

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

## ارزیابی کیفی آبخوان مجن با تکیه بر آلودگی‌های ناشی از کشاورزی

نگارنده:

حامد قناعتیان

اساتید راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

دکتر هادی جعفری

زمستان 1391

ب

حمد و سپاس پروردگاری که طاف و سرمه‌ی برایش نه‌جا بسازد از نبرد ست تاب و سحر و انجوش کاشی کامی کوچک دگر-تمه‌م و ست بردارم. بر خود لازمید از تکمالی که در این راه یاری رسانده‌ها سازاری کنیم. از پدر، ما خبر کووارم که در تمام مراحل زندگی یاری و یاورم بودیم هر مرم که در تمام مراحل انجام تحقیق ضروری کرده‌اند پاسکاری می‌کنیم.

از استاید چه مرم راه‌ما جناب آقای که تهر و جناب آقای دکتر جعفر کله‌اوی و اینده شرفیاش و راه‌نمای این راه بودند و بدون همه و دمای ارزنده ایشان، بر پایان رساندن تحقیق زودکمال آشکار و رسا سازی دارم. استاد نگاه صنعتی و دگر که تمرکز نظر و دگر مطرح می‌دکتر امید می‌که به این جانب کمک فده آشکار کا و فطری این چه مرم دانشده علوم زمین خان‌ماسیدی و فارسی آشکار مفا‌لزم‌تانی دور تا زم به خصه و ص آقای ایدین شریعتی و اهر غده‌بند و دقتی‌فندی بگلفی که به هر نه و در تدوین این تحقیق یاری رسانده‌کمال آشکار دارم.

حاجد قما‌عتیان (بهمن ۱۳۹۱)

## چکیده

ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی متأثر از عوامل مختلفی نظیر آب و هوا، زمین شناسی، ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی آبخوان و البته عوامل انسانی نظیر کشاورزی (آب برگشتی ناشی از آبیاری) می‌باشد. با توجه به توسعه کشاورزی در دشت مجن از توابع شهرستان شاهرود در استان سمنان و احتمال آلودگی آبخوان در اثر آن، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی کیفی آبخوان مجن با تکیه بر آلودگی‌های ناشی از کشاورزی انجام شده است. به منظور دستیابی به این هدف ابتدا هیدروژئولوژی و هیدروشیمی آبخوان با استفاده از داده‌های کمی و کیفی پیزومترهای موجود در دشت مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین در تیر ماه 91 از تعداد 17 حلقه چاه کشاورزی نمونه‌برداری شده است. پارامترهای EC، pH و دما در صحرا و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی ( $\text{Na}^+$ ،  $\text{Mg}^{2+}$ ،  $\text{Ca}^{2+}$ ،  $\text{HCO}_3^-$ ،  $\text{SO}_4^{2+}$ ،  $\text{Cl}^-$ ) و همچنین نیترات و فسفات که از آلاینده‌های اصلی کشاورزی می‌باشند، در آزمایشگاه تعیین شده است. بر اساس نقشه هم‌پتانسیل آبخوان جهت کلی جریان آب زیرزمینی از سمت غرب به شرق می‌باشد. منطقه تغذیه آبخوان شامل بخش‌های غربی و شمال‌غربی و منطقه تخلیه شامل بخش جنوب‌شرقی آبخوان می‌باشد. سطح آب زیرزمینی در تعدادی از پیزومترها که در محدوده زمین‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند، به مرور زمان حدود 4 تا 7 متر افزایش یافته که این موضوع می‌تواند مرتبط با تغذیه آبخوان از طریق آب برگشتی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی باشد. بر اساس داده‌های کیفی پیزومترها، تیپ آنیونی غالب آب زیرزمینی از نوع بیکربناته بوده که در شمال منطقه به دلیل حضور رسوبات شیل و مارنی و تبخیری به تیپ آنیونی کلروه و سولفات تغییر می‌یابد. بالاترین میزان پارامترهای هدایت الکتریکی (1332 میکروزیمنس)، سولفات

(387/2 میلی‌گرم بر لیتر)، کلر (143/5 میلی‌گرم بر لیتر) و سدیم (78/2 میلی‌گرم بر لیتر) در بخش‌های شمالی آبخوان مشاهده می‌شود. بررسی کیفی آبخوان در محدوده زمین‌های کشاورزی بیانگر افزایش غلظت نیترات و فسفات می‌باشد. ارتباط مشخصی بین هدایت الکتریکی و غلظت نیترات و همچنین بین غلظت نیترات و عمق چاه‌ها دیده می‌شود. بالا بودن غلظت نیترات (میانگین غلظت حدود 63/7 میلی‌گرم بر لیتر) و فسفات (میانگین غلظت حدود 0/26 میلی‌گرم بر لیتر) در چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر بیانگر سطحی بودن منشأ آنها در آبهای زیرزمینی منطقه بوده و تاثیر تخریبی کشاورزی بر کیفیت آبخوان مجن را تایید می‌نماید.

کلمات کلیدی: مجن، آلودگی کشاورزی، نیترات

مقاله مستخرج از این پایان نامه:

1- تجزیه و تحلیل و رفتارسنجی پیژومترهای موجود در دشت مجن شانزدهمین همایش انجمن

زمین‌شناسی ایران دانشگاه شیراز شهریور ماه 1391

## فهرست مطالب

### فصل اول: مقدمه

- 1-1- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق.....1
- 2-1- موقعیت جغرافیایی.....2
- 3-1- آب و هوای منطقه مورد مطالعه.....4
- 4-1- زمین شناسی منطقه.....6
- 1-4-1- چینه شناسی.....8
- 2-4-1- زمین شناسی ساختاری منطقه.....10
- 5-1- هیدروژئولوژی منطقه.....10
- 6-1- هیدروژئولوژی منطقه.....11
- 7-1- ژئومورفولوژی منطقه.....12

### فصل دوم: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

- 1-2- مقدمه.....14
- 2-2- کیفیت پایه آب زیرزمینی.....15
- 3-2- عوامل انسانزاد اثر گذار بر کیفیت آب زیرزمینی.....27

### فصل سوم: روش انجام کار و تحقیق

- 1-3- مطالعات زمین شناسی.....43
- 2-3- نمونه برداری از آب زیرزمینی.....43

- 44.....3-3- بررسی داده های کمی آب زیرزمینی منطقه.....
- 45.....1-3-3- رسم هیدروگراف پیزومترها.....
- 45.....2-3-3- رسم نقشه هم پتانسیل آبخوان.....
- 45.....4-3- اندازه گیری پارامتر های کیفی آب زیرزمینی در محل پیزومترها.....
- 46.....5-3- نمونه برداری آب زیرزمینی از چاه های کشاورزی.....
- 46.....1-5-3- آنالیز شیمیایی نمونه های آب زیرزمینی چاه های کشاورزی در آزمایشگاه.....
- 47.....6-3- تحلیل داده های هیدروژئوشیمیایی منطقه.....

### فصل چهارم: بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان مجن

- 49.....1-4- مقدمه.....
- 50.....2-4- خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان مجن.....
- 50.....1-2-4- بررسی رفتار هیدروگراف پیزومترها.....
- 58.....2-2-4- نقشه هم پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه.....
- 59.....3-4- بررسی خصوصیات کیفی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه.....
- 60.....1-3-4- هدایت الکتریکی.....
- 65.....2-3-4- (pH).....
- 65.....3-3-4- بررسی غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی.....
- 70.....4-3-4- بررسی تغییرات غلظت یونها با استفاده از نمودارهای مختلف.....
- 75.....4-4- بررسی کیفی آبخوان مجن در محدوده چاههای کشاورزی.....



- 75.....1-4-4- بررسی هدایت الکتریکی در محدوده چاههای کشاورزی
- 79.....2-4-4- بررسی ارتباط هدایت الکتریکی با کل مواد جامد محلول
- 80.....3-4-4- بررسی مقادیر pH در محدوده زمینهای کشاورزی
- 81.....4-4-4- بررسی تغییرات دمای آب زیرزمینی در محدوده زمینهای کشاورزی
- 83.....5-4- بررسی غلظت کاتیون ها و آنیونهای اصلی
- 83.....1-5-4- بررسی میزان کلر آبخوان در محدوده زمین های کشاورزی
- 84.....2-5-4- بررسی مقادیر سدیم آبخوان در محدوده زمینهای کشاورزی
- 85.....3-5-4- بررسی مقادیر نیترات آبخوان در محدوده زمین های کشاورزی
- 89.....4-5-4- بررسی مقادیر فسفات آبخوان در محدوده زمینهای کشاورزی
- 90.....5-5-4- بررسی تغییرات غلظت یونهای آبخوان با استفاده از نمودار پایپر
- 92.....6-4- بررسی منشا یونهای آبخوان در محدوده زمینهای کشاورزی مجن
- 99.....7-4- بررسی تاثیر فرایند تبادل یونی بر غلظت کاتیونها
- 101.....8-4- شاخص اشباع منابع آب زیرزمینی مجن
- 103.....9-4- بررسی منشاء نیترات در آبهای زیرزمینی دشت مجن
- 106.....10-4- بررسی ضریب همبستگی بین یونها و پارامترهای مختلف در چاههای منطقه

#### فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها

- 114.....نتایج
- 118.....پیشنهادات

## فهرست اشکال

- شکل 1-1- محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی (برگرفته از نقشه راه ها.....3
- شکل 1-2- نقشه زمین شناسی مجن (برگرفته از نقشه :1:250000 گرگان).....7
- شکل 1-3- هیدروگراف ماهانه ایستگاه مجن در یک دوره دو ساله.....11
- شکل 1-4- موقعیت زمین‌های کشاورزی، چاه‌های کشاورزی و پیزومترهای دشت مجن.....12
- شکل 1-2- نمودار سدیم - کلر.....25
- شکل 2-2- نمودار نسبت سدیم به کلر در برابر هدایت الکتریکی.....25
- شکل 1-3- موقعیت چاه‌های کشاورزی و پیزومترهای دشت مجن.....44
- شکل 1-4- هیدروگراف پیزومترهای دشت مجن (گروه اول).....53
- شکل 2-4- هیدروگراف پیزومترهای دشت مجن (گروه دوم).....54
- شکل 3-4- هیدروگراف پیزومترهای دشت مجن (گروه سوم).....55
- شکل 4-4- هیدروگراف پیزومترهای دشت مجن (گروه چهارم).....56
- شکل 4-5- خطوط هم‌پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی در دشت مجن.....59
- شکل 4-6- نقشه تغییرات هدایت الکتریکی در دشت مجن.....64
- شکل 4-7- نقشه تغییرات سدیم در منابع آب زیرزمینی دشت مجن.....66
- شکل 4-8- نقشه تغییرات کلر در منابع آب زیرزمینی دشت مجن.....68
- شکل 4-9- نقشه تغییرات سولفات منابع آب زیرزمینی دشت مجن.....69

- شکل 4-10- دیاگرام پایپر مربوط به آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی پیزومترهای دشت مجن..70
- شکل 4-11- نمودار شولر مربوط به نمونه‌های برداشت شده از پیزومترهای دشت مجن.....72
- شکل 4-12- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی دشت مجن.....73
- شکل 4-13- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی دشت مجن.....74
- شکل 4-14- ارتباط عمق چاه‌ها با هدایت الکتریکی آب زیرزمینی.....78
- شکل 4-15- نقشه تغییرات هدایت الکتریکی در محدوده زمین‌های کشاورزی.....79
- شکل 4-16- رابطه هدایت الکتریکی و TDS نمونه‌های چاه‌های کشاورزی.....80
- شکل 4-17- نقشه تغییرات pH در محدوده زمین‌های کشاورزی.....81
- شکل 4-18- نقشه تغییرات دمای آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی.....82
- شکل 4-19- نقشه مقادیر کلر آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی.....83
- شکل 4-20- نقشه تغییرات سدیم در محدوده زمین‌های کشاورزی.....85
- شکل 4-21- پراکندگی غلظت نیترات در محدوده زمین‌های کشاورزی.....88
- شکل 4-22- رابطه بین عمق چاه‌های کشاورزی و غلظت نیترات.....88
- شکل 4-23- نقشه مقادیر نیترات آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی.....89
- شکل 4-24- نقشه هم فسفات آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی.....90
- شکل 4-25- نمودار پایپر نمونه‌های چاه‌های کشاورزی منطقه مورد مطالعه.....91
- شکل 4-26- نمودار تغییرات نسبت  $Na/(Na+Ca)$  در برابر TDS.....93
- شکل 4-27- نمودار تغییرات نسبت  $Cl/(Cl+HCO_3)$  در برابر TDS.....93
- شکل 4-28- رابطه غلظت کلر و سدیم چاه‌های کشاورزی.....94

- شکل 4-29- رابطه غلظت کلسیم و بیکربنات نمونه‌های چاه‌های کشاورزی.....95
- شکل 4-30- ارتباط غلظت  $\text{HCO}_3$  در برابر  $\text{Ca}+\text{Mg}$  نمونه‌های چاه‌های کشاورزی.....96
- شکل 4-31- رابطه غلظت یون سولفات و کلسیم نمونه‌های چاه‌های کشاورزی.....97
- شکل 4-32- مجموع غلظت کاتیونها (TC) در برابر مجموع غلظت سدیم و پتاسیم (الف).....98
- شکل 4-32- مجموع غلظت کاتیونها (TC) در برابر مجموع غلظت کلسیم و منیزیم (ب).....98
- شکل 4-33- رابطه EC (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در برابر نسبت  $(\text{Na}/\text{Cl})$  نمونه‌های چاه‌های کشاورزی.....99
- شکل 4-34- ارتباط  $(\text{HCO}_3^-+\text{SO}_4^{2-})$  و  $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})$  نمونه‌های چاه‌های کشاورزی.....100
- شکل 4-35- شاخص اشباع مربوط به کانیهای هالیت و ژیپس نمونه‌های آب‌زیرزمینی مچن.....102
- شکل 4-36- شاخص اشباع مربوط به کانیهای کلسیت و دولومیت نمونه‌های آب زیرزمینی مچن.....102
- شکل 4-37- ارتباط هدایت الکتریکی و غلظت نیترات در آبخوان مچن.....104
- شکل 4-38- ارتباط غلظت فسفات با عمق چاه‌های کشاورزی.....105
- شکل 4-39- ارتباط یون فسفات و نیترات.....106

## فهرست جداول

- جدول 1-1- میانگین بارندگی و دما در یک دوره 10 ساله در منطقه مورد مطالعه  
(اداره هواشناسی شاهرود).....4
- جدول 1-2- طبقه بندی اقلیمی دمارتن.....5
- جدول 1-4- مشخصات پیزومتر های دشت مجن.....50
- جدول 2-4- تقسیم بندی پیزومترها بر اساس رفتار هیدروگراف.....51
- جدول 3-4- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های برداشت شده از پیزومترها در سال 1388.....61
- جدول 4-4- آنالیز بافت خاک در بخش های مختلف دشت مجن.....63
- جدول 4-5- آنالیز شیمیایی نمونه های آب زیرزمینی چاه های کشاورزی.....76
- جدول 4-6- ضریب همبستگی یون ها و پارامترهای مختلف در چاه های با عمق کمتر از 175 متر.....107
- جدول 4-7- ضریب همبستگی یون ها و پارامترهای مختلف در چاه های با عمق بیشتر از 175 متر.....108

## فصل اول : مقدمه

### 1-1- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و پیشرفت وضعیت عمومی و اقتصادی جوامع، انجام تحقیقات گسترده در مورد منابع آب امری ضروری می‌باشد. 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. آب های زیرزمینی تنها منبع آب برای مصارف خانگی، کشاورزی و صنعتی در بسیاری از کشورها به ویژه مناطق خشک می‌باشند که آلودگی آن‌ها به عنوان یکی از اصلی ترین مشکلات در این مناطق شناخته شده است. در بین آلاینده‌های مختلف آلاینده‌های ناشی از آب برگشتی کشاورزی به عنوان یکی از مهم ترین آلاینده‌های غیرنقطه‌ای یا پراکنده شناخته شده است که هم به صورت مستقیم (انتقال کودهای اضافی مصرفی در کشاورزی و مواد همراه آنها) و هم به صورت غیرمستقیم (تغییر در اکسیژن محلول، یونهای اصلی، pH و بنابراین تغییر در واکنش‌های آب زیرزمینی با مواد سفره) بر شیمی و کیفیت آب‌های زیرزمینی تاثیر دارد. در بین آلاینده‌های مختلف مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی، آنیون نترات به دلیل ویژه‌گی‌های آن مهمترین آلاینده آب زیرزمینی می‌باشد که افزایش آن

## فصل اول: مقدمه

---

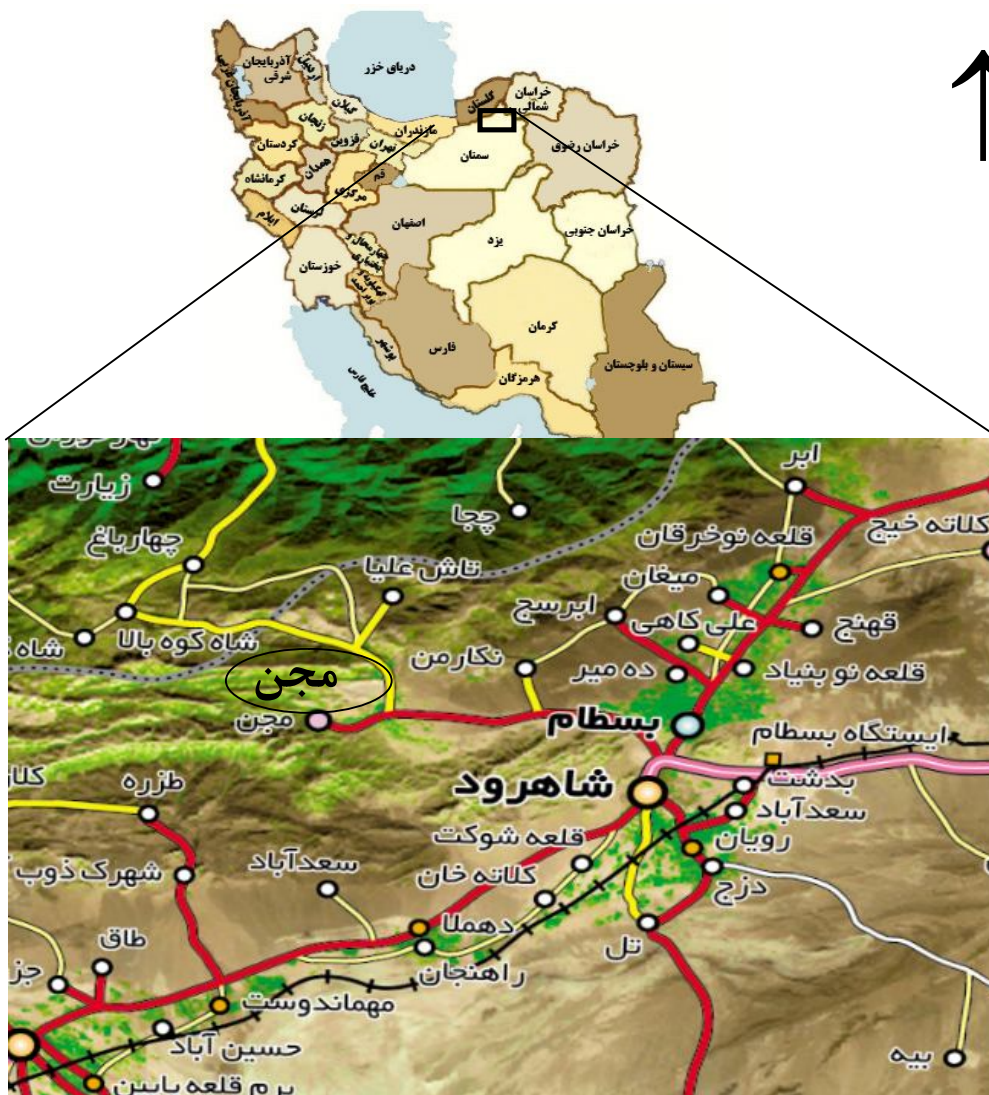
سبب صدمات اکولوژیکی شده و برای سلامتی انسان مضر می‌باشد. در ایران زمین‌های کشاورزی منبع اصلی نیترات شناخته شده‌اند که افزایش بی‌سابقه آنها در 30 سال گذشته سبب افزایش آبشویی نیترات از خاک‌ها به داخل منابع آب سطحی و زیرزمینی شده است (Jalali 2011). با توجه به اینکه هیچ گونه مطالعه‌ای بر روی کیفیت آب آبخوان مجن در ارتباط با آلاینده‌های ناشی از کشاورزی وجود ندارد، این مطالعه با هدف اصلی ارزیابی کیفی آبخوان مجن با تکیه بر آلودگی‌های ناشی از کشاورزی انجام شده است.

### 1-2- موقعیت جغرافیایی

شهر مجن یکی از مناطق دیدنی استان سمنان بوده که در شمال شرق آن قرار گرفته است. این منطقه از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان شاهرود می‌باشد که فاصله آن تا مرکز این شهرستان حدود 40 کیلومتر می‌باشد. دشت مجن از شرق به شهر بسطام و از شمال غرب و جنوب به ارتفاعات البرز محدود شده است و در جنوب آن دشت شاهرود قرار گرفته است. مسیر دسترسی به مجن از طریق جاده آسفالتی از شهرستان شاهرود به مجن می‌باشد که در شکل (1-1) نشان داده شده است. دشت مجن با وسعتی در حدود 163 کیلومتر متر مربع در حوضه آبریز مجن - تاش با وسعت کل 615/71 کیلومتر مربع و بین طول‌های جغرافیایی 30° 54' تا 25° 36' شرقی و عرض‌های جغرافیایی 35° 36' تا 36° 36' شمالی قرار دارد. بلندترین ارتفاعات منطقه قله شاهوار با 3945 متر ارتفاع از سطح دریای آزاد در شمال شرق دشت قرار دارد. حداکثر ارتفاع دشت حدود 2100 متر و حداقل آن حدود 1600 متر از سطح دریای آزاد می‌-

## فصل اول: مقدمه

باشد. طبق گزارش جهاد کشاورزی شهرستان شاهرود سطح زیر کشت محصولات مختلف در دشت مجن شامل حدود 2000 هکتار کشت سیب‌زمینی، 1000 هکتار گندم و ذرت و 1000 هکتار باغات می‌باشد. رودخانه‌های سرتنگه و داستان از بخش غربی به هم پیوسته و رودخانه مجن را تشکیل می‌دهند. دو رودخانه تاش و مجن که هر دو دارای جریان دائمی هستند دشت مجن را تغذیه می‌کنند.



شکل 1-1- محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی (برگرفته از نقشه راه های ایران)



### 1-3- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

وضعیت آب و هوایی از عوامل موثر و مهم در کمیت و کیفیت آب زیرزمینی یک منطقه می‌باشند. به منظور بررسی آب و هوا و اقلیم این منطقه از آمار ایستگاه هواشناسی و باران سنجی مجن استفاده شده است. متوسط بارندگی سالانه 280/2 میلی‌متر و پرباران‌ترین و کم باران‌ترین ماه‌های سال نیز به ترتیب، فروردین و مرداد ماه می‌باشند. جدول (1-1) متوسط بارندگی و رطوبت هوا در یک دوره 10 ساله را برای ایستگاه مجن نشان می‌دهد.

جدول 1-1- میانگین بارندگی و دما در یک دوره 10 ساله در منطقه مورد مطالعه (اداره هواشناسی شاهرود)

زمان (ماه)	دمای هوا	بارندگی (میلیمتر)
فروردین	8/2	46/3
اردیبهشت	13/7	39/9
خرداد	17/3	16/7
تیر	20/8	10/1
مرداد	20/9	9/3
شهریور	18/6	12/6
مهر	13/8	12/1
آبان	7/6	17/8
آذر	1/7	30/7
دی	-2/3	21/4
بهمن	-1/3	31/6
اسفند	3/8	43/2
میانگین سالانه	10/5	280/2

## فصل اول: مقدمه

برای ارزیابی اقلیم منطقه از معادله دمارتن (De Martonne) استفاده شده است. در این معادله برای تعیین نوع اقلیم ضریب خشکی I به صورت زیر محاسبه می شود.

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

که در آن P میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) و T متوسط دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (علیزاده، 1385). براساس این رابطه شش نوع آب و هوا طبقه‌بندی شده است (جدول 1-2).

جدول 1-2- طبقه بندی اقلیمی دمارتن

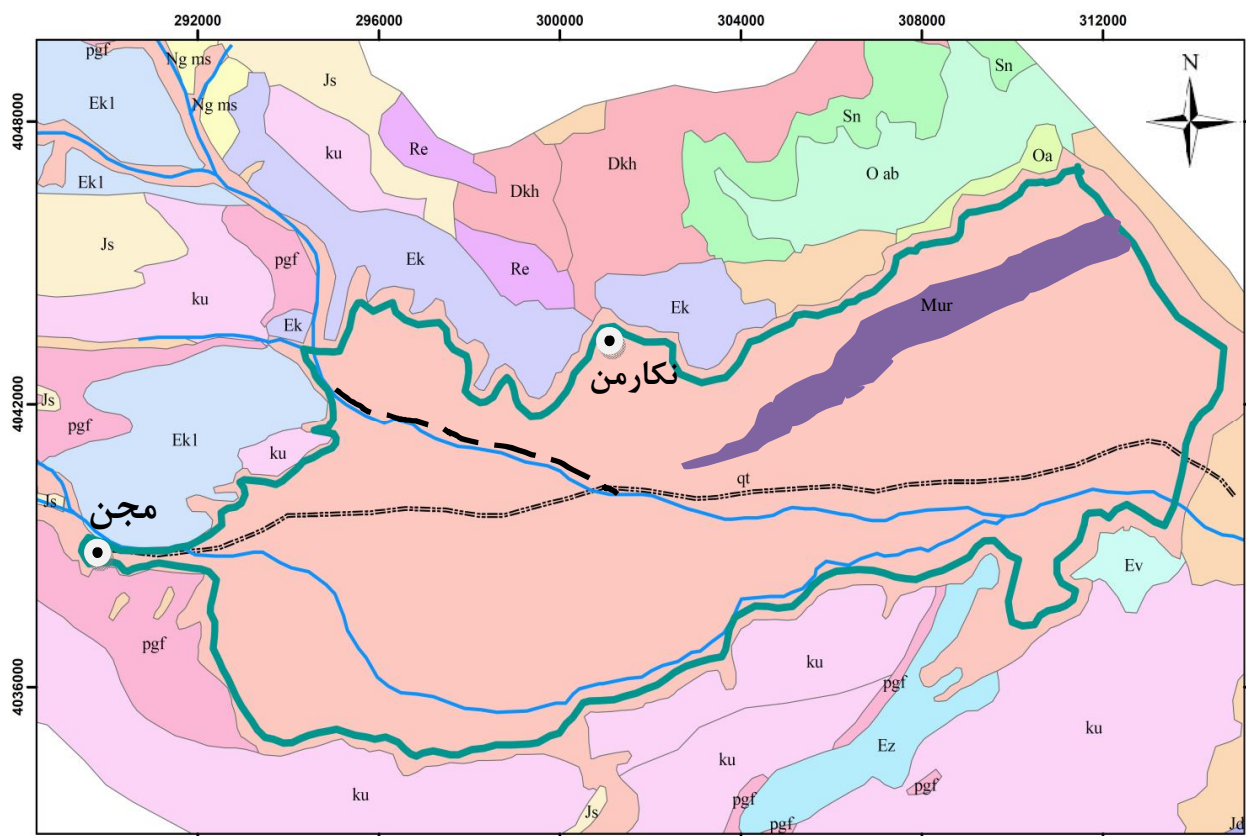
نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۲۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

بر اساس داده‌های هواشناسی، ضریب دمارتن حدود 13/67 به دست می‌آید. با توجه به میانگین درجه حرارت و بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه، بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن، این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد.

### 4-1- زمین شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات ساختمانی مربوط به البرز شرقی می‌باشد (امتداد این رشته کوه‌ها شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد) پهنای البرز شرقی از سمت غرب به شرق به تدریج کاهش می‌یابد به طوری که در شرق شاه‌کوه به کمتر از 30 کیلومتر کاهش می‌یابد (آقناباتی 1385). البرز شرقی بر خلاف واحد البرز مرکزی از چندین رشته به هم فشرده ساخته شده است، به علاوه نظم البرز مرکزی را نیز ندارد. زمین شناسی محدوده مورد مطالعه را می‌توان به دو بخش زمین شناسی ارتفاعات و زمین شناسی دشت تقسیم نمود که ارتفاعات منطقه از نظر لیتولوژی تنوع بیشتری دارند. همچنین ارتفاعات منطقه را نیز می‌توان به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم کرد. تنوع رسوبات در بخش شمالی بیشتر از بخش جنوبی و در بخش جنوبی غالباً از جنس آهکی می‌باشند. بخش شمالی منطقه شامل رسوبات دوران اول که در دامنه جنوبی کوه شاهوار رخنمون دارند و از کنگلومرا، ماسه‌سنگ، دیاباز می‌باشد. رسوبات دوران دوم با سازند الیکا که در غرب کوه شاهوار دیده می‌شود و از آهک کرم‌دار و دولومیت توده‌ای تشکیل شده است. سازندهای آهکی دولومیتی لار و آهک مارنی کرتاسه با وسعت قابل توجهی در بخش‌های جنوبی و غربی دشت دیده می‌شوند. سازند فجن و کرج با گسترش زیاد در بخش‌های غربی و شمالی منطقه حضور دارند که متعلق به دوران سوم می‌باشد. رسوبات دوران چهارم با پادگانه‌ها یا تراس‌های قدیمی و جدید، مخروطه‌افکنه و آبرفت‌های جدید در کف بستر رودخانه‌های منطقه معرفی می‌شوند. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد نظر با استفاده از نقشه 1/250000 گرگان رسم شده و در شکل (2-1) نشان داده شده است. در زیر مختصری از چینه‌شناسی سازندهای منطقه از قدیم به جدید ارائه می‌شود:

## فصل اول: مقدمه



### Legend

- 0 1.25 2.5 5 Kilometers
- qt: Recent alluvium
  - Mur: Marl, gypsiferous Marl
  - pgf: Red Conglomerate, Sandstone
  - ku: Limestone
  - Sn: Spilitic, Basalt, Andesite porphyritic
  - Re: Dolomitic Limestone, vermicular Limestone, Dolomite
  - Oa: Dolomite, Limestone, Shale
  - O ab: Micaceous Shale, Quartzitic Sandstone
  - Ng ms: Marl, Sandstone, Gypsiferous Marl, Gypsum
  - Js: Shale, Sandstone, Siltstone with Coal lenses
  - Jd: Marly Limestone, Marl, Ammonite bearing
  - Ez: Numulitic Limestone
  - Ev: Volcanics, locally intercalated with Numulitic Limestone
  - Ek1: Tuff, Tuffaceous Shale locally intercalated with Volcanic Lava
  - Ek: Volcanic Rocks
  - Dkh: Limestone, Sandstone, Marly Limestone and Marl
  - محدوده ایخوان
  - جاده مجن
  - رودخانه
  - گسل

شکل - 1-2 نقشه زمین شناسی مجن (برگرفته از نقشه: 1:250000 گرگان)

#### 1-4-1- چینه شناسی

1- سازند ابستو ( $O^a$ ): سازند ابستو متشکل از دولومیت، سنگ آهک و شیل که متعلق به اردوویسین می باشد که در بخش‌های شمال و شمال شرق منطقه دیده می‌شوند.

2- سازند ابرسج ( $O^{ab}$ ): این واحد با لیتولوژی شیل و ماسه سنگ کوارتزی در بخش شمالی منطقه قرار دارد. سن آن متعلق به اردوویسین بالایی است.

3- سنگ های آتشفشانی نکارمن ( $S^n$ ): جنس این واحد لیتولوژی از اسلیت، بازالت و آندزیت پورفیریک بوده و در منطقه نکارمن برونزد دارد. سن آن مربوط به سیلورین می باشد.

4- سازند خوش بیلاق (DKh): از ماسه سنگ، شیل، ماسه سنگ کوارتزی و گچ تشکیل شده است و مربوط به دوونین میانی است.

5- سازند مبارک ( $C_m$ ): جنس سازند مبارک در منطقه از شیل خاکستری سیاه رنگ، سنگ آهک و ماسه سنگ کوارتزی در قاعده تشکیل شده و به کربونیفر زیرین تعلق دارد.

سازندهای مربوط به دوران اول فقط در بخش های شمالی منطقه رخنمون یافته‌اند.

6- سازند الیکا ( $Re_2$ ): این واحد لیتولوژیکی از سنگ آهک دولومیتی، آهک کرم‌دار و دولومیت تشکیل شده است و سن آن مربوط به تریاس است.

## فصل اول: مقدمه

---

7- سازند شمشک (Js): جنس این واحد لیتولوژیکی در منطقه از شیل و ماسه سنگ به همراه عدسی‌های زغال‌دار می‌باشد که متعلق به ژوراسیک پایینی تعلق دارد.

8- سازند دلیچای (Jd): سازند دلیچای از لحاظ لیتولوژیکی از سنگ آهک مارنی و مارن آمونیت‌دار تشکیل شده است و متعلق به ژوراسیک میانی می‌باشد.

9- سازند لار (Jl): این نهشته رسوبی با سن ژوراسیک بالایی بیشتر در قسمت‌های غربی و جنوبی دشت مشاهده شده است و از دولومیت، سنگ آهک دولومیتی به همراه قلوه‌های چرتی تشکیل شده است.

10- آهک کرتاسه بالایی (Ku): این واحد لیتولوژیکی به صورت عمده از سنگ آهک تشکیل شده است و بیشتر در قسمت‌های غربی و جنوبی دشت مشاهده شده است و متعلق به کرتاسه بالایی است.

11- سازند فجن (Pgf): سازند فجن بیشتر در قسمت‌های غربی و جنوبی دشت رخمون داشته و از گنگلومرا و ماسه‌سنگ تشکیل شده که متعلق به پالئوسن می‌باشد.

12- سازند زیارت (Ev , Ez): این سازند با سن ائوسن زیرین شامل سنگ آهک نومولیت‌دار به همراه سنگ‌های آتش‌فشانی می‌باشد که در قسمت‌های شمالی منطقه دیده می‌شود.

13- سازند کرج (Ek): این واحد لیتولوژیکی متشکل از سنگ آتش‌فشانی، شیل و توف می‌باشد و سن آن متعلق به ائوسن می‌باشد که در شمال، غرب و جنوب منطقه دیده شده است.

14- سازند نئوژن ( $Ng^{ms}$ ): این نهشته رسوبی از مارن، ماسه سنگ، مارن گچ‌دار و گچ تشکیل شده است و به میوسن بالایی تعلق دارد. این واحد لیتولوژیکی در قسمت‌های شرقی دشت قرار گرفته است.

### 1-4-2- زمین شناسی ساختاری منطقه

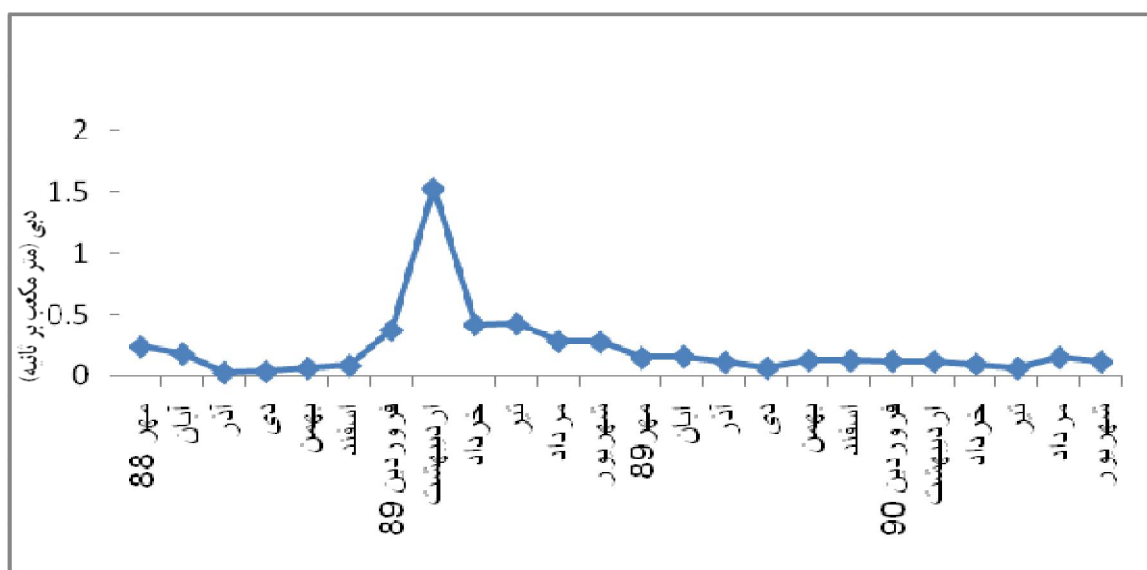
اهمیت زمین شناسی ساختاری در بررسی منابع آب زیرزمینی بسیار زیاد می باشد. از دیدگاه زمین شناسی ساختاری دشت مجن متعلق به البرز شرقی می باشد. روند عمومی چین خوردگی ها در البرز شرقی شمال شرقی - جنوب غربی می باشد (آقا نباتی 1383). منطقه مورد مطالعه به دلیل قرار گیری در زون گسلی حاوی گسل های متعددی می باشد. منطقه از نظر تکتونیکی بسیار به هم ریخته می باشد و چین خوردگی های متعددی واحدهای سنگی را تحت تاثیر قرار داده است. در منطقه مورد مطالعه ناودیس های متعددی رخنمون دارند که واحدهای ماسه سنگی و آهکی را به شدت به هم ریخته است.

### 1-5-5- هیدرولوژی منطقه

منابع آب سطحی در دشت مجن شامل رودخانه تاش و مجن می باشد که از چشمه های ارتفاعات غرب و شمال غرب سرچشمه می گیرند و در حوالی نعیم آباد به هم متصل می شوند. این دو رودخانه دائمی و به عنوان تامین کننده عمده آب مورد نیاز کشاورزی محسوب می شوند. محل ورود رودخانه تاش و مجن به دشت به ترتیب از قسمت های شمال غرب و غرب می باشد که پس از طی مسافتی حدود 25 کیلومتر از بخش شرقی دشت، از محل امیریه از دشت خارج می شوند. آبراهه های دیگری نیز در دشت وجود دارند که آب های سطحی بخش های شمالی و غربی دشت را زهکشی و در نهایت به این دو رودخانه می پیوندند. از منابع دیگر آب سطحی در منطقه سد نعیم آباد می باشد که در قسمت های مرکزی دشت بر روی رودخانه مجن احداث شده است که میزان آب برداشتی از این رودخانه را تا میزان چشمگیری افزایش خواهد داد. ایستگاه آب سنجی مجن که بر روی رودخانه مجن قرار گرفته است برای بررسی آب های سطحی انتخاب گردیده است. این ایستگاه در تراز 1734 متری آب های آزاد قرار گرفته است. دبی رودخانه مجن به صورت

## فصل اول: مقدمه

لحظه‌ای توسط تجهیزات موجود (اشل) در این ایستگاه ثبت می‌شود (سازمان آب منطقه‌ای سمنان 1390). شکل (1-3) آمار آبدهی میانگین 2 ساله (88-89 و 89-90) رودخانه مجن را نشان می‌دهد. با توجه به شکل نوسان دبی رودخانه مجن کم می‌باشد. دلیل آن برداشت از آب رودخانه به منظور آبیاری زمینهای کشاورزی می‌باشد.



