local\Temp\pHrq0000.tmp

Output file: C:\Program Files\PHreeqc\untitled.out

Database file: C:\Program Files\PHreeqc\Databases\PHreeqc.dat

Reading data base.

SOLUTION_MASTER_SPECIES

SOLUTION_SPECIES

PHASES

EXCHANGE_MASTER_SPECIES

EXCHANGE_SPECIES

SURFACE_MASTER_SPECIES

SURFACE_SPECIES

RATES

END

Reading input data for simulation 1.

SOLUTION_SPREAD

unit's mg/l

Tem	pH	S(6)	Cl	Alkalinity	Ca	Mg	K	Na	Number
23	8.4	26	9	315	42	38	0.08	8	w1 1
23	8.43	24	8	302	41	33	0.09	13	w2 2
22	8.1	37	18	319	45	39	1.2	18	w3 3
21	7.5	41	21	326	46	37	1.2	26	w4 4
22	7.9	34	13	356	44	34	1.1	37	w5 5
21	8	32	22	321	42	27	1.6	42	w6 6
21	8.24	34	25	327	46	32	1	44	w7 7
22	7.87	30	22	322	38	26	0.06	49	w8 8
23	7.64	39	32	339	43	35	0.07	53	w9 9
22	8.21	72	54	400	56	47	1	57	w10 10
23	8.11	87	34	396	58	39	1.6	65	w11 11
22	7.95	92	31	331	45	41	1.9	57	w12 12

23	7.63	96	37	359	34	46	2.4	85	w13	13
21	7.54	101	32	354	38	32	2.3	87	w14	14
21	7.89	124	39	310	40	37	1.8	89	w15	15
23	8	129	46	285	42	37	2.1	88	w16	16
23	7.98	143	48	278	41	38	0.07	90	w17	17
21	7.67	147	56	243	41	37	0.09	88	w18	18
21	7.93	148	62	221	40	36	1.5	89	w19	19
22	8.1	156	68	243	45	36	2.4	88	w20	20
23	7.9	164	68	211	43	37	2	91	w21	21
22	7.67	167	71	223	45	39	1.4	94	w22	22
21	7.4	194	84	197	48	40	2.1	96	w23	23
22	7.63	208	98	192	49	43	1.2	101	w24	24
23	7.3	227	102	187	54	47	1	103	w25	25

end

Beginning of initial solution calculations.

w1 Initial solution 1.

-----Solution composition-----

Elements	Molality	Moles
Alkalinity	5.165e-03	5.165e-03
Ca	1.048e-03	1.048e-03
Cl	2.540e-04	2.540e-04
K	2.047e-06	2.047e-06
Mg	1.564e-03	1.564e-03
Na	3.481e-04	3.481e-04
S(6)	2.708e-04	2.708e-04

-----Description of solution-----

pH = 8.400

pe = 4.000

Activity of water = 1.000

Ionic strength = 8.029e-03

Mass of water (kg) = 1.000e+00

Total carbon (mol/kg) = 5.034e-03

Total CO2 (mol/kg) = 5.034e-03

Temperature (deg C) = 23.000
 Electrical balance (eq) = -3.858e-04
 Percent error, $100 * (Cat - |An|) / (Cat + |An|)$ = -3.59
 Iterations = 7
 Total H = 1.110173e+02
 Total O = 5.552236e+01

-----Distribution of species-----

Species	Molality	Log Activity	Log Molality	Log Activity	Log Gamma
OH-	2.373e-06	2.158e-06	-5.625	-5.666	-0.041
H+	4.325e-09	3.981e-09	-8.364	-8.400	-0.036
H2O	5.551e+01	9.999e-01	1.744	-0.000	0.000
			C(4)		5.034e-03
HCO3-	4.733e-03	4.324e-03	-2.325	-2.364	-0.039
CO3-2	7.016e-05	4.887e-05	-4.154	-4.311	-0.157
MgHCO3+	5.508e-05	5.017e-05	-4.259	-4.300	-0.041
CaCO3	5.155e-05	5.164e-05	-4.288	-4.287	0.001
MgCO3	4.515e-05	4.523e-05	-4.345	-4.345	0.001
CO2	3.965e-05	3.972e-05	-4.402	-4.401	0.001
CaHCO3+	3.825e-05	3.494e-05	-4.417	-4.457	-0.039
NaHCO3	7.675e-07	7.689e-07	-6.115	-6.114	0.001
NaCO3-	2.854e-07	2.600e-07	-6.545	-6.585	-0.041
			Ca		1.048e-03
Ca+2	9.392e-04	6.539e-04	-3.027	-3.185	-0.157
CaCO3	5.155e-05	5.164e-05	-4.288	-4.287	0.001
CaHCO3+	3.825e-05	3.494e-05	-4.417	-4.457	-0.039
CaSO4	1.929e-05	1.933e-05	-4.715	-4.714	0.001
CaOH+	2.992e-08	2.725e-08	-7.524	-7.565	-0.041
CaHSO4+	4.829e-13	4.399e-13	-12.316	-12.357	-0.041
			Cl		2.540e-04
Cl-	2.540e-04	2.310e-04	-3.595	-3.636	-0.041
			H(0)		2.251e-28
H2	1.125e-28	1.127e-28	-27.949	-27.948	0.001
			K		2.047e-06