شکل 1-3- هیدروگراف ماهانه ایستگاه مجن در یک دوره دو ساله

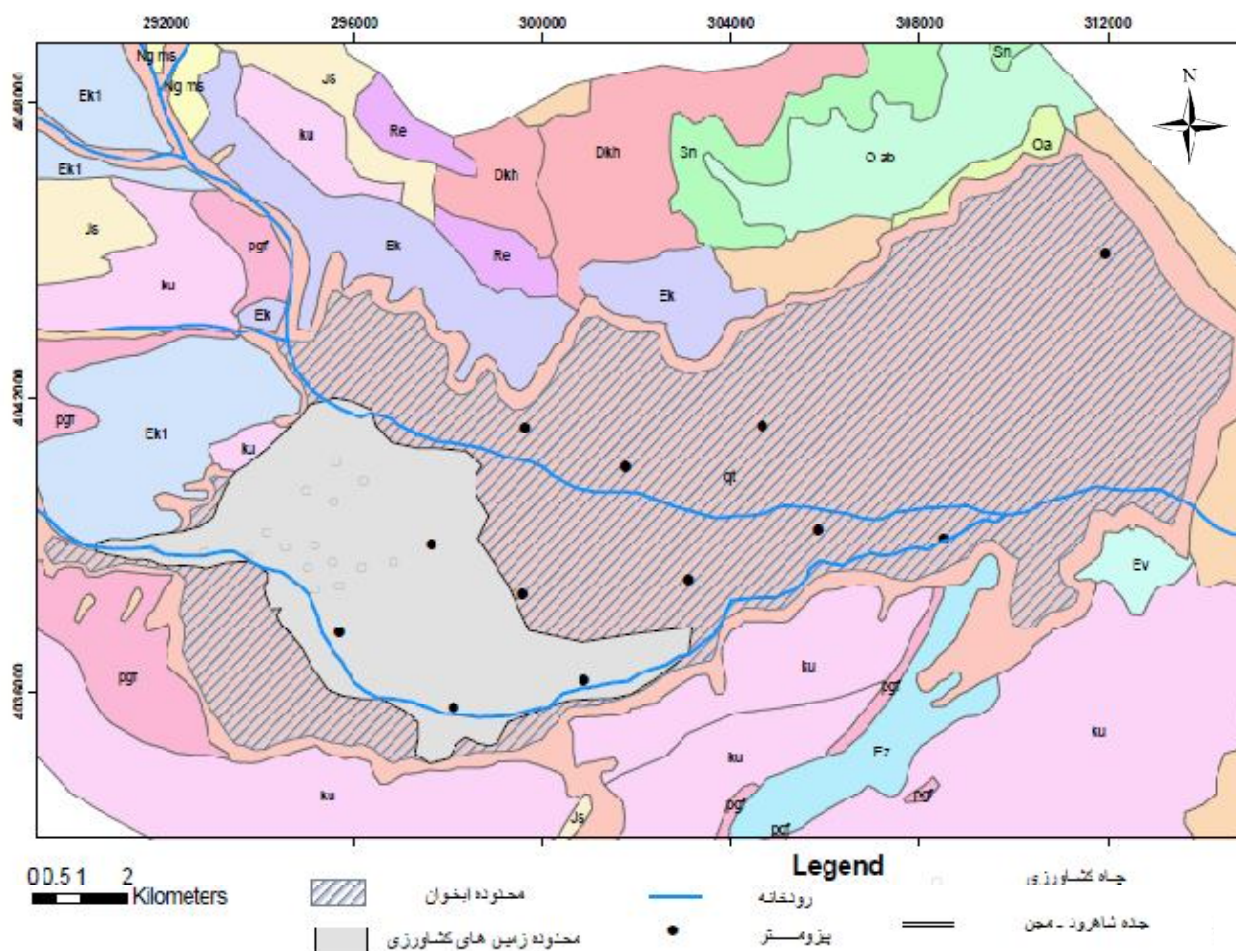
### 1-6- هیدروژئولوژی منطقه

بخش اعظمی از آب مورد نیاز منطقه توسط آب‌های زیرزمینی تامین می‌شود. آبخوان دشت مجن یک آبخوان آزاد می‌باشد که وسعت آن حدود 140 کیلومتر مربع می‌باشد. بخش اعظم آب برداشت شده از آن توسط چاه‌های نیمه عمیق و عمیق صورت می‌پذیرد. طبق آمار ارائه شده توسط سازمان آب منطقه‌ای سمنان دشت مجن دارای 24 حلقه چاه عمیق با دبی متوسط 30 لیتر بر ثانیه می‌باشد. علاوه بر چاه‌های حفر شده، برداشت از آب‌های زیرزمینی توسط 5 رشته قنات نیز صورت می‌گیرد. موقعیت چاه‌های



## فصل اول: مقدمه

کشاورزی دشت مجن در شکل 4-1 نشان داده شده است. به منظور بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی تعداد 12 پیزومتر در دشت حفر گردیده است. بررسی دقیق منابع آب زیرزمینی منطقه در فصل 4 آورده شده است.



شکل 4-1 موقعیت زمین های کشاورزی، چاه های کشاورزی و پیزومترهای دشت مجن

### 7-1- ژئومورفولوژی منطقه

دشت مجن میان ارتفاعات اطراف پرشیب خود محاصره شده است. ارتفاعات اطراف عمدتاً صخره ساز بوده و بلندای ارتفاعات شمالی بیشتر از ارتفاعات جنوبی می‌باشد. بلندترین نقطه در ارتفاعات شمالی 3945 متر و در ارتفاعات جنوبی 2590 متر بالاتر از سطح آبهای آزاد می‌باشد. ساختارهای تکتونیکی موجود در منطقه سبب ایجاد دره‌های متعددی شده است که معروف‌ترین آن تنگه داستان می‌باشد. بلندترین ارتفاع درون دشت در حدود 2070 متر در نزدیکی شهر مجن می‌باشد که به سمت شرق ارتفاع کاسته می‌شود به طوری که کمترین ارتفاع در خروجی حوضه آبخیز با حدود 1550 متر بالاتر از سطح آبهای آزاد می‌باشد (داده های رقومی نرم افزار 8.0 Global mapper).

### فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

#### 2-1- مقدمه

به منظور ارزیابی و مدیریت منابع آب زیرزمینی اطلاع از خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمی آبخوان لازم می‌باشد. کیفیت آب زیرزمینی نتیجه کلیه فرایندها و واکنش‌هایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در اتمسفر، تا زمانی که توسط چاه، قنات و یا چشمه از زیرزمین خارج می‌شود، بر روی آن عمل کرده است. این فاصله زمانی ممکن است کمتر از یک روز یا صدها سال طول بکشد. کیفیت آب زیرزمینی همچنین می‌تواند نشانه منشاء و سن آن و موادی که در زیرزمین با آن‌ها در تماس بوده باشد (صداقت 1373). به طور کلی مقدار کل نمک‌های محلول در آب زیرزمینی بیش از آب سطحی می‌باشد که این نمک‌های محلول بیشتر از انحلال سنگ‌ها، منشاء می‌گیرند. به همین دلیل هر چه از منطقه تغذیه به سمت منطقه تخلیه پیش برویم میزان نمک‌های محلول نیز افزایش پیدا می‌کند. استفاده بی‌رویه از آبهای زیرزمینی علاوه بر اینکه بر کمیت آب زیرزمینی اثر سوئی دارد در بیشتر موارد بر کیفیت آن هم اثرات نامطلوبی داشته است (Todd 2005). در کشور ایران که سهم استفاده از آبهای سطحی در صنعت، شرب و کشاورزی پایین می‌باشد، برداشت آب از منابع زیرزمینی بسیار زیاد می‌باشد. کیفیت آبهای زیرزمینی به عوامل مختلفی بستگی دارد. به طور کلی کیفیت آب زیرزمینی توسط دو عامل طبیعی و انسانزاد کنترل

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

می‌شود. عوامل طبیعی شامل سرعت جریان آب زیرزمینی، واکنش بین آب با سنگ و کیفیت آب تغذیه‌ای و همچنین عوامل انسانزاد شامل کشاورزی، صنعت و شهر سازی می‌توان نام برد (Chan, 2001).

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. از این رو تعیین کیفیت پایه آب زیرزمینی به منظور ارزیابی عوامل انسانزاد تأثیر گذار بر کیفیت آب زیرزمینی لازم می‌باشد.

### 2-2- کیفیت پایه آب زیرزمینی (Groundwater baseline quality)

طیفی از غلظت‌های عناصر، ایزوتوپ و یا ترکیبات شیمیایی محلول که از شرایط طبیعی، زمین شناسی، بیولوژیکی یا اتمسفری و بدون دخالت فعالیت‌های انسانی منشاء پیدا کرده باشند به عنوان کیفیت پایه آب زیرزمینی معرفی می‌گردد. مهمترین عواملی که کیفیت پایه آب زیرزمینی را کنترل می‌کنند عبارتند از بارندگی، نوع خاک، زون غیر اشباع، فرایندهای هیدروژئوشیمیایی در آب زیرزمینی، واکنش‌های رسوب - انحلال، کنترل کننده‌های واکنش‌های کاهشی، واکنش‌های تبادل یونی و سرعت حرکت آب زیرزمینی می‌باشد.

#### الف - بارندگی

بارندگی‌ها اصولاً از تبخیر آب اقیانوس‌ها نشأت می‌گیرند و ترکیب آنها عمدتاً حاوی یونهای Na و Cl به همراه نسبت بالایی از (Mg/Ca) می‌باشد. آب باران به دلیل حضور CO<sub>2</sub> موجود در هوا کمی حالت

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

اسیدی دارد که عمل واکنش بین سنگ و آب را آسان تر می کند. آب باران بسیار رقیق می باشد و عناصر حل شده در باران از انحلال گازهای اتمسفری و ذرات جامد موجود در جو که به ابروسل معروفند، نشأت گرفته است. TDS آب باران بین 4 تا 17 میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد و مقادیر بیشتر از 10 میلی گرم بر لیتر نتیجه آلودگی هوا است (Langemuir 1977).

### ب- نوع خاک

کیفیت آب زیرزمینی به شدت به کیفیت آب خروجی از زون خاک وابسته است. زون خاک تغییرات شایانی در ترکیب آب به وجود می آورد. اثر عمده خاک تولید  $CO_2$  ناشی از فرایندهای بیولوژیکی است. غلظت  $CO_2$  در شرایط طبیعی زون خاک ممکن است 10 تا 100 برابر غلظت این گاز در اتمسفر شود. نتیجه این امر تولید اسید کربنیک می باشد که هوازدگی کانی های کربناته و سیلیکاته را کنترل می کند. آب های مازاد آبیاری که به داخل زمین نفوذ می کنند ممکن است مقادیر قابل توجهی از نمک ها را وارد آب زیرزمینی کنند. غلظت نمک در آب هایی که از منطقه ریشه گیاهان عبور می کنند معمولاً چندین برابر غلظت آن آبی است که برای آبیاری به کار رفته است. این افزایش بیشتر مربوط به فرایند تبخیر و تعرق است که باعث افزایش غلظت نمک ها در آب می شود. به علاوه مواد قابل حل موجود در خاک، عناصر مختلف موجود در کودها و جذب انتخابی نمک ها توسط گیاهان نیز در تغییر غلظت نمک ها در آب های نفوذی موثرند. ترکیب آب باران در این زون تحت تأثیر تبخیر و تعرق، 3 تا 10 برابر غلظت آن افزایش پیدا می کند (Edmunds and shand 2008).

### ج- زون غیر اشباع

محیط‌هایی که عمق آب کمتر از چند متر باشد، به دلیل خاصیت موینگی، آب بالا آمده و باعث تبخیر و سبب افزایش غلظت مواد محلول می‌شود. مواد محلول در آب از قبیل Cl به زون غیر اشباع وارد می‌شود و در همان زون بدون تغییر باقی می‌ماند و اطلاعاتی از شرایط زمان تغذیه را حفظ می‌کند، بنابراین دوره-های خشک و تر و همچنین کاربری زمین و تغییرات کاربری زمین توسط Cl و دیگر مواد ورودی به ثبت می‌رسد. کاهش pH خاک و آب باران در زون غیر اشباع اتفاق و در آنجا کامل می‌شود. در اعماق بیشتر از چند متر رطوبت این منطقه با نرخ 0/01 تا 1 متر در سال در محیط‌های متخلخل و با نرخ بیشتر در سنگ‌های درز و شکاف‌دار که تخلخل دوگانه وجود دارد به سمت منطقه اشباع زهکشی می‌شود (Edmund and shand 2008).

### ح- فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی در آب زیرزمینی

لیتولوژی آبخوان و تجمع کانی‌ها، کیفیت اولیه آب زیرزمینی را فراهم می‌آورند و تحت تاثیر واکنش‌های ژئوشیمیایی (رسوب-انحلال، تبادل یونی و واکنش‌های اکسایش-کاهش) با هم ترکیب و در جهت شیب حرکت می‌کنند. زمانی که یک یون به حالت اشباع می‌رسد فرآیند انحلال برای این یون متوقف می‌شود ولی فرآیند تبادل یونی ممکن است ادامه پیدا کند (Langemuir 1977).

در بررسی‌هایی که توسط هررا و اسپینوزا (Herrera and Espinosa 2008) در آبخوانی آبرفتی در اسپانیا انجام گرفته شده است از منطقه تغذیه به سمت منطقه تخلیه تیپ آب از کربناته به سمت کلروه تغییر می‌کند و همچنین مقادیر TDS نیز به دلیل تأثیر کانی‌های تبخیری در جهت جریان افزایش پیدا کرده

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

است. اثرات فعالیت‌های کشاورزی به همراه عوامل زمین‌شناسی بر کیفیت آب زیرزمینی مشاهده شده است و در زمان‌ها و مکان‌های مختلف پارامترهای کیفی آب طیف وسیعی از غلظت را نشان می‌دادند، که دلیل آن تغییر در لیتولوژی در مکان‌های مختلف و کاربرد کودهای متفاوت در فصول مختلف می‌باشد.

مطالعاتی که توسط کلانتری و زارعی (1384) در دشت زیدون صورت گرفته است از منطقه تغذیه به سمت منطقه تخلیه تکامل هیدروژئوشیمیایی مشاهده می‌شود و تیپ آب از کلروسدیوکلسیک به کلروسدیک تغییر می‌کند که عامل آن شرایط هیدروژئولوژیکی حاکم بر سفره می‌باشد و می‌توان به انحلال هالیت و تبادل یونی کانی‌های رسی موجود در رسوبات به عنوان عاملی برای افزایش غلظت یون کلر اشاره کرد.

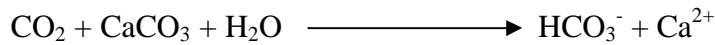
کلانتری (1386) با بررسی خصوصیات هیدرووشیمیایی سفره آب زیرزمینی در تنکابن روند عمومی افزایش هدایت الکتریکی را در جهت جریان آب زیرزمینی نشان داد ولی در بعضی از نقاط که انتظار می‌رود هدایت الکتریکی کمتر باشد به طور غیر منتظره‌ای مقادیر آن افزایش می‌یابد که دلیل عمده آن وجود مارن‌هایی می‌باشد که به صورت پراکنده در منطقه دیده می‌شود.

در تحقیقاتی که توسط جهانشاهی و همکاران (1386) در منطقه سروستان (جنوب شرق شیراز) انجام گرفته شده است یکی از دلایل افزایش هدایت الکتریکی را مجاورت منطقه مورد مطالعه با دریاچه مهارلو و نفوذ آب شور دریاچه به آب زیرزمینی دشت معرفی کرده و از طرفی به علت این که سطح آب زیرزمینی (به ویژه در حاشیه دریاچه) به سطح زمین نزدیک‌تر می‌باشد تبخیر عامل مضاعفی در افزایش غلظت یون‌ها شده است.

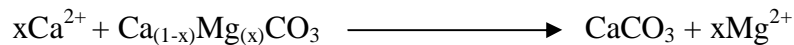
د- واکنش رسوب - انحلال

انحلال پذیری کانی‌ها، آزاد شدن کاتیون‌ها به آب زیرزمینی را تعیین می‌کند. در دسترس بودن کانی‌هایی با انحلال پذیری بالا عامل تعیین کننده‌ای در ترکیب شیمیایی اولیه آب زیرزمینی می‌باشد. انحلال کانی‌های کربناته و سیلیکاته به طور قابل ملاحظه‌ای توسط  $\text{CO}_2$  تولید شده در زون خاک کنترل می‌شود. تعدادی از واکنش‌های انحلالی که برای توضیح جذب و آزاد شدن عناصر موجود در سنگ‌های کربناته و سیلیکاته استفاده می‌شود به شرح زیر می‌باشد:

- انحلال همگن کلسیت



- انحلال ناهمگن کلسیت ناخالص

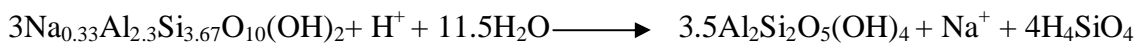


- هوازدگی اولیه کانی‌های سنگ (فلدسپار) برای آزاد سازی عناصر موجود و تشکیل رس



- هوازدگی اولیه کانی‌های سنگ (بیوتیت) برای آزاد سازی عناصر محلول و تشکیل رس‌ها

- هوازدگی رس‌های غنی از کاتیون و تشکیل رس‌های فقیر از کاتیون





## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

تمام واکنش‌های بالا از نوع هیدرولیزی می‌باشند و با مصرف  $\text{CO}_2$ ، pH محیط را تغییر می‌دهند. باز یا بسته بودن سیستم آب زیرزمینی نسبت به  $\text{CO}_2$  در تغییر کیفیت اولیه آب زیرزمینی اهمیت دارد. آزاد شدن یون‌های مختلف در آب، بستگی به انحلال پذیری آنها، نرخ تولید یون هیدروژن، درجه حرارت و تحرک اجزای کانی دارد. افزایش نسبت Mg به Ca در آب زیرزمینی نتیجه رخداد فرآیندهای مختلف می‌باشد و به عنوان شاخصی برای زمان ماندگاری و بلوغ آب زیرزمینی (آب جوان مقدار کمی Mg دارد) می‌باشد. در مطالعه‌ای که توسط جلالی (Jalali 2008) در منطقه رزن در استان همدان صورت گرفته است، پایین بودن ضریب انطباق بین یون‌های بی‌کربنات و کلسیم این گونه توجیه شده است که کلسیت منشأ عمده برای کلسیم نمی‌باشد و از طرفی انطباق بالایی که بین سولفات و کلسیم وجود دارد نشان دهنده منشأ ژئوپس می‌باشد. انطباق بالایی که بین یون‌های سدیم و کلر دیده شده دلالت بر انحلال سدیم کلرید می‌باشد و در مواردی هم که این انطباق دیده نشده احتمالاً سدیم از دیگر فرایندها منشأ گرفته است مثلاً انطباق بالایی که بین یون سولفات و سدیم دیده شده احتمالاً نتیجه انحلال کانی‌های سولفات سدیم دار می‌باشد که این اضافه یون سدیم در مقابل یون کلر نتیجه همین انحلال می‌باشد. از طرفی تبادل کاتیونی نیز می‌تواند سبب سدیم اضافی شود.

کیم و همکاران (Kim et al. 2005) فرایندهای ژئوشیمی اثرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی بر اساس روش بالانس جرمی در منطقه ای در کره تعیین کردند. این فرایندها شامل موارد زیر می‌باشد:

1- هوازدگی کانی‌ها

2- ورود نمک‌های حاوی  $(\text{Cl}/\text{SO}_4)$

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

3- تولید نیترات (توسط فرآیند نیتریفیکیشن و یا تجزیه مواد آلی تحت شرایط هوازی).

در این تحقیق موردی هوازدگی کانی‌ها عمده‌ترین فرایند اثرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی تشخیص داده شد.

جیوانادام و همکاران (Jeevanadam et al.2007) به منظور تعیین فرآیندهای اثرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه‌ای در هند، از 47 چاه نمونه‌برداری کردند و یون‌های اصلی و فلزات کمیاب را مورد آنالیز قرار داده‌اند. نسبت سدیم به کلر در مناطقی بیشتر از یک می‌باشد و هوازدگی سیلیکات‌ها را منشأ اصلی برای سدیم معرفی کرده‌اند زیرا آنیون بیکربنات فراوان‌تر از سدیم می‌باشد. بالا بودن ضریب انطباق بین کلسیم و منیزیم دلیلی بر منشاء واحد برای این دو کاتیون دارد و احتمالاً از انحلال کربنات کلسیم با منیزیم پایین منشأ گرفته‌اند. میانگین غلظت کلر در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه به طور میانگین برابر با 89 میلی گرم بر لیتر است که اشاره به نفوذ آب دریا به آبخوان دارد. میانگین غلظت سولفات برابر با 10 میلی گرم بر لیتر می‌باشد که از انحلال ژیپس منشأ گرفته است. با رسم دیاگرام پایپر دو رخساره هیدروشیمی عمده برای آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه تعیین شد که شامل Ca-Mg-Cl و Na-Cl می‌باشد و هوازدگی کربنات‌ها و سیلیکات‌ها و نفوذ آب شور مهم‌ترین فاکتورهای افزایش دهنده یون‌های اصلی می‌باشند. در بیشتر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه غلظت فلزات کمیابی مثل آهن بیشتر از مقدار استاندارد (0/3 میلی گرم بر لیتر) بوده که دلیل آن زنگ‌زدگی فلز آهن موجود در چاه، وجود لاتریت در خاک منطقه و وجود شرایط اکسایشی - کاهش‌ی در آب زیرزمینی تعیین شدند. در منطقه مورد مطالعه غلظت سدیم در آب زیرزمینی طیفی بین 20 تا 2300 میلی‌گرم بر لیتر دارد و همچنین کلسیم در بخش شمال غربی منطقه بیشترین غلظت را دارد که دلیل آن حضور گنیس در منطقه که حاوی کانی‌هایی نظیر

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

فلدسپار، پیروکسن و آمفیبول می‌باشد. غلظت پتاسیم نیز طیفی بین 2 تا 1900 میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که کانی‌هایی مثل ارتوکلاز، میکروکلین و بیوتیت در سنگ گنیس منشأ اصلی پتاسیم در آب زیرزمینی منطقه معرفی شده‌اند.

### ز - کنترل کننده‌های واکنش کاهشی

واکنش‌های کاهشی در تعیین و توصیف تغییرات در خصوصیات پایه آب زیرزمینی اهمیت دارند. آب‌های زیرزمینی با عمق کم، حاوی اکسیژن محلولی می‌باشند که میزان آن (به صورت میانگین 8 میلی‌گرم بر لیتر) کمی کمتر از مقادیر اتمسفر می‌باشد. زمانی که آب زیرزمینی در جهت شیب به سمت پایین حرکت می‌کند اکسیژن محلول توسط فرآیندهای مختلف مصرف می‌شود. نرخ مصرف اکسیژن محلول به ژئوشیمی آبخوان و حضور مواد الکترون دهنده بستگی دارد.

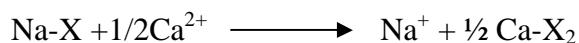
در مسیر حرکت آب زیرزمینی توالی از تغییرات شرایط اکسایشی - کاهشی را می‌توان تشخیص داد ( Edmund et al. 1987) و همچنین در بسیاری از موارد قابل پیش بینی نیز می‌باشد ( Stumm and Morgan 1996).

پس از تکمیل واکنش‌های اکسیژن، نیترات به عنوان گیرنده بعدی الکترون می‌باشد و در ادامه اکسید منگنز و اکسید آهن احیا می‌شوند. تعیین ارتباط شرایط اکسایشی - کاهشی با فاکتورهای هیدروژئولوژیکی از قبیل عمق، موقعیت در سیستم جریان، لیتولوژی و سن آب زیرزمینی در پیش بینی شرایط شیمیایی و هیدرولوژیکی در مناطقی که ناشناخته می‌باشند، مفید است.

## ن - واکنش‌های تبادل یونی

تغییر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی در طول مسیر خود در آبخوان به خوبی توسط تبادل یونی قابل توضیح می‌باشد. رس‌ها و سیلت‌های دانه ریز می‌توانند کاتیون‌ها را جذب کنند. این کاتیون‌ها به وسیله بارهای الکتریکی موجود در سطح ذرات، نگه داشته می‌شوند اما این کاتیون‌ها ممکن است به وسیله کاتیون‌های دیگر موجود در آب جانشین شوند که این خاصیت را تبادل کاتیونی می‌گویند. بیشتر آبخوان‌ها به ویژه آنهایی که در مناطق دریایی تشکیل شده‌اند، تغییرات پیوسته‌ای از زمانی که آب باران، آب زیرزمینی را تغذیه و در سازندهای آب شور جابجا می‌شوند متحمل می‌شود و سنگ منشاء دستخوش تعادل که شامل انحلال غیرهمگن و همچنین تبادل کاتیونی به ویژه سدیم به جای کلسیم می‌شود. وقتی آبی با سدیم زیاد به زمین داده می‌شود، به دلیل فرایند تبادل یونی، یون‌های سدیم خاک زیاد، در حالی که یون‌های کلسیم یا معادل آن وارد آب می‌شود. این واکنش مشخصات خاک را تغییر می‌دهد و از نفوذپذیری آن می‌کاهد. اگر کلسیم آب زیاد باشد، تغییر در جهت عکس اتفاق می‌افتد و نفوذپذیری خاک زیاد می‌شود. از این رو گاهی افزودن سولفات کلسیم به خاک، سبب بهبود بافت خاک و قابلیت زهکشی آن می‌شود.

- واکنش تبادل کاتیونی



X به عنوان تبادل گر می‌باشد.

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

تقریباً تمام کانی‌ها دارای خصوصیات تبادلی هستند و سطح خارجی کانی‌ها عامل تعیین کننده ظرفیت تبادل کاتیونی است. کانی‌های رسی مانند مونت موریلونیت، ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارا می‌باشد. مواد آلی و شکل‌های مختلف اکسید و هیدروکسیدهای آهن دارای بیشترین ظرفیت تبادل کاتیونی می‌باشند (Edmund and shand 2008).

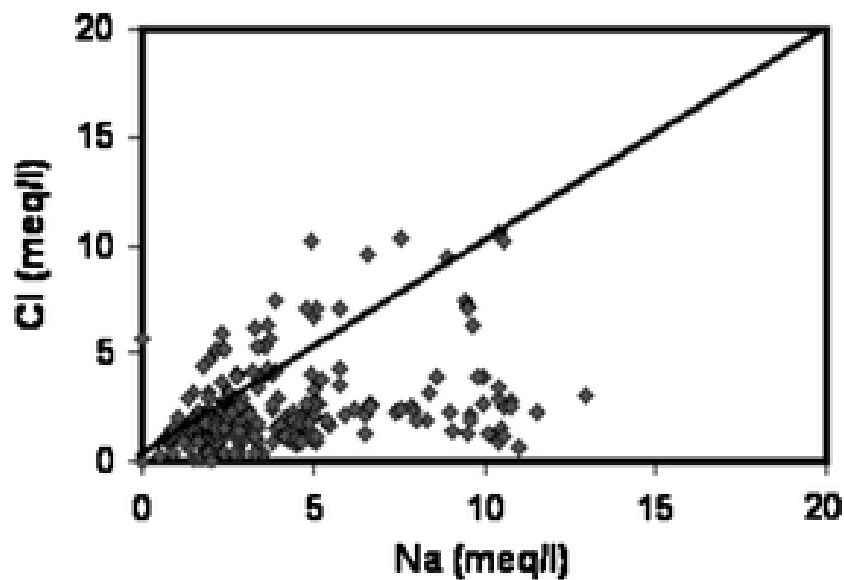
تحقیقات صورت گرفته توسط راجش وهمکاران (R.rajesh et al.2011) در منطقه ای در هند فرایند های اثر گذار بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه تعیین شد که عبارتند از:

1- فرایند تبخیر: رسم نموداری که غلظت یون کلر و سدیم و همچنین یون بیکربنات و کلسیم منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد و مقایسه آن با خط تبخیر نمونه آب زیرزمینی که کمترین غلظت یونی را دارا می‌باشد نشان دهنده اثرات تبخیر بر کیفیت آب زیرزمینی می‌باشد و تبخیر آب از تعداد زیادی چاه دهانه گشاد موجود در منطقه که سطح آب زیرزمینی بالا می‌باشد معرفی شده است.

2- تبادل یونی: به منظور ارزیابی فرایند تبادل یونی نموداری متشکل از غلظت  $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$  در مقابل  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}$  رسم شد. اگر تبادل یونی فرایندی غالب باشد شیب خط به دست آمده از نمودار یک می‌شود. شیب به دست آمده از نمودار در منطقه مورد مطالعه برابر با 0/86 می‌باشد که نشان دهنده اهمیت اثرات تبادل یونی می‌باشد.

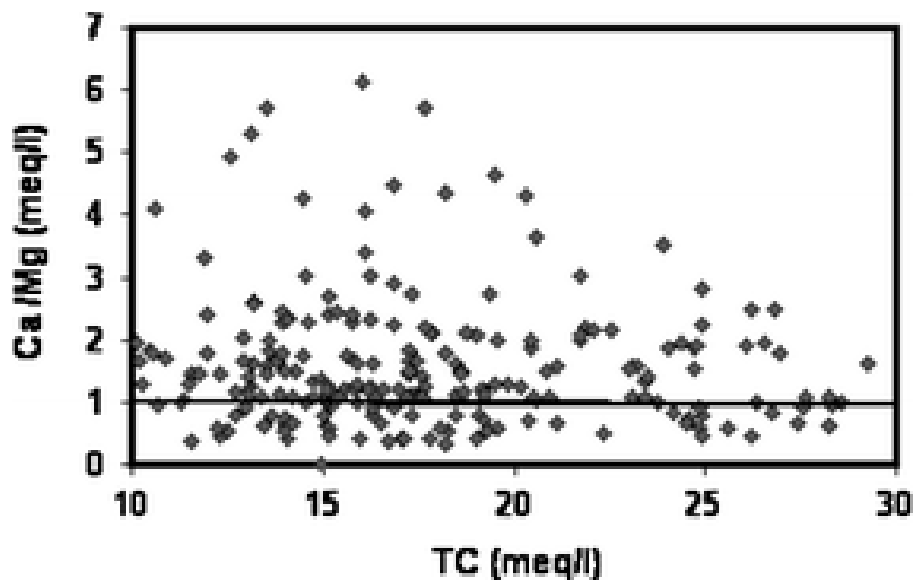
3- هوازدگی سیلیکات‌ها: شکل 1-2 نقاط نمونه‌هایی که زیر خط 1:1 در نمودار  $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$  قرار می‌گیرند، مقادیر  $\text{Na}^+$  اضافی احتمالاً از هوازدگی سیلیکات‌ها منشأ می‌گیرد.

فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین



شکل 1-2 نمودار سدیم - کلر در منطقه مورد مطالعه (R.rajesh et al. 2011)

4- انحلال کانی ها: نمودار غلظت  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  را در مقابل کل کاتیون ها رسم کرده اند و بر این اساس توانسته اند منشأ سنگ انحلال یافته را تخمین بزنند (شکل 2-2).



شکل 2-2 نمودار مجموع کاتیون - نسبت کلسیم به منیزیم در منطقه مورد مطالعه (R.rajesh et al. 2011)

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

اگر نسبت  $(Ca^{2+}/Mg^{2+})$  برابر 1 باشد انحلال دولومیت صورت گرفته در حالی که این نسبت بیشتر شود اشاره به انحلال کلسیت دارد (Maya and Loucks 1995). اگر این نسبت مولار بیشتر از 2 شود اشاره به انحلال سیلیکات حاوی منیزیم و کلسیم دارد. در منطقه مورد مطالعه عمدتاً انحلال کلسیت و دولومیت رخ داده است.

جیوانادام و همکاران (Jeevanadam et al. 2007) با استفاده از شاخص کلر - آلکالین  $(Cl^- - Na^+ + K^+) / Cl^-$  توانستند فرایند تبادل یونی بین آب زیرزمینی و سنگ را مشخص کنند. تبادل یونی سدیم و پتاسیم توسط کلسیم و منیزیم می‌تواند صورت گیرد. اگر مقدار این شاخص مثبت شود تبادل یونی معمولی (افزایش سختی آب) و اگر این مقدار منفی شود تبادل یونی معکوس رخ داده است. با استفاده از این شاخص تبادل یونی معکوس در این منطقه تشخیص داده شد. با استفاده از دیاگرام گیبس کیفیت 86 درصد نمونه‌های آب زیرزمینی تحت تاثیر هوازدگی شیمیایی کانی‌ها تشخیص داده شد.

### و - سرعت حرکت آب زیرزمینی

آبهای زیرزمینی با سرعت بالا معمولاً به این دلیل که زمان تماس کمی با محیط اطراف دارند و نسبت آب به سنگ زیادی دارا می‌باشند، عناصر کمتری را می‌توانند در خود حل کنند. آبهای زیرزمینی با سرعت بالا در آبخوان‌های آزاد کم عمق شناخته شده‌اند. سرعت بالا بر باز بودن سیستم از لحاظ ترمودینامیکی، زمان ماندگاری کوتاه و تغذیه سیستم به صورت پیوسته دلالت می‌کند. سرعت‌های پایین آب زیرزمینی در سنگ‌هایی با هدایت هیدرولیکی پایین و سیستم آب زیرزمینی عمیق که شیب هیدرولیکی نزدیک به صفر می‌باشد اتفاق می‌افتد. این چنین سیستم‌هایی بیشتر تمایل به تشکیل آبخوان محبوس را دارند و از

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

لحاظ ترمودینامیکی، سیستم بسته محسوب می‌شوند. کیفیت آب زیرزمینی در چنین سیستم‌هایی به شدت به ترکیب کانی‌شناسی سنگ بستگی دارد زیرا نسبت آب به سنگ پایین و زمان ماندگاری بالا می‌باشد و بسیاری از کانی‌های موجود در سنگ در تعادل شیمیایی با آب زیرزمینی هستند (Langemuir 1977).

### 3-2- عوامل انسانزاد اثر گذار بر کیفیت آب زیرزمینی

از عوامل انسانزاد که بر کیفیت آب زیرزمینی اثر دارند می‌توان به فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی اشاره کرد. مطالعات انجام شده در مناطق نیمه خشک ایران نشان می‌دهد که حدود 10 تا 25 درصد از آبهای مصرفی کشاورزی به آبهای زیرزمینی بر می‌گردد (Jafari et al. 2011). به علاوه، بررسی‌ها بیانگر عدم مدیریت در استفاده از کودهای شیمیایی مختلف می‌باشد (jalali 2005). بنابراین آب مصرفی اضافی (آب برگشتی) می‌تواند سبب انحلال و شسته شدن کودهای شیمیایی و مواد همراه آنها به ویژه نترات و فسفات به اعماق شده و بر کیفیت آبخوان موثر باشد.

فعالیت کشاورزی یکی از منابع آلودگی‌های غیر نقطه‌ای آب‌های زیرزمینی و آبهای سطحی است که در بسیاری از مناطق دنیا بسیار نگران کننده می‌باشد. غلظت آلاینده‌های کشاورزی در مقایسه با آلاینده‌های صنعتی کمتر است که دلیل آن سطح زیادی از زمین که درگیر با فعالیت کشاورزی می‌باشد و در نتیجه آب بیشتری برای کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد که باعث کاهش غلظت آلاینده‌ها می‌شود. یکی از آلاینده‌هایی که در کشاورزی بسیار رایج می‌باشد، نترات است.



## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

اصطلاح contamination که توسط فریز و چری (Freeze and Cherry 1979) به کار برده شده است نشانگر افزایش اجزاء محلول در آب زیرزمینی توسط فعالیت‌های انسانی است اگرچه لزومی ندارد که برای انسان مضر باشد.

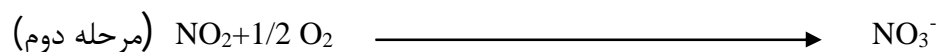
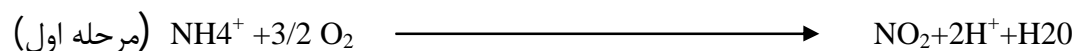
آبهای زیرزمینی تنها منبع آب در مناطق خشک می‌باشند. آلودگی آب‌های زیرزمینی به علت فعالیت کشاورزی می‌تواند به شدت بقا را در این مناطق به خطر بیندازد. این آلودگی‌ها معمولاً با افزایش شوری و غلظت نیترات و فسفات مشخص می‌شوند. کمیت و کیفیت آب تغذیه‌ای به طور اساسی بر پتانسیل پمپاژ از آبخوان‌ها در مناطق خشک اثر دارند (Oren et al. 2004). منشاء طبیعی تغذیه سفره در مناطق خشک محدود به نفوذ در طی سیلاب می‌باشد که نامنظم و فراوانی کمی دارد. منشاء انسانزاد تغذیه بیشتر از آبهای آبیاری در کشاورزی و نشت از فاضلاب‌ها صورت می‌گیرد. فعالیت‌های کشاورزی به شدت بر نرخ و ترکیب آب تغذیه‌ای اثرگذار هستند. اثرات آبیاری و مصرف کودها در مناطق خشک می‌تواند سبب شور شدن خاک و آب زیرزمینی و افزایش املاح محلول در آب زیرزمینی شود.

آبیاری در مناطق خشک باعث افزایش غلظت نمک‌ها در زون ریشه به دلیل تبخیر و تعرق می‌شود. به منظور به حداقل رساندن میزان شوری خاک، مقادیر بیشتر از آنچه که گیاه به آب نیاز دارد، آب مورد استفاده قرار می‌گیرد که این افزایش آب سبب آبشویی نمک‌ها به آب زیرزمینی می‌شود. در مناطق کشاورزی آب نفوذی به زمین، کودهای شیمیایی و آلاینده‌ها را با خود در زون خاک عبور داده و از زیر زون ریشه به آب زیرزمینی زهکشی می‌کند. آلاینده‌هایی که توسط آبیاری به وجود می‌آیند شامل موارد زیر می‌باشد:

### الف - نیترات

نیترژن به عنوان مواد مغذی هم برای گیاهان و هم برای جانوران ضروری و از اجزای مهم آمینو اسید، پروتئین و نوکلئیک اسید می‌باشد. گیاهان برای به دست آوردن نیترژن در اطراف ریشه‌هایشان با فرآیندهای میکروبیولوژی خاک در رقابت هستند. گیاهان در کل نیترژن را به صورت یون نیترات و یا آمونیوم جذب می‌کنند. جذب نیترات برای گیاه مناسب‌تر می‌باشد. شکل‌های مختلف نیترژن که سبب آلودگی می‌شوند عبارتند از آمونیاک (زمانی که حل می‌شود به شکل آمونیوم در می‌آید)، نیتريت و نیترات در بیشتر محیط‌ها  $\text{NH}_4$ ، شکل غالب بوده که ممکن است توسط گیاهان به نیترات تبدیل شده و مورد مصرف قرار گیرد. مقادیر اضافی که جذب گیاه نمی‌شود توسط فرایند نیتریفیکیشن به نیترات تبدیل می‌شود. نیتریفیکیشن طبق معادله (1-2) در دو مرحله صورت می‌پذیرد که ابتدا  $\text{NH}_4$  به  $\text{NO}_2$  و سپس به  $\text{NO}_3$  تبدیل می‌شود. اولین مرحله این فرآیند توسط باکتری‌های اتوتروف از جنس نیتروزوموناس انجام می‌شود. نیتروزوموناس در حضور اکسیژن قادر است آمونیوم را به نیتريت اکسید نماید (Addiscott 2005).

معادله (1-2) :



## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

نیتروژن به عنوان مواد مغذی برای گیاهان به مقدار زیادی در زمین‌های کشاورزی به منظور بدست آوردن محصولات بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین نیتروژن از طریق اتمسفر در مناطقی که هوای منطقه دچار آلودگی صنعتی می‌باشد می‌تواند به صورت مضاعف وارد خاک شود. در حدود 20 تا 70 درصد نیتروژن به کار برده شده، توسط گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد، نیتروژن باقی مانده ممکن است تحت تاثیر فرآیندهایی مثل نیترات زدایی به اتمسفر وارد شود و یا به شکل نیترات به درون زمین نشت پیدا کنند. نیترات به دلیل اینکه به راحتی جذب خاک نمی‌شود به همراه آب به آسانی در خاک عبور می‌کند. دلیل عدم جذب نیترات در خاک این است که بیشتر ذرات خاک حاوی بار الکتریکی منفی می‌باشند و نیترات هم آنیون می‌باشد، این نیروهای دافعه یون نیترات را از اطراف ذرات خاک، جایی که سرعت آب حداقل می‌باشد دور و به سمتی که سرعت آب بیشتر است منتقل می‌کند، بنابراین نیترات به راحتی توسط آب جابجا می‌شود و در زمان آبیاری به زیر زون ریشه گیاهان نشت پیدا می‌کند. طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO) حداکثر میزان مجاز نیترات در آب زیرزمینی 50 میلی گرم بر لیتر می‌باشد.

افزایش نشت نیترات در زمین‌های کشاورزی تحت شرایط زیر اتفاق می‌افتد:

الف- محصولاتی که پتانسیل بالایی برای نشت نیترات دارند.

ب- خاک‌هایی که پتانسیل بالایی برای نشت نیترات دارند که شامل خصوصیات زیر می‌باشند:

1- نرخ نفوذ بالا

2- پتانسیل دنیتریفیکیشن پایین دارند. معمولاً خاک‌های ماسه‌ای دارای این خصوصیت هستند.

3- نبود لایه غیر قابل نفوذ در مسیر حرکت آب

ج- زمان کاربرد کودهای حاوی نیترات به ویژه در زمانی که متعاقبا بارندگی رخ دهد و یا زمانی که نرخ تبدیل نیتروژن به نیترات توسط میکروبیهای خاک افزایش پیدا می‌کند.

د- کاربرد مقادیر بیش از حد مجاز کود نیتراتی بر واحد هکتار

لطیف و همکاران (1384) مطالعه ای را با هدف تعیین میزان آلودگی به نیترات آب زیرزمینی دشت مشهد و مشخص کردن علل منشاء آلودگی انجام دادند. ایشان به این منظور از 40 چاه در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعتی دشت به مدت 6 ماه از تیر تا آذر ماه نمونه‌برداری کرده و پس از تجزیه شیمیایی و میکروبی با استانداردهای بین المللی مقایسه کردند. نتایج نشان‌دهنده آلودگی آب زیرزمینی نقاط پر جمعیت شهر و کیفیت خوب آبهای زیرزمینی مناطق کشاورزی و صنعتی بوده است. دلیل بالا بودن نیترات در مناطق پر جمعیت را مربوط به نشت فاضلاب خانگی به آب زیرزمینی معرفی کرده‌اند.

ناصری و همکاران (1385) با مطالعه و بررسی عوامل موثر بر تغییرات مکانی غلظت یون نیترات در حوضه قره‌سو به این نتیجه رسیدند که چاههایی که در سفره آزاد حفر شده‌اند نسبت به سفره‌های تحت فشار بیشتر در معرض آلودگی به نیترات قرار گرفته‌اند. این مساله نشان می‌دهد که منبع سطحی عامل ورود نیترات به آبخوان است.

طباطبایی و همکاران (1386) با مطالعه و بررسی عوامل موثر بر غلظت یون‌های نیترات و فسفات در حوضه گرگانرود به این نتیجه رسیدند که چشمه‌ها و منابع آبی که از سازند سخت استخراج می‌شوند دارای هیچ‌گونه آلودگی به نیترات و فسفات نمی‌باشند در صورتیکه چاه‌های نیمه عمیق به علت نشت

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

فاضلاب خانگی دارای بیشترین مقادیر آلودگی می‌باشند و در چاه‌های عمیق آلودگی کمتری نسبت به چاه‌های نیمه‌عمیق مشاهده شده است.

دهقانی و عباس نژاد (1389) در بررسی‌های خود در شهر انار غلظت نیترات را در دو نمونه آب زیرزمینی بیش از حد مجاز مشاهده کردند. آنها دو عامل ورود فاضلاب شهری و تمرکز زمین‌های کشاورزی در بخش مرکزی دشت و استفاده از کودهای نیترات‌دار را دلیل این افزایش معرفی کرده‌اند.

نظامی و همکاران (1390) در مطالعات خود بر روی آلودگی نیترات در منطقه شهریار، منطقه را به سه قسمت کشاورزی، صنعتی و شهری تقسیم کردند و با بررسی میزان نیترات در هر بخش دریافتند که مناطق کشاورزی سهم بالاتری از غلظت نیترات را دارا می‌باشد (میانگین غلظت نیترات 54/1 میلی‌گرم بر لیتر). دلیل بالا بودن نیترات در آب زیرزمینی این منطقه نیز استفاده از روش سنتی برای آبیاری و کوددهی بیان شده است. حداکثر میزان نیترات در تیر ماه مشاهده شده است که علت این حداکثر در تیر ماه نیز به دلیل افزایش مصرف کودهای نیتروژن‌دار و آبیاری به خاطر شروع فصل کشت در اواخر زمستان و فصل بهار بوده است و به دلیل زیاد بودن عمق سطح آب زیرزمینی، این افزایش به صورت دراز مدت خود را نشان داده است.

زرابی و جلالی (Zarabi and Jalali 2012) به منظور تعیین ارتباط خصوصیات بافت خاک با میزان آبشویی نیترات، آمونیوم و نیتريت در منطقه‌ای در غرب ایران که طی 30 سال گذشته کشاورزی به صورت پیوسته وجود داشته است توسط بررسی‌هایی صورت گرفته است. بافت خاک در منطقه مورد مطالعه از لومرسی تا لوم‌ماسه‌ای متغیر می‌باشد. ستونی از خاک تهیه و به منظور بررسی کیفیت آب نشت

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

یافته از ستون خاک، آب با حجم معینی از ستون خاک عبور داده شده است. مقادیر آبی که از ستون خاک عبور داده شده، نسبت به منافذ خاک محاسبه می شود (PV). غلظت نیترات در تمام نمونه‌های خاک بیشتر از 50 میلی‌گرم بر لیتر بوده است. حداکثر غلظت نیترات مربوط به حجم آبی می‌باشد که نسبت به منافذ خاک (PV)، 0/125 و حداقل آن در مقادیر بیشتر از 1 (PV) مشاهده شده است. این مشاهده بیانگر خطرات حرکت نیترات به سمت آب زیرزمینی و افزایش غلظت آن در آب زیرزمینی است. غلظت آمونیوم نشت یافته در این آزمایش کمتر از نیترات گزارش شده است به طوری که حداکثر غلظت نیترات حدود 100 برابر از حداکثر غلظت آمونیوم نشت یافته بیشتر بوده است. دلیل این امر به خاطر وجود نیروهای الکتریکی می‌باشد، آمونیوم دارای بار الکتریکی مثبت و ذرات خاک مثل رس‌ها در سطح خود دارای بار الکتریکی منفی می‌باشند و سبب جذب آمونیوم توسط رس‌ها می‌گردد. همین امر از نشت آمونیوم تا حدود زیادی می‌کاهد. همچنین در بررسی‌های صورت گرفته، انطباق بالایی بین غلظت نیترات خاک با حداکثر غلظت نیترات نشت یافته (R=0/86) و همچنین کل نیترات نشت شده (R=0/93) مشاهده شده است. در منطقه مورد مطالعه بین توزیع اندازه ذرات خاک و مقادیر نشت نیترات و نیتريت انطباق قابل توجهی مشاهده نشده است.

جلالی (Jalali 2008) در تحقیقات خود در منطقه رزن در استان همدان با توجه به اینکه تغییرات TDS می‌تواند در ارتباط با اثرات فعالیت‌های انسانی باشد و یون‌های سولفات، نیترات، فسفر، سدیم و کلر در آب زیرزمینی بیشتر در ارتباط با فعالیت‌های مختلف انسان می‌باشند و می‌توان از ارتباطی که بین این یون‌ها و تغییرات TDS وجود دارد به عنوان شاخصی از اثرات فعالیت انسان بر کیفیت آب زیرزمینی استفاده کرد (Han and Liu 2004 به نقل از جلالی). از آنجایی که نتایج انطباق بالایی را بین این یون‌ها و TDS نشان

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

می‌دادند می‌توان اثرات فعالیت‌های انسانی بر کیفیت آب زیرزمینی مشاهده کرد. در بخش‌هایی از منطقه رزن که آلودگی نترات دیده می‌شود میزان مصرف کودهای حاوی نترات دو تا سه برابر مورد نیاز است و از روش غرقابی برای آبیاری استفاده می‌شود که بازدهی آبیاری پایینی دارد.

جلالی (Jalali 2010) در بررسی‌های خود در تویسرکان افزایش غلظت نترات و کلر در آب زیرزمینی مناطقی که کشاورزی در آنجا صورت می‌گیرد مشاهده کرد که استفاده از کودهای شیمیایی را توجیهی برای آن در نظر گرفته است.

لاله زاری و همکاران (1388) با بررسی غلظت و منشاء نترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد عواملی را برای افزایش نترات معرفی کردند که شامل:

- 1- آب خروجی از تصفیه‌خانه که به آب سطحی و زیرزمینی می‌پیوندد و همچنین نگهداشت فاضلاب در حوضچه‌های تصفیه‌خانه و نفوذ آلودگی به منابع آب زیرزمینی
- 2- وجود فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای نیتروژن‌دار
- 3- فاضلاب‌های خانگی

پایین بودن غلظت نترات در فصل پاییز و زمستان را به کاهش شدید فعالیت‌های کشاورزی مرتبط دانسته‌اند که به واسطه کاهش آب برگشتی از کشاورزی و عدم تأثیر کودهای حاوی نترات می‌باشد. همچنین تغذیه آب زیرزمینی و افزایش سطح ایستابی را دلیلی دیگر در کاهش غلظت نترات معرفی

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

کرده‌اند. حداکثر غلظت نیترات در آب‌زیرزمینی مناطق کشاورزی در فصل تابستان دیده شده است که دلیل آن آب برگشتی کشاورزی و استفاده از کودهای حاوی نیترات می‌باشد.

اورن و همکارانش (Oren et al. 2004) دو فرایند عمده که در مناطق خشک در ارتباط با فعالیت کشاورزی باعث آلودگی آب زیرزمینی می‌شود در منطقه‌ای در اسرائیل معرفی نموده‌اند. این دو فرایند عبارتند از: 1- شور شدن به علت انحلال نمک‌های باقی مانده در خاک که به طور عمده شامل کلر، سولفات، سدیم و کلسیم می‌باشد 2- ورود مستقیم نیترات و پتاسیم که به طور عمده به علت استفاده از کودهای شیمیایی می‌باشد.

حداکثر پتانسیل نشت نیترات در خاک‌های ماسه‌ای و حداقل آن در خاک‌های رسی می‌باشد، اشمیت و شرمن (Schmidt and Sherman 1987) نشان دادند که غلظت بالای نیترات در آب زیرزمینی با خاک ماسه‌ای سطحی انطباق دارد. همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که با افزایش خاک‌های رسی در زون ریشه میزان نیترات نیز کاهش یافته است.

سان و همکاران (Bu sun et al. 2012) عوامل ایجاد آلودگی‌های کشاورزی را در منطقه‌ای در چین بررسی کرده‌اند که شامل موارد زیر می‌باشد:

الف- آفت کش‌ها: کاربرد طولانی مدت و افزایش مصرف آن در سال‌های اخیر باعث آلودگی خاک، آب-های سطحی و زیرزمینی شده است (مهم‌ترین عامل آلودگی خاک منطقه، در سال‌های 1950-1983 آفت کش‌ها معرفی شده‌اند).

ب- کاربرد روزافزون کودهای شیمیایی به منظور دستیابی به محصولات بیشتر که حاوی عناصری نظیر



## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

نیتروژن و پتاسیم می‌باشند.

ج- توسعه سریع تولیدات دامی که سیستم فاضلابی ضعیف داشتند. اندازه‌گیری‌ها در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که میزان تخلیه نیتروژن و فسفر از طریق فضولات انسانی و حیوانی بیشتر از میزان کاربرد کودهای شیمیایی بوده است.

در بررسی‌هایی که توسط هررا و اسپینوزا (Herrera and Espinosa 2008) در آبخوانی آبرفتی در اسپانیا انجام گرفته شده است میزان نیترات در ماه‌هایی از سال مثل زمستان و پاییز که کشاورزی صورت نمی‌گیرد و بالا بودن آبشویی نیترات از خاک به دلیل نفوذ بارندگی در این فصول بالاتر می‌باشد.

در تحقیقی که جلالی (Jalali 2005) در همدان انجام داد نشان داد که استفاده از مقادیر زیاد کودهای نیتروژن‌دار و سیستم آبیاری ضعیف ممکن است سبب افزایش نشت نیترات به آب زیرزمینی شود.

الکساندر و همکاران (Alexandre et al. 2010) نیترات و باکتری مدفوعی را به عنوان مهمترین آلاینده در ارتباط با فعالیت‌های کشاورزی معرفی کرده‌اند و ارزیابی این دو را به عنوان استراتژی برای حفظ آب زیرزمینی در مناطق کشاورزی لازم دانسته‌اند. ای پژوهشگران در بررسی‌هایشان تغییرات غلظت نیترات با عمق را مشاهده کردند و EC را به عنوان بهترین شاخص برای حضور نیترات در این زون معرفی کرده‌اند. از آنجایی که انطباق بالایی بین نیترات، کلسیم و کلر وجود داشته است منشاء آن را کودهای کشاورزی دانسته‌اند، همچنین بالا بودن انطباق بین کلسیم و نیترات را به فرایند نیتریفیکیشن و تولید یون  $H^+$  که باعث انحلال بیشتر کانی کربناته می‌شود دانسته‌اند.

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

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 مثل کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌های بکار رفته می‌باشد. استفاده مکرر از کودهای شیمیایی نیتروژن دار منجر به افزایش شدید غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی این منطقه شده است (Chae et al. 2003).

کاندا و ماندال (Kunda and Mandal, 2009) در تحقیقات خود در منطقه‌ای از هند نشان دادند که تنها در 2/3 درصد نمونه‌های آب غلظت فلئور بیش از استاندارد جهانی (1 میلی گرم بر لیتر) است و نشان دادند که بین افزایش غلظت فلئور با مصرف کودهای فسفاته ارتباطی وجود دارد ( $R=0/12$ ) و همچنین بین غلظت فلئور با نیترات همبستگی مشاهده نشده است.

امران و همکاران (Imran et al, 2012) در بررسی‌های خود در منطقه‌ای در هند حداقل میزان غلظت نیترات در آب زیرزمینی را در فصل‌های تر و حداکثر غلظت نیترات را در فصل‌های خشک (سپتامبر و آگوست) مشاهده کردند. سه منشأ اصلی برای آلودگی نیترات در منطقه مورد مطالعه تشخیص داده شده است. فعالیت کشاورزی با 5 درصد، سیستم فاضلاب با 10 درصد و ضایعات حیوانی و عفونی با 85 درصد سهم آلودگی نیترات آب زیرزمینی را دارا می‌باشند.

### ب- فسفات

فسفر مهم‌ترین ماده مغذی معدنی برای گیاهان می‌باشد. در طبیعت بین گیاه و خاک چرخه پیوسته‌ای از فسفر وجود دارد، اما در مناطق کشاورزی فسفر خاک از طریق تولید محصولات کشاورزی و دامی حذف می‌شود و در این صورت باید به خاک فسفر اضافه کرد. بنابراین برای جلوگیری از کاهش سطح فسفر در

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

خاک باید با اضافه کردن کودهای شیمیایی حاوی فسفات ( $PO_4^{3-}$ ) و یا استفاده از کود های حیوانی میزان فسفر در خاک را افزایش داد. قابلیت جذب فسفر در خاک بیشتر از نیترات می باشد به همین دلیل آلودگی فسفر در آب زیرزمینی کمتر از آلودگی نیترات می باشد و بیشتر در مناطقی که به شدت فعالیت کشاورزی صورت می گیرد و سطح آب زیرزمینی بالا باشد ممکن قابل مشاهده باشد. همچنین آلودگی فسفر در آبهای سطحی زهکش شده از زمین های کشاورزی بسیار رایج می باشد. فسفر با منشاء غیر آلی در صورتی که کلسیم، آهن و آلومینیوم در محیط رسوب کند توسط ذرات خاک به ویژه رس ها جذب می شوند و آبشویی فسفر اتفاق نمی افتد. طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO) حداکثر میزان قابل قبول فسفات در آب آشامیدنی 0/2 میلی گرم بر لیتر می باشد.

مطالعات صورت گرفته توسط شیرافروس و همکاران (1385) بر روی آلودگی کودهای مصرفی کشاورزی در دشت قزوین، بیانگر اثرات مصرف کودها بر آب زیرزمینی و آلودگی آن می باشد. حداکثر غلظت نیترات (15/21 میلی گرم بر لیتر نیتروژن نیترات) در منطقه ای مشاهده شده است که علاوه بر کشاورزی، دامداری نیز وجود داشته و همچنین کودهای حیوانی به همراه کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار می گرفته اند. به دلیل پایین بودن سطح آب زیرزمینی و انحلال پذیری کم فسفر، غلظت آن در منطقه مورد مطالعه (0/021 میلی گرم بر لیتر) پایین تر از میزان استاندارد سازمان جهانی محیط زیست می باشد.

### ج- آفت کش ها

به منظور از بین بردن آفتهای موجود در زمینهای کشاورزی از آفت کشها استفاده می شود. تعیین کننده پتانسیل آلودگی آفت کشها می باشد. تحرک به راحتی و آسانی حرکت در خاک و ماندگاری به عمر

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

شیمیایی آفت کش ارجاع داده می‌شود. تبخیر، تغییر شکل آفت کش، جذب و حلالیت، عوامل موثر بر تحرک و ماندگاری آفت کش‌ها می‌باشند.

تبخیر به ماهیت و غلظت آفت کش، شرایط دمایی در سطح خاک، عمق آفت کش در خاک، پخش آفت-کش در خاک، جذب آفت کش (تحت تأثیر میزان آب - خاک، میزان رس، میزان مواد آلی و دمای محیط وابسته می‌باشد)، انتقال آفت کش از طریق تبخیر آب موجود در خاک و همچنین انتقال توسط حرکت آب به سطح زمین بستگی دارد. مهم‌ترین خصوصیات اثر گذار بر حرکت آفت کش شامل انحلال پذیری و تحرک بالا می‌باشد. ماندگاری به عنوان نیمه عمر آفت کش‌ها توصیف می‌شود. واحد تحرک آفت کش‌ها، ضریب تفکیک می‌باشد. ضریب تفکیک به عنوان نسبت غلظت آفت کش در هر قسمت خاک به غلظت آفت کش در قسمت آب - خاک می‌باشد. آفت کش‌هایی با ضریب تفکیک پایین‌تر نسبت به آفت کش‌های با ضریب بالاتر راحت‌تر نشت پیدا می‌کنند.

استفاده از آفت کش‌ها، علف کش‌ها و کودهای مختلف سبب تغییر در کیفیت آب‌زیرزمینی شده و برای مصارف شرب غیر قابل استفاده شده است. برخی از این مواد ممکن است سریع تجزیه شوند ولی برخی از آن‌ها که عموماً کودها می‌باشند ممکن است باعث افزایش یون نیترات که یکی از آلاینده‌های آب‌زیرزمینی به حساب می‌آیند شود (Fitts 2001).

### د- نمک‌ها و عناصر کمیاب

در مناطق خشک به دلیل کمبود بارش، آبشویی نمک‌ها و عناصر کمیاب به مرور زمان به خوبی رخ نمی‌دهد و آبیاری در این مناطق سبب آبشویی این مواد از زون ریشه و حرکت آن به سمت آب زیرزمینی می‌-

## فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

---

شود. نمک‌های قابل انحلال بیشتر شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، کلرید، سولفات و کربنات / بی‌کربنات می‌باشد. غلظت نیترات و پتاسیم در مقایسه با دیگر عناصر در کل کمتر است. عناصر کمیاب شامل آرسنیک، بر، کادمیوم، مس، مولیبدن، نیکل، سلنیوم و استرانسیوم می‌باشد.

## فصل سوم: روش انجام تحقیق

در این فصل مراحل بررسی کمی و کیفی سفره آب زیرزمینی در دشت مجن به طور مختصر ارائه می گردد. به طور کلی مراحل انجام این تحقیق عبارتند از:

- تهیه نقشه زمین شناسی منطقه با استفاده از نقشه 1:250000 گرگان

- بازدید اولیه از منطقه مورد مطالعه

- نمونه برداری های لازم از چاه های موجود در منطقه جهت آنالیز شیمیایی آب زیرزمینی

- بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبخوان

- بررسی تغییرات مکانی pH, EC, کاتیونها و آنیونهای اصلی

بررسی تغییرات مکانی یونهای مرتبط با فعالیت کشاورزی (نیترات و فسفات)

### 3-1- مطالعات زمین شناسی

بررسی نقشه‌های زمین شناسی برای فراهم نمودن اطلاعات پایه مطالعه هیدروژئوشیمیایی یک منطقه، اهمیت بسیار زیادی دارد. به منظور مطالعه و شناسایی خصوصیات زمین شناسی منطقه، نقشه زمین شناسی 1:250000 گرگان در محیط Arc Gis 9.3 بازکشی شده است.

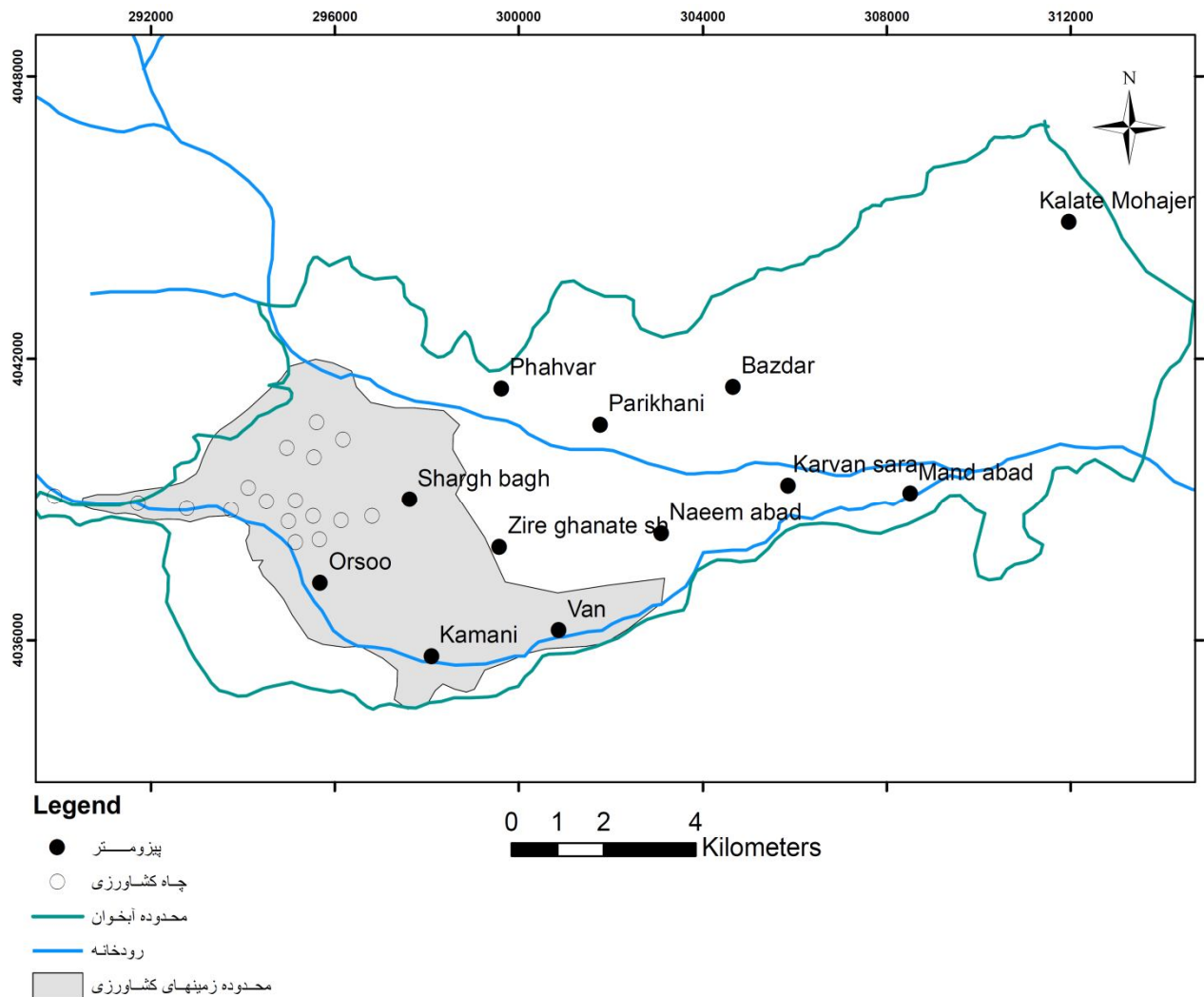
### 3-2- نمونه برداری از آب زیرزمینی

به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمی آب زیرزمینی دشت مجن از چاه‌های کشاورزی نمونه‌برداری انجام گرفته است. شکل (3-1) موقعیت چاه‌های کشاورزی که نمونه‌برداری از آب زیرزمینی انجام گرفته است را نشان می‌دهد. به منظور نمونه‌برداری از ظروف 300 میلی لیتری پلاستیکی استفاده شد و هر ظرف نمونه قبل از نمونه برداری حداقل سه بار با آب در محل شستشو داده شد. نمونه‌های آب به منظور آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه مهندس مسعودیان (شهرستان دامغان) فرستاده شد. در آزمایشگاه غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی محلول در آب (شامل یون‌های سولفات، بیکربنات، کلر، سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم) و همچنین به منظور بررسی آلاینده‌های مرتبط با فعالیت کشاورزی غلظت آنیون‌های نیترات و فسفات اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری پارامترهایی از قبیل هدایت الکتریکی، دما و اسیدیته در محل نمونه‌برداری انجام شده است. پس از دریافت نتایج آنالیز شیمیایی پارامترهایی از قبیل کل املاح جامد محلول و درصد خطای آزمایش و غیره محاسبه شده است. پارامترهای اندازه‌گیری شده را می‌توان به دو دسته پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری که شامل هدایت الکتریکی، دما و اسیدیته می‌باشد و پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه که غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی و همچنین آنیون‌های نیترات و فسفات است تقسیم کرد.

### 3-3- بررسی داده های کمی آب زیرزمینی منطقه

به منظور بررسی ویژگیهای کمی آبخوان، از داده های ارتفاع سطح آب زیرزمینی پیزومترهای حفر شده در دشت مجن به دست آمده استفاده شده است. اندازه گیری ها به صورت ماهانه توسط شرکت آب منطقه ای سمنان از طریق 12 حلقه پیزومتر انجام گرفته است که موقعیت آن ها در شکل (3-1) نشان داده شده است.



شکل 3-1 موقعیت چاه های کشاورزی و پیزومتر های دشت مجن



### 3-3-1- رسم هیدروگراف پیزومترها

به منظور تعیین محدوده دقیق آبخوان و همچنین بررسی اثرات آب برگشتی از کشاورزی بر کمیت آبخوان هیدروگراف پیزومترها ترسیم شده است.

### 3-3-2- رسم نقشه هم پتانسیل آبخوان

به منظور تعیین جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان از نقشه هم پتانسیل استفاده می شود. به منظور رسم نقشه هم پتانسیل منطقه مورد مطالعه از داده های سطح آب زیرزمینی تیر ماه 1391 استفاده شده است.

### 3-4- اندازه گیری پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی در محل پیزومترها

ارتفاع سطح آب زیرزمینی تنها پارامتر کمی آب زیرزمینی می باشد که از طریق پیزومترهای موجود در منطقه توسط شرکت آب منطقه ای سمنان به صورت ماهانه اندازه گیری شده است. همچنین در زمان حفر این پیزومترها در سال 1388 آنالیز شیمیایی آب زیرزمینی از همین پیزومترها انجام گرفته شده است. شکل (3-1) مکان پیزومترها را در منطقه نشان می دهد. هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه برداری اندازه گیری شده اند که نحوه اندازه گیری این دو پارامتر به طور مختصر در زیر آورده شده است.

### الف) اندازه گیری هدایت الکتریکی آب زیرزمینی

اندازه گیری هدایت الکتریکی برای تمام نمونه های آب زیرزمینی در محل نمونه برداری، توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی مربوط به شرکت TPS اندازه گیری شده است. دقت این دستگاه برای اندازه گیری هدایت الکتریکی کمتر از 2000 میکرو موس بر سانتی متر، برابر با 1 میکرو موس بر سانتی متر و برای مقادیر بزرگتر از 2000 میکرو موس بر سانتی متر، برابر با 10 میکرو موس بر سانتی متر می باشد. موقعیت جغرافیایی تمام نقاطی

## فصل سوم: روش انجام تحقیق

---

که نمونه برداری از آب زیرزمینی می شود توسط دستگاه GPS ثبت شده و موقعیت مکانی و مقادیر هدایت الکتریکی هر نقطه با استفاده از نرم افزار Arc Gis 9.3 نشان داده شد. رسم نقشه هدایت الکتریکی به صورت دستی بوده و با استفاده از همان نرم افزار به صورت رقومی در آمده است.

### ب) اندازه گیری pH آب زیرزمینی

اندازه گیری مقدار pH آب زیرزمینی همانند هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری انجام شده است. برای اندازه گیری pH از دستگاه pH متر مدل SUNTEX-710 استفاده شده است. دقت این دستگاه برابر با 0/01 می باشد.

### 3-5- نمونه برداری آب زیرزمینی از چاه های کشاورزی

به منظور بررسی و مطالعه اثرات آلودگی های ناشی از آب برگشتی کشاورزی بر آبخوان مجن از تعداد 17 حلقه چاه کشاورزی که در محدوده زمین های کشاورزی قرار گرفته اند نمونه برداری صورت گرفته است.

### 3-5-1- آنالیز شیمیایی نمونه های آب زیرزمینی چاه های کشاورزی در آزمایشگاه

غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی محلول در آب (شامل یون های سولفات، بیکربنات، کلر، سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم) و همچنین غلظت آنیون های نترات و فسفات در آزمایشگاه آب و خاک مهندس مسعودیان (شهرستان دامغان) اندازه گیری شده است. پس از دریافت نتایج آزمایشگاه پارامترهای آماری، درصد خطای آزمایش و کل املاح جامد محلول و برخی از نسبت های یونی محاسبه شد و نمودارهای کیفی برای آنها ترسیم شد. جهت رسم نمودارهای کیفی از نرم افزارهای AqQA و Aqua Chem استفاده شده است. با استفاده از غلظت هر یون نقشه های پراکندگی مکانی با استفاده از نرم افزار Arc Gis 9.3 تهیه شده است.

### 3-6- تحلیل داده‌های هیدروژنوشیمیایی منطقه

تحلیل داده‌های هیدروژنوشیمی منطقه با استفاده از داده‌های 12 پیژومتر و 17 حلقه چاه کشاورزی انجام شده است. مراحل زیر به منظور تحلیل داده‌ها انجام گرفته است.

#### الف - رسم نمودارهای کیفی آبخوان

نمودارهای مختلف کیفی آبهای زیرزمینی از قبیل استیف، پایپر و شولر به منظور تفسیر سریع و آسان مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله کاربردهای این نمودارها می‌توان به مواردی هم‌چون تعیین نوع آب، مقایسه سریع ترکیب شیمیایی، تعیین تیپ، رخساره‌های هیدروژنوشیمیایی از این نمودارها استفاده کرد.

#### ب - تهیه نقشه‌های کیفی منطقه

مختصات جغرافیایی نقاطی که نمونه‌برداری انجام گرفته و نتایج حاصله از آنالیز شیمیایی برای تهیه نقشه‌های کیفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نقشه‌های تهیه شده شامل نقشه‌های هدایت الکتریکی، کلر، بیکربنات، سولفات، نیترات و فسفات می‌باشد.

### فصل چهارم: بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی

#### و ارزیابی کیفی آبخوان مجن

#### 4-1- مقدمه

در این فصل خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان مجن با استفاده از داده‌های کمی پیزومترها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ابتدا هیدروگراف پیزومترها ترسیم شده و تغییرات سطح ایستابی در طول سال مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از اطمینان از داده‌های سطح آب به لحاظ یکی بودن سفره آب زیرزمینی، نقشه هم‌پتانسیل ترسیم شده و مناطق تغذیه، تخلیه و جهت جریان آب زیرزمینی تعیین می‌گردد. در ادامه خصوصیات هیدروژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی مجن با استفاده از داده‌های کیفی پیزومترها و چاههای کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته و میزان تأثیر فعالیت‌های کشاورزی بر بخش‌های مختلف آبخوان تجزیه و تحلیل می‌گردد. در این بخش نتایج اندازه‌گیری پارامترهای هیدروشیمیایی چاه‌های آب از طریق نمودارها و شکل‌های مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اثرات آلودگی کشاورزی بر کیفیت آبخوان مورد بررسی قرار گرفته است.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### 2-4 خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان مجن

#### 1-2-4 بررسی رفتار هیدروگراف پیزومترها

نوسانات سطح آب زیرزمینی تابع عوامل مختلفی می‌باشد. عواملی که در مقیاس بلندمدت بر نوسانات سطح آب زیرزمینی تاثیرگذار هستند، عبارتند از: تغییرات طبیعی آب و هوا و فعالیت‌های انسانی (مانند تغییر در کاربری زمین، پمپاژ و آبیاری). نوسانات سطح آب زیرزمینی در مقیاس فصلی در بسیاری از مناطق به علت تبخیر و تعرق فصلی، بارش و آبیاری می‌باشد. نوسانات کوتاه مدت آب زیرزمینی در پاسخ به میزان بارندگی، پمپاژ، تغییرات فشار بارومتريک، تبخیر و تعرق توسط گیاهان و دیگر رخدادها بوده که اغلب در مناطقی که عمق آب زیرزمینی کم باشد، اتفاق می‌افتد (McWhorter, 1977). تعداد 12 پیزومتر در دشت مجن حفر شده است که مشخصات آنها در جدول (1-4) نشان داده شده است.

جدول 1-4- مشخصات پیزومترهای دشت مجن

نام پیزومتر	شرق باغ سینه	زیرقنات شهرداری	اورسو	کاروانسرا	مندآباد	کومانی	وان	نعیم آباد	کلاته مهاجر	بزدر	پری خانی	شاهوار
عمق پیزومتر (متر)	136	125	120	90	-	155	124	103	84	155	151	195
عمق متوسط آب (متر)	97	97	91	64	-	126	96	75	58	120	115	160
ارتفاع متوسط سطح آب (متر)	1777/8	1722	1794/8	1627/2	1586/1	1695/7	1682	1666/4	1643/1	1676/2	1707/7	1714/1

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

همان گونه که در شکل‌های (1-4، 2-4، 3-4 و 4-4) مشاهده می‌شود، هیدروگراف پیزومترهای موجود در دشت مجن متفاوت است. بر اساس شکل هیدروگراف پیزومترها می‌توان آنها را در چهار گروه طبقه‌بندی کرد که در جدول (2-4) نشان داده شده است.