K+	2.045e-06	1.860e-06	-5.689	-5.730	-0.041
KSO4-	2.091e-09	1.905e-09	-8.680	-8.720	-0.041
KOH	1.617e-12	1.620e-12	-11.791	-11.791	0.001
Mg					1.564e-03
Mg+2	1.429e-03	1.000e-03	-2.845	-3.000	-0.155
MgHCO3+	5.508e-05	5.017e-05	-4.259	-4.300	-0.041
MgCO3	4.515e-05	4.523e-05	-4.345	-4.345	0.001
MgSO4	3.354e-05	3.360e-05	-4.474	-4.474	0.001
MgOH+	8.347e-07	7.604e-07	-6.078	-6.119	-0.041
Na					3.481e-04
Na+	3.468e-04	3.162e-04	-3.460	-3.500	-0.040
NaHCO3	7.675e-07	7.689e-07	-6.115	-6.114	0.001
NaCO3-	2.854e-07	2.600e-07	-6.545	-6.585	-0.041
NaSO4-	2.593e-07	2.362e-07	-6.586	-6.627	-0.041
NaOH	5.238e-10	5.247e-10	-9.281	-9.280	0.001
O(0)					1.422e-37
O2	7.110e-38	7.123e-38	-37.148	-37.147	0.001
S(6)					2.708e-04
SO4-2	2.177e-04	1.510e-04	-3.662	-3.821	-0.159
MgSO4	3.354e-05	3.360e-05	-4.474	-4.474	0.001
CaSO4	1.929e-05	1.933e-05	-4.715	-4.714	0.001
NaSO4-	2.593e-07	2.362e-07	-6.586	-6.627	-0.041
KSO4-	2.091e-09	1.905e-09	-8.680	-8.720	-0.041
HSO4-	6.143e-11	5.596e-11	-10.212	-10.252	-0.041
CaHSO4+	4.829e-13	4.399e-13	-12.316	-12.357	-0.041

-----Saturation indices-----

	Phase	SI	log IAP	log KT	
	Anhydrite	-2.65	-7.01	-4.35	CaSO4
	Aragonite	0.83	-7.50	-8.32	CaCO3
	Calcite	0.97	-7.50	-8.47	CaCO3
Dolomite	2.24	-14.81	-17.04		CaMg(CO3)2
	Gypsum	-2.43	-7.01	-4.58	CaSO4.2H2O
	Halite	-8.71	-7.14	1.58	NaCl

Abstract

The Study area is located in Romeshgan plain, southwest Kuhdasht County of Lorestan province. In this area the main water's supply is from groundwater's reservoir. There is no general research for estimation of groundwater quality of this plain. The purpose of this research is to assessment the role of geological factors and agricultural activities on the groundwater quality in Romeshgan plain. For this purpose, groundwater sampling was performed. Electrical conductivity (EC), acidity (pH) and temperature was determined in the field. Water samples were analyzed by standard methods for major cation and anion contents. Based on EC values, Romeshgan plain was divided to three zones. The average EC value in east, central and west of the plain are 626, 846 and 1226 micromohs/cm, respectively. The lower electrical conductivity (EC) in the east part of the plain, is probably due to the recharge of the plain by limestone units. In the central zone, the higher EC values of groundwater is probably due to the high exploit of groundwater. In the west zone of the plain, the exposure of Gachsaran formation has probably led to the highest electrical conductivity (EC) of the water samples. Thus, geological factors are the main reasons for destruction of water quality in the west zone. In order to assess the influence of agricultural activities on groundwater quality, nitrate concentration of water samples was determined. The higher concentration of nitrate in central zone is mainly due to the higher agricultural activity in this part of the Romeshgan plain.

Keywords: Hydrogeology, Hydrogeochemistry, Water quality, Groundwater, Romeshgan plain



Shahrood University Technology

Msc Thesis

Faculty of Earth Science

**Assessment of the role of geological factors and agricultural activities
on the quality of groundwater in Romeshgan plain**

Amin Rostami Zarin Abadi

Supervisors:

Dr. Gholam Hossein Karami

Dr. Giti Forghani

Advisors:

Dr. Farajallah Fardost

Dr. Ahmad Amadi Khalagi

November 2011