جدول 2-4- تقسیم‌بندی پیزومترها بر اساس رفتار هیدروگراف

شرق باغ سینه، اورسو، زیرقنات شهرداری	گروه اول
کاروانسرا، مند آباد	گروه دوم
وان، کومانی، نعیم آباد	گروه سوم
بزدر، شاهوار، پری خانی، کلاته مهاجر	گروه چهارم

عواملی که در منطقه مورد مطالعه احتمالاً سبب ایجاد رفتارهای مختلف هیدروگراف پیزومترها شده است شامل موارد زیر می‌باشد:

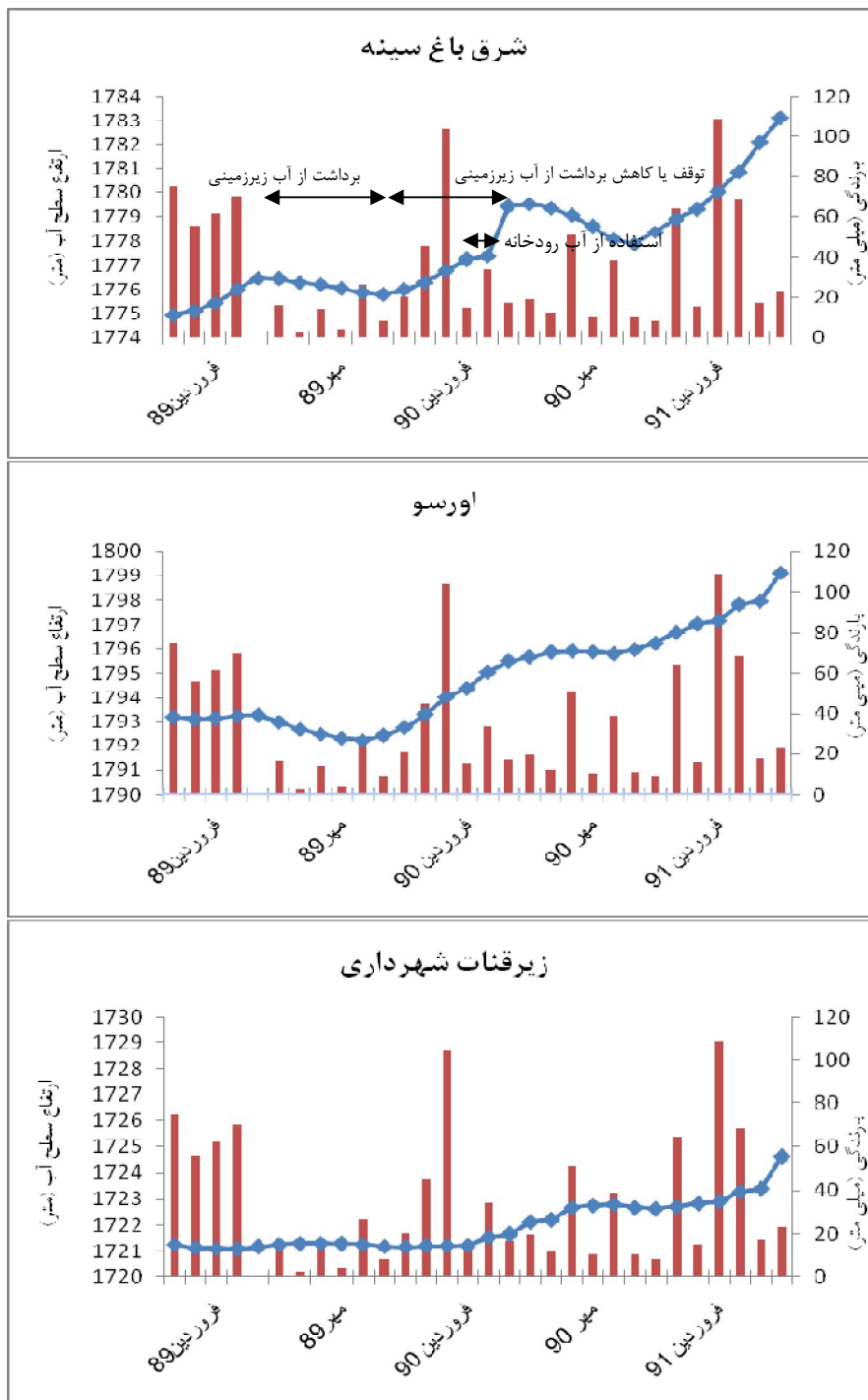
1- برگشت آب ناشی از کشاورزی

2- تأثیر رودخانه

3- پمپاژ آب زیرزمینی توسط چاههای کشاورزی و تأثیر بارندگی

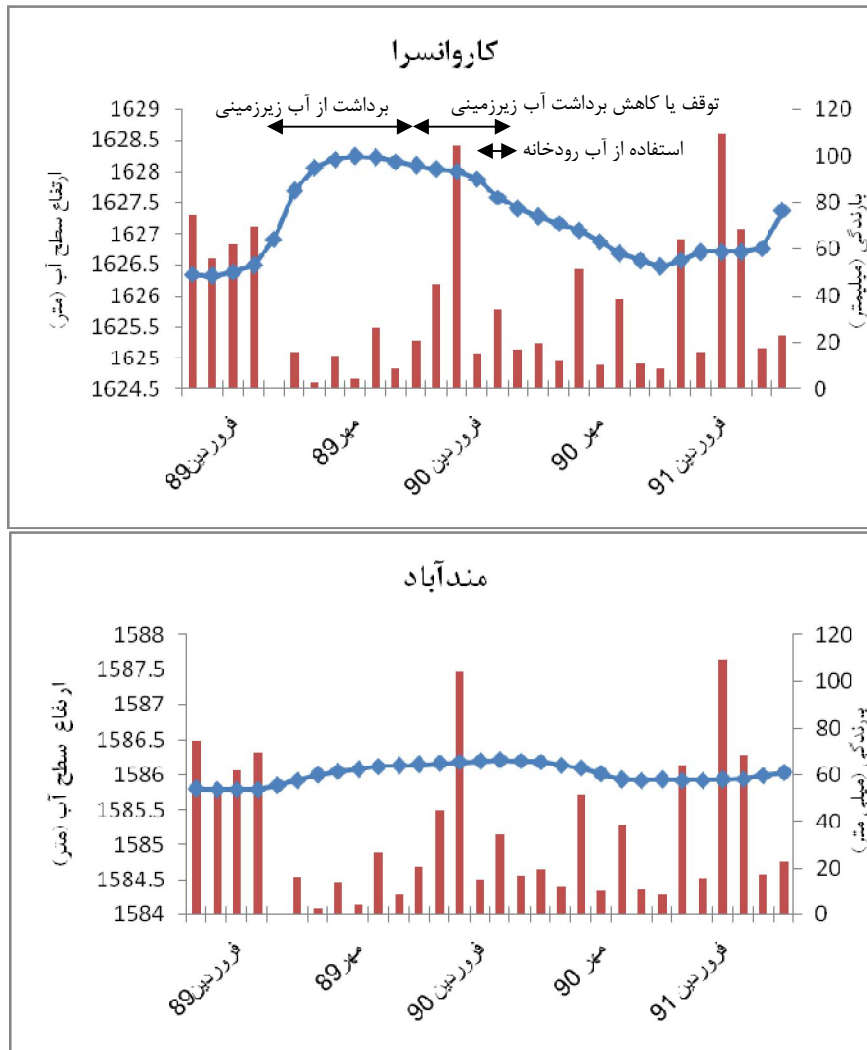
4- وجود پیزومترهایی با اعماق مختلف و حضور گسل در منطقه

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-1 هیدروگراف پیژومترهای دشت مجن (گروه اول)

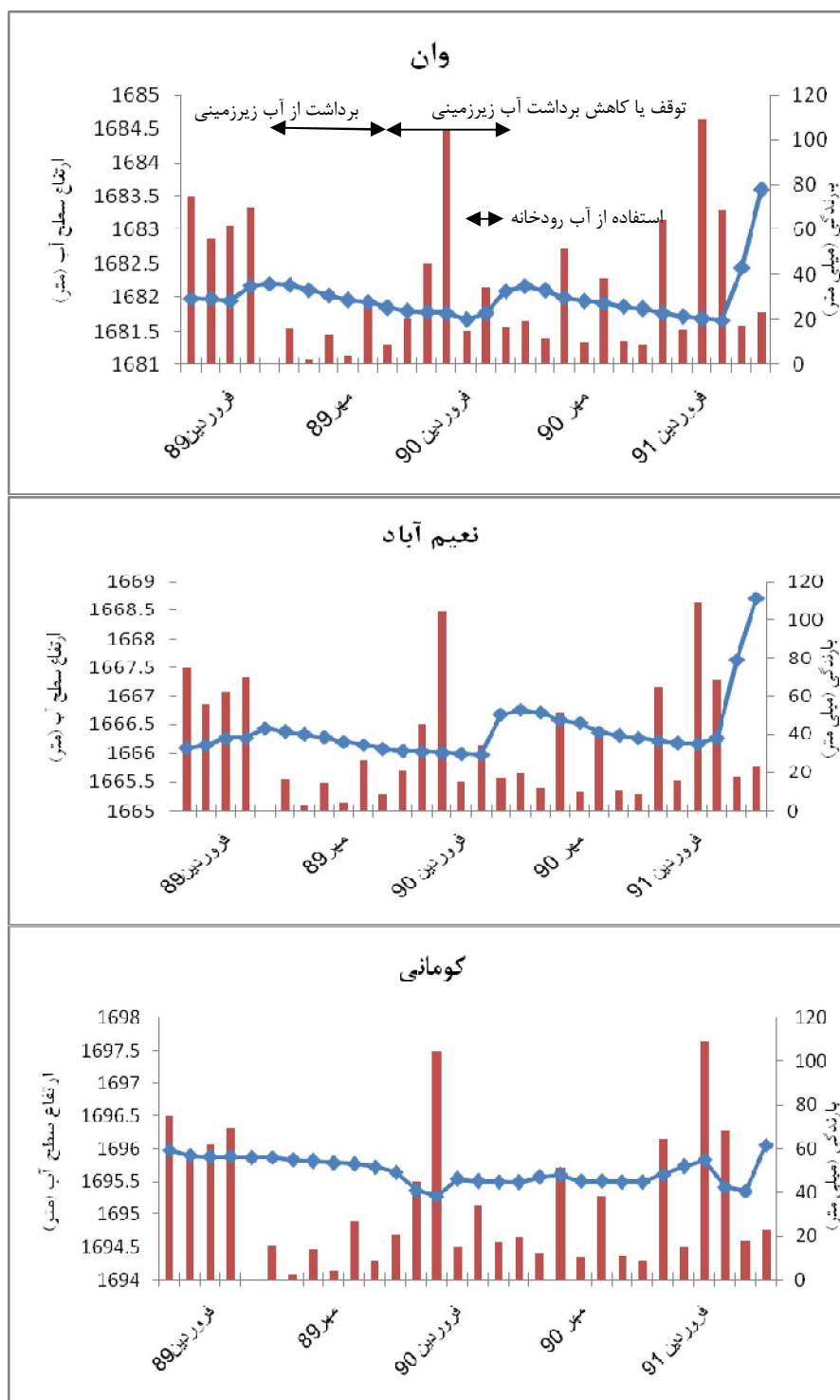
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-2- هیدروگراف پیژومترهای دشت مجن (گروه دوم)

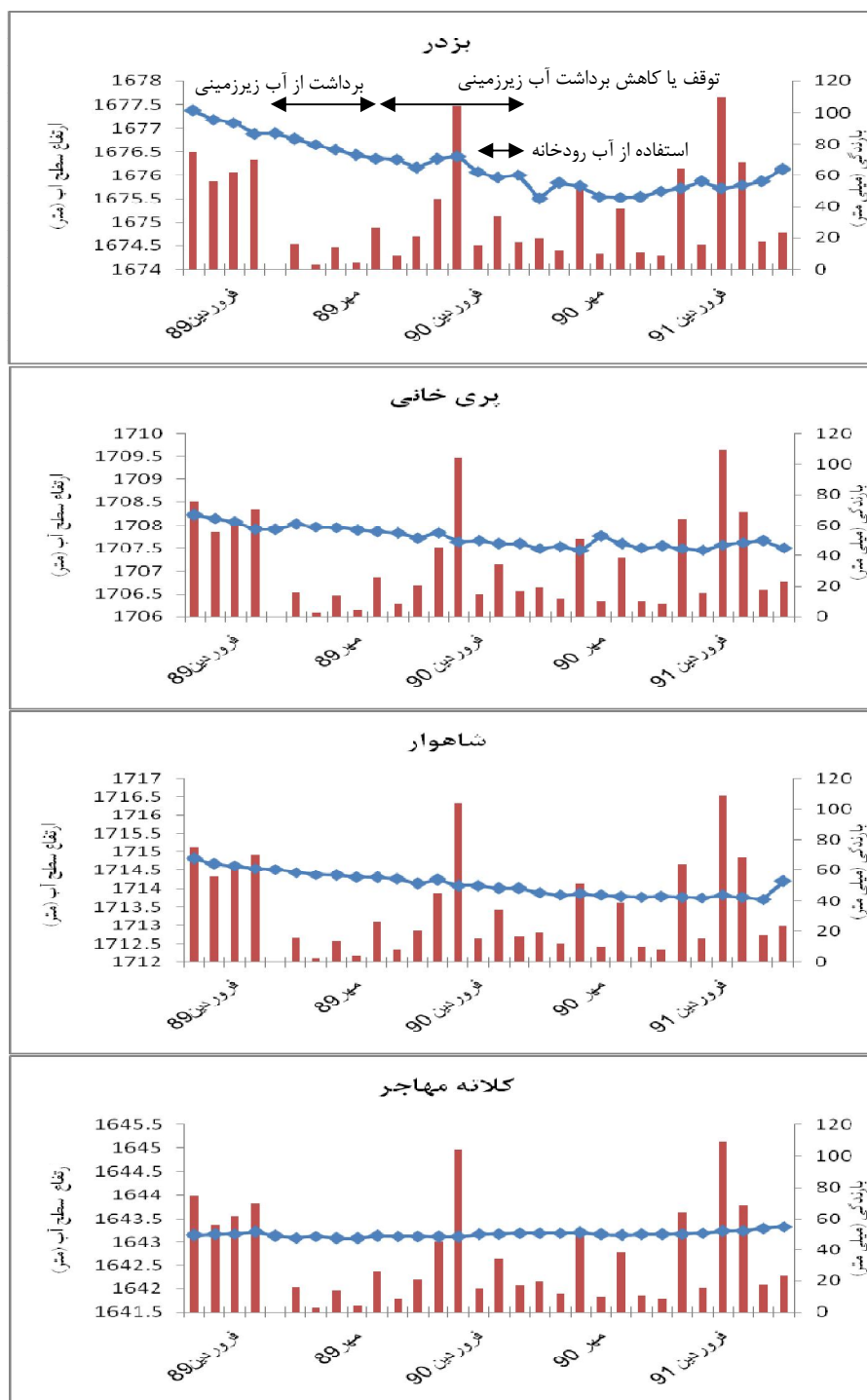


## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-3- هیدروگراف پیزومترهای دشت مجن (گروه سوم)

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-4- هیدروگراف پیزومترهای دشت مجن (گروه چهارم)

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

---

گروه اول شامل پیژومترهای شرق باغ‌سینه، زیرقنات‌شهرداری و اورسو می‌باشد که در قسمت غرب تا مرکز دشت واقع شده‌اند. میانگین ارتفاع سطح آب زیرزمینی در این پیژومترها به ترتیب 1777/8، 1722 و 1794/8 می‌باشد. به طور کلی سطح آب زیرزمینی مربوط به پیژومترهای این گروه روند افزایشی را نشان می‌دهند. پیژومترهای این گروه در قسمتی از دشت که فعالیت کشاورزی صورت می‌گیرد و نسبت به بخش‌های دیگر از شدت بیشتری برخوردار می‌باشد، قرار گرفته‌اند. رفتار پیژومترهای این گروه احتمالاً متأثر از فعالیت‌های کشاورزی صورت گرفته در این منطقه می‌باشد. همان‌گونه که در شکل (4-1) مشاهده می‌شود هیدروگراف پیژومترهای این گروه نوسانات تقریباً سینوسی شکل نشان داده ولی در مجموع با گذشت زمان افزایش ارتفاع سطح آب زیرزمینی در آن دیده می‌شود. نوسانات سطح آب زیرزمینی در این پیژومترها را می‌توان در قالب دو دوره بررسی نمود. در فاصله ماه‌های خرداد تا آبان برداشت از آب زیرزمینی توسط چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد که این موضوع باعث کاهش سطح آب زیرزمینی در این دوره می‌گردد. از آبان ماه، توقف یا کاهش برداشت توسط چاه‌ها سبب بالا آمدن سطح ایستابی می‌گردد. از حدود اوایل فروردین ماه تا خرداد ماه از آب رودخانه برای آبیاری مزارع دشت مچن استفاده می‌شود که این موضوع افزایش بیشتر در ارتفاع سطح آب زیرزمینی را به دنبال دارد. بیشترین نوسان سطح آب زیرزمینی در منطقه مربوط به پیژومترهای این گروه و حداکثر آن در پیژومتر شرق باغ‌سینه با افزایش حدود 7 متر در یک دوره 24 ماهه (تیر 1389 تا تیر 1391) مشاهده شده است. در رابطه با این گروه افزایش سطح آب در خرداد 1390 انطباق خوبی با بارندگی‌های زیاد در ماه‌های اسفند 1389 و فروردین 1390 دارد.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

گروه دوم شامل پیزومترهای کاروانسرا و مندآباد می‌باشد (شکل 4-2). این دو پیزومتر در شرقی آبخوان قرار گرفته‌اند. میانگین ارتفاع سطح آب زیرزمینی در این دو پیزومتر به ترتیب 1627/2 و 1586/1 متر می‌باشد. پیزومتر کاروانسرا در مجاورت رودخانه تاش و پیزومتر مندآباد در مجاورت رودخانه مجن واقع شده‌اند. سطح آب در این دو پیزومتر در اردیبهشت 1389 شروع به بالا آمدن کرده و حدوداً تا تیر ماه 1390 ادامه داشته است و پس از آن شروع به کاهش ارتفاع کرده‌اند. این تغییرات به احتمال زیاد می‌تواند مربوط به تغذیه از طریق رودخانه‌های مذکور باشد. تغییرات دبی رودخانه که در شکل (1-3) نشان داده شده است هماهنگی خوبی با افزایش سطح آب زیرزمینی در این پیزومترها در ماه‌های دی 1388 تا شهریور 1390 نشان می‌دهد.

گروه سوم شامل پیزومترهای نعیم‌آباد، وان و کومانی می‌باشد (شکل 4-3). این سه پیزومتر در قسمت جنوب‌غربی دشت واقع شده‌اند. میانگین ارتفاع سطح آب زیرزمینی در این سه پیزومتر به ترتیب 1666، 1682 و 1695/7 متر می‌باشد. رفتار این سه پیزومتر نیز تقریباً به صورت سینوسی بوده و با رخداد بارندگی سطح آب زیرزمینی بالا آمده و با کاهش بارندگی‌ها سطح آب پایین می‌افتد. مشابه پیزومترهای گروه اول افزایش سطح آب در خرداد 1390 در این گروه انطباق خوبی با بارندگی‌های زیاد در ماه‌های اسفند 1389 و فروردین 1390 دارد.

گروه چهارم شامل پیزومترهای بزدر، شاهوار، پری‌خانی و کلاته‌مهاجر بوده (شکل 4-4) که در قسمت‌های شمال‌غرب تا شمال‌شرق دشت واقع شده‌اند. میانگین ارتفاع سطح آب زیرزمینی در این پیزومترها به ترتیب 1676/2، 1714/1، 1707/7 و 1643/1 متر می‌باشد. روند تغییرات سطح ایستابی در پیزومترهای این گروه به صورت کاهشی بوده و به دلیل عمق زیادتر این پیزومترها نسبت به سایر پیزومترها نوسانات

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

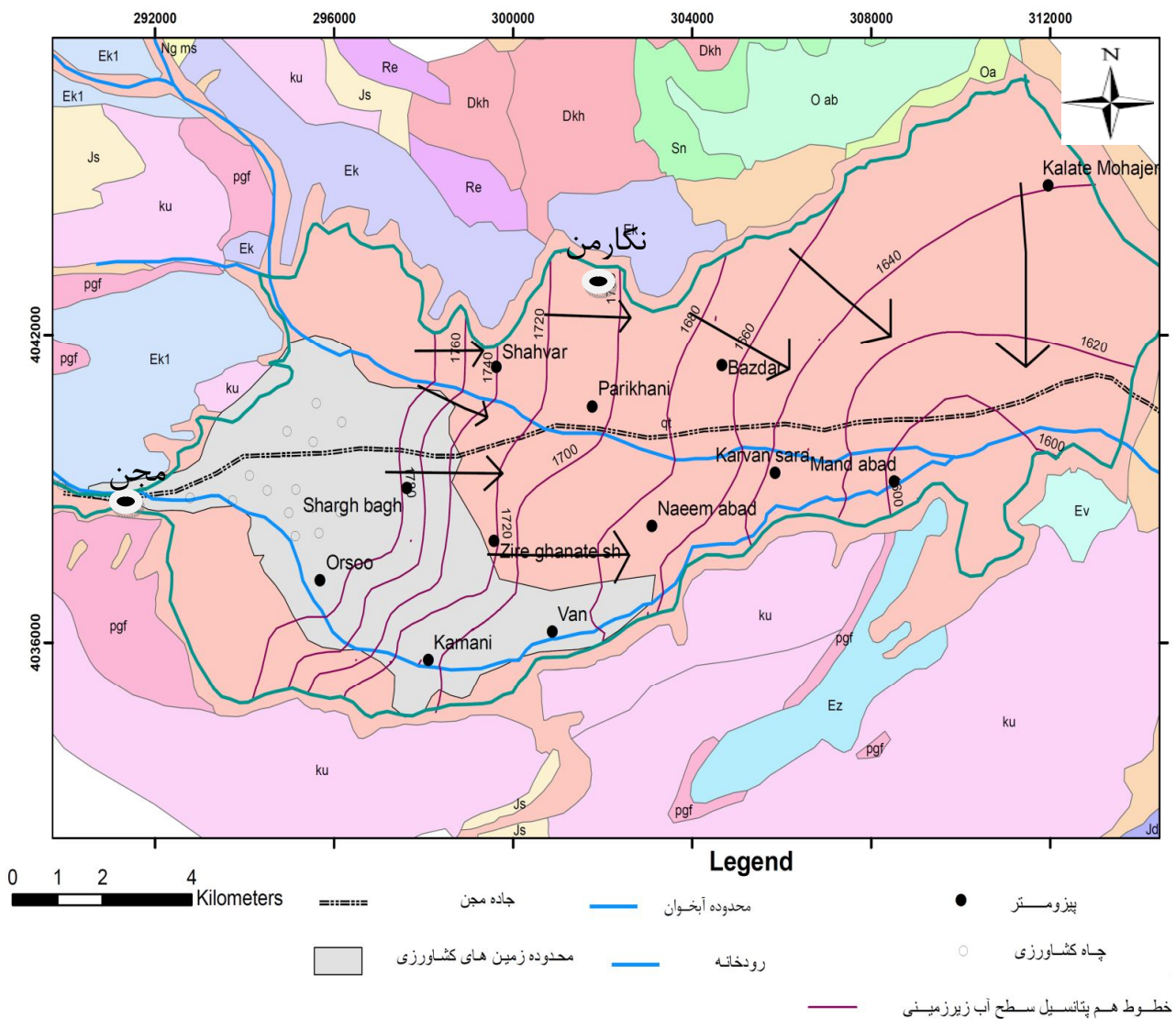
سطح آب آنها تغییرات زیادی با بارندگی‌های منطقه نشان نمی‌دهد. پیزومتر کلاته مهاجر به لحاظ موقعیت مکانی که در انتهای دشت قرار گرفته و همچنین به خاطر نوسانات کمی که دارد در این گروه قرار داده شده است. رودخانه تاش در قسمت جنوبی این پیزومترها واقع شده است. بر اساس شواهد میدانی و نقشه آبراهه‌های موجود در دشت مجن، مسیر رودخانه تاش منطبق بر روند یک احتمالی گسل امتداد لغز چپ گرد می‌باشد. رفتار تغذیه‌ای رودخانه تاش و عملکرد گسل مذکور احتمالاً سبب عدم ارتباط آب زیرزمینی در دو طرف این رودخانه شده است. این موضوع می‌تواند دلیلی بر رفتار متفاوت پیزومترهای این گروه باشد.

### 4-2-2- نقشه هم پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه از داده‌های مربوط به ارتفاع سطح آب پیزومترهای موجود در دشت استفاده شده است. نقشه هم‌پتانسیل دشت مربوط به تیر ماه 1391 ترسیم شده که در شکل (4-5) نشان داده شده است. با توجه به نقشه هم‌پتانسیل و خطوط جریان آب زیرزمینی به نظر می‌رسد که ارتباط بین بخش‌های شمالی و جنوبی قطع می‌باشد ولی در قسمت‌های جنوب‌شرقی آبخوان و در حوالی پیزومتر کاروانسرا این دو بخش با هم اختلاط پیدا می‌کنند. مناطق تغذیه آبخوان در بخش‌های غربی و شمال‌غربی و مناطق تخلیه در بخش‌های جنوب شرقی قرار گرفته‌اند. بر اساس این نقشه و با ترسیم خطوط جریان آب زیرزمینی جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در راستای تقریبی غرب به شرق می‌باشد. بررسی‌های انجام گرفته بر روی شیب سطح ایستابی در جهت جریان آب زیرزمینی حاکی از افزایش شیب هیدرولیکی در مناطقی از دشت که فعالیت کشاورزی شدت بیشتری دارد، می‌باشد. حداکثر شیب هیدرولیکی در محدوده اطراف پیزومتر اورسو مشاهده شده که برابر با حدود 0/03 (3)

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

درصد) می‌باشد. حداقل شیب هیدرولیکی مربوط به محدوده مجاور پیزومترهای شاهوار، پری‌خانی و بزدر بوده که بین 0/003 تا 0/007 (3 در هزار تا 7 در هزار) متغیر می‌باشد. بیشترین شیب هیدرولیکی در محدوده پیزومترهای واقع در زمین‌های کشاورزی مشاهده می‌شود. این موضوع می‌تواند دلیلی بر اثر آب برگشتی کشاورزی بر آبخوان در این محدوده از دشت باشد.



شکل 4-5- خطوط هم پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی در دشت مچن

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### 4-3- بررسی خصوصیات کیفی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

کیفیت آب زیرزمینی نتیجه کلیه فرآیندها و واکنش‌هایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در اتمسفر، تا زمانی که توسط چاه، قنات و یا چشمه از زیرزمین خارج می‌شود، بر روی آن عمل کرده است. این فاصله زمانی ممکن است کمتر از یک روز یا صدها سال طول بکشد. کیفیت آب زیرزمینی هم‌چنین می‌تواند نشانه منشاء، تاریخ آن و موادی که در زیرزمین با آنها در تماس بوده باشد (صداقت 1373). ترکیب شیمیایی منابع آب زیرزمینی تابعی پیچیده از متغیرهای فراوان نظیر ترکیب شیمیایی آب تغذیه شونده (عامل آب و هوا)، ترکیب سنگ شناسی و کانی شناسی سنگ‌های زیرسطحی (عامل زمین شناسی) و ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی سنگ‌ها (عامل هیدروژئولوژی) می‌باشد (Langmuir, 1997). البته تاثیر عامل انسانی (عوامل انسان زاد) را نیز بایستی به مجموعه عوامل فوق اضافه نمود (Hem, 1985). به طور کلی مقدار کل نمک‌های محلول در آب زیرزمینی بیش از آب سطحی می‌باشد که این نمک‌های محلول بیشتر از انحلال سنگ‌ها منشاء می‌گیرند. به همین دلیل هر چه از منطقه تغذیه به سمت منطقه تخلیه پیش برویم میزان نمک‌های محلول نیز افزایش پیدا می‌کند. به منظور ارزیابی کیفی آبخوان مجن از نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده از پیزومترها در سال 1388 (جدول 4-3) این نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

### 4-3-1- هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی (EC) معیاری است که رسانایی الکتریکی یک محلول را تعیین می‌کند. هدایت الکتریکی به دلیل اینکه تابعی از حضور یون‌های محلول بوده و با کل مواد جامد حل شده در آب رابطه مستقیم دارد از مهم‌ترین پارامترهای شیمیایی آب زیرزمینی به حساب می‌آید. عوامل تاثیرگذار بر قابلیت

جدول 3-4 نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده از پیزومترها در سال 1388

تیپ آب	Na <sup>+</sup> (meq/l)	Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/l)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	pH	TDS (mg/l)	EC (μs/cm)	نام پیزومتر
Ca-SO <sub>4</sub>	2/3	5/2	6/4	8/8	2/8	2/1	7/8	860	1332	بزدر
Mg-HCO <sub>3</sub>	1/9	3/1	2/5	1/3	4/6	1/4	7/6	470	731	بری خانی
Mg-Cl	3/4	4/2	3/7	1/7	4/2	4/1	7/5	625	970	شاهوار
Ca-HCO <sub>3</sub>	0/8	1/6	2	0/45	2/6	1/5	8/1	276	432	شرق باغ سینه
Na-HCO <sub>3</sub>	2/3	1/7	1/6	0/73	3/4	1/65	7/7	360	560	کومانی
Ca-HCO <sub>3</sub>	1/2	1/7	1/8	0/46	2/4	2/1	8	310	472	زیرقنات شهرداری
Ca-HCO <sub>3</sub>	2/7	2/2	2/6	1/6	4/4	1/7	8	490	665	وان
Mg-HCO <sub>3</sub>	1/5	2/6	2/2	1/1	3/4	1/3	7/9	370	578	اورسو
Ca-HCO <sub>3</sub>	1	1/8	2/2	0/9	3/1	1/1	8/1	310	485	نعیم آباد
Ca-HCO <sub>3</sub>	0/8	2/7	3	1/2	3/5	1/6	7/9	410	640	کاروانسرا
Ca-HCO <sub>3</sub>	1/2	1/7	1/9	0/5	2/5	1/65	7/4	295	460	مند آباد
Ca-HCO <sub>3</sub>	1/1	2/1	3/6	1/3	3/6	1/45	8/1	440	684	کلاته مهاجر



---

هدایت الکتریکی آب شامل سرعت حرکت آب زیرزمینی، بارش، آب برگشتی کشاورزی، لیتولوژی و زمین شناسی منطقه و سفره، ورود فاضلابها و روانابهای مختلف از جمله پسابهای شهری و غیره می‌باشد. با توجه به نقشه هدایت الکتریکی منطقه (شکل 4-6) حداکثر مقادیر هدایت الکتریکی در بخش‌های شمالی و حداقل آن در بخش‌های جنوب‌غربی مشاهده می‌شود. حداکثر هدایت الکتریکی در پیژومتر بزدر مشاهده شده که مقدار آن 1332 میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده و حداقل آن مربوط به پیژومتر شرق باغ‌سینه به میزان 432 میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد. به نظر می‌رسد مقدار هدایت الکتریکی نمونه‌های آب زیرزمینی متأثر از دو زون تغذیه‌ای می‌باشد. دلیل عمده این امر مربوط به لیتولوژی مناطق تغذیه‌ای می‌باشد. در قسمت‌های شمالی منطقه به دلیل وجود سازندهای مخرب که عمدتاً از سازندهای شیل و مارنی و همچنین رسوبات تبخیری تشکیل شده است، کیفیت آب زیرزمینی پایین و هدایت الکتریکی زیاد می‌باشد. در بخش‌های غربی و جنوبی منطقه که عمدتاً از سازندهای آهکی تشکیل شده‌اند آب دارای کیفیت بسیار خوب و میزان هدایت الکتریکی پایین می‌باشد. همان‌طور که دیده می‌شود تغذیه آبخوان از بخش‌های شمال غربی که توسط آهک کرتاسه صورت می‌گیرد سبب کاهش مقادیر هدایت الکتریکی در این بخش‌ها شده و مقادیر هدایت الکتریکی در جهت جریان آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار داده است. در محدوده پیژومتر کاروانسرا، آبهای زیرزمینی ورودی از قسمت‌های شمالی به آبخوان که دارای کیفیت نامناسب‌تری می‌باشند با آبهای با کیفیت مناسب ورودی از سمت شمال‌غرب منطقه اختلاط می‌یابند. این موضوع باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی در محدوده پیژومتر کاروانسرا شده است. مطابق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) استاندارد هدایت الکتریکی برای آبهای آشامیدنی 1800 میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. اکثر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه دارای مقادیر هدایت الکتریکی کمتر از حد استاندارد می‌باشند. بر اساس نتایج هدایت الکتریکی، محدوده آبخوان قابل تفکیک به سه زون می‌باشد.

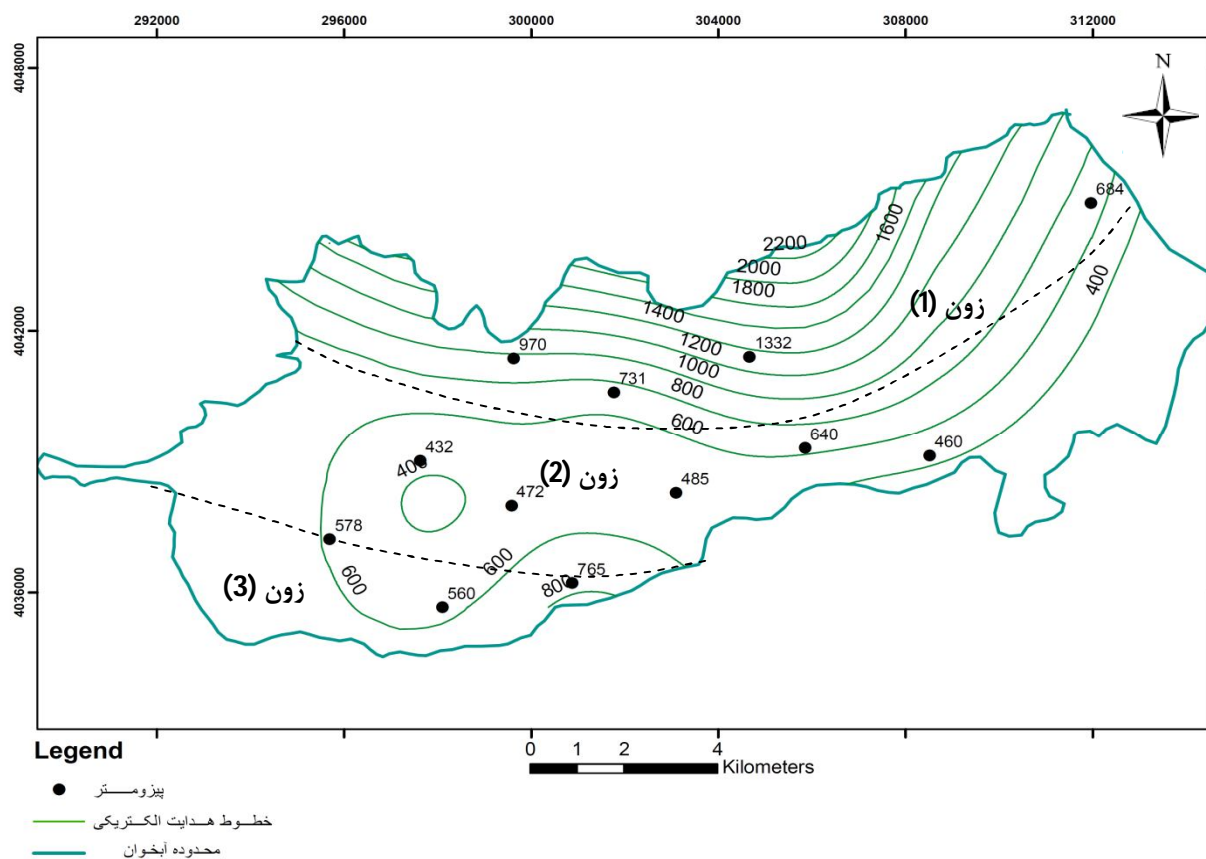
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

زون (1) که در حاشیه شمالی آبخوان قرار گرفته بدترین کیفیت را دارا می‌باشد که پیژومترهای واقع در این زون شامل شاهوار، پری‌خانی، بزدر و کلاته‌مه‌اجر بوده که مقادیر هدایت الکتریکی آنها به ترتیب برابر با 970، 731، 1332 و 684 میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد. زون شماره 2 که در بخش میانی آبخوان قرار گرفته است بهترین کیفیت را دارا می‌باشد. پیژومترهای واقع در این زون شامل شرق‌باغ‌سینه، زیرقنات‌شهرداری، نعیم‌آباد و مندآباد بوده که مقادیر هدایت الکتریکی آنها به ترتیب برابر با 472، 432، 485 و 460 میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد. زون شماره 3 که در بخش جنوبی آبخوان واقع شده در ادامه زون 2 بوده و شامل پیژومترهای اورسو، کومانی و وان می‌باشد. مقادیر هدایت الکتریکی این پیژومترها به ترتیب برابر با 578، 560 و 665 میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد. نتایج آنالیز بافت خاک در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه در جدول (4-4) نشان داده شده است. افزایش درصد اجزای دانه‌ریز خاک در بخش جنوبی، احتمال بروز پدیده تبادل کاتیونی را تقویت می‌نماید.

جدول 4-4- آنالیز بافت خاک در بخش‌های مختلف دشت مجن

محل نمونه برداری	ماسه (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	نوع بافت
بخش شمالی (زون 1)	29	42	29	لوم رسی
بخش میانی (زون 2)	60	36	4	لوم ماسه‌ای
بخش جنوبی (زون 3)	53	32	15	لوم ماسه‌ای

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-6- نقشه تغییرات هدایت الکتریکی و زون‌بندی منطقه بر اساس مقادیر هدایت الکتریکی در دشت مجن

بر اساس خطوط جریان آب زیرزمینی، به نظر می‌رسد در محدوده پیزومتر کاروانسرا اختلاط آب زیرزمینی روی می‌دهد. پیزومترهای واقع در زون (2) به استثنای پیزومتر کاروانسرا مقادیر هدایت الکتریکی کمتری نسبت به زون‌های دیگر دارند. پیزومتر کاروانسرا به دلیل قرارگیری در زون اختلاط آب زیرزمینی میزان هدایت الکتریکی آن تحت تاثیر ورود آب زیرزمینی از زون شماره 1 قرار گرفته و میزان آن به طور قابل توجهی نسبت به پیزومتر نعیم‌آباد افزایش می‌یابد. میزان هدایت الکتریکی در پیزومتر مندآباد (460 میکروزیمنس بر سانتی متر) نسبت به میزان آن در پیزومتر نعیم‌آباد (485 میکروزیمنس بر سانتی متر) کاهش پیدا کرده است. با توجه به اینکه پیزومتر مندآباد در انتهای دشت و در مجاور رودخانه مجن قرار

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

گرفته است. به نظر می‌رسد تغذیه از رودخانه دلیلی برای کاهش هدایت الکتریکی در پیزومتر مندآباد باشد.

### 4-3-2- (pH)

pH معیاری است که غلظت یون هیدروژن را نشان می‌دهد. این پارامتر یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب بوده که می‌تواند بر انحلال مواد اثر گذار باشد. آب‌های طبیعی معمولاً دارای اسیدیته بین 6 تا 9 می‌باشند. میزان pH آب متأثر از عواملی مانند میزان دی اکسید کربن محلول در آب، مقدار آنیون‌های بیکربنات و کربنات و همچنین درجه حرارت آب می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه pH منابع آب زیرزمینی بین 7 تا 8 متغیر می‌باشد. مقدار pH در بخش‌هایی از آبخوان که از مناطق آهکی تغذیه می‌گردند بیشتر از 7/5 تعیین شده است.

### 4-3-3- بررسی غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی

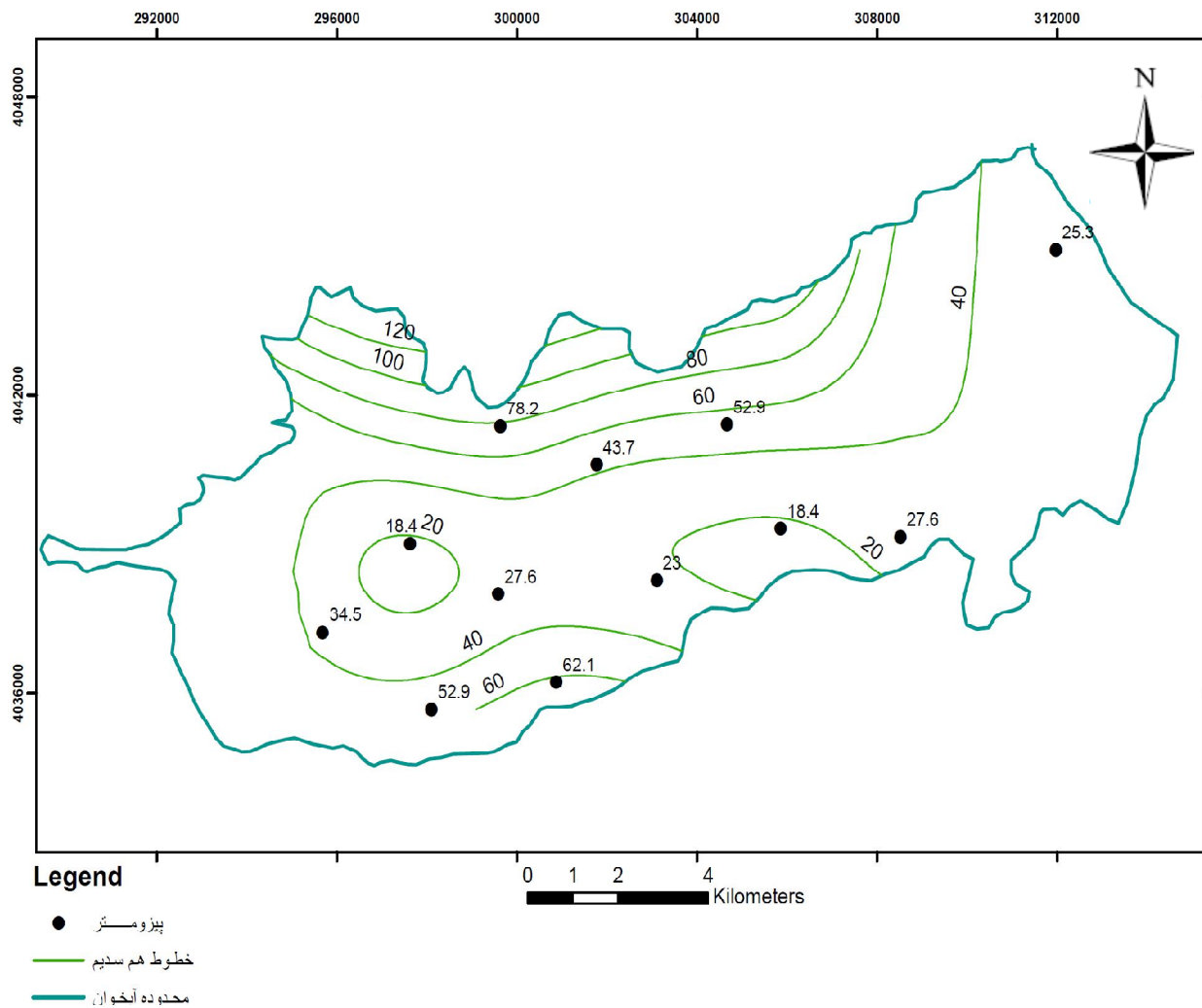
به منظور بررسی غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، از نتایج آنالیز شیمیایی پیزومترها (جدول 4-6) استفاده شده است.

### الف - سدیم

با توجه به نقشه تغییرات سدیم در منطقه مورد مطالعه (شکل 4-7) غلظت سدیم از سمت جنوب به شمال روند افزایشی داشته و تغییرات آن همانند تغییرات هدایت الکتریکی می‌باشد. حداکثر میزان سدیم در پیزومتر شاهوار با غلظت 78/2 میلی‌گرم بر لیتر و حداقل آن در پیزومترهای شرق باغ‌سینه و کاروانسرا با غلظت 18/4 میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شده است. یکی از مهم‌ترین فرآیندهایی که می‌تواند این یون را

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

از حالت محلول خارج کند شامل جذب سدیم توسط موادی است که ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارا می‌باشند. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO 1970)، غلظت 20 میلی‌گرم بر لیتر به عنوان حد مطلوب سدیم پیشنهاد شده و حداکثر غلظت مجاز آن در آب آشامیدنی 150 میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه غلظت سدیم تمام نمونه‌های آب زیرزمینی کمتر از حد مجاز می‌باشد.



شکل 4-7- نقشه تغییرات سدیم در منابع آب زیرزمینی دشت مجن (غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### ب - کلسیم

حداکثر میزان غلظت کلسیم در پیژومتر بزدر (128 میلی‌گرم بر لیتر) و کمترین میزان آن در پیژومتر کومانی (32/1 میلی‌گرم بر لیتر) مشاهده شده است.

### ج - منیزیم

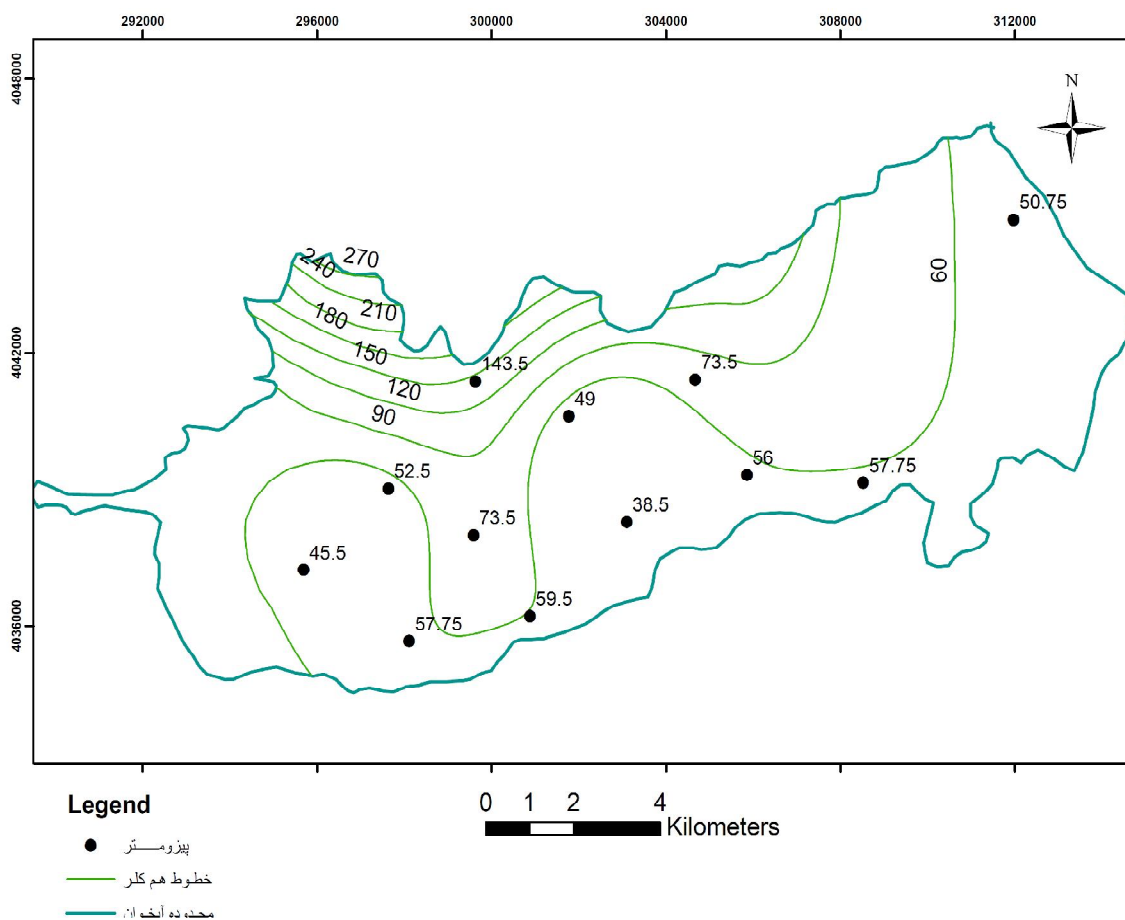
حداکثر میزان غلظت منیزیم در پیژومتر بزدر برابر با 63/2 میلی‌گرم بر لیتر و کمترین میزان آن در پیژومتر شرق باغ‌سینه برابر با 19/4 میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شده است.

### ح - کلر

از بین یون‌های موجود در آب زیرزمینی یون کلر به دلیل محدود بودن منشاء و عدم شرکت در واکنش-های تبادل یونی یکی از یون‌هایی است که بیشترین اطلاعات را می‌توان از آن استخراج نمود. برای بررسی تغییرات کلر در نقاط مختلف آبخوان نقشه هم‌کلر آبخوان ترسیم شده است (شکل 4-8). با توجه به این شکل روند عمومی افزایش کلر در آب زیرزمینی منطقه از سمت جنوب به شمال می‌باشد که خطوط هم‌ارزش کلر در قسمت‌های شمال و شمال‌غرب دشت به هم نزدیکتر می‌باشند و در بخش‌های مرکزی آبخوان از هم دور می‌شوند که روندی شبیه به هدایت الکتریکی را نشان می‌دهد. در قسمت‌های شمالی منطقه مورد مطالعه به دلیل حضور رسوبات تبخیری میوسن غلظت کلر بالا می‌باشد. زمانی که هالیت تنها منشاء کلر و همچنین فرآیندهایی مانند تبادل کاتیونی بر روی سدیم اثر گذار نباشد، نسبت کلر به سدیم در آب زیرزمینی برابر با یک می‌باشد. نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها نشان دهنده منشأ این یون می‌باشد. زمانی که نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها بیشتر از 0/8 و TDS نمونه آب زیرزمینی کمتر از 100 میلی‌گرم

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

بر لیتر باشد، منشأ نمونه از آب باران می‌باشد. در صورتی که این نسبت کمتر از 0/8 و TDS بین 100 تا 500 میلی‌گرم بر لیتر باشد، هوازگی سنگ‌ها در ترکیب شیمیایی آنها موثر بوده است. زمانی که نسبت یون کلر به مجموع آنیون‌ها بیشتر از 0/8 و TDS آب زیرزمینی بیشتر از 500 میلی‌گرم بر لیتر باشد آب دریا و یا شورابه‌ها در ایجاد ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی نقش داشته‌اند (Hounslow 1995). با توجه به اینکه غلظت کلر در منابع آب زیرزمینی دشت مجن بین 38/5 تا 143/5 میلی‌گرم بر لیتر و TDS در نمونه‌ها بین 100 تا 500 میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد منشأ این یون‌ها از هوازگی سنگ‌ها می‌باشد.

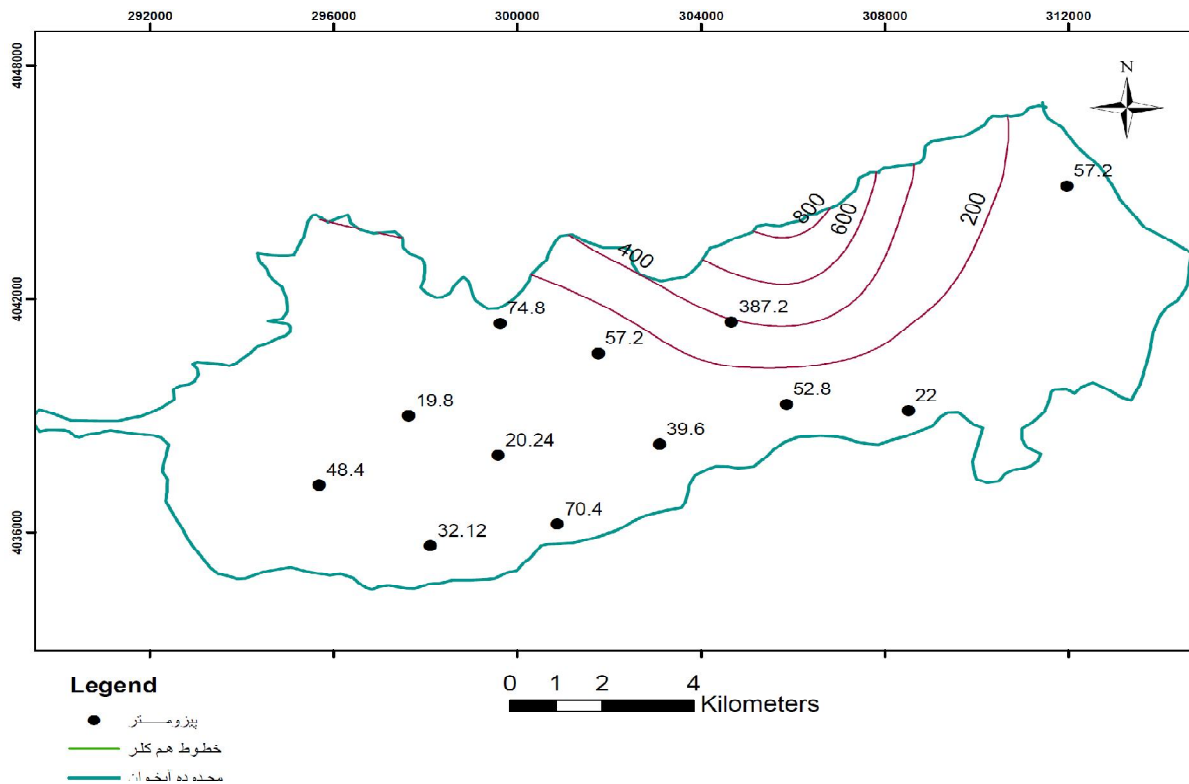


شکل 4-8- نقشه تغییرات کلر در منابع آب زیرزمینی دشت مجن (غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### د - سولفات

سولفات یکی از آنیون‌های اصلی در آب زیرزمینی می‌باشد. به منظور بررسی تغییرات سولفات آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه نقشه هم سولفات تهیه شده است که در شکل (4-10) نشان داده شده است. با توجه به شکل (4-9) بیشترین غلظت سولفات در منطقه برابر با 387/2 میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که در محل پیزومتر بزرگ و کمترین میزان آن در پیزومتر مندآباد برابر با 22 میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شده است و دلیل بالا بودن آن در محدوده پیزومتر بزرگ را می‌توان با حضور رسوبات تبخیری و گچ‌دار میوسن توجیه کرد. خطوط هم سولفات آب زیرزمینی در بخش‌های شمال و شمال شرقی به هم نزدیکتر بوده و در بخش‌های جنوبی از هم دور می‌شوند.



شکل 4-9- نقشه تغییرات سولفات منابع آب زیرزمینی دشت مجن (غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

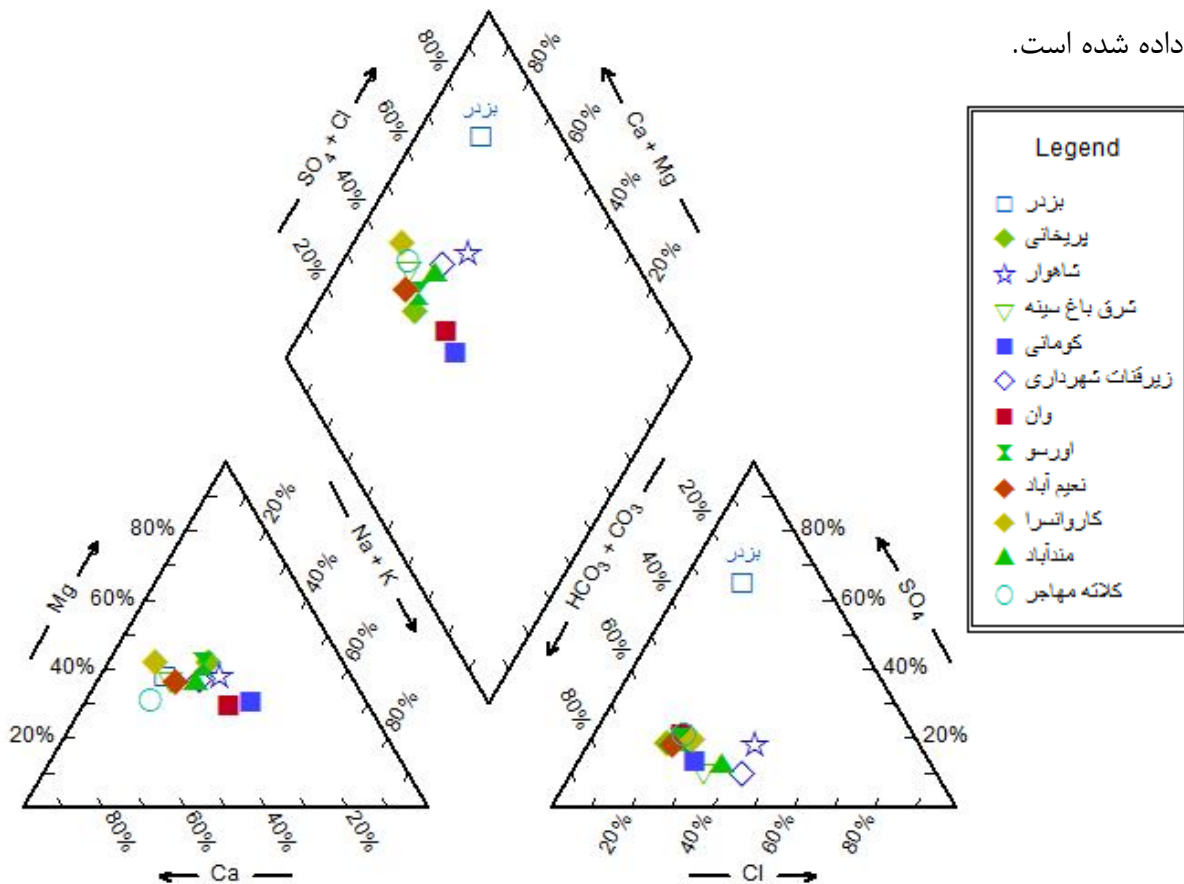


## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### 4-3-4- بررسی تغییرات غلظت یون‌ها با استفاده از نمودارهای مختلف

#### الف - نمودار پایپر

از بین نمودارهای متداول در بررسی هیدروژئوشیمی آبهای زیرزمینی، نمودار پایپر می‌باشد که به نمودار سه تایی (Trilinear) نیز معروف است. نمودار پایپر از ترکیب سه محدوده مجزا تشکیل شده است. درصد آنیون‌ها و کاتیون‌ها در محدوده مثلثی و موقعیت ترکیبی آنها در محدوده لوزی شکل نشان داده می‌شود. به منظور مقایسه ترکیب شیمیایی تعداد زیاد نمونه‌های آب زیرزمینی از نمودار پایپر استفاده می‌شود. نمودار پایپر مربوط به نتایج آنالیز شیمیایی آب زیرزمینی دشت مجن در شکل (4-10) نشان داده شده است.



شکل 4-10- نمودار پایپر مربوط به آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی پیزومترهای دشت مجن

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

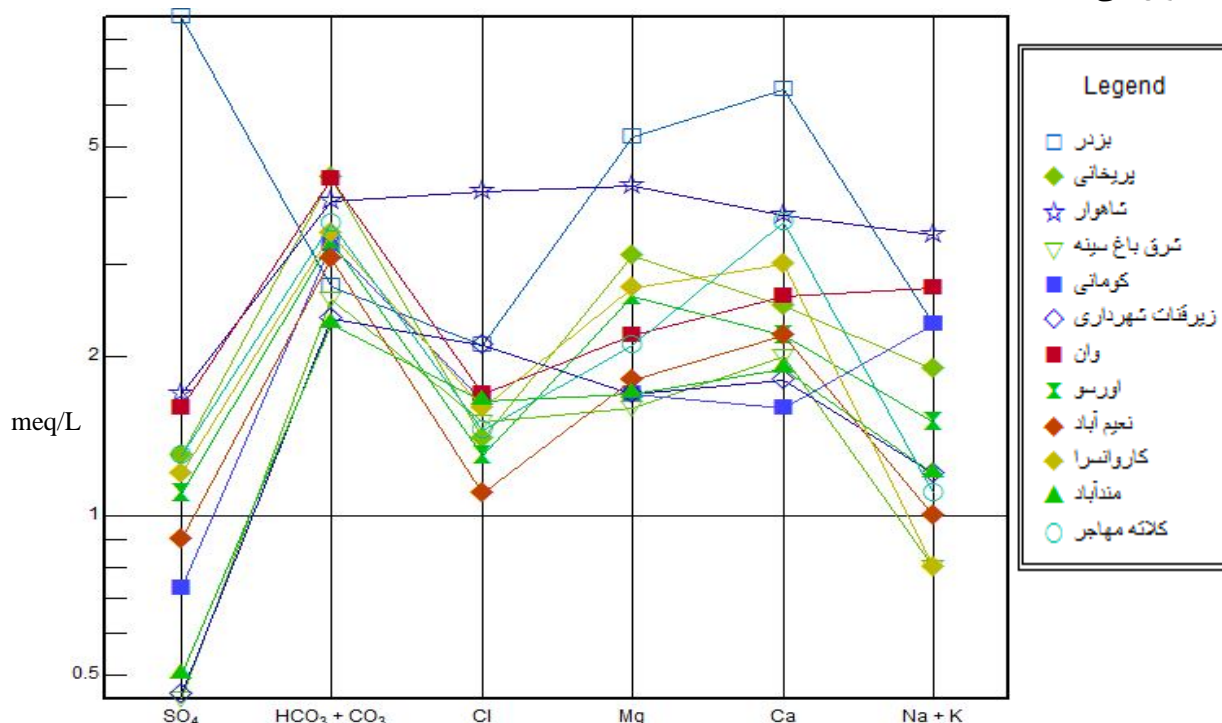
بر اساس نقشه هم پتانسیل آبخوان مجن (شکل 4-5) جهت عمومی جریان آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از سمت غرب به شرق می‌باشد. بر اساس این نقشه مناطق تغذیه آبخوان شامل بخش‌های شمال-غربی، غرب دشت و همچنین تغذیه از طریق رودخانه می‌باشد. پیژومتر بزدر بر اساس نمودار پایپر، ترکیب شیمیایی متفاوتی با دیگر پیژومترها نشان می‌دهد. به گونه‌ای که تیپ آنیونی آب زیرزمینی این پیژومتر از نوع سولفات می‌باشد. علت آن را می‌توان به تغذیه متفاوتی که در این بخش نسبت به بخش‌های دیگر صورت می‌گیرد مربوط دانست. تیپ آنیونی آب زیرزمینی در سایر پیژومترها از نوع بیکربناته می‌باشد. بر اساس تیپ آب زیرزمینی، حداقل دو سیستم تغذیه‌ای متفاوت که قبلاً بر اساس نقشه هم پتانسیل مشاهده و در مورد آن‌ها بحث شد قابل تفکیک می‌باشد. سیستم تغذیه‌ای از مرز شمالی که ترکیب شیمیایی آن به دلیل حضور رسوبات تبخیری میوسن و سنگ‌های آذرین سلطان میدان متفاوت بوده و تیپ آنیونی آب زیرزمینی از نوع سولفات و کلروه می‌باشد. تیپ آب زیرزمینی در سیستم تغذیه‌ای غربی از نوع  $\text{Ca-HCO}_3$  بوده که تغذیه از مناطق آهکی واقع در این قسمت را نشان می‌دهد. مقادیر pH در این زون از 7/4 تا 8/1 متغیر می‌باشد که تایید کننده تغذیه احتمالی از مناطق آهکی می‌باشد. تیپ آب زیرزمینی در حاشیه جنوبی دشت در پیژومترهای مختلف، متفاوت می‌باشد. تیپ آب زیرزمینی در پیژومتر اورسو  $\text{Mg-HCO}_3$ ، پیژومتر کومانی  $\text{Na-HCO}_3$  و پیژومتر وان  $\text{Ca-HCO}_3$  می‌باشد. با توجه به این که حاشیه جنوبی و مرکزی آبخوان، منطقه تغذیه واحدی دارند به نظر می‌رسد که در حاشیه جنوبی فرآیند تبادل کاتیونی رخ می‌دهد.

### ب - نمودار شولر

به منظور مشاهده تغییرات یون‌ها در هر نمونه و مقایسه نمونه‌ها با یکدیگر از نمودار شولر استفاده می‌شود.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

نمودار شولر مربوط به نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در شکل (4-11) نشان داده شده است. در اغلب نمونه‌ها به غیر از نمونه‌های بزدر و شاهوار آنیون غالب بیکربنات می‌باشد. آنیون غالب در پیژومتر بزدر، سولفات و در پیژومتر شاهوار، کلر می‌باشد. در اکثر نمونه‌ها کاتیون غالب کلسیم می‌باشد. در بین نمونه‌های آب زیرزمینی، پیژومترهای کومانی و وان مقادیر سدیم بیشتری نسبت به سایر کاتیون‌ها دارند که فرایند تبادل کاتیونی در این قسمت را تایید می‌نماید. بر اساس نمودار شولر تقریباً به جز پیژومترهای شاهوار و بزدر، سایر منابع آبی موجود در منطقه ترکیب شیمیایی مشابهی نشان می‌دهند. علت تفاوت ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی در پیژومترهای بزدر و شاهوار، همانطور که قبلاً اشاره شد، به دلیل حضور رسوبات تبخیری میوسن و سنگ‌های آذرین سلطان میدان در این بخش از آبخوان می‌باشد.

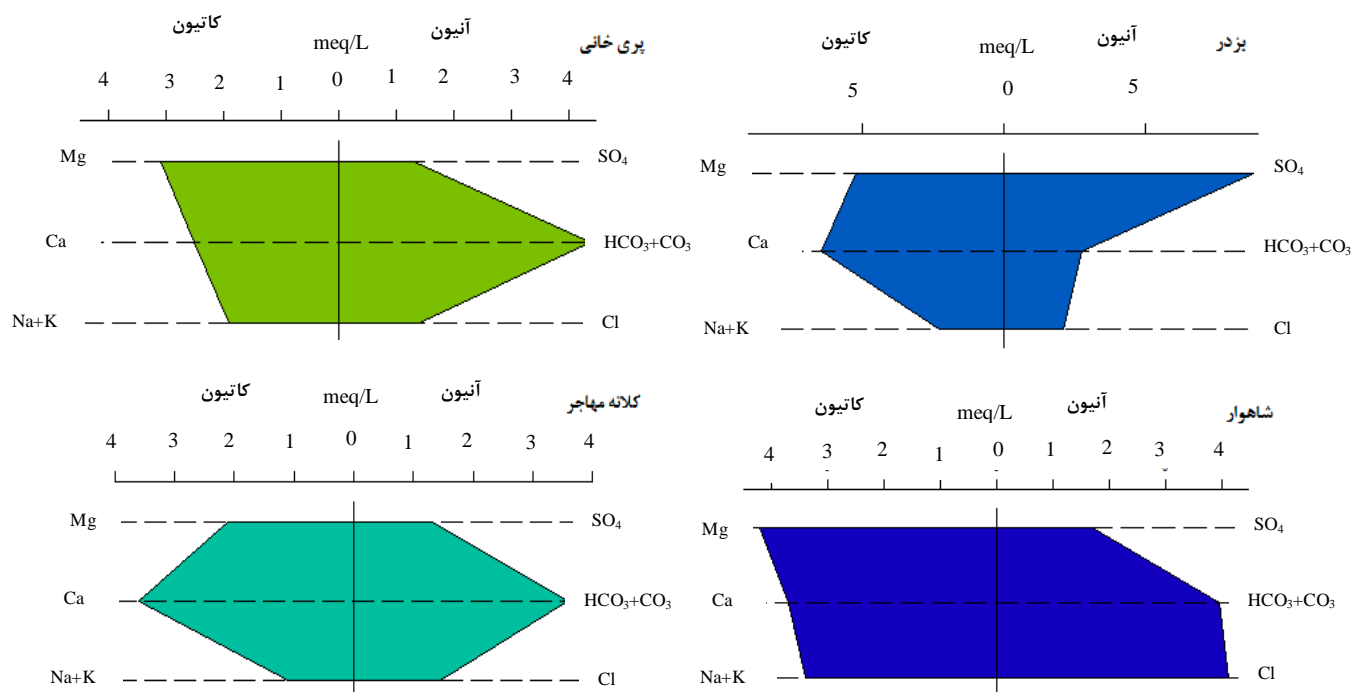


شکل 4-11- نمودار شولر مربوط به نمونه‌های برداشت شده از پیژومترهای دشت مجن

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

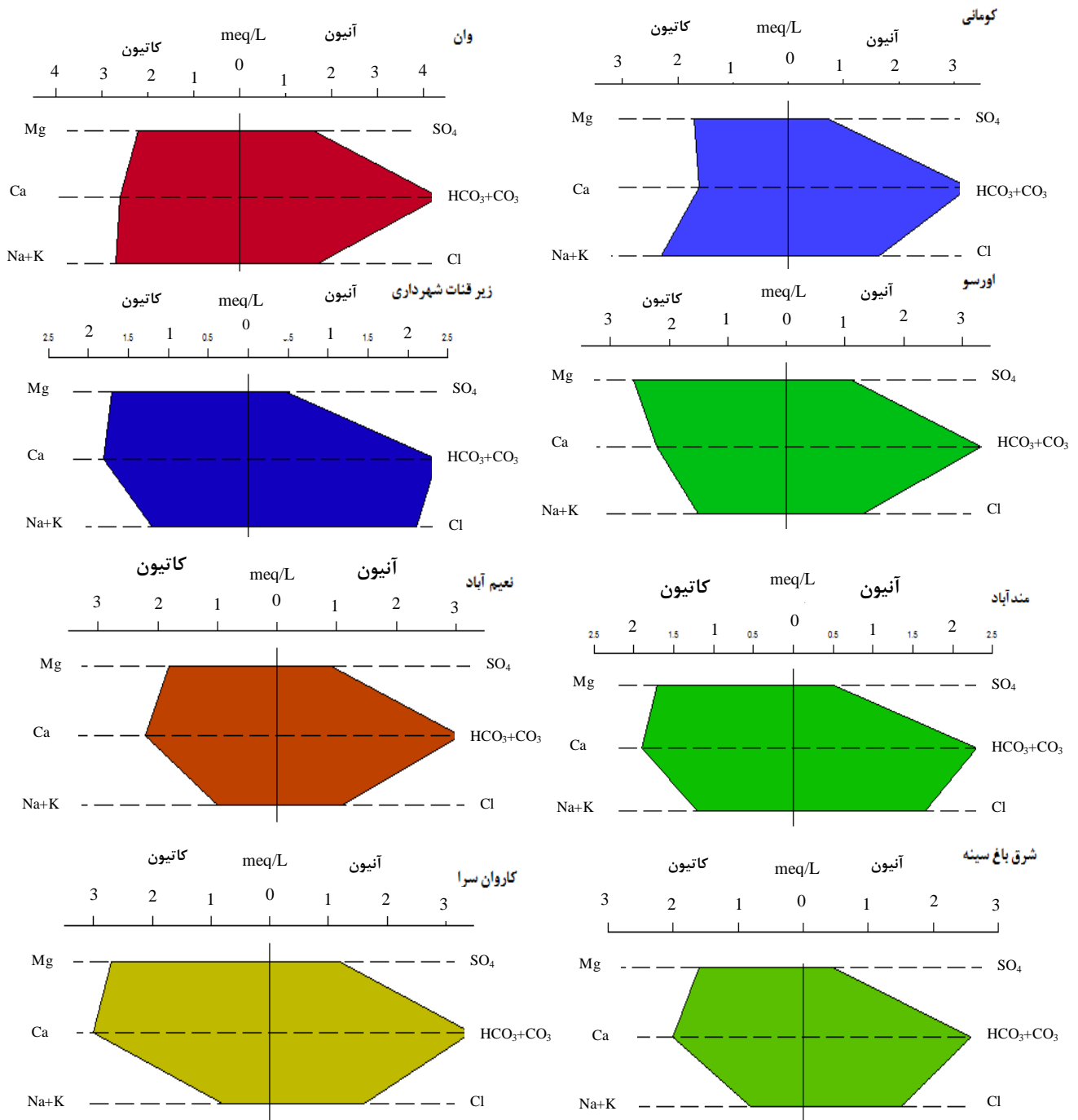
### ج - نمودار استیف

به منظور بررسی دقیق‌تر هیدروژئوشیمی آبخوان منطقه، علاوه بر نمودار پایپر از نمودار استیف نیز استفاده شده است. شکل (4-12 و 4-13) نمودار استیف پیزومترهای دشت مجن را نشان می‌دهند. به طور کلی بیکربنات در بین آنیون‌ها و کلسیم در بین کاتیون‌ها از مقادیر بیشتری برخوردار می‌باشد. به جز پیزومترهای بزدر و شاهوار، سایر نمونه‌های آب زیرزمینی تقریباً ترکیب شیمیایی مشابهی نشان می‌دهند. تغییرات جزئی در ترکیب شیمیایی نمونه‌ها به دلیل فرآیندهایی نظیر تبادل کاتیونی بوده که قبلاً توضیح داده شده است.



شکل 4-12- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی دشت مجن (غلظت‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-13- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی دشت مجن (غلظت‌ها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر)

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### 4-4- بررسی آلودگی آبخوان مجن در محدوده چاه‌های کشاورزی

به منظور ارزیابی آلودگی آبخوان در محدوده مناطق کشاورزی و با هدف بررسی آلودگی‌های ناشی از کشاورزی، از تعدادی چاه‌هایی که در محدوده کشاورزی قرار دارند در تیر ماه 1391 نمونه‌برداری صورت گرفته است. پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری شامل هدایت الکتریکی و pH می‌باشد. به منظور آنالیز کامل شیمیایی، نمونه‌های آب جهت آنالیز یون‌های اصلی (Ca, Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, Cl, )، نیترات و فسفات به آزمایشگاه منتقل گردید. جدول (4-5) نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب در محدوده مناطق کشاورزی را نشان می‌دهد.

### 4-4-1- بررسی هدایت الکتریکی در محدوده چاه‌های کشاورزی

در دشت مجن حداکثر هدایت الکتریکی که برابر با 910 میکرو زیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد که مربوط به چاه قرایی بوده که در قسمت شمالی آبخوان واقع شده است. حداقل آن برابر با 455 میکرو زیمنس بر سانتی‌متر متعلق به چاه شهرداری در قسمت مرکزی آبخوان می‌باشد. شکل (4-14) تغییرات هدایت الکتریکی با عمق چاه‌ها را نشان می‌دهد. طبق این شکل با افزایش میزان عمق تا حدود 175 متر، میزان هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد به گونه‌ای که میزان هدایت الکتریکی از 432 میکروزیمنس در چاه چله-برج با کمترین عمق (عمق 84 متر) به 845 میکروزیمنس در چاه باغزندانی با عمق 175 متر می‌رسد. بیشتر از عمق 175 متر هدایت الکتریکی به صورت مشخصی به 455 میکروزیمنس بر سانتی‌متر کاهش می‌یابد. طبق این شکل می‌توان دو روند افزایشی کاملاً مشخص را تفکیک نمود. به نظر می‌رسد افزایش عمق چاه-ها سبب ورود به لایه آبدار دیگری با کیفیت مناسب‌تر از آبخوان آبرفتی شده باشد که با توجه به جهت شیب و برونزدگی لایه‌های آهکی در اطراف دشت مجن این لایه‌های آبدار احتمالاً کارستی می‌باشد. روند

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

جدول 4-5 آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی چاه‌های کشاورزی

	نام چاه	عمق (متر)	pH	EC <sub>field</sub> (μs/cm)	Temp °C	Na <sup>+</sup> (epm)	K <sup>+</sup> (epm)	Ca <sup>2+</sup> (epm)	Mg <sup>2+</sup> (epm)	Cl <sup>-</sup> (epm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (epm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (epm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ppm)	error %
1	چله برج	84	7.2	432	11.3	0.72	0.003	2.91	1.45	0.85	0.25	3.9	33.7	0.24	4.4
2	کوره	126	7.2	675	11.4	1.26	0.048	4.55	2.08	1.1	0.42	5.3	67.7	0.21	2.41
3	خرابیان	100	7.1	651	11	1.16	0.038	4.4	2.04	1.1	0.41	5.15	69.1	0.28	0.9
4	حاج آقا موسی	130	7.2	675	11.7	1.2	0.058	4.6	2.15	1.1	0.47	5.3	89	0.28	1.87
5	باغزندان	175	7.1	845	13.6	2.2	0.068	4.46	2.42	2.9	0.56	4.7	71.3	0.27	0.92
6	فیضی	-	7.3	641	11.7	1.05	0.021	4.14	2.1	1.4	0.36	4.65	68.8	0.29	1.46
7	صداقت	115	7	631	11.7	1.16	0.035	3.98	1.92	1.35	0.45	4.35	33.7	0.25	2.86
8	عبداله خان	160	7.2	534	12.5	1.12	0.04	3.1	1.58	1.6	0.35	3.4	37.9	0.18	1.07
9	بابایی	150	7	715	11.4	1.1	0.046	4.8	2.35	1.95	0.43	4.85	102.2	0.3	2.25
10	علی محمدی	208	7.6	518	12.8	1.35	0.025	2.8	1.56	1.65	0.44	3.3	26.6	0.22	0.78
11	وحدت	227	7	621	12.6	1.16	0.035	3.85	1.91	1.6	0.4	4.3	67.4	0.22	3.05
12	حبیب مالک	240	7.4	564	12.2	0.92	0.053	3.57	1.83	0.95	0.3	4.05	55	0.19	1.44
13	حافظ	220	7	626	14.8	1.7	0.036	3.1	2.28	1.55	0.48	4.9	29.2	0.19	2
14	قرایی	210	7.4	910	16.2	3.42	0.127	3.46	2.04	3.25	0.86	4.65	17.6	0.21	0.02
15	شهرداری	200	7.5	455	15.8	1.1	0.028	2.4	1.32	1.75	0.34	3	12.9	0.23	4.5
16	شهید گل علی	240	7.3	554	13.3	1.13	0.009	2.8	1.9	1.7	0.37	4.6	20.7	0.15	7.42
17	رعیت	250	7.3	827	16.2	2.83	0.037	3.2	1.9	3.7	0.58	4.4	15	0.13	7.08

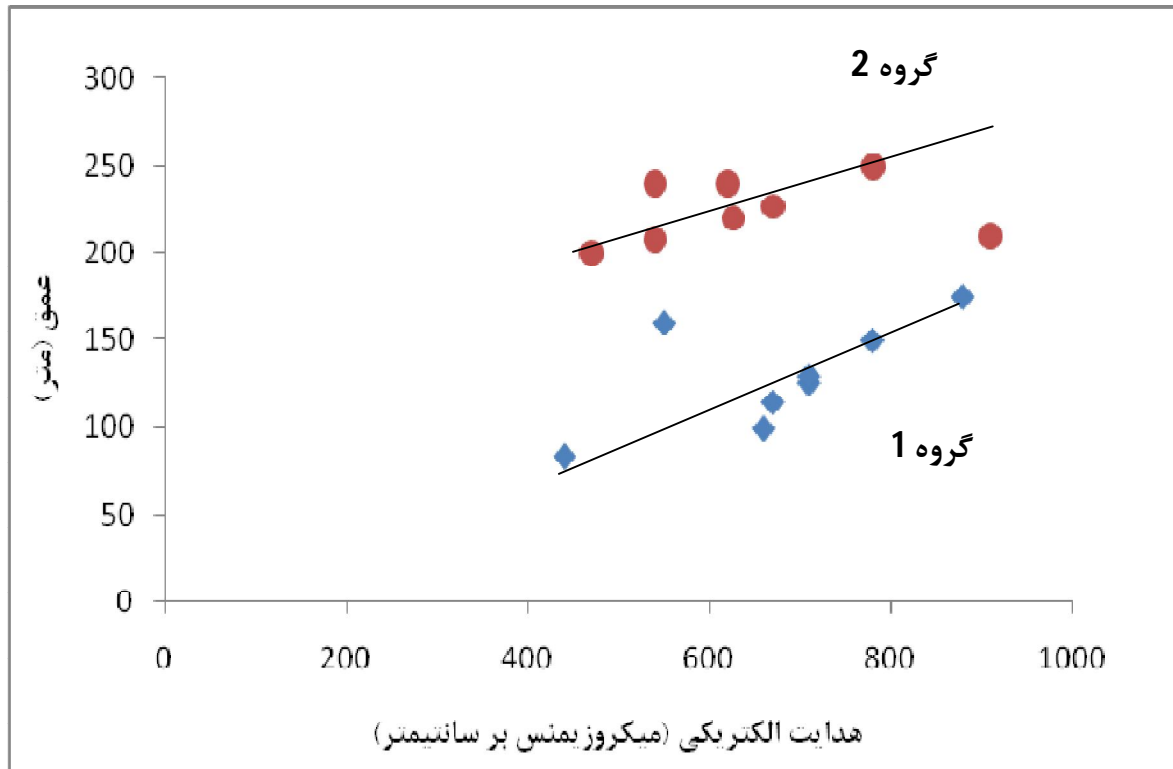
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

افزایشی شماره (1) مربوط به چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر و روند افزایشی شماره (2) مربوط به چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر می‌باشد. چاه‌هایی که دارای عمقی بیشتر از 175 متر می‌باشند احتمالاً بخشی از آب خود را از لایه آبدار زیرین با کیفیت بهتر برداشت می‌کنند و به همین جهت مقادیر هدایت الکتریکی آنها (به استثنای چاه‌های قرایی و رعیت) نیز پایین‌تر (کمتر از 650 میکرو زیمنس بر سانتی-متر) می‌باشد. چاه‌هایی با عمق کمتر از 175 متر عمدتاً از آبخوان آبرفتی فوقانی برداشت نموده و هدایت الکتریکی آنها بیشتر از 650 میکرو زیمنس بر سانتی-متر می‌باشد. با این توضیح به دلیل اینکه تمامی چاه‌ها از یک لایه آبدار مجزا نمی‌باشند ترسیم نقشه هم ارزش هدایت الکتریکی به کمک اطلاعات کلیه چاه‌ها منطقی نمی‌باشد. به همین جهت تغییرات هدایت الکتریکی در دشت مجن به صورت شکل (4-15) نشان داده شده است. چاه‌هایی که مقادیر هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده آنها بیشتر باشد، اندازه دایره نشان داده شده نیز بزرگتر نشان داده شده است. طبق این شکل چاه‌های با عمق زیاد (شهرداری، گل‌علی، حافظ و علی‌محمدی) که عمدتاً در بخش‌های مرکزی و شرقی زمین‌های کشاورزی قرار گرفته دارای هدایت الکتریکی کمتری می‌باشند. بر اساس خطوط تراز آب زیرزمینی (شکل 4-5) جهت جریان در آبخوان آبرفتی مجن از غرب به شرق می‌باشد. در صورتیکه چاه‌های بخش مرکزی فقط در بخش آبرفتی بودند، می‌بایست هدایت الکتریکی بیشتری داشته باشند. به دلیل اینکه این چاه‌ها احتمالاً در اثر افزایش عمق به لایه آبدار زیرین آبرفت (احتمالاً آهکی) نفوذ کرده‌اند، علیرغم قرار داشتن در فاصله دورتر از منطقه تغذیه دارای هدایت الکتریکی کمتری می‌باشند. چاه‌های قرایی و رعیت علیرغم عمق زیاد، هدایت الکتریکی بالایی نشان می‌دهند. این افزایش هدایت الکتریکی به دلیل افزایش یونهای سدیم و کلر بوده که با توجه به مجاورت این چاه‌ها با واحدهای شیلی و تبخیری قابل توجه می‌باشد. هدایت الکتریکی در چاه‌های موجود در بخش‌های بالایی لایه آبدار (عمق کمتر از 175 متر) روند افزایشی با طول مسیر جریان



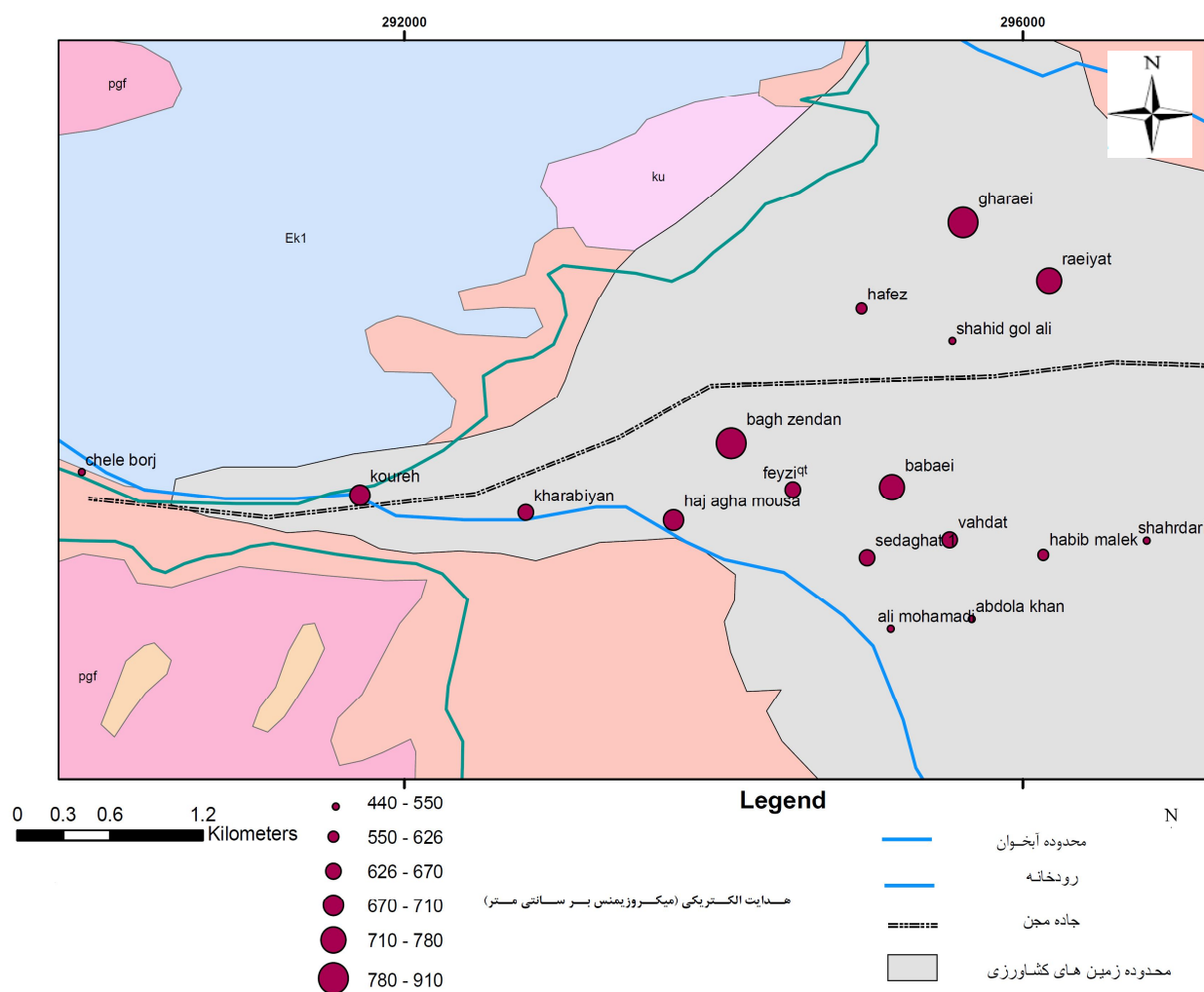
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

نشان می‌دهد. هدایت الکتریکی در چاه چله برج که نزدیک به منطقه تغذیه می‌باشد حدود 432 میکرو-زیمنس بر سانتی‌متر بوده و به حدود 715 میکروزیمنس بر سانتی‌متر در چاه بابایی که در فاصله دورتری از منطقه تغذیه قرار گرفته افزایش می‌یابد. این افزایش به دلیل افزایش طول مسیر جریان و مدت زمان ماندگاری آب در تماس با واحدهای زمین‌شناسی می‌باشد.



شکل 4-14- ارتباط عمق چاه‌ها با هدایت الکتریکی آب زیرزمینی

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

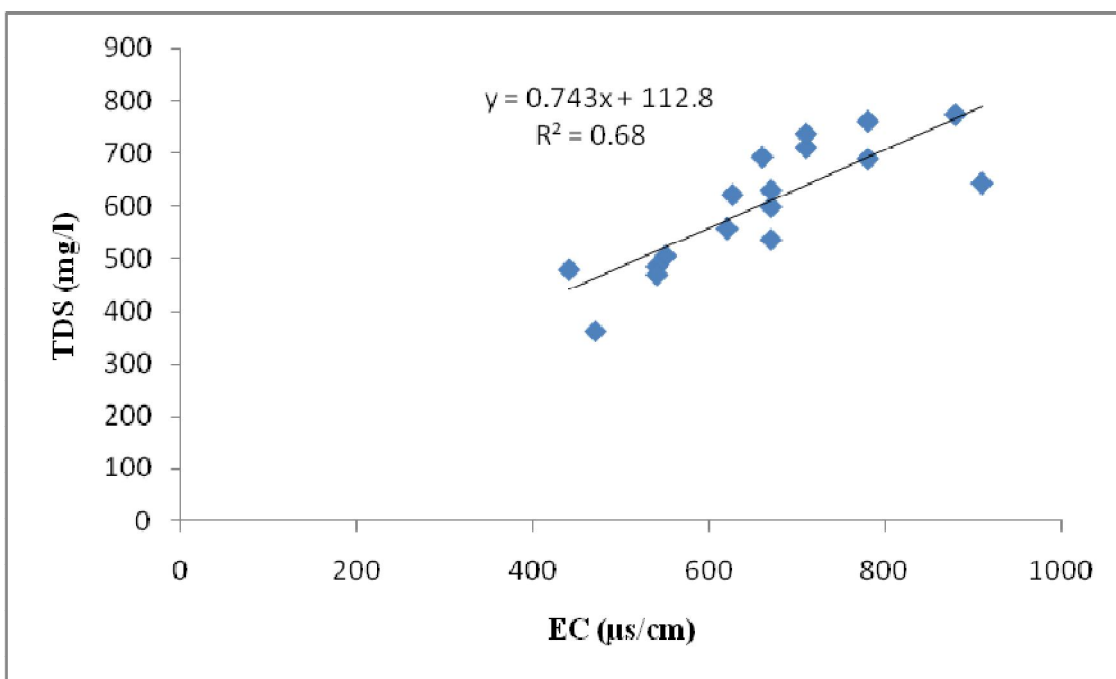


شکل 4-15- نقشه تغییرات هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر) در محدوده زمین های کشاورزی

### 4-4-2- بررسی ارتباط هدایت الکتریکی با کل مواد جامد محلول

کل مواد جامد محلول بر حسب میلی گرم بر لیتر برابر با مجموع غلظت یون های بر حسب میلی گرم بر لیتر می باشد. شکل (4-16) ارتباط کل مواد جامد محلول بر حسب میلی گرم بر لیتر و هدایت الکتریکی بر حسب میکروزیمنس بر سانتی متر را نشان می دهد.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-16- رابطه هدایت الکتریکی و TDS نمونه‌های چاه‌های کشاورزی

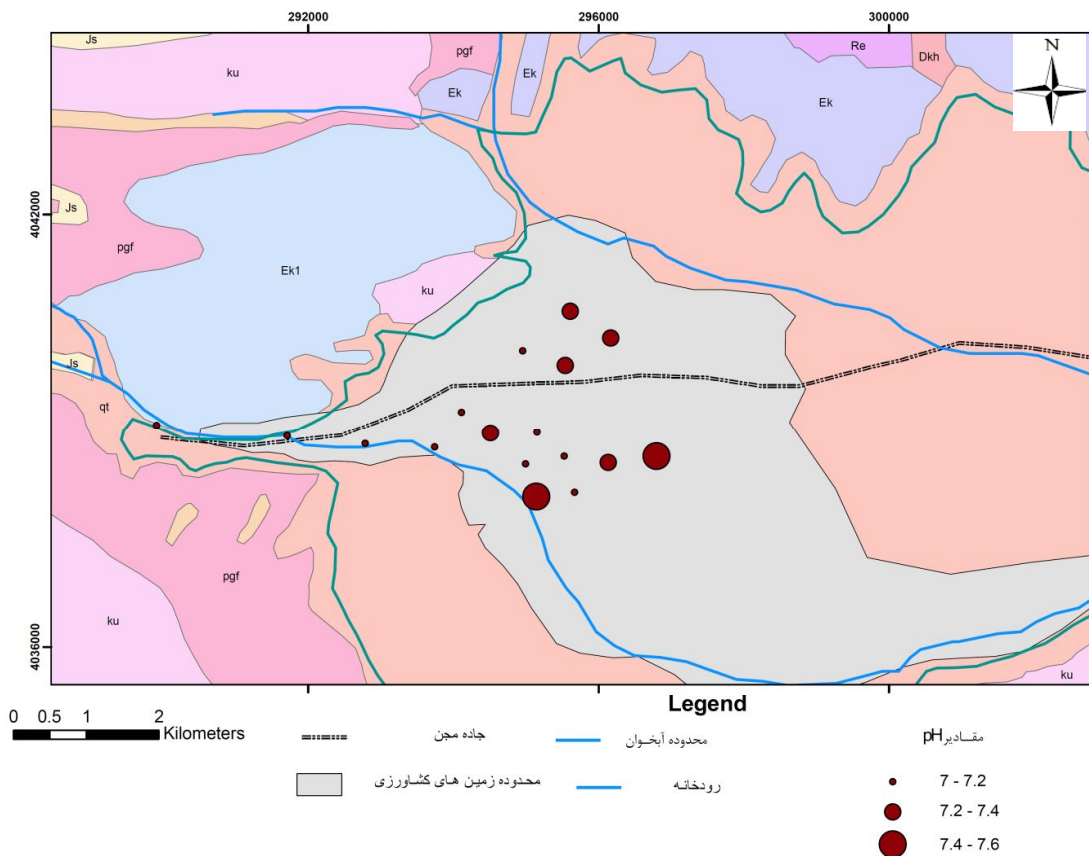
کل مواد جامد محلول به صورت ضریبی از هدایت الکتریکی می‌باشد که در دشت مجن این ضریب برابر 0/74 می‌باشد.

### 4-4-3- بررسی مقادیر pH در محدوده زمین‌های کشاورزی

به دلیل اینکه تمامی چاه‌های کشاورزی از یک لایه آبدار برداشت نمی‌نمایند ترسیم نقشه هم pH امکان‌پذیر نمی‌باشد. شکل (4-17) تغییرات میزان pH در محدوده زمین‌های کشاورزی را نشان می‌دهد. حداکثر میزان pH برابر با 7/6 مربوط به چاه علی محمدی و حداقل آن برابر 7 مربوط به چاه‌های صداقت، وحدت، بابایی و حافظ می‌باشد. چاه‌های با عمق زیاد pH بالاتری را نشان می‌دهند که فرضیه پیشین

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

مبنی بر تفکیک چاه‌ها بر اساس عمق را تقویت می‌نماید. چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر دارای میانگین pH حدود 7/1 و چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر دارای متوسط pH حدود 7/4 می‌باشد. آبخوان‌های آهکی معمولاً دارای pH قلیایی و دمایی در حدود 15-20 درجه سانتیگراد می‌باشند. دلیل پایین بودن pH در چاه‌های با عمق بیشتر از 175 احتمال به دلیل برداشت آب از دو لایه آبدار و اختلاط آنها باشد.



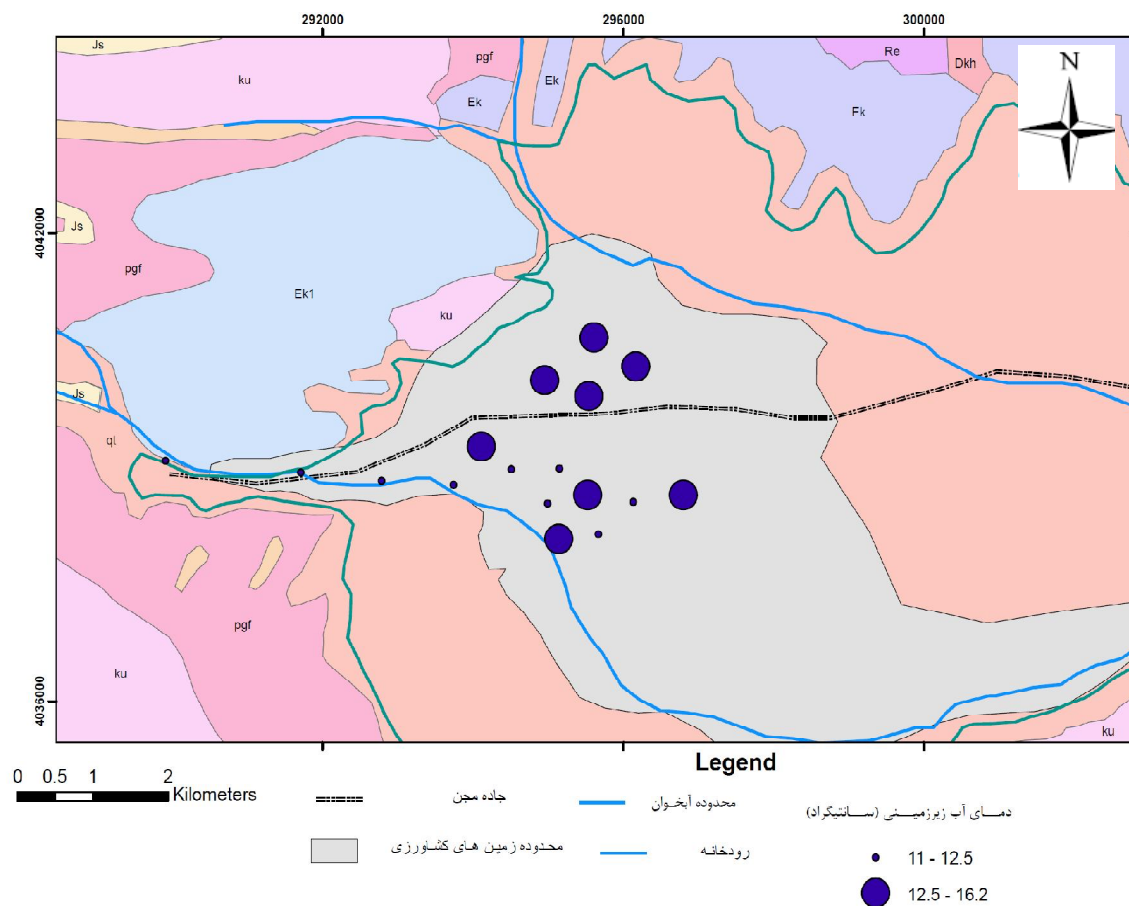
شکل 4-17- نقشه تغییرات pH در محدوده زمین‌های کشاورزی

### 4-4-4- بررسی تغییرات دمای آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی

به منظور بررسی تغییرات دمای آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی نقشه تغییرات دمای آب زیرزمینی رسم شده است که در شکل (4-18) نشان داده شده است. حداکثر دمای آب مربوط به چاه‌های

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

قرایی و رعیت که برابر با  $16/2$  و حداقل آن مربوط به چاه خرابیان با مقدار  $11$  درجه سانتیگراد می‌باشد. چاه‌های با عمق زیاد دارای میانگین دمایی بالاتری بوده و فرضیه قبلی مبنی بر تفکیک چاه‌ها بر اساس عمق قطعیت بیشتری می‌یابد. چاه‌های با عمق کمتر از  $175$  متر دارای میانگین دمایی  $11/8$  درجه سانتیگراد و چاه‌های با عمق بیشتر از  $175$  متر دارای متوسط دمایی  $14/2$  درجه سانتیگراد می‌باشد. با توجه به بالا بودن دما و pH حضور آبخوان کارستی در زیر لایه آبرفتی با احتمال بیشتری قابل بررسی می‌باشد.



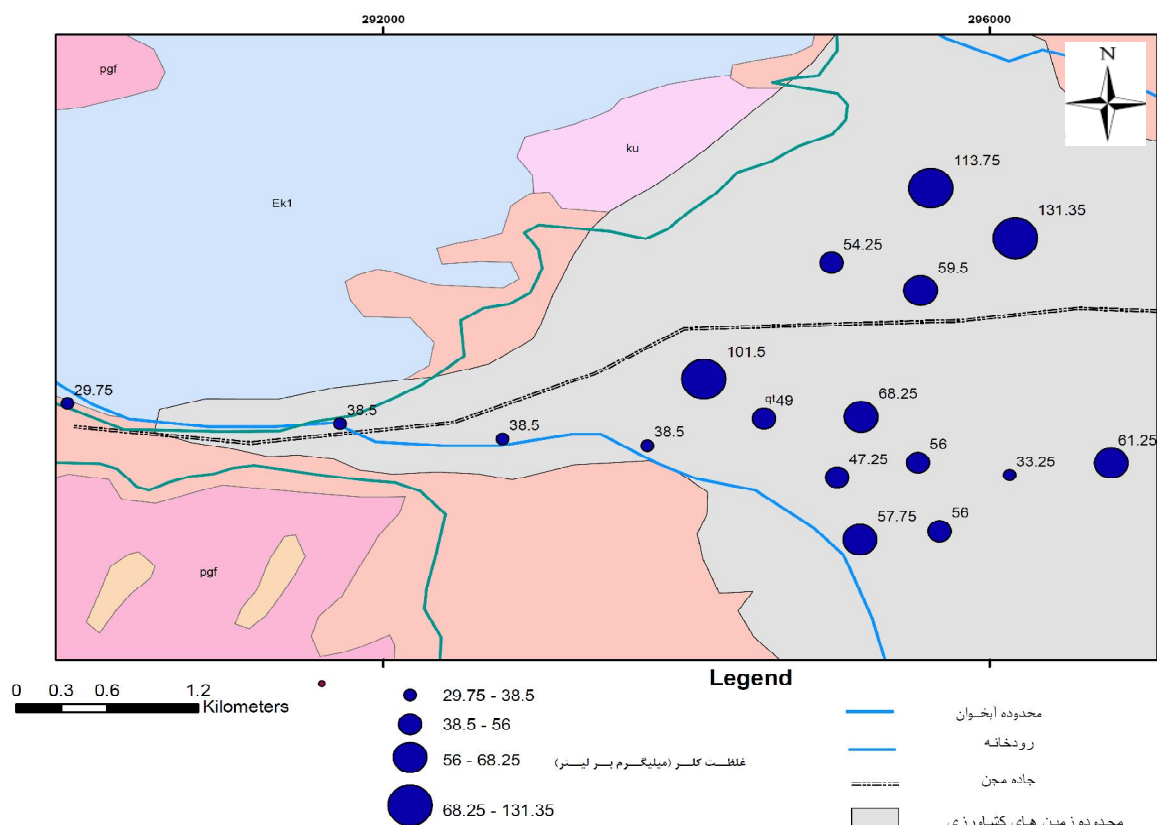
شکل 4-18- نقشه تغییرات دمای آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### 5-4- بررسی غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی

#### 4-5-1- بررسی میزان کلر آبخوان در محدوده زمین های کشاورزی

شکل (4-19) پراکندگی کلر در محدوده زمین های کشاورزی را نشان می دهد. حداکثر غلظت کلر به میزان 131/35 میلی گرم بر لیتر مربوط به چاه رعیت بوده که در قسمت شمالی آبخوان قرار گرفته و حداقل آن برابر با 29/75 میلی گرم بر لیتر مربوط به چاه چله برج در قسمت های غربی آبخوان می باشد. چاه های با عمق کمتر از 175 متر دارای متوسط غلظت کلر 51/9 میلی گرم بر لیتر و چاه های با عمق بیشتر از 175 متر دارای متوسط غلظت 53/25 میلی گرم بر لیتر می باشند.



شکل 4-19- نقشه مقادیر کلر آب زیرزمینی در محدوده زمین های کشاورزی

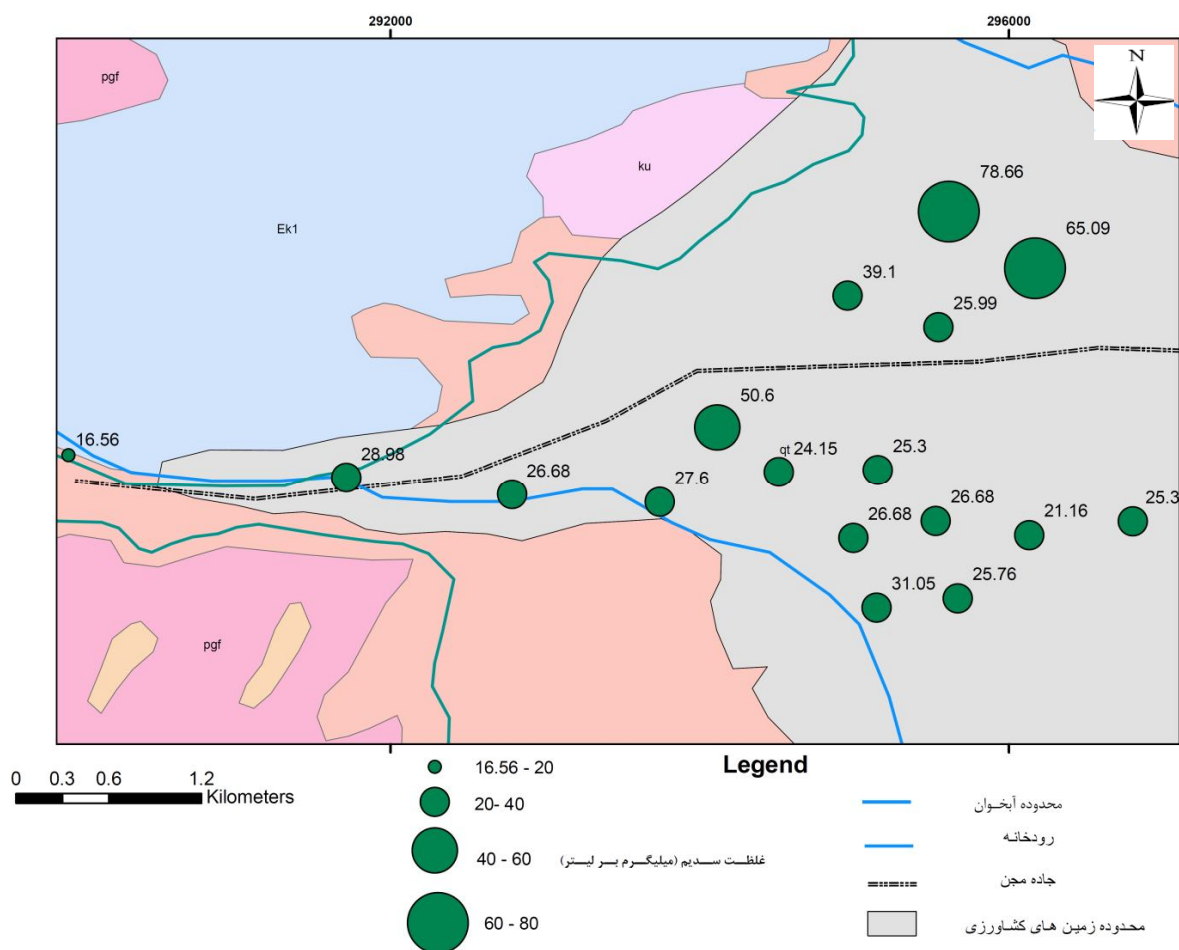
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

حداقل میزان کلر در آبخوان احتمالاً بالای (چاههایی با عمق کمتر از 175 متر) مربوط به چاه چله برج بوده که به منطقه تغذیه آبخوان نزدیک می‌باشد. در این محل در جهت جریان آب زیرزمینی و با دور شدن از منطقه تغذیه میزان کلر افزایش یافته است.

### 4-5-2- بررسی مقادیر سدیم آبخوان در محدوده زمین‌های کشاورزی

در دشت مجن حداکثر غلظت سدیم به میزان 78/66 میلی گرم بر لیتر مربوط به چاه قرایی بوده که در بخش شمالی قرار گرفته است. حداقل آن مربوط به چاه چله برج با غلظتی برابر با 16/56 میلی گرم بر لیتر می‌باشد که در بخش غربی واقع شده است. با توجه به اینکه در منطقه مجن چاههای با عمق بیشتر از 175 متر احتمالاً از آبخوانی که در زیر آبخوان آبرفتی دشت قرار گرفته برداشت می‌نمایند تهیه نقشه هم‌ارزش سدیم امکان‌پذیر نمی‌باشد. همان گونه که در شکل (4-20) مشاهده می‌شود به استثنای نمونه مربوط به چاه‌های رعیت و قرایی در کل تغییرات غلظت سدیم در تمامی چاه‌ها (کم عمق و عمیق) کم می‌باشد. حداقل میزان سدیم در آبخوان احتمالاً بالای (چاههایی با عمق کمتر از 175 متر) مربوط به چاه چله برج بوده که به منطقه تغذیه آبخوان نزدیک می‌باشد. تغییرات میزان سدیم، کلر و هدایت الکتریکی در محدوده زمین‌های کشاورزی شبیه به هم بوده و در جهت جریان آب زیرزمینی و با دور شدن از منطقه تغذیه میزان آنها افزایش یافته است.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-20- نقشه تغییرات سدیم در محدوده زمین های کشاورزی

### 3-5-4 بررسی مقادیر نترات آبخوان در محدوده زمین های کشاورزی

نترات از جمله آنیون های بسیار مهم آب به شمار می رود که غلظت آن در آب زیرزمینی به عنوان پارامتر مهمی برای ارزیابی کیفیت آب محسوب می شود. نترات در منابع آب می تواند نتیجه آبشویی توسط آبهای سطحی، تجزیه مواد آلی و فعالیت های انسان از جمله فعالیت های کشاورزی و استفاده از کودهای



## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

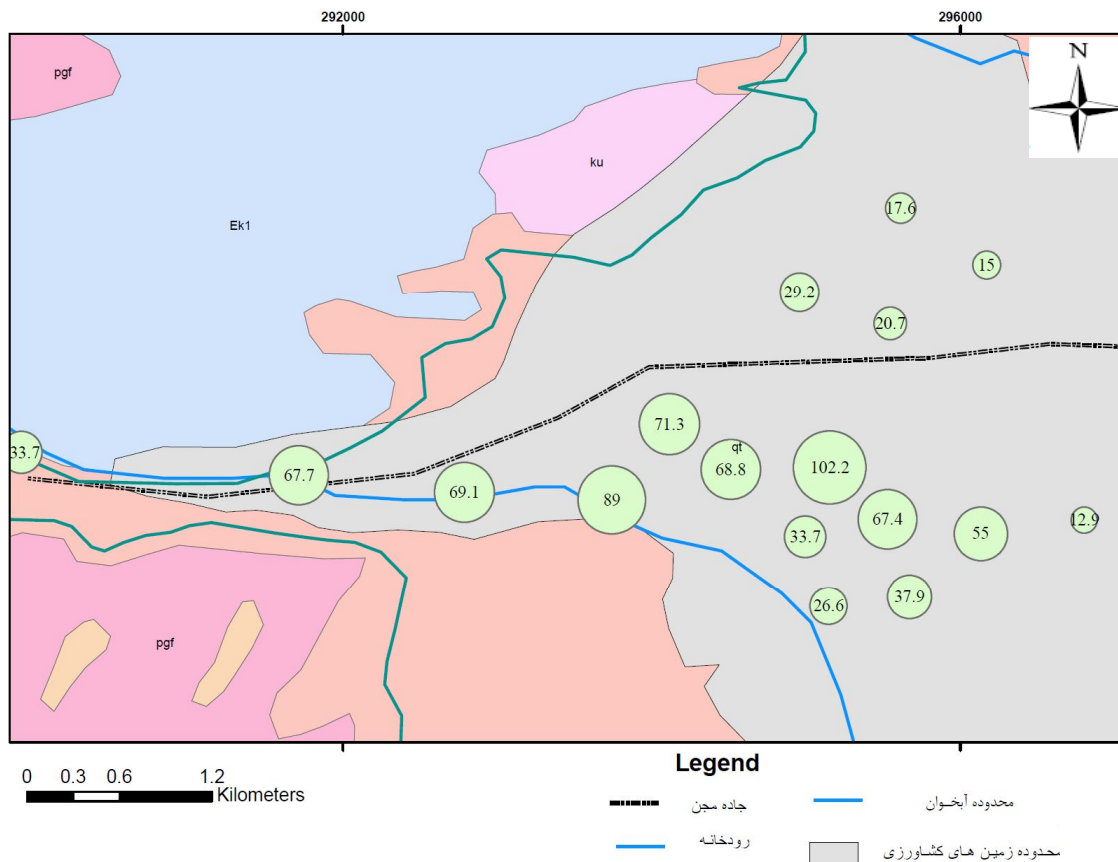
شیمیایی و حیوانی، فاضلاب‌های خانگی و آبیاری بیش از حد نیاز گیاه باشد. شکل (4-21) پراکندگی غلظت نیترات در منطقه را نشان می‌دهد. در منطقه مورد مطالعه از بین 17 نمونه آب زیرزمینی، تعداد 8 نمونه غلظت نیترات در آنها بیشتر از استاندارد آب آشامیدنی (45 میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. نمونه آب زیرزمینی برداشت شده از چاه بابایی دارای غلظت  $102/2$  میلی‌گرم بر لیتر بوده که حداکثر مقدار نیترات در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. حداقل غلظت نیترات که  $12/9$  میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد مربوط به چاه شهرداری بوده که در بخش مرکزی زمین‌های کشاورزی قرار دارد. رابطه غلظت نیترات با عمق چاه‌ها در شکل (4-22) ترسیم شده است. طبق این شکل چاه‌های بهره‌برداری قابل تفکیک به دو گروه می‌باشند. گروه اول در برگیرنده چاه‌هایی بوده که غلظت نیترات در آنها بیشتر از 40 میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و گروه دوم شامل چاه‌هایی بوده که غلظتی کمتر از 30 میلی‌گرم بر لیتر دارند. بر اساس تقسیم‌بندی به لحاظ عمق چاه، چاه‌های گروه اول عمقی کمتر از 175 متر داشته و چاه‌های گروه دوم عمقی بیشتر از 175 متر را نشان می‌دهند. علت افزایش غلظت نیترات در چاه‌های با عمق کم می‌تواند به دلیل آبشویی نیترات از زمین‌های کشاورزی باشد. به عبارت دیگر آبخوان بالایی به دلیل اینکه به وسیله آب‌های برگشتی کشاورزی تغذیه می‌گردد و این آب‌ها دارای غلظت بالایی از نیترات می‌باشند، غلظت بالاتری از نیترات دارد. چاه‌های گروه دوم که عمق بیشتر از 175 متر دارند نیترات آنها به صورت مشخص کمتر از چاه‌های گروه اول می‌باشد به گونه‌ای که متوسط نیترات در این چاه‌ها برابر با  $30/55$  میلی‌گرم بر لیتر بوده که حدود کمتر از 50 درصد میانگین غلظت نیترات در چاه‌های با عمق کم ( $63/71$  میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود روند تغییرات مشخصی در چاه‌های گروه اول قابل بررسی نمی‌باشد. این موضوع می‌تواند مربوط به متفاوت بودن فعالیت‌های کشاورزی و مدیریت آبیاری در اراضی مختلف کشاورزی باشد. عدم قرارگیری چاه‌های حبیب مالک و وحدت در هیچکدام از گروه‌های مشخص

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

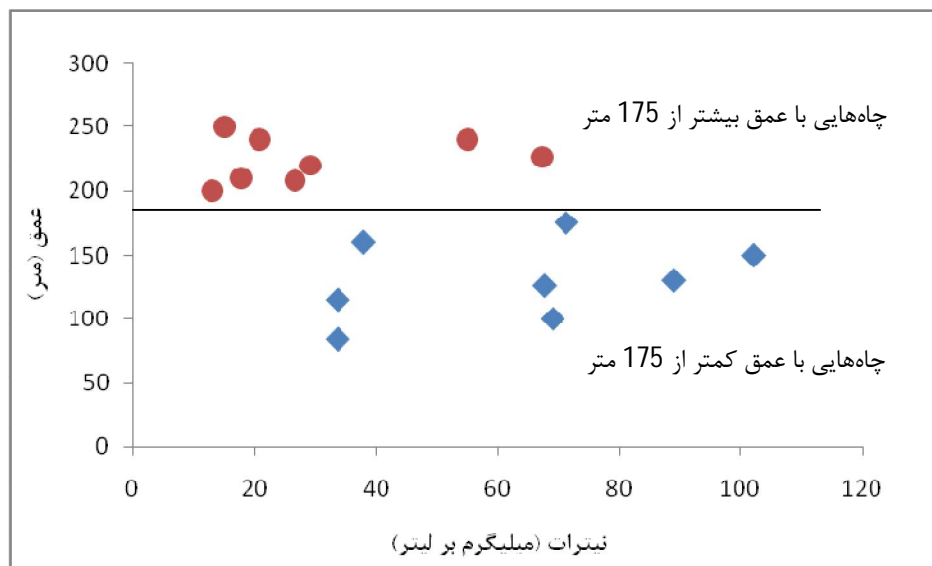
شده نیز به همین دلیل قابل توجیه می‌باشد. برای مثال بر اساس مذاکره با کشاورزان محلی، در محدوده زمین‌های کشاورزی اطراف این چاه‌ها کشت سیب‌زمینی غالب می‌باشد. بافت خاک در این مناطق از نوع لوم ماسه‌ای می‌باشد. با توجه به اینکه بر حسب تجربه کشاورزان سیب‌زمینی با کیفیت مرغوب در این محدوده به عمل می‌آید تمرکز کشت سیب‌زمینی در این محل قرار گرفته است. کشت سیب‌زمینی نیازمند آبیاری و کود (اوره) فراوان (حدود 300 کیلوگرم در هکتار) بوده، بنابراین به نظر می‌رسد آبشویی نترات عامل عمده در افزایش غلظت نترات در آب زیرزمینی در این منطقه باشد. از آنجایی که یون نترات تحرک بالایی دارد و میزان آن در آب زیرزمینی رابطه مستقیم با بافت خاک دارد، علاوه بر مصرف بیش از حد کودها، بافت خاک به عنوان عاملی مهم سبب افزایش غلظت نترات در آب زیرزمینی منطقه شده و به همین دلیل این بخش از آبخوان دارای غلظت بالایی از نترات می‌باشد.

استانداردهای مختلف حداکثر غلظت مجاز یون نترات را در آب زیرزمینی، مقادیر مختلفی اعلام کرده‌اند. اتحادیه اروپا حد مطلوب یون نترات را 25 میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر مقدار مجاز آن را 50 میلی‌گرم بر لیتر، سازمان بهداشت جهانی حد استاندارد غلظت نترات را 50 میلی‌گرم بر لیتر و موسسه تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران حداکثر مجاز نترات موجود در آب آشامیدنی را 45 میلی‌گرم بر لیتر اعلام کرده‌اند. چاه‌های کشاورزی بر اساس مقادیر استاندارد نترات در آب‌های آشامیدنی به صورت شکل (4-23) تفکیک شده است. همان‌گونه که در شکل (4-23) نشان داده شده است غلظت‌های بالاتر از 45 میلی‌گرم بر لیتر نترات مربوط به چاه‌هایی بوده که در بخش‌های بالایی آبخوان قرار گرفته و عمقی کمتر از 175 متر دارند. این موضوع نشان‌دهنده منشاء سطحی نترات (آب برگشتی کشاورزی) در آب زیرزمینی این بخش می‌باشد.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

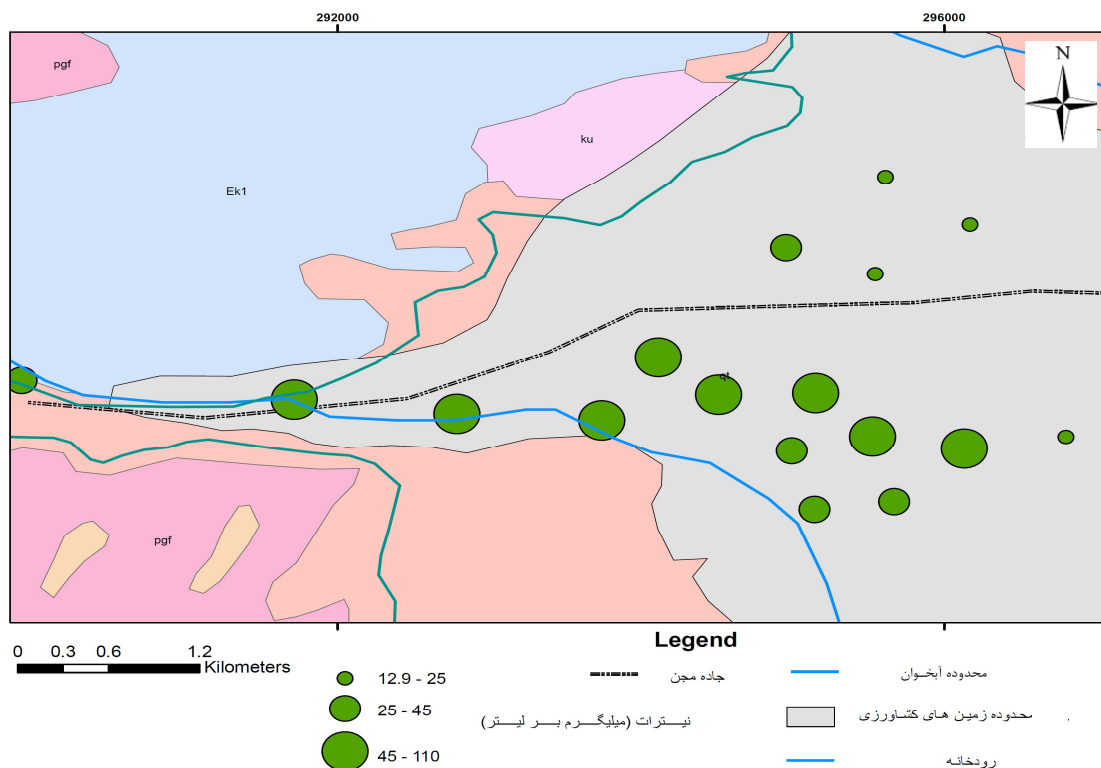


شکل 4-21- پراکندگی غلظت نیترات در محدوده زمین‌های کشاورزی (غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد)



شکل 4-22- ارتباط عمق چاه‌های کشاورزی و غلظت نیترات

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



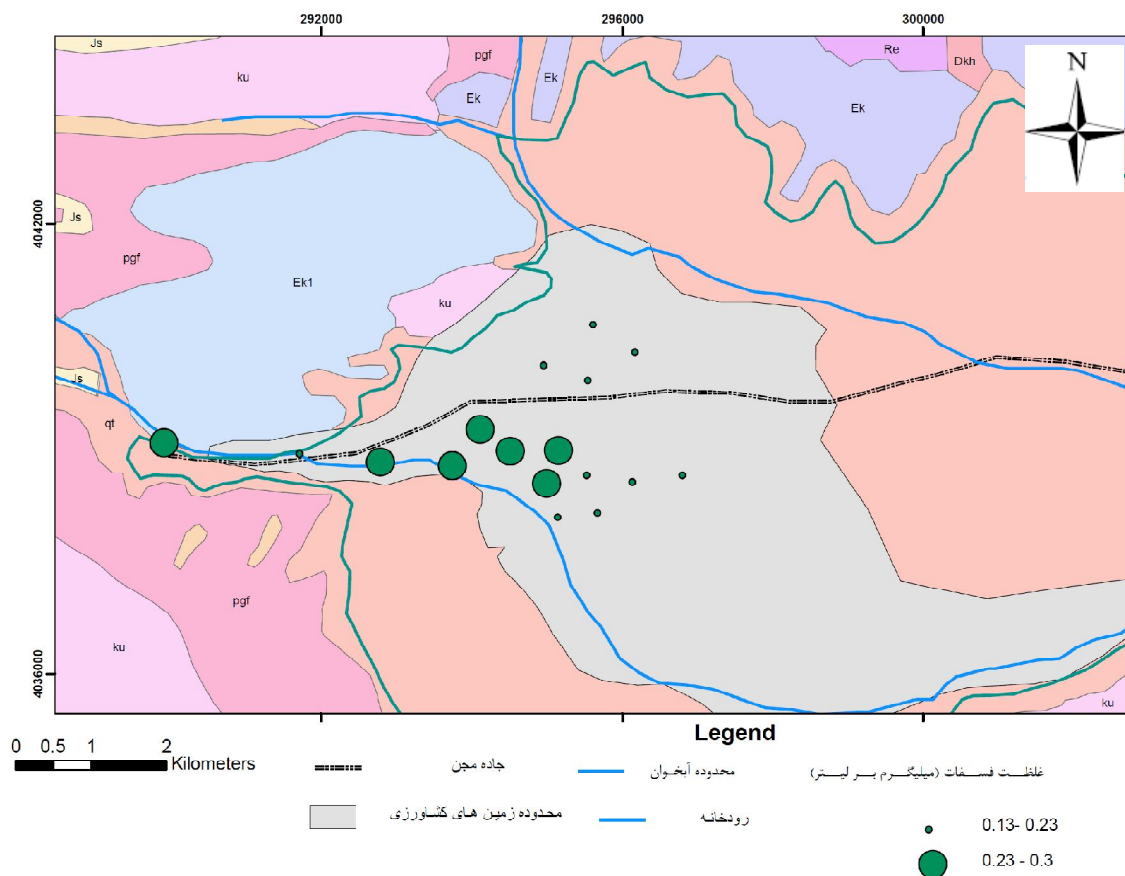
شکل 4-23- نقشه مقادیر نیترات آب زیرزمینی در محدوده زمین های کشاورزی (غلظت ها بر حسب میلی گرم بر لیتر)

### 4-5-4- بررسی مقادیر فسفات آبخوان در محدوده زمین های کشاورزی

به منظور بررسی تغییرات میزان فسفات در محدوده زمین های کشاورزی منطقه مورد مطالعه نقشه پراکندگی غلظت فسفات تهیه شده است که در شکل (4-24) نشان داده شده است. حداکثر غلظت فسفات در آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه مربوط به نمونه برداشت شده از چاه بابایی با غلظت (0/3) میلی گرم بر لیتر می باشد. همانند نیترات حداکثر غلظت فسفات در منطقه مورد مطالعه مربوط به محدوده ای از آبخوان می باشد که احتمالاً در ارتباط با کشت غالب سیب زمینی در این بخش می باشد. آنیون فسفات از جمله آنیون هایی می باشد که یکی از منشاءهای آن در آب زیرزمینی در ارتباط با فعالیت های کشاورزی می باشد. آنیون فسفات به لحاظ بزرگ بودن و پایین بودن تحرک آن نسبت به نیترات

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

غلظت کمتری در آب زیرزمینی دارد. مطابق شکل (4-24) چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر دارای میانگین غلظت فسفات حدود (0/26) میلی‌گرم بر لیتر و چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر دارای میانگین غلظت فسفات حدود (0/19) میلی‌گرم بر لیتر می‌باشند.



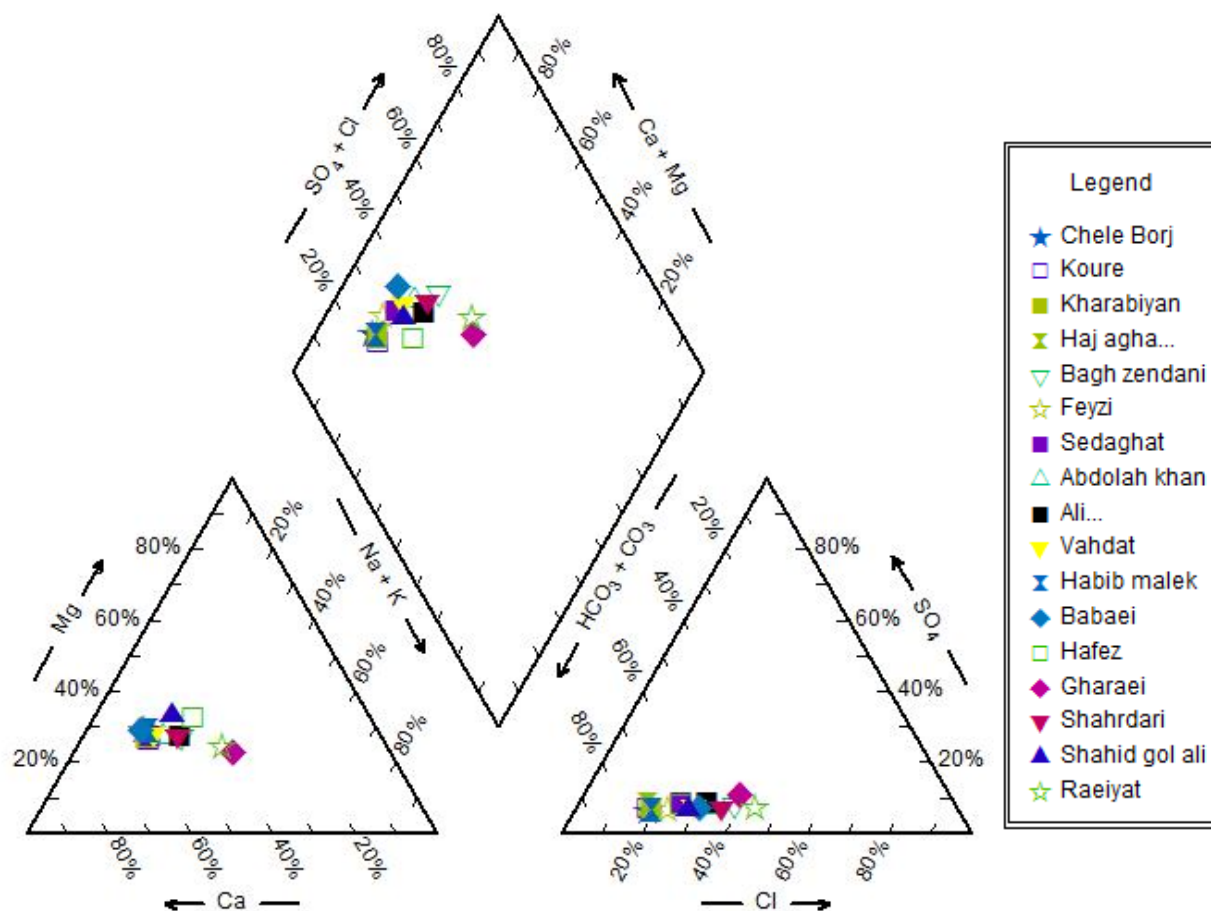
شکل 4-24- نقشه هم فسفات آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی (غلظت ها بر حسب میلی گرم بر لیتر)

### 4-5-5- بررسی تغییرات غلظت یون‌های آبخوان با استفاده از نمودار پایپر

از بین نمودارهای متداول در بررسی هیدروژئوشیمی آبهای زیرزمینی، نمودار پایپر می‌باشد. نمودار پایپر مربوط به نتایج آنالیز شیمیایی آب زیرزمینی چاه‌های کشاورزی در محدوده زمین‌های کشاورزی دشت

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

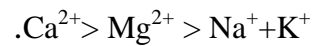
مجن در شکل (4-25) نشان داده شده است.



شکل 4-25- نمودار پایپر چاه‌های کشاورزی منطقه مورد مطالعه

با توجه به شکل (4-25) موقعیت تمام نمونه‌های آب چاه‌ها در میدان لوزی شکل به غیر از نمونه‌های چاه‌های رعیت و قرایی شبیه به هم می‌باشد. چاه‌های رعیت و قرایی در بخش شمال غربی آبخوان قرار گرفته‌اند. به نظر می‌رسد عامل زمین شناسی (لیتولوژی) ترکیب شیمیایی آن‌ها را تحت تاثیر قرار داده است. بر اساس نمودار پایپر تیپ آب زیرزمینی در تمام نمونه‌ها بیکربنات کلسیم می‌باشد. در تمامی نمونه‌ها کاتیون‌های کلسیم و منیزیم بیشتر از سدیم و پتاسیم هستند. در تمام نمونه‌های موجود رابطه زیر برقرار می‌باشد:

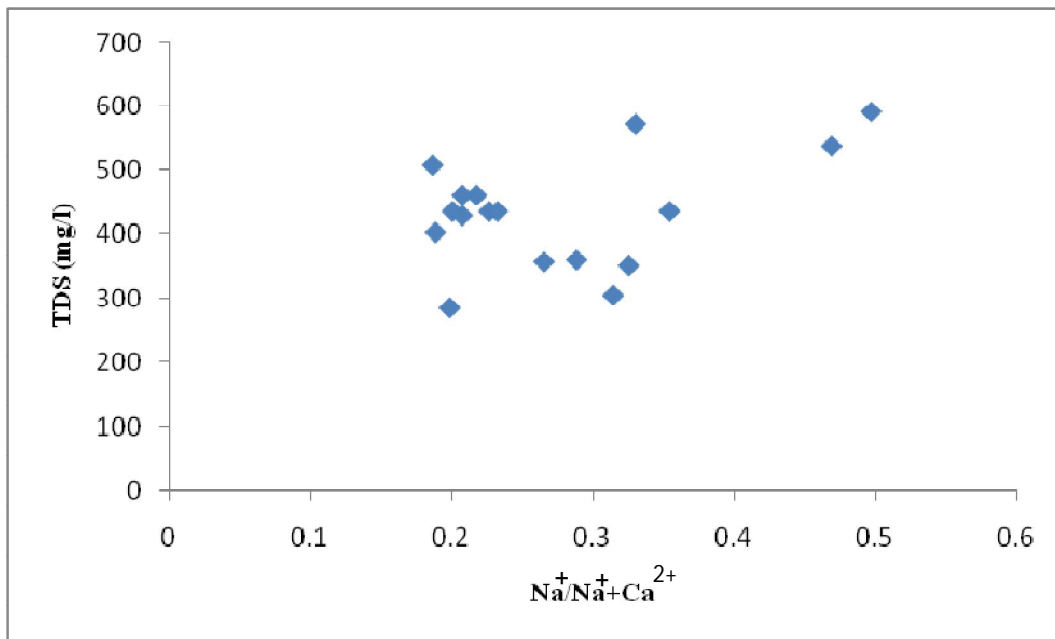
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



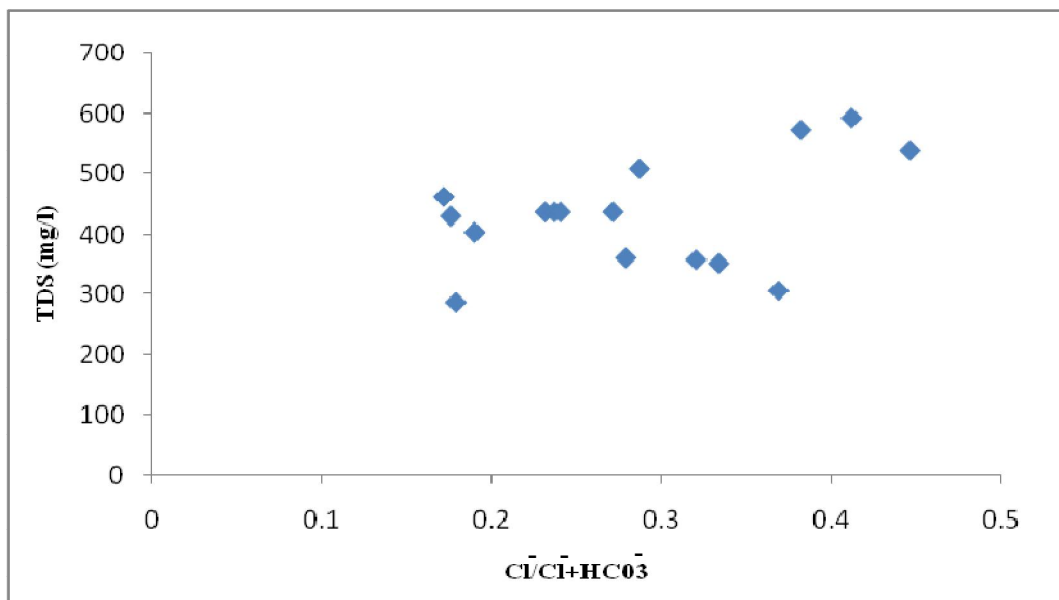
### 4-6- بررسی منشأ یون‌های آبخوان در محدوده زمین‌های کشاورزی مجن

به منظور 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، مقادیر TDS را نشان می‌دهد. در نموداری که برای کاتیونها رسم می‌شود بر روی محور افقی نسبت  $Na^{+}/(Na^{+}+Ca^{2+})$  (شکل 4-26) و در نمودار مربوط به آنیونها روی محور افقی نسبت  $Cl^{-}/(Cl^{-}+HCO_{3}^{-})$  قرار دارد (شکل 4-27). اگر میزان TDS نمونه‌های آب بین 100-1000 باشد و مقادیر نسبت‌های  $Na^{+}/(Na^{+}+Ca^{2+})$  و  $Cl^{-}/(Cl^{-}+HCO_{3}^{-})$  بین 0-0/6 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 (4-26 و 4-27) مشخص می‌شود که ترکیب آبهای زیرزمینی دشت مجن، تحت تأثیر ترکیب سنگ‌شناسی (آهکی) منطقه می‌باشد.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-26- نمودار تغییرات نسبت  $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$  (بر حسب epm) در برابر TDS (بر حسب میلیگرم بر لیتر)

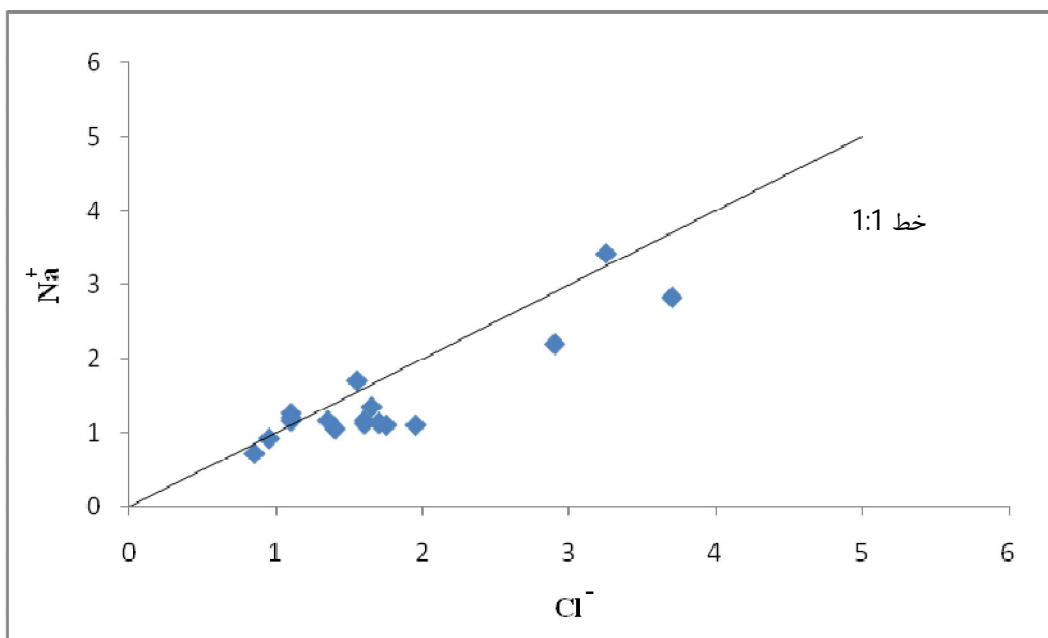


شکل 4-27- نمودار تغییرات نسبت  $\text{Cl}/(\text{Cl}+\text{HCO}_3)$  (بر حسب epm) در برابر TDS



## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

به منظور بررسی منشأ یون‌ها در محدوده زمین‌های کشاورزی دشت مجن، ارتباط یون‌های مختلف در برابر هم ترسیم شده است. با توجه به شکل (4-28) نمونه‌های مربوط به چاه‌های کشاورزی روی خط 1:1 مربوط به رابطه سدیم و کلر قرار گرفته که بیانگر انحلال هالیت در اضافه نمودن این یون‌ها به آب زیرزمینی می‌باشد. با توجه به اینکه نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها در تمامی نمونه‌ها کمتر از 0/8 می‌باشد، تنها منشأ کلر عامل هوازدگی (انحلال) سنگ‌ها می‌باشد.

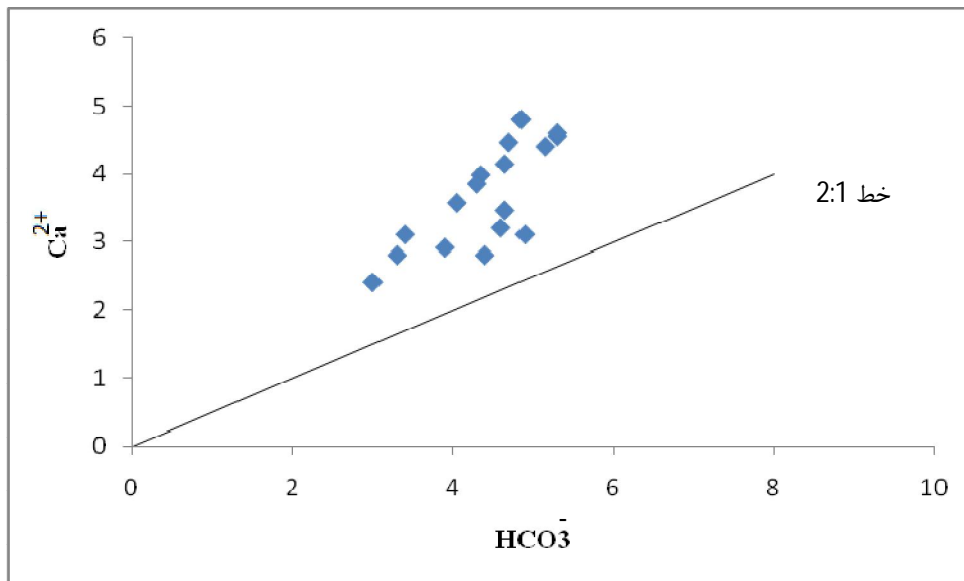


شکل 4-28- رابطه غلظت کلر و سدیم نمونه‌های چاه‌های کشاورزی (غلظت‌ها بر حسب epm)

شکل (4-29) ارتباط یون بیکربنات و کلسیم را نشان می‌دهد. با توجه به شکل تمام نمونه‌های آب چاه‌های کشاورزی بالاتر از خط 1:2 در نمودار کلسیم - بیکربنات قرار گرفته‌اند. این موضوع بیانگر بیشتر بودن یون کلسیم در مقابل یون بیکربنات می‌باشد. به عبارت دیگر عامل دیگری به جز انحلال کلسیت

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژنولوثیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

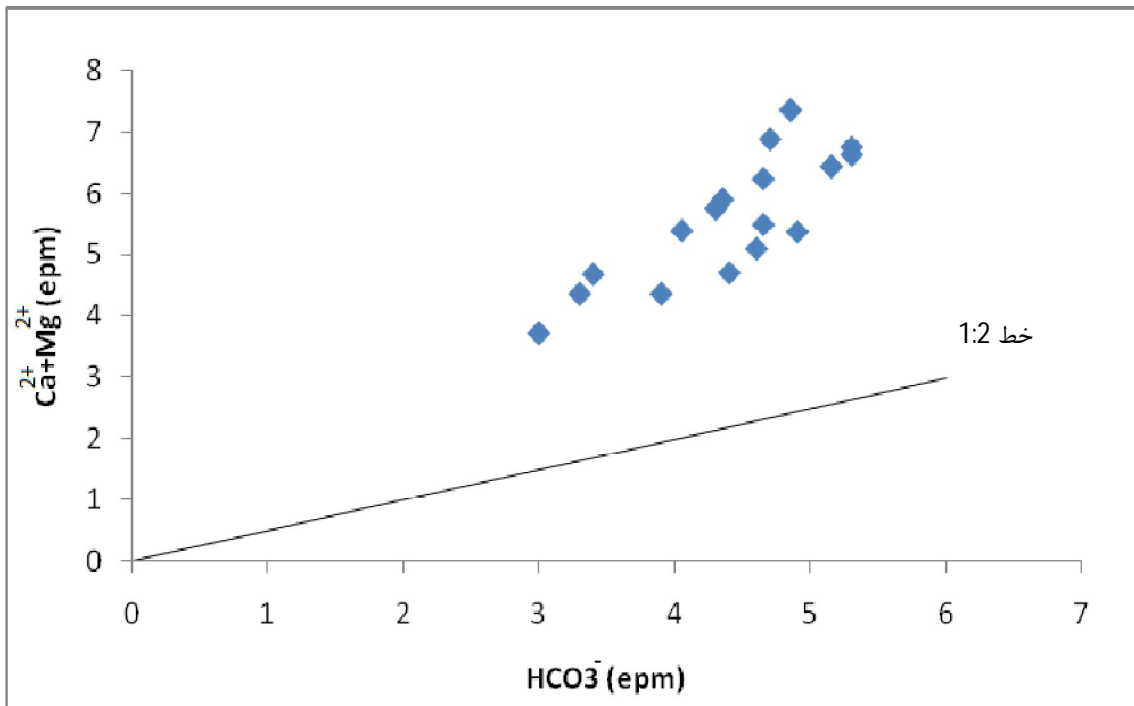
سبب افزایش یون کلسیم شده است. با توجه به اینکه شاخص اشباع کلسیت اکثر نمونه‌ها یا تحت اشباع بوده و یا نزدیک به اشباع می‌باشند انحلال کلسیت می‌تواند منشا عمده این دو یون باشد.



شکل 4-29- رابطه غلظت کلسیم و بی‌کربنات نمونه‌های چاه‌های کشاورزی (غلظت‌ها بر حسب epm)

با توجه به اینکه منشا بی‌کربنات موجود در آب باران مربوط به اتمسفر می‌باشد، افزایش غلظت آن در آب زیرزمینی می‌تواند به دلیل انحلال کلسیت، دولومیت و کانی‌های سیلیکاته باشد. شکل (4-30) رابطه بین غلظت  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  در برابر  $HCO_3^-$  را نشان می‌دهد. تمامی نمونه‌ها بالاتر از خط 1:2 قرار گرفته‌اند و با افزایش غلظت بی‌کربنات، مجموع کلسیم و منیزیم نیز افزایش می‌یابد. با توجه به رابطه افزایشی مذکور و اینکه نسبت بی‌کربنات به مجموع آنیون‌ها در تمامی نمونه‌ها بزرگتر از 0/8 می‌باشد، منشاء عمده این یون‌ها در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه انحلال کانی‌های کربناته مانند کلسیت و دولومیت می‌باشد (Hounslow, 1995).

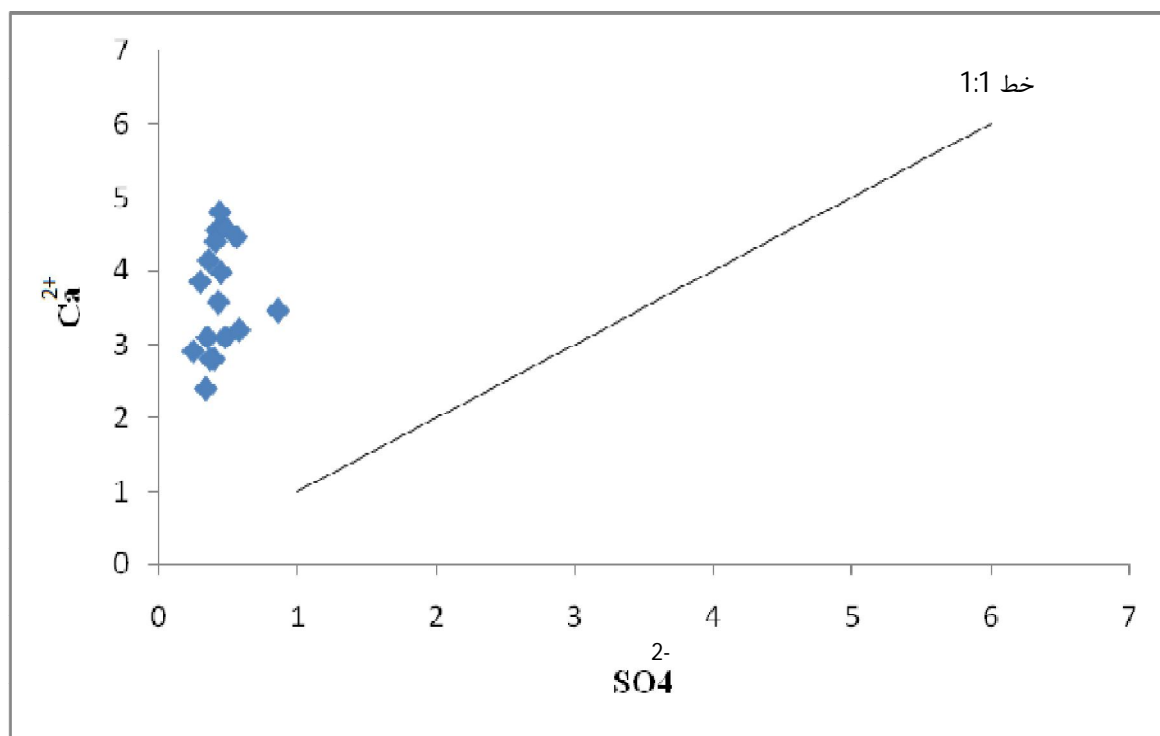
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-30- ارتباط غلظت  $\text{HCO}_3^-$  در برابر  $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$  نمونه‌های چاه‌های کشاورزی (غلظت‌ها بر حسب epm می‌باشد)

شکل (4-31) ارتباط یون کلسیم در برابر یون سولفات را نشان می‌دهد. روند افزایشی نسبتاً مشخصی در کلیه نمونه‌های مربوط به چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق دیده می‌شود. نکته حائز اهمیت دور بودن تمام نمونه‌ها از خط 1:1 بوده که بیانگر افزایش بیشتر کلسیم در مقایسه با سولفات می‌باشد. به عبارت دیگر عامل مهم دیگر به جز انحلال ژیپس سبب افزایش میزان کلسیم شده است که احتمالاً پدیده تبادل کاتیونی معکوس می‌باشد که در بخش‌های بعدی توضیح داده می‌شود.

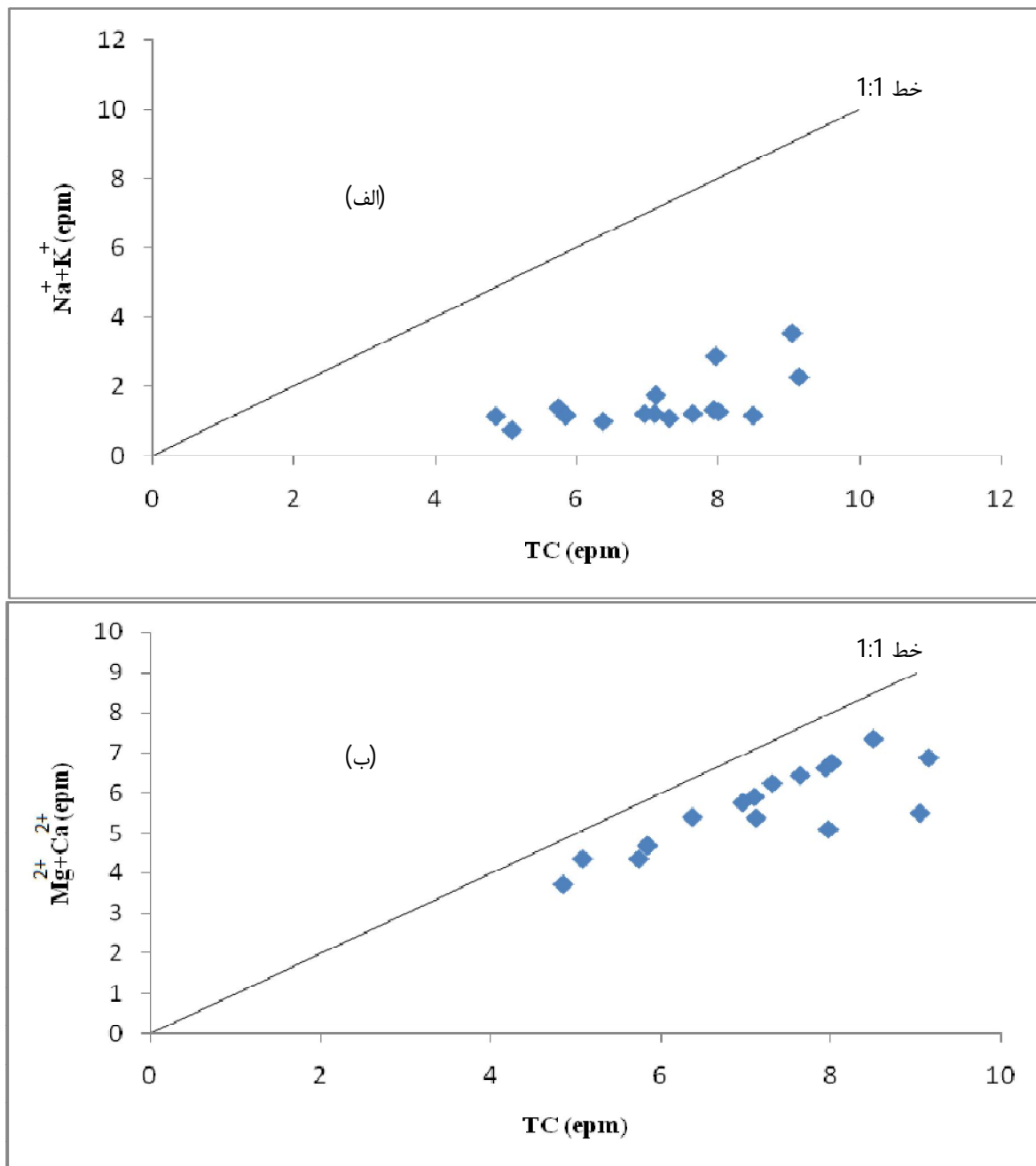
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-31- رابطه غلظت یون سولفات و کلسیم نمونه‌های چاه‌های کشاورزی (غلظت‌ها بر حسب epm می‌باشد)

شکل (4-32 الف) ارتباط بین مجموع غلظت کاتیونها در برابر مجموع غلظت  $N^+ + K^+$  و شکل (4-32 ب) ارتباط بین مجموع غلظت کاتیونها در برابر مجموع  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل الف مشاهده می‌شود تمام نمونه‌ها خیلی پایین‌تر از خط 1:1 در نمودار قرار گرفته‌اند و رابطه معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. ارتباط خوب بین مجموع کاتیونها و  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  در شکل (ب) بیانگر این مطلب بوده که عمده غلظت کاتیونها مربوط به کلسیم و منیزیم می‌باشد. این موضوع را می‌توان با رخنمون سازندهای آهکی در اکثر نقاط منطقه مرتبط دانست.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

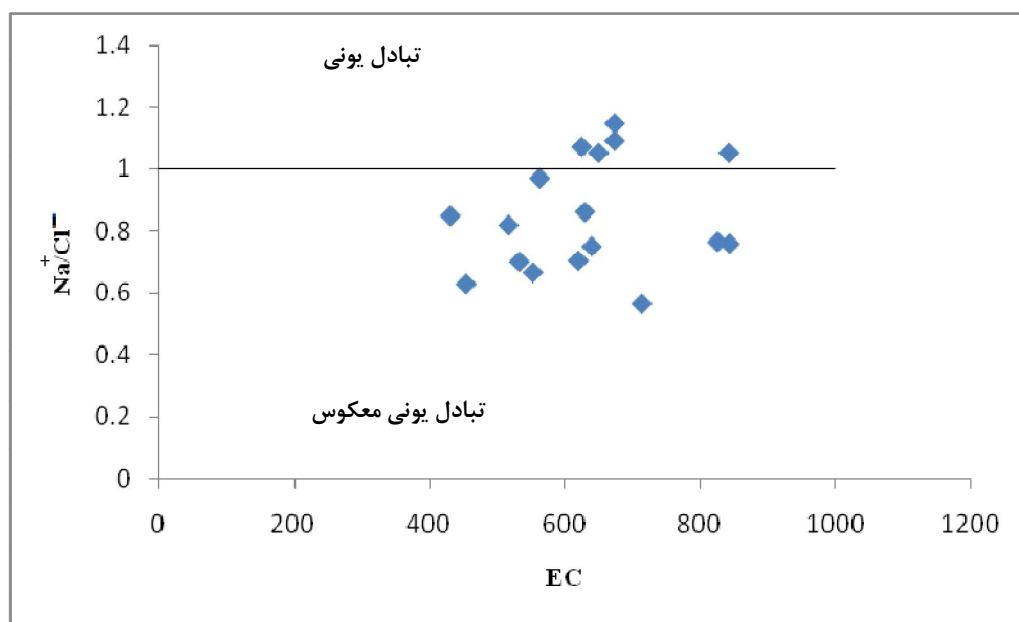


شکل 4-32 - مجموع غلظت کاتیونها (TC) در برابر مجموع غلظت سدیم و پتاسیم (الف).

مجموع غلظت کاتیونها (TC) در برابر مجموع غلظت کلسیم و منیزیم (ب) (غلظت‌ها بر حسب epm می‌باشد).

#### 7-4- بررسی تاثیر فرایند تبادل یونی بر غلظت کاتیون‌ها

فرایند تبادل یونی از جمله فرایندهای اثرگذار بر غلظت یونها در آب زیرزمینی می‌باشد. جایگزینی یونهای که بر سطح ذرات آبخوان قرار گرفته با یونهایی که در آب زیرزمینی موجود می‌باشند سبب ایجاد فرآیند تبادل یونی می‌شود (Todd, 2005). نمودار EC در مقابل  $(Na^+/Cl^-)$  در شکل (4-33) نشان داده شده است. در صورتی که نسبت  $Na^+/Cl^-$  نمونه‌ها بالاتر از خط یک در نمودار مذکور قرار گرفته باشد پدیده تبادل یونی و در صورتیکه پایین‌تر از آن قرار گرفته باشد پدیده تبادل یونی معکوس روی داده است.



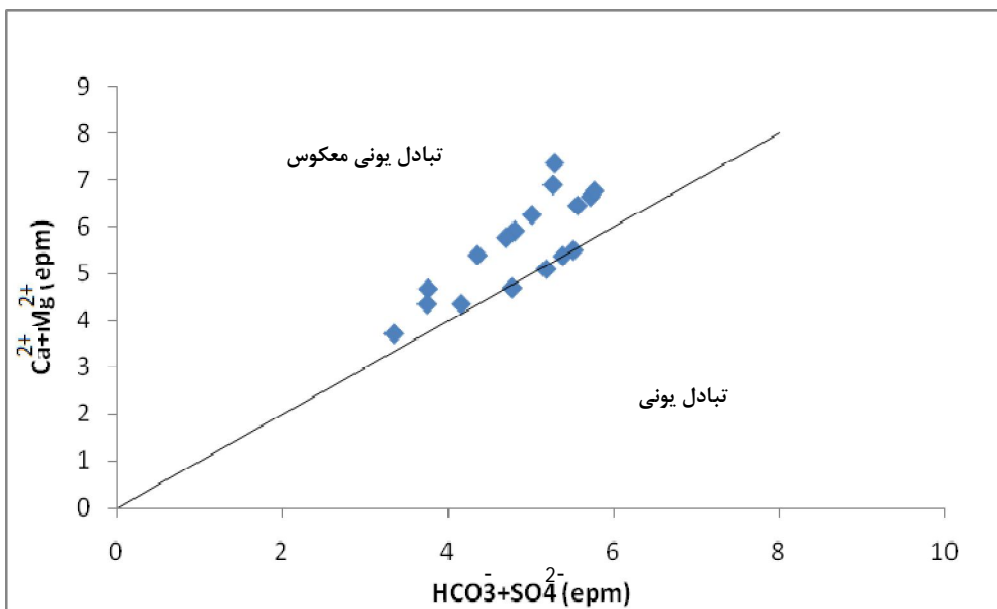
شکل 4-33- رابطه EC (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در برابر نسبت  $(Na^+/Cl^-)$  نمونه‌های چاه‌های کشاورزی (غلظت‌ها بر حسب  $epm$  می‌باشد)

همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود به جز چاه‌های کوره، خرابیان، حاج آقاموسی، حافظ و قرایی سایر نمونه‌ها میزان  $(Na^+/Cl^-)$  آن‌ها کمتر از یک می‌باشد که بیانگر تبادل کاتیونی معکوس در آن‌ها می‌باشد.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

چاه‌های کوره، خرابیان و حاج آقاموسی در ابتدای مسیر جریان قرار داشته و پدیده تبادل یونی در آن‌ها صورت گرفته است.

به منظور بررسی تبادل یونی در مورد یونهای کلسیم و منیزیم موجود در آب زیرزمینی رابطه  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  در برابر  $(HCO_3^-+SO_4^{2-})$  در شکل (4-34) ترسیم شده است. با توجه به شکل نمونه‌هایی که بالاتر از خط (1:1) قرار گرفته‌اند تاثیر فرایند تبادل یونی معکوس را نشان می‌دهند و نمونه‌هایی که پایین‌تر از خط (1:1) قرار گرفته‌اند فرایند تبادل یونی را نشان می‌دهند. اغلب نمونه‌ها فرایند تبادل کاتیونی معکوس را نشان می‌دهند. در این فرایند یون‌های سدیم موجود در محلول جایگزین یونهای دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم در موقعیت‌های تبدالی شده و این یون‌ها وارد محلول می‌گردند. به عبارت دیگر در اثر این فرایند میزان یون سدیم کاهش یافته و کاتیون‌هایی نظیر کلسیم و منیزیم در محلول افزایش می‌یابند. این پدیده می‌تواند توجیهی بر میزان کلسیم بالا در نمونه‌های آب‌های منطقه باشد.



شکل 4-34- ارتباط  $(HCO_3^-+SO_4^{2-})$  و  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  نمونه‌های چاه‌های کشاورزی (غلظت‌ها بر حسب epm)

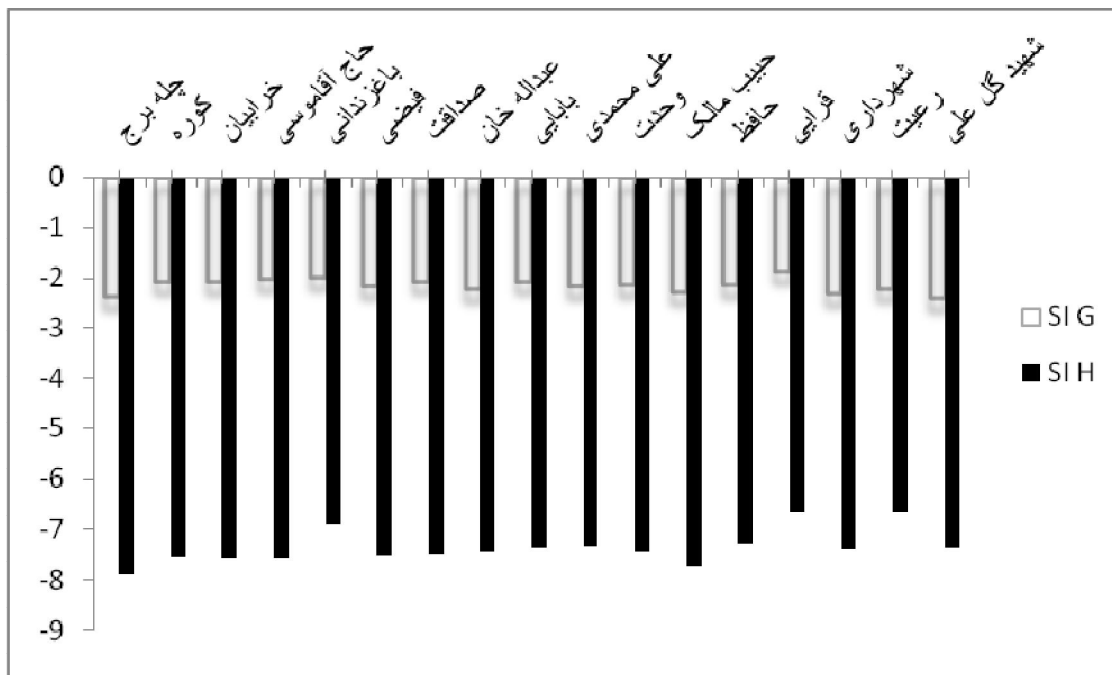
## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### 8-4- شاخص اشباع منابع آب زیرزمینی مجن

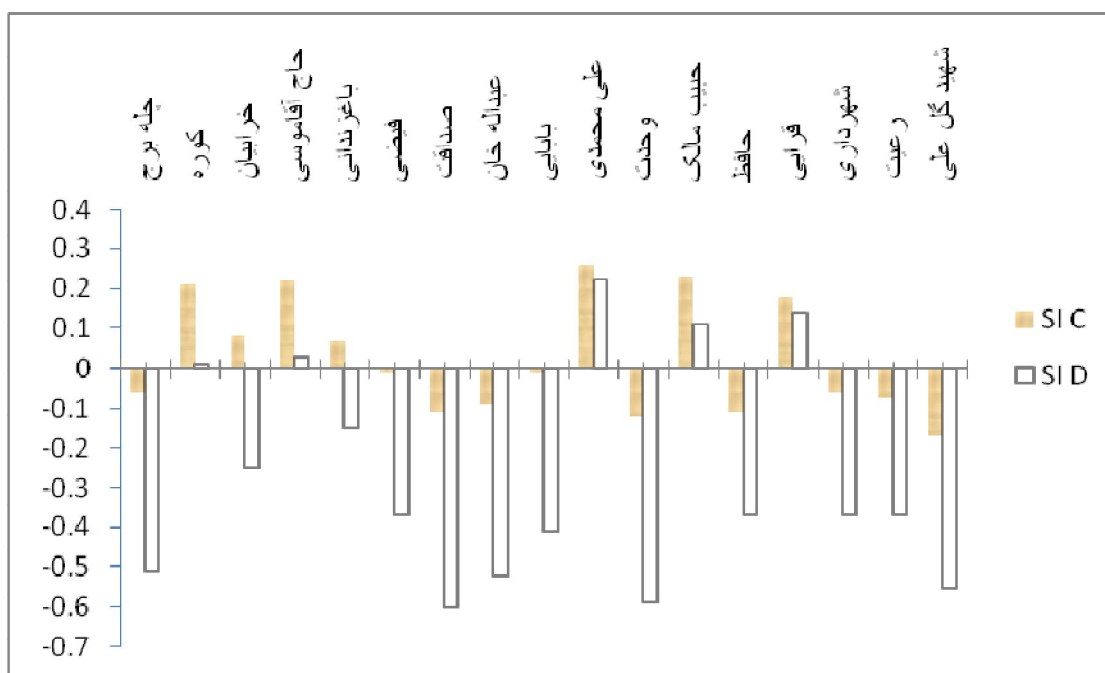
به منظور بررسی تکامل ژئوشیمیایی از شاخص اشباع کانیها استفاده می‌شود. شاخص اشباع کانیهای مختلف از مهمترین ویژگی‌های ژئوشیمیایی محلول‌ها می‌باشد. در صورتی که شاخص اشباع نسبت به یک کانی مثبت باشد، یعنی آن کانی در محلول رسوب می‌کند و در صورتی که شاخص اشباع نسبت به یک کانی منفی باشد، به این معناست که کانی مورد نظر می‌تواند در محلول حل شود. شاخص‌های اشباع کانیهای هالیت، کلسیت، ژیپس و دولومیت تمام نمونه‌های آب زیرزمینی برداشت شده از آبخوان مجن محاسبه گردید که در شکل (4-35 و 4-36) نشان داده شده است. شاخص اشباع هالیت تمام نمونه‌ها منفی می‌باشد که بیانگر این است که این کانی می‌تواند در آب حل شود. همچنین شاخص اشباع کلسیت در اکثر نمونه‌های برداشت شده، منفی و نزدیک به صفر می‌باشد که بیانگر تحت اشباع بودن آب زیرزمینی نسبت به کانی کلسیت است. اولین کانی که در آب زیرزمینی به حد اشباع می‌رسد، کلسیت است و به دلیل رخنمون سازندهای آهکی در اکثر نقاط منطقه، آب زیرزمینی نسبت به این کانی، خیلی به حد اشباع نزدیک می‌باشد. شاخص اشباع کانی دولومیت در بیشتر نمونه‌ها منفی بوده و به صورت میانگین حدود  $-0/25$  می‌باشد. شاخص اشباع کانی ژیپس نیز در تمامی نمونه‌ها منفی بوده (میانگین شاخص اشباع ژیپس  $-2/15$  می‌باشد) که نشان دهنده توانایی آب زیرزمینی منطقه در انحلال این کانی می‌باشد. شاخص اشباع هالیت این نمونه‌ها، عدد منفی بزرگی است که نشان دهنده انحلال پذیری بالای هالیت در آبهای زیرزمینی منطقه مجن می‌باشد. در هر حال از سمت مناطق بالادست به سمت مناطق پایین دست عدد شاخص اشباع هالیت و ژیپس نیز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر مقدار آن کانی در محلول بیشتر می‌شود.



## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان



شکل 4-35- شاخص اشباع هالیت و ژیبس نمونه‌های چاه‌های کشاورزی



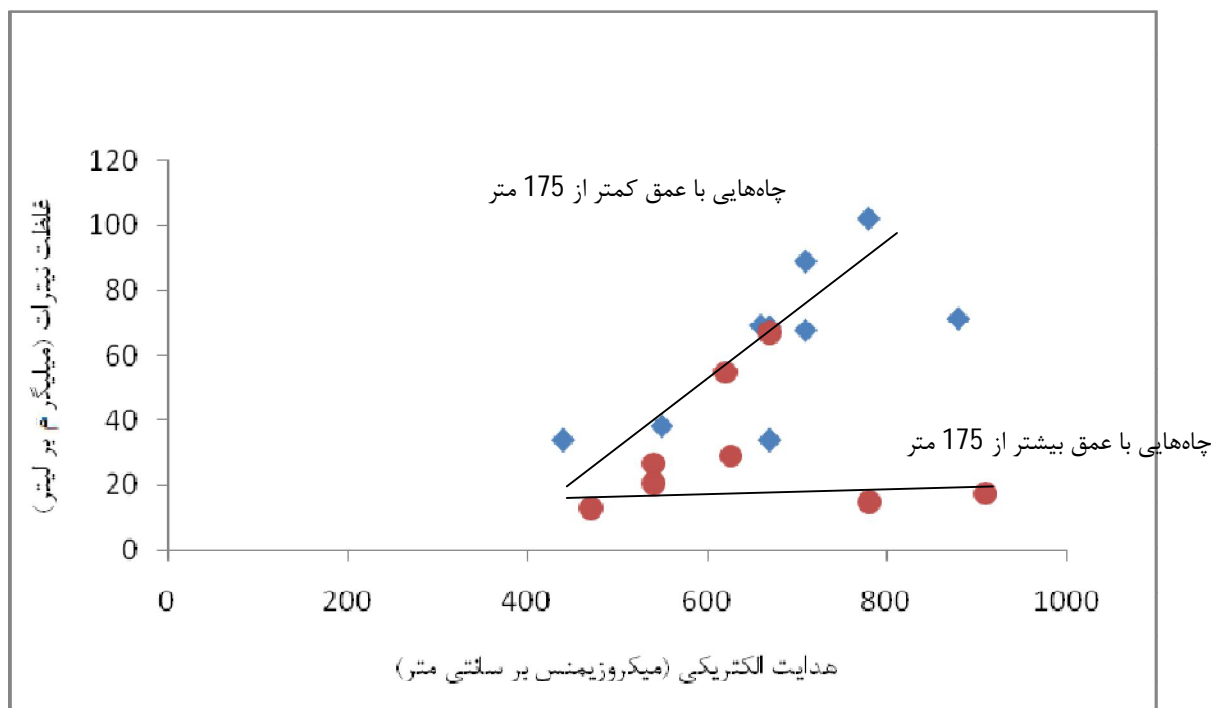
شکل 4-36- شاخص اشباع کلسیت و دولومیت نمونه‌های چاه‌های کشاورزی

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

### 4-9- بررسی منشاء نیترات در آبهای زیرزمینی دشت مجن

رابطه هدایت الکتریکی نمونه‌ها با میزان یون نیترات در شکل (4-37) ترسیم شده است. مطابق این شکل دو روند متفاوت قابل شناسایی می‌باشد. روند شماره یک بیانگر رابطه افزایشی میزان نیترات با هدایت الکتریکی می‌باشد. این روند در بر گیرنده اغلب چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر می‌باشد. به عبارت دیگر در این چاه‌ها با افزایش میزان نیترات، میزان هدایت الکتریکی به صورت مستقیم افزایش می‌یابد. روند شماره 2 بیانگر عدم افزایش نیترات با هدایت الکتریکی می‌باشد. به عبارت دیگر رابطه معناداری بین هدایت الکتریکی و نیترات نمونه‌ها وجود ندارد. جالب است که اغلب نمونه‌های قرار گرفته در این روند، متعلق به چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر می‌باشند. در مجموع بررسی رابطه هدایت الکتریکی و نیترات می‌تواند بیانگر منشأ نیترات در آبهای زیرزمینی مجن باشد. به این معنی که چاه‌های با عمق کمتر (کمتر از 175 متر) میزان هدایت الکتریکی همراه با نیترات افزایش می‌یابد که این پدیده می‌تواند ناشی از آب برگشتی کشاورزی در این چاه‌ها باشد. به عبارت دیگر منشأ نیترات در این چاه‌ها سطحی می‌باشد یعنی همان نیترات اضافی که در زمین‌های کشاورزی مورد استفاده گیاه قرار نمی‌گیرد و همراه با آبهای اضافی ناشی از آبیاری زهکشی و آشفویی می‌گردد. اضافه شدن این آبها به آبخوان باعث افزایش هدایت الکتریکی و همچنین افزایش نیترات آنها شده است. این چاه‌ها به خوبی تاثیر کشاورزی بر کیفیت آبخوان را نشان می‌دهند. در چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر رابطه‌ای بین نیترات و هدایت الکتریکی وجود ندارد ضمن این که متوسط نیترات در این چاه‌ها برابر با 30/55 میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد کمتر از متوسط نیترات در چاه‌های مربوط به روند یک (متوسط 59/5 میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. بنابراین به طور مشخص تاثیر کشاورزی در چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر قابل تشخیص می‌باشد.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

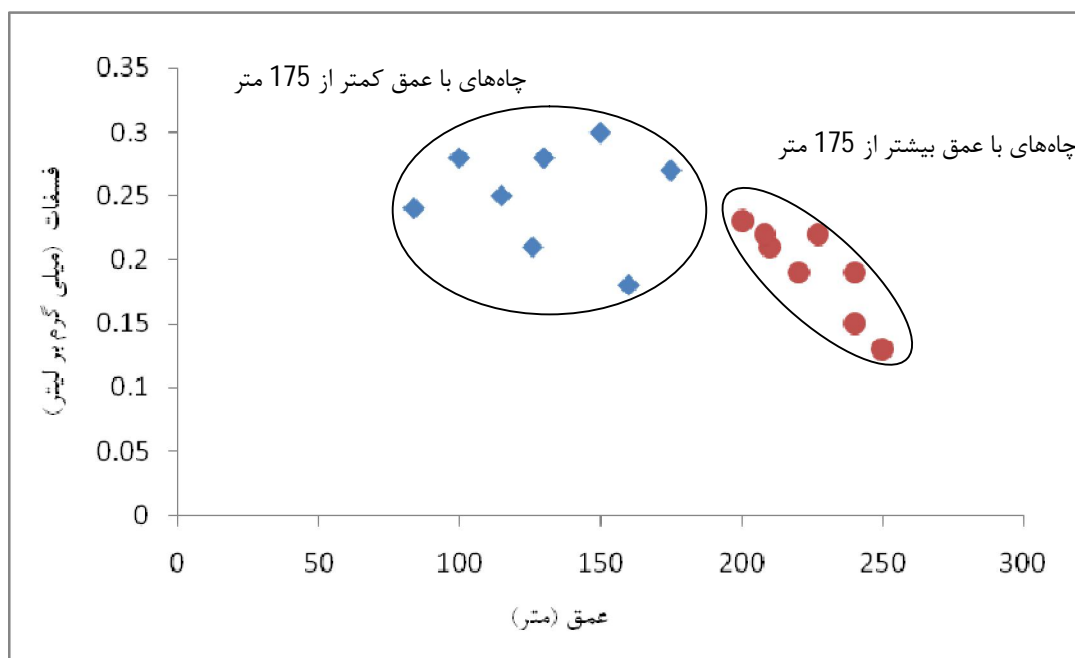


شکل 4-37- ارتباط هدایت الکتریکی و غلظت نیترات در آبخوان مجن

با توجه به اینکه چاه‌های با عمق زیادتر احتمالاً از بخش‌های زیرین آبخوان برداشت می‌نمایند اثر پذیری کمتری به آلودگی‌های کشاورزی نشان می‌دهند.

ارتباط غلظت فسفات که یکی دیگر از آلاینده‌های مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد نسبت به عمق چاه‌های کشاورزی در شکل (4-38) نشان داده شده است. در کل غلظت فسفات در چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر کمتر از چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر می‌باشد. با توجه به شکل، چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر با افزایش عمق آنها غلظت فسفات به شدت کاهش می‌یابد که این موضوع در چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر دیده نمی‌شود. وجود این روند در شکل (4-38) سطحی بودن منشاء فسفات یعنی مربوط به فعالیت‌های کشاورزی را تایید می‌نماید.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

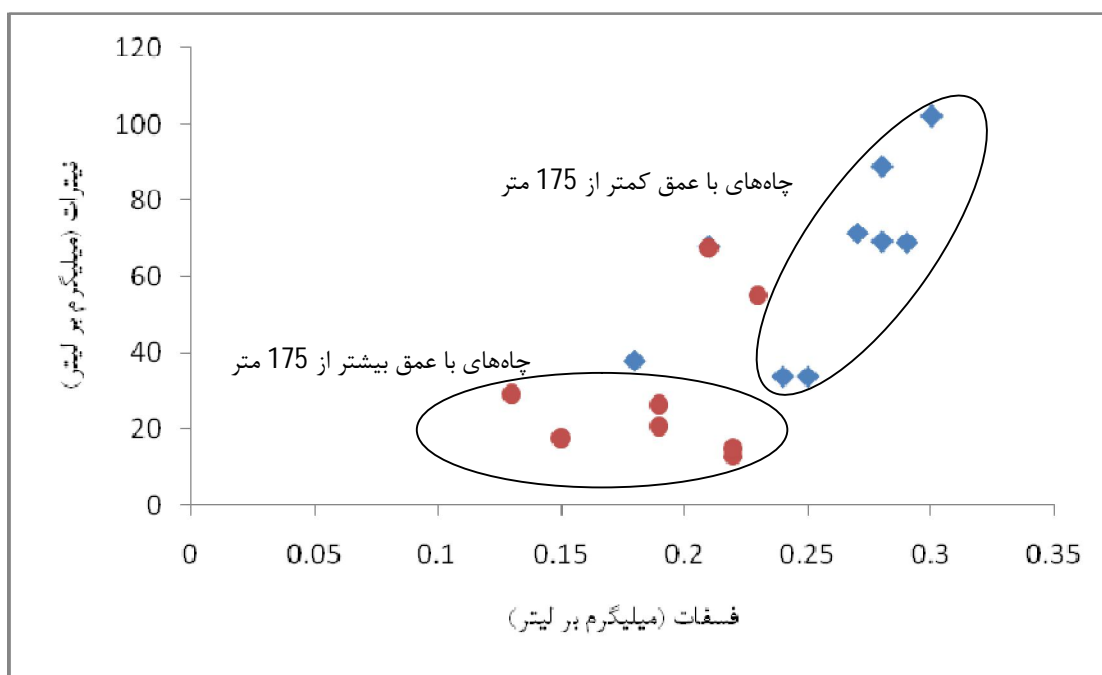


شکل 4-38- ارتباط غلظت فسفات با عمق چاه‌های کشاورزی

شکل (4-39) ارتباط غلظت یونهای نیترات و فسفات در منابع آبی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل دو گروه چاه‌های با عمق کمتر و بیشتر 175 متر قابل تفکیک می‌باشند. در چاه‌های با عمق کم میزان نیترات افزایش مشخصی با مقدار فسفات نشان می‌دهد. هر چند که این افزایش در مورد نیترات بسیار بیشتر از فسفات می‌باشد. این پدیده نیز به خوبی تاثیر آبهای ناشی از کشاورزی را بر کیفیت آبخوان در چاه‌های کم عمق نشان می‌دهد. دلیل افزایش کمتر فسفات در مقایسه با نیترات نیز می‌تواند به آشوبی کمتر آن مرتبط باشد. با توجه به اینکه یون فسفات دارای شعاع یونی زیاد می‌باشد، تحرک کمتری نسبت به نیترات داشته و بنابراین در غلظت کمتری نسبت به آن ظاهر می‌شود. در اغلب چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر رابطه مشخصی بین فسفات و نیترات دیده نمی‌شود که با توجه به مطالب قبلی و عدم تاثیرپذیری از آلودگی‌های کشاورزی در بخش‌های زیرین آبخوان این موضوع قابل توجیه می‌باشد.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

عدم قرارگیری تعدادی از این چاه‌ها در گروه‌های تفکیک شده می‌تواند به دلیل تفاوت در مدیریت آبیاری و کشاورزی در محل این چاه‌ها، دبی متفاوت، برداشت با نسبت‌های متفاوت از بخش‌های بالایی و پایینی آبخوان دانست.



شکل 4-39- ارتباط یون فسفات و نیترات (غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

### 4-10- بررسی ضریب همبستگی بین یون‌ها و پارامترهای مختلف در چاه‌های منطقه

ضریب همبستگی ( $r$ ) میزان همخوانی و همبستگی عناصر مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به جداول تهیه شده (4-6 و 4-7) ضریب همبستگی نیترات با یون‌های فسفات و پتاسیم در نمونه چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر، بالاتر از نمونه‌های با عمق بیشتر از 175 متر می‌باشد. این موضوع مربوط به کاربرد

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

کودهای حاوی نیترات، فسفات و پتاسیم می‌باشد و با نتایج قبلی مبنی بر اثرات آلودگی کشاورزی بر چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر قابل توجیه می‌باشد.

جدول 4-6- ضریب همبستگی یون‌ها و پارامترهای EC و pH در چاه‌های با عمق کمتر از 175

	EC	PH	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
EC	1										
PH	0.15	1									
Ca <sup>2+</sup>	0.74	0.1	1								
K <sup>+</sup>	0.69	0.09	0.46	1							
Mg <sup>2+</sup>	0.93	0.1	0.87	0.53	1						
Na <sup>+</sup>	0.64	0.05	0.2	0.64	0.43	1					
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.2	0.23	0.38	0.36	0.2	0.09	1				
Cl <sup>-</sup>	0.52	0.12	0.09	0.38	0.36	0.71	0	1			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.85	0.2	0.56	0.86	0.69	0.73	0.29	0.45	1		
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.24	0.06	0.39	0.01	0.43	0.01	0.03	0.04	0.11	1	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.48	0.02	0.73	0.3	0.68	0.07	0.22	0.08	0.24	0.46	1

بیشترین ضریب همبستگی مربوط به نمونه‌های آب زیرزمینی چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر بین یون منیزیم و پارامتر هدایت الکتریکی (0/93)، کلسیم و منیزیم (0/87) و هدایت الکتریکی و یون سولفات (0/85) می‌باشد.

## فصل چهارم: خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ارزیابی کیفی آبخوان

جدول 4-7- ضریب همبستگی یون‌ها و پارامترهای EC و pH در چاه‌های با عمق بیشتر از 175

	EC	PH	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
EC	1										
PH	0.04	1									
Ca <sup>2+</sup>	0.07	0.06	1								
K <sup>+</sup>	0.67	0.01	0.25	1							
Mg <sup>2+</sup>	0.08	0.16	0.79	0.25	1						
Na <sup>+</sup>	0.78	0	0.003	0.53	0.005	1					
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.09	0.5	0.002	0.02	0.01	0.01	1				
Cl <sup>-</sup>	0.55	0.006	0.12	0.21	0.09	0.83	0.002	1			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.77	0	0	0.59	0.02	0.95	0.006	0.72	1		
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.05	0.03	0.48	0.05	0.32	0.07	0.43	0.18	0.03	1	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.001	0.22	0.48	0.004	0.21	0.23	0.11	0.31	0.19	0.07	1

حداکثر ضریب همبستگی نمونه‌های آب زیرزمینی چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر بین یونهای سدیم

و سولفات (0/95)، کلر و سدیم (0/83) مشاهده شده است.

### فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

#### نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه ارزیابی کیفی آبخوان مجن با تکیه بر آلودگی‌های ناشی از کشاورزی می‌باشد که بدین منظور با استفاده از داده‌های کمی و کیفی پیزومترها، هیدروژئولوژی و هیدروشیمی آبخوان مجن مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین به منظور بررسی تأثیرات فعالیت کشاورزی بر کیفیت آبخوان از تعداد 17 حلقه چاه کشاورزی نمونه‌برداری شد و پارامترهای هدایت الکتریکی، دما و pH در صحرا و غلظت کاتیون‌های اصلی (کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم)، آنیون‌های اصلی (کلر، سولفات و بی‌کربنات)، نیترات و فسفات در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی‌ها به طور خلاصه در ادامه ارائه شده است.

1- بر اساس رفتار هیدروگراف پیزومترها، چهار گروه پیزومتر در دشت شناسایی شده است. گروه اول شامل پیزومترهایی است که در بخش‌های غربی آبخوان قرار گرفته‌اند (پیزومترهای شرق باغ‌سینه، زیرقنات‌شهرداری و اورسو). این پیزومترها دارای روند افزایشی سطح آب زیرزمینی می‌باشند و این افزایش احتمالاً به دلیل آب برگشتی کشاورزی می‌باشد. گروه دوم شامل شرقی‌ترین پیزومترهای دشت می‌باشد (پیزومترهای کاروان‌سرا و مندآباد). این پیزومترها با تغییرات دبی رودخانه مجن هماهنگی خوبی نشان می‌دهند. گروه سوم شامل پیزومترهایی است که در بخش‌های جنوبی آبخوان واقع شده‌اند (پیزومترهای



## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

---

نعیم‌آباد، وان و کومانی می‌باشد) رفتار آنها تقریباً به صورت سینوسی بوده و با رخداد بارندگی سطح آب زیرزمینی بالا آمده و با کاهش بارندگی‌ها سطح آب پایین می‌افتد. گروه چهارم شامل پیزومترهایی که در بخش‌های شمالی آبخوان واقع شده‌اند (پیزومترهای بزدر، شاهوار، پری‌خانی و کلاته‌مه‌اجر) روند تغییرات سطح ایستابی در آنها به صورت کاهشی بوده و نوسانات سطح آب آنها تغییرات زیادی با بارندگی‌های منطقه نشان نمی‌دهد رفتار این گروه احتمالاً تحت تاثیر گسل احتمالی که در بخش جنوبی این پیزومترها واقع شده می‌باشد.

2- به منظور تعیین جهت جریان آب زیرزمینی و مناطق تغذیه و تخلیه آبخوان نقشه هم پتانسیل آب زیرزمینی رسم شده است. روند عمومی جریان آب زیرزمینی از سمت غرب به شرق می‌باشد. منطقه تغذیه آبخوان شامل بخش‌های غربی و شمال‌غربی آبخوان می‌باشد. مناطق تخلیه آبخوان شامل بخش‌های جنوب‌شرقی آبخوان تعیین شده است. بیشترین شیب هیدرولیکی در محدوده پیزومترهای واقع در زمین‌های کشاورزی مشاهده می‌شود. این موضوع می‌تواند دلیلی بر اثر آب برگشتی بر آبخوان در این محدوده از دشت باشد.

3- حداکثر مقادیر هدایت الکتریکی در بخش‌های شمالی و حداقل آن در بخش‌های جنوب‌غربی مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد مقدار هدایت الکتریکی نمونه‌های آب زیرزمینی متاثر از دو زون تغذیه‌ای می‌باشد. دلیل عمده این امر مربوط به لیتولوژی مناطق تغذیه‌ای می‌باشد. در قسمت‌های شمالی منطقه به دلیل وجود سازندهای مخرب که عمدتاً از سازندهای شیل و مارنی و همچنین رسوبات تبخیری تشکیل شده است، کیفیت آب زیرزمینی پایین و هدایت الکتریکی زیاد می‌باشد. در بخش‌های غربی و جنوبی منطقه

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

که عمدتاً از سازندهای آهکی تشکیل شده‌اند آب دارای کیفیت بسیار خوب و میزان هدایت الکتریکی پایین می‌باشد.

4- بر اساس نتایج هدایت الکتریکی، محدوده آبخوان قابل تفکیک به سه زون می‌باشد. زون (1) که در حاشیه شمالی آبخوان قرار گرفته بدترین کیفیت را دارا می‌باشد و بافت خاک در این زون از نوع لوم رسی می‌باشد. زون شماره (2) که در بخش میانی آبخوان قرار گرفته است بهترین کیفیت را دارا می‌باشد. بافت خاک در این زون از نوع لوم ماسه‌ای می‌باشد. زون شماره (3) که در بخش جنوبی آبخوان واقع شده در ادامه زون (2) بوده و بافت خاک آن از نوع لوم ماسه‌ای می‌باشد ولی درصد ماسه در این زون کمتر از زون شماره (2) می‌باشد.

5- روند عمومی افزایش کلر، سدیم، و سولفات در آب زیرزمینی منطقه از سمت جنوب به شمال می‌باشد که خطوط هم ارزش آنها در قسمت‌های شمالی دشت به هم نزدیکتر می‌باشند و در بخش‌های مرکزی آبخوان از هم دور می‌شوند که روندی شبیه به هدایت الکتریکی را نشان می‌دهند

6- بر اساس نمودار پایپر تیپ آنیونی آب زیرزمینی در اکثر نقاط منطقه از نوع بیکربناته می‌باشد.

7- رابطه هدایت الکتریکی و عمق چاه‌ها نشان‌دهنده دو روند قابل تفکیک می‌باشد. بر این اساس می‌توان چاه‌ها را به دو گروه کم عمق (کمتر از 175 متر) و عمیق (بیشتر از 175 متر) تقسیم کرد. میزان هدایت الکتریکی با افزایش عمق چاهها افزایش می‌یابد. با افزایش عمق (بیشتر از 175 متر) میزان هدایت الکتریکی به صورت کاملاً مشخصی کاهش می‌یابد. روند افزایشی هدایت الکتریکی با افزایش عمق در چاه‌های عمیق نیز دیده می‌شود.

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

---

8- چاه‌های کم‌عمق دارای میانگین pH حدود (7/1) و چاه‌های عمیق دارای متوسط pH حدود (7/4) می‌باشد.

9- چاه‌های کم‌عمق دارای میانگین دمایی حدود (11/8) و چاه‌های عمیق دارای متوسط دمایی حدود (14/2) می‌باشد.

10- چاه‌های کم‌عمق دارای میانگین غلظت نیتрат حدود (63/71) میلی‌گرم بر لیتر بوده و چاه‌های عمیق دارای میانگین حدود (30/55) میلی‌گرم بر لیتر می‌باشند. به عبارت دیگر آبخوان بالایی به دلیل اینکه به وسیله آب‌های برگشتی کشاورزی تغذیه می‌گردد و این آب‌ها دارای غلظت بالایی از نیترات می‌باشند، غلظت بالاتری از نیترات دارد.

11- همانند نیترات حداکثر غلظت فسفات در منطقه مورد مطالعه مربوط به محدوده‌ای از آبخوان می‌باشد که احتمالاً در ارتباط با کشت غالب سیب‌زمینی در این بخش می‌باشد. آنیون فسفات از جمله آنیون‌هایی می‌باشد که یکی از منشاءهای آن در آب زیرزمینی در ارتباط با فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. آنیون فسفات به لحاظ بزرگ بودن و پایین بودن تحرک آن نسبت به نیترات غلظت کمتری در آب زیرزمینی دارد. چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر دارای میانگین غلظت فسفات حدود (0/26) میلی‌گرم بر لیتر و چاه‌های با عمق بیشتر از 175 متر دارای میانگین غلظت فسفات حدود (0/19) میلی‌گرم بر لیتر می‌باشند.

12- غلظت نیترات و فسفات در نقاط مختلف دشت، تابع مدیریت آبیاری، نوع فعالیت کشاورزی در منطقه و نیز میزان استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی می‌باشد.

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

---

13- با توجه به اینکه یون فسفات دارای شعاع یونی زیاد می‌باشد، تحرک آن نسبت به نیترات کمتر بوده و بنابراین در غلظت کمتری نسبت به نیترات ظاهر شده است.

14- ضریب همبستگی نیترات با یون‌های فسفات و پتاسیم در نمونه چاه‌های با عمق کمتر از 175 متر بالاتر از نمونه‌های با عمق بیشتر از 175 متر می‌باشد که این موضوع در ارتباط با مصرف کودهای حاوی فسفات، نیترات و پتاسیم می‌باشد که در اثر آبشویی این یون‌ها از زمین‌های کشاورزی، به آب زیرزمینی وارد شده‌اند.

15- مقادیر غلظت نیترات در چاه‌های کم عمق رابطه مستقیمی با میزان هدایت الکتریکی دارند، در صورتی که در چاه‌های عمیق هیچ‌گونه رابطه‌ای بین غلظت نیترات و هدایت الکتریکی وجود ندارد.

### پیشنهادها

1- با توجه به اینکه آبخوان مجن تحت تاثیر ورودیهای مختلفی نظیر رودخانه، بخش‌های غربی و شمالی آبخوان می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد شبکه پیزومتری آبخوان تکمیل گردد.

2- با توجه به اینکه در بخش غربی آبخوان که تحت تاثیر فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد، پراکندگی پیزومترها مناسب نمی‌باشد پیشنهاد می‌گردد تا شبکه پیزومتری در این منطقه توسعه یابد تا بتوان بیشتر در مورد اثرات کمی کشاورزی مطالعه نمود.

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

---

3- از آنجایی که منشاء نیترات سطحی و از فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد در مدیریت کشاورزی در منطقه (مدیریت آبیاری و کوددهی) با مدیریت بیشتری دنبال گردد تا از آلودگی بیشتر آبخوان جلوگیری شود.

4- به دلیل تاثیر مشخص کشاورزی بر کیفیت آبخوان پیشنهاد می‌گردد غلظت فلزات سنگین به ویژه فلزات مرتبط با کودهای شیمیایی در منطقه بررسی گردد.

5- بر اساس نتایج این تحقیق، احتمالاً چاه‌های عمیق به داخل آبخوان زیرین (احتمالاً کارستی) نفوذ نموده‌اند لذا جهت حفاظت از منابع آبی در منطقه پیشنهاد می‌گردد عمق چاه‌های بهره‌برداری کنترل و مدیریت گردد.

- آقانباتی، س.ع (1385) "زمین شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- جهانشاهی ر، زارع م، رئیسی ع (1386) "مدیریت بهره برداری از آبخوان ساحلی جنوب شرقی دریاچه مهارلو به منظور جلوگیری از شور شدن آب چاههای پمپاژ (آب زیرزمینی)" پنجمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران.
- دهقانی م، عباس‌نژاد ا (1389) "آلودگی سفره آب زیرزمینی دشت انار به نیترات، سرب، آرسنیک و کادمیوم" مجله محیط شناسی سال سی و ششم شماره 56، صفحات 87 تا 100
- زارعی ح، کلانتری ن. (1384) "تحلیل آماری پارامترهای هیدروشیمیایی آبخوان آبرفتی دشت زیدون، استان خوزستان" مجله علمی دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- شیرافروس ع، لیاقت ع م، ستوده‌نیا ع، بشلیده ح (1385) "آلودگی آبهای زیرزمینی به وسیله کودهای مصرفی کشاورزی (مطالعه موردی دشت قزوین)" همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- صالحی راد و همکاران (1369) "نقشه 1/250000 گرگان" سازمان زمین شناسی کشور.
- صداقت، م (1372) "زمین و منابع آب (آبهای زیرزمینی)" انتشارات دانشگاه پیام نور.
- طباطبایی ا، کرمی غ.ج، یخکشی ا. (1386) "بررسی عوامل موثر بر غلظت یونهای نیترات و فسفات در حوضه گرگانرود با استفاده از GIS" اولین همایش زمین شناسی زیست محیطی و پزشکی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

علیزاده، ا (1385) "هیدرولوژی کاربردی" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

لاله زاری ر، طباطبایی س . ح، یارعلی ن (1388) "بررسی تغییرات ماهانه نیترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد و پهنه بندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی" مجله پژوهش آب ایران سال سوم شماره 4، صفحات 9 تا 17.

لطیف م، موسوی ف، افیونی م، ولایتی س (1384) "بررسی آلودگی نیترات و منشا یابی آن در دشت مشهد" مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی شماره 2، صفحات 21 تا 32.

مقدسی م، علوی م، مکنون ر، مقدسی ع ر (1385) "بررسی آلودگی آبهای زیرزمینی به نیترات در شهرهای مختلف ایران" اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.

مقیم، ه (1385) "هیدروژئوشیمی" انتشارات دانشگاه پیام نور.

مهندسین مشاور گاماسب (1387). جلد ششم. مطالعات کمی و کیفی آب های زیرزمینی دشت های بسطام و مجن. 186

ناصری ح، رقیمی م، یخکشی م، شاه پسندزاده م، دهقان ح. (1385) "بررسی عوامل موثر در تغییرات مکانی غلظت نیترات آبهای زیرزمینی حوضه آبخیز قره سو، استان گلستان" مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی سال سیزدهم شماره اول.

نظامی م. ط، قدرتی ع . ل، وفایی غ (1390) "تاثیر یون نیترات استفاده شده تحت تاثیر کود های کشاورزی در آلودگی آبهای زیرزمینی در منطقه شهریار" باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی.

Abid K, Zouari K, Dulinski M, Chkir N, Abidi B (2011) "Hydrologic and geology factors controlling groundwater geochemistry in the Turonian aquifer (southern Tunisia)" hydrogeology Journal 19. Pp 415 – 427.

Addiscott T.M. (2005) "Nitrate, Agriculture and the Environment" CABI Publishing, 279

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

Bohlke J.K (2002) "Groundwater recharge and agricultural contamination" Hydrogeology Journal 10. Pp 153 -179.

Bonton A, Rouleau A, Bouchard Ch, Rodriguez M. (2010) "Assessmen of groundwater quality and its variations in the capture zone of a pumping well in an agricultural area" Agricultural water management 97. Pp 824 – 834.

Edmunds W.M, Shand P (2008). "Natural Groundwater Quality" Blackwell Publishing, 469

Elhatip H, Afsin M, Kuscu L, Drik K. (2003) "Influences of human activities and agriculture on groundwater quality of Kayseri-Incesu-Dokuzpinar springs, central Anatolian part of Turkey" Environmental Geology 44. Pp 490 – 494.

Fitts C.R (2001). Groundwater Science. London:Academic Press.

Garizabal G, Causape J, Abrahao R (2012) "Nitrate contamination and its relationship with flood irrigation management"Hydrogeology Journal 442-443. Pp 15 -22.

Gupta S, Mahato A, Roy P, Datta J.K, Saha R.N (2008) "Geochemistry of Groundwater , Burdwan district , Western Bengal, India" Environ Geol 53. Pp 1271 – 1282.

Hem, J.D (1985) "Study and interpretation of the chemichal characteristic of natural water" U.S Geological Survey, Water Supply Paper.



Herrera M, Espinosa R (2007) "Impact of agricultural activity and geologic controls on groundwater quality of the alluvial aquifer of the Guadalquivir River (province of Jaen, Spain): a case study" *Environ Geol* 54. Pp 1391 -1402.

Imran D.A, Sankar K, S.Sha Tanzeem, A. Dar Mithas (2012) "Assessmen of Nitrate contamination of Lidder catchment Kashmir, India" *Arab J Geosci* 5. Pp 233 – 243.

Jafari H, Raeisi E, Zare Mohammad, Kamkar Haghghi A.A (2011) "Times series analysis of irrigation return flow in a semi-arid agriculyural region, Iran" *Agronomy and Soil science* 58, Pp 673 - 689.

Jalali M (2005) "Nitrates leaching from agricultural land in Hamadan, western Iran" *Agriculture and Environment* 110. Pp 210 – 218.

Jalali M (2009) "Geochemistry characterization of groundwater in an agricultural area of Razan, Hamadan, Iran" *Environ Geol* 56. Pp 1479 – 1488.

Jalali M. (2007) "Hydrochemichal identification of groundwater resources and their changes under the impacts of human activity in the Chah Basin in Western Iran" *Environ Monit Assess* 130. Pp 347 – 364.

Jalali, M (2010) "Groundwater geochemistry in the Alisadr, Hamadan, Western Iran" *Environ Monit Assess* 166. Pp 359 – 369.

Jalali, M (2011) "Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran" *Journal of Environ Earth Sci* 62. Pp 907 – 913.

Jeevananandam M, Kannan R, Srinivasalu S, Rammohan V (2007) "Hydrogeochemistry and Groundwater Quality Assessment of Lower part of the Ponnaiyar River Basin, Cuddalore District, South India" *Environ Monit Assess* 132. Pp 263 – 274.

Kaown D, Hyun Y, Bae G, Oh Ch, Lee K, (2012) "Evaluation of spatio-temporal trends of groundwater quality in different land uses using Kendall test" *Geoscie* 16. Pp 65 – 75.

Kazemi G.A (2012) "Hydrogeology – A Global Perspective" In Tech.

Kim K, Rajmohan N, Kim H.J, Kim S.H, Hwang G.S, Yun S.T, Gu B, Cho M.J, Lee S.H (2005) "Evaluation of geochemical processes affecting groundwater chemistry based on mass balance approach" *Journal of Geochemical* 39. Pp 357 – 369.

Kundu M, Mandal B (2009) "Agricultural Activities Influence Nitrate and Fluoride Contamination in Drinking Groundwater of an Intensively Cultivated District in India" *Water Air Soil Pollut* 198 Pp 243 – 252.

Kundu M, Mandal B (2009) "Assessment of Potential hazards of fluoride of contamination in drinking groundwater of an intensively cultivated district in West Bengal, India" *Environ Monit Assess* 152. Pp 97 – 103.

Kuppuraj R.M, Selvaraj D, Govindaraj S, Rangaswami M, Narayanasamy R.J, Kuppanagounder K (2012) "Assessment of groundwater quality in the flood plains of upper Palar River, India" *Journal of Chin .J. Geoche* 31. Pp 15 – 23.

Laurent F, Ruelland D. (2011) "Assessing impacts of alternative land use and agricultural practices on nitrat pollution at the catchment scale" *Journal of Hydrology* 409. Pp 440 – 450.

Lngemuir D (1977) "Aqueous Environmental Geochemistry" Prentice Hall.

Matthew K, Christopher T, Kenneth B, Michael J, Bradley K (2011) "Relations of hydrogeologic factors, groundwater reduction-oxidation conditions, and temporal and spatial distributions of nitrate, Central-Eastside San Joaquin Valley, California, USA" *Hydrogeology Journal* 19. Pp 1203 – 1224.

Mazor E (2004) "Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology" Marcel Dekker.

McWhorter D.V (1977) "Ground-Water Hydrology and Hydraulics" Water Resources.

Oren O, Yechieli Y, Böhlke J.K, Dody A. (2004) "Contamination of groundwater under cultivated fields in an arid environment, central Arava Valley, Israel" *Journal of Hydrology* 290. Pp 312 – 328.

- Rajesh R, Brindha K, Murugan R, Elango L. (2011) “Influence of hydrogeochemical processes on temporal changes in groundwater quality in a part of Nalgonda district, Andhra Pradesh, India” *Environmental Earth Sciences* 65. Pp 1203 – 1213.
- Subbarao, N (2001) “Geochemistry of groundwater in parts of Gunter district, Andhra Pradesh, India” *Environmental of Geology* pp 552 – 562.
- Sun B, Zhang L, Yang L, Zhang F, Norse D, Zhu Z (2012) “Agricultural Non – Point Source Pollution in China: Causes and Mitigation Measures” *AMBIO* 41. Pp 370 – 379.
- Todd D.K (2005) “Groundwater Hydrology” Third edition. John Wiley and Sons inc, New York, U.S.A.
- Tyagi S.K, Datta P.S, Pruthi N.K. (2009) “Hydrochemical appraisal of groundwater and its suitability in the intensive agricultural area of Muzaffarnagar district, Uttar Pradesh, India” *Environ Geol* 56. Pp 901 – 912.
- Zarabi.M, Jalali M (2012) “Leaching of Nitrogen from calcareous soils in western Iran: a soil leaching column study” *Environ Monit Assess* 184. Pp 7607- 7622.

## Abstract

Chemical composition of groundwater is affected by different factors such as climate, geology, hydrogeological characteristics of the aquifer and anthropogenic factors like irrigation return flow from agriculture activities. Mojen plain, which is located Shahrood city in Semnan province, has experienced a development in agriculture so, contamination of aquifer is probable. This study has aimed to assess quality of Mojen aquifer with emphasis on agricultural pollutions. Hydrogeology and hydrochemistry of aquifer was firstly investigated by data from observation wells. Seventeen agricultural wells were also sampled at Tir 1391. Electrical Conductivity (EC), pH and Temperature were measured in the field. The samples were transported to laboratory for measurement of major anions and cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) and main agricultural pollutants of Nitrate and Phosphate. According to the Iso-potential map, aquifer is recharged from west and northwest. The General flow direction is from West to East. And discharge area is located at the South-Eastern parts. Water table elevation has been increased in some observation wells located near the agricultural area. Implying recharge of aquifer by excess irrigate return flow. Anionic water type at aquifer is  $\text{HCO}_3^-$ , which is change to  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  at the North due to the outcrope of the shale, Marl and evaporate sediments. Highest values of EC,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$  are found to be in the Northern parts of aquifer. Groundwater resources in the agricultural areas, show high values of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{PO}_4^{3-}$ . There is a clear relationship between EC and  $\text{NO}_3^-$  and also between  $\text{NO}_3^-$  and the depth at the wells. Nitrate and phosphate with the mean concentration of about 63.7 and 0.26 mg/L, respectively are high in wells with depth less than 175 m, implying their surfacial origin, confirming deteriorated impacts of agriculture on quality of Mojen Aquifer.

Keywords: Mojen, agricultural pollution, Nitrate



**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Earth Sciences**

**Qualitative Assessment of Mojen Aquifer with Emphasize on Agricultural  
Contaminations**

**Hamed Ghenaatiyan**

**Supervisors:**

**Dr. G.H. Karami**

**Dr. H. Jafari**

**Jan 2013